Analyserapport

T2021-rapportage Schelde-estuarium

Raamovereenkomst zaaknummer 31151860

Onderzoek en Monitoring VNSC: Data-analyse en data-modelleringsdiensten (perceel 2)

Nadere overeenkomst **NOK11** met contractnummer **31179695**

Voor de Vlaams-Nederlandse Scheldecommissie

aMT	Jürgen Suffis
RWS WVL	Albert Mulder

Projectmedewerkers

HKV	Robin Nicolai Matthijs Gensen Thomas Stolp
Antea Group	Silvy Thant Stef Michielsen Ferdinand Messens Ivo Van de Moortel
BuWa	Theo Boudewijn Rob van de Haterd Helga van der Jagt Job de Jong Robert Middelveld
UGent	Wout Van Echelpoel Stijn Bruneel

Datum oplevering rapport v4.0: 18-12-2023

INHOUDSOPGAVE

1. Inleiding 60
1.1. Context 60
1.2. Achtergrond 60
1.3. Aannames en uitgangspunten 62
1.4. Leeswijzer 62

2. Opzet analyses 64
2.1. Studiegebied en indelingen 64
2.1.1. Ruimtelijke indeling 64
2.1.2. Temporele indeling 70
2.2. Technieken 71
2.3. Trendbreuken 72

3. Hydrodynamiek 73
3.1. Inleiding 73
3.2. Toetsparameter Hoogwater 74
3.2.1. Jaargemiddeld hoogwater 75
3.2.2. 99e percentiel hoogwater 90
3.3. Toetsparameter Golven 95
3.3.1. Jaargemiddelde significante golfhoogte 95
3.3.2. Cumulatieve verdeling van de significante golfhoogte 100
3.3.3. Cumulatieve verdeling van de spectrale golfperiode 102
3.4. Toetsparameter Beschikbare diepte 104
3.4.1. Jaargemiddeld laagwater 104
3.4.2. Jaargemiddeld hoogwater 113
3.4.3. Onderhoudsbaggervolume 113
3.5. Toetsparameter Scheepsbewegingen 113
3.5.1. Looptijd van het getij bij hoog- en laagwater 113
3.5.2. Intensiteit roerwerking en uitwijkafstand van de vaarweg 119
3.6. Verklarende parameters 130
3.6.1. Astronomisch getij 130
3.6.1.1. Harmonische componenten 130
3.6.1.2. Astronomisch hoog- en laagwater 132
3.6.2. Getijslag 136
3.6.3. Relatieve getijslag 139
3.6.4. Rivierafvoer 141
3.6.5. Meteorologie - wind 142
3.6.6. Gemiddeld zeeniveau 143
3.7. Verklarende hydrodynamische parameters voor andere piramides 144
3.7.1. Verblijftijd 144
3.7.2. Getijasymmetrie 147
3.7.3. Verhouding getijvolumes 148
3.7.4. Getijweglengte 153

4. Morfologie 155

4.1. Inleiding 155
4.2. Data 156
4.3. Monding 156
4.3.1. Inleiding 156
4.3.2. Methode 157
4.3.3. Kernvragen 157
4.3.3.1. Menselijke activiteiten 157
4.3.3.2. Evolutie morfologische elementen 159
4.3.3.3. Bodemsamenstelling 162
4.3.3.4. Nieuwe kennis over de rol van de monding als overgangsgebied & sedimentuitwisseling met Westerschelde 163
4.3.3.5. Samenvatting Monding 164
4.4. Meergeulensysteem 165
4.4.1. Inleiding 165
4.4.2. Methode 166
4.4.3. Kernvragen 167
4.4.3.1. Menselijke activiteiten 167
4.4.3.2. Evolutie van de morfologische elementen 171
4.4.3.3. Evolutie van de dimensies van het meergeulensysteem 176
4.4.3.4. Verandering van de zandbalans in de Westerschelde 178
4.4.3.5. Bodemsamenstelling 181
4.4.3.6. Effect op hydrodynamische wijzigingen 181
4.4.3.7. Samenvatting Meergeulensysteem 183
4.5. Eéngeulsysteem 183
4.5.1. Inleiding 183
4.5.2. Methode 184
4.5.3. Kernvragen 184
4.5.3.1. Menselijke activiteiten 184
4.5.3.2. Evolutie van de morfologische elementen 185
4.5.3.3. Evolutie van de dimensies van het ééngeulsysteem 188
4.5.3.4. Bodemsamenstelling 190
4.5.3.5. Effect op hydrodynamische wijzigingen 192
4.5.3.6. Samenvatting Eéngeulsysteem 193

5. Waterkwaliteit 194
5.1. Inleiding 194
5.2. Toetsparameter Zuurstof 198
5.2.1. Absoluut minimum 198
5.2.2. 95% overschrijding 201
5.2.3. Duur dip 204
5.3. Toetsparameter Nutriënten 206
5.3.1. FastNOD 206
5.3.2. BOD-C 209
5.3.3. TDIN 211
5.3.4. Fosfaat 214
5.3.5. Silicaat 216
5.3.6. ICEP-DSI 218
5.3.7. ICEP-TSI 220
5.3.8. TDINflux 222
5.3.9. Nitriet 223

5.3.10. Ammoniak 225
5.4. Toetsparameter Abiotisch klimaat 229
5.4.1. Chloridegehalte 229
5.4.2. Zwevende stof 232
5.4.3. Watertemperatuur 236
5.5. Toetsparameter Verontreinigende stoffen 239
5.5.1. Verontreinigende stoffen in oppervlaktewater 239
5.5.2. Verontreinigende stoffen in waterbodem 253
5.5.3. Verontreinigende stoffen in biota 260
5.6. Verklarende parameters 264
5.6.1. Input estuarium 264
5.6.2. Zoutdynamiek 264
5.6.2.1. Zoutstress 264
5.6.2.2. Schommelingen op middellange termijn 266
5.6.2.3. Stratificatie 268
5.6.3. Lichtklimaat 269
5.6.3.1. Maximum & minimum eufotische diepte 269
5.6.3.2. Seizoensgemiddelde eufotische diepte 273
5.6.3.3. Seizoensgemiddelde lichtlimitatie 275
5.6.3.4. Seizoensgemiddelde zwevende stof 277
5.6.3.5. Turbiditeitsmaximum 279
5.6.4. Temperatuurdynamiek 281
5.6.4.1. Seizoensgemiddelde temperatuur 282
5.6.4.2. Winterminimum 286
5.6.4.3. Eerste maal 12°C 289
5.6.5. Zuurtegraad 291
5.6.6. Particulaire organische koolstof (POC) 294
5.6.7. Nutriëntverhoudingen 297
5.6.8. Verblijftijd 302
5.6.9. Getijasymmetrie 302
5.6.10. Relatieve getijslag 302
5.6.11. Chlorofyl *a* 302

6. Leefomgeving voor flora en fauna 303
6.1. Inleiding 303
6.2. Toetsparameter Oppervlak 304
6.2.1. Diep en ondiep water (Zeeschelde) 305
6.2.2. Hoogdynamisch en laagdynamisch sublitoraal (Westerschelde) 308
6.2.3. Litoraal (Zeeschelde) 310
6.2.4. Hoogdynamisch en laagdynamisch litoraal (Westerschelde) 312
6.2.5. Pionierschor Slik-Plaat 315
6.2.6. Schor Slik-Plaat 318
6.2.7. Conclusie en evaluatie toetsparameter oppervlak 320
6.3. Toetsparameter Kwaliteit 320
6.3.1. Inleiding 320
6.3.2. Schorbreedte 321
6.3.3. Oeverbreedte 323
6.3.4. Conclusies kwaliteit Leefgebied 325
6.4. Verklarende parameters 325
6.4.1. Droogvalduur 325

6.4.2. Draagkracht voor steltlopers 325
6.4.3. Substraat 328
6.4.4. Waterkwaliteit 328
6.4.5. Vegetatieontwikkeling 329
6.4.6. Benthische algen 329
6.4.7. Turn-Over 329
6.4.7.1. Zeeschelde 329
6.4.7.2. Westerschelde 332
6.4.8. Menselijke activiteiten 334

7. Ecologie 335
7.1. Inleiding 335
7.1.1. Algemeen 335
7.2. Toetsparameter Vegetatie 338
7.2.1. Oppervlakte schor 339
7.2.2. Kwaliteit vegetatie 342
7.2.3. Sleutelsoorten/-vegetaties 347
7.2.4. Exoten 351
7.2.5. Conclusies vegetatie 355
7.3. Toetsparameter Primaire productie 357
7.3.1. P:B-verhouding fytoplankton 357
7.3.2. Rekenparameter *Phaeocystis* 359
7.3.3. Rekenparameter Cyanobacteriën 360
7.3.4. Algal genus pollution index 362
7.3.5. Additionele parameters voor de verhaallijn *Primaire productie* 364
7.3.5.1. Biomassa fytoplankton (chlorofyl *a*) 364
7.3.5.2. Biomassa fytobenthos (chlorofyl *a*) 366
7.3.5.3. Diversiteit fytoplankton 366
7.3.5.4. P:B verhouding (micro)fytobenthos 368
7.3.5.5. Diatomeeën 369
7.3.5.6. Verhouding kiezelwieren/groenwieren 371
7.3.5.7. Invasieve en overige exoten 372
7.4. Toetsparameter Zoöplankton 377
7.4.1. Jaarmaximum totale biomassa 378
7.4.2. Jaarmaximum *Eurytemora affinis* 379
7.4.3. Verhouding Cladocera-Calanoida 381
7.4.4. Verhouding Cyclopoida-Calanoida 382
7.4.5. Additionele parameters voor de verhaallijn *Zoöplankton* 384
7.4.5.1. Totale biomassa mesozoöplankton 384
7.4.5.2. Diversiteit mesozoöplankton 386
7.4.5.3. Totale biomassa microzoöplankton 387
7.4.5.4. Diversiteit microzoöplankton 388
7.4.5.5. Invasieve en overige exoten 389
7.5. Toetsparameter Macrozoöbenthos 394
7.5.1. Abundantie/Biomassa 395
7.5.1.1. Biomassa (g AFDW) per m² 395
7.5.1.2. Dichtheid 397
7.5.2. Diversiteit 399
7.5.2.1. Aantal soorten 400
7.5.2.2. Shannon-index 400

7.5.3. Sleutelsoorten 402
7.5.3.1. Kokkel (*Cerastoderma edule*) 402
7.5.3.2. Mossel (*Mytilus edulis*) 403
7.5.3.3. Minimum biomassa Zeeschelde 404
7.5.3.4. Exoten 406
7.5.4. Samenvattend overzicht 410
7.6. Toetsparameter Hyperbenthos 411
7.6.1. Aantal/Biomassa 411
7.6.1.1. Biomassa 412
7.6.1.2. Dichtheid 412
7.6.2. Diversiteit 414
7.6.2.1. Aantal soorten 414
7.6.2.2. Shannon-index 415
7.6.3. Exoten 415
7.6.4. Samenvattend overzicht 418
7.7. Toetsparameter Vissen 419
7.7.1. Aantal/biomassa van de functionele groepen 422
7.7.2. Sleutelsoorten 443
7.7.3. Diversiteit 449
7.7.4. Additionele parameters voor de verhaallijn *Vissen* 451
7.7.4.1. Aantal/biomassa van de inheemse soorten, invasieve exotische soorten en overige exotische soorten 452
7.7.4.2. Exotische soorten 463
7.7.4.3. Diversiteit m.b.t. uitheemse soorten 465
7.8. Toetsparameter Vogels 472
7.8.1. Sleutelsoorten/groepen 473
7.8.1.1. Sleutelsoorten broedvogels Zeeschelde 473
7.8.1.2. Sleutelsoorten broedvogels Westerschelde 476
7.8.1.3. Sleutelsoorten niet-broedvogels Zeeschelde 481
7.8.1.4. Sleutelsoorten niet-broedvogels Westerschelde 483
7.8.2. Index vogels 488
7.8.2.1. Indexwaarde per niet-broedvogelsoort Zeeschelde 488
7.8.3. Indexwaarde per niet-broedvogelsoort Westerschelde 491
7.8.4. Exoten 493
7.8.5. Conclusies vogels 498
7.9. Toetsparameter Zeezoogdieren 500
7.9.1. Inleiding 500
7.9.2. Rekenparameters gewone zeehond en grijze zeehond 500
7.9.2.1. Aantal gewone zeehonden 500
7.9.2.2. Verklarende parameter aantal pups gewone zeehond 501
7.9.2.3. Aantal grijze zeehonden 503
7.9.3. Exoten 504
7.9.4. Conclusie en beoordeling zeezoogdieren 504
7.10. Toetsparameter Exoten 506
7.10.1. Aantal invasieve exoten 506
7.10.2. Fractie invasieve exoten 507
7.11. Verklarende parameters 509
7.11.1. Aanwezigheid Hoogwatervluchtplaatsen 509

8. Menselijke activiteiten 512
8.1. Inleiding 512
8.2. Sedimentbeheer 512
8.2.1. Inleiding 512
8.2.2. Data 513
8.2.3. Monding 513
8.2.4. Westerschelde & Beneden-Zeeschelde 515
8.2.4.1. Verdeling sedimentextractie, aanleg- en onderhoudsbaggerwerk 515
8.2.4.2. Detail Onderhoudsbaggerwerk 516
8.2.4.3. Havenstortingen 525
8.2.5. Boven-Zeeschelde 525
8.2.6. Zandwinning 526
8.2.7. Slibslepen 528
8.3. Begrenzing van het estuarium 530
8.4. Rechttrekkingen en hermeandering 537
8.5. Erosie mitigerende maatregelen 540
8.6. Stroomgeleiding 546
8.7. Antropogene bronnen van verontreiniging 549
8.7.1. Databeschikbaarheid 549
8.7.2. Riolerings- en zuiveringsgraad 551
8.7.3. Overstorten 554
8.7.4. Bronnen van verontreiniging 556
8.7.5. Incidentele verontreinigingen 568
8.8. Verstorende recreatieve ontsluitingen 570
8.8.1. Dienstwegen voor recreatief medegebruik 570
8.8.2. De Waterbus 572
8.9. Beheermaatregelen invasieve soorten 573
8.10. Scheepvaart 576

9. Referenties 584
9.1. Algemeen 584
9.2. Hydrodynamiek 584
9.3. Morfologie 585
9.4. Waterkwaliteit 588
9.5. Leefomgeving voor Flora en Fauna 589
9.6. Ecologie 591
9.7. Menselijke activiteiten 593

Lijst met tabellen

Tabel 2-1: Ruimtelijke indeling van het Schelde-estuarium. 67
Tabel 2-2: Abiotische grenzen gebruikt voor de fysiotopenindeling van de Westerschelde (naar RWS, 2019). 69
Tabel 2-3: Abiotische grenzen gebruikt voor de fysiotopenindeling van de Zeeschelde (naar Van Ryckegem et al., 2017). Met: * Voor de ecotopen worden zeer diep en diep subtidaal uiteindelijk samengevoegd als één ecotoop. 69
Tabel 2-4: Morfologische opdeling per deelsysteem met bijkomende specificatie voor KRW-lichaam Zeeschelde I op basis van het recente waargenomen gemiddeld laagwater (Vandenbruwaene et al., 2020). 70
Tabel 3-1: Databeschikbaarheid hoogwaterstanden van de (Nederlandse) getijstations in de Westerschelde waarvoor trendanalyses zijn uitgevoerd. Dezelfde stations en lengte van de meetreeks worden gebruikt voor de laagwaterstanden. 76
Tabel 3-2: Databeschikbaarheid hoogwaterstanden van de Vlaamse getijstations in de Zeeschelde en haar zijrivieren. Dezelfde stations en lengte van de meetreeks worden gebruikt voor de laagwaterstanden. De databeschikbaarheid in T2021 kan afwijken t.o.v. de T2015 rapportage * Voor deze stations is in deze rapportage geen analyse gedaan, omdat de meetreeks te kort is ofwel omdat het station gestopt is. ** Met een of meer langere hiaten in de reeks 77
Tabel 3-3: Peilschaalcorrecties op de Vlaamse getijdata zoals deze door het WL zijn afgeleid in 2013 en voor enkele stations zijn aangepast in 2022 (WL, in prep). In de tabel zijn alleen de stations opgenomen waarvan de data geanalyseerd worden. 78
Tabel 3-4: De stijging van het jaargemiddelde hoogwater in de belangrijkste meetstations in het Schelde-Estuarium van de monding naar de randen van het getijdegebied. Trendparameters worden uitgedrukt in cm/eeuw, waarbij er geen sprake is van extrapolatie, maar slechts van de trendparameter sinds de laatste trendbreuk. 86
Tabel 3-5: De stijging van het jaargemiddelde hoogwater in de overige meetstations (n.s. = niet significant). * Voor Vlakte van de Raan en Breskens Veerhaven worden significante trends berekend, maar het kan niet worden vastgesteld dat het regressiemodel een adequate beschrijving van deze korte reeksen geeft. 87
Tabel 3-6: Vergelijking stijging jaargemiddelde waterstand (h_{gem}), astronomisch jaargemiddeld hoogwater (HW_{astro}) en gemeten jaargemiddeld hoogwater (HW) (n.s. = trend niet-significant). 88
Tabel 3-7: Beschikbaarheid gegevens golfmeetstations monding en Westerschelde 97
Tabel 3-8: De trends van het jaargemiddelde laagwater voor de belangrijkste meetstations in het Schelde-Estuarium van de monding naar de randen van het tijgebied. 110
Tabel 3-9: De trends van het jaargemiddelde laagwater voor de overige meetstations (n.s. = niet significant). * Voor diverse stations worden significante trends berekend in T2015 en T2021, maar het kan niet worden vastgesteld dat het regressiemodel een adequate beschrijving van deze korte reeksen geeft. 111
Tabel 3-10: Vergelijking stijging jaargemiddelde waterstand (hgem), astronomisch jaargemiddeld laagwater (LWastro) en gemeten jaargemiddeld laagwater (LW) (n.s. = trend niet-significant). 112
Tabel 3-11: Trends in de looptijd van het hoog- en laagwater t.o.v. Vlissingen en t.o.v. het voorgaande stations waarbij het regressiemodel is gefit op de data van 1987 t/m 2021. n.s. geeft aan dat een trend niet significant is. 119
Tabel 3-12: Vaarsectoren Westerschelde met baanafstanden in kilometers (bron: Verwilligen et al., 2022b) 123

Tabel 3-13: Maximale roergebruik (gemiddeld over invloedslengte) per vaarsector als gecondenseerde parameter voor de bevaarbaarheid. Bron: Verwilligen et al. (2022b) Tabel 5. 128
Tabel 3-14: Maximale waarde schip per vaarwegsector over volledige tijcyclus voor afstand tot referentietraject gemiddeld over invloedslengte voor opvaart (links) en afvaart (rechts) in jaren 2011, 2015 en 2019. Bron: Verwilligen et al. (2022b) Tabellen 1 en 3. 129
Tabel 3-15: Overzicht van de beschikbare gegevens over harmonische componenten in de Westerschelde. 131
Tabel 3-16: Overzicht belangrijkste harmonische componenten van het getij. 131
Tabel 3-17: Overzicht van mogelijke trendwijzigingen in de amplitudes van de belangrijkste 4 harmonische componenten van het getij ten opzichte van T2015. n.s. = trendparameter niet significant in T2015: geen vergelijking mogelijk, Gelijk = alle waarden liggen tussen het predictie-interval van T2015, Lager/hoger = één of meer waarden 2016-2021 ligt onder de ondergrens/boven de bovengrens van het 95%-predictie-interval van T2015. De jaartallen tussen haakjes geven aan in welke jaren waarden buiten de grenzen van de predictie-intervallen vallen. *Trend niet significant of regressiemodel beschrijft de data niet goed in T2015, daar waar dit wel is wanneer een trendbreuk wordt opgelegd en/of wanneer de data 2015-2021 wordt toegevoegd (zie figuren in Bijlage A.8). 132
Tabel 3-18: Trendwaarden getijslag en vergelijking data 2016-2021 met 'reproductie' T2015. Verklaring: n.s. = niet significant, n.v.t. is niet van toepassing, 95% P.I. is 95%-predictie-interval. 137
Tabel 3-19: Ontwikkeling van de verhouding van de getijvolumes tussen 2011 en 2019: toename (+), afname (-) en neutraal (0). Een toename (afname) betekent dat het volume dat door de hoofdgeul stroomt toeneemt (afneemt) ten opzichte van het volume dat door de nevengeul stroomt. 151
Tabel 3-20: Getijweglengte [m] per macrocel 154
Tabel 4-1: Overzicht van Verklarende parameters voor de verschillende deelsystemen. 155
Tabel 4-2: Samenvatting morfologische veranderingen tussen 1965 en 2011 (De Maerschalck et al., 2017) 162
Tabel 5-1: Laagste zuurstofconcentratie (in mg/L) die gemeten werd in de verschillende segmenten (Zeeschelde) en zones (Westerschelde) in het Schelde-estuarium. Minima zijn berekend per periode van zes jaar. 199
Tabel 5-2: Laagste zuurstofconcentratie (in mg/L) die gemeten werd in de verschillende continue meetstations in het Schelde-estuarium. Minima zijn berekend per periode van zes jaar. 201
Tabel 5-3: Minimale jaarlijkse percentielwaarden van de gemeten zuurstofconcentratie (in mg/L) in de verschillende segmenten (Zeeschelde) en zones (Westerschelde) in het Schelde-estuarium over een periode van zes jaar. Voor het merendeel van de segmenten en zones wordt de 5-percentielwaarde berekend, terwijl de 10-percentielwaarde in de zone Sterke saliniteitsgradiënt (met compartimenten 7b tot en met 12) wordt berekend. 202
Tabel 5-4: Percentielwaarden van de gemeten zuurstofconcentratie (in mg/L) in de continue meetstations in het Schelde-estuarium over een periode van zes jaar. Voor elk van deze meetstations wordt de 5-percentielwaarde berekend. 203
Tabel 5-5: Maximale duurtijd van de gemeten zuurstofdips (in uren) in de continue meetstations in het Schelde-estuarium over een periode van zes jaar. Het meetstation Kruibeke vertoonde geen enkele zuurstofdip in de periode 2010-2015. 205
Tabel 5-6: Hoogste stikstof-zuurstofvraag (Nitrogen Oxygen Demand; NOD) (in mg/L) die afgeleid werd in de verschillende segmenten (Zeeschelde) en zones (Westerschelde) in het Schelde-estuarium. Maxima zijn berekend per periode van zes jaar. 207
Tabel 5-7: Hoogste koolstof-zuurstofvraag (Biochemical Oxygen Demand; BOD) (in mg/L) die afgeleid werd in de verschillende segmenten (Zeeschelde) en zones (Westerschelde) in het Schelde-estuarium. Voor de zones in de Westerschelde en de Monding is er geen testcriterium gedefinieerd. Maxima zijn berekend per periode van zes jaar. 210

Tabel 5-8: Gemiddelde concentratie aan anorganische stikstof (Total Dissolved Inorganic Nitrogen; TDIN) (in mg/L) die afgeleid werd in de verschillende zones (Zeeschelde en Westerschelde) in het Schelde-estuarium. Gemiddeldes zijn berekend per periode van zes jaar. 212
Tabel 5-9: Gemiddelde concentratie aan fosfaat-fosfor (in mg/L) die afgeleid werd in de verschillende zones (Zeeschelde en Westerschelde) in het Schelde-estuarium. Gemiddeldes zijn berekend per periode van zes jaar. 215
Tabel 5-10: Maximale duur van de silicaatdip (in dagen) die afgeleid werd in de verschillende segmenten (Zeeschelde) en zones (Westerschelde) in het Schelde-estuarium. Maxima zijn berekend per periode van zes jaar. 217
Tabel 5-11: Maximale indicatorwaarde voor de potentiële eutrofiëring van de kust die afgeleid werd in de verschillende meetstations (Zeeschelde) in het Schelde-estuarium op basis van de opgeloste siliciumconcentraties. Maxima zijn berekend per periode van zes jaar. 220
Tabel 5-12: Maximale indicatorwaarde voor de potentiële eutrofiëring van de kust die afgeleid werd in de verschillende meetstations (Zeeschelde) in het Schelde-estuarium op basis van de totale siliciumconcentraties. Maxima zijn berekend per periode van zes jaar. 221
Tabel 5-13: Maximale flux van totale anorganische opgeloste stikstof (TDINflux) (in kton/jaar) die afgeleid werd in de verschillende meetstations (Zeeschelde) in het Schelde-estuarium. Maxima zijn berekend per periode van zes jaar en uitgedrukt in kton/jaar. 223
Tabel 5-14: Hoogste concentratie aan nitriet-stikstof (in mg/L) die geobserveerd werd in de verschillende segmenten (Zeeschelde) en zones (Westerschelde) in het Schelde-estuarium. Maxima zijn bepaald per periode van zes jaar. 224
Tabel 5-15: Hoogste concentratie aan ammoniak-stikstof (in mg/L) die geobserveerd werd in de verschillende segmenten (Zeeschelde) en zones (Westerschelde) in het Schelde-estuarium. Maxima zijn bepaald per periode van zes jaar. 227
Tabel 5-16: 90-percentielwaarden voor chloride (in mg/L) afgeleid in de verschillende segmenten (Zeeschelde) en zones (Westerschelde) in het Schelde-estuarium. Percentielen zijn berekend per periode van zes jaar. 230
Tabel 5-17: Gemiddelde hoeveelheid zwevende stof (in mg/L) die afgeleid werd in de verschillende zones (Zeeschelde en Westerschelde) in het Schelde-estuarium. Gemiddeldes zijn berekend per periode van zes jaar. 233
Tabel 5-18: Hoogste gemiddelde hoeveelheid zwevende stof (in mg/L) die afgeleid werd in de verschillende zoete zones (Zeeschelde) in het Schelde-estuarium. Maxima zijn berekend per periode van zes jaar, startend van het 6-maandelijks glijdend gemiddelde. 234
Tabel 5-19: Hoogste hoeveelheid zwevende stof (in mg/L) die afgeleid werd in de verschillende zoete zones (Zeeschelde) in het Schelde-estuarium. Maxima zijn berekend op maandbasis per periode van zes jaar. 235
Tabel 5-20: Gemiddelde hoeveelheid zwevende stof (in mg/L) die afgeleid werd in de verschillende continue meetstations in het Schelde-estuarium. Gemiddeldes zijn berekend per periode van zes jaar. 235
Tabel 5-21: Hoogste watertemperatuur (in °C) die geobserveerd werd in de verschillende segmenten (Zeeschelde) en zones (Westerschelde) in het Schelde-estuarium. Maxima zijn bepaald per periode van zes jaar. 237
Tabel 5-22: Hoogste watertemperatuur (in °C) die gemeten werd in de verschillende continue meetstations in het Schelde-estuarium. Maxima zijn berekend per periode van zes jaar. 238
Tabel 5-23: Aantal overschrijdingen van de normwaarden voor de "toetsbare" metalen. De fractie van overschrijdingen (ten opzichte van het aantal metingen) wordt tussen haakjes weergegeven. 242
Tabel 5-24: Aantal overschrijdingen van de jaargemiddelde normwaarden voor de "toetsbare" metalen in de periode 2016-2021, weergegeven als aantal overschrijdingen ten opzichte van het aantal metingen. Resultaten worden weergegeven als 'X/Y', met 'X' het aantal overschrijdingen en 'Y' het aantal

jaargemiddeldes dat werd berekend. Achtergrondkleuren geven een idee van de fractie aan overschrijdingen: groen (0%), geel (0,01 – 25%), oranje (25,01 – 50%), rood (50,01 – 75%) en donkerrood (75,01 – 100%). '-': Geen toetsbare bemonstering van de stof. 243
Tabel 5-25: Aantal overschrijdingen van de normwaarden voor de "toetsbare" PAK's. De fractie van overschrijdingen (ten opzichte van het aantal metingen) wordt tussen haakjes weergegeven. 244
Tabel 5-26: Aantal overschrijdingen van de jaargemiddelde normwaarden voor de "toetsbare" PAK's in de periode 2016-2021, weergegeven als aantal overschrijdingen ten opzichte van het aantal metingen. Resultaten worden weergegeven als 'X/Y', met 'X' het aantal overschrijdingen en 'Y' het aantal jaargemiddeldes dat werd berekend. Achtergrondkleuren geven een idee van de fractie aan overschrijdingen: groen (0%), geel (0,01 – 25%), oranje (25,01 – 50%), rood (50,01 – 75%) en donkerrood (75,01 – 100%). '-': Geen toetsbare bemonstering van de stof. 245
Tabel 5-27: Aantal overschrijdingen van de normwaarden voor de "toetsbare" bestrijdingsmiddelen. De fractie van overschrijdingen (ten opzichte van het aantal metingen) wordt tussen haakjes weergegeven. 246
Tabel 5-28: Aantal overschrijdingen van de jaargemiddelde normwaarden voor de "toetsbare" bestrijdingsmiddelen in de periode 2016-2021, weergegeven als aantal overschrijdingen ten opzichte van het aantal metingen. Resultaten worden weergegeven als 'X/Y', met 'X' het aantal overschrijdingen en 'Y' het aantal jaargemiddeldes dat werd berekend. Achtergrondkleuren geven een idee van de fractie aan overschrijdingen: groen (0%), geel (0,01 – 25%), oranje (25,01 – 50%), rood (50,01 – 75%) en donkerrood (75,01 – 100%). '-': Geen toetsbare bemonstering van de stof. 247
Tabel 5-29: Aantal overschrijdingen van de normwaarden voor de "toetsbare" overige organische verbindingen. De fractie van overschrijdingen (t.o.v. het aantal metingen) wordt tussen haakjes weergegeven. 248
Tabel 5-30: Aantal overschrijdingen van de jaargemiddelde normwaarden voor de "toetsbare" overige organische stoffen in de periode 2016-2021, weergegeven als aantal overschrijdingen ten opzichte van het aantal metingen. Resultaten worden weergegeven als 'X/Y', met 'X' het aantal overschrijdingen en 'Y' het aantal jaargemiddeldes dat werd berekend. Achtergrondkleuren geven een idee van de fractie aan overschrijdingen: groen (0%), geel (0,01 – 25%), oranje (25,01 – 50%), rood (50,01 – 75%) en donkerrood (75,01 – 100%). '-': Geen toetsbare bemonstering van de stof. 249
Tabel 5-31: Samenvatting van het totaal aantal overschrijdingen van de normwaarden voor de "toetsbare" verontreinigende stoffen. De fractie van overschrijdingen (t.o.v. het aantal metingen) wordt tussen haakjes weergegeven. 251
Tabel 5-32: Scoretoekenning voor verontreinigende stoffen in de waterbodem, component fysicochemie. 254
Tabel 5-33: Hoogste klasse voor metalen in de waterbodem die afgeleid werd in de verschillende zones (Zeeschelde en Westerschelde) in het Schelde-estuarium. Maxima zijn berekend per periode van zes jaar. 254
Tabel 5-34: Aantal overschrijdingen van de jaargemiddelde normwaarden voor de "toetsbare" metalen in de periode 2016-2021, weergegeven als aantal overschrijdingen ten opzichte van het aantal metingen. Resultaten worden weergegeven als 'X/Y', met 'X' het aantal overschrijdingen en 'Y' het aantal jaargemiddeldes dat werd berekend. Achtergrondkleuren geven een idee van de fractie aan overschrijdingen: groen (0%), geel (0,01 – 25%), oranje (25,01 – 50%), rood (50,01 – 75%) en donkerrood (75,01 – 100%). '-': Geen toetsbare bemonstering van de stof. 255
Tabel 5-35: Hoogste klasse voor PAK's in de waterbodem die afgeleid werd in de verschillende zones (Zeeschelde en Westerschelde) in het Schelde-estuarium. Maxima zijn berekend per periode van zes jaar. 255
Tabel 5-36: Aantal overschrijdingen van de jaargemiddelde normwaarden voor de "toetsbare" PAK's in de periode 2016-2021, weergegeven als aantal overschrijdingen ten opzichte van het aantal metingen. Resultaten worden weergegeven als 'X/Y', met 'X' het aantal overschrijdingen en 'Y' het aantal

jaargemiddeldes dat werd berekend. Achtergrondkleuren geven een idee van de fractie aan overschrijdingen: groen (0%), geel (0,01 – 25%), oranje (25,01 – 50%), rood (50,01 – 75%) en donkerrood (75,01 – 100%). '-': Geen toetsbare bemonstering van de stof. 256
Tabel 5-37: Hoogste klasse voor bestrijdingsmiddelen in de waterbodem die afgeleid werd in de verschillende zones (Zeeschelde en Westerschelde) in het Schelde-estuarium. Maxima zijn berekend per periode van zes jaar. 257
Tabel 5-38: Aantal overschrijdingen van de jaargemiddelde normwaarden voor de "toetsbare" bestrijdingsmiddelen in de periode 2016-2021, weergegeven als aantal overschrijdingen ten opzichte van het aantal metingen. Resultaten worden weergegeven als 'X/Y', met 'X' het aantal overschrijdingen en 'Y' het aantal jaargemiddeldes dat werd berekend. Achtergrondkleuren geven een idee van de fractie aan overschrijdingen: groen (0%), geel (0,01 – 25%), oranje (25,01 – 50%), rood (50,01 – 75%) en donkerrood (75,01 – 100%). '-': Geen toetsbare bemonstering van de stof. 257
Tabel 5-39: Hoogste klasse voor overige PCB's in de waterbodem die afgeleid werd in de verschillende zones (Zeeschelde en Westerschelde) in het Schelde-estuarium. Maxima zijn berekend per periode van zes jaar. 258
Tabel 5-40: Aantal overschrijdingen van de jaargemiddelde normwaarden voor de "toetsbare" PCB's in de periode 2016-2021, weergegeven als aantal overschrijdingen ten opzichte van het aantal metingen. Resultaten worden weergegeven als 'X/Y', met 'X' het aantal overschrijdingen en 'Y' het aantal jaargemiddeldes dat werd berekend. Achtergrondkleuren geven een idee van de fractie aan overschrijdingen: groen (0%), geel (0,01 – 25%), oranje (25,01 – 50%), rood (50,01 – 75%) en donkerrood (75,01 – 100%). '-': Geen toetsbare bemonstering van de stof. 258
Tabel 5-41: Hoogste klasse voor alle verontreinigende stoffen in de waterbodem die afgeleid werd in de verschillende zones (Zeeschelde en Westerschelde) in het Schelde-estuarium. Maxima zijn afgeleid van de groep-specifieke analyses en weergegeven per periode van zes jaar. De sturende stof-groepen worden tussen haakjes weergegeven (1: Metalen; 2: PAK's; 3: Bestrijdingsmiddelen; 4: PCB's). 259
Tabel 5-42: Aantal overschrijdingen van de normwaarden voor de "toetsbare" verontreinigende stoffen. De fractie van overschrijdingen (t.o.v. het aantal metingen) wordt tussen haakjes weergegeven. 261
Tabel 5-43: Aantal overschrijdingen van de jaargemiddelde normwaarden voor de "toetsbare" stoffen in de periode 2016-2021, weergegeven als aantal overschrijdingen ten opzichte van het aantal metingen. Resultaten worden weergegeven als 'X/Y', met 'X' het aantal overschrijdingen en 'Y' het aantal jaargemiddeldes dat werd berekend. Achtergrondkleuren geven een idee van de fractie aan overschrijdingen: groen (0%), geel (0,01 – 25%), oranje (25,01 – 50%), rood (50,01 – 75%) en donkerrood (75,01 – 100%). '-': Geen toetsbare bemonstering van de stof. 262
Tabel 5-44: Aantal overschrijdingen van de jaargemiddelde normwaarden voor de "toetsbare" stoffen in de periode 2016-2021, weergegeven als aantal overschrijdingen ten opzichte van het aantal metingen. Resultaten worden weergegeven als 'X/Y', met 'X' het aantal overschrijdingen en 'Y' het aantal jaargemiddeldes dat werd berekend. 263
Tabel 6-1: Overzicht van de beschikbaarheid van ecotopenkaarten. (*) Onvolledige dekking van de ecotopenkartering; alleen Sterke saliniteitsgradiënt (zone 4) en compartiment 13 van de zone Oligohalien (zone 5) zijn gekarteerd. 305
Tabel 6-2: Samenvatting van de evaluatie van de rekenparameter Oppervlakte van de Communicatie-indicator Leefomgeving. Groen: evaluatie positief; rood: evaluatie negatie, wit: evaluatie neutraal. Bij de Zeeschelde is ook de afwijking van de gewenste oppervlakte in ha/% aangegeven. 77/64 = 77 ha te weinig ten opzichte van de gewenste oppervlakte en het aandeel is 64% te weinig. 320
Tabel 6-3: Voorgeschreven minimale oeverbreedte in de Zeeschelde (gebaseerd op Adriaensens et al., 2005). 323
Tabel 6-4: Beoordeling kwaliteit Leefgebied voor schorbreedte en oeverbreedte. Rood = negatieve evaluatie, groen = positieve evaluatie, geen kleur = neutraal. 325

Tabel 6-5: Berekende draagkracht voor negen vogelsoorten in de Westerschelde. Hiervoor is de vergelijking gebruikt, die voor het Sterk en Zwak polyhalien is opgesteld door Vanoverbeke & Van Ryckegem (2015) voor het aantal van een soort en de fysische kenmerken van het gebied. Deze relaties zijn ook toegepast voor het Mesohalien. 328
Tabel 6-6: Gekarteerde oppervlakte in ha per zone op basis van de ecotopenkaart van de Zeeschelde en het verschil in ha tussen twee opeenvolgende ecotopenkaarten. 332
Tabel 7-1: Grenzen voor de EKR-waardering schorkwaliteit in de Zeeschelde conform de criteria van de KRW voor zoetwaterschorren (4 vegetatiezones) en brakwaterschorren (3 vegetatiezones) op basis van de Shannon-index (Brys et al., 2005). 343
Tabel 7-2: Beoordeling waardering schorkwaliteit in de Westerschelde conform de criteria van de KRW (STOWA, 2018). EKR = Ecologische Kwaliteitsratio: dit drukt de afstand uit tot de referentie (EKR = 1). 344
Tabel 7-3:Overzicht van het voorkomen van (invasieve) exoten in de Zeeschelde en Westerschelde op basis van de beschikbare vegetatie-opnamen. X = soort komt voor, (x) = soort kwam in het verleden voor. 354
Tabel 7-4: Beoordeling vegetatie Zeeschelde en Westerschelde. Rood is een negatieve evaluatie en groen een positieve evaluatie. – en ? = evaluatie niet mogelijk. 356
Tabel 7-5: Gemiddelde P:B-verhouding (in (g C)/(µg Chl a)/d) die afgeleid werd in de verschillende zones (Zeeschelde en Westerschelde) in het Schelde-estuarium. Gemiddeldes zijn berekend per periode van zes jaar. Merk op dat de parameter tot en met 2014 via twee methodes bepaald werd, hetgeen kan bijdragen aan een eventueel verschil tussen de beschouwde tijdsperiodes. 358
Tabel 7-6: Maximale dichtheid van Phaeocystis (in 10^6 cellen/L) die afgeleid werd in de verschillende zones (Zeeschelde en Westerschelde) in het Schelde-estuarium. Maxima zijn berekend per periode van zes jaar. 360
Tabel 7-7: Maximale dichtheid van cyanobacteriën (in 10^3 cellen/mL) die afgeleid werd in de verschillende zones (Zeeschelde en Westerschelde) in het Schelde-estuarium. Maxima zijn berekend per periode van zes jaar. *: De volledige periode 2016-2021 wordt beschouwd, maar voor de Zijrivieren en Zeeschelde zijn er slechts metingen tot en met 2019. 361
Tabel 7-8: Overzicht ingesloten genera in de 'Algal genus pollution index' volgens Palmer (1969). Voor ieder genus wordt de bijbehorende waarde vermeld. 362
Tabel 7-9: Gemiddelde Genus Pollution Index die afgeleid werd in de verschillende zones (Zeeschelde en Westerschelde) in het Schelde-estuarium. Gemiddeldes zijn berekend per periode van zes jaar. *: De volledige periode 2016-2021 wordt beschouwd, maar voor de Zijrivieren en Zeeschelde zijn er slechts metingen tot en met 2019. 363
Tabel 7-10: Gemiddelde jaarmaximum aan zooplanktonbiomassa (mg/m³) die afgeleid werd in de verschillende zones (Zeeschelde en Westerschelde) in het Schelde-estuarium. Gemiddeldes zijn berekend per periode van zes jaar. 379
Tabel 7-11: Gemiddelde jaarmaximum aan Eurytemora affinis (in 1000 ind/m³) die afgeleid werd in de verschillende zones (Zeeschelde en Westerschelde) in het Schelde-estuarium. Gemiddeldes zijn berekend per periode van zes jaar. 380
Tabel 7-12: Gemiddelde verhouding van Cladocera versus Calanoida die afgeleid werd in de verschillende zones (Zeeschelde en Westerschelde) in het Schelde-estuarium. Gemiddeldes zijn berekend per periode van zes jaar. 382
Tabel 7-13: Gemiddelde verhouding van Cyclopoida versus Calanoida die afgeleid werd in de verschillende zones (Zeeschelde en Westerschelde) in het Schelde-estuarium. Gemiddeldes zijn berekend per periode van zes jaar. 383
Tabel 7-14 Overzicht van de minimale biomassa van het benthos in het litoraal (ton asvrij drooggewicht – AFDW) per zone. 405

Tabel 7-15: Overzicht van het voorkomen van (invasieve) exoten in de Zeeschelde en Westerschelde. Per voorkomende soort is de gemiddelde dichtheid per m^2 weergegeven. Rood geeft aan dat de dichtheid is toegenomen (ongewenst) en groen dat de dichtheid is afgenomen (gewenst). 409
Tabel 7-16: Overzicht van de scores per rekenparameter. Groen betekent positieve beoordeling, rood betekent dat de beoordeling negatief is, oranje betekent weinig data maar negatieve trend, geel betekent dat er onvoldoende data is om een trend te kunnen vaststellen. L = litoraal en S = sublitoraal. 410
Tabel 7-17: Gemiddelde biomassa (g/40m^3) van het hyperbenthos in de bemonsterde zones van de Zeeschelde tijdens de T2015 en de T2021, en procentuele toe- of afname. 412
Tabel 7-18: Gemiddelde dichtheid (n/40m^3) van het hyperbenthos in de bemonsterde zones van de Zeeschelde tijdens de T2015 en de T2021, en de procentuele toe- of afname. 413
Tabel 7-19: Gemiddelde dichtheid (n/ha) tijdens de T2015 en de T2021, en procentuele toe- of afname. Rood betekent een negatieve beoordeling, groen betekent een positieve beoordeling. 414
Tabel 7-20: Overzicht van het voorkomen van (invasieve) exoten in de Zeeschelde en Westerschelde. De gemiddelde dichtheid per 40 m^3 is weergegeven. Rood geeft aan dat de dichtheid is toegenomen (ongewenst) en groen dat de dichtheid is afgenomen (gewenst). 418
Tabel 7-21: Overzicht van de scores per rekenparameter. Groen betekent goed, rood betekent dat de waarde niet voldoet. 418
Tabel 7-22: Overzicht vissoorten met vermelding van de wetenschappelijke naam, Nederlandstalige naam, dieet en saliniteitsvoorkeur. Soorten die beschouwd worden als een sleutelsoort zijn aangegeven met een X. 419
Tabel 7-23: Beoordeling van de biomassa (g/fuikdag) van fuikvangsten van vissen voor de verschillende zones in de Zeeschelde van het Schelde-estuarium. Gemiddeldes zijn berekend per periode van zes jaar. De beoordeling is positief (+) indien er geen daling is in 2016-2021 t.o.v. 2010-2015, negatief (-) indien er wel een daling is en neutraal (0) wanneer de soort nooit geobserveerd is gedurende de voorbije 12 jaar. 444
Tabel 7-24: Beoordeling van de aantallen (#/fuikdag) van fuikvangsten van vissen voor de verschillende zones in de Zeeschelde van het Schelde-estuarium. Gemiddeldes zijn berekend per periode van zes jaar. De beoordeling is positief (+) indien er geen daling is in 2016-2021 t.o.v. 2010-2015, negatief (-) indien er wel een daling is en neutraal (0) wanneer de soort nooit geobserveerd is gedurende de voorbije 12 jaar. 445
Tabel 7-25: Beoordeling van de biomassa (g/m^3) van ankerkuilvangsten van vissen voor de verschillende zones in de Zeeschelde van het Schelde-estuarium. Gemiddeldes zijn berekend per periode van zes jaar. De beoordeling is positief (+) indien er geen daling is in 2016-2021 t.o.v. 2010-2015, negatief (-) indien er wel een daling is en neutraal (0) wanneer de soort nooit geobserveerd is gedurende de voorbije 12 jaar. 446
Tabel 7-26: Beoordeling van de aantallen (#/m^3) van ankerkuilvangsten van vissen voor de verschillende zones in de Zeeschelde van het Schelde-estuarium. Gemiddeldes zijn berekend per periode van zes jaar. De beoordeling is positief (+) indien er geen daling is in 2016-2021 t.o.v. 2010-2015, negatief (-) indien er wel een daling is en neutraal (0) wanneer de soort nooit geobserveerd is gedurende de voorbije 12 jaar. 446
Tabel 7-27: Beoordeling van de biomassa (kg/ha) van boomkorvangsten van vissen voor de verschillende zones in de Westerschelde van het Schelde-estuarium. Gemiddeldes zijn berekend per periode van zes jaar. De beoordeling is positief (+) indien er geen daling is in 2016-2021 t.o.v. 2010-2015, negatief (-) indien er wel een daling is en neutraal (0) wanneer de soort nooit geobserveerd is gedurende de voorbije 12 jaar. 447
Tabel 7-28: Beoordeling van de aantallen (#/ha) van boomkorvangsten van vissen voor de verschillende zones in de Westerschelde van het Schelde-estuarium. Gemiddeldes zijn berekend per periode van zes jaar. De beoordeling is positief (+) indien er geen daling is in 2016-2021 t.o.v. 2010-2015, negatief (-

) indien er wel een daling is en neutraal (0) wanneer de soort nooit geobserveerd is gedurende de voorbije 12 jaar. 448
Tabel 7-29: Beoordeling van de aantallen (#/trek) van ankerkuilvangsten van vissen voor de verschillende zones in de Westerschelde van het Schelde-estuarium. Gemiddeldes zijn berekend per periode van zes jaar. De beoordeling is positief (+) indien er geen daling is in 2016-2021 t.o.v. 2010-2015, negatief (-) indien er wel een daling is en neutraal (0) wanneer de soort nooit geobserveerd is gedurende de voorbije 12 jaar. 448
Tabel 7-30: Gemiddelde Shannon-index van biomassa van fuikvangsten van vissen voor de verschillende zones in de Zeeschelde van het Schelde-estuarium. Gemiddeldes zijn berekend per periode van zes jaar. De beoordeling is positief (+) indien er geen daling is in 2016-2021 t.o.v. 2010-2015 en negatief (-) indien er wel een daling is. 449
Tabel 7-31: Gemiddelde Shannon-index van aantallen van fuikvangsten van vissen voor de verschillende zones in de Zeeschelde van het Schelde-estuarium. Gemiddeldes zijn berekend per periode van zes jaar. De beoordeling is positief (+) indien er geen daling is in 2016-2021 t.o.v. 2010-2015 en negatief (-) indien er wel een daling is. 450
Tabel 7-32: Gemiddelde Shannon-index van biomassa van ankerkuilvangsten van vissen voor de verschillende zones in de Zeeschelde van het Schelde-estuarium. Gemiddeldes zijn berekend per periode van zes jaar. De beoordeling is positief (+) indien er geen daling is in 2016-2021 t.o.v. 2010-2015 en negatief (-) indien er wel een daling is. 450
Tabel 7-33: Gemiddelde Shannon-index van aantallen van ankerkuilvangsten van vissen voor de verschillende zones in de Zeeschelde van het Schelde-estuarium. Gemiddeldes zijn berekend per periode van zes jaar. De beoordeling is positief (+) indien er geen daling is in 2016-2021 t.o.v. 2010-2015 en negatief (-) indien er wel een daling is 450
Tabel 7-34: Gemiddelde Shannon-index van biomassa van boomkorvangsten van vissen voor de verschillende zones in de Westerschelde van het Schelde-estuarium. Gemiddeldes zijn berekend per periode van zes jaar. De beoordeling is positief (+) indien er geen daling is in 2016-2021 t.o.v. 2010-2015 en negatief (-) indien er wel een daling is. 451
Tabel 7-35: Gemiddelde Shannon-index van aantallen van boomkorvangsten van vissen voor de verschillende zones in de Westerschelde van het Schelde-estuarium. Gemiddeldes zijn berekend per periode van zes jaar. De beoordeling is positief (+) indien er geen daling is in 2016-2021 t.o.v. 2010-2015 en negatief (-) indien er wel een daling is. 451
Tabel 7-36: Gemiddelde Shannon-index van aantallen van ankerkuilvangsten van vissen voor de verschillende zones in de Westerschelde van het Schelde-estuarium. Gemiddeldes zijn berekend per periode van zes jaar. De beoordeling is positief (+) indien er geen daling is in 2016-2021 t.o.v. 2010-2015 en negatief (-) indien er wel een daling is. 451
Tabel 7-37: Beoordeling van de biomassa (g/fuikdag) van fuikvangsten van invasieve vissen voor de verschillende zones in de Zeeschelde van het Schelde-estuarium. Gemiddeldes zijn berekend per periode van zes jaar. De beoordeling is negatief (-) indien er geen daling is in 2016-2021 t.o.v. 2010-2015, positief (+) indien er wel een daling is en neutraal (0) wanneer de soort nooit geobserveerd is gedurende de voorbije 12 jaar. 463
Tabel 7-38: Beoordeling van de aantallen (#/fuikdag) van fuikvangsten van vissen voor de verschillende zones in de Zeeschelde van het Schelde-estuarium. Gemiddeldes zijn berekend per periode van zes jaar. De beoordeling is negatief (-) indien er geen daling is in 2016-2021 t.o.v. 2010-2015, positief (+) indien er wel een daling is en neutraal (0) wanneer de soort nooit geobserveerd is gedurende de voorbije 12 jaar. 463
Tabel 7-39: Beoordeling van de biomassa (g/m³) van ankerkuilvangsten van vissen voor de verschillende zones in de Zeeschelde van het Schelde-estuarium. Gemiddeldes zijn berekend per periode van zes jaar. De beoordeling is negatief (-) indien er geen daling is in 2016-2021 t.o.v. 2010-2015,

positief (+) indien er wel een daling is en neutraal (0) wanneer de soort nooit geobserveerd is gedurende de voorbije 12 jaar. 464
Tabel 7-40: Beoordeling van de aantallen (#/m3) van ankerkuilvangsten van vissen voor de verschillende zones in de Zeeschelde van het Schelde-estuarium. Gemiddeldes zijn berekend per periode van zes jaar. De beoordeling is negatief (-) indien er geen daling is in 2016-2021 t.o.v. 2010-2015, positief (+) indien er wel een daling is en neutraal (0) wanneer de soort nooit geobserveerd is gedurende de voorbije 12 jaar. 464
Tabel 7-41: Beoordeling van de biomassa (kg/ha) van boomkorvangsten van vissen voor de verschillende zones in de Westerschelde van het Schelde-estuarium. Gemiddeldes zijn berekend per periode van zes jaar. De beoordeling is negatief (-) indien er geen daling is in 2016-2021 t.o.v. 2010-2015, positief (+) indien er wel een daling is en neutraal (0) wanneer de soort nooit geobserveerd is gedurende de voorbije 12 jaar. 464
Tabel 7-42: Beoordeling van de aantallen (#/ha) van boomkorvangsten van vissen voor de verschillende zones in de Westerschelde van het Schelde-estuarium. Gemiddeldes zijn berekend per periode van zes jaar. De beoordeling is negatief (-)indien er geen daling is in 2016-2021 t.o.v. 2010-2015, positief (+) indien er wel een daling is en neutraal (0) wanneer de soort nooit geobserveerd is gedurende de voorbije 12 jaar. 465
Tabel 7-43: Beoordeling van de aantallen (#/trek) van ankerkuilvangsten van vissen voor de verschillende zones in de Westerschelde van het Schelde-estuarium. Gemiddeldes zijn berekend per periode van zes jaar. De beoordeling is negatief (-)indien er geen daling is in 2016-2021 t.o.v. 2010-2015, positief (+) indien er wel een daling is en neutraal (0) wanneer de soort nooit geobserveerd is gedurende de voorbije 12 jaar. 465
Tabel 7-44: Aantal invasieve exoten in de fuikvangsten van vissen voor de verschillende zones in de Zeeschelde van het Schelde-estuarium. Gemiddeldes zijn berekend per periode van zes jaar. De beoordeling is negatief (-) indien er geen daling is in 2016-2021 t.o.v. 2010-2015 en positief (+) indien er wel een daling is. 465
Tabel 7-45: Aantal invasieve exoten in de ankerkuilvangsten van vissen voor de verschillende zones in de Zeeschelde van het Schelde-estuarium. Gemiddeldes zijn berekend per periode van zes jaar. De beoordeling is negatief (-) indien er geen daling is in 2016-2021 t.o.v. 2010-2015 en positief (+) indien er wel een daling is. 467
Tabel 7-46: Aantal invasieve exoten in de boomkorvangsten van vissen voor de verschillende zones in de Westerschelde van het Schelde-estuarium. Gemiddeldes zijn berekend per periode van zes jaar. De beoordeling is negatief (-) indien er geen daling is in 2016-2021 t.o.v. 2010-2015 en positief (+) indien er wel een daling is. 469
Tabel 7-47: Aantal invasieve exoten in de ankerkuilvangsten van vissen voor de verschillende zones in de Westerschelde van het Schelde-estuarium. Gemiddeldes zijn berekend per periode van zes jaar. De beoordeling is negatief (-) indien er geen daling is in 2016-2021 t.o.v. 2010-2015 en positief (+) indien er wel een daling is. 471
Tabel 7-48: Overzicht van de data van broedvogels en niet-broedvogels die in de Zeeschelde en Westerschelde verzameld worden. De kustbroedvogeldata zijn afkomstig uit het MWTL-programma van RWS, de gegevens van bruine kiekendief en blauwborst zijn afkomstig van vrijwilligers van Het Zeeuwsche Landschap, de niet-broedvogelgegevens worden verzameld in het kader van het MWTL-programma van RWS en bewerkt door Sovon Vogelonderzoek Nederland. De vogelgegevens van de Zeeschelde worden beschikbaar gesteld door het INBO. 473
Tabel 7-49: Sleutelsoorten broedvogels met criteria voor het aantal broedparen in de Zeeschelde (niveau 2). De criteria zijn ontleend aan Van Ryckegem et al. (2021). Hierbij is onderscheid gemaakt tussen estuariene soorten en de overige soorten, die meer aan moeras gebonden zijn. 474
Tabel 7-50: Overzicht van de aantallen broedvogels met een instandhoudingsdoel (IHD) voor de Zeeschelde in de periode 2016-2021. Tevens is aangegeven of op basis van het aantal broedparen (in

drie van de zes jaren boven het IHD) de beoordeling positief (groen) of negatief (rood) is. Tevens is de trend aangegeven (= = stijgend, 0 = neutraal, - = is negatief). Ook soorten met een stijgende trend krijgen een positieve eindbeoordeling. 476
Tabel 7-51: Sleutelsoorten broedvogels Westerschelde met het minimum doelaantal (kustbroedvogels) of het instandhoudingsdoel (overige soorten). Minimum doelaantal is de minimale bijdrage van het Natura 2000-gebied Westerschelde & Saeftinghe om het regiodoel voor de Deltagebied te realiseren. 477
Tabel 7-52: Vergelijking van de aantallen broedvogelsoorten binnen de begrenzing van het Natura 2000-gebied Westerschelde & Saeftinghe met de instandhoudingsdoelstellingen/minimum doelaantallen genoemd in het Beheerplan. Getallen tussen haakjes betreffen onvolledige tellingen. Groen = positieve evaluatie en rood = negatieve evaluatie. De aantallen zijn ontleend aan www.sovon.nl (Netwerk Ecologische Monitoring (Sovon, RWS, CBS, provincies). 480
Tabel 7-53: Overzicht van het aantal broedparen kustbroedvogels binnen de begrenzing van het Natura 2000-gebied Westerschelde & Saeftinghe en in Waterdunen in 2021 (Lilipaly & Sluijter 2022). 480
Tabel 7-54: Vergelijking van de aantallen kustbroedvogelsoorten binnen de ruime begrenzing van het Natura 2000-gebied Westerschelde & Saeftinghe met de instandhoudingsdoelstellingen/minimum doelaantallen genoemd in het Beheerplan. Groen = positieve evaluatie en rood = negatieve evaluatie. De ruime begrenzing omvat meer dan het Natura 2000-gebied en Waterdunen, zodat de aantallen voor enkele soorten hoger zijn dan de in tabel 7-18 genoemde aantallen. 480
Tabel 7-55: Instandhoudingsdoelen van niet-broedvogels waarvoor de Zeeschelde+zijrivieren is aangewezen. De waarden van het instandhoudingsdoel zijn ontleend aan Van Ryckegem et al. (2022). 482
Tabel 7-56: Overzicht van het winterhalfjaargemiddelde van de niet-broedvogelsoorten met een instandhoudingsdoel (IHD) in de Zeeschelde. Rood = negatieve evaluatie, groen = positieve evaluatie. 483
Tabel 7-57: Overzicht per niet-broedvogelsoort met een instandhoudingsdoel (IHD) van de trend op lange en korte termijn. -- = significante sterke afname van >5% per jaar, - = significante matige afname van <5% per jaar, 0 = stabiel, geen significante trend, ~ = onzeker, geen trend aantoonbaar. 483
Tabel 7-58: Instandhoudingsdoelstellingen (IHD's) voor niet-broedvogelsoorten Natura 2000-gebied Westerschelde & Saeftinghe (bron: Ministerie van Infrastructuur en Milieu, 2016). 484
Tabel 7-59: Overzicht van het seizoengemiddelde van de niet-broedvogelsoorten met een instandhoudingsdoel (IHD) in de Westerschelde in de periode 2015/16 -2020/21. Er is sprake van een positieve beoordeling indien het seizoengemiddelde van een soort in drie van de zes seizoenen boven het instandhoudingsdoel zit. Rood = negatieve evaluatie, groen = positieve evaluatie. De aantallen zijn ontleend aan www.sovon.nl (Netwerk Ecologische Monitoring (Sovon, RWS, CBS, provincies). 485
Tabel 7-60: Overzicht van het seizoengemiddelde van de niet-broedvogelsoorten met een instandhoudingsdoel (IHD) in de Westerschelde per periode van zes telseizoenen. Per periode is aangegeven of een soort aan het criterium voldoet; in drie telseizoen hoger dan of gelijk aan het instandhoudingsdoel. De eerste periode omvat slechts vier telseizoenen. Groen = positieve evaluatie, geel = mogelijk positieve evaluatie na toevoegen tellingen uit de seizoenen 1985/1986 en 1986/1987 aan de eerste periode. De niet gemarkeerde waarden krijgen een negatieve evaluatie. Bron: Netwerk Ecologische Monitoring, Sovon, provincies & CBS, www.sovon.nl. 486
Tabel 7-61: Overzicht per niet-broedvogelsoort met een instandhoudingsdoel (IHD) van de trend op lange en korte termijn. -- = significante sterke afname van >5% per jaar, - = significante matige afname van <5% per jaar, 0 = stabiel, geen significante trend, ~ = onzeker, geen trend aantoonbaar, ++ = significante matige toename van <5% per jaar, ++ = significant sterke toename van >5% per jaar. De trends zijn ontleend aan wwww.sovon.nl (Netwerk Ecologische Monitoring (Sovon, RWS, CBS, provincies). 487

Tabel 7-62: Gemiddeld aantal exoten waargenomen op de Zeeschelde, waarbij onderscheid is gemaakt tussen niet-invasieve en invasieve exoten in de perioden T2015 en T2021. - = soort niet waargenomen. 497
Tabel 7-63: Gemiddeld aantal exoten waargenomen op de Westerschelde, waarbij onderscheid is gemaakt tussen niet-invasieve en invasieve exoten in de perioden T2015 en T2021. - = soort niet waargenomen..... 498
Tabel 7-64: Samenvatting van de beoordeling van de rekenparameters van broed- en niet-broedvogels. 499
Tabel 7-65: Samenvatting van de beoordeling van de verschillende parameters voor zeezoogdieren in de Westerschelde. Groen: evaluatie positief; rood: evaluatie negatief..... 505
Tabel 7-66: Overzicht van de secties waarin de analyses met betrekking tot de invasieve exoten en overige exoten in meer detail worden beschreven. Deze analyses dienen als basis voor de samenvattende toetsing binnen de toetsparameter Exoten. De trofische groep Zeezoogdieren is hierin niet opgenomen, aangezien daarvoor enkel naar zeehonden wordt gekeken..... 506
Tabel 7-67: Toetsing van de invasieve soorten die waargenomen werden in de verschillende zones (Zeeschelde en Westerschelde) in het Schelde-estuarium in de periode 2016-2021 ten opzichte van de periode 2010-2015. Een groene achtergrond weerspiegelt geen toename van het aantal invasieve exoten, terwijl een rode achtergrond een toename van het aantal exoten binnen een specifieke zone weergeeft. 507
Tabel 7-68: Toetsing van de fracties van invasieve exoten (ten opzichte van de gemeenschap) die waargenomen werden in de verschillende zones (Zeeschelde en Westerschelde) in het Schelde-estuarium in de periode 2016-2021 ten opzichte van de periode 2010-2015. Een groene achtergrond weerspiegelt geen toename van het aantal invasieve exoten, terwijl een rode achtergrond een toename van het aantal exoten binnen een specifieke zone weergeeft. 508
Tabel 8-1: Overzicht van de GOG en GOG-GGG gebieden langs het Schelde estuarium..... 531
Tabel 8-2: In- en ontpolderingen langs de Zeechelde en Westerschelde (Van Braeckel et al., 2006). 533
Tabel 8-3: Afsluitingen en heraantakkingen langs de Zeeschelde en haar zijrivieren (naar Van Braeckel et al., 2006)..... 537
Tabel 8-4: Rechttrekkingen uitgevoerd op de Zeeschelde na 1850 (naar Van Braeckel et al., 2006) 538
Tabel 8-5: Overzicht van de inkortingen op de Zeeschelde en effect op sinuositeit (Van Braeckel et al., 2006)..... 539
Tabel 8-6: Overzicht van de in de T2021 rapportage gebruikte datasets en informatie m.b.t. antropogene bronnen van verontreiniging..... 551
Tabel 8-7: Overzicht van het totaal aantal overstorten per jaar en de totale duur ervan. 554
Tabel 8-8: Overzicht van sleufvalsystemen voor Wolhandkrab in Vlaanderen (D'Hondt et al., 2021). 576
Tabel 8-9: Overzicht van de Top 30 belangrijkste routes voor de jaren 2009, 2015 en 2021. Opgelet, aangezien de routes in de top 30 niet voor elk jaar gelijk zijn worden in de tabel meer dan 30 routes weergegeven..... 581
Tabel 9-1: Overzicht van de hoeveelheid nutriënten per sector en per jaar voor de Zeeschelde. Rode cijfers duiden de sector aan die het meeste bijdraagt aan de totale hoeveelheid. 732
Tabel 9-2: Overzicht van de hoeveelheid metalen per sector en per jaar voor de Zeeschelde. Rode cijfers duiden de sector aan die het meeste bijdraagt aan de totale hoeveelheid..... 733
Tabel 9-3: Overzicht van de hoeveelheid PAK's per sector en per jaar voor de Zeeschelde. Rode cijfers duiden de sector aan die het meeste bijdraagt aan de totale hoeveelheid..... 734
Tabel 9-4: Overzicht van de impact van de verschillende types incidenten per jaar en maand. 735
Tabel 9-5: Meetstations voor de rekenparameters Absoluut minimum en 95%..... 743

Tabel 9-6: Meetstations voor continue zuurstofdata voor de rekenparameters Absoluut minimum, 95% en zuurstofdip. 744
Tabel 9-7: Meetstations voor de rekenparameters NOD, BOD-C, TDIN, Fosfaat, Silicaat, Nitriet en Ammoniak. 748
Tabel 9-8: Continue meetstations gehanteerd voor rekenparameters ICEP-DSi, ICEP-TSi en TDINflux 749
Tabel 9-9: Meetstations voor de rekenparameters Chloride, Zwevende stof en Watertemperatuur... 764
Tabel 9-10: Meetstations voor continue data voor de rekenparameters Chloride, Zwevende stof en Watertemperatuur. 765
Tabel 9-11: Meetstations voor de rekenparameters Verontreinigende stoffen. Merk op dat verontreinigende stoffen in biota slechts sinds 2015 door VMM gemeten worden. 772
Tabel 9-12: Overzicht van de milieukwaliteitsnormen voor de beschouwde verontreinigende stoffen in oppervlaktewater met een onderscheid voor bestrijdingsmiddelen, PAKs, (overige) organische stoffen en metalen. Voor de Westerschelde wordt gebruik gemaakt van de Nederlandse normen voor overgangswater ('Andere oppervlaktewateren'), aangevuld met de Vlaamse normen indien geen Nederlandse normen worden gespecificeerd (cursief weergegeven). Richtwaarden voor detectiegrenzen kunnen gevonden worden via VLAREM en de Evaluatie-methodiek van het Schelde-estuarium..... 777
Tabel 9-13: Grenswaarden voor verontreinigende stoffen in zoete, brakke en zoute waterbodems. Gebaseerd op de consensuswaarden en de Vlaamse waterbodemdatabank, als onderdeel van de herwerkte triade-methodiek. Het gebruik van drie grenswaarden laat toe om vier klassen te hanteren voor de finale evaluatie. Voor sommige stoffen zijn nog geen grenswaarden gedefinieerd, (opgenomen als '-'). Grenswaarden zijn vastgelegd op 31 oktober 2022 op basis van de meest recente ontwerpversie van de vernieuwde triade-methodiek. 781
Tabel 9-14: Biota-MKN (µg per kg natgewicht (wet weight; ww)) opgesteld door de Europese Commissie voor de bescherming van toppredatoren tegen secundaire vergiftiging. MKN: Milieukwaliteitsnorm; TEQ: Toxische equivalenten. 782
Tabel 9-15: Biota-MKN (µg per kg natgewicht (wet weight; ww)) opgesteld door OSPAR voor de bescherming van de voedselketen tegen vergiftiging. BAC: Background assessment concentration (achtergrondwaarde); EAC: Environmental Assessment Criteria (milieunorm); EC: Criteria Europese commissie ter bescherming van de publieke gezondheid. Voor de vissen wordt de lever als basis gebruikt, tenzij anders vermeld. Voor de weekdieren wordt het zachte weefsel als basis gebruikt, tenzij anders vermeld. Overgenomen van Sneekers en Kotterman (2019) en gebaseerd op OSPAR (2017). 783
Tabel 9-16: Klasseindeling voor verontreinigende stoffen in het oppervlaktewater. 784
Tabel 9-17: Hoogste klasse voor metalen in de waterkolom die afgeleid werd in de verschillende zones (Zeeschelde en Westerschelde) in het Schelde-estuarium. Maxima zijn berekend per periode van zes jaar. 785
Tabel 9-18: Hoogste klasse voor PAK's in de waterkolom die afgeleid werd in de verschillende zones (Zeeschelde en Westerschelde) in het Schelde-estuarium. Maxima zijn berekend per periode van zes jaar. 786
Tabel 9-19: Hoogste klasse voor bestrijdingsmiddelen in de waterkolom die afgeleid werd in de verschillende zones (Zeeschelde en Westerschelde) in het Schelde-estuarium. Maxima zijn berekend per periode van zes jaar. 787
Tabel 9-20: Hoogste klasse voor overige organische stoffen in de waterkolom die afgeleid werd in de verschillende zones (Zeeschelde en Westerschelde) in het Schelde-estuarium. Maxima zijn berekend per periode van zes jaar. Een overzicht van de beschouwde organische stoffen wordt gegeven in Bijlage D.4.2. 787
Tabel 9-21: Hoogste klasse voor verontreinigende stoffen in de waterkolom die afgeleid werd in de verschillende zones (Zeeschelde en Westerschelde) in het Schelde-estuarium. Maxima zijn afgeleid van

de groep-specifieke analyses en weergegeven per periode van zes jaar. De sturende stof-groepen worden tussen haakjes weergegeven (1: Metalen; 2: PAK's; 3: Bestrijdingsmiddelen; 4: Overige organische stoffen). 788
Tabel 9-22: Aantal overschrijdingen van de jaargemiddelde normwaarden voor de 'toetsbare' PAK's in de periode 2010-2015, weergegeven als aantal overschrijdingen t.o.v. het aantal metingen. Resultaten worden weergegeven als 'X/Y', met 'X' het aantal overschrijdingen en 'Y' het aantal jaargemiddeldes dat werd berekend. Achtergrondkleuren geven een idee van de fractie aan overschrijdingen: groen (0%), geel (0,01 – 25%), oranje (25,01 – 50%), rood (50,01 – 75%) en donkerrood (75,01 – 100%). '-': Geen toetsbare bemonstering van de betrokken stof. 790
Tabel 9-23: Aantal overschrijdingen van de jaargemiddelde normwaarden voor de 'toetsbare' PAK's in de periode 2010-2015, weergegeven als aantal overschrijdingen t.o.v. het aantal metingen. Resultaten worden weergegeven als 'X/Y', met 'X' het aantal overschrijdingen en 'Y' het aantal jaargemiddeldes dat werd berekend. Achtergrondkleuren geven een idee van de fractie aan overschrijdingen: groen (0%), geel (0,01 – 25%), oranje (25,01 – 50%), rood (50,01 – 75%) en donkerrood (75,01 – 100%). '-': Geen toetsbare bemonstering van de betrokken stof. 791
Tabel 9-24: Aantal overschrijdingen van de jaargemiddelde normwaarden voor de 'toetsbare' bestrijdingsmiddelen in de periode 2010-2015, weergegeven als aantal overschrijdingen t.o.v. het aantal metingen. Resultaten worden weergegeven als 'X/Y', met 'X' het aantal overschrijdingen en 'Y' het aantal jaargemiddeldes dat werd berekend. Achtergrondkleuren geven een idee van de fractie aan overschrijdingen: groen (0%), geel (0,01 – 25%), oranje (25,01 – 50%), rood (50,01 – 75%) en donkerrood (75,01 – 100%). '-': Geen toetsbare bemonstering van de betrokken stof..... 791
Tabel 9-25: Aantal overschrijdingen van de jaargemiddelde normwaarden voor de 'toetsbare' bestrijdingsmiddelen in de periode 2010-2015, weergegeven als aantal overschrijdingen t.o.v. het aantal metingen. Resultaten worden weergegeven als 'X/Y', met 'X' het aantal overschrijdingen en 'Y' het aantal jaargemiddeldes dat werd berekend. Achtergrondkleuren geven een idee van de fractie aan overschrijdingen: groen (0%), geel (0,01 – 25%), oranje (25,01 – 50%), rood (50,01 – 75%) en donkerrood (75,01 – 100%). '-': Geen toetsbare bemonstering van de betrokken stof..... 792
Tabel 9-26: Aantal jaargemiddeldes die lager liggen dan de grenswaarde en waarvoor ook de norm lager ligt dan de grenswaarde. Voor deze stoffen kan geen beoordeling afgeleid worden, maar het voorziet wel de nodige input om specifieke analysetechnieken te verbeteren (en de bemonsteringsinspanning mee in rekening te brengen). 794
Tabel 9-27: Aantal overschrijdingen van de jaargemiddelde normwaarden voor de "toetsbare" verontreinigende stoffen in de periode 2016-2021, weergegeven als aantal overschrijdingen ten opzichte van het aantal metingen uitgevoerd op de meetstations aan de grenzen van het estuarium. Resultaten worden weergegeven als 'X/Y', met 'X' het aantal overschrijdingen en 'Y' het aantal jaargemiddeldes dat werd berekend. Achtergrondkleuren geven een idee van de fractie aan overschrijdingen: groen (0%), geel (0,01 – 25%), oranje (25,01 – 50%), rood (50,01 – 75%) en donkerrood (75,01 – 100%). '-': Geen toetsbare bemonstering van de stof. 798
Tabel 9-28: Toekenning van een signaal (-: beperkte afwijking/effect; +: sterke afwijking/effect) aan de bekomen score, opgedeeld per component. 803
Tabel 9-29: Finale beoordeling gebaseerd op de component-specifieke signalen. De finale beoordeling loopt van score 1 (geen/beperkte verontreiniging) tot 4 (sterke verontreiniging). 803
Tabel 9-30: Hoogste triade-klasse voor verontreinigende stoffen in de waterbodem die afgeleid werd in de verschillende zones (Zeeschelde) in het Schelde-estuarium. Maxima zijn berekend per periode van zes jaar. Tussen haakjes staan de aangepaste triade-klasse op basis van de analyses voor de fysicochemische component (zie voorgaande analyses; eerste klasse: > grenswaarde en tweede klasse: alle stoffen). Door de beperkte frequentie kan de alternatieve klasse bepaald zijn door een ander staal (in tijd en/of ruimte) dan de originele klasse. 804

Tabel 9-31: Klasseindeling voor geaccumuleerde concentraties aan verontreinigende stoffen in biota. 805
Tabel 9-32: Hoogste klasse voor verontreinigende stoffen in biota die afgeleid werd in de verschillende zones (Zeeschelde en Westerschelde) in het Schelde-estuarium. Maxima zijn berekend per periode van zes jaar. 805
Tabel 9-33: Aantal overschrijdingen van de jaargemiddelde normwaarden voor de "toetsbare" stoffen in de periode 2010-2015, weergegeven als aantal overschrijdingen ten opzichte van het aantal metingen. Resultaten worden weergegeven als 'X/Y', met 'X' het aantal overschrijdingen en 'Y' het aantal jaargemiddeldes dat werd berekend. Achtergrondkleuren geven een idee van de fractie aan overschrijdingen: groen (0%), geel (0,01 – 25%), oranje (25,01 – 50%), rood (50,01 – 75%) en donkerrood (75,01 – 100%). '-': Geen toetsbare bemonstering van de stof.....806
Tabel 9-34: Aantal jaargemiddeldes die in de periode 2016-2021 lager liggen dan de grenswaarde en waarvoor ook de norm lager ligt dan de grenswaarde. Voor deze stoffen kan geen beoordeling afgeleid worden, maar het voorziet wel de nodige input om specifieke analysetechnieken te verbeteren (en de bemonsteringsinspanning mee in rekening te brengen). 806
Tabel 9-35: Meetstations voor de verklarende parameters. 808
Tabel 9-36: Meetstations voor de rekenparameters verbonden met het fytoplankton (o.a. Biomassa, Cyanobacteria, Phaeocystis, Algal Pollution Index, Diatomeeën). 819
Tabel 9-37: Meetstations voor de rekenparameters Jaarmaximum, Eurytemora affinis, Verhouding Cladocera/Calanoida en Verhouding Cyclopoida/Calanoida. 825
Tabel 9-38: Overzichtslijst van exoten uit bestaande lijsten en/of waargenomen in het Schelde-estuarium. Soorten zijn gegroepeerd per trofische groep en de referentie per soort voor classificatie als exoot is weergegeven.....847
Tabel 9-39: Meandering van de Zeeschelde per OMES segment: > 1,5: meanderend (groen), 1,5-1,1: kronkelend (oranje), < 1,1: recht. 929
Tabel 9-40: Slib- en zanduitwisseling over de grens Vlissingen-Breskens in verschillende sedimentbalansstudies (positief is import van Voordelta naar Westerschelde). (Bron: van der Werf et al., 2020).....943

Lijst met figuren

Figuur 1-1: Schematische weergave van de communicatie-indicatoren (piramides) per hoofdfunctie van de langetermijnvisie. 61
Figuur 1-2: Schematische weergave 'piramide-aanpak'. 62
Figuur 2-1: Ruimtelijke indeling van het estuarium op niveau 3 (Schelde zones) en niveau 4 (Scheldecompartimenten). 68
Figuur 2-2: Schematische weergave van de opbouw van fysiotopen (uit Van Ryckegem et al., 2017). 70
Figuur 3-1: Weergave indicator hydrodynamiek en onderliggende toets-, reken- en verklarende parameters. 74
Figuur 3-2: Getijstations in de Westerschelde en Zeeschelde. N.B. Station Europlatform, gelegen buiten het estuarium, is niet weergegeven. 76
Figuur 3-3: Resultaten trendanalyse jaargemiddelde hoogwaterstanden Cadzand met de trends tot en met 2009, 2015 en 2021 voor de periode 1966-2021 en de bijbehorende predictie-intervallen. 81
Figuur 3-4: Residuen trendanalyse T2015 met een voorspelling t/m 2021 en residuen met de nieuwe trend t/m 2021 voor de jaargemiddelde hoogwaterstanden bij station Cadzand. 81
Figuur 3-5: Resultaten trendanalyse jaargemiddelde hoogwaterstanden Vlissingen met de trends tot en met 2009, 2015 en 2021 voor de periode 1881-2021 en de bijbehorende predictie-intervallen. Trendbreuk in 1965 82
Figuur 3-6: Residuen trendanalyse T2015 met een voorspelling t/m 2021 en residuen met de nieuwe trend t/m 2021 voor de jaargemiddelde hoogwaterstanden bij station Vlissingen. Trendbreuk in 1965. 83
Figuur 3-7: Resultaten trendanalyse jaargemiddelde hoogwaterstanden Bath met de trends tot en met 2009, 2015 en 2021 voor de periode 1966-2021 en de bijbehorende predictie-intervallen. Trendbreuk in 1975 83
Figuur 3-8: Resultaten trendanalyse jaargemiddelde hoogwaterstanden Liefkenshoek met de trends tot en met 2009, 2015 en 2021 voor de periode 1948-2021 en de bijbehorende predictie-intervallen. Trendbreuk in 1975 84
Figuur 3-9: Residuen trendanalyse T2015 met een voorspelling t/m 2021 en residuen met de nieuwe trend t/m 2021 voor de jaargemiddelde hoogwaterstanden bij station Liefkenshoek. Trendbreuk in 1975. 84
Figuur 3-10: Resultaten trendanalyse jaargemiddelde hoogwaterstanden Tielrode met de trends tot en met 2009, 2015 en 2021 voor de periode 1930-2021 en de bijbehorende predictie-intervallen. 85
Figuur 3-11: Residuen trendanalyse T2015 met een voorspelling t/m 2021 en residuen met de nieuwe trend t/m 2021 voor de jaargemiddelde hoogwaterstanden bij station Tielrode. 85
Figuur 3-12: Stijging jaargemiddeld hoogwater in cm/eeuw voor alle belangrijke stations als functie van de afstand tot de monding in T2021 vergeleken met T2009 en T2015. 87
Figuur 3-13: Vergelijking tussen de trends van de jaargemiddelde waterstand (blauw), astronomisch jaargemiddeld hoogwater (rood) en gemeten jaargemiddeld hoogwater (groen). De trend in de astronomische hoogwaterstand te Hansweert is niet significant, maar is omwille van de consistentie wel geplot. 88
Figuur 3-14: Datapunten van de 99^{e} percentiel hoogwaterstanden voor Europlatform voor de periode van 1983-2021 en een LOESS filter met spanwijdte van 6 jaar. 91
Figuur 3-15: Datapunten van de 99^{e} percentiel hoogwaterstanden voor Westkapelle voor de periode van 1955-2021 en een LOESS filter met spanwijdte van 6 jaar. 92

Figuur 3-16: Resultaten trendanalyse van de 99e percentiel hoogwaterstanden bij Vlissingen met de trends tot en met 2009 (met een voorspelling tot en met 2021) en het bijbehorende predictie-interval. Trendbreuk in 1955. 93
Figuur 3-17: Resultaten trendanalyse van de 99e percentiel hoogwaterstanden bij Hansweert met de trends tot en met 2009 (met bijbehorend predictie-interval) en 2021. Trendbreuk in 1960. 93
Figuur 3-18: Resultaten trendanalyse van de 99e percentiel hoogwaterstanden bij Rumst met de trends tot en met 2009 (met bijbehorend predictie-interval), 2015 en 2021. 94
Figuur 3-19: Overzicht van de trends in de 99e percentiel hoogwaterstanden bij de belangrijkste meetstations in het estuarium. Duffel-Sluis is niet opgenomen vanwege de korte meetreeks en de gevoeligheid voor uitschieters daardoor. 95
Figuur 3-20: Locaties van de golfstations 96
Figuur 3-21: Jaargemiddelde significante golfhoogte te Deurloo (links) en Wielingen (rechts). 99
Figuur 3-22: Jaargemiddelde significante golfhoogte te Bath (links) en Hansweert (rechts). 99
Figuur 3-23: Empirische cumulatieve verdeling (ecdf) ofwel onderschrijdingskans van de halfuurlijkse significante golfhoogtes binnen een jaar voor station Wielingen. De zwarte lijnen geven de uiterste grenzen aan van alle cumulatieve verdelingen t/m het jaar 2015. 101
Figuur 3-24: Empirische cumulatieve verdeling (ecdf) ofwel onderschrijdingskans van de halfuurlijkse significante golfhoogtes binnen een jaar voor station Hansweert. De zwarte lijnen geven de uiterste grenzen aan van alle cumulatieve verdelingen t/m het jaar 2015. 102
Figuur 3-25: Empirische cumulatieve verdeling (ecdf) ofwel onderschrijdingskans van de halfuurlijkse spectrale golfperiodes binnen een jaar voor station Wielingen. De zwarte lijnen geven de uiterste grenzen aan van alle cumulatieve verdelingen t/m het jaar 2015. 103
Figuur 3-26: Cumulatieve verdeling van de halfuurlijkse spectrale golfperiodes binnen een jaar voor station Hansweert. De zwarte lijnen geven de uiterste grenzen aan van alle cumulatieve verdelingen t/m het jaar 2015. 104
Figuur 3-27: Resultaten trendanalyse van de jaargemiddelde laagwaterstanden bij Cadzand met de trends tot en met 2009, 2015 en 2021, met de bijbehorende predictie-intervallen. 106
Figuur 3-28: Residuen trendanalyse T2015 met een voorspelling t/m 2021 en residuen met de nieuwe trend t/m 2021 voor de jaargemiddelde laagwaterstanden bij station Cadzand. 106
Figuur 3-29: Resultaten trendanalyse van de jaargemiddelde laagwaterstanden bij Terneuzen met de trends tot en met 2009, 2015 en 2021. Trendbreuk in 1960 107
Figuur 3-30: Residuen trendanalyse T2015 met een voorspelling t/m 2021 en residuen met de nieuwe trend t/m 2021 voor de jaargemiddelde laagwaterstanden bij station Terneuzen. 107
Figuur 3-31: Resultaten trendanalyse van de jaargemiddelde laagwaterstanden bij Rumst met de trends tot en met 2009, 2015 en 2021. Trendbreuk in 1970 108
Figuur 3-32: Residuen trendanalyse T2015 met een voorspelling t/m 2021 en residuen met de nieuwe trend t/m 2021 voor de jaargemiddelde laagwaterstanden bij station Rumst (voorheen Walem). 109
Figuur 3-33: Trends in de jaargemiddelde laagwaters bij de belangrijkste getijstations in T2009, T2015 en T2021. 110
Figuur 3-34: Vergelijking tussen de trends van de jaargemiddelde waterstand (blauw), astronomisch jaargemiddeld laagwater (rood) en gemeten jaargemiddeld laagwater (groen). De trend in de astronomische laagwaterstand te Cadzand, Westkapelle en Vlissingen is niet significant, maar is omwille van de consistentie wel geplot. 112
Figuur 3-35: Jaargemiddelde looptijd van het hoogwater vanaf Vlissingen in de periode 1987-2021. 115
Figuur 3-36: Jaargemiddelde looptijd tussen de opeenvolgende stations in de periode 1987-2021. 115
Figuur 3-37: Jaargemiddelde looptijd van het laagwater vanaf Vlissingen in de periode 1987-2021. 116
Figuur 3-38: Jaargemiddelde looptijd van het laagwater tussen de opeenvolgende stations in de periode 1987-2021. 116

Figuur 3-39: Ontwikkeling van de looptijd van het jaargemiddelde hoog- en laagwater (links en rechts respectievelijk) tussen Vlissingen en het station Terneuzen voor de periode 1987-2021 met LOESS-filter. 117
Figuur 3-40: Ontwikkeling van de looptijd van het jaargemiddelde hoog- en laagwater (links en rechts respectievelijk) tussen Vlissingen en het station Hansweert voor de periode 1880-2021 met LOESS-filter. 117
Figuur 3-41: Ontwikkeling van de looptijd van het jaargemiddelde hoog- en laagwater (links en rechts respectievelijk) tussen Vlissingen en het station Bath voor de periode 1987-2021 met LOESS-filter. 118
Figuur 3-42: Ontwikkeling van de looptijd van het jaargemiddelde hoog- en laagwater (links en rechts respectievelijk) tussen Vlissingen en het station Antwerpen voor de periode 1971-2021 met LOESS-filter. 118
Figuur 3-43: Ontwikkeling van de looptijd van het jaargemiddelde hoog- en laagwater (links en rechts respectievelijk) tussen Vlissingen en het station Dendermonde voor de periode 1987-2021 met LOESS-filter. 118
Figuur 3-44: 2D-contourplots (detail Bath) voor afstand tot referentietraject (links) en roergebruik (rechts) voor opvaart in 2019 (boven), 2015 (midden) en 2011 (onder). Bron: Verwilligen et al. (2022a) Figuur 50. 122
Figuur 3-45: Baanafstanden (links) en tijcondities Bath (rechts). Bron: Verwilligen et al. (2022a) Bijlage 2 en Figuur 10. 123
Figuur 3-46: Contourplots afstand tot traject opvaart 2019 (boven), 2015 (midden) en 2011 (onder). Links: output uit Verwilligen et al. (2022a); Rechts: lopend gemiddelde over invloedslengte. Bron: Verwilligen et al. (2022b) Figuur 2. 124
Figuur 3-47: Contourplots afstand tot traject opvaart 2019 (boven), 2015 (midden) en 2011 (onder). Links: lopend gemiddelde over invloedslengte; Rechts: max per vaarsector. Bron: Verwilligen et al. (2022b) Figuur 8. 125
Figuur 3-48: Resultaten trendanalyse van de amplitude van het M2-getijcomponent bij Vlissingen met de trend tot 1995 en de trend voor de data tussen 1995 en 2021. De stippellijnen geven de predictie-intervallen. 132
Figuur 3-49: Resultaten trendanalyse voor de astronomische hoogwaterstanden te Vlissingen voor de periode 1971-2021. Trendbreuk in 1995. 134
Figuur 3-50: Resultaten trendanalyse voor de astronomische laagwaterstanden te Terneuzen voor de periode 1971-2021. Trendbreuk in 1995. 135
Figuur 3-51: Resultaten trendanalyse van de jaargemiddelde getijslag te Terneuzen met de trends tot en met 2009 (blauw) tot en met 2015 (rood) en de bijbehorende 95%-predictie-intervallen (streepjes- en stippellijn voor 2009 en 2015 respectievelijk) en de trendlijn tot en met 2021 (Zwart) voor de periode 1878-2021. Trendbreuk in het jaar 1960. 138
Figuur 3-52: Resultaten trendanalyse van de jaargemiddelde getijslag te Liefkenshoek met de trends tot en met 2009 (blauw) tot en met 2015 (rood) en de bijbehorende 95%-predictie-intervallen (streepjes- en stippellijn voor 2009 en 2015 respectievelijk) en de trendlijn tot en met 2021 (Zwart) voor de periode 1947-2021. Trendbreuk in het jaar 1975. 138
Figuur 3-53: Resultaten trendanalyse van de jaargemiddelde getijslag te Rumst) met de trends tot en met 2009 (blauw) tot en met 2015 (rood) en de bijbehorende 95%-predictie-intervallen (streepjes- en stippellijn voor 2009 en 2015 respectievelijk) en de trendlijn tot en met 2021 (Zwart) voor de periode 1910-2021. Trendbreuk in het jaar 1975. 139
Figuur 3-54: Relatieve getijslag van de belangrijkste stations in de Westerschelde ten opzichte van Vlissingen voor de periode 1970-2021. 140
Figuur 3-55: Relatieve getijslag van de belangrijkste stations in de Zeeschelde ten opzichte van Antwerpen voor de periode 1975-2021. 141

Figuur 3-56: Jaargemiddeld (links) en 99e percentiel (rechts) van het debiet te Melle in de periode 1971-2021. 142
Figuur 3-57: Jaargemiddeld (links) en 99e percentiel (rechts) van het debiet te Schelle in de periode 1971-2021. 142
Figuur 3-58: Jaargemiddelde (links) en 99e percentiel (rechts) scheve stormopzet te Vlissingen in de periode 1970-2021 143
Figuur 3-59: Jaargemiddelde waterstanden te Vlissingen voor de periode 1911-2021 en de regressiemodellen van T2009, T2015 en T2021. 144
Figuur 3-60: Verblijftijden in de 3 OMES-segmenten in de Boven-Zeeschelde in de zone Zoet kort verblijf basis van de afvoer bij Melle. 146
Figuur 3-61: Verblijftijden in de 3 OMES-segmenten in de Westerschelde in de zone Sterk Polyhalien op basis van de afvoer bij de grens. 147
Figuur 3-62: Jaargemiddelde getijasymmetrie bij de hoofdstations 148
Figuur 3-63: Vloedvolumes (boven) en ebvolumes (onder), gemiddeld per macrocel, in de Westerschelde voor de jaren 2011, 2013, 2016 en 2019. Gebaseerd op Figuur 19 van Stark et al. (2022). Data ontvangen van Bart de Maerschalck (WL Vlaanderen). 149
Figuur 3-64: Verhouding getijvolumes die door de hoofd- versus nevengeul stromen tijdens eb (boven), vloed (midden) en de totale getijcyclus (onder) voor de jaren 2011, 2013, 2016 en 2019. Gebaseerd op de uitkomsten van het Scaldis model beschreven in Stark et al. (2022). 152
Figuur 4-1: Bodemligging van de Scheldemonding in 2015 t.o.v. NAP met aanduiding van de belangrijkste geulen en platen (van Weerdenburg en van der Werf, 2021). 156
Figuur 4-6: Volume onderhoudsbaggerwerken (m³) in de Sardijngeul (monding) voor de periode 2014 – 2021 (BOVEN) en Wielingen (monding) voor de periode 2013 – 2021 (ONDER). 158
Figuur 4-7: Stortvolume slib (TDS) in en nabij het mondingsgebied (BOVEN) en stortlocaties (ONDER) 159
Figuur 4-2: Verschilkaart van de monding (2020-2014). 160
Figuur 4-3: Berekend netto suspensietransport van de fijne zandfractie (0,1 mm). De transporten zijn kleiner voor de grove zandfractie (0,25 mm), maar de patronen zijn vergelijkbaar. (Uit van der Werf et al., 2020, maar figuur afkomstig uit Röbke et al., 2018). 161
Figuur 4-4: Erosie-/sedimentatiekaart 2011-1965 met de voornaamste morfologische veranderingen in deze periode (De Maerschalck et al., 2017) 162
Figuur 4-5: Bodemsamenstelling bij Wielingen: (1) Zwin, (2) Cadzand-Bad, (3) Zwarte Polder en (4) Kruishoofd. 163
Figuur 4-8: Schematisatie van het meergeulensysteem. Gebied 2 is een nevengeulengebied gerelateerd aan het verlanden en inpolderen van voormalig intergetijdengebied rondom de huidige Braakmanhaven en het ontstaan van bochtgroep 1 tussen 1800 en 1865. (Bron: Maris et al., 2014, gebaseerd op Van Veen, 1950 en Jeuken, 2000). 165
Figuur 4-20: Verlaging van het middenstuk van de Scharrendam en de plaatsing van de palenrij in kader van het natuurherstelproject bij de Plaat van Ossenisse. 169
Figuur 4-21: Onderhoudsbaggervolume zand (beunvolume) in de Westerschelde; gealloceerd naar baggerlocatie. 170
Figuur 4-22: Onderhoudsbaggervolume zand (beunvolume) in de Westerschelde; gealloceerd naar stortlocatie. 170
Figuur 4-23: Havenstortingen Westerschelde havens (in situ volume Slib). 171
Figuur 4-10: Verschilkaart van de Westerschelde (2021-2015) 174
Figuur 4-11: DVD-verschilkaart (2020-2015) van het westelijke deel van de Westerschelde 175
Figuur 4-12: DVD-verschilkaart (2020-2015) van het centrale deel van de Westerschelde 175
Figuur 4-13: DVD-verschilkaart (2020-2015) van het oostelijke deel van de Westerschelde 176
Figuur 4-17: Dimensies Westerschelde: watervolume van de diepe geulen (onder -5m NAP). 177

Figuur 4-18: Dimensies Westerschelde: relatieve verandering van het watervolume in de diepe geulen (onder -5 m NAP). 178
Figuur 4-14: Cumulatief netto sedimentvolume Westerschelde. (Bron: Schrijver, 2020) 179
Figuur 4-15: Berekend sedimenttransport tussen de macrocellen met het (in situ) volume dat langs zeewaartse zijde binnenkomt. Rand opwaarts = opgelegd sedimenttransport over de grens Nederland – België (Bron: Schrijver, 2020) 180
Figuur 4-16: Netto sedimenttransport (m³, gele pijlen) in 2018 en antropogene sedimentverplaatsingen (witte pijlen) over de grens van een macrocel (Bron: Schrijver, 2020) 180
Figuur 4-19: Bodemsamenstelling bij Rand Platen Valkenisse – omgeving boei 52. 181
Figuur 4-23: De breedte-diepte verhouding (β) t.o.v het relatief areaal intertijdengebied (r_S) in de Westerschelde (1996-2020). 182
Figuur 4-24: Verschilkaart (2015-2021) van de Boven-Zeeschelde 186
Figuur 4-25: Verschilkaart (2015-2021) van de Beneden-Zeeschelde 187
Figuur 4-27: Volume van de diepe zones (-5 mTAW) in de Beneden-Zeeschelde 188
Figuur 4-28: Volume van de kombergende zones (0-5 mTAW) in de Beneden-Zeeschelde 188
Figuur 4-29: Volume van de diepe zones (-5 mTAW) in de Boven-Zeeschelde 189
Figuur 4-30: Volume van de kombergende zones (2-5 mTAW) in de Boven-Zeeschelde 189
Figuur 4-31: Slibgehalte (%) in bodem (0-10 cm) in intertidaal/slik (links) en subtidaal (rechts). ... 191
Figuur 4-32: Bodemsamenstelling (zand- en slibgehalte: resp. grijs en geel) nabij: Plaat van Doel (LINKS BOVEN), Drempel van Frederik groene kant (RECHTS BOVEN), Geul van Kallosluis – midden (LINKS MIDDEN), Geul Zandvlietsluis (RECHTS MIDDEN) en Geul Berendrechtsluis (ONDER). 192
Figuur 5-1: Schematische weergave van de Communicatie-indicator Waterkwaliteit. De verklarende parameter Input estuarium verschilt van de overige verklarende parameters, aangezien deze geen specifieke parameter analyseert. Het omvat de grensstations in het estuarium waarvoor de verschillende rekenparameters eveneens afgeleid kunnen worden, zonder deze effectief te evalueren. 194
Figuur 5-2: Laagste zuurstofconcentratie die gemeten werd in de verschillende meetstations aan de grenzen van het Schelde-estuarium. Minima zijn berekend per jaar. 200
Figuur 5-3: Percentielwaarden van de gemeten zuurstofconcentratie in de verschillende meetstations aan de grenzen van het Schelde-estuarium. Voor het merendeel van deze meetstations wordt de 5-percentielwaarde berekend, aangezien er geen meetstations gesitueerd zijn in de zone Sterke saliniteitsgradiënt. 204
Figuur 5-4: Hoogste stikstofzuurstofvraag (Nitrogen Oxygen Demand; NOD) die afgeleid werd in de verschillende meetstations aan de grenzen van het Schelde-estuarium. Maxima zijn bepaald per jaar. 208
Figuur 5-5: Hoogste koolstof-zuurstofvraag (Biochemical Oxygen Demand; BOD) die gemeten werd in de verschillende meetstations aan de grenzen van het Schelde-estuarium. 211
Figuur 5-6: Gemiddelde concentratie aan anorganische stikstof (Total Dissolved Inorganic Nitrogen; TDIN) die afgeleid werd in de verschillende meetstation aan de grenzen van het Schelde-estuarium. 213
Figuur 5-7: Gemiddelde concentratie aan fosfaat-fosfor die afgeleid werd in de verschillende meetstation aan de grenzen van het Schelde-estuarium. Gemiddeldes zijn berekend per jaar. 215
Figuur 5-8: Maximale duur van de silicaatdip die afgeleid werd in de verschillende meetstations aan de grenzen van het estuarium. Maxima zijn bepaald per jaar en gelinkt aan de dag dat de dip begon. . 218
Figuur 5-9: Hoogste concentraties aan nitriet-stikstof (in mg/L) die geobserveerd werden in de verschillende meetstations aan de grenzen van het Schelde-estuarium. 225
Figuur 5-10: Hoogste concentraties aan ammoniak-stikstof (in mg/L) die geobserveerd werden in de verschillende meetstations aan de grenzen van het Schelde-estuarium. 228
Figuur 5-11: 90ste percentielwaarden van de chlorideconcentraties die geobserveerd werden in de verschillende meetstations aan de grenzen van het Schelde-estuarium. 231

Figuur 5-12: Gemiddelde hoeveelheid zwevende stof die geobserveerd werd in de verschillende meetstations aan de grenzen van het Schelde-estuarium. 234
Figuur 5-13: Hoogste watertemperatuur die geobserveerd werden in de verschillende meetstations aan de grenzen van het Schelde-estuarium. 238
Figuur 5-14: Mogelijke scenario's die zich kunnen voordoen bij het vergelijken van het jaargemiddelde met de voorgeschreven zone-specifieke normen. De uitgevoerde analyses nemen enkel die stoffen mee waarvoor een beoordeling mogelijk is (door uitsluiten van de metingen waarvoor het jaargemiddelde en norm beide onder de grenswaarde (GW) liggen). Een jaargemiddelde dat onder de grenswaarde ligt, leidt vanzelfsprekend tot een positieve beoordeling indien de norm hoger ligt dan de grenswaarde. Een jaargemiddelde dat hoger ligt dan de grenswaarde leidt vanzelfsprekend tot een negatieve beoordeling indien de norm lager ligt dan de grenswaarde. Wanneer zowel het jaargemiddelde als de norm boven de grenswaarde liggen, dan kan zowel een positieve als negatieve beoordeling bekomen worden. .. 241
Figuur 5-15: Absoluut aantal overschrijdingen van de "toetsbare" verontreinigende stoffen in de verschillende meetstations aan de grenzen van het Schelde-estuarium. De stoffen worden onderverdeeld in de categorieën Metalen, PAK's, Bestrijdingsmiddelen en Overige organische stoffen. 252
Figuur 5-16: Hoogste klasse die afgeleid werd in de verschillende meetstation aan de grenzen van het Schelde-estuarium. 260
Figuur 5-17: Maximale zoutstress op basis van de saliniteit die afgeleid werd in de verschillende continue meetstations van het Schelde-estuarium. Het meetstation 'Klein' verwijst hier naar het meetstation 'Klein Willebroek'. 265
Figuur 5-18: Schommelingen in de chlorideconcentratie die afgeleid werden in de verschillende zones (niveau 3) van het Schelde-estuarium. De schommelingen worden weergegeven als jaarlijkse variatie, volgens Vergelijking 5.13. 267
Figuur 5-19: Schommelingen in de chlorideconcentratie die afgeleid werden in de verschillende meetstations aan de grenzen van het Schelde-estuarium. De schommelingen worden weergegeven als jaarlijkse variatie, volgens Vergelijking 5.13. 268
Figuur 5-20: Maximale eufotische diepte die afgeleid werd in de verschillende segmenten (Zeeschelde) en zones (Westerschelde) in het Schelde-estuarium. 271
Figuur 5-21: Minimale eufotische diepte die afgeleid werd in de verschillende segmenten (Zeeschelde) en zones (Westerschelde) in het Schelde-estuarium. 272
Figuur 5-22: Gemiddelde eufotische diepte die afgeleid werd in de verschillende segmenten (Zeeschelde) en zones (Westerschelde) in het Schelde-estuarium, weergegeven per seizoen. 274
Figuur 5-23: Gemiddelde lichtlimitatie die afgeleid werd in de verschillende segmenten (Zeeschelde) en zones (Westerschelde) in het Schelde-estuarium, weergegeven per seizoen. 276
Figuur 5-24: Gemiddelde hoeveelheid zwevende stof die afgeleid werd in de verschillende segmenten (Zeeschelde) en zones (Westerschelde) in het Schelde-estuarium, weergegeven per seizoen. 278
Figuur 5-25: Seizoensgemiddelde zwevende stof die geobserveerd werd in de verschillende meetstations aan de grenzen van het Schelde-estuarium. 279
Figuur 5-26: Turbiditeitsmaximum op basis van de hoeveelheid zwevende stof, weergegeven per T-periode. 281
Figuur 5-27: Seizoensgemiddelde watertemperatuur die geobserveerd werd in de verschillende zones van het Schelde-estuarium. 283
Figuur 5-28: Seizoensgemiddelde watertemperatuur die geobserveerd werd in de verschillende meetstations aan de grenzen van het Schelde-estuarium. 284
Figuur 5-29: Gemiddelde watertemperatuur die gemeten werd in de verschillende continue meetstations in het Schelde-estuarium, weergegeven per seizoen. 285
Figuur 5-30: Laagste watertemperatuur in de winterperiode, afgeleid in de verschillende zones (niveau 3) van het Schelde-estuarium. 287

Figuur 5-31: Laagste watertemperatuur in de winterperiode, afgeleid op de verschillende continue meetstations van het Schelde-estuarium. 288
Figuur 5-32: Laagste watertemperatuur in de winterperiode, afgeleid in de verschillende meetstations aan de grenzen van het Schelde-estuarium. 288
Figuur 5-33: Eerste keer van het jaar dat de waterkolom warmer wordt dan 12 °C, afgeleid in de verschillende zones (niveau 3) van het Schelde-estuarium. De dag wordt weergegeven op de y-as. 290
Figuur 5-34: Eerste keer 12 °C voor continue data. 290
Figuur 5-35: Eerste keer van het jaar dat de waterkolom warmer wordt dan 12 °C, afgeleid in de verschillende meetstations aan de grenzen van het Schelde-estuarium. De dag wordt weergegeven op de y-as. 291
Figuur 5-36: Variatie van de pH, afgeleid in de verschillende zones (niveau 3) van het Schelde-estuarium. 293
Figuur 5-37: Variatie in de zuurtegraad die afgeleid werden in de verschillende meetstations aan de grenzen van het Schelde-estuarium. De schommelingen worden weergegeven als jaarlijkse variatie, volgens Vergelijking 5.17. 294
Figuur 5-38: Gemiddelde concentratie aan POC die afgeleid werd in de verschillende zones van het Schelde-estuarium. Gemiddeldes zijn berekend per jaar. 296
Figuur 5-39: Gemiddelde concentratie aan POC die afgeleid werd in de verschillende meetstations aan de grenzen van het Schelde-estuarium. Gemiddeldes zijn berekend per jaar. 297
Figuur 5-40: Gemiddelde verhouding van stikstof tegenover fosfor die afgeleid werd in de verschillende zones van het Schelde-estuarium. Gemiddeldes zijn berekend per maand. 299
Figuur 5-41: Gemiddelde verhouding van stikstof tegenover fosfor die afgeleid werd in de verschillende meetstations aan de grenzen van het Schelde-estuarium. Gemiddeldes zijn berekend per maand. 300
Figuur 5-42: Gemiddelde verhouding van stikstof tegenover silicium die afgeleid werd in de verschillende zones van het Schelde-estuarium. Gemiddeldes zijn berekend per maand. 301
Figuur 5-43: Gemiddelde verhouding van stikstof tegenover silicium die afgeleid werd in de verschillende meetstations aan de grenzen van het Schelde-estuarium. Gemiddeldes zijn berekend per maand. 302
Figuur 6-1: Weergave Communicatie-indicator Leefomgeving voor flora en fauna. 303
Figuur 6-2: Ontwikkeling van de oppervlakte diep water in de verschillende zones van de Zeeschelde. 306
Figuur 6-3: Ontwikkeling van de oppervlakte ondiep water in de verschillende zones van de Zeeschelde. 307
Figuur 6-4: Ontwikkeling van de oppervlakte hoogdynamisch sublitoraal in de verschillende zones van de Westerschelde. 309
Figuur 6-5: Ontwikkeling van de oppervlakte laagdynamisch sublitoraal in de verschillende zones van de Westerschelde. 310
Figuur 6-6: Ontwikkeling van de oppervlakte droogvallend slik in de verschillende zones van de Zeeschelde. 311
Figuur 6-7 Ontwikkeling van de oppervlakte van de verschillende hoogtezones van het droogvallend slik van de Zeeschelde gebaseerd op de ecotopenkaarten. 312
Figuur 6-8: Ontwikkeling van de oppervlakte hoog- en laagdynamisch litoraal in de verschillende zones van de Westerschelde. 314
Figuur 6-9: Ontwikkeling van de verschillende droogvalduurzones die onderscheiden kunnen worden in het laagdynamisch litoraal in de verschillende zones van de Westerschelde. 314
Figuur 6-10: Ontwikkeling van het aandeel pioniervegetatie op de slikken ten opzichte van de totale begroeide oppervlakte van de slikken per zone in de Westerschelde. Met rode lijnen zijn de kritische waarden van 5 en 35% aangegeven. De rode vlakken geven de ongewenste situaties aan. 316
Figuur 6-11: Ontwikkeling van de oppervlakte pioniervegetatie op de platen in de verschillende zones van de Westerschelde. 317

Figuur 6-12: Ontwikkeling van de oppervlakte pioniervegetatie op de slikken in de verschillende zones van de Westerschelde. 318
Figuur 6-13: Ontwikkeling van de oppervlakte schorvegetatie op de slikken en platen in de verschillende zones van de Westerschelde. 319
Figuur 6-14: Overzicht van de ontwikkeling van de oppervlakte schor, die een breedte heeft van minstens 75 m, per zone in de Zeeschelde. 322
Figuur 6-15: Ontwikkeling van de oppervlakte oever dat voldoet aan de eis voor de oeverbreedte per compartiment. 324
Figuur 6-16: Berekende draagkracht van de drie zones van de Westerschelde voor bonte strandloper en bontbekplevier op basis van de relatie tussen vogelaantallen en relevante fysische habitatkenmerken. De figuur voor drieteenstrandloper is qua patroon identiek maar verschilt in aantallen. 326
Figuur 6-17: Draagkrachtberekening Westerschelde voor bergeend, scholekster en wulp per zone. . 327
Figuur 6-18: Turnover bij vergelijking van twee opeenvolgende ecotopenkaarten in de Zeeschelde. Laag = laagdynamisch litoraal, hoog = hoogdynamisch litoraal, overig = alle andere ecotopen. 330
Figuur 6-19: Turnover in procenten per zone bij vergelijking van twee opeenvolgende ecotopenkaarten in de Zeeschelde. 331
Figuur 6-20: Turnover bij vergelijking van twee opeenvolgende ecotopenkaarten in de Westerschelde. Laag = laagdynamisch litoraal, hoog = hoogdynamisch litoraal, overig = alle andere ecotopen. 333
Figuur 6-21: Turnover in % bij vergelijking van twee opeenvolgende ecotopenkaarten in de Westerschelde. Laag = laagdynamisch litoraal, hoog = hoogdynamisch litoraal, overig = alle andere ecotopen. Linksboven Mesohalien, rechtsboven Zwak polyhalien en beneden Sterk polyhalien. 333
Figuur 6-22: Turnover in ha bij vergelijking van twee opeenvolgende ecotopenkaarten in de Westerschelde. Laag = laagdynamisch litoraal, hoog = hoogdynamisch litoraal, overig = alle andere ecotopen. 334
Figuur 7-1: Schematische weergave van de Communicatie-indicator Ecologie. De verklarende parameters worden vrij algemeen weergegeven, aangezien het totaalpakket aan parameters binnen deze communicatie-indicatoren een invloed kan uitoefenen op de beschouwde toetsparameters. 335
Figuur 7-2: Oppervlakte schorvegetatie in de verschillende zones van de Zeeschelde. De rode lijn geeft de ondergrens voor een positieve evaluatie aan. 341
Figuur 7-3: Oppervlakte schorvegetatie in het westelijke deel van de Westerschelde (links) en in de Westerschelde als geheel. De rode lijn geeft de ondergrens voor een positieve evaluatie aan. 341
Figuur 7-4: Shannon-index van de vegetatiezones in de verschillende zones van de Zeeschelde voor de periode 1992-2013. 345
Figuur 7-5: Shannon-index voor de Zeeschelde voor de periode 1992-2019, uitsluitend van de zones waarvoor een aanzienlijk deel van het areaal gekarteerd en uitgewerkt was (ongeveer 50%). 345
Figuur 7-6: Verhouding tussen vegetatiezones in de Westerschelde in de vijf karteringsjaren. De rode lijnen geven de grenzen van een positieve evaluatie aan; voor elke zone die tussen de grenzen ligt wordt dus één punt gescoord. 346
Figuur 7-7: Beoordeling van de schorkwaliteit in de Westerschelde, op basis van de vegetatiezones in Figuur 7-6. 346
Figuur 7-8: Ontwikkeling van de sleutelsoorten in de permanente kwadraten in de Zeeschelde. 349
Figuur 7-9: Ontwikkeling van de sleutelsoorten in de vegetatiekaarten in de Zeeschelde 349
Figuur 7-10: Ontwikkeling van sleutelsoorten driekantige bies, blauwe watereprijs en rode watereprijs in de Zeeschelde. 350
Figuur 7-11: Ontwikkeling van de sleutelsoorten in de Westerschelde. 351
Figuur 7-12: Ontwikkeling van het aantal exoten per zone in de Zeeschelde op basis van de vegetatieopnamen in de permanente kwadraten. Er is onderscheid gemaakt tussen invasieve exoten en overige exoten. 352

Figuur 7-13: Ontwikkeling van het aantal exoten per zone in de Westerschelde op basis van de vegetatieopnamen in de permanente kwadraten. Er is onderscheid gemaakt tussen invasieve exoten en overige exoten.....353
Figuur 7-14 Fractie bedekking invasieve exoten in de totale bedekking van de vegetatie in de permanente quadraten in de verschillende zones van de Zeeschelde. 353
Figuur 7-15 Fractie bedekking invasieve exoten in de totale bedekking van de vegetatie in de opnamen voor de vegetatiekartering van de Westerschelde. 354
Figuur 7-16: Verloop van de gemiddelde concentratie van chlorofyl a (in µg/L) die afgeleid werd in de verschillende zones van het Schelde-estuarium. 365
Figuur 7-17: Verloop van de maximale Shannon-index die afgeleid werd in de verschillende zones van het Schelde-estuarium.....368
Figuur 7-18: Verloop van de gemiddelde dichtheid van de diatomeeën (in 10^3 cellen/mL) die afgeleid werd in de verschillende zones van het Schelde-estuarium.....370
Figuur 7-19: Verloop van de maandelijkse verhouding van de diatomeeën ten opzichte van de groenwieren (in 10^6 cellen/cel) die afgeleid werd in de verschillende zones van het Schelde-estuarium. 372
Figuur 7-20: Verloop van het absoluut aantal overige exoten binnen het fytoplankton dat waargenomen werd in de verschillende zones van het Schelde-estuarium.....374
Figuur 7-21: Verloop van de gemiddelde fractie van de fytoplanktongemeenschap die de overige exoten innemen in de verschillende zones van het Schelde-estuarium.....375
Figuur 7-22: Verloop van de soort-specifieke dichtheid van de overige exoten die binnen het fytoplankton werden waargenomen in de verschillende zones van het Schelde-estuarium. 376
Figuur 7-23: Verloop van de maandelijkse zoöplanktonbiomassa die afgeleid werd in de verschillende zones van het Schelde-estuarium.....385
Figuur 7-24: Verloop van de Shannon-index van de mesozoöplanktongemeenschap die afgeleid werd in de verschillende zones van het Schelde-estuarium. 387
Figuur 7-25: Verloop van de Shannon-index van de microzoöplanktongemeenschap die afgeleid werd in de verschillende zones van het Schelde-estuarium. 389
Figuur 7-26: Verloop van het absoluut aantal overige exoten binnen het zoöplankton dat waargenomen werd in de verschillende zones van het Schelde-estuarium.....391
Figuur 7-27: Verloop van de gemiddelde fractie van de zoöplanktongemeenschap die de overige exoten innemen in de verschillende zones van het Schelde-estuarium.....392
Figuur 7-28: Verloop van de soort-specifieke dichtheid van de overige exoten die binnen het zoöplankton werden waargenomen in de verschillende zones van het Schelde-estuarium.....393
Figuur 7-29: Ontwikkeling van de biomassa van het macrozoöbenthos (g asvrij drooggewicht per m^2) in het litoraal van de tien zones van het Schelde-estuarium. Punten geven de gemiddelde waarden weer. De blauwe lijn is een GAM smooth curve (k=10). De grijs-wit-grijs zonering geeft de tijdspannes van respectievelijk de T2009, T2015 en T2021 weer. 396
Figuur 7-30: Ontwikkeling van de gemiddelde biomassa van het macrozoöbenthos (g AFDW/m^2) in het sublitoraal van de tien zones in het Schelde-estuarium. Punten geven de gemiddelde waarden weer. De blauwe lijn is een GAM smooth curve (k=10). De grijs-wit-grijs zonering geeft de tijdspannes van respectievelijk de T2009, T2015 en T2015 weer. 397
Figuur 7-31: Ontwikkeling van de gemiddelde benthosdichtheid (n/m^2) in het litoraal. Zwarte punten zijn gemiddelde jaarwaarden, de blauwe lijn is een GAM-smooth curve (k=10). Let op, de schaal van de y-as is logaritmisch. 398
Figuur 7-32: Ontwikkeling van de gemiddelde benthosdichtheid (n/m^2) in het sublitoraal. Zwarte punten zijn gemiddelde jaarwaarden, de blauwe lijn is een GAM-smooth curve (k=10). Let op, de schaal van de y-as is logaritmisch. 399

Figuur 7-33: Ontwikkeling van de totale aantallen taxa van macrozoöbenthos per zone. Voor de Zeeschelde en Zijrivieren is enkel gebruik gemaakt van de jaren waarin de Oligochaeta op soort zijn gedetermineerd. 400
Figuur 7-34: Ontwikkeling van de Shannon-index (dichtheid) voor het macrozoöbenthos per zone in het litoraal. Zwarte punten zijn gemiddelde jaarwaarden, de blauwe lijn is een GAM-smooth curve (k=5). 401
Figuur 7-35: Ontwikkeling van de Shannon-index (dichtheid) van het macrozoöbenthos per zone in het sublitoraal. Zwarte punten zijn gemiddelde jaarwaardes, de blauwe lijn is een GAM-smooth curve (k=5). 402
Figuur 7-36: Ontwikkeling van de totale biomassa van kokkels in versgewicht in de Westerschelde. 403
Figuur 7-37: Ontwikkeling van de totale biomassa mosselen in de Westerschelde. Zwarte punten geven de totale biomassa per jaar (miljoen kilogram versgewicht), de blauwe lijn is een GAM smooth curve (k=10). De grijs-wit-grijs zonering geeft de tijdspannes van respectievelijk de T2009, T2015 en T2021 weer..... 404
Figuur 7-38 Ontwikkeling van de totale litorale benthosbiomassa in de Zeeschelde-zones. Punten geven de totale biomassa (in ton AFDW) per jaar weer, de blauwe lijn is een GAM smooth curve (k=10). De grijs-wit-grijs zonering geeft de tijdspannes van respectievelijk de T2009, T2015 en T2021 weer. .. 405
Figuur 7-39: Ontwikkeling van het aantal soorten exoten (macrozoöbenthos) per zone. Er is onderscheid gemaakt tussen invasieve exoten en overige exoten. 406
Figuur 7-40: Ontwikkeling van de fractie van de invasieve exoten (macrozoöbenthos) in het litoraal en sublitoraal uitgedrukt als fractie van de gemiddelde dichtheid in de verschillende zones van het Schelde-estuarium. Let op, de y-assen verschillen! 407
Figuur 7-41: Ontwikkeling van de dichtheid van diverse invasieve exoten (macrozoöbenthos) in het litoraal en sublitoraal. 408
Figuur 7-42: Ontwikkeling van de biomassa van het hyperbenthos in de bemonsterde zones in de Zeeschelde. Zwarte punten zijn jaargemiddelden (g/40 m^3), de blauwe lijn is een gefitte GAM-smooth-curve (k=5). 412
Figuur 7-43: Ontwikkeling van de dichtheid van het hyperbenthos in de bemonsterde zones in de Zeeschelde. Zwarte punten zijn jaargemiddelden (n/ 40 m^3), de blauwe lijn is een GAM-smooth-curve (k=5). 413
Figuur 7-44: Ontwikkeling van de dichtheid garnalen in de bemonsterde zones in de Westerschelde. Zwarte punten zijn jaargemiddelden (n/ha), de blauwe lijn is een GAM-smooth-curve (k=10). 413
Figuur 7-45 Ontwikkeling van de dichtheid krabben in de bemonsterde zones in de Westerschelde. Zwarte punten zijn jaargemiddelden (n/ha), de blauwe lijn is een GAM-smooth-curve (k=10). 414
Figuur 7-46: Ontwikkeling van het aantal soorten hyperbenthos in de bemonsterde zones in de Zeeschelde..... 415
Figuur 7-47: Ontwikkeling van de Shannon-index (op basis van dichtheid) van het hyperbenthos in de bemonsterde zones in de Zeeschelde..... 415
Figuur 7-48: Ontwikkeling van het aantal soorten exoten (hyperbenthos) per zone. Er is onderscheid gemaakt tussen invasieve exoten en overige exoten. 416
Figuur 7-49: Ontwikkeling van de fractie van de invasieve exoten (hyperbenthos) uitgedrukt als fractie van de gemiddelde dichtheid in de verschillende zones van het Schelde-estuarium. Let op, de y-assen verschillen! 417
Figuur 7-50: Ontwikkeling van de dichtheid van de Chinese wolhandkrab in het Schelde-estuarium. Let op, de y-assen verschillen!..... 417
Figuur 7-51: Gemiddelde biomassa van fuikvangsten van vissen voor de verschillende zones in de Zeeschelde van het Schelde-estuarium. Gemiddeldes zijn berekend per periode van zes jaar. 423
Figuur 7-52: Gemiddelde jaarlijkse biomassa van fuikvangsten van vissen met verschillende saliniteitsvoorkeuren (D: diadrome soorten, EM: estuariene soorten en mariene migranten, Z:

zoetwatersoorten) voor de verschillende zones in de Zeeschelde van het Schelde-estuarium. Punten geven de gemiddelde waarden weer. De lijnen zijn afzonderlijke GAM smooth curves (k=10). De grijs-wit-grijs zonering geeft de tijdspannes van respectievelijk de T2009, T2015 en T2021 weer.....424
Figuur 7-53: Gemiddelde jaarlijkse biomassa van fuikvangsten van vissen met verschillende diëten (B: benthivoor, F: piscivoor, O: omnivoor, P: planktivoor) voor de verschillende zones in de Zeeschelde van het Schelde-estuarium. Punten geven de gemiddelde waarden weer. De lijnen zijn afzonderlijke GAM smooth curves (k=10). De grijs-wit-grijs zonering geeft de tijdspannes van respectievelijk de T2009, T2015 en T2021 weer.....425
Figuur 7-54: Gemiddelde aantallen van fuikvangsten van vissen voor de verschillende zones in de Zeeschelde van het Schelde-estuarium. Gemiddeldes zijn berekend per periode van zes jaar. 426
Figuur 7-55: Gemiddelde jaarlijkse aantallen van fuikvangsten van vissen met verschillende saliniteitsvoorkeuren (D: diadrome soorten, EM: estuariene soorten en mariene migranten, Z: zoetwatersoorten) voor de verschillende zones in de Zeeschelde van het Schelde-estuarium. Punten geven de gemiddelde waarden weer. De lijnen zijn afzonderlijke GAM smooth curves (k=10). De grijs-wit-grijs zonering geeft de tijdspannes van respectievelijk de T2009, T2015 en T2021 weer.....427
Figuur 7-56: Gemiddelde jaarlijkse aantallen van fuikvangsten van vissen met verschillende diëten (B: benthivoor, F: piscivoor, O: omnivoor, P: planktivoor) voor de verschillende zones in de Zeeschelde van het Schelde-estuarium. Punten geven de gemiddelde waarden weer. De lijnen zijn afzonderlijke GAM smooth curves (k=10). De grijs-wit-grijs zonering geeft de tijdspannes van respectievelijk de T2009, T2015 en T2021 weer.....428
Figuur 7-57: Gemiddelde biomassa van ankerkuilvangsten van vissen voor de verschillende zones in de Zeeschelde van het Schelde-estuarium. Gemiddeldes zijn berekend per periode van zes jaar. 429
Figuur 7-58: Gemiddelde jaarlijkse biomassa van ankerkuilvangsten van vissen met verschillende saliniteitsvoorkeuren (D: diadrome soorten, EM: estuariene soorten en mariene migranten, Z: zoetwatersoorten) voor de verschillende zones in de Zeeschelde van het Schelde-estuarium. Punten geven de gemiddelde waarden weer. De lijnen zijn afzonderlijke GAM smooth curves (k=10). De grijs-wit-grijs zonering geeft de tijdspannes van respectievelijk de T2009, T2015 en T2021 weer.....430
Figuur 7-59: Gemiddelde jaarlijkse biomassa van ankerkuilvangsten van vissen met verschillende diëten (B: benthivoor, F: piscivoor, O: omnivoor, P: planktivoor) voor de verschillende zones in de Zeeschelde van het Schelde-estuarium. Punten geven de gemiddelde waarden weer. De lijnen zijn afzonderlijke GAM smooth curves (k=10). De grijs-wit-grijs zonering geeft de tijdspannes van respectievelijk de T2009, T2015 en T2021 weer.....431
Figuur 7-60: Gemiddelde aantallen van ankerkuilvangsten van vissen voor de verschillende zones in de Zeeschelde van het Schelde-estuarium. Gemiddeldes zijn berekend per periode van zes jaar. 432
Figuur 7-61: Gemiddelde jaarlijkse aantallen van ankerkuilvangsten van vissen met verschillende saliniteitsvoorkeuren (D: diadrome soorten, EM: estuariene soorten en mariene migranten, Z: zoetwatersoorten) voor de verschillende zones in de Zeeschelde van het Schelde-estuarium. Punten geven de gemiddelde waarden weer. De lijnen zijn afzonderlijke GAM smooth curves (k=10). De grijs-wit-grijs zonering geeft de tijdspannes van respectievelijk de T2009, T2015 en T2021 weer.....433
Figuur 7-62: Gemiddelde jaarlijkse aantallen van ankerkuilvangsten van vissen met verschillende diëten (B: benthivoor, F: piscivoor, O: omnivoor, P: planktivoor) voor de verschillende zones in de Zeeschelde van het Schelde-estuarium. Punten geven de gemiddelde waarden weer. De lijnen zijn afzonderlijke GAM smooth curves (k=10). De grijs-wit-grijs zonering geeft de tijdspannes van respectievelijk de T2009, T2015 en T2021 weer.....434
Figuur 7-63: Gemiddelde biomassa van boomkorvangsten van vissen voor de verschillende zones in de Zeeschelde van het Schelde-estuarium. Gemiddeldes zijn berekend per periode van zes jaar. 435
Figuur 7-64: Gemiddelde jaarlijkse biomassa van boomkorvangsten van vissen met verschillende saliniteitsvoorkeuren (D: diadrome soorten, EM: estuariene soorten en mariene migranten, Z: zoetwatersoorten) voor de verschillende zones in de Westerschelde van het Schelde-estuarium. Punten

geven de gemiddelde waarden weer. De lijnen zijn afzonderlijke GAM smooth curves (k=10). De grijs-wit-grijs zonering geeft de tijdspannes van respectievelijk de T2009, T2015 en T2021 weer.....436
Figuur 7-65: Gemiddelde jaarlijkse biomassa van boomkorvangsten van vissen met verschillende diëten (B: benthivoor, F: piscivoor, O: omnivoor, P: planktivoor) voor de verschillende zones in de Westerschelde van het Schelde-estuarium. Punten geven de gemiddelde waarden weer. De lijnen zijn afzonderlijke GAM smooth curves (k=10). De grijs-wit-grijs zonering geeft de tijdspannes van respectievelijk de T2009, T2015 en T2021 weer. 437
Figuur 7-66: Gemiddelde aantallen van boomkorvangsten van vissen voor de verschillende zones in de Zeeschelde van het Schelde-estuarium. Gemiddeldes zijn berekend per periode van zes jaar. Punten geven de gemiddelde waarden weer. De lijnen zijn afzonderlijke GAM smooth curves (k=10). De grijs-wit-grijs zonering geeft de tijdspannes van respectievelijk de T2009, T2015 en T2021 weer.....438
Figuur 7-67: Gemiddelde jaarlijkse aantallen van boomkorvangsten van vissen met verschillende saliniteitsvoorkeuren (D: diadrome soorten, EM: estuariene soorten en mariene migranten, Z: zoetwatersoorten) voor de verschillende zones in de Westerschelde van het Schelde-estuarium. Punten geven de gemiddelde waarden weer. De lijnen zijn afzonderlijke GAM smooth curves (k=10). De grijs-wit-grijs zonering geeft de tijdspannes van respectievelijk de T2009, T2015 en T2021 weer.....439
Figuur 7-68: Gemiddelde jaarlijkse aantallen van boomkorvangsten van vissen met verschillende diëten (B: benthivoor, F: piscivoor, O: omnivoor, P: planktivoor) voor de verschillende zones in de Westerschelde van het Schelde-estuarium. Punten geven de gemiddelde waarden weer. De lijnen zijn afzonderlijke GAM smooth curves (k=10). De grijs-wit-grijs zonering geeft de tijdspannes van respectievelijk de T2009, T2015 en T2021 weer. 440
Figuur 7-69: Gemiddelde aantallen van ankerkuilvangsten van vissen voor de verschillende zones in de Zeeschelde van het Schelde-estuarium. Gemiddeldes zijn berekend per periode van zes jaar. 441
Figuur 7-70: Gemiddelde jaarlijkse aantallen van ankerkuilvangsten van vissen met verschillende saliniteitsvoorkeuren (D: diadrome soorten, E: estuariene soorten, M: mariene migranten, Z: zoetwatersoorten) voor de verschillende zones in de Westerschelde van het Schelde-estuarium. Punten geven de gemiddelde waarden weer. De lijnen zijn afzonderlijke GAM smooth curves (k=10). De grijs-wit-grijs zonering geeft de tijdspannes van respectievelijk de T2009, T2015 en T2021 weer.....442
Figuur 7-71: Gemiddelde jaarlijkse aantallen van ankerkuilvangsten van vissen met verschillende diëten (B: benthivoor, F: piscivoor, O: omnivoor, P: planktivoor) voor de verschillende zones in de Westerschelde van het Schelde-estuarium. Punten geven de gemiddelde waarden weer. De lijnen zijn afzonderlijke GAM smooth curves (k=10). De grijs-wit-grijs zonering geeft de tijdspannes van respectievelijk de T2009, T2015 en T2021 weer. 443
Figuur 7-72: Gemiddelde biomassa van fuikvangsten van invasieve exoten (vissen) voor de verschillende zones in de Zeeschelde van het Schelde-estuarium. Gemiddeldes zijn berekend per periode van zes jaar. 452
Figuur 7-73: Gemiddelde jaarlijkse biomassa van fuikvangsten van vissen voor de verschillende zones in de Zeeschelde van het Schelde-estuarium. Een onderscheid wordt gemaakt tussen inheemse soorten, invasieve exoten en overige exoten. Punten geven de gemiddelde waarden weer. De lijnen zijn afzonderlijke GAM smooth curves (k=10). De grijs-wit-grijs zonering geeft de tijdspannes van respectievelijk de T2009, T2015 en T2021 weer. 453
Figuur 7-74: Gemiddelde aantallen van fuikvangsten van invasieve exoten (vissen) voor de verschillende zones in de Zeeschelde van het Schelde-estuarium. Gemiddeldes zijn berekend per periode van zes jaar. 454
Figuur 7-75: Gemiddelde jaarlijkse aantallen van fuikvangsten van vissen voor de verschillende zones in de Zeeschelde van het Schelde-estuarium. Een onderscheid wordt gemaakt tussen inheemse soorten, invasieve exoten en overige exoten. Punten geven de gemiddelde waarden weer. De lijnen zijn afzonderlijke GAM smooth curves (k=10). De grijs-wit-grijs zonering geeft de tijdspannes van respectievelijk de T2009, T2015 en T2021 weer. 454

Figuur 7-76: Gemiddelde biomassa van ankerkuilvangsten van invasieve exoten (vissen) voor de verschillende zones in de Zeeschelde van het Schelde-estuarium. Gemiddeldes zijn berekend per periode van zes jaar. 455
Figuur 7-77: Gemiddelde jaarlijkse biomassa van fuikvangsten van vissen voor de verschillende zones in de Zeeschelde van het Schelde-estuarium. Een onderscheid wordt gemaakt tussen inheemse soorten, invasieve exoten en overige exoten. Punten geven de gemiddelde waarden weer. De lijnen zijn afzonderlijke GAM smooth curves (k=10). De grijs-wit-grijs zonering geeft de tijdspannes van respectievelijk de T2009, T2015 en T2021 weer. 456
Figuur 7-78: Gemiddelde aantallen van ankerkuilvangsten van invasieve exoten (vissen) voor de verschillende zones in de Zeeschelde van het Schelde-estuarium. Gemiddeldes zijn berekend per periode van zes jaar. 457
Figuur 7-79: Gemiddelde jaarlijkse aantallen van ankerkuilvangsten van vissen voor de verschillende zones in de Zeeschelde van het Schelde-estuarium. Een onderscheid wordt gemaakt tussen inheemse soorten, invasieve exoten en overige exoten. Punten geven de gemiddelde waarden weer. De lijnen zijn afzonderlijke GAM smooth curves (k=10). De grijs-wit-grijs zonering geeft de tijdspannes van respectievelijk de T2009, T2015 en T2021 weer. 457
Figuur 7-80: Gemiddelde biomassa van boomkorvangsten van invasieve exoten (vissen) voor de verschillende zones in de Zeeschelde van het Schelde-estuarium. Gemiddeldes zijn berekend per periode van zes jaar. 458
Figuur 7-81: Gemiddelde jaarlijkse biomassa van boomkorvangsten van vissen voor de verschillende zones in de Zeeschelde van het Schelde-estuarium. Een onderscheid wordt gemaakt tussen inheemse soorten, invasieve exoten en overige exoten. Punten geven de gemiddelde waarden weer. De lijnen zijn afzonderlijke GAM smooth curves (k=10). De grijs-wit-grijs zonering geeft de tijdspannes van respectievelijk de T2009, T2015 en T2021 weer. 459
Figuur 7-82: Gemiddelde aantallen van boomkorvangsten van invasieve exoten (vissen) voor de verschillende zones in de Zeeschelde van het Schelde-estuarium. Gemiddeldes zijn berekend per periode van zes jaar. 460
Figuur 7-83: Gemiddelde jaarlijkse aantallen van boomkorvangsten van vissen voor de verschillende zones in de Zeeschelde van het Schelde-estuarium. Een onderscheid wordt gemaakt tussen inheemse soorten, invasieve exoten en overige exoten. Punten geven de gemiddelde waarden weer. De lijnen zijn afzonderlijke GAM smooth curves (k=10). De grijs-wit-grijs zonering geeft de tijdspannes van respectievelijk de T2009, T2015 en T2021 weer. 461
Figuur 7-84: Gemiddelde aantallen van ankerkuilvangsten van invasieve exoten (vissen) voor de verschillende zones in de Zeeschelde van het Schelde-estuarium. Gemiddeldes zijn berekend per periode van zes jaar. 462
Figuur 7-85: Gemiddelde jaarlijkse aantallen van ankerkuilvangsten van vissen voor de verschillende zones in de Zeeschelde van het Schelde-estuarium. Een onderscheid wordt gemaakt tussen inheemse soorten, invasieve exoten en overige exoten. Punten geven de gemiddelde waarden weer. De lijnen zijn afzonderlijke GAM smooth curves (k=10). De grijs-wit-grijs zonering geeft de tijdspannes van respectievelijk de T2009, T2015 en T2021 weer. 462
Figuur 7-86: Gemiddelde jaarlijkse soortenaantallen van fuikvangsten van vissen voor de verschillende zones in de Zeeschelde van het Schelde-estuarium. Een onderscheid wordt gemaakt tussen inheemse soorten, invasieve exoten en overige exoten. Punten geven de gemiddelde waarden weer. De lijnen zijn afzonderlijke GAM smooth curves (k=10). De grijs-wit-grijs zonering geeft de tijdspannes van respectievelijk de T2009, T2015 en T2021 weer. 466
Figuur 7-87: Gemiddelde jaarlijkse relatieve soortenaantallen van fuikvangsten van vissen voor de verschillende zones in de Zeeschelde van het Schelde-estuarium. Een onderscheid wordt gemaakt tussen inheemse soorten, invasieve exoten en overige exoten. Punten geven de gemiddelde waarden

weer. De lijnen zijn afzonderlijke GAM smooth curves (k=10). De grijs-wit-grijs zonering geeft de tijdspannes van respectievelijk de T2009, T2015 en T2021 weer. 467
Figuur 7-88: Gemiddelde jaarlijkse soortenaantallen van ankerkuilvangsten van vissen voor de verschillende zones in de Zeeschelde van het Schelde-estuarium. Een onderscheid wordt gemaakt tussen inheemse soorten, invasieve exoten en overige exoten. Punten geven de gemiddelde waarden weer. De lijnen zijn afzonderlijke GAM smooth curves (k=10). De grijs-wit-grijs zonering geeft de tijdspannes van respectievelijk de T2009, T2015 en T2021 weer. 468
Figuur 7-89: Gemiddelde jaarlijkse relatieve soortenaantallen van ankerkuilvangsten van vissen voor de verschillende zones in de Zeeschelde van het Schelde-estuarium. Een onderscheid wordt gemaakt tussen inheemse soorten, invasieve exoten en overige exoten. Punten geven de gemiddelde waarden weer. De lijnen zijn afzonderlijke GAM smooth curves (k=10). De grijs-wit-grijs zonering geeft de tijdspannes van respectievelijk de T2009, T2015 en T2021 weer. 469
Figuur 7-90: Gemiddelde jaarlijkse soortenaantallen van boomkorvangsten van vissen voor de verschillende zones in de Westerschelde van het Schelde-estuarium. Een onderscheid wordt gemaakt tussen inheemse soorten, invasieve exoten en overige exoten. Punten geven de gemiddelde waarden weer. De lijnen zijn afzonderlijke GAM smooth curves (k=10). De grijs-wit-grijs zonering geeft de tijdspannes van respectievelijk de T2009, T2015 en T2021 weer. 470
Figuur 7-91: Gemiddelde jaarlijkse relatieve soortenaantallen van boomkorvangsten van vissen voor de verschillende zones in de Westerschelde van het Schelde-estuarium. Een onderscheid wordt gemaakt tussen inheemse soorten, invasieve exoten en overige exoten. Punten geven de gemiddelde waarden weer. De lijnen zijn afzonderlijke GAM smooth curves (k=10). De grijs-wit-grijs zonering geeft de tijdspannes van respectievelijk de T2009, T2015 en T2021 weer. 471
Figuur 7-92: Ontwikkeling van het aantal broedparen van soorten met een instandhoudingsdoel voor de Zeeschelde. De rode lijn geeft het instandhoudingsdoel weer. 475
Figuur 7-93: Ontwikkeling van de aantallen kustbroedvogels in en rond het Natura 2000-gebied Westerschelde & Saeftinghe (links) en alleen binnen de begrenzing van het Natura 2000-gebied Westerschelde & Saeftinghe (rechts). De rode lijn geeft het minimum doelaantal voor de soort weer. 478
Figuur 7-94: Ontwikkeling van de aantallen moerasvogels (blauwborst en bruine kiekendief) binnen de begrenzing van het Natura 2000-gebied Westerschelde & Saeftinghe. De rode lijn geeft het instandhoudingsdoel voor de soort weer. 479
Figuur 7-95: Aantalsverloop van niet-broedvogels met een instandhoudingsdoel (rode lijn) in de Zeeschelde.....482
Figuur 7-96: Berekening van de index van vogelsoorten met een instandhoudingsdoel in de Zeeschelde op basis van het winterhalfjaargemiddelde. 1991 is als referentiejaar genomen (index = 100). 489
Figuur 7-97: De MSI berekend op basis van de indexwaarde van niet-broedvogelsoorten met een instandhoudingsdoel voor de Zeeschelde. 490
Figuur 7-98: De MSI berekend op basis van de indexwaarde van niet-broedvogelsoorten met een instandhoudingsdoel voor de Westerschelde. 492
Figuur 7-99: De MSI berekend per voedselgroep op basis van de indexwaarde van niet-broedvogelsoorten met een instandhoudingsdoel voor de Westerschelde. 493
Figuur 7-100: Ontwikkeling van het aantal soorten exoten (vogels) per zone in de Zeeschelde op basis van de vogeltellingen. Er is onderscheid gemaakt tussen invasieve exoten en overige exoten. 494
Figuur 7-101: Ontwikkeling van het aantal exoten (vogels) per zone in de Zeeschelde op basis van de vogeltellingen. Er is onderscheid gemaakt tussen invasieve exoten en overige exoten. 495
Figuur 7-102: Ontwikkeling van de fractie van de invasieve exoten (vogels) uitgedrukt als fractie van het gemiddelde aantal vogels in de verschillende zones in de Zeeschelde. 496
Figuur 7-103: Ontwikkeling van de fractie van de invasieve exoten (vogels) uitgedrukt als fractie van het gemiddelde aantal vogels in de verschillende zones in de Westerschelde. 496

Figuur 7-104: De ontwikkeling van de gewone zeehond in de Westerschelde tijdens de laagwatertelling in augustus (links) en de verhouding tussen het aantal gewone zeehonden in augustus in de Westerschelde en het aantal geteld in de Waddenzee (rechts). De rode lijn is de 1% lijn. 501
Figuur 7-105: Het aandeel van de aantallen pups met laagwater in juli op de platen in de Westerschelde ten opzichte van de populatie gewone zeehonden in het desbetreffende jaar in de Westerschelde. Het aandeel pups dient minstens 9% (rode lijn) te bedragen om de populatie van de gewone zeehond in de Westerschelde in stand te kunnen houden..... 503
Figuur 7-106: De ontwikkeling van de grijze zeehond in de Westerschelde tijdens de laagwatertelling in augustus..... 504
Figuur 7-107: Effect van menselijke verstoring als resultante van de afstand tussen vogel en menselijke verstoringsbron (recreatie) (uit: Krijgsveld et al., 2022). 510
Figuur 8-1: Volume onderhoudsbaggerwerken (m³) in de Sardijngeul (monding) voor de periode 2014 – 2021. 513
Figuur 8-2: Stortvolume slib (TDS) in en nabij het mondingsgebied 514
Figuur 8-3: Stortlocaties nabij het mondingsgebied. 515
Figuur 8-4: Evolutie soort baggerwerk: slib, fijn zand of mengeling fijn zand en kleinere fracties (BOVEN – gereduceerd volume) en zand (ONDER – beunvolume) 516
Figuur 8-5: Onderhoudsbaggervolume slib, fijn zand of mengeling fijn zand en kleinere fracties (gereduceerd volume) in de Westerschelde en Beneden-Zeeschelde; gealloceerd naar baggerlocatie. 517
Figuur 8-6: Onderhoudsbaggervolume slib, fijn zand of mengeling fijn zand en kleinere fracties (gereduceerd volume) in de Westerschelde; gealloceerd naar baggerlocatie. 518
Figuur 8-7: Onderhoudsbaggervolume slib, fijn zand of mengeling fijn zand en kleinere fracties (gereduceerd volume) in de Beneden-Zeeschelde; gealloceerd naar baggerlocatie. 519
Figuur 8-8: Onderhoudsbaggervolume slib, fijn zand of mengeling fijn zand en kleinere fracties (gereduceerd volume) in de Westerschelde en Beneden-Zeeschelde; gealloceerd naar stortlocatie. . 520
Figuur 8-9: Onderhoudsbaggervolume Zand (beunvolume) in de Westerschelde en Beneden-Zeeschelde; gealloceerd naar baggerlocatie. 521
Figuur 8-10: Onderhoudsbaggervolume Zand (beunvolume) in de Westerschelde; gealloceerd naar baggerlocatie..... 522
Figuur 8-11: Onderhoudsbaggervolume Zand (beunvolume) in de Beneden-Zeeschelde; gealloceerd naar baggerlocatie. 523
Figuur 8-12: Onderhoudsbaggervolume Zand (beunvolume) in de Westerschelde en Beneden-Zeeschelde; gealloceerd naar stortlocatie..... 524
Figuur 8-13: Havenstortingen Westerschelde havens (in situ volume Slib). 525
Figuur 8-14: Volume onderhoudsbaggerwerken (m³) op de Boven-Zeeschelde voor de periode 2014 – 2021. 526
Figuur 8-15: Totale zandwinning (m³) per jaar in de Westerschelde voor de periode 2015 – 2021. . 527
Figuur 8-16: Stortlocaties Suikerplaat en Kabel Delta, voor zandwinning in de Westerschelde voor de beschouwde periode..... 527
Figuur 8-17: Zandwinning in de Beneden-Zeeschelde (m³) voor de locaties Schaar Ouden Doel en Rupelmonde voor de periode 1990 – 2021, waarbij data voor Rupelmonde start vanaf 2008. 528
Figuur 8-18:Overzicht van het aantal uren slibslepen voor de periode 2014 – 2021 (voor 2019 enkel data voor Sluis Dendermonde en Sluis Merelbeke beschikbaar) op de Zeeschelde en connecterende rivieren..... 529
Figuur 8-19: Overzicht van het aantal uren slibslepen voor de periode 2014 – 2021 (voor 2019 enkel data voor Sluis Dendermonde en Sluis Merelbeke beschikbaar) per locatie op de Boven-Zeeschelde. 529

Figuur 8-20: Aantal uren slibslepen bij de sluizen te Merelbeke en Dendermonde voor de periode 2014 – 2021. 530
Figuur 8-21: Overzicht van de GOG en GOG-GGG gebieden langs de Schelde. 532
Figuur 8-22: Rechttrekkingen in de zoete zone met korte verblijftijd (Van Braeckel et al., 2006). ... 540
Figuur 8-23: Overzicht van erosiemitigerende maatregelen langs de Westerschelde. 542
Figuur 8-24: Verlaging van het middenstuk van de Scharrendam in kader van het natuurherstelproject bij de Plaat van Ossenisse. 543
Figuur 8-25: Overzicht van erosiemitigerende maatregelen langs de Zeeschelde III + Rupel en Zeeschelde IV. 544
Figuur 8-26: Overzicht van erosiemitigerende maatregelen langs de Zeeschelde I en II.Beheermaatregelen m.b.t. waterverdeling 545
Figuur 8-27: Schematische weergave van de werking van de Current Deflecting Wall ten noorden van Deurganckdok (IMDC, 2011). 547
Figuur 8-28: Situering van de Current Deflecting Wall ten noorden van Deurganckdok. 548
Figuur 8-29: Foto van de ingang van het Deurganckdok met aanduiding van de Current Deflecting Wall. 549
Figuur 8-30: Rioleringsgraad per gemeente in 2015 (boven), 2021 (midden) en de evolutie 2021 – 2015 (onder). 552
Figuur 8-31: Zuiveringsgraad per gemeente in 2015 (boven), 2021 (midden) en de evolutie 2021 – 2015 (onder). 553
Figuur 8-32: Overzicht van het totaal jaarlijks geschat volume (m³) aan overstorten voor de beschouwde periode 2016 – 2021 met aanduiding van de droge periode 2017 – 2019. 555
Figuur 8-33: Overzicht van de overstortlocaties per jaar voor de beschouwde periode in het Beneden-Scheldebekken. 556
Figuur 8-34: Evolutie over de jaren van het voorkomen van verschillende metalen in de Zeeschelde. 557
Figuur 8-35: Evolutie over de jaren van het voorkomen van verschillende metalen in de Westerschelde. 558
Figuur 8-36: Evolutie over de jaren van het voorkomen van Fosfor en Stikstof in de Zeeschelde. 559
Figuur 8-37: Evolutie over de jaren van het voorkomen van Fosfor en Stikstof in de Westerschelde. 559
Figuur 8-38: Evolutie over de jaren van het voorkomen van PAK's in de Zeeschelde. 560
Figuur 8-39: Evolutie over de jaren van het voorkomen van PAK's in de Westerschelde. 560
Figuur 8-40: Gemiddelde procentuele bijdrage van een sector aan het aanwezig gehalte Cadmium (gebaseerd op data van de perioden 2015, 2018 – 2021). 562
Figuur 8-41: Gemiddelde procentuele bijdrage van een sector aan het aanwezig gehalte Arseen (gebaseerd op data van de perioden 2015, 2018 – 2021). 563
Figuur 8-42: Gemiddelde procentuele bijdrage van een sector aan het aanwezig gehalte Kwik (gebaseerd op data van de perioden 2015, 2018 – 2021). 564
Figuur 8-43: Gemiddelde procentuele bijdrage van een sector aan het aanwezig gehalte PAK's (gebaseerd op data van de perioden 2015, 2018 – 2021). 565
Figuur 8-44: Gemiddelde procentuele bijdrage van een sector aan het aanwezig gehalte Cadmium (gebaseerd op data van de perioden 2015 - 2019 – 2020) in de Westerschelde. 566
Figuur 8-45: Gemiddelde procentuele bijdrage van een sector aan het aanwezig gehalte Arseen (gebaseerd op data van de perioden 2015 - 2019 – 2020) in de Westerschelde. 566
Figuur 8-46: Gemiddelde procentuele bijdrage van een sector aan het aanwezig gehalte Kwik (gebaseerd op data van de perioden 2015 - 2019 – 2020) in de Westerschelde. 567
Figuur 8-47: Gemiddelde procentuele bijdrage van een sector aan het aanwezig gehalte PAK's (gebaseerd op data van de perioden 2015 - 2019 – 2020) in de Westerschelde. 567

Figuur 8-48: Aantal incidentele verontreinigingen in de periode 2016 – 2021, opgesplitst voor de Boven- en Beneden-Zeeschelde. 568
Figuur 8-49: Overzicht van de milieu impact van diverse typen incidentele verontreinigingen in de Boven- en Beneden-Zeeschelde. 569
Figuur 8-50: Situering van de incidenten over de beschouwde periode 2016 – 2021 569
Figuur 8-51: Overzicht van de geselecteerde dijktrajecten in Arts et al. (2018) waarbij de rode cirkels trajecten langs de Westerschelde aanduiden waarbij een significante afname in soorten wordt vastgesteld (35-Zuidgors/Baarland, 37-Biezelingse Ham, 44-Kop van Ossenisse, 45-Hellegatschor, 47-Othene, 48-Braakmanhaven, 49-Paulinaschor, 50-Voorland Nummer Een) 571
Figuur 8-52: De huidige route van de Waterbus op de Zeeschelde met aanduiding van vaartijd tussen begin- en eindbestemming en tussenliggende halten. 572
Figuur 8-53: Chinese wolhandkrabben met aanduiding van de kenmerkende stekels op de carapax (D'Hondt et al., 2021). 574
Figuur 8-54: Schematische weergave van de krabbenval (a) en plaatsing van de krabbenval op de vistrap in Grobbendonk (b) in de Kleine Nete. Voor het plaatsen van de krabbenval werd de waterstand op de vistrap tijdelijk verlaagd (Keirsebelik et al., 2020). 574
Figuur 8-55: Krabbensleuf te Grobbendonk in werking, de krabbensleuf bevindt zich volledig onder water. 575
Figuur 8-56: Gevangen Chinese wolhandkrabben in de verzamelbak van de krabbensleuf te Grobbendonk (D'hondt et al., 2021). 575
Figuur 8-57: Overzicht van de evolutie in het aantal geregistreerde routes in het Schelde-estuarium, voor de referentiejaren 2009 (grijs) – 2015 (geel) – 2021 (groen) en de tussenliggende jaren (blauw) van de beschouwde periode. 577
Figuur 8-58: Overzicht van de evolutie in scheepsklassen in het Schelde-estuarium, voor de referentiejaren 2009, 2015 en 2021 waarbij Klasse 1 = <50m, Klasse 2 = 50 – 100m, Klasse 3 = 100 – 150m, Klasse 4 = 150 – 200m en Klasse 5 = >200m. 578
Figuur 8-59: Vergelijking van het aantal passages bij verkeersposten Vlissingen en Terneuzen o.b.v. de jaarlijkse scheepvaartkaarten van VTS. 580
Figuur 8-60: Overzicht van het aantal sluispassages voor de beschikbare jaren 2003 – 2021 voor de sluizen te Wintam, Dendermonde en Merelbeke. 582
Figuur 8-61: Overzicht van aantal schepen per klasse dat passert bij de sluizen van Wintam, Dendermonde en Merelbeke (voor de beschikbare dataperiode 2017 - 2021). 583
Figuur 9-1: Resultaten trendanalyse jaargemiddelde hoogwaterstanden Westkapelle met de trends tot en met 2009, 2015 en 2021 voor de periode 1955-2021 en de bijbehorende predictie-intervallen. 596
Figuur 9-2: Residuen trendanalyse T2015 met een voorspelling t/m 2021 en residuen met de nieuwe trend t/m 2021 voor de jaargemiddelde hoogwaterstanden bij station Westkapelle. 597
Figuur 9-3: Resultaten trendanalyse jaargemiddelde hoogwaterstanden Cadzand met de trends tot en met 2009, 2015 en 2021 voor de periode 1967-2021 en de bijbehorende predictie-intervallen. 597
Figuur 9-4: Residuen trendanalyse T2015 met een voorspelling t/m 2021 en residuen met de nieuwe trend t/m 2021 voor de jaargemiddelde hoogwaterstanden bij station Cadzand. 598
Figuur 9-5: Resultaten trendanalyse jaargemiddelde hoogwaterstanden Vlissingen met de trends tot en met 2009, 2015 en 2021 voor de periode 1881-2021 en de bijbehorende predictie-intervallen. Trendbreuk in 1965. 598
Figuur 9-6: Residuen trendanalyse T2015 met een voorspelling t/m 2021 en residuen met de nieuwe trend t/m 2021 voor de jaargemiddelde hoogwaterstanden bij station Vlissingen. Trendbreuk in 1965. 599
Figuur 9-7: Datapunten van jaargemiddelde hoogwaterstanden voor Breskens voor de periode van 1995-2021 en een LOESS filter met spanwijdte van 6 jaar. 599

Figuur 9-8: Datapunten van jaargemiddelde hoogwaterstanden voor Borssele voor de periode van 1995-2021 en een LOESS filter met spanwijdte van 6 jaar. 600
Figuur 9-9: Resultaten trendanalyse jaargemiddelde hoogwaterstanden Terneuzen met de trends tot en met 2009, 2015 en 2021 voor de periode 1878-2021 en de bijbehorende predictie-intervallen. Trendbreuk in 1960. 600
Figuur 9-10: Residuen trendanalyse T2015 met een voorspelling t/m 2021 en residuen met de nieuwe trend t/m 2021 voor de jaargemiddelde hoogwaterstanden bij station Terneuzen. Trendbreuk in 1960. 601
Figuur 9-11: Datapunten van jaargemiddelde hoogwaterstanden voor Overloop van Hansweert voor de periode van 1995-2021 en een LOESS filter met spanwijdte van 6 jaar. 601
Figuur 9-12: Resultaten trendanalyse jaargemiddelde hoogwaterstanden Hansweert met de trends tot en met 2009, 2015 en 2021 voor de periode 1881-2021 en de bijbehorende predictie-intervallen. Trendbreuk in 1960. 602
Figuur 9-13: Residuen trendanalyse T2015 met een voorspelling t/m 2021 en residuen met de nieuwe trend t/m 2021 voor de jaargemiddelde hoogwaterstanden bij station Hansweert. Trendbreuk in 1960 602
Figuur 9-14: Datapunten van jaargemiddelde hoogwaterstanden voor Walsoorden voor de periode van 1995-2021 en een LOESS filter met spanwijdte van 6 jaar. 603
Figuur 9-15: Datapunten van jaargemiddelde hoogwaterstanden voor Baalhoek voor de periode van 1995-2021 en een LOESS filter met spanwijdte van 6 jaar. 603
Figuur 9-16: Datapunten van jaargemiddelde hoogwaterstanden voor Schaar van de Noord voor de periode van 1995-2021 en een LOESS filter met spanwijdte van 6 jaar. 604
Figuur 9-17: Resultaten trendanalyse jaargemiddelde hoogwaterstanden Bath met de trends tot en met 2009, 2015 en 2021 voor de periode 1862-2021 en de bijbehorende predictie-intervallen. Trendbreuk in 1975. 605
Figuur 9-18: Residuen trendanalyse T2015 met een voorspelling t/m 2021 en residuen met de nieuwe trend t/m 2021 voor de jaargemiddelde hoogwaterstanden bij station Bath. Trendbreuk in 1975. ... 605
Figuur 9-19: Resultaten trendanalyse jaargemiddelde hoogwaterstanden Prosperpolder met de trends tot en met 2009, 2015 en 2021. 606
Figuur 9-20: Residuen trendanalyse T2015 met een voorspelling t/m 2021 en residuen met de nieuwe trend t/m 2021 voor de jaargemiddelde hoogwaterstanden bij station Prosperpolder. 606
Figuur 9-21: Resultaten trendanalyse jaargemiddelde hoogwaterstanden Liefkenshoek met de trends tot en met 2009, 2015 en 2021 voor de periode 1948-2021 en de bijbehorende predictie-intervallen. Trendbreuk in 1975. 607
Figuur 9-22: Residuen trendanalyse T2015 met een voorspelling t/m 2021 en residuen met de nieuwe trend t/m 2021 voor de jaargemiddelde hoogwaterstanden bij station Liefkenshoek. Trendbreuk in 1975. 607
Figuur 9-23: Resultaten trendanalyse jaargemiddelde hoogwaterstanden Kallosluis met de trends tot en met 2009, 2015 en 2021. 608
Figuur 9-24: Residuen trendanalyse T2015 met een voorspelling t/m 2021 en residuen met de nieuwe trend t/m 2021 voor de jaargemiddelde hoogwaterstanden bij station Kallosluis. 608
Figuur 9-25: Resultaten trendanalyse jaargemiddelde hoogwaterstanden Antwerpen met de trends tot en met 2009, 2015 en 2021. Trendbreuk in 1974. Volledige reeks is getoond omwille van de langjarige trend. Bij ontbrekende data is er lineair geïnterpoleerd. 609
Figuur 9-26: Residuen trendanalyse T2015 met een voorspelling t/m 2021 en residuen met de nieuwe trend t/m 2021 voor de jaargemiddelde hoogwaterstanden bij station Antwerpen. Trendbreuk in 1974. 609
Figuur 9-27: Resultaten trendanalyse jaargemiddelde hoogwaterstanden Hemiksem met de trends tot en met 2009, 2015 en 2021. De trend voor de data t/m 2021 (trend2021) is niet significant. 610

Figuur 9-28: Residuen trendanalyse T2015 met een voorspelling t/m 2021 en residuen met de nieuwe trend t/m 2021 voor de jaargemiddelde hoogwaterstanden bij station Hemiksem. 610
Figuur 9-29: Resultaten trendanalyse jaargemiddelde hoogwaterstanden Temse met de trends tot en met 2009, 2015 en 2021. Trendbreuk in 1974. Volledige reeks is getoond omwille van de langjarige trend. Bij ontbrekende data is er lineair geïnterpoleerd. 611
Figuur 9-30: Residuen trendanalyse T2015 met een voorspelling t/m 2021 en residuen met de nieuwe trend t/m 2021 voor de jaargemiddelde hoogwaterstanden bij station Temse. Trendbreuk in 1974. 611
Figuur 9-31: Resultaten trendanalyse jaargemiddelde hoogwaterstanden Tielrode met de trends tot en met 2009, 2015 en 2021. 612
Figuur 9-32: Residuen trendanalyse T2015 met een voorspelling t/m 2021 en residuen met de nieuwe trend t/m 2021 voor de jaargemiddelde hoogwaterstanden bij station Tielrode. 612
Figuur 9-33: Resultaten trendanalyse jaargemiddelde hoogwaterstanden Sint-Amands met de trends tot en met 2009, 2015 en 2021. 613
Figuur 9-34: Residuen trendanalyse T2015 met een voorspelling t/m 2021 en residuen met de nieuwe trend t/m 2021 voor de jaargemiddelde hoogwaterstanden bij station Sint-Amands. 613
Figuur 9-35: Resultaten trendanalyse jaargemiddelde hoogwaterstanden Dendermonde met de trends tot en met 2009, 2015 en 2021. Trendbreuk in 1974. Volledige reeks is getoond omwille van de langjarige trend. Bij ontbrekende data is er lineair geïnterpoleerd. 614
Figuur 9-36: Residuen trendanalyse T2015 met een voorspelling t/m 2021 en residuen met de nieuwe trend t/m 2021 voor de jaargemiddelde hoogwaterstanden bij station Dendermonde. Trendbreuk in 1974. 614
Figuur 9-37: Resultaten trendanalyse jaargemiddelde hoogwaterstanden Schoonaarde met de trends tot en met 2009, 2015 en 2021. Trendbreuk in 1971. Volledige reeks is getoond omwille van de langjarige trend. Bij ontbrekende data is er lineair geïnterpoleerd. 615
Figuur 9-38: Residuen trendanalyse T2015 met een voorspelling t/m 2021 en residuen met de nieuwe trend t/m 2021 voor de jaargemiddelde hoogwaterstanden bij station Schoonaarde. Trendbreuk in 1971. 615
Figuur 9-39: Resultaten trendanalyse jaargemiddelde hoogwaterstanden Melle met de trends tot en met 2009, 2015 en 2021. Trendbreuk in 1971. Volledige reeks is getoond omwille van de langjarige trend. Bij ontbrekende data is er lineair geïnterpoleerd. 616
Figuur 9-40: Residuen trendanalyse T2015 met een voorspelling t/m 2021 en residuen met de nieuwe trend t/m 2021 voor de jaargemiddelde hoogwaterstanden bij station Melle. Trendbreuk in 1971. ..616
Figuur 9-41: Resultaten trendanalyse jaargemiddelde hoogwaterstanden Rumst met de trends tot en met 2009, 2015 en 2021. Trendbreuk in 1975. Gegevens zijn overgenomen vanuit station Walem. Bij ontbrekende data is er lineair geïnterpoleerd. 617
Figuur 9-42: Residuen trendanalyse T2015 met een voorspelling t/m 2021 en residuen met de nieuwe trend t/m 2021 voor de jaargemiddelde hoogwaterstanden bij station Rumst. Trendbreuk in 1974. 617
Figuur 9-43: Resultaten trendanalyse jaargemiddelde hoogwaterstanden Duffel-Sluis met de trends tot en met 2009, 2015 en 2021. 618
Figuur 9-44: Residuen trendanalyse T2015 met een voorspelling t/m 2021 en residuen met de nieuwe trend t/m 2021 voor de jaargemiddelde hoogwaterstanden bij station Duffel-Sluis. 618
Figuur 9-45: Resultaten trendanalyse jaargemiddelde hoogwaterstanden Lier-Molbrug met de trends tot en met 2009, 2015 en 2021. 619
Figuur 9-46: Residuen trendanalyse T2015 met een voorspelling t/m 2021 en residuen met de nieuwe trend t/m 2021 voor de jaargemiddelde hoogwaterstanden bij station Lier-Molbrug. 619
Figuur 9-47: Resultaten trendanalyse jaargemiddelde hoogwaterstanden Mechelen-Benedensluis met de trends tot en met 2009, 2015 en 2021. 620
Figuur 9-48: Residuen trendanalyse T2015 met een voorspelling t/m 2021 en residuen met de nieuwe trend t/m 2021 voor de jaargemiddelde hoogwaterstanden bij station Mechelen-Benedensluis. 620

Figuur 9-49: Datapunten van de 99e percentiel hoogwaterstanden voor Europlatform voor de periode van 1983-2021 en een LOESS filter met spanwijdte van 6 jaar. 621
Figuur 9-50: Datapunten van de 99e percentiel hoogwaterstanden voor Vlakte van de Raan voor de periode van 1995-2021 en een LOESS filter met spanwijdte van 6 jaar. 621
Figuur 9-51: Datapunten van de 99e percentiel hoogwaterstanden voor Westkapelle voor de periode van 1955-2021 en een LOESS filter met spanwijdte van 6 jaar. 622
Figuur 9-52: Datapunten van de 99e percentiel hoogwaterstanden voor Cadzand voor de periode van 1967-2021 en een LOESS filter met spanwijdte van 6 jaar. 622
Figuur 9-53: Resultaten trendanalyse van de 99e percentiel hoogwaterstanden bij Vlissingen met de trend tot en met 2009 voor de periode 1881-2021 en de bijbehorende predictie-intervallen. De trends van '2015' en '2021' zijn niet significant. Trendbreuk in 1955. 623
Figuur 9-54: Residuen trendanalyse T2009 met een voorspelling t/m 2021 en residuen trendanalyse voor de data t/m 2021 voor de 99e percentiel hoogwaterstanden bij station Vlissingen. Trendbreuk in 1955. 623
Figuur 9-55: Resultaten trendanalyse van de 99e percentiel hoogwaterstanden bij Hansweert met de trend tot en met 2009 en 2021 voor de periode 1881-2021 en de bijbehorende predictie-intervallen. De trend van '2015' is niet significant. Trendbreuk in 1960. 624
Figuur 9-56: Residuen trendanalyse T2009 met een voorspelling t/m 2021 en de nieuwe trend voor de 99e percentiel hoogwaterstanden bij station Hansweert. Trendbreuk in 1960. 624
Figuur 9-57: Datapunten van de 99e percentiel hoogwaterstanden voor Breskens Veerhaven voor de periode van 1995-2021 en een LOESS filter met spanwijdte van 6 jaar. 625
Figuur 9-58: Datapunten van de 99e percentiel hoogwaterstanden voor Gat van Borssele voor de periode van 1995-2021 en een LOESS filter met spanwijdte van 6 jaar. 625
Figuur 9-59: Resultaten trendanalyse voor de 99e percentiel hoogwaterstanden bij Terneuzen met de trend tot en met 2009 voor de periode 1878-2021 en de bijbehorende predictie-intervallen. De trends van '2015' en '2021' zijn niet significant. Trendbreuk in 1960. 626
Figuur 9-60: Residuen trendanalyse T2009 met een voorspelling t/m 2021 en residuen trendanalyse voor de data t/m 2021 voor de 99e percentiel hoogwaterstanden bij station Terneuzen. Trendbreuk in 1960. 626
Figuur 9-61: Datapunten van de 99e percentiel hoogwaterstanden voor Overloop van Hansweert voor de periode van 1995-2021 en een LOESS filter met spanwijdte van 6 jaar. 627
Figuur 9-62: Datapunten van de 99e percentiel hoogwaterstanden voor Walsoorden voor de periode van 1995-2021 en een LOESS filter met spanwijdte van 6 jaar. 627
Figuur 9-63: Datapunten van de 99e percentiel hoogwaterstanden voor Baalhoek voor de periode van 1995-2021 en een LOESS filter met spanwijdte van 6 jaar. 628
Figuur 9-64: Datapunten van de 99e percentiel hoogwaterstanden voor Schaar van de Noord voor de periode van 1995-2021 en een LOESS filter met spanwijdte van 6 jaar. 628
Figuur 9-65: Resultaten trendanalyse van de 99e percentiel hoogwaterstanden bij Bath met de trend tot en met 2009 voor de periode 1862-2021 en de bijbehorende predictie-intervallen. De trends van '2015' en '2021' zijn niet significant. Trendbreuk in 1965. 629
Figuur 9-66: Datapunten van de 99e percentiel hoogwaterstanden voor Prosperpolder voor de periode van 1971-2021 en een LOESS filter met spanwijdte van 6 jaar. 629
Figuur 9-67: Resultaten trendanalyse van de 99e percentiel hoogwaterstanden bij Liefkenshoek met de trend tot en met 2009, 2015 en 2021 en de bijbehorende predictie-intervallen. 630
Figuur 9-68: Datapunten van de 99e percentiel hoogwaterstanden voor Kallosluis voor de periode van 1982-2021 en een LOESS filter met spanwijdte van 6 jaar. 630
Figuur 9-69: Resultaten trendanalyse van de 99e percentiel hoogwaterstanden bij Antwerpen met de trend tot en met 2009, 2015 en 2021 en de bijbehorende predictie-intervallen. 631

Figuur 9-70: Datapunten van de 99e percentiel hoogwaterstanden voor Hemiksem voor de periode van 1941-2021 en een LOESS filter met spanwijdte van 6 jaar. Tussen 1961 en 1981 zijn er geen of onvoldoende gegevens beschikbaar. 631
Figuur 9-71: Datapunten van de 99e percentiel hoogwaterstanden voor Temse voor de periode van 1901-2021 en een LOESS filter met spanwijdte van 6 jaar. 632
Figuur 9-72: Datapunten van de 99e percentiel hoogwaterstanden voor Tielrode voor de periode van 1930-2021 en een LOESS filter met spanwijdte van 6 jaar. 632
Figuur 9-73: Datapunten van de 99e percentiel hoogwaterstanden voor Sint-Amands voor de periode van 1981-2021 en een LOESS filter met spanwijdte van 6 jaar. 633
Figuur 9-74: Resultaten trendanalyse van de 99e percentiel hoogwaterstanden bij Dendermonde met de trend tot en met 2009, 2015 en 2021 en de bijbehorende predictie-intervallen. 633
Figuur 9-75: Datapunten van de 99e percentiel hoogwaterstanden voor Schoonaarde voor de periode van 1903-2021 en een LOESS filter met spanwijdte van 6 jaar. 634
Figuur 9-76: Resultaten trendanalyse van de 99e percentiel hoogwaterstanden bij Melle met de trend tot en met 2009, 2015 en 2021 en de bijbehorende predictie-intervallen. 634
Figuur 9-77: Resultaten trendanalyse van de 99e percentiel hoogwaterstanden bij Rumst met de trend tot en met 2009, 2015 en 2021 en de bijbehorende predictie-intervallen. 635
Figuur 9-78: Datapunten van de 99e percentiel hoogwaterstanden voor Duffel-Sluis voor de periode van 1981-2021 en een LOESS filter met spanwijdte van 6 jaar. 635
Figuur 9-79: Datapunten van de 99e percentiel hoogwaterstanden voor Lier-Molbrug voor de periode van 1981-2021 en een LOESS filter met spanwijdte van 6 jaar. 636
Figuur 9-80: Datapunten van de 99e percentiel hoogwaterstanden voor Mechelen-Benedensluis voor de periode van 1981-2021 en een LOESS filter met spanwijdte van 6 jaar. 636
Figuur 9-81: Jaarlijks gemiddelde significante golfhoogte voor golfmeetstation Deurloo (DEUR) voor de periode 1990-2021 met een LOESS-filter met een spanwijdte van 6 jaar. 637
Figuur 9-82: Jaarlijks gemiddelde significante golfhoogte voor golfmeetstation Wielingen (WIEL) voor de periode 1990-2021 met een LOESS-filter met een spanwijdte van 6 jaar. 637
Figuur 9-83: Jaarlijks gemiddelde significante golfhoogte voor golfmeetstation Cadzand (CADW) voor de periode 1998-2021 met een LOESS-filter met een spanwijdte van 6 jaar. 638
Figuur 9-84: Jaarlijks gemiddelde significante golfhoogte voor golfmeetstation Honte (HNTE) voor de periode 2009-2021 met een LOESS-filter met een spanwijdte van 6 jaar. 638
Figuur 9-85: Jaarlijks gemiddelde significante golfhoogte voor golfmeetstation Pas van Terneuzen (PVT) voor de periode 2009-2021 met een LOESS-filter met een spanwijdte van 6 jaar. 639
Figuur 9-86: Jaarlijks gemiddelde significante golfhoogte voor golfmeetstation Hansweert (HAWI) voor de periode 1999-2021 met een LOESS-filter met een spanwijdte van 6 jaar. 639
Figuur 9-87: Jaarlijks gemiddelde significante golfhoogte voor golfmeetstation Overloop van Hansweert (OVHW) voor de periode 2009-2021 met een LOESS-filter met een spanwijdte van 6 jaar. 640
Figuur 9-88: Jaarlijks gemiddelde significante golfhoogte voor golfmeetstation Overloop van Valkenisse (OVVA) voor de periode 2009-2021 met een LOESS-filter met een spanwijdte van 6 jaar. 640
Figuur 9-89: Jaarlijks gemiddelde significante golfhoogte voor golfmeetstation Bath (BAT2) voor de periode 2009-2021 met een de trends voor de data tot en met 2009 (met een voorspelling tot en met 2021) en de data van 2011-2021. 641
Figuur 9-90: Jaarlijkse empirische cumulatieve verdeling (ecdf) ofwel onderschrijdingskans van de significante golfhoogte te Deurloo (2016-2021) en de uiterste grenzen op basis van de cumulatieve verdelingen t/m 2015. 642
Figuur 9-91: Jaarlijkse empirische cumulatieve verdeling (ecdf) ofwel onderschrijdingskans van de significante golfhoogte te Wielingen (2016-2021) en de uiterste grenzen op basis van de cumulatieve verdelingen t/m 2015. 642

Figuur 9-92: Jaarlijkse empirische cumulatieve verdeling (ecdf) ofwel onderschrijdingskans van de significante golfhoogte te Cadzand (2016-2021) en de uiterste grenzen op basis van de cumulatieve verdelingen t/m 2015. 643
Figuur 9-93: Jaarlijkse empirische cumulatieve verdeling (ecdf) ofwel onderschrijdingskans van de significante golfhoogte te Honte (2016-2021) en de uiterste grenzen op basis van de cumulatieve verdelingen t/m 2015. 643
Figuur 9-94: Jaarlijkse empirische cumulatieve verdeling (ecdf) ofwel onderschrijdingskans van de significante golfhoogte te Pas van Terneuzen (2016-2021) en de uiterste grenzen op basis van de cumulatieve verdelingen t/m 2015. 644
Figuur 9-95: Jaarlijkse empirische cumulatieve verdeling (ecdf) ofwel onderschrijdingskans van de significante golfhoogte te Hansweert (2016-2021) en de uiterste grenzen op basis van de cumulatieve verdelingen t/m 2015. 644
Figuur 9-96: Jaarlijkse empirische cumulatieve verdeling (ecdf) ofwel onderschrijdingskans van de significante golfhoogte te Overloop van Hansweert (2016-2021) en de uiterste grenzen op basis van de cumulatieve verdelingen t/m 2015. 645
Figuur 9-97: Jaarlijkse empirische cumulatieve verdeling (ecdf) ofwel onderschrijdingskans van de significante golfhoogte te Overloop van Valkenisse (2016-2021) en de uiterste grenzen op basis van de cumulatieve verdelingen t/m 2015. 645
Figuur 9-98: Jaarlijkse empirische cumulatieve verdeling (ecdf) ofwel onderschrijdingskans van de significante golfhoogte te Bath (2016-2021) en de uiterste grenzen op basis van de cumulatieve verdelingen vanaf de trendbreuk in 2011 t/m 2015. 646
Figuur 9-99: Jaarlijkse cumulatieve verdelingen van de spectrale golfperiode te Deurloo (2016-2021) en de uiterste grenzen op basis van de cumulatieve verdelingen t/m 2015. 647
Figuur 9-100: Jaarlijkse cumulatieve verdelingen van de spectrale golfperiode te Wielingen (2016-2021) en de uiterste grenzen op basis van de cumulatieve verdelingen t/m 2015. 647
Figuur 9-101: Jaarlijkse cumulatieve verdelingen van de spectrale golfperiode te Cadzand (2016-2021) en de uiterste grenzen op basis van de cumulatieve verdelingen t/m 2015. 648
Figuur 9-102: Jaarlijkse cumulatieve verdelingen van de spectrale golfperiode te Honte (2016-2021) en de uiterste grenzen op basis van de cumulatieve verdelingen t/m 2015. 648
Figuur 9-103: Jaarlijkse cumulatieve verdelingen van de spectrale golfperiode te Pas van Terneuzen (2016-2021) en de uiterste grenzen op basis van de cumulatieve verdelingen t/m 2015. 649
Figuur 9-104: Jaarlijkse cumulatieve verdelingen van de spectrale golfperiode te Hansweert (2016-2021) en de uiterste grenzen op basis van de cumulatieve verdelingen t/m 2015. 649
Figuur 9-105: Jaarlijkse cumulatieve verdelingen van de spectrale golfperiode te Overloop van Hansweert (2016-2021) en de uiterste grenzen op basis van de cumulatieve verdelingen t/m 2015. 650
Figuur 9-106: Jaarlijkse cumulatieve verdelingen van de spectrale golfperiode te Overloop van Valkenisse (2016-2021) en de uiterste grenzen op basis van de cumulatieve verdelingen t/m 2015. 650
Figuur 9-107: Jaarlijkse cumulatieve verdelingen van de spectrale golfperiode te Bath (2016-2021) en de uiterste grenzen op basis van de cumulatieve verdelingen t/m 2015. 651
Figuur 9-108: Datapunten van jaargemiddelde laagwaterstanden voor Europlatform voor de periode van 1983-2021 en een LOESS filter met spanwijdte van 6 jaar. 652
Figuur 9-109: Datapunten van jaargemiddelde laagwaterstanden voor Vlakte van de Raan voor de periode van 1995-2021 en een LOESS filter met spanwijdte van 6 jaar. 652
Figuur 9-110: Resultaten trendanalyse jaargemiddelde laagwaterstanden Westkapelle met de trends tot en met 2009, 2015 en 2021 voor de periode 1955-2021 en de bijbehorende predictie-intervallen. 653
Figuur 9-111: Residuen trendanalyse T2015 met een voorspelling t/m 2021 en residuen met de nieuwe trend t/m 2021 voor de jaargemiddelde laagwaterstanden bij station Westkapelle. 653

Figuur 9-112: Resultaten trendanalyse jaargemiddelde laagwaterstanden Cadzand met de trends tot en met 2009, 2015 en 2021 voor de periode 1967-2021 en de bijbehorende predictie-intervallen. 654
Figuur 9-113: Residuen trendanalyse T2015 met een voorspelling t/m 2021 en residuen met de nieuwe trend t/m 2021 voor de jaargemiddelde laagwaterstanden bij station Cadzand. 654
Figuur 9-114: Resultaten trendanalyse jaargemiddelde laagwaterstanden Vlissingen met de trends tot en met 2009, 2015 en 2021 voor de periode 1881-2021 en de bijbehorende predictie-intervallen. Trendbreuk in 1965. 655
Figuur 9-115: Residuen trendanalyse T2015 met een voorspelling t/m 2021 en residuen met de nieuwe trend t/m 2021 voor de jaargemiddelde laagwaterstanden bij station Vlissingen. Trendbreuk in 1965 655
Figuur 9-116: Resultaten trendanalyse jaargemiddelde laagwaterstanden Hansweert met de trends tot en met 2009, 2015 en 2021 voor de periode 1881-2021 en de bijbehorende predictie-intervallen. Trendbreuk in 1960. 656
Figuur 9-117: Residuen trendanalyse T2015 met een voorspelling t/m 2021 en residuen met de nieuwe trend t/m 2021 voor de jaargemiddelde laagwaterstanden bij station Hansweert. Trendbreuk in 1960. 656
Figuur 9-118: Datapunten van jaargemiddelde laagwaterstanden voor Breskens Veerhaven voor de periode van 1995-2021 en een LOESS filter met spanwijdte van 6 jaar. 657
Figuur 9-119: Datapunten van jaargemiddelde laagwaterstanden voor Gat van Borssele voor de periode van 1995-2021 en een LOESS filter met spanwijdte van 6 jaar. 657
Figuur 9-120: Resultaten trendanalyse jaargemiddelde laagwaterstanden Terneuzen met de trends tot en met 2009, 2015 en 2021 voor de periode 1878-2021 en de bijbehorende predictie-intervallen. Trendbreuk in 1960. 658
Figuur 9-121: Residuen trendanalyse T2015 met een voorspelling t/m 2021 en residuen met de nieuwe trend t/m 2021 voor de jaargemiddelde laagwaterstanden bij station Terneuzen. Trendbreuk in 1960. 658
Figuur 9-122: Datapunten van jaargemiddelde laagwaterstanden voor Overloop van Hansweert voor de periode van 1995-2021 en een LOESS filter met spanwijdte van 6 jaar. 659
Figuur 9-123: Datapunten van jaargemiddelde laagwaterstanden voor Walsoorden voor de periode van 1995-2021 en een LOESS filter met spanwijdte van 6 jaar. 659
Figuur 9-124: Datapunten van jaargemiddelde laagwaterstanden voor Baalhoek voor de periode van 1995-2021 en een LOESS filter met spanwijdte van 6 jaar. 660
Figuur 9-125: Datapunten van jaargemiddelde laagwaterstanden voor Schaar van de Noord voor de periode van 1995-2021 en een LOESS filter met spanwijdte van 6 jaar. 660
Figuur 9-126: Datapunten van jaargemiddelde laagwaterstanden voor Schaar van de Noord voor de periode van 1862-2021 en een LOESS filter met spanwijdte van 6 jaar. 661
Figuur 9-127: Resultaten trendanalyse jaargemiddelde laagwaterstanden Prosperpolder met de trends tot en met 2009, 2015 en 2021. 662
Figuur 9-128: Residuen trendanalyse T2015 met een voorspelling t/m 2021 en residuen met de nieuwe trend t/m 2021 voor de jaargemiddelde laagwaterstanden bij station Prosperpolder. 662
Figuur 9-129: Jaargemiddelde laagwaterstanden te Liefkenshoek met een LOESS-filter met een spanwijdte van 6 jaar. Sinds de sterke daling van de jaargemiddelde waterstanden in de jaren ’70 is er geen significante trend meer zichtbaar. 663
Figuur 9-130: Jaargemiddelde laagwaterstanden te Kallosluis voor de periode 1982-2021 met een LOESS-filter met een spanwijdte van 6 jaar. 663
Figuur 9-131: Jaargemiddelde laagwaterstanden te Antwerpen met een LOESS-filter met een spanwijdte van 6 jaar. Sinds de sterke daling van de jaargemiddelde waterstanden in de jaren ’70 is er geen significante trend meer zichtbaar. 664

Figuur 9-132: Resultaten trendanalyse jaargemiddelde laagwaterstanden Hemiksem met de trends tot en met 2009, 2015 en 2021. De trend voor de data t/m 2009 (trend2009) is na de trendbreuk niet significant. 664
Figuur 9-133: Residuen trendanalyse T2015 met een voorspelling t/m 2021 en residuen met de nieuwe trend t/m 2021 voor de jaargemiddelde laagwaterstanden bij station Hemiksem. 665
Figuur 9-134: Jaargemiddelde laagwaterstanden te Temse met een LOESS-filter met een spanwijdte van 6 jaar. Sinds de sterke daling van de jaargemiddelde waterstanden in de jaren '70 is er geen significante trend meer zichtbaar. 665
Figuur 9-135: Resultaten trendanalyse jaargemiddelde laagwaterstanden Tielrode met de trends tot en met 2009, 2015 en 2021. Trendbreuk in 1970 666
Figuur 9-136: Residuen trendanalyse T2015 met een voorspelling t/m 2021 en residuen met de nieuwe trend t/m 2021 voor de jaargemiddelde laagwaterstanden bij station Tielrode. Trendbreuk in 1970 666
Figuur 9-137: Jaargemiddelde laagwaterstanden te Sint-Amands voor de periode 1981-2021 met een LOESS-filter met een spanwijdte van 6 jaar. 667
Figuur 9-138: Resultaten trendanalyse jaargemiddelde laagwaterstanden Dendermonde met de trends tot en met 2009, 2015 en 2021. Trendbreuk in 1974. 667
Figuur 9-139: Residuen trendanalyse T2015 met een voorspelling t/m 2021 en residuen met de nieuwe trend t/m 2021 voor de jaargemiddelde laagwaterstanden bij station Dendermonde. Trendbreuk in 1974. 668
Figuur 9-140: Resultaten trendanalyse jaargemiddelde laagwaterstanden Schoonaarde met de trends tot en met 2009, 2015 en 2021. Trendbreuk in 1970. 668
Figuur 9-141: Residuen trendanalyse T2015 met een voorspelling t/m 2021 en residuen met de nieuwe trend t/m 2021 voor de jaargemiddelde laagwaterstanden bij station Schoonaarde. Trendbreuk in 1970. 669
Figuur 9-142: Resultaten trendanalyse jaargemiddelde laagwaterstanden Melle met de trends tot en met 2009, 2015 en 2021. Trendbreuk in 1971. Volledige reeks is getoond omwille van de langjarige trend. Bij ontbrekende data is er lineair geïnterpoleerd. 669
Figuur 9-143: Residuen trendanalyse T2015 met een voorspelling t/m 2021 en residuen met de nieuwe trend t/m 2021 voor de jaargemiddelde hoogwaterstanden bij station Melle. Trendbreuk in 1971. .. 670
Figuur 9-144: Resultaten trendanalyse jaargemiddelde laagwaterstanden Melle met de trends tot en met 2009, 2015 en 2021. Trendbreuk in 1970. Gegevens zijn overgenomen vanuit station Walem. Bij ontbrekende data is er lineair geïnterpoleerd. 670
Figuur 9-145: Residuen trendanalyse T2015 met een voorspelling t/m 2021 en residuen met de nieuwe trend t/m 2021 voor de jaargemiddelde laagwaterstanden bij station Rumst. Trendbreuk in 1970... 671
Figuur 9-146: Resultaten trendanalyse jaargemiddelde laagwaterstanden Duffel-Sluis met de trends tot en met 2009, 2015 en 2021. 671
Figuur 9-147: Residuen trendanalyse T2015 met een voorspelling t/m 2021 en residuen met de nieuwe trend t/m 2021 voor de jaargemiddelde hoogwaterstanden bij station Duffel-Sluis. 672
Figuur 9-148: Jaargemiddelde laagwaterstanden te Lier-Molbrug voor de periode 1981-2021 met een LOESS-filter met een spanwijdte van 6 jaar. 672
Figuur 9-149: Resultaten trendanalyse jaargemiddelde laagwaterstanden Mechelen-Benedensluis met de trends tot en met 2009, 2015 en 2021. 673
Figuur 9-150: Residuen trendanalyse T2015 met een voorspelling t/m 2021 en residuen met de nieuwe trend t/m 2021 voor de jaargemiddelde laagwaterstanden bij station Mechelen-Benedensluis. 673
Figuur 9-151: Jaarlijks gemiddelde looptijd van het laawater tussen Vlissingen en Terneuzen met de trends voor de data t/m 2015 en 2021 en bijbehorende predictie-intervallen. 674
Figuur 9-152: Jaargemiddelde looptijd van het hoogwater tussen Vlissingen en Terneuzen met een LOESS-filter met een spanwijdte van 6 jaar. 674

Figuur 9-153: Jaargemiddelde looptijd van het hoogwater tussen Vlissingen en Hansweert met een LOESS-filter met een spanwijdte van 6 jaar. 675
Figuur 9-154: Jaargemiddelde looptijd van het laagwater tussen Vlissingen en Hansweert met een LOESS-filter met een spanwijdte van 6 jaar. 675
Figuur 9-155: Jaargemiddelde looptijd van het hoogwater tussen Vlissingen en Bath met een LOESS-filter met een spanwijdte van 6 jaar. 676
Figuur 9-156: Jaargemiddelde looptijd van het laagwater tussen Vlissingen en Bath met een LOESS-filter met een spanwijdte van 6 jaar. 676
Figuur 9-157: Jaargemiddelde looptijd van het hoogwater tussen Vlissingen en Liefkenshoek met een LOESS-filter met een spanwijdte van 6 jaar. 677
Figuur 9-158: Jaargemiddelde looptijd van het laagwater tussen Vlissingen en Liefkenshoek met een LOESS-filter met een spanwijdte van 6 jaar. 677
Figuur 9-159: Jaargemiddelde looptijd van het hoogwater tussen Vlissingen en Antwerpen met een LOESS-filter met een spanwijdte van 6 jaar. 678
Figuur 9-160: Jaargemiddelde looptijd van het laagwater tussen Vlissingen en Antwerpen met een LOESS-filter met een spanwijdte van 6 jaar. 678
Figuur 9-161: Jaargemiddelde looptijd van het hoogwater tussen Vlissingen en Temse met een LOESS-filter met een spanwijdte van 6 jaar. 679
Figuur 9-162: Jaargemiddelde looptijd van het laagwater tussen Vlissingen en Temse met een LOESS-filter met een spanwijdte van 6 jaar. 679
Figuur 9-163: Jaargemiddelde looptijd van het hoogwater tussen Vlissingen en Dendermonde met een LOESS-filter met een spanwijdte van 6 jaar. 680
Figuur 9-164: Jaargemiddelde looptijd van het laagwater tussen Vlissingen en Dendermonde met een LOESS-filter met een spanwijdte van 6 jaar. 680
Figuur 9-165: Jaargemiddelde looptijd van het hoogwater tussen Vlissingen en Melle met een LOESS-filter met een spanwijdte van 6 jaar. 681
Figuur 9-166: Jaargemiddelde looptijd van het laagwater tussen Vlissingen en Melle met een LOESS-filter met een spanwijdte van 6 jaar. 681
Figuur 9-167: Jaargemiddelde looptijd van het hoogwater tussen Vlissingen en Tielrode met een LOESS-filter met een spanwijdte van 6 jaar. 682
Figuur 9-168: Jaargemiddelde looptijd van het laagwater tussen Vlissingen en Tielrode met een LOESS-filter met een spanwijdte van 6 jaar. 682
Figuur 9-169: Jaargemiddelde looptijd van het hoogwater tussen Vlissingen en Rumst met een LOESS-filter met een spanwijdte van 6 jaar. 683
Figuur 9-170: Jaargemiddelde looptijd van het laagwater tussen Vlissingen en Rumst met een LOESS-filter met een spanwijdte van 6 jaar. 683
Figuur 9-171: Jaargemiddelde looptijd van het hoogwater tussen Vlissingen en Duffel-Sluis met een LOESS-filter met een spanwijdte van 6 jaar. 684
Figuur 9-172: Jaargemiddelde looptijd van het laagwater tussen Vlissingen en Duffel-Sluis met een LOESS-filter met een spanwijdte van 6 jaar. 684
Figuur 9-173: Datapunten M2 amplitude voor Cadzand voor de periode 1971-2021 en een LOESS filter met spanwijdte van 6 jaar. 685
Figuur 9-174: Resultaten trendanalyse M4 amplitude Cadzand met de trend 2021 voor de periode 1971-2021 en het bijbehorende predictie-interval. 685
Figuur 9-175: Resultaten trendanalyse S2 amplitude Cadzand met de trends t/m 2009, 2015 en 2021 voor de periode 1971-2021 en de bijbehorende predictie-intervallen. 686
Figuur 9-176: Datapunten M2 amplitude voor Cadzand voor de periode 1971-2021 en een LOESS filter met spanwijdte van 6 jaar. 686

Figuur 9-177: Amplitude M2-getijcomponent bij Westkapelle met een LOESS-filter met een spanwijdte van 6 jaar. 687
Figuur 9-178: Resultaten trendanalyse M4 amplitude Westkapelle met de trends t/m 2009, 2015 en 2021 voor de periode 1971-2021 en de bijbehorende en bijbehorende predictie-intervallen. 687
Figuur 9-179: Resultaten trendanalyse S2 amplitude Westkapelle met de trends t/m 2021 voor de periode 1971-2021 en de bijbehorende predictie-intervallen. 688
Figuur 9-180: Amplitude N2-getijcomponent bij Westkapelle met een LOESS-filter met een spanwijdte van 6 jaar 688
Figuur 9-181: Resultaten trendanalyse M2 amplitude Vlissingen met de trend tot en met de opgelegde trendbreuk in 1995 en de trend met de data vanaf de trendbreuk en bijbehorende predictie-intervallen. 689
Figuur 9-182: Resultaten trendanalyse M4 amplitude Vlissingen met de trend tot en met de opgelegde trendbreuk in 1995 en de trend met de data vanaf de trendbreuk en bijbehorende predictie-intervallen. 689
Figuur 9-183: Resultaten trendanalyse S2 amplitude Vlissingen met de trend tot en met de opgelegde trendbreuk in 1995 en de trends met de data vanaf de trendbreuk t/m 2015 en 2021 en bijbehorende predictie-intervallen. 690
Figuur 9-184: Resultaten trendanalyse N2 amplitude Vlissingen met de trends t/m 2009, 2015 en 2021 voor de periode 1911-2021 en de bijbehorende en bijbehorende predictie-intervallen. 690
Figuur 9-185: Resultaten trendanalyse M2 amplitude Terneuzen met de trend tot en met de opgelegde trendbreuk in 1995 en de trend met de data vanaf de trendbreuk en bijbehorende predictie-intervallen. 691
Figuur 9-186: Resultaten trendanalyse M4 amplitude Terneuzen met de trend tot en met de opgelegde trendbreuk in 1995 met bijbehorend predictie-interval en een LOESS-filter voor de data sinds de trendbreuk. 691
Figuur 9-187: Resultaten trendanalyse S2 amplitude Terneuzen met de trend tot en met de opgelegde trendbreuk in 1995 en de trends met de data vanaf de trendbreuk t/m 2021 en bijbehorende predictie-intervallen. 692
Figuur 9-188: Resultaten trendanalyse M2 amplitude Hansweert met de trends t/m 2009, 2015 en 2021 voor de periode 1939-2021 en de bijbehorende en bijbehorende predictie-intervallen. 693
Figuur 9-189: Resultaten trendanalyse M4 amplitude Hansweert met de trends t/m 2009, 2015 en 2021 voor de periode 1939-2021 en de bijbehorende en bijbehorende predictie-intervallen. Trendbreuk in 1975. 693
Figuur 9-190: Resultaten trendanalyse S2 amplitude Hansweert met de trends t/m 2009, 2015 en 2021 voor de periode 1939-2021 en de bijbehorende en bijbehorende predictie-intervallen. 694
Figuur 9-191: Resultaten trendanalyse N2 amplitude Hansweert met de trends t/m 2009, 2015 en 2021 voor de periode 1939-2021 en de bijbehorende en bijbehorende predictie-intervallen. 694
Figuur 9-192: Resultaten trendanalyse M2 amplitude Bath met de trends t/m 2009, 2015 en 2021 voor de periode 1971-2021 en de bijbehorende en bijbehorende predictie-intervallen. Trendbreuk in 1980. 695
Figuur 9-193: Resultaten trendanalyse M4 amplitude Bath met de trends t/m 2015 en 2021 voor de periode 1971-2021 en de bijbehorende en bijbehorende predictie-intervallen. 695
Figuur 9-194: Resultaten trendanalyse S2 amplitude Bath met de trends t/m 2009, 2015 en 2021 voor de periode 1971-2021 en de bijbehorende en bijbehorende predictie-intervallen. Trendbreuk in 1980. 696
Figuur 9-195: Resultaten trendanalyse N2 amplitude Bath met de trends t/m 2009, 2015 en 2021 voor de periode 1971-2021 en de bijbehorende en bijbehorende predictie-intervallen. 696
Figuur 9-196: Resultaten trendanalyse jaargemiddelde astronomische hoogwaterstanden te Cadzand met de trend tot en met 2021 voor de periode 1971-2021 en het bijbehorende predictie-interval. 697

Figuur 9-197: Resultaten trendanalyse jaargemiddelde astronomische hoogwaterstanden te Westkapelle met de trends tot en met 2009, 2015 en 2021 voor de periode 1971-2021 en de bijbehorende predictie-intervallen.....698
Figuur 9-198: Resultaten trendanalyse jaargemiddelde astronomische hoogwaterstanden te Vlissingen met de trends tot en met 2009, 2015 en 2021 voor de periode 1971-2021 en de bijbehorende predictie-intervallen. Trendbreuk in 1995 698
Figuur 9-199: Resultaten trendanalyse jaargemiddelde astronomische hoogwaterstanden te Terneuzen met de trends tot en met 2009, 2015 en 2021 voor de periode 1971-2021 en de bijbehorende predictie-intervallen. Trendbreuk in 1995 699
Figuur 9-200: Datapunten van de jaargemiddelde astronomische hoogwaterstanden te Hansweert voor de periode 1971-2021 en een LOESS filter met spanwijdte van 6 jaar. 699
Figuur 9-201: Resultaten trendanalyse jaargemiddelde astronomische hoogwaterstanden te Bath met de trends t/m 2009, 2015 en 2021 voor de periode 1971-2021 en de bijbehorende predictie-intervallen. Trendbreuk in 1980.....700
Figuur 9-202: Datapunten van de jaargemiddelde astronomische laagwaterstanden te Cadzand voor de periode 1971-2021 en een LOESS filter met spanwijdte van 6 jaar.....700
Figuur 9-203: Datapunten van de jaargemiddelde astronomische laagwaterstanden te Westkapelle voor de periode 1971-2021 en een LOESS filter met spanwijdte van 6 jaar. 701
Figuur 9-204: Datapunten van de jaargemiddelde astronomische laagwaterstanden te Vlissingen voor de periode 1971-2021 en een LOESS filter met spanwijdte van 6 jaar. 701
Figuur 9-205: Resultaten trendanalyse jaargemiddelde astronomische laagwaterstanden te Terneuzen met de trends t/m 2009, 2015 en 2021 voor de periode 1971-2021 en de bijbehorende predictie-intervallen. Trendbreuk in 1995 702
Figuur 9-206: Resultaten trendanalyse jaargemiddelde astronomische laagwaterstanden te Hansweert met de trends t/m 2009, 2015 en 2021 voor de periode 1971-2021 en de bijbehorende predictie-intervallen.....702
Figuur 9-207: Resultaten trendanalyse jaargemiddelde astronomische laagwaterstanden te Bath met de trends t/m 2009, 2015 en 2021 voor de periode 1971-2021 en de bijbehorende predictie-intervallen. Trendbreuk in 1980.....703
Figuur 9-208: Datapunten van de jaargemiddelde getijslag voor Westkapelle voor de periode 1954-2021 en een LOESS filter met spanwijdte van 6 jaar. 704
Figuur 9-209: Datapunten van de jaargemiddelde getijslag voor Cadzand voor de periode 1966-2021 en een LOESS filter met spanwijdte van 6 jaar. 704
Figuur 9-210: Resultaten trendanalyse van de jaargemiddelde getijslag voor Vlissingen met de trend voor de data tot de trendbreuk in 1960. Voor de data tussen 1960 en 2021 is een LOESS filter met spanwijdte van 6 jaar getoond.....705
Figuur 9-211: Resultaten trendanalyse van de jaargemiddelde getijslag voor Terneuzen met de trends t/m 2009, 2015 en 2021 voor de periode 1878-2021 en de bijbehorende betrouwbaarheidsintervallen en predictie-intervallen. Trendbreuk: jaar 1960. 705
Figuur 9-212: Resultaten trendanalyse van de jaargemiddelde getijslag voor Hansweert met de trend voor de data tot de trendbreuk in 1970. Voor de data tussen 1970 en 2021 is een LOESS filter met spanwijdte van 6 jaar getoond.....706
Figuur 9-213: Resultaten trendanalyse van de jaargemiddelde getijslag voor Bath met de trends t/m 2009, 2015 en 2021 voor de periode 1958-2021 en de bijbehorende betrouwbaarheidsintervallen en predictie-intervallen. Trendbreuk: jaar 1975.....706
Figuur 9-214: Resultaten trendanalyse van de jaargemiddelde getijslag voor Liefkenshoek met de trends t/m 2009, 2015 en 2021 en de bijbehorende betrouwbaarheidsintervallen en predictie-intervallen. Trendbreuk: jaar 1975.....707

Figuur 9-215: Resultaten trendanalyse van de jaargemiddelde getijslag voor Antwerpen met de trends t/m 2009, 2015 en 2021 en de bijbehorende betrouwbaarheidsintervallen en predictie-intervallen. Trendbreuk: jaar 1975.....707
Figuur 9-216: Resultaten trendanalyse van de jaargemiddelde getijslag voor Temse met de trends t/m 2009, 2015 en 2021 en de bijbehorende betrouwbaarheidsintervallen en predictie-intervallen. Trendbreuk: jaar 1975.....708
Figuur 9-217: Resultaten trendanalyse van de jaargemiddelde getijslag voor Dendermonde met de trends t/m 2009, 2015 en 2021 en de bijbehorende betrouwbaarheidsintervallen en predictie-intervallen. Trendbreuk: jaar 1975.....708
Figuur 9-218: Resultaten trendanalyse van de jaargemiddelde getijslag voor Melle met de trends t/m 2009, 2015 en 2021 en de bijbehorende betrouwbaarheidsintervallen en predictie-intervallen.....709
Figuur 9-219: Resultaten trendanalyse van de jaargemiddelde getijslag voor Rumst met de trends t/m 2009, 2015 en 2021 en de bijbehorende betrouwbaarheidsintervallen en predictie-intervallen. Trendbreuk in 1975.....709
Figuur 9-220: Resultaten trendanalyse van de jaargemiddelde getijslag voor Duffel-Sluis met de trends t/m 2009, 2015 en 2021 en de bijbehorende betrouwbaarheidsintervallen en predictie-intervallen..710
Figuur 9-221: Jaargemiddelde waterstand te Westkapelle voor de periode 1971-2021.....710
Figuur 9-222: Jaargemiddelde waterstand te Cadzand voor de periode 1971-2021.....711
Figuur 9-223: Jaargemiddelde waterstand te Terneuzen voor de periode 1940-2021.....711
Figuur 9-224: Jaargemiddelde waterstand te Hansweert voor de periode 1971-2021.....712
Figuur 9-225: Jaargemiddelde waterstand te Bath voor de periode 1971-2021.....712
Figuur 9-226: Getijasymmetrie te Westkapelle in de periode 1987-2021 met een LOESS filter met een spanwijdte van 6 jaar.....713
Figuur 9-227: Getijasymmetrie te Vlissingen in de periode 1987-2021 met een LOESS filter met een spanwijdte van 6 jaar.....713
Figuur 9-228: Getijasymmetrie te Terneuzen in de periode 1987-2021 met een LOESS filter met een spanwijdte van 6 jaar.....714
Figuur 9-229: Getijasymmetrie te Hansweert in de periode 1987-2021 met een LOESS filter met een spanwijdte van 6 jaar.....714
Figuur 9-230: Getijasymmetrie te Bath in de periode 1987-2021 met een LOESS filter met een spanwijdte van 6 jaar.....715
Figuur 9-231: Getijasymmetrie te Liefkenshoek in de periode 1987-2021 met een LOESS filter met een spanwijdte van 6 jaar.....715
Figuur 9-232: Getijasymmetrie te Antwerpen in de periode 1987-2021 met een LOESS filter met een spanwijdte van 6 jaar.....716
Figuur 9-233: Getijasymmetrie te Temse in de periode 1987-2021 met een LOESS filter met een spanwijdte van 6 jaar.....716
Figuur 9-234: Getijasymmetrie te Dendermonde in de periode 1987-2021 met een LOESS filter met een spanwijdte van 6 jaar.....717
Figuur 9-235: Getijasymmetrie te Schoonaarde in de periode 1987-2021 met een LOESS filter met een spanwijdte van 6 jaar.....717
Figuur 9-236: Getijasymmetrie te Melle in de periode 1987-2021 met een LOESS filter met een spanwijdte van 6 jaar.....718
Figuur 9-237: Getijasymmetrie te Tielrode in de periode 1987-2021 met een LOESS filter met een spanwijdte van 6 jaar.....718
Figuur 9-238: Getijasymmetrie te Rumst in de periode 1987-2021 met een LOESS filter met een spanwijdte van 6 jaar.....719
Figuur 9-239: Getijasymmetrie te Duffel-Sluis in de periode 1987-2021 met een LOESS filter met een spanwijdte van 6 jaar.....719

Figuur 9-240: Datapunten van het jaargemiddelde relatieve getijslag Westkapelle t.o.v. Vlissingen voor de periode 1966-2021 en een LOESS filter met spanwijdte van 6 jaar. 720
Figuur 9-241: Datapunten van het jaargemiddelde relatieve getijslag Cadzand t.o.v. Vlissingen voor de periode 1966-2021 en een LOESS filter met spanwijdte van 6 jaar. 720
Figuur 9-242: Datapunten van het jaargemiddelde relatieve getijslag Terneuzen t.o.v. Vlissingen voor de periode 1966-2021 en een LOESS filter met spanwijdte van 6 jaar. 721
Figuur 9-243: Datapunten van het jaargemiddelde relatieve getijslag Hansweert t.o.v. Vlissingen voor de periode 1966-2021 en een LOESS filter met spanwijdte van 6 jaar. 721
Figuur 9-244: Datapunten van het jaargemiddelde relatieve getijslag Bath t.o.v. Vlissingen voor de periode 1966-2021 en een LOESS filter met spanwijdte van 6 jaar. 722
Figuur 9-245: Datapunten van het jaargemiddelde relatieve getijslag (amplificatie) te Antwerpen t.o.v. Liefkenshoek en een LOESS filter met spanwijdte van 6 jaar. 722
Figuur 9-246: Datapunten van het jaargemiddelde relatieve getijslag (amplificatie) te Temse t.o.v. Liefkenshoek en een LOESS filter met spanwijdte van 6 jaar. 723
Figuur 9-247: Datapunten van het jaargemiddelde relatieve getijslag (amplificatie) te Tielrode t.o.v. Liefkenshoek en een LOESS filter met spanwijdte van 6 jaar. 723
Figuur 9-248: Datapunten van het jaargemiddelde relatieve getijslag (amplificatie) te Dendermonde t.o.v. Liefkenshoek en een LOESS filter met spanwijdte van 6 jaar. 724
Figuur 9-249: Datapunten van het jaargemiddelde relatieve getijslag (amplificatie) te Schoonaarde t.o.v. Liefkenshoek en een LOESS filter met spanwijdte van 6 jaar. 724
Figuur 9-250: Datapunten van het jaargemiddelde relatieve getijslag (amplificatie) te Melle t.o.v. Liefkenshoek en een LOESS filter met spanwijdte van 6 jaar. 725
Figuur 9-251: Datapunten van het jaargemiddelde relatieve getijslag (amplificatie) te Rumst t.o.v. Liefkenshoek en een LOESS filter met spanwijdte van 6 jaar. 725
Figuur 9-252: Datapunten van het jaargemiddelde relatieve getijslag (amplificatie) te Duffel-Sluis t.o.v. Liefkenshoek en een LOESS filter met spanwijdte van 6 jaar. 726
Figuur 9-253: Verhouding van watervolumes die doorheen de hoofd- versus nevengeul stromen tijdens eb (boven), vloed (midden) en de totale getijcyclus (onder) voor de jaren 2011, 2013, 2016 en 2019. Gebaseerd op de uitkomsten van het Scaldis model beschreven in Stark et al. (2022). 727
Figuur 9-254: Verblijftijd in de periode 2009-2021 voor de OMES-segmenten in de zone Sterk polyhalien. 728
Figuur 9-255: Verblijftijd in de periode 2009-2021 voor de OMES-segmenten in de zone Zwak polyhalien. 728
Figuur 9-256: Verblijftijd in de periode 2009-2021 voor de OMES-segmenten in de zone Oligohalien. 729
Figuur 9-257: Verblijftijd in de periode 2009-2021 voor de OMES-segmenten in de zone Saliniteitsgradiënt. 729
Figuur 9-258: Verblijftijd in de periode 2009-2021 voor de OMES-segmenten in de zone Oligohalien. 730
Figuur 9-259: Verblijftijd in de periode 2009-2021 voor de OMES-segmenten in de zone Zoet lang verblijf. 730
Figuur 9-260: Verblijftijd in de periode 2009-2021 voor de OMES-segmenten in de zone Zoet kort verblijf. 731
Figuur 9-261: Databeschikbaarheid geselecteerde stations voor het bepalen van het zuurstofminimum. 745
Figuur 9-262: Spatiaal-temporeel verloop van de parameter zuurstof, op basis van de periodieke metingen. 746
Figuur 9-263: Trendplot van het zuurstofminimum op basis van de periodieke metingen, weergegeven per zone. 746

Figuur 9-264: Trendplot van het zuurstofminimum op basis van de continue metingen, weergegeven per meetstation. 747
Figuur 9-265: Trendplot van het 95ste zuurstofpercentiel. Temporeel verloop weergegeven per seizoen (kleur) en per zone. 747
Figuur 9-266: Databeschikbaarheid van de geselecteerde stations voor de analyse van het NOD-maximum. 750
Figuur 9-267: Databeschikbaarheid van de geselecteerde stations voor de analyse van het BOD-C-maximum. 751
Figuur 9-268: Databeschikbaarheid van de geselecteerde stations voor de analyse van het TDIN-gemiddelde. 752
Figuur 9-269: Databeschikbaarheid van de geselecteerde stations voor de analyse van het Fosfaat-gemiddelde. 753
Figuur 9-270: Databeschikbaarheid van de geselecteerde stations voor de analyse van de silicaatdip. 754
Figuur 9-271: Databeschikbaarheid van de geselecteerde stations voor de analyse van het Nitriet-maximum. 755
Figuur 9-272: Databeschikbaarheid van de geselecteerde stations voor de analyse van het Ammoniak-maximum. 756
Figuur 9-273: Spatiaal-temporeel verloop voor NOD. 757
Figuur 9-274: Trendplot voor maximale NOD-waarden per zone. 757
Figuur 9-275: Spatiaal-temporeel verloop voor BOD-C. 758
Figuur 9-276: Trendplot voor maximale BOD-C-waarden per zone. 758
Figuur 9-277: Spatiaal-temporeel verloop voor TDIN. 759
Figuur 9-278: Trendplot voor gemiddelde TDIN-waarden per zone. 759
Figuur 9-279: Spatiaal-temporeel verloop voor Fosfaat. 760
Figuur 9-280: Trendplot voor gemiddelde Fosfaat-waarden per zone. 760
Figuur 9-281: Trendplot voor afgeleide ICEP-DSi-waarden per meetstation met continue debietsmetingen. 761
Figuur 9-282: Trendplot voor afgeleide ICEP-TSi-waarden per meetstation met continue debietsmetingen. 761
Figuur 9-283: Trendplot voor afgeleide TDINflux-waarden per meetstation met continue debietsmetingen. 761
Figuur 9-284: Spatiaal-temporeel verloop voor Nitriet. 762
Figuur 9-285: Trendplot voor maximale Nitriet-waarden per zone. 762
Figuur 9-286: Spatiaal-temporeel verloop voor Ammoniak. 763
Figuur 9-287: Trendplot voor maximale Ammoniak-waarden per zone. 763
Figuur 9-288: Databeschikbaarheid van de geselecteerde stations voor de analyse van het chloride-percentiel. 766
Figuur 9-289: Databeschikbaarheid van de geselecteerde stations voor de analyse van de gemiddelde hoeveelheid zwevende stof. 767
Figuur 9-290: Databeschikbaarheid van de geselecteerde stations voor de analyse van het temperatuur-maximum. 768
Figuur 9-291: Spatiaal-temporeel verloop voor Chloride. 769
Figuur 9-292: Trendplot voor 90-percentiel Chloride-waarden per zone. 769
Figuur 9-293: Spatiaal-temporeel verloop voor Zwevende stof. 770
Figuur 9-294: Trendplot voor gemiddelde zwevende-stof-waarden per zone. 770
Figuur 9-295: Spatiaal-temporeel verloop voor Watertemperatuur. 771
Figuur 9-296: Trendplot voor maximale watertemperatuur-waarden per zone. 771

Figuur 9-297: Databeschikbaarheid van de geselecteerde stations voor de analyse van de verontreinigende stoffen in de waterkolom. 774
Figuur 9-298: Databeschikbaarheid van de geselecteerde stations voor de analyse van de verontreinigende stoffen in de waterbodem. 775
Figuur 9-299: Databeschikbaarheid van de geselecteerde stations voor de analyse van de verontreinigende stoffen in biota. 776
Figuur 9-300: Hoogste klasse die afgeleid werd in de verschillende meetstation aan de grenzen van het Schelde-estuarium. 789
Figuur 9-301: Spatiaal-temporeel verloop voor eufotische diepte. 810
Figuur 9-302: Maximale eufotische diepte die afgeleid werd in de verschillende zones (niveau 3) van het Schelde-estuarium, gebruik makende van Vergelijking 5.15. 810
Figuur 9-303: Minimale eufotische diepte die afgeleid werd in de verschillende zones (niveau 3) van het Schelde-estuarium, gebruik makende van Vergelijking 5.15. 811
Figuur 9-304: Gemiddelde eufotische diepte die afgeleid werd in de verschillende zones (niveau 3) van het Schelde-estuarium, weergegeven per seizoen. 812
Figuur 9-305: Spatiaal-temporeel verloop voor lichtlimitatie. 813
Figuur 9-306: Gemiddelde lichtlimitatie die afgeleid werd in de verschillende zones (niveau 3) van het Schelde-estuarium, weergegeven per seizoen 813
Figuur 9-307: Overzicht van de vergelijking van twee opeenvolgende ecotopenkaarten, waarbij de nadruk ligt van hoogdynamisch litoraal in laagdynamisch litoraal en overige ecotopen, en ook de omgekeerde omzetting. 816
Figuur 9-308: Overzicht van de ontwikkeling van de oppervlakte schor met een minimale breedte van 75 m in de tijd per compartiment. 817
Figuur 9-309: Ontwikkeling van de oppervlakte oever met de voorgeschreven minimale oeverbreedte in de Westerschelde (compartiment 1 - 7A) en de Zeeschelde (compartiment 7B – 19). In de Zeeschelde is een specifieke minimale oeverbreedte per compartiment voorgeschreven (Tabel 6 3), terwijl in de Westerschelde de minimale oeverbreedte 1.000 m moet zijn. 818
Figuur 9-310: Hoogste dichtheid van cyanobacteriën (in 10^3 cellen/mL) die afgeleid werd in de verschillende meetstations aan de grenzen van het Schelde-estuarium. Maxima zijn bepaald per jaar. 821
Figuur 9-311: Gemiddelde indexwaarde (Genus Pollution Index) die afgeleid werd in de verschillende meetstations aan de grenzen van het Schelde-estuarium. Gemiddeldes zijn bepaald per jaar. 821
Figuur 9-312: Verloop van de gemiddelde concentratie van chlorofyl a (in µg/L) die afgeleid werd in de verschillende meetstations aan de grenzen van het Schelde-estuarium. 822
Figuur 9-313: Verloop van de maandelijkse Shannon-index voor de fytoplanktongemeenschap die afgeleid werd in de verschillende meetstations aan de grenzen van het Schelde-estuarium. 823
Figuur 9-314: Verloop van de gemiddelde dichtheid van de diatomeeën (in 10^3 ind/L) die afgeleid werd in de verschillende meetstations aan de grenzen van het Schelde-estuarium. 824
Figuur 9-315: Verloop van de maandelijkse verhouding van de diatomeeën ten opzichte van de groenwieren (in 10^6 cellen/cel) die afgeleid werd in de verschillende meetstations aan de grenzen van het Schelde-estuarium. 824
Figuur 9-316: Databeschikbaarheid geselecteerde stations voor het bepalen van het jaarmaximum (natte) biomassa van het (meso)zoöplankton. 826
Figuur 9-317: Databeschikbaarheid geselecteerde stations voor het bepalen van de gemiddelde maximale densiteit van Eurytemora affinis. 827
Figuur 9-318: Databeschikbaarheid geselecteerde stations voor het bepalen van de verhouding cladocera ten opzichte van calanoida. 828
Figuur 9-319: Databeschikbaarheid geselecteerde stations voor het bepalen van de verhouding cyclopoida ten opzichte van calanoida. 829

Figuur 9-320: Trendplot van het jaarmaximum (natte) biomassa van het (meso)zoöplankton op basis van de periodieke metingen, weergegeven per zone. 830
Figuur 9-321: Gemiddelde jaarmaximum aan zoöplanktonbiomassa die afgeleid werd in de verschillende meetstations aan de grenzen van het Schelde-estuarium. Maxima zijn berekend per jaar. 831
Figuur 9-322: Trendplot van de maximale densiteit van Eurytemora affinis op basis van de periodieke metingen, weergegeven per zone. 832
Figuur 9-323: Gemiddelde jaarmaximum aan Eurytemora affinis (in 1000 ind/m³) die afgeleid werd in de verschillende meetstation aan de grenzen van het Schelde-estuarium. Maxima zijn berekend per jaar 833
Figuur 9-324: Trendplot van de gemiddelde verhouding van cladocera ten opzichte van calanoida op basis van de periodieke metingen, weergegeven per zone. 834
Figuur 9-325: Gemiddelde verhouding van Cladocera versus Calanoida die afgeleid werd in de verschillende meetstation aan de grenzen van het Schelde-estuarium. Gemiddeldes zijn berekend per jaar. 835
Figuur 9-326: Trendplot van de gemiddelde verhouding van cyclopoida ten opzichte van calanoida op basis van de periodieke metingen, weergegeven per zone. 836
Figuur 9-327: Gemiddelde verhouding van Cyclopoida versus Calanoida die afgeleid werd in de verschillende meetstations aan de grenzen van het Schelde-estuarium. Gemiddeldes zijn berekend per jaar. 837
Figuur 9-328: Verloop van de maandelijkse zoöplanktonbiomassa die afgeleid werd in de verschillende meetstations aan de grenzen van het Schelde-estuarium. 838
Figuur 9-329: Shannon-index van de mesozoöplanktongemeenschap die afgeleid werd in de verschillende meetstations aan de grenzen van het Schelde-estuarium. 838
Figuur 9-330: Hoogwatervluchtplaatsen Westerschelde voor het voorjaar (BOVEN) en de zomer (ONDER). 845
Figuur 9-331: Hoogwatervluchtplaatsen Westerschelde voor het herfst (BOVEN) en winter (ONDER). 846
Figuur 9-332: Dieptekaart Monding 2020 854
Figuur 9-333: Dieptekaart Monding 2014 855
Figuur 9-334: Dieptekaart Monding 2008 855
Figuur 9-335: Dieptekaart Westerschelde 2021 856
Figuur 9-336: Dieptekaart Westerschelde 2015 856
Figuur 9-337: Dieptekaart Westerschelde 2009 857
Figuur 9-338: Dieptekaart Beneden-Zeeschelde 2021 858
Figuur 9-339: Dieptekaart Beneden-Zeeschelde 2015 859
Figuur 9-340: Dieptekaart Beneden-Zeeschelde 2009 860
Figuur 9-341: Dieptekaart Boven-Zeeschelde 2021 861
Figuur 9-342: Dieptekaart Boven-Zeeschelde 2015 861
Figuur 9-343: Dieptekaart Boven-Zeeschelde 2009 862
Figuur 9-344: Erosie-Sedimentatiekaart Monding (2020-2014) 863
Figuur 9-345: Erosie-Sedimentatiekaart Monding (2014-2008) 864
Figuur 9-346: Erosie-Sedimentatiekaart westelijk deel van de Westerschelde (2021-2015) 865
Figuur 9-347: Erosie-Sedimentatiekaart oostelijk deel van de Westerschelde (2021-2015) 865
Figuur 9-348: Erosie-Sedimentatiekaart westelijk deel van de Westerschelde (2015-2009) 866
Figuur 9-349: Erosie-Sedimentatiekaart oostelijk deel van de Westerschelde (2015-2009) 866
Figuur 9-350: Erosie-Sedimentatiekaart van de Beneden-Zeeschelde (2021-2015) 867
Figuur 9-351: Erosie-Sedimentatiekaart van de Beneden-Zeeschelde (2015-2009) 868
Figuur 9-352: Erosie-Sedimentatiekaart van de Boven-Zeeschelde (2021-2015) 869
Figuur 9-353: Erosie-Sedimentatiekaart van de Boven-Zeeschelde (2015-2009) 869

Figuur 9-354: DVD-verschilkaart (2020-2015) van het westelijke deel van de Westerschelde 870
Figuur 9-355: DVD-verschilkaart (2020-2015) van het centrale deel van de Westerschelde.....870
Figuur 9-356: DVD-verschilkaart (2020-2015) van het oostelijke deel van de Westerschelde 871
Figuur 9-357: DVD-verschilkaart (2015-2008) van het westelijke deel van de Westerschelde 871
Figuur 9-358: DVD-verschilkaart (2015-2008) van het centrale deel van de Westerschelde.....872
Figuur 9-359: DVD-verschilkaart (2015-2008)van het oostelijke deel van de Westerschelde 872
Figuur 9-360: DVD-verschilkaart (2008-1996) van het westelijke deel van de Westerschelde 873
Figuur 9-361: DVD-verschilkaart (2008-1996) van het centrale deel van de Westerschelde.....873
Figuur 9-362: DVD-verschilkaart (2008-1996) van het oostelijke deel van de Westerschelde 874
Figuur 9-363: Hellingskaart Monding (2020) 875
Figuur 9-364: Hellingskaart Monding (2014) 876
Figuur 9-365: Hellingskaart Monding (2008) 876
Figuur 9-366: Hellingskaart Westerschelde (2021) 877
Figuur 9-367: Hellingskaart Westerschelde (2015) 877
Figuur 9-368: Hellingskaart Westerschelde (2009) 878
Figuur 9-369: Hellingskaart Beneden-Zeeschelde (2021) 879
Figuur 9-370: Hellingskaart Beneden-Zeeschelde (2015) 880
Figuur 9-371: Hellingskaart Beneden-Zeeschelde (2009) 880
Figuur 9-372: Hellingskaart Boven-Zeeschelde (2021).....881
Figuur 9-373: Hellingskaart Boven-Zeeschelde (2015).....882
Figuur 9-374: Hellingskaart Boven-Zeeschelde (2009).....882
Figuur 9-375: Hellingsverschilkaart Monding (2020-2014) 883
Figuur 9-376: Hellingsverschilkaart Monding (2014-2008) 883
Figuur 9-377: Hellingsverschilkaart Westerschelde (2021-2015) 884
Figuur 9-378: Hellingsverschilkaart Westerschelde (2015-2009) 884
Figuur 9-379: Hellingsverschilkaart Beneden-Zeeschelde (2021-2015) 885
Figuur 9-380: Hellingsverschilkaart Beneden-Zeeschelde (2015-2009) 885
Figuur 9-381: Hellingsverschilkaart Boven-Zeeschelde (2021-2015).....886
Figuur 9-382: Hellingsverschilkaart Boven-Zeeschelde (2015-2009).....886
Figuur 9-383: Dimensies Westerschelde: watervolume van de diepe geulen (onder -5m NAP)......888
Figuur 9-384: Dimensies Westerschelde: relatieve verandering van het watervolume in de diepe geulen (onder -5 m NAP). 888
Figuur 9-385: Dimensies Westerschelde: Gemiddelde diepte van de diepe geulen onder -5 m NAP. ..889
Figuur 9-386: Dimensies Westerschelde: Gemiddelde diepte van de ondiepe geulen. 889
Figuur 9-387: Volume van de diepe zones (-5 mTAW) in de Beneden-Zeeschelde.....890
Figuur 9-388: Volume van de kombergende zones (0-5 mTAW) in de Beneden-Zeeschelde 890
Figuur 9-389: Volume van de diepe zones (-5 mTAW) in de Boven-Zeeschelde 891
Figuur 9-390: Volume van de kombergende zones (2-5 mTAW) in de Boven-Zeeschelde.....891
Figuur 9-391: Dimensies Westerschelde: de Kantelindex 892
Figuur 9-392: Relatief areaal intertijdengebied t.o.v. de breedte-diepte verhouding in de Westerschelde (1996-2020). 894
Figuur 9-393: Hypsometrische curves van de Westerscheld op Schelde-indeling niveau 4 (Macrocellen, mesocel en Saeftinghe) 895
Figuur 9-394: Hypsometrische curves voor de volledige Westerschelde: Absoluut (BOVEN) en Relatief (ONDER).....896
Figuur 9-395: Actuele en historische bemonsteringlocaties bij onderhoudsbaggerwerk. 898
Figuur 9-396: Bemonsteringlocaties waar het slibgehalte groter is dan 20%. 898
Figuur 9-397: Bemonsteringlocaties bij onderhoudsbaggerwerk waar een stijgende trend in het slibgehalte wordt waargenomen.....899

Figuur 9-398: Bemonsteringlocaties bij onderhoudsbaggerwerk waar een dalende trend in het slibgehalte wordt waargenomen. 899
Figuur 9-399: Bodemsamenstelling bij Wielingen Cadzand Bad. 900
Figuur 9-400: Bodemsamenstelling bij Wielingen Zwarte Polder. 900
Figuur 9-401: Bodemsamenstelling bij Drempel van Vlissingen – rode kant. 901
Figuur 9-402: Bodemsamenstelling bij Drempel van Vlissingen – groene kant. 901
Figuur 9-403: Bodemsamenstelling bij Drempel van Borssele – groene kant. 902
Figuur 9-404: Bodemsamenstelling bij Drempel van Borssele – rode kant. 902
Figuur 9-405: Bodemsamenstelling bij Pas van Terneuzen. 903
Figuur 9-406: Bodemsamenstelling bij Terneuzen. 903
Figuur 9-407: Bodemsamenstelling bij Overloop van Hansweert - afwaarts. 904
Figuur 9-408: Bodemsamenstelling bij Overloop van Hansweert - opwaarts. 904
Figuur 9-409: Bodemsamenstelling bij Drempel van Hansweert – afwaarts boei 51. 905
Figuur 9-410: Bodemsamenstelling bij Drempel van Hansweert – opwaarts boei 51. 905
Figuur 9-411: Bodemsamenstelling bij Walsoorden. 906
Figuur 9-412: Bodemsamenstelling bij Rand Platen Valkenisse – omgeving boei 52. 906
Figuur 9-413: Bodemsamenstelling bij Rand Platen Valkenisse – omgeving boei 56. 907
Figuur 9-414: Bodemsamenstelling bij Rand Platen Valkenisse – omgeving boei 60. 907
Figuur 9-415: Bodemsamenstelling bij Rand Platen Valkenisse – omgeving boei 64. 908
Figuur 9-416: Bodemsamenstelling bij Rand Platen Valkenisse – omgeving schaarboei. 908
Figuur 9-417: Bodemsamenstelling bij Nauw van Bath - afwaarts. 909
Figuur 9-418: Bodemsamenstelling bij Nauw van Bath - opwaarts. 909
Figuur 9-419: Bodemsamenstelling bij Drempel van Bath – afwaarts boei 70. 910
Figuur 9-420: Bodemsamenstelling bij Drempel van Bath – opwaarts boei 70. 910
Figuur 9-421: Bodemsamenstelling bij Vaarwater boven Bath. 911
Figuur 9-422: Bodemsamenstelling bij Afwaarts Zandvliet. 911
Figuur 9-423: Bodemsamenstelling bij Drempel van Zandvliet – rode kant. 912
Figuur 9-424: Bodemsamenstelling bij Drempel van Zandvliet –groene kant. 912
Figuur 9-425: Bodemsamenstelling bij Drempel van Frederik –rode kant. 913
Figuur 9-426: Bodemsamenstelling bij Deurganckdok - ingang. 913
Figuur 9-427: Bodemsamenstelling bij Deurganckdok - midden. 914
Figuur 9-428: Bodemsamenstelling bij Drempel van Lillo – groene kant. 914
Figuur 9-429: Bodemsamenstelling bij Drempel van Lillo – rode kant. 915
Figuur 9-430: Bodemsamenstelling bij Geul Kallosluis - opwaarts. 915
Figuur 9-431: Bodemsamenstelling bij Geul Kallosluis - afwaarts. 916
Figuur 9-432: Bodemsamenstelling bij Plaat en drempel van de Parel – rode kant. 916
Figuur 9-433: Bodemsamenstelling bij Plaat en drempel van de Parel – groene kant. 917
Figuur 9-434: Bodemsamenstelling bij Geul Van Cauwelaertsluis. 917
Figuur 9-435: Bodemsamenstelling bij Geul Boudewijnsluis. 918
Figuur 9-436: Bodemsamenstelling bij Drempel van Krankeloon – groene kant. 918
Figuur 9-437: Bodemsamenstelling bij Drempel van Krankeloon – rode kant. 919
Figuur 9-438: Bodemsamenstelling bij Zeesluis Wintam - afwaarts. 919
Figuur 9-439: Bodemsamenstelling bij Vaarwater Plaat van Lillo. 920
Figuur 9-440: Bodemsamenstelling bij Kallosluis. 920
Figuur 9-441: Bodemsamenstelling bij Kaai 23-27. 921
Figuur 9-442: Bodemsamenstelling bij Gat van Ossenisse – boei 28a-32. 921
Figuur 9-443: Bodemsamenstelling bij Zone Honte. 922
Figuur 9-444: Bodemsamenstelling bij Kieldrechtsluis. 922
Figuur 9-445: Bodemsamenstelling bij Bocht Rupelmonde. 923

Figuur 9-446: Bodemsamenstelling bij Afwaarts Zeesluis Wintam. 923
Figuur 9-447: Bodemsamenstelling bij Afwaarts Boudewijnsluis. 924
Figuur 9-448: Slibgehalte (%) in bodem (0-10 cm) in slik (links) en subtidaal (rechts). 925
Figuur 9-449: Gehalte organische stof (%) in bodem (0-10 cm) in slik (links) en subtidaal (rechts). 926
Figuur 9-450: Mediane korreldiameter in bodem (0-10 cm) in slik (links) en subtidaal (rechts). 927
Figuur 9-451: Watervolume geulen i.r.t. volume ingrepen (V_{net} en V_{tot}) voor de ebgeul (BOVEN) en vloedgeul (ONDER) van Compartiment 1 930
Figuur 9-452: Watervolume geulen i.r.t. volume ingrepen (V_{net} en V_{tot}) voor de ebgeul (BOVEN) en vloedgeul (ONDER) van Compartiment 3 931
Figuur 9-453: Watervolume geulen i.r.t. volume ingrepen (V_{net} en V_{tot}) voor de ebgeul (BOVEN) en vloedgeul (ONDER) van Compartiment 4 932
Figuur 9-454: Watervolume geulen i.r.t. volume ingrepen (V_{net} en V_{tot}) voor de ebgeul (BOVEN) en vloedgeul (ONDER) van Compartiment 5 933
Figuur 9-455: Watervolume geulen i.r.t. volume ingrepen (V_{net} en V_{tot}) voor de ebgeul (BOVEN) en vloedgeul (ONDER) van Compartiment 6 934
Figuur 9-456: Watervolume geulen i.r.t. volume ingrepen (V_{net} en V_{tot}) voor de ebgeul (BOVEN) en vloedgeul (ONDER) van Compartiment 7a. 935
Figuur 9-457: Watervolume geulen i.r.t. volume ingrepen (V_{net} en V_{tot}) voor de ebgeul (BOVEN) en vloedgeul (ONDER) van Compartiment 7b. 936
Figuur 9-458: Watervolume geulen i.r.t. volume ingrepen (V_{net} en V_{tot}) voor compartiment 8. 937
Figuur 9-459: Watervolume geulen i.r.t. volume ingrepen (V_{net} en V_{tot}) voor compartiment 9. 937
Figuur 9-460: Watervolume geulen i.r.t. volume ingrepen (V_{net} en V_{tot}) voor compartiment 10. 938
Figuur 9-461: Watervolume geulen i.r.t. volume ingrepen (V_{net} en V_{tot}) voor compartiment 11. 938
Figuur 9-462: Watervolume geulen i.r.t. volume ingrepen (V_{net} en V_{tot}) voor compartiment 12. 939
Figuur 9-463: Watervolume geulen i.r.t. volume ingrepen (V_{net} en V_{tot}) voor compartiment 13. 939
Figuur 9-464: Watervolume geulen i.r.t. volume ingrepen (V_{net} en V_{tot}) voor compartiment 14. 940
Figuur 9-465: Berekend netto suspensietransport van de fijne zandfractie (0,1 mm). De transporten zijn kleiner voor de grove zandfractie (0,25 mm), maar de patronen zijn vergelijkbaar. (Uit van der Werf et al., 2020a, maar figuur afkomstig uit Röbke et al., 2018). 942
Figuur 9-466: Cumulatief netto sedimentvolume Westerschelde. (Bron: Schrijver, 2020) 944
Figuur 9-467: Berekend sedimenttransport tussen de macrocellen met het (in situ) volume dat langs zeewaartse zijde binnenkomt. Rand opwaarts = opgelegd sedimenttransport over de grens Nederland – België (Bron: Schrijver, 2020) 945
Figuur 9-468: Zandbalans Westerschelde: netto sedimenttransport in de periode 1975-1998 (BOVEN), 1999-2009 (MIDDEN) en 2010-2019 (ONDER). (Bron: Schrijver, 2020) 946
Figuur 9-469: Netto sedimenttransport (gele pijlen) in 2018 en antropogene sedimentverplaatsingen (witte pijlen) over de grens van een macrocel (Bron: Schrijver, 2020) 947
Figuur 9-470: Zandbalans Zeeschelde voor de periode 2016-2019 (BOVEN) en periode 2011-2016 (ONDER) Weergegeven waarden (MTDS/jaar) zijn de berekende waarden (positief = afwaarts-gericht zandtransport, negatief = opwaarts-gericht zandtransport) | pijlen geven de werkelijke richting weer van dit berekende transport en werden geschaald volgens de grootte van het zandtransport. (Bron: Vos et al., in prep) 948
Figuur 9-471 – Slibbalans voor de periode 2016-2019 (boven) en periode 2011-2016 (onder) Weergegeven waarden (MTDS/jaar) zijn de berekende waarden (positief = afwaarts-gericht sllibtransport, negatief = opwaarts-gericht slibtransport) | pijlen geven de werkelijke richting weer van dit berekende transport en werden geschaald volgens de grootte van het slibtransport. (Bron: Vos et al., in prep) 949

Figuur 9-472: Bruto (boven) en netto (onder) sedimenttransportcapaciteit, gemiddeld per macrocel, voor raaien in de Westerschelde op basis van modelberekeningen in Scaldis voor de jaren 2011, 2013, 2016 en 2019 (Bron: Stark et al. 2022) 953
Figuur 9-473: Bruto (boven) en netto (onder) sedimenttransportcapaciteit door OMES-raaien in de Zeeschelde op basis van modelberekeningen in Scaldis voor de jaren 2011, 2013, 2016 en 2019. (Bron: Stark et al. 2022) 954
Figuur 9-474: Bruto sedimenttransportcapaciteit Westerschelde (2019) 955
Figuur 9-475: Bruto sedimenttransportcapaciteit Westerschelde (2016) 955
Figuur 9-476: Bruto sedimenttransportcapaciteit Westerschelde (2013) 956
Figuur 9-477: Bruto sedimenttransportcapaciteit Westerschelde (2011) 956
Figuur 9-478: Netto sedimenttransportcapaciteit Westerschelde (2019) 957
Figuur 9-479: Netto sedimenttransportcapaciteit Westerschelde (2016) 957
Figuur 9-480: Netto sedimenttransportcapaciteit Westerschelde (2013) 958
Figuur 9-481: Netto sedimenttransportcapaciteit Westerschelde (2011) 958
Figuur 9-482: Bruto sedimenttransportcapaciteit Beneden-Zeeschelde (2019 – LINKS en 2016 - RECHTS) 959
Figuur 9-483: Bruto sedimenttransportcapaciteit Beneden-Zeeschelde (2013- LINKS en 2011 RECHTS) 960
Figuur 9-484: Netto sedimenttransportcapaciteit Beneden-Zeeschelde (2019 – LINKS en 2016 RECHTS) 961
Figuur 9-485: Netto sedimenttransportcapaciteit Beneden-Zeeschelde (2013 - LINKS en 2011 - RECHTS) 962
Figuur 9-486: Bruto sedimenttransportcapaciteit Boven-Zeeschelde (2019) 963
Figuur 9-487: Bruto sedimenttransportcapaciteit Boven-Zeeschelde (2016) 963
Figuur 9-488: Bruto sedimenttransportcapaciteit Boven-Zeeschelde (2013) 964
Figuur 9-489: Bruto sedimenttransportcapaciteit Boven-Zeeschelde (2011) 964
Figuur 9-490: Netto sedimenttransportcapaciteit Boven-Zeeschelde (2019) 965
Figuur 9-491: Netto sedimenttransportcapaciteit Boven-Zeeschelde (2016) 965
Figuur 9-492: Netto sedimenttransportcapaciteit Boven-Zeeschelde (2013) 966
Figuur 9-493: Netto sedimenttransportcapaciteit Boven-Zeeschelde (2011) 966
Figuur 9-494: Rechttrekkingen van de Durme bij Waasmunster (Van Braeckel et al., 2006). 967
Figuur 9-495: Rechttrekkingen van de Durme bij Den Oever (grens Waasmunster – Lokeren) (Van Braeckel et al., 2006). 968
Figuur 9-496: Wijziging van de geul voor Doel door de aanleg van een leidam bij de Plaat van Doel. Het vroegere traject is in blauwe stippellijn aangegeven (Van Braeckel et al., 2006). 969
Figuur 9-497: Verlegging bij de monding bij de Rupel (Van Braeckel et al., 2006). 970
Figuur 9-498: Rechttrekking bij het stort van Weert. Rechts (stippellijn) de Oude Schelde te Weert, die reeds in de 14e eeuw werd afgesloten (Van Braeckel et al., 2006). 971
Figuur 9-499: De afsnijding van de oude meander van de Roggeman te Moerzeke (blauwe stippellijn) dateert van vóór 1850 (Van Braeckel et al., 2006). 972
Figuur 9-500: "Rechttrekking" bij Dendermonde (eigenlijk meer een lokale verplaatsing van de loop van de rivier) (Van Braeckel et al., 2006) 973
Figuur 9-501: Rechttrekking bij Appels (Van Braeckel et al., 2006). 974
Figuur 9-502: Rechttrekking bij Paardenweide te Wichelen (Van Braeckel et al., 2006). 975
Figuur 9-503: Rechttrekkingen in de Kastermeersen en Kalkense Meersen (Wetteren-Schellebelle) (Van Braeckel et al., 2006). 976
Figuur 9-504: Rechttrekking bij Overschelde (Wetteren) (Van Braeckel et al., 2006). 977
Figuur 9-505: Rechttrekking bij Melleham te Heusden. De stippellijn geeft een meander weer die dateert van vóór 1850 (Van Braeckel et al., 2006). 978

Figuur 9-506: Rechttrekking bij de Zwaanhoek op de grens van Melle en Heusden (Van Braeckel et al., 2006). 979
Figuur 9-507: Rechttrekkingen in de Gentbrugse Meersen en Heusden (Van Braeckel et al., 2006). 980
Figuur 9-508: Rechttrekking aan de stuw in Gent (Van Braeckel et al., 2006)..... 980

1. Inleiding

1.1. Context

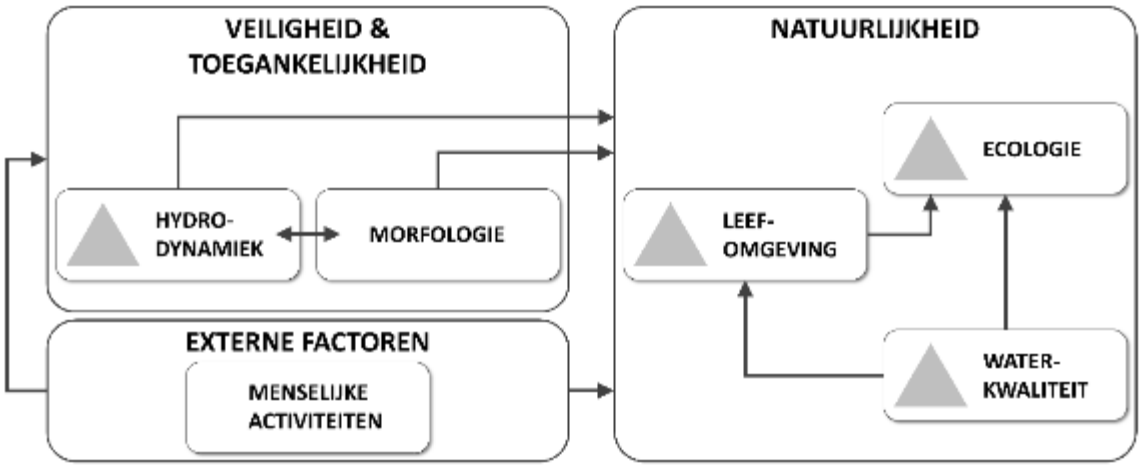
Het project "T2021-rapportage Schelde-estuarium" heeft als doel om het functioneren van het Schelde-estuarium te evalueren. In het project worden verschillende producten ontwikkeld:

- Analyserapport;
- Evaluatierapport;
- Beleidssamenvatting;
- Evaluatie van de Evaluatiemethodiek.

Het voorliggende document is het analyserapport, een technisch (achtergrond)rapport met de uitkomsten van trendanalyses van alle reken-, toets- en verklarende parameters die relevant zijn voor het functioneren van het systeem. De resultaten van de analyses zijn rechtstreeks bruikbaar voor het evaluatierapport

1.2. Achtergrond

De methodiek is opgebouwd rond de drie hoofdfuncties van de LTV: Veiligheid, Toegankelijkheid en Natuurlijkheid. Vanuit deze functies is een set van vijf communicatie-indicatoren ontwikkeld (Figuur 1-1). Voor Veiligheid en Toegankelijkheid wordt de invloed vanuit het systeemfunctioneren op beide functies geëvalueerd binnen de communicatie-indicator Hydrodynamiek, die uit de vroegere communicatie-indicatoren Dynamiek waterbeweging en Bevaarbaarheid bestaat. Het evalueren van veiligheid en toegankelijkheid an sich, m.a.w. de vraag of het veiliger en toegankelijker wordt, is dus niet het beoogde doel. Voor de evaluatie van Natuurlijkheid zijn drie communicatie-indicatoren opgesteld: Leefomgeving, Waterkwaliteit, en Ecologie, die uit de vroegere communicatie-indicatoren Ecologisch functioneren en Flora en Fauna. Bestaat. De vijf communicatie-indicatoren worden met uitzondering van Morfologie alle beoordeeld volgens de methode omschreven in deze evaluatiemethodiek, en kunnen een gunstige of ongunstige beoordeling krijgen. De vijfde communicatie-indicator, Morfologie, geeft de ontwikkelingen betreffende de morfologie weer. Deze communicatie-indicator wordt niet beoordeeld, omdat er vanuit de bestaande beleid- en beheervisies (nog) geen ondubbelzinnige beoordeling van de ontwikkelingen mogelijk is. De communicatie-indicator is echter onmisbaar als verklarende parameter bij andere communicatie-indicatoren.



Figuur 1-1: Schematische weergave van de communicatie-indicatoren (piramides) per hoofdfunctie van de langetermijnvisie.

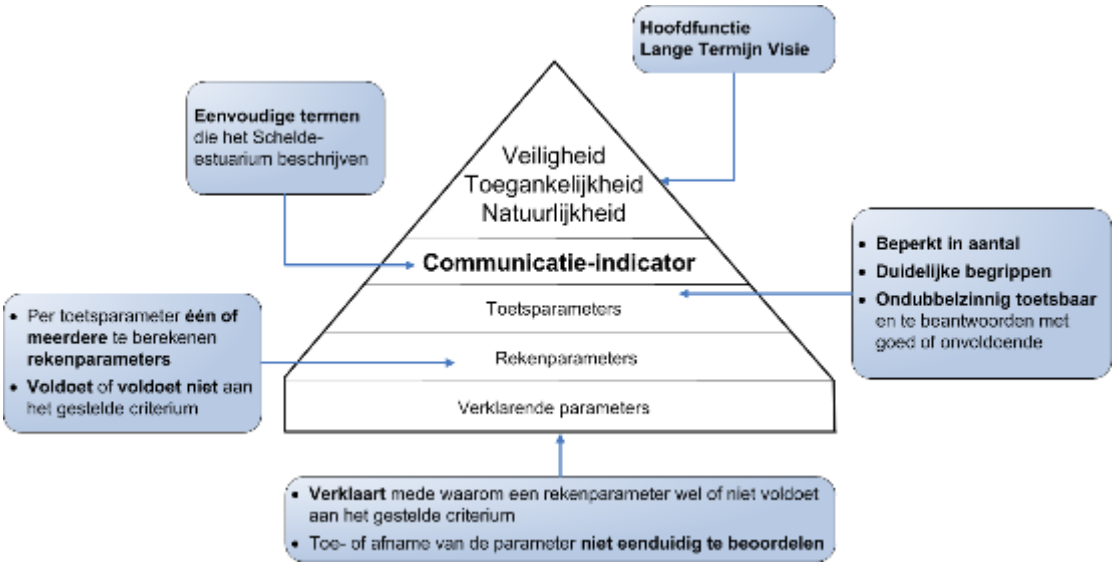
Elke communicatie-indicator is uitgewerkt in een zelfstandig hoofdstuk, waarbij de beoordeling een getrapte aanpak volgt: de piramide-aanpak (Figuur 1-2). Bovenaan de piramide staat de communicatie-indicator. Deze wordt beoordeeld door de onderliggende niveaus te doorlopen. N.B. Voor Morfologie is er geen piramide en geen beoordeling.

Niveau 1: Rechtstreeks onder de communicatie-indicator staan de toetsparameters: een beperkte maar toch volledige set parameters waarmee een ondubbelzinnig de toestand of trend van de communicatie-indicator beoordeeld kan worden.

Niveau 2: Elke toetsparameter is opgebouwd uit één of meerdere rekenparameters. Voor elke rekenparameter is een duidelijk toetsingscriterium opgesteld. Alle rekenparameters samen bepalen of de ontwikkelingen van een toetsparameter gunstig of ongunstig zijn voor het functioneren van het systeem.

Niveau 3: Onderaan de piramide staat een set verklarende parameters. Verklarende parameters dragen vooral bij aan het begrijpen van de waargenomen ontwikkelingen en minder aan het beoordelen van de ontwikkeling. De verklarende parameters zelf zijn immers niet onafhankelijk te beoordelen.
Bij de evaluatie worden steeds alle niveaus doorlopen. Ook verklarende parameters worden steeds bepaald. Trends in verklarende parameters kunnen immers wijzen op onderliggende problemen die op termijn kunnen leiden tot negatieve ontwikkelingen in een bepaalde toetsparameter.

Bij de evaluatie worden steeds alle niveaus doorlopen. Ook verklarende parameters worden steeds bepaald. Trends in verklarende parameters kunnen immers wijzen op onderliggende problemen die op termijn kunnen leiden tot negatieve ontwikkelingen in een bepaalde toetsparameter.



Figuur 1-2: Schematische weergave 'piramide-aanpak'.

De indeling in verschillende piramides betekent echter niet dat de onderlinge samenhang uit het oog wordt verloren. Wederzijdse beïnvloeding tussen piramides is groot, ook al zijn ze opgesteld met een minimum aan redundantie. Maar toets- of rekenparameters uit de ene piramide kunnen terugkeren als verklarende parameter in een andere. Zo wordt impliciet de verwevenheid van het estuariene systeem ingebouwd in de methodiek.

1.3. Aannames en uitgangspunten

Bij de analyse is verondersteld dat:

- De toegeleverde data volledig en correct zijn
- De analyseresultaten van de T2015-studie (Barneveld *et al.*, 2018) correct zijn.

Als niet aan deze voorwaarden is voldaan, is dit vermeld in dit rapport.

Het voornaamste uitgangspunt in dit rapport is dat de analyses zoveel mogelijk aansluiten op de T2015-analyse en in lijn zijn met de evaluatiemethodiek – update 2021. In de huidige analyse van de gegevens is alleen afgeweken van de evaluatiemethodiek update 2021, indien dit een substantieel beter resultaat oplevert. Waar in de huidige analyse is afgeweken, is dit expliciet vermeld in dit rapport.

1.4. Leeswijzer

Hoofdstuk 2 beschrijft de opzet van de analyses. Hoofdstuk 3 tot en met hoofdstuk 7 bevatten de resultaten van de trendanalyses van de parameters voor ieder van de 5 communicatie-indicatoren (C.I.). Ieder hoofdstuk is op dezelfde wijze opgebouwd en bevat aandachtspunten voor de evaluatie van het Schelde-estuarium. Een uitzondering hierop is hoofdstuk 3 (Morfologie), deze wordt wel beschouwd als C.I. maar heeft geen piramide.

Om een doordachte evaluatie van de andere hoofdstukken te bewerkstelligen, dient men ook rekening te houden met zowel de directe als indirecte effecten van menselijke activiteiten. Deze info wordt voorzien in een extra hoofdstuk t.o.v. de T2015 rapportage, hoofdstuk 8 “Menselijke activiteiten”.

2. Opzet analyses

2.1. Studiegebied en indelingen

2.1.1. Ruimtelijke indeling

Planologisch

In het Schelde-estuarium bestaan verschillende indelingen, elk met specifieke doelstellingen. Zo bestaan er macro- en mesocellen voor gebruik in hydro- en morfodynamische studies. OMES compartimenten werden in het leven geroepen voor ecologische modellering, ecotopenkaarten kennen een zonering op basis van o.a. zoutgehalte, etc.

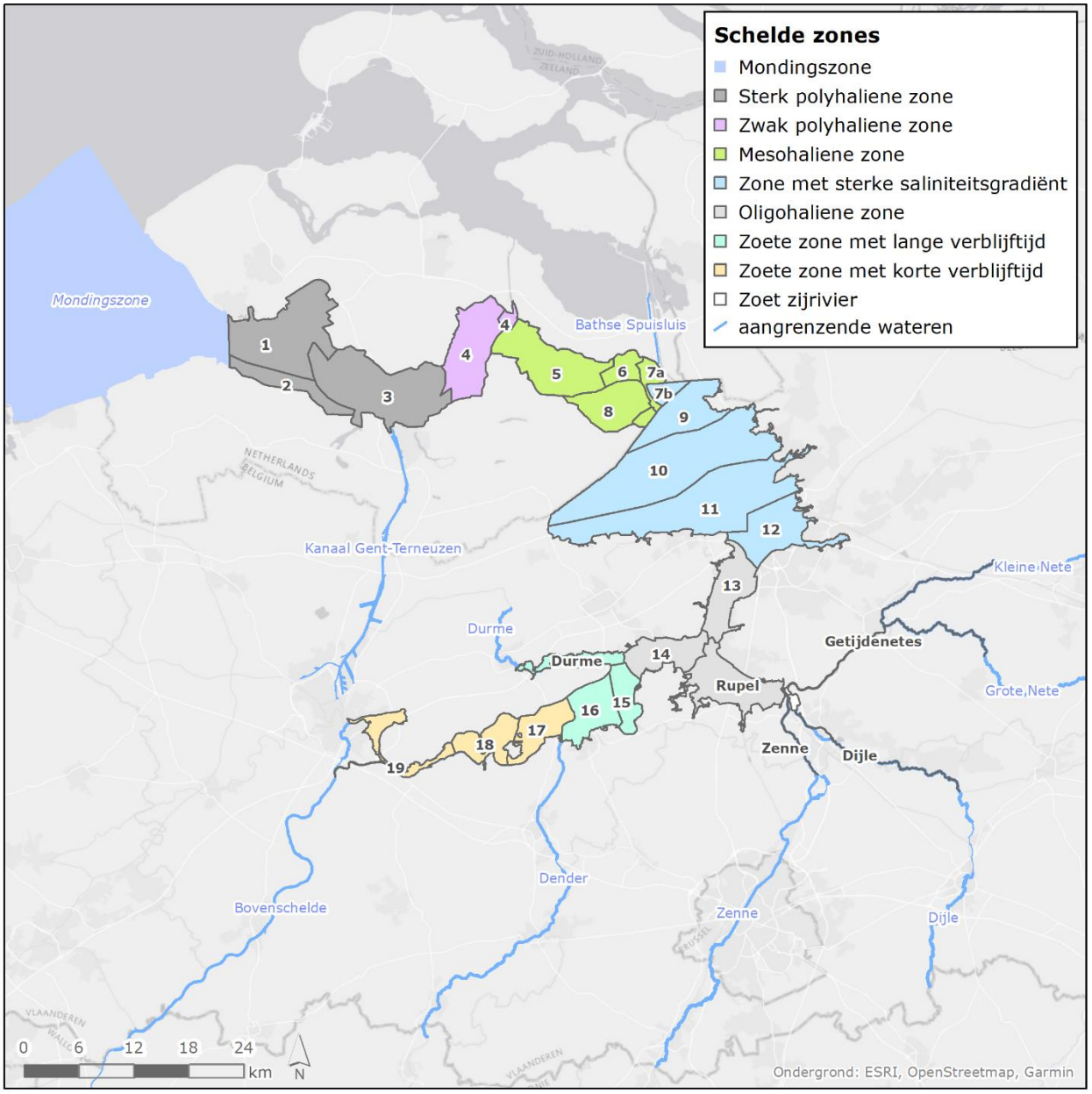
Binnen de T2021 rapportage wordt gestreefd naar één systeem voor ruimtelijke indeling, zodat berekeningen gemaakt binnen verschillende piramides vanuit verschillende disciplines, compatibel en dus eenvoudig uitwisselbaar zijn. Daarnaast wordt in dit rapport steeds in stroomafwaartse richting gekeken.

Afhankelijk van het gewenste ruimtelijke detail kunnen wel verschillende schaalniveaus onderscheiden worden. De gehanteerde indeling binnen de evaluatiemethodiek volgt zoveel mogelijk bestaande ruimtelijke indelingen, die gestoeld zijn op macro- en mesocellen voor de Westerschelde en OMES compartimenten voor de Zeeschelde.

Aan de overgang tussen Westerschelde en Zeeschelde volgt de landsgrens helaas niet de contouren van een macrocel, maar vormt een grillige lijn binnen de macrocel. Omdat praktisch gezien de landsgrens echter een belangrijke grens is voor onder andere een aantal wettelijke bepalingen en doelstellingen (bijv. instandhoudingsdoelstellingen of ecotooparealen), wordt daarom compartiment 7 opgesplitst in 7a aan Nederlandse zijde en een klein stukje 7b aan Vlaamse zijde. Afhankelijk van de doelstelling van een analyse kan de betreffende analyse uitgevoerd worden op de afzonderlijke Vlaamse en Nederlandse delen of op het gehele compartiment.

Er worden vier schaalniveaus onderscheiden:

Niveau 1: Estuarium



Figuur 2-1)

Niveau 3: Scheldezones: Indeling op basis van zoutgehalte, met in de zoete zone een verdere verfijning op basis van verblijftijd;

Niveau 4: Scheldecompartimenten: Indeling op basis van meso/macrocellen in de Westerschelde, en OMES compartimenten in de Zeeschelde.

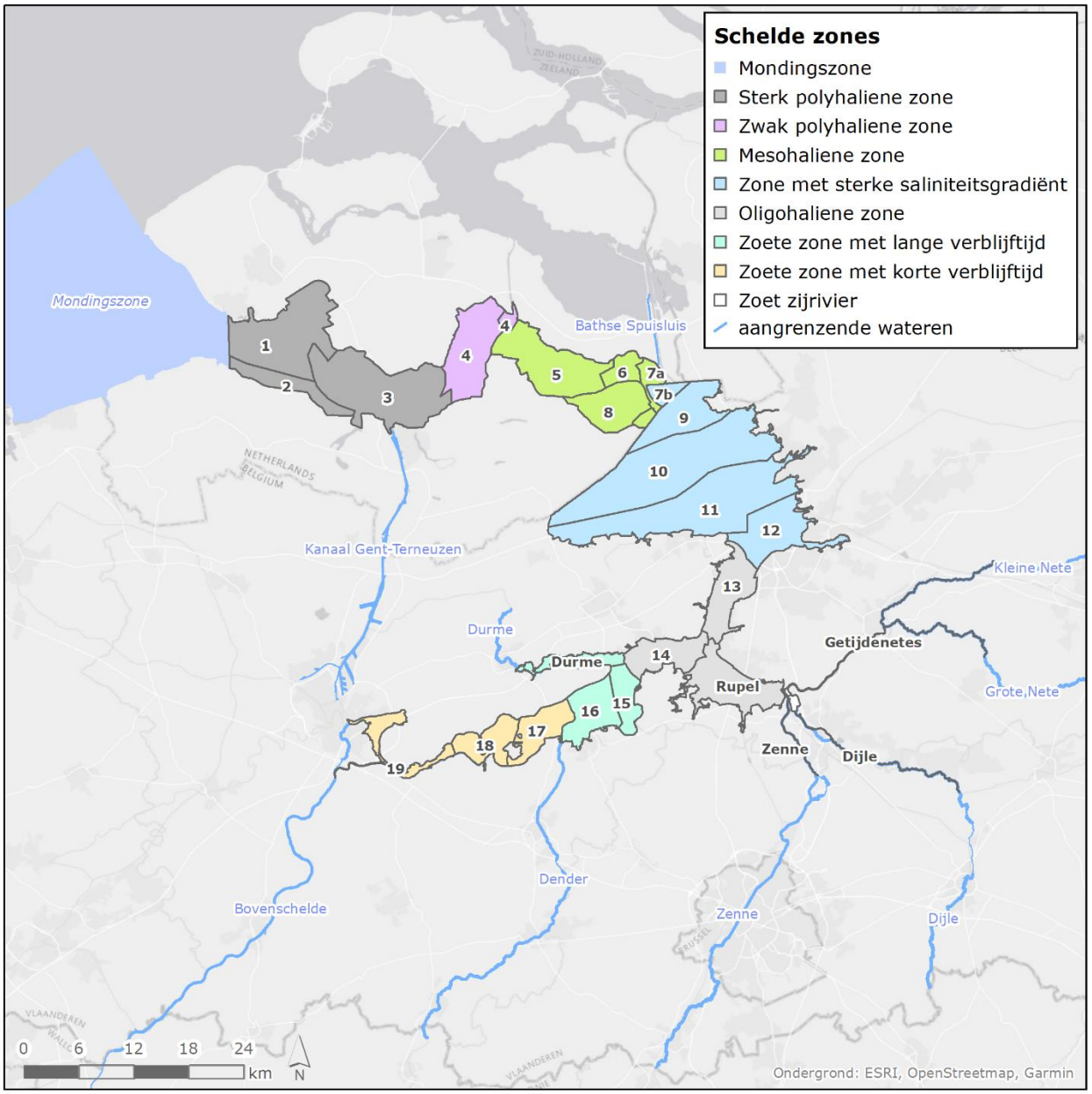
Onder zijrivieren (Niveau 2) worden enkel deze zijrivieren (of rivierbekkens) bedoeld die onder invloed van het getij staan. Het gaat hier om de Durme en het Rupelbekken (inclusief het getijafhankelijke deel van Grote Nete, Kleine Nete, Dijle en Zenne). De monding van het Schelde-estuarium strekt zich westwaarts uit vanaf de lijn Vlissingen-Breskens. Voor de westelijke begrenzing wordt er soms gebruik

gemaakt van de -20m dieptecontour, maar voor de evaluatie wordt dit als te star en onnatuurlijk beschouwd. In praktijk zal men bij de systeembeschrijving afhankelijk zijn van de databeschikbaarheid: met andere woorden de beschikbare vaklodingskaarten. Concreet betekent dit dat zowel Sierra Ventana als de baggerstortplaats nabij Westkapelle onderdeel zijn van het deelsysteem, maar dat de Haven van Zeebrugge en bijhorende toegangsgeul hierbuiten vallen.

De 'Boundaries' vormen de begrenzing van het estuarium. Opwaarts zijn dit de plaatsen waar de getij-invloed stopt, meestal door de bouw van stuwen. Deze grensmeetpunten liggen net buiten het estuarium, aan de rand van het getijdengebied. Het gaat om de bovenstroomse delen (zonder getij-invloed) van de rivieren Bovenschelde, Dender, Dijle, Zenne, Grote Nete en Kleine Nete. Ook het Spuikanaal Bath, het Kanaal Gent-Terneuzen en het Antwerpse havengebied op rechteroever (Haven) worden als grenspunt opgenomen; de afvoer uit deze gebieden kan een belangrijke invloed hebben op het estuariene ecosysteem. De monding fungeert als zeewaartse grens.

Tabel 2-1: Ruimtelijke indeling van het Schelde-estuarium.

Niveau 1	Niveau 2	KRW	Niveau 3			Niveau 4			
			Nr	Saliniteitszone EM	Omschrijving	OMES-compartiment	Begin (km)	Einde (km)	Omschrijving
Schelde-estuarium	Monding	K3							Zeewaarts lijn Vlissingen-Breskens
	Westerschelde	Westerschelde	Z1	Sterk polyhaliene zone	Jaarrond Cl 10-17 g/L	Comp. 1	0	8	Mesocel 1
						Comp. 2			Mesocel 2
						Comp. 3	8	24	Macrocel 3
			Z2	Zwak polyhaliene zone	Zomer Cl 10-17 g/L; minder bij hoog	Comp. 4	24	35	Macrocel 4
			Z3	Mesohaliene zone	Meestal B-mesohalien (Cl 5,5-10 g/L)	Comp. 5	35	46	Macrocel 5
						Comp. 6	46	51	Macrocel 6
						Comp. 7a	51	54	Macrocel 7, deel NL
						Comp. 8			Saeftinghe
	Zeeschelde	Zeeschelde IV	Z4	Zone met sterke saliniteitsgradiënt	Gemiddeld A-mesohalien (Cl 3-5,5 g/L). Bij lage debieten: A-mesohalien. Bij hoge debieten: Oligohalien tot Zoet.	Comp. 7b	54	56	Macrocel 7, deel VL; OMES 7b
						Comp. 9	56	60	OMES 9
						Comp. 10	60	65	OMES 10
						Comp. 11	65	75	OMES 11
						Comp. 12	75	84	OMES 12
		Zeeschelde III + Rupel	Z5	Oligohaliene zone	Oligohalien; Cl 0,3-3 g/L. Bij hoge debieten: Zoet.	Comp. 13	84	92	OMES 13
						Comp. 14	92	102	OMES 14
		Zeeschelde II	Z6	Zoete zone met lange verblijftijd	Zoet; Cl < 0,3 g/L; lange verblijftijd.	Comp. 15	102	113	OMES 15
						Comp. 16	113	122	OMES 16
		Zeeschelde I	Z7	Zoete zone met korte verblijftijd	Zoet; Cl < 0,3 g/L; korte verblijftijd.	Comp. 17	122	132	OMES 17
						Comp. 18	132	141	OMES 18
						Comp. 19	141	152	OMES 19
						Comp. 19 trGM	>152		Getijarm Gentbrugge-Melle
	Zijrivieren	Zeeschelde III + Rupel	Z8	Oligohaliene zone	Oligohalien; Cl 0,3-3 g/L; Tot zoet.	Rupel			Rupel
		GetijdeDijle + GetijdeZenne		Zoet zijrivier	Zoet; Cl < 0,3 g/L	Dijle			GetijdeDijle
						Zenne			GetijdeZenne
		Getijdenetes				Getijdenetes			Grote Nete en Kleine Nete
		Durme	Z9	Zoete zone met lange verblijftijd	Zoet; Cl < 0,3 g/L; lange verblijftijd	Durme			GetijdeDurme
	Boundaries					Ringvaart & traject Tijarm Melle-Zwijnaarde (Bovenschelde & Leie) Dender Dijle Zenne Grote Nete Kleine Nete Havengebied Spuikanaal Bath Kanaal Gent-Terneuzen Noordzee			



Figuur 2-1: Ruimtelijke indeling van het estuarium op niveau 3 (Schelde zones) en niveau 4 (Scheldecompartimenten).

Dwarsprofiel

Het dwarsprofiel van de rivier wordt gekenmerkt door meerdere abiotische eenheden: de fysiotopen. De afbakening baseert zich typisch op gemiddelde hoog- en laagwaterstanden of droogvalduurpercentages. De fysiotopen van de Westerschelde staan gepresenteerd in Tabel 2-2. Een gedetailleerde beschrijving is terug te vinden in RWS (2019). De fysiotopen van de Zeeschelde staan gepresenteerd in Figuur 2-2 en Tabel 2-3. Een gedetailleerde beschrijving kan men terugvinden in Van Ryckegem *et al*. (2017).

Voor hydro-morfologische doeleinden verdeelt men het dwarsprofiel ook onder in een kombergend en watervoerend deel. Het watervoerend deel bevindt zich onder de laagwaterlijn en wordt gevormd door de geulen. Het kombergend deel bevindt zich tussen de laag- en hoogwaterlijn en komt *grosso modo* overeen met de intergetijdengebieden. Voor de berekening van specifieke morfologische parameters in Hoofdstuk 3 `, dienen hydrodynamische fluctuaties er uitgefilterd te worden. Daarom worden er in dit hoofdstuk vaste grenswaarden ten opzichte van de vigerende referentiepeilen (NAP; TAW) gehanteerd. Deze staan gepresenteerd in Tabel 2-4. Merk op hoe deze soms afwijken van de fysiotopen omdat er verkozen is zo dicht mogelijk aan te leunen bij o.m. de beschikbare zandbalans(en).

Tabel 2-2: Abiotische grenzen gebruikt voor de fysiotopenindeling van de Westerschelde (naar RWS, 2019).

Hoogte	Fysiotoop	Abiotische grenzen
Supralitoraal	Supralitoraal	>85% Droogvalduur
Litoraal	Hoog litoraal	75-85% Droogvalduur
	Midden litoraal	25-75% Droogvalduur
	Laag litoraal	4-25% Droogvalduur
Sublitoraal	Ondiep sublitoraal	4% Droogvalduur tot > NAP-7m
	Diep sublitoraal	<= NAP-7m

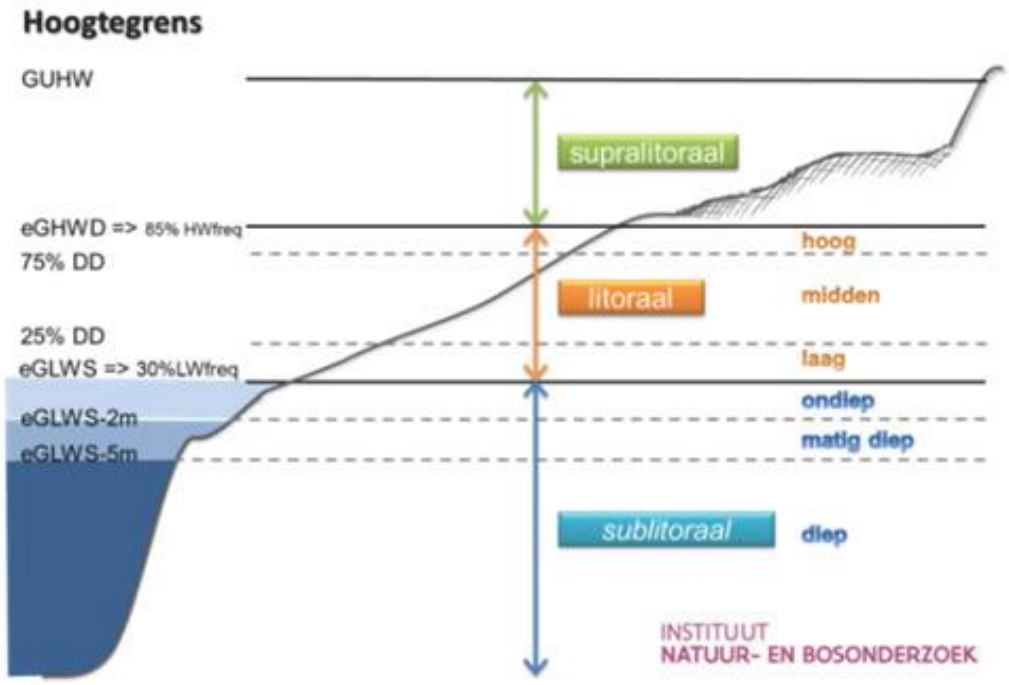
*Tabel 2-3: Abiotische grenzen gebruikt voor de fysiotopenindeling van de Zeeschelde (naar Van Ryckegem et al., 2017). Met: * Voor de ecotopen worden zeer diep en diep subtidaal uiteindelijk samengevoegd als één ecotoop.*

Hoogte	Fysiotoop	Abiotische grenzen
Supralitoraal	Supralitoraal	>eGHWD (HW85) – GHHW
Litoraal	Hoog slik	75% Droogvalduur – eGHWD (HW85)
	Middelhoog slik	25 – 75% Droogvalduur
	Laag slik	eGLWS – 25% Droogvalduur
Sublitoraal	Ondiep subtidaal	0-2 m onder eGLWS (LW30)
	Matig diep subtidaal	2-5 m onder eGLWS (LW30)
	Diep subtidaal*	>5 m onder eGLWS (LW30)
	Zeer diep subtidaal	>10 m onder eGLWS (LW30)

GHHW: gem. hoogste hoogwater
eGHWD: ecologisch gem. hoogwater bij doodtij
HW85: 85ste percentiel van alle hoogwaters
LW30: 30ste percentiel van alle laagwaters
eGLWS: ecologisch gem. laagwater bij springtij

Tabel 2-4: Morfologische opdeling per deelsysteem met bijkomende specificatie voor KRW-lichaam Zeeschelde I op basis van het recente waargenomen gemiddeld laagwater (Vandenbruwaene et al., 2020).

Eenheid	Subeenheid	Westerschelde (m NAP)	Zeeschelde II, III, IV (m TAW)	Zeeschelde I (m TAW)
Kombergend	-	-2m tot +3,5m NAP	0m tot +5 m TAW	+2m tot +5 m TAW
Watervoerend	Ondiep	-5m tot -2m NAP	-5m tot -0m TAW	-5m tot +2m TAW
	Diep	<-5m NAP	<-5m TAW	<-5m TAW



Figuur 2-2: Schematische weergave van de opbouw van fysiotopen (uit Van Ryckegem et al., 2017).

2.1.2. Temporele indeling

De Evaluatiemethodiek maakt gebruik van verschillende tijdsschalen. De evaluatie kan betrekking hebben op individuele metingen uit een continue datareeks tot gemiddelde waarden over een periode van 6 jaar. Dit wordt telkens duidelijk vermeld bij de betrokken parameter.

Wanneer jaargemiddelde waarden worden bepaald, wordt steeds het burgerlijk jaar gevolgd: van januari tot en met december, tenzij uitdrukkelijk anders vermeld. Voor seizoengemiddelde waarden wordt niet gewerkt met de exacte start en einddatum (bijvoorbeeld 21 maart tot en met 21 juni voor de lente). Voor de eenvoud wordt hier gewerkt met volle maanden. De methodiek volgt de methode van het KMI (Koninklijk Meteorologisch Instituut): voor de lente worden de maanden maart, april en mei beschouwd, voor de zomer de maanden juni, juli en augustus. Wanneer over zomerhalfjaar gesproken wordt, doelt men op de maanden mei tot en met oktober, het winterhalfjaar bevat de maanden november tot en met april. Bij het gebruik van gegevens van niet-broedvogels spreekt men ook van seizoengemiddelden, maar dan wordt de periode 1 juli tot 30 juni het daaropvolgend jaar bedoeld.

Wanneer in de methodiek toch een andere indeling wordt gehanteerd, wordt dit uitdrukkelijk vermeld bij de betreffende parameter.

Referentieperiode

De rekenparameters worden geëvalueerd door de huidige toestand te vergelijken met een referentieperiode. Het verschilt per parameter wat de meest geschikte wijze van vergelijken met een referentieperiode is. Hierbij zijn zes categorieën te onderscheiden:

1. De parameter wordt getoetst aan bestaande criteria, vastgelegd in de methodiek op basis van bestaande richtlijnen.
2. De parameter wordt getoetst aan een historische referentiesituatie, in dit geval de T2009.
3. De parameter wordt getoetst aan de voorgaande periode, in dit geval de T2015.
4. De evolutie van de parameter wordt getoetst, waarbij louter gekeken wordt of de richtingscoëfficiënt positief of negatief is.
5. De evolutie van de parameter wordt getoetst, waarbij de waarde van de richtingscoëfficiënt vergeleken wordt met die van T2009.
6. De evolutie van de parameter wordt getoetst, waarbij de waarde van de richtingscoëfficiënt vergeleken wordt met die van de voorgaande periode, in dit geval de T2015.

Meer informatie kan worden teruggevonden in het rapport van de evaluatiemethodiek - update 2021 (Consortium Schelde in Beeld, 2021).

2.2. Technieken

De methode om de gegevens te analyseren bestaat uit verschillende (statistische) technieken, die in T2009 en T2015 ook zijn toegepast om trends in de rekenparameters te bepalen. De belangrijkste technieken zijn, in volgorde van toepassing op de data:

1. beschrijvende statistiek (indien relevant);
2. correlaties tussen variabelen;
3. trendanalyse (lineaire regressiemodellen schatten met vaste trendbreuken);
4. modelvalidatie (statistische toetsen), residuenanalyse en indien van toepassing een nadere analyse van trendbreuken;
5. LOESS smoothing[1] (indien geen significante trend in data);
6. GAM-modellen (generalized additive models);
7. Visualisatie ruimtelijke samenhang trends (GIS).

De technieken zijn geïmplementeerd in R scripts[2] op de R Studio omgeving van de Scheldemonitor. De scripts zijn toegepast op de beschikbare reeksen ter reproductie van de T2009 en T2015 resultaten.

Met betrekking tot punt 3 dient te worden opgemerkt dat voor veel rekenparameters in de piramides "Hydrodynamiek" (zie hoofdstuk 3) de trendanalyse bestaat uit het toepassen van een regressiemodel op de meetgegevens, rekening houdend met de mogelijke aanwezigheid van trendbreuken. Het

[1] LOESS of LOWESS (locally weighted scatterplot smoothing) is een niet-parametrische regressiemethode waarmee via toepassing van meerdere regressiemodellen een gladde (smooth) functie aan een dataset kan worden gefit. Het relateert aan het lopend gemiddelde.

[2] R is an open source programming language and software environment for statistical computing and graphics that is supported by the R Foundation for Statistical Computing. The R language is widely used among statisticians and data miners for developing statistical software and data analysis.

regressiemodel heeft in eerste instantie betrekking op de periode voorafgaand aan 2015. Met dit model worden voorspellingen voor de periode 2010-2015 gemaakt. De waarnemingen in deze periode worden vergeleken met de gereproduceerde voorspellingen uit de T2015 regressiemodellen. De evaluatiemethodiek schrijft namelijk een bepaalde statistische vergelijking van de waarnemingen in de periode 2016-2021 met de T2015 voorspellingen voor, ter evaluatie van een rekenparameter. In Hoofdstuk 3 volgt een nadere toelichting op de regressiemodellen, de bijbehorende voorspellingen (predictie-intervallen) en de wijze van evaluatie.

2.3. Trendbreuken

In de T2009-studie zijn trendanalyses uitgevoerd, waarbij op basis van residuenanalyses trendbreuken zijn bepaald. Het bepalen van trendbreuken is vooral gedaan als onderdeel van de trendanalyses van de hydrodynamische gegevens. Het effect van de eerste verruiming (tussen 1973 en 1976[3]) is hierin duidelijk aanwezig. Voor laagwater en getijslag zijn in de T2009-rapportage aanwijzingen gevonden voor trendbreuken rond de periode van de tweede verruiming (1997-1998). Deze kunnen niet zonder meer worden toegewezen aan deze tweede verruiming. Veranderingen in de afvoer kunnen ook hebben bijgedragen aan de trendwijzigingen.

In het T2015 rapport zijn de trendbreuken uit de T2009-studie opgelegd. Dit was een essentieel uitgangspunt en noodzakelijk om de T2009 trends te reproduceren. De jaartallen waarin de trendbreuken optreden kunnen variëren tussen parameters en stations. In voorliggend analyserapport T2021 is daarom weer hetzelfde uitgangspunt gehanteerd. Bij de beschrijving van de uitgevoerde analyses in de volgende hoofdstukken is net als in T2015 vermeld om welke trendbreuken het gaat.

Ter validatie van het regressiemodel zijn de trendschattingen en residuen geanalyseerd voor de periode tot en met 2009, de periode tot en met 2015 en de periode t/m 2021. Dit geeft inzicht in de aanwezigheid van trendbreuken in de laatste 20 jaar (mogelijk als gevolg van de tweede en/of derde verruiming, 1998 resp. 2007-2010[4]).

[3] Er is enige discussie over het begin van de eerste verruiming. Sommige bronnen spreken van een start aan het eind van de jaren ’60. In de T2009-rapportage wordt 1973-1976 genoemd.
[4] Bron: VNSC. http://www.vnsc.eu/projecten/derde-verruiming-van-de-schelde/

3. Hydrodynamiek

3.1. Inleiding

De communicatie-indicator *Hydrodynamiek* is een samenvoeging van de communicatie-indicatoren *Dynamiek Waterbeweging* en *Bevaarbaarheid* uit de T2009 en T2015, gekoppeld aan respectievelijk de hoofdfuncties veiligheid en toegankelijkheid van het Schelde-estuarium. De communicatie-indicator *Hydrodynamiek* richt zich op twee aspecten:

1. Allereerst worden de waterstanden en golven in het Schelde-estuarium beschouwd, wat voornamelijk van belang is voor de hoofdfunctie **veiligheid**, maar ook van belang is voor de hoofdfuncties toegankelijkheid en natuurlijkheid.
2. Daarnaast wordt de bevaarbaarheid van het Schelde-estuarium geëvalueerd. De bevaarbaarheid is afhankelijk van zowel de waterbeweging als de bathymetrie en is bepalend voor de hoofdfunctie **toegankelijkheid**.

Afbakening evaluatie veiligheid
Zowel in Vlaanderen als in Nederland wordt de veiligheid tegen overstromingen binnen speciaal daarvoor bestemde kaders getoetst. Het toetsen van de waterkeringen aan de veiligheidseisen vormt daarom geen onderdeel van de evaluatiemethodiek. Voor deze systeemevaluatie gelden voor de waterbeweging dan ook geen wettelijke normen of beleidskaders.

Afbakening evaluatie toegankelijkheid
Eventuele ontwikkelingen in scheepstypen, geulwandbestortingen, wrakverwijdering, externe veiligheid (vervoer gevaarlijke stoffen, risicocontouren) en dergelijke, zijn externe ontwikkelingen en zijn buiten beschouwing gelaten. Ook het garanderen van een veilige doorvaart voor schepen in het Schelde-estuarium vormt geen onderdeel van de Evaluatiemethodiek, dit wordt gedaan door de Gemeenschappelijke Nautische Autoriteit (GNA). Omdat het garanderen van een veilige doorvaart geen onderdeel is van de Evaluatiemethodiek, doet deze indicator enkel uitspraken over de trendontwikkeling van de bevaarbaarheid. Er wordt aangegeven of een toename of afname van de trend vanuit het systeem gezien positief of negatief is.

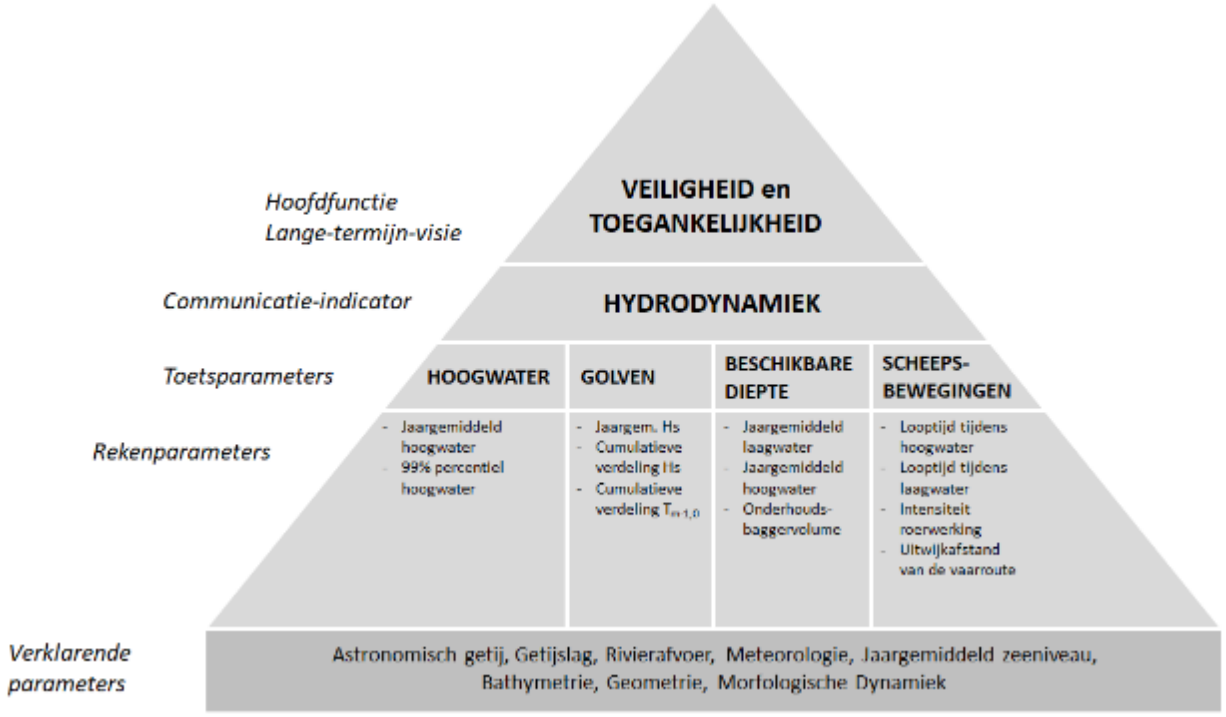
De communicatie-indicator *Hydrodynamiek* is uitgewerkt in vier toetsparameters:
Hoogwater, Golven, Beschikbare diepte en Scheepsbewegingen (zie Figuur 3-1).

Voor de hoofdfunctie **veiligheid** worden trends onderzocht in de toetsparameters Hoogwater (§3.2) en Golven (§3.3), omdat hoogwaterstanden, golfhoogtes en golfperiodes van belang zijn voor de hydraulische belastingen op de waterkeringen.

Ontwikkelingen, gerelateerd aan de hoofdfunctie **toegankelijkheid**, worden beoordeeld aan de hand van de toetsparameters Beschikbare diepte (§3.4) en Scheepsbewegingen (§3.5).

- De Beschikbare diepte wordt beïnvloed door de ontwikkeling van de waterstand (en dan vooral de laagwaterstand), de vaargeuldiepte en vaargeulbreedte. Verder kunnen veranderingen in het volume dat gebaggerd wordt om de vaargeul op constante diepte te houden een indicatie zijn voor veranderingen in de langetermijn toegankelijkheid van het estuarium.

- Scheepsbewegingen worden beïnvloed door de looptijd van het getij (het tijvenster). Veranderingen in bochten, vaarsnelheden, oevereffecten, dwarsstromingen, kielspeling en dergelijke worden samengevoegd in onbemande vaarsimulaties, waarmee onderzocht wordt hoe deze veranderingen de bevaarbaarheid beïnvloeden. In het bijzonder wordt nagegaan of de rekenparameters benodigde intensiteit van de roerwerking en de uitwijkafstand van de vaarweg significant toenemen over de tijd (de parameters worden in §3.5.2 gedefinieerd).



Figuur 3-1: Weergave indicator hydrodynamiek en onderliggende toets-, reken- en verklarende parameters.

In dit hoofdstuk zijn ook de verklarende parameters uit de indicator in Figuur 3-1 uitgewerkt (zie §3.6). Deze dragen bij tot het begrijpen van waargenomen ontwikkelingen in de waterbeweging in het estuarium en geven hiervoor een onderliggende systeemverklaring. In §3.7 zijn enkele hydrodynamische parameters uitgewerkt die verklarend zijn voor andere communicatie-indicatoren.

3.2. Toetsparameter Hoogwater

We analyseren de rekenparameters jaargemiddeld hoogwater en het 99^{e} percentiel hoogwater om de toetsparameter Hoogwater te kunnen evalueren. De trend in de jaargemiddelde hoogwaterstanden is stijgend in T2015 voor de beschouwde meetstations. Voor het 99^{e} percentiel hoogwaterstanden lijkt in T2015 sprake van een lichte afvlakking van de stijgende trend voor de beschouwde meetstations. Dit hoofdstuk bevat de analyse van de trends met de gegevens tot en met 2021. De resultaten worden conform de Evaluatiemethodiek vergeleken met de T2015-analyse.

3.2.1. Jaargemiddeld hoogwater

Definitie

Het jaargemiddeld hoogwater wordt bepaald als het rekenkundig gemiddelde van de getijhoogwaterstanden over de periode van een kalenderjaar. Het jaargemiddelde hoogwater wordt onder andere bepaald door het astronomische getij, de middenstand, de afvoer en de windopzet. In de evaluatiemethodiek die de basis vormt voor dit rapport, wordt als maat voor de evaluatie van de hoofdfunctie Veiligheid vanuit de waterbeweging voornamelijk naar de evolutie van het jaargemiddeld hoogwater gekeken.

Data

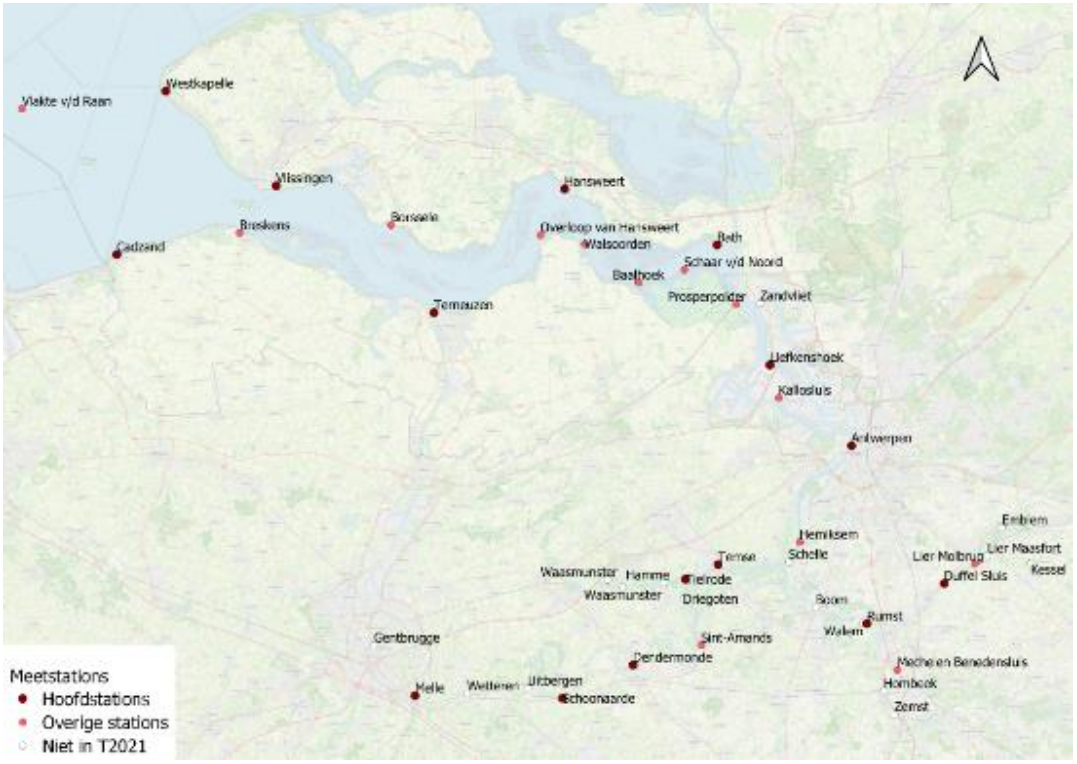
Voor de trendanalyse van de rekenparameter Jaargemiddeld hoogwater zijn gemeten hoogwaterstanden in de periode 2016 tot en met 2021 beschikbaar voor 14 stations in Nederland en 19 stations in Vlaanderen (Zeeschelde en haar zijrivieren). Deze zijn opgenomen in de volgende datafiches in de Scheldemonitor:

- S-HD-N-001 – Waterstanden – Getij
- S-HD-V-001 – Waterstanden – Getij

In T2015 zijn de data van alle 14 Nederlandse en 19 Vlaamse stations geanalyseerd. Voor alle Nederlandse stations geldt dat er voldoende gegevens beschikbaar zijn in de periode 2016-2021 voor de analyse (zie Tabel 3-1). Figuur 3-2 geeft een geografisch overzicht van de stations in de Westerschelde. In Vlaanderen zijn enkele stations recent gestopt (zie

Tabel 3-2). Voor deze stations is in deze rapportage geen analyse gedaan.

De jaargemiddelde hoogwaterstanden voor de periode 2016-2021 zijn conform de bovenstaande definitie bepaald. Alle jaargemiddelde hoogwaters zijn uitgedrukt in cm TAW voor Vlaamse stations en in cm NAP voor Nederlandse stations (met uitzondering van Europlatform, waarvoor de data zijn uitgedrukt in cm MSL). Net als in T2009 en T2015 wordt een jaar alleen beschouwd als er voor het betreffende station ten minste 75% van de waarden uit de tijdreeks (=529 van de 707 hoogwaters) beschikbaar zijn.



Figuur 3-2: Getijstations in de Westerschelde en Zeeschelde. N.B. Station Europlatform, gelegen buiten het estuarium, is niet weergegeven.

Tabel 3-1: Databeschikbaarheid hoogwaterstanden van de (Nederlandse) getijstations in de Westerschelde waarvoor trendanalyses zijn uitgevoerd. Dezelfde stations en lengte van de meetreeks worden gebruikt voor de laagwaterstanden.

Station	Data T2015	Data T2021
Baalhoek	1996-2015	1995-2021
Bath	1862-2015	1957-2021
Borssele	1996-2015	1995-2021
Breskens	1996-2015	1995-2021
Cadzand	1966-2015	1967-2021 [5]
Hansweert	1881-2015	1881-2021
Overloop van Hansweert	1996-2015	1995-2021
Vlakte van de Raan	1996-2015	1995-2021
Schaar van de Noord	1996-2015	1995-2021
Terneuzen	1878-2015	1878-2021
Vlissingen	1881-2015	1881-2021
Walsoorden	1996-2015	1995-2021
Westkapelle	1954-2015	1955-2021 [5]
Europlatform[6]	1983-2015	1983-2021

[5] Onvoldoende gegevens voor Cadzand in 1966 en voor Westkapelle in 1954
[6] Bij Europlatform wordt er gemeten ten opzichte van Mean Sea Level (MSL). Op zee wordt vaak van dit referentievlak gebruik gemaakt.

*Tabel 3-2: Databeschikbaarheid hoogwaterstanden van de Vlaamse getijstations in de Zeeschelde en haar zijrivieren. Dezelfde stations en lengte van de meetreeks worden gebruikt voor de laagwaterstanden. De databeschikbaarheid in T2021 kan afwijken t.o.v. de T2015 rapportage * Voor deze stations is in deze rapportage geen analyse gedaan, omdat de meetreeks te kort is ofwel omdat het station gestopt is. ** Met een of meer langere hiaten in de reeks*

Station	Data T2015	Data T2021
Antwerpen	1901-2015	1888-2021**
Boom*	1971-2015	1971-2015
Dendermonde	1901-2015	1889-2021**
Duffel-Sluis	1981-2015	1981-2021
Hamme*	-	2021
Hemiksem	1941-1960, 1981-2015	1941-1960, 1981-2021
Kallosluis	1982-2015	1982-2021
Liefkenshoek	1947-2015	1947-2021
Lier-Maasfort*	1981-2015	1981-2016
Lier-Molbrug	1981-2015	1981-2021
Mechelen-Benedensluis	1981-2015	1981-2021
Melle	1901-1940, 1971-2015	1901-1951, 1971-2021
Prosperpolder	1952-2015	1952-2021
Rumst[7]	-	1912-2021**
Schelle*	1901-2015	1966-2013
Schoonaarde	1901-2015	1903-2021**
Sint-amands	1951-2015	1981-2021
Temse	1901-2015	1901-2021**
Tielrode	1901-2015	1930-2021
Walem[7]	1912-2015	-
Wetteren*	1981-2015	1901-2018
Wetteren-Brug*	-	2018-2021

In 2013 heeft Waterbouwkundig Laboratorium (WL) peilschaalcorrecties bepaald voor de Vlaamse getijstations en deze correcties doorgevoerd in de metingen vanaf 2011. Recent heeft WL (in prep) de peilschaalcorrecties voor de Vlaamse getijstations in de periode 2011-2021 opnieuw afgeleid. Dit heeft voor de meeste stations geleid tot nieuwe correctiewaarden voor de waterstandsmetingen. De nieuwe correcties zijn toegepast op de meetreeksen vanaf 2011. Dit leidt dus voor de meeste stations tot andere hoog- en laagwaterstanden in de periode 2011-2015 dan in T2015. De peilschaalcorrecties zijn opgenomen in onderstaande tabel.

[7] Station Rumst bevat de historische gegevens van station Walem.

Tabel 3-3: Peilschaalcorrecties op de Vlaamse getijdata zoals deze door het WL zijn afgeleid in 2013 en voor enkele stations zijn aangepast in 2022 (WL, in prep). In de tabel zijn alleen de stations opgenomen waarvan de data geanalyseerd worden.

Station	Peilschaalcorrectie 2013 [cm]	Peilschaalcorrectie 2023 [cm]
Antwerpen	-3,0	-3,0
Dendermonde	0,8	-3,0
Duffel-Sluis	-0,7	-0,7
Hemiksem	0,1	0,1
Kallosluis	-4,9	-4,9
Liefkenshoek	-3,4	-3,4
Lier-Molbrug	1,0	-6,0
Mechelen-Benedensluis	2,1	2,1
Melle	-1,1	-1,1
Prosperpolder	0,9	0,9
Rumst	-	0,0
Schoonaarde	1	-4,0
Sint-amands	-4,2	-4,2
Temse	0,0	-4,0
Tielrode	-6,9	-6,9

Methodiek

De evaluatiemethodiek schrijft voor dat het jaargemiddeld hoogwater, net als veel andere rekenparameters in Hydrodynamiek, op de volgende wijze geanalyseerd moet worden:

- Stel het T2009, T2015 en T2021 regressiemodel op (model met lineaire trend met eventueel toevoegingen) en schat de trend door de data t/m 2009, 2015 en 2021. Het beginjaar voor de regressie volgt uit het T2015 (of in enkele gevallen het T2009) rapport.
- Toon de verwachte trend en toon voor T2009 en T2015 de 95%-predictie-intervallen in grafieken.
- Maak een visuele vergelijking van de trends van T2009, T2015 en T2021. De vergelijking is vooral gericht op eventuele veranderingen in de langjarige trends.
- Beschouw zo nodig de residuen van het regressiemodel.
- Ga na hoeveel jaargemiddelde waarden in de evaluatieperiode (2016-2021) buiten de 95%-predictie-intervallen liggen. Als er ten minste 1 waarde buiten valt, dan is dit een signaal dat er een trendbreuk kan zijn opgetreden (en een signaal voor een positieve of negatieve ontwikkeling van het systeem).

Voor de jaargemiddelde hoogwaters wordt een regressiemodel opgesteld waarin rekening wordt gehouden met een lineaire trend en het nodale getij met een cyclus van 18,613 jaar[8].
In formulevorm is het regressiemodel voor de hoogwaters (HW) als volgt:

$$HW(t) = b_{HW} + m_{HW}t + C\cos(2\pi ft - \phi) + \varepsilon_{HW}(t)$$

[8] De 18,6-jarige nodale cyclus is een gevolg van de variërende positie van de maanbaan ten opzichte van het eclipticavlak. Dit is een externe, bekende oorzaak, die een effect heeft op de waterstanden van alle meetstations.

In deze formule is *HW(t)* het jaargemiddelde hoogwater in jaar *t*, b_{HW} een constante, m_{HW} de lineaire regressiecoëfficiënt (trendparameter), *C* de amplitude van het nodale getij, f de frequentie van het nodale getij ($1/f$ = 18,613 jaar), ϕ de faseverschuiving van het nodale getij en ε_{HW} het residu in jaar *t*.

De faseverschuiving van het nodale getij ϕ is in de T2009-analyse bepaald als ϕ = 95,7792 graden ten opzichte van het jaar 0 van de christelijke jaartelling. Deze faseverschuiving is op alle stations toegepast. Deze werkwijze is tijdens de analyse voor T2015 en nu T2021 opnieuw toegepast.

De overige parameters worden voor ieder station verkregen met de regressie. Hierbij zijn de trends en predictie-intervallen[9] voor de data tot en met 2009 en 2015 gereproduceerd. Normaliter leidt dit bij de Nederlandse stations tot dezelfde trends als in de T2009 en T2015 rapportages. Voor de Vlaamse stations kunnen de gevonden trends wel afwijken van de T2015 rapportage, omdat WL de eerdere peilschaalcorrecties voor de jaren 2011-2015 in 2023 heeft aangepast. We veronderstellen de gevonden trends in deze rapportage als leidend bij de evaluatie, aangezien de aangepaste peilschaalcorrecties een correctere weergave van de werkelijkheid zijn. Wel wordt steekproefsgewijs getoetst of deze insteek leidt tot een andere evaluatie dan wanneer de T2015-trends zouden worden gebruikt.

Vervolgens zijn de reeksen uitgebreid met de data voor de periode 2016-2021 en zijn alle parameters uit het regressiemodel (intercept, regressiecoefficiënt en amplitude nodale getij) opnieuw bepaald. Voor elk station en voor elke dataperiode is nagegaan of een significante lineaire trend in de data kan worden gevonden. Daarbij is getoetst of de trend significant (met 5% significantieniveau) afwijkt van 0. Indien dat voor een bepaalde dataperiode het geval is, is de trend opgenomen in het uiteindelijke regressiemodel. Zonder een significante trend, kan er geconcludeerd worden dat er geen lineaire trend in de data kan worden aangetoond.

Voor alle stations zijn figuren gemaakt van de hoogwaters op basis van het regressiemodel met (i) data tot en met 2009, waarbij de trend is doorgetrokken tot en met 2021 (voorspelling) en (iii) data tot en met 2015, waarbij de trend is doorgetrokken tot en met 2021 (voorspelling) en (iii) de data tot en met 2021. Indien de trend significant is, laten de grafieken naast de jaargemiddelde waarden (punten), een trendlijn en 95%-predictie-intervallen (aangeduid als PI) rondom de trend zien. Indien er geen significante trend kan worden vastgesteld, wordt naast de jaargemiddelde waarden het resultaat van een LOESS-filter met een spanwijdte van 6 jaar[10] getoond. Met dit LOESS-filter, dat is gerelateerd aan het lopende gemiddelde, kan het gemiddelde verloop over de tijd worden getoond.
De drie trends worden (visueel) vergeleken en ook de residuen van de regressiemodellen worden beschouwd om eventuele trendbreuken te detecteren. Ten behoeve van de evaluatie worden de jaargemiddelde hoogwaters in de periode 2016-2021 vergeleken met de voorspelde trend en de predictie-intervallen van de data tot en met 2009 en tot en met 2015. Met deze vergelijking wordt getoetst of een trendafwijking is opgetreden:

- Negatieve ontwikkeling ten opzichte van T2015: meer dan 5% van het aantal punten uit de periode 2016-2021 ligt boven het predictie-interval (T2015) van de verwachte jaargemiddelde hoogwaterstand.

[9] Een 95%-predictie-interval (Engels: prediction interval, PI) definieert de grenzen van de waarden waartussen observaties met een kans van 95% liggen, gebaseerd op de gehele meetreeks. Dit predictie-interval is bepaald middels de R-functie "predict".
[10] Een LOESS filter met een span van 6 jaar kent in de lokale polynomiale regressiemodellen alleen gewicht toe aan observaties in een tijdspanne van 6 jaar om iedere observatie. De gewichtsfunctie is $w(x) = (1-|x|^3)^3$, waarbij x de afstand is tussen observatie en het punt op de te fitten curve (geschaald op het interval [0,1]).

- Positieve ontwikkeling ten opzichte van T2015: meer dan 5% van het aantal punten uit de periode 2016-2021 ligt onder het predictie-interval (T2015) van de verwachte jaargemiddelde hoogwaterstand.
- Neutrale ontwikkeling ten opzichte van T2015: minder dan 5% van de punten uit de periode 2016-2021 liggen *buiten* de grenzen van het predictie-interval (T2015).

Het aantal toegevoegde punten is 6 (voor elk jaar 1). Dit betekent dat 1 punt boven (onder) het predictie-interval (T2015) resulteert in de kwalificatie negatieve (positieve) ontwikkeling ten opzichte van de trend in T2015. Indien de resultaten daartoe aanleiding geven, wordt ook een vergelijking gemaakt met de T2009 trend en voorspelling.

Analyse

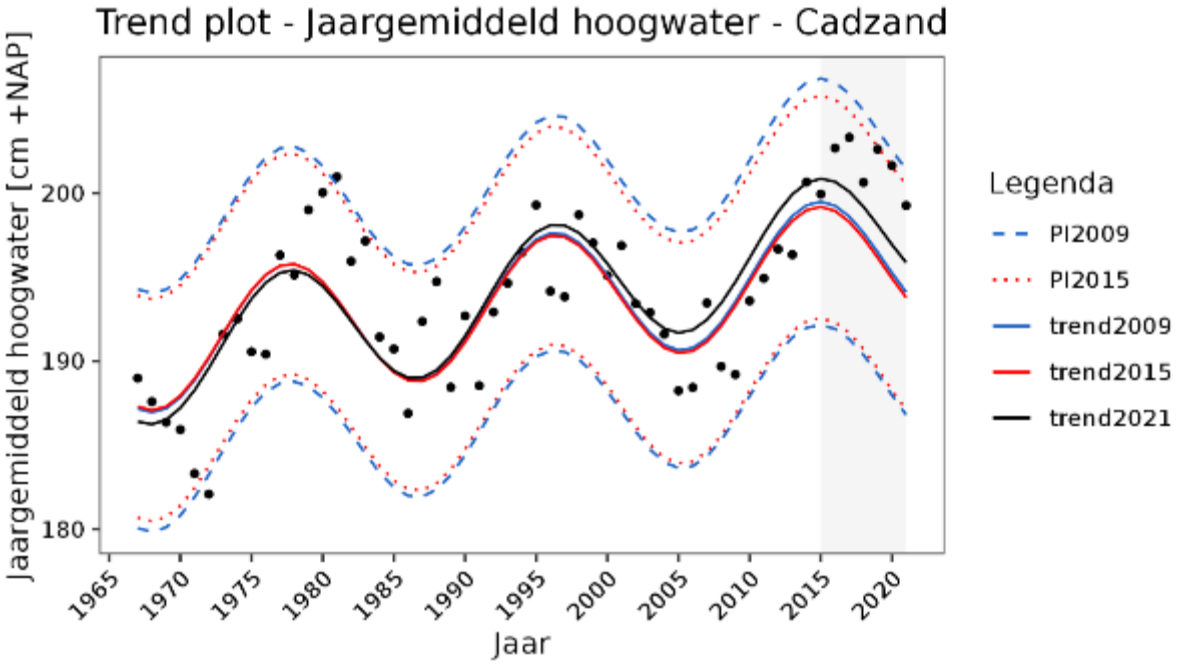
Deze paragraaf beschrijft de analyse voor alle stations, te beginnen bij de stations buiten het estuarium en in de monding en vervolgens de stations in de Westerschelde en in de Zeeschelde. In de hoofdtekst zijn de belangrijkste resultaten beschreven, in grafieken weergegeven en in tabellen samengevat. Bijlage A.1 bevat alle grafieken voor alle station. Trendparameters worden uitgedrukt in cm/eeuw, waarbij er geen sprake is van extrapolatie.

Buiten het estuarium en in de monding
De trends in de jaargemiddelde hoogwaterstanden buiten het estuarium en in de monding kunnen als verklarende parameter worden beschouwd voor waargenomen wijzigingen in het jaargemiddelde hoogwater van meetstations in het estuarium. Net als in T2015 zijn de volgende meetstations beschouwd: Europlatform, Vlakte van de Raan, Westkapelle en Cadzand. Voor de buiten het estuarium gelegen stations Europlatform en Vlakte van de Raan zijn te weinig gegevens beschikbaar om een zinvolle trendanalyse uit te voeren. De reeksen van deze stations zijn korter dan 2 cycli van 18,6 jaar. In de bijlage zijn voor deze stations de data en een LOESS-filter getoond.

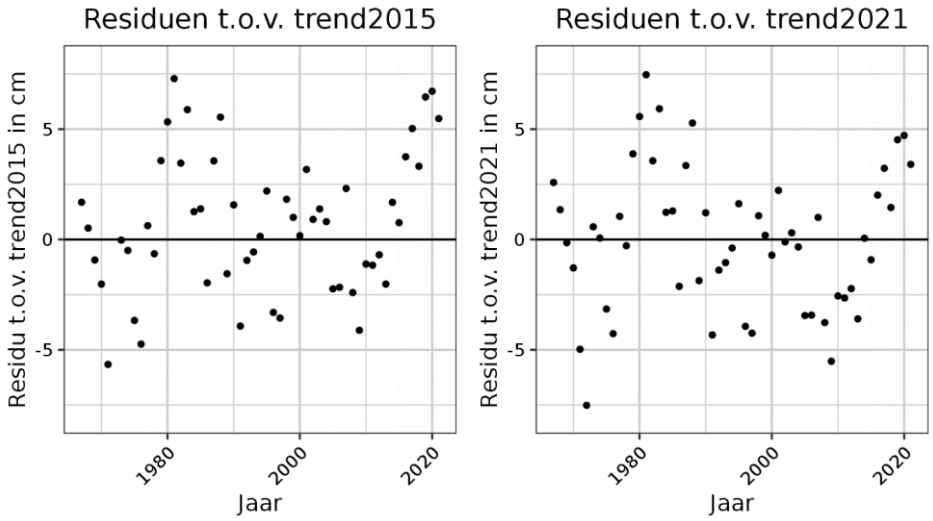
Uit Figuur A-1 (in Bijlage A.1) volgt dat de jaargemiddelde waarden bij Europlatform de laatste 30 jaar tussen de 0,9 en 1,0 m+NAP schommelen, met op het oog een licht stijgende trend. Bij Vlakte van de Raan varieerden tot 2014 de waarden tussen 1,68 en 1,76 m+NAP (zie Figuur A-2). Sindsdien zijn de waarden hoger, tussen 1,80 m+NAP en 1,83 m+NAP.

Voor de stations Cadzand en Westkapelle kunnen lineaire (stijgende) trends statistisch significant worden vastgesteld[11]: 15 cm/eeuw resp. 19 cm/eeuw. In T2015 werden respectievelijk de waarden 9 en 19 cm/eeuw gevonden (en 10 respectievelijk 20 cm/eeuw in T2009). Figuur 3-4 toont de residuen van de trendanalyse voor station Cadzand. Het residu is het verschil tussen 'gemeten waarde' en 'gemodelleerde waarde'. De residuen zijn vanaf 2016 positief. De toevoeging van de gegevens na 2015 leidt bij Cadzand dus tot een sneller stijgende trend (zie Figuur 3-3) en leidt bij Westkapelle (zie Figuur 9-1) nauwelijks tot veranderingen in de trend. Voor Cadzand valt het jaar 2020 net buiten (en jaar 2019 net binnen) het predictie-interval van T2015. Dit is strikt beschouwd een indicatie voor een trendwijziging, maar het kan ook te maken hebben met een piek in de windopzet. Dit wordt nader onderzocht in het evaluatierapport.

[11] We zullen de trends met eenheid cm/eeuw weergeven. Deze moeten worden beschouwd als de gemiddelde snelheid waarmee de parameter stijgt (daalt in geval van een minteken). De trends moeten niet worden geïnterpreteerd als de stijging gedurende een periode van 100 jaar.



Figuur 3-3: Resultaten trendanalyse jaargemiddelde hoogwaterstanden Cadzand met de trends tot en met 2009, 2015 en 2021 voor de periode 1966-2021 en de bijbehorende predictie-intervallen.



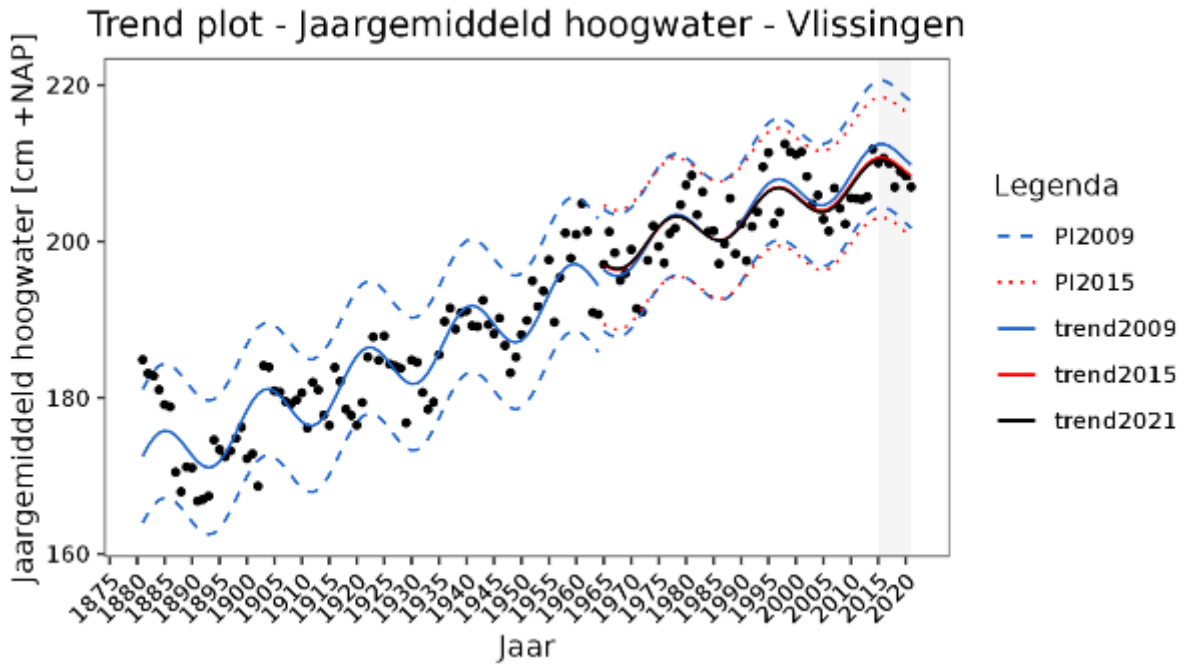
Figuur 3-4: Residuen trendanalyse T2015 met een voorspelling t/m 2021 en residuen met de nieuwe trend t/m 2021 voor de jaargemiddelde hoogwaterstanden bij station Cadzand.

Westerschelde

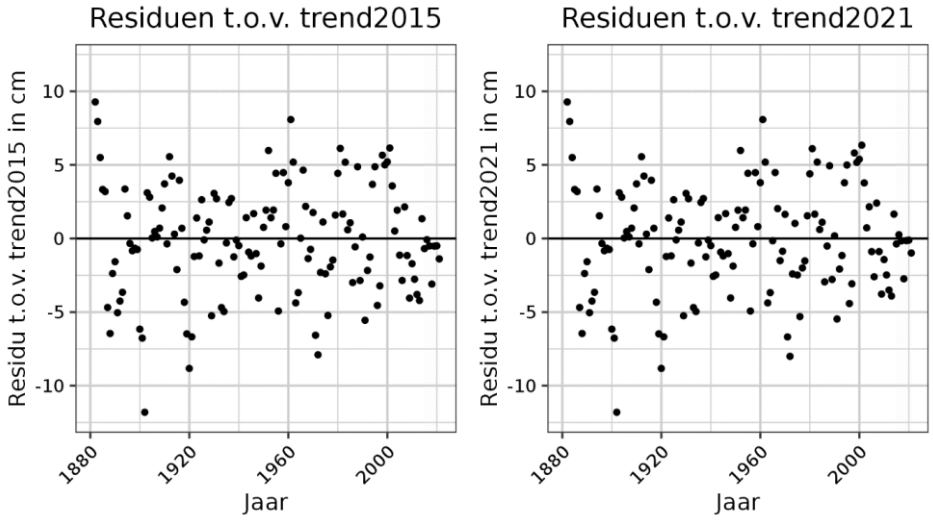
In de Westerschelde kennen de stations Vlissingen, Terneuzen, Hansweert en Bath een lange meetreeks. De meetreeksen van de andere stations beginnen in 1995 en bevatten daarmee ruim 1 cyclus van het nodale getij. Dit is te weinig voor een betrouwbare trendanalyse. In Bijlage A.1 staan voor alle stations grafieken van de tijdreeksen met ofwel hun trendlijn en residuen van de regressies, ofwel met een LOESS-filter.

In de jaargemiddelde hoogwaterstanden van stations Vlissingen, Terneuzen, Hansweert en Bath is de 18,6-jarige cyclus en een positief lineaire trend aanwezig, net als in de T2015-analyse. Voor de stations Vlissingen (zie Figuur 3-5), Terneuzen (Figuur 9-9) en Hansweert (Figuur 9-12) liggen de datapunten uit 2016-2021 dichtbij de trend uit T2015 (zie Figuur 3-6 met de residuen ten opzichte van de trend voor Vlissingen) en ruim binnen de 95%-predictie-intervallen. Hierdoor verandert de trend in T2021 nauwelijks ten opzichte van T2015 (zie ook Tabel 3-4). Voor het station Bath (Figuur 3-7) liggen 5 van de 6 datapunten uit 2016-2021 onder de trend uit T2015 (maar wel ruim binnen het predictie-interval). De waarde van de trendparameter van de jaargemiddelde hoogwaterstand in Bath is nu 32 cm/eeuw en was in T2015 36 cm/eeuw.

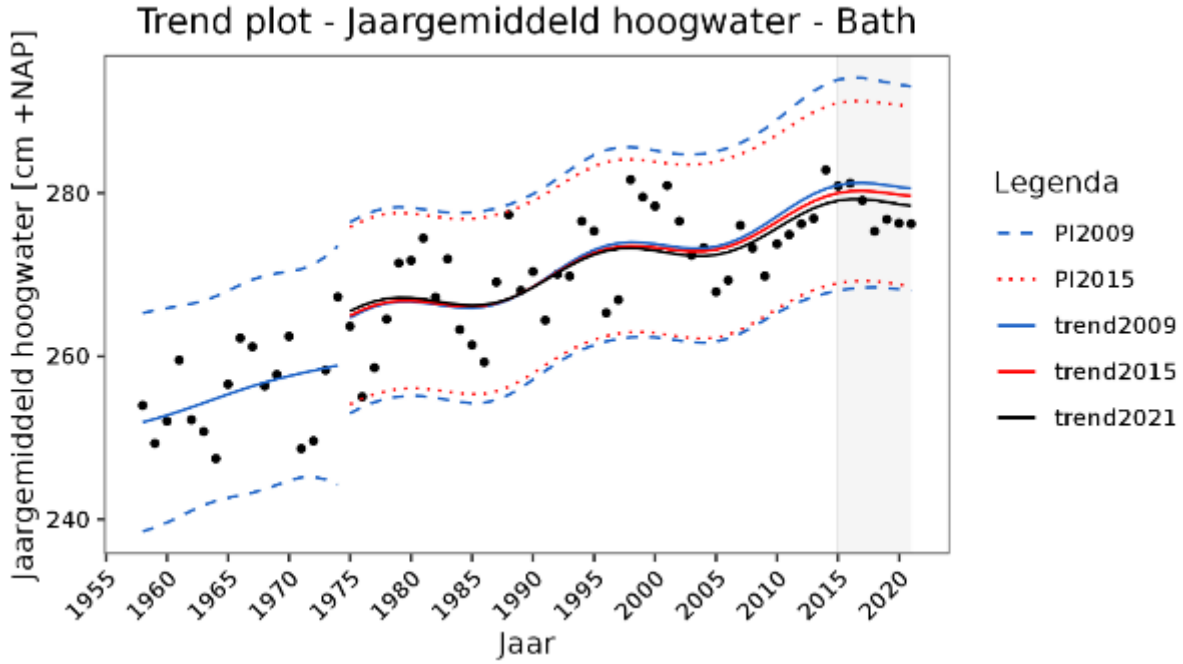
Bij de overige stations vallen de jaargemiddelden bij Breskens op. De hoogwaterstanden lijken een stijgende trend te kennen, maar de meetreeks is nog te kort (minder dan 2 nodale getij-cycli) om de trend op betrouwbare wijze te schatten.



Figuur 3-5: Resultaten trendanalyse jaargemiddelde hoogwaterstanden Vlissingen met de trends tot en met 2009, 2015 en 2021 voor de periode 1881-2021 en de bijbehorende predictie-intervallen. Trendbreuk in 1965



Figuur 3-6: Residuen trendanalyse T2015 met een voorspelling t/m 2021 en residuen met de nieuwe trend t/m 2021 voor de jaargemiddelde hoogwaterstanden bij station Vlissingen. Trendbreuk in 1965.



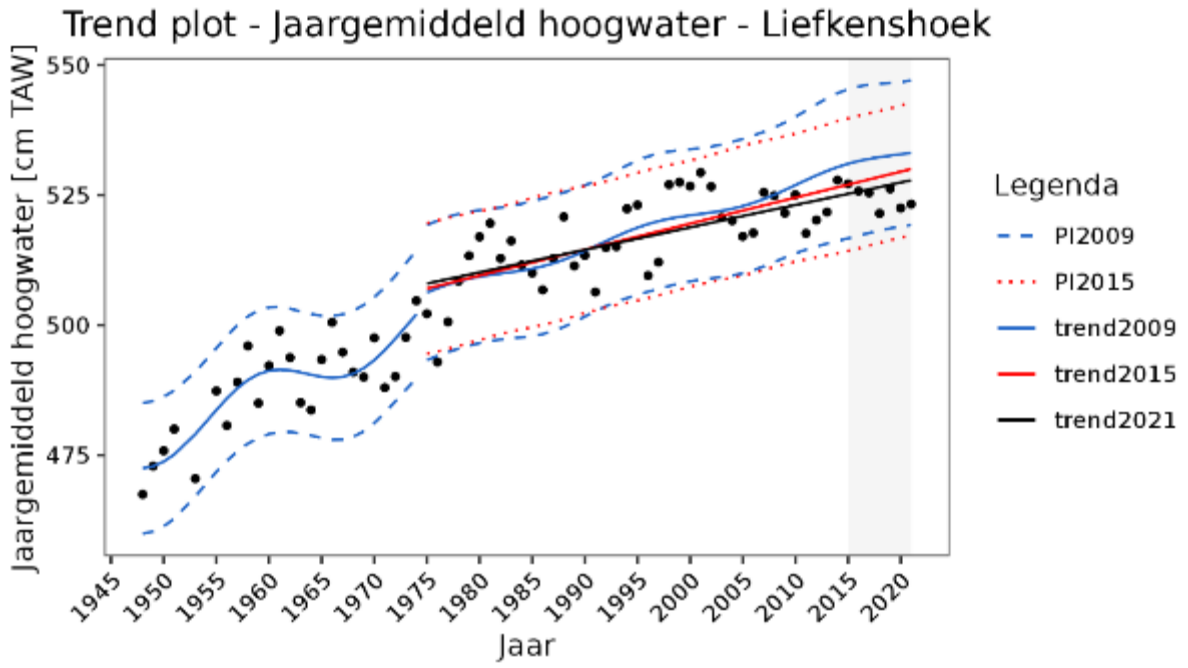
Figuur 3-7: Resultaten trendanalyse jaargemiddelde hoogwaterstanden Bath met de trends tot en met 2009, 2015 en 2021 voor de periode 1966-2021 en de bijbehorende predictie-intervallen. Trendbreuk in 1975

Zeeschelde

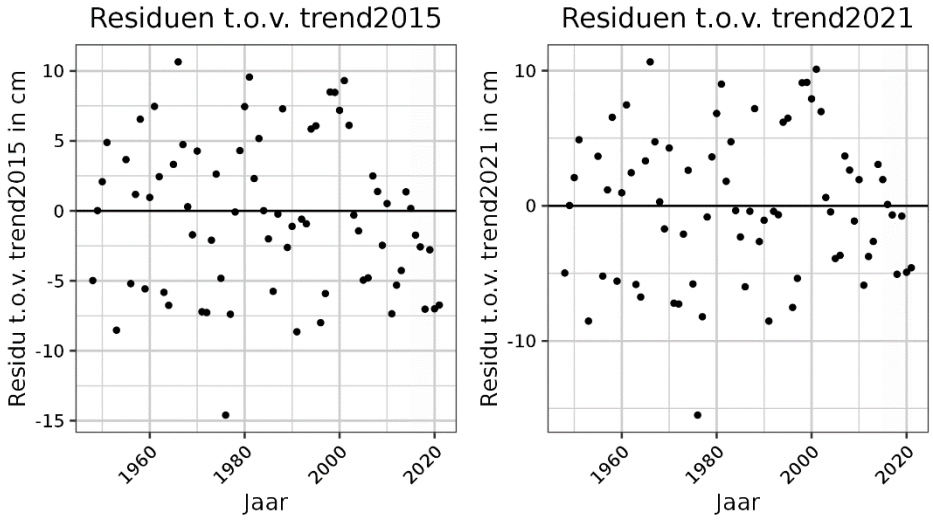
Voor alle geanalyseerde hoofdstations in de Zeeschelde valt op dat de jaargemiddelde hoogwaterstanden in de periode 2016-2021 relatief laag zijn ten opzichte van de langjarige trend. Dit zorgt ervoor dat de stijgende trend afneemt. Dit past bij de constatering van T2015 dat de stijgende trends minder sterk zijn.

De hoogwaterstanden en trends in Figuur 3-8 illustreren bovenstaande constatering voor het station Liefkenshoek. Ook de residuen (in Figuur 3-9) laten zien dat de jaargemiddelden in de periode 2016-2021 relatief laag zijn. De resultaten voor de overige stations zijn weergegeven in Bijlage A.1.

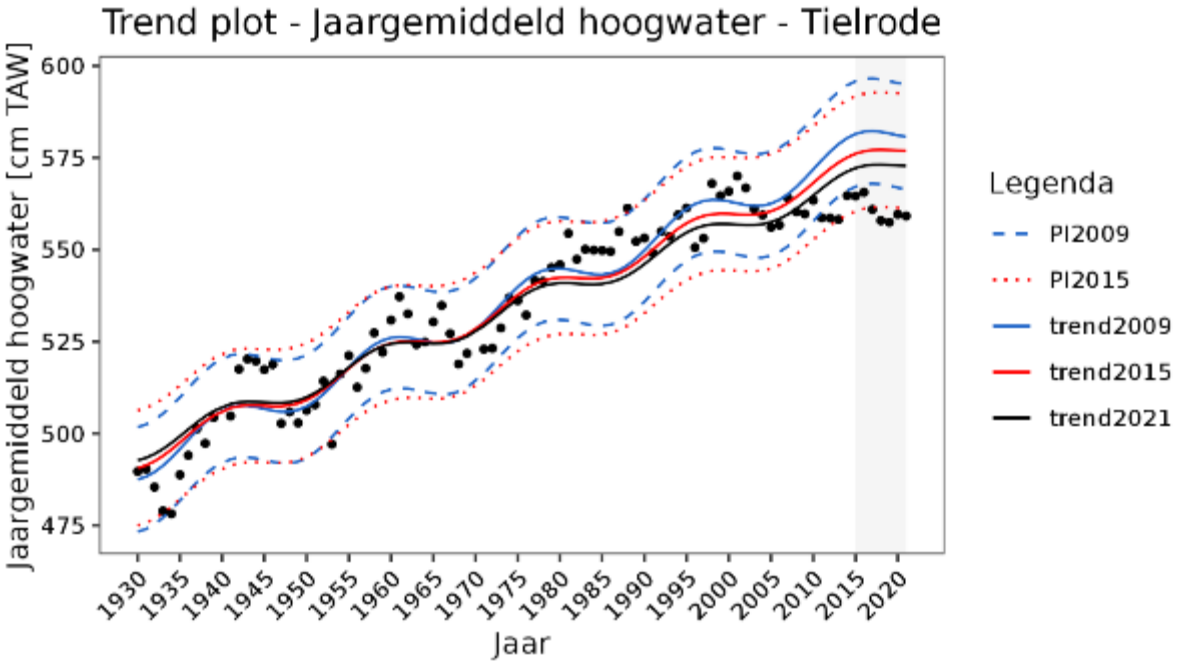
Voor stations Antwerpen, Temse en Tielrode vallen de jaargemiddelde hoogwaterstanden in bepaalde jaren onder de onderste grens van het predictie-interval van 'T2015' (regressiemodel op basis van de data t/m 2015 inclusief aangepaste peilschaalcorrecties). Dit is een mogelijke indicatie voor een trendbreuk. De jaargemiddelde hoogwaterstanden en residuen van het regressiemodel voor station Tielrode (evenals Temse), zie Figuur 3-10 en Figuur 3-11, laten echter ook een mogelijke trendbreuk zien rond het jaar 2000. Sindsdien lijkt er geen sprake meer te zijn van een stijgende trend. Dit geeft aanleiding om voor alle Vlaamse stations mogelijke trendbreuken rondom het jaar 2000 te onderzoeken. Dit gebeurt in het evaluatierapport, waar ook de invloed van wind en afvoer wordt onderzocht.



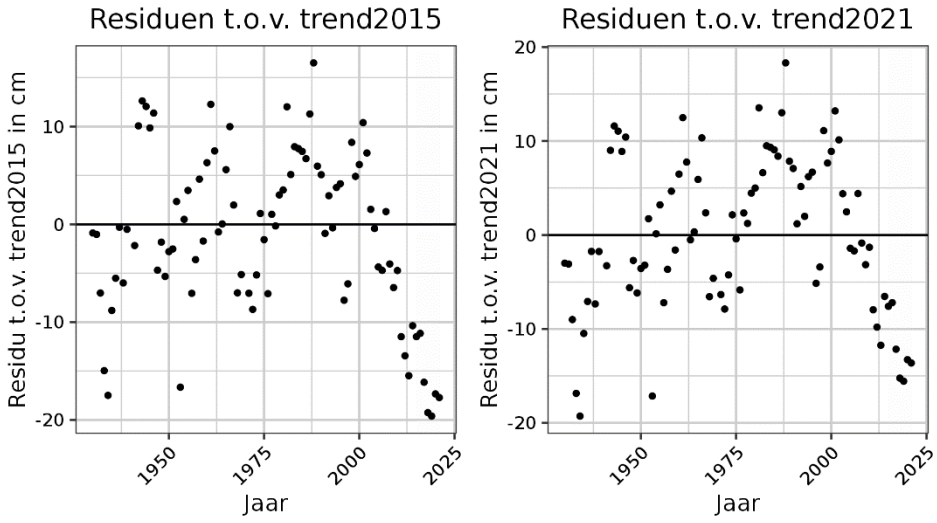
Figuur 3-8: Resultaten trendanalyse jaargemiddelde hoogwaterstanden Liefkenshoek met de trends tot en met 2009, 2015 en 2021 voor de periode 1948-2021 en de bijbehorende predictie-intervallen. Trendbreuk in 1975



Figuur 3-9: Residuen trendanalyse T2015 met een voorspelling t/m 2021 en residuen met de nieuwe trend t/m 2021 voor de jaargemiddelde hoogwaterstanden bij station Liefkenshoek. Trendbreuk in 1975.



Figuur 3-10: Resultaten trendanalyse jaargemiddelde hoogwaterstanden Tielrode met de trends tot en met 2009, 2015 en 2021 voor de periode 1930-2021 en de bijbehorende predictie-intervallen.



Figuur 3-11: Residuen trendanalyse T2015 met een voorspelling t/m 2021 en residuen met de nieuwe trend t/m 2021 voor de jaargemiddelde hoogwaterstanden bij station Tielrode.

Interpretatie

In Tabel 3-4 en Figuur 3-12 zijn de T2009, T2015 en T2021 trends van de belangrijkste stations in het estuarium samengevat. Tabel 3-5 bevat de trendwaarden voor de overige stations. Op basis van de analyseresultaten in deze tabellen en figuren concluderen we het volgende:

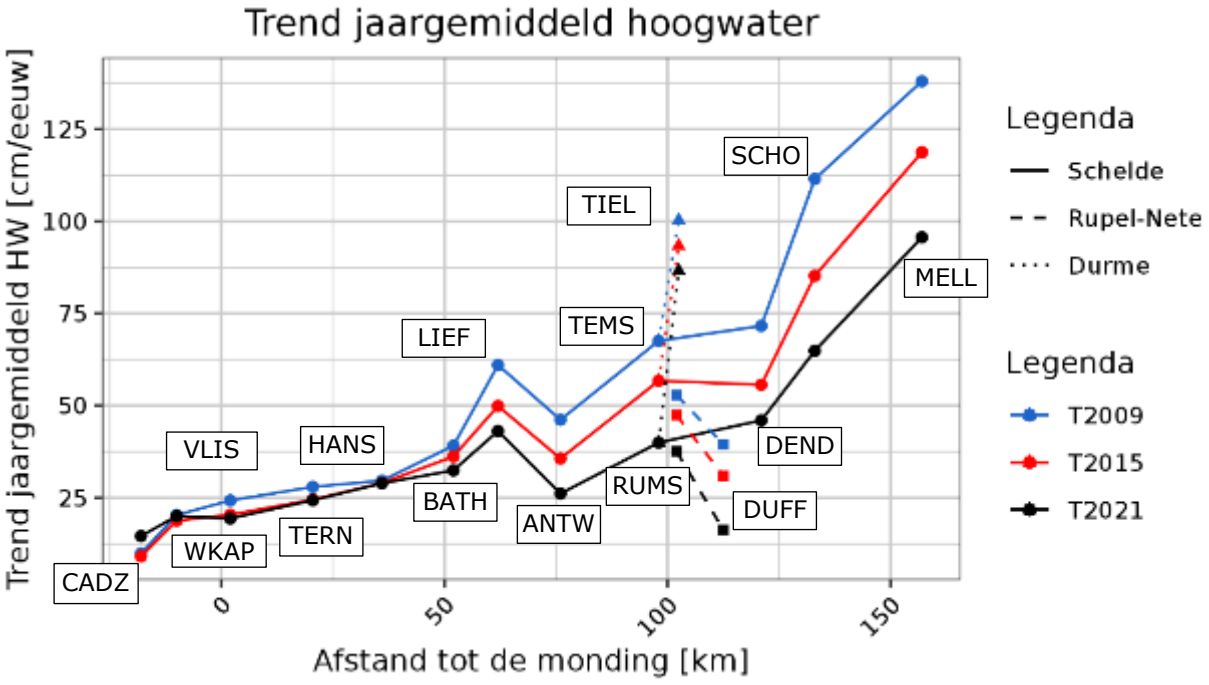
- Buiten het estuarium en in de monding van de Westerschelde is de trend licht stijgend en neemt voor Cadzand toe in T2021. Hierdoor is de trend meer in overeenstemming met die van omliggende stations. Voor de andere stations buiten het estuarium en in de monding verandert de trend niet.
- De trend in de jaargemiddelde hoogwaterstanden in de Westerschelde is stijgend en de trends zijn voor alle stations nagenoeg gelijk aan die in T2015. Enkel voor station Bath liggen de hoogwaterstanden de laatste jaren onder de trend, waardoor deze iets afzwakt. De T2021 trendparameter in de Westerschelde neemt toe het estuarium in: van 20 cm/eeuw bij Westkapelle tot 32 cm/eeuw bij Bath.
- Voor de Zeeschelde zijn de stijgende trends in de jaargemiddelde hoogwaterstanden duidelijk lager dan in T2009 en T2015. Hierbij vallen vooral de stations Schoonaarde en Melle diep in het estuarium op. Sinds het jaar 2000 lijkt er sprake te zijn van een afvlakking van de jaargemiddelde hoogwaterstanden. Voor de stations Antwerpen, Temse en Tielrode wordt dit ondersteund door waarden die buiten het predictie-interval vallen.

Tabel 3-4: De stijging van het jaargemiddelde hoogwater in de belangrijkste meetstations in het Schelde-Estuarium van de monding naar de randen van het getijdegebied. Trendparameters worden uitgedrukt in cm/eeuw, waarbij er geen sprake is van extrapolatie, maar slechts van de trendparameter sinds de laatste trendbreuk.

Bekken	**Station**	**Periode sinds trendbreuk**	**HW stijging T2009**	**HW stijging T2015**	**HW stijging T2021**
[-]	[-]	[-]	[cm/eeuw]	[cm/eeuw]	[cm/eeuw]
Monding	Cadzand	1966-2021	10	9	15
Monding	Westkapelle	1954-2021	21	19	20
Westerschelde	Vlissingen	1965-2021	24	20	19
Westerschelde	Terneuzen	1960-2021	28	25	24
Westerschelde	Hansweert	1960-2021	30	29	29
Westerschelde	Bath	1975-2021	39	36	32
Zeeschelde	Liefkenshoek	1975-2021	61	50	43
Zeeschelde	Antwerpen	1974-2021	46	36	26
Zeeschelde	Temse	1974-2021	68	57	43
Zeeschelde	Dendermonde	1974-2021	72	56	46
Zeeschelde	Schoonaarde	1971-2021	112	85	65
Zeeschelde	Melle	1974-2021	138	119	96
Rupel-Nete	Rumst	1975-2021	53	47	38
Rupel-Nete	Duffel-Sluis	1975-2021	40	31	16
Durme	Tielrode	1901-2021	100	93	87

*Tabel 3-5: De stijging van het jaargemiddelde hoogwater in de overige meetstations (n.s. = niet significant). * Voor Vlakte van de Raan en Breskens Veerhaven worden significante trends berekend, maar het kan niet worden vastgesteld dat het regressiemodel een adequate beschrijving van deze korte reeksen geeft.*

Waterloop	Station	Periode sinds trendbreuk	HW stijging T2009	HW stijging T2015	HW stijging T2021
[-]	[-]	[-]	[cm/eeuw]	[cm/eeuw]	[cm/eeuw]
Noordzee	Europlatform	1983-2021	n.s.	n.s.	n.s.
Noordzee	Vlakte van de Raan	1996-2021	n.s.	n.s.*	n.s.*
Westerschelde	Baalhoek	1996-2021	n.s.	n.s.	n.s.
Westerschelde	Gat van Borssele	1996-2021	n.s.	n.s.	n.s.
Westerschelde	Breskens Veerhaven	1996-2021	n.s.	n.s.*	n.s.*
Westerschelde	Overloop van Hansweert	1996-2021	n.s.	n.s.	n.s.
Westerschelde	Schaar van de Noord	1996-2021	n.s.	n.s.	n.s.
Westerschelde	Walsoorden	1996-2021	n.s.	n.s.	n.s.
Zeeschelde	Hemiksem	1981-2021	45	27	n.s.
Zeeschelde	Kallosluis	1982-2021	53	40	29
Benedennete	Lier-Molburg	1981-2021	47	24	16
Dijle	Mechelen-Benedensluis	1981-2021	36	25	16
Zeeschelde	Prosperpolder	1974-2021	64	48	42
Zeeschelde	Sint-Amands	1974-2021	56	33	20



Figuur 3-12: Stijging jaargemiddeld hoogwater in cm/eeuw voor alle belangrijke stations als functie van de afstand tot de monding in T2021 vergeleken met T2009 en T2015.

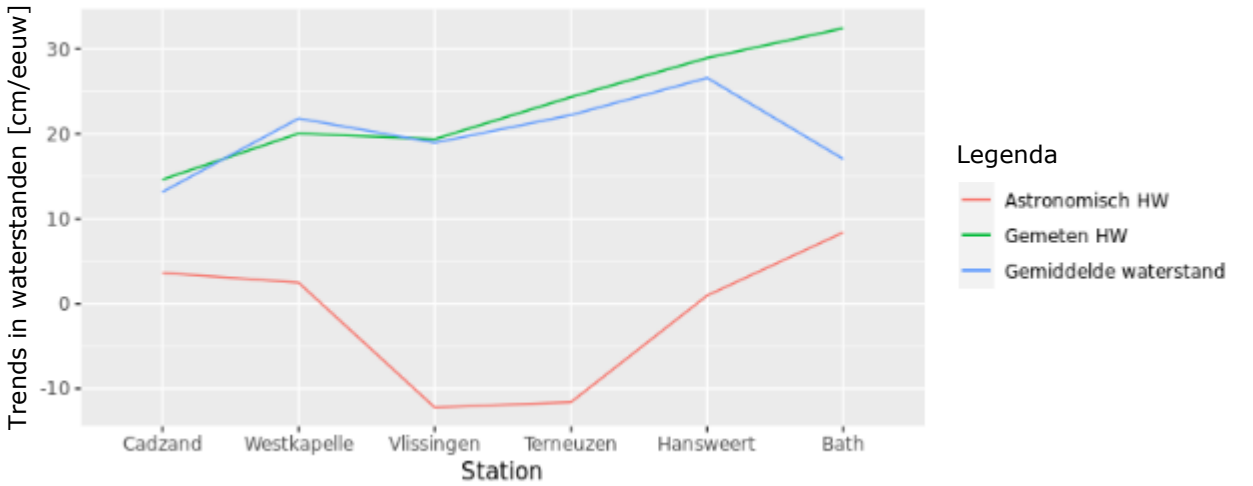
Uitsplitsing trend jaargemiddeld hoogwater in trend jaargemiddelde waterstand en trend astronomisch hoogwater

De gevonden trends in de jaargemiddelde hoogwaterstanden kunnen enerzijds een gevolg zijn van zeespiegelstijging. Anderzijds kunnen de trends gerelateerd zijn aan veranderingen in de getijslag ofwel het astronomisch hoogwater. In T2009 en T2015 is de trend in het jaargemiddelde hoogwater daarom uitgesplitst in (i) de trend in de jaargemiddelde waterstand (als indicator voor de zeespiegelstijging) en (ii) de trend in het jaargemiddelde astronomisch hoogwater. De trends het astronomisch hoogwater en de zeespiegelstijging worden in detail besproken in paragrafen 3.6.1 en 3.6.6. De vergelijking van de trends is weergegeven in Figuur 3-13 en Tabel 3-6.

Tabel 3-6: Vergelijking stijging jaargemiddelde waterstand (h_{gem}), astronomisch jaargemiddeld hoogwater (HW_{astro}) en gemeten jaargemiddeld hoogwater (HW) (n.s. = trend niet-significant).

Station	Trends T2009 [cm/eeuw]			Trends T2015 [cm/eeuw]			Trends T2021 [cm/eeuw]		
	h_{gem}	HW_{astro}	HW	h_{gem}	HW_{astro}	HW	h_{gem}	HW_{astro}	HW
Cadzand	10	3 (n.s.)	10	9	3 (n.s.)	9	13	4	15
Westkapelle	24	5	20	20	3	19	22	2	20
Vlissingen	19	-*	24	19	-14	20	19	-12	19
Terneuzen	23	-*	28	22	-14	25	22	-12	24
Hansweert	25	6 (n.s.)	30	26	3 (n.s.)	29	27	1 (n.s.)	29
Bath	17	16	39	15	15	36	17	8	32

* Reeks te kort om een trendanalyse uit te voeren



Figuur 3-13: Vergelijking tussen de trends van de jaargemiddelde waterstand (blauw), astronomisch jaargemiddeld hoogwater (rood) en gemeten jaargemiddeld hoogwater (groen). De trend in de astronomische hoogwaterstand te Hansweert is niet significant, maar is omwille van de consistentie wel geplot.

Voor stations Vlissingen en Terneuzen valt op dat de astronomische hoogwaters een negatieve trend kennen. Zoals beschreven in paragraaf 3.6.1 wordt dit veroorzaakt door een afname van de amplitudes van belangrijke getijcomponenten zoals M2 en S2. De zeespiegelstijging is met respectievelijk 19 en 22 cm/eeuw voor Vlissingen en Terneuzen gelijk aan de trend voor de periode t/m 2015. Voor de gemeten hoogwaterstanden zet de stijgende trend zich bijna onverminderd door ten opzichte van T2015. In vergelijking met T2009 is de stijging kleiner. De afname in astronomische hoogwaterstanden wordt dus

(nog) niet gereflecteerd in een duidelijk lagere trend in gemeten hoogwaterstanden. Toch is ook voor de gemeten hoogwaterstanden mogelijk sprake van een trendbreuk, dat wil zeggen, een minder grote stijging van de gemeten hoogwaterstanden. Tussen 1995 en 2021 is er namelijk niet meer duidelijk sprake van dezelfde stijging (enige stabilisatie), zover dit zichtbaar is gegeven de 18,6-jarige cyclus (Figuur 3-5). Een mogelijke trendbreuk kan niet statistisch worden aangetoond vanwege de korte tijdreeks.

Bij station Bath is er zowel sprake van een stijging van de gemiddelde waterstand (17 cm/eeuw) als van een stijging van de astronomische hoogwaterstanden (8 cm/eeuw). De som van deze twee komt niet volledig overeen met de stijging van de gemeten hoogwaterstanden (32 cm/eeuw). In T2015 was de invloed van de zeespiegelstijging en de toename van de astronomische hoogwaterstanden op de gemeten hoogwaterstanden ongeveer even groot (zie Tabel 3-6). Met de toevoeging van de data tussen 2016-2021 is de invloed van de zeespiegelstijging iets groter geworden (de trend neemt toe van 15 naar 17 cm/eeuw) in vergelijking met de invloed van de astronomische hoogwaterstanden (de trend neemt af van 15 naar 8 cm/eeuw).

Voor de andere drie stations, Cadzand, Westkapelle en Hansweert is de trend in gemeten hoogwaterstanden bijna gelijk aan de zeespiegelstijging (de groene en blauwe lijn liggen dicht bij elkaar) en is de trend in de astronomische hoogwaterstanden klein (en statistisch niet significant).

Voor de Vlaamse stations kan de uitsplitsing niet worden gemaakt, omdat de gegevens van de harmonische componenten niet beschikbaar zijn.

3.2.2. 99e percentiel hoogwater

Definitie

Het 99e percentiel hoogwater gedurende het kalenderjaar is een 'proxy' voor de maximale waterstand (de hoogste in een kalenderjaar) en is benedenstrooms vooral het gevolg van windopzet in combinatie met springtij. Bovenstrooms kan het 99e percentiel hoogwater het gevolg zijn van een extreme afvoer. De rekenparameter is gedefinieerd als de waarde die jaarlijks door 1% (ofwel ongeveer 7) van de 707 hoogwaters wordt overschreden. Deze parameter wordt minder door de meteorologische variabiliteit beïnvloed dan de maximale waterstand (de hoogste hoogwaterstand per jaar). Het is daarom een geschiktere rekenparameter voor de Toetsparameter Hoogwater dan de jaarlijkse maximale waterstand. Logischerwijs is de parameter wel veel gevoeliger voor weersinvloeden dan de jaargemiddelde hoogwaterstand. In paragraaf 3.6.5 wordt verder ingegaan op meteorologische invloeden (via de beschouwing van de stormopzet als verklarende parameter).

Data

De tijdreeksen van de gemeten hoogwaters zoals beschreven in paragraaf 3.2.1 vormen de basis voor het bepalen van het 99e percentiel hoogwater. De reeksen uit T2015 reeksen zijn uitgebreid met de waarden voor de jaren 2016-2021. Hierbij is het 99e percentiel hoogwater voor een jaar bepaald als het 99e percentiel van alle hoogwaters van dat jaar. Deze bepaling is gedaan middels de R-functie 'quantile'. Net als bij de jaargemiddelde hoogwaters is ten behoeve van de betrouwbaarheid een jaar enkel meegenomen als 75% of meer van de tijdreeks waarden beschikbaar zijn. Alle jaarlijkse 99e percentiel hoogwaters zijn uitgedrukt in cm+NAP voor de Nederlandse stations (met uitzondering van station Europlatform, waarvan de data zijn uitgedrukt in cm+MSL) en in cm+TAW voor de Vlaamse stations.

Voor de belangrijkste stations in de Westerschelde (zie paragraaf 3.2.1) is de beschikbare reeks 99e percentiel hoogwater even lang als de reeks jaargemiddelde hoogwaterstanden. In de Zeeschelde is station Schelle station. Deze is derhalve niet geanalyseerd.

Methode

De trendanalyse van de jaarlijkse 99e percentiel hoogwaters gebeurt conform de evaluatiemethodiek op basis van het onderstaande regressiemodel:

$$HW_{99\%}(t) = b_{HW99\%} + m_{HW99\%}t + \varepsilon_{HW99\%}(t)$$

In deze formule is $HW_{99\%}(t)$ het 99e percentiel hoogwater in jaar t, $b_{HW99\%}$ een constante, $m_{HW99\%}$ de lineaire regressiecoëfficiënt (trendparameter) en $\varepsilon_{HW99\%}$ het residu in jaar t. De nodale getijcyclus is niet te onderscheiden in de 99e percentiel hoogwaters en komt derhalve niet terug in het regressiemodel.

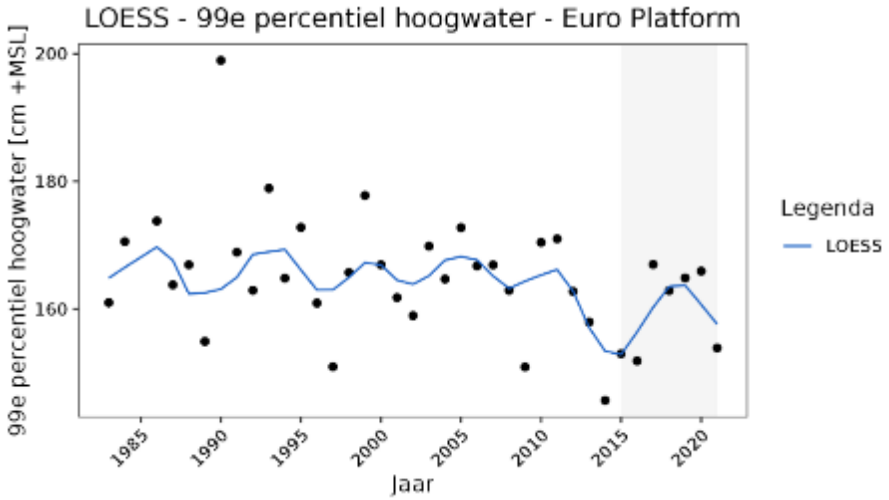
De regressie-analyse en de visualisatie van de resultaten is vergelijkbaar met die voor de jaargemiddelde hoogwaterstanden (paragraaf 3.2.1). De analyses zijn uitgevoerd voor de data tot en met 2009, tot en met 2015 en tot en met 2021. Bij een statistisch significante trendparameter wordt het resultaat van de trendanalyse getoond. Vervolgens wordt nagegaan of waarden uit de periode 2016-2021 buiten het predictie-interval uit T2015 vallen. Bij niet-significante trends worden de 99e percentielwaarden weergegeven met een LOESS filter met een spanwijdte van 6 jaar.

Analyse

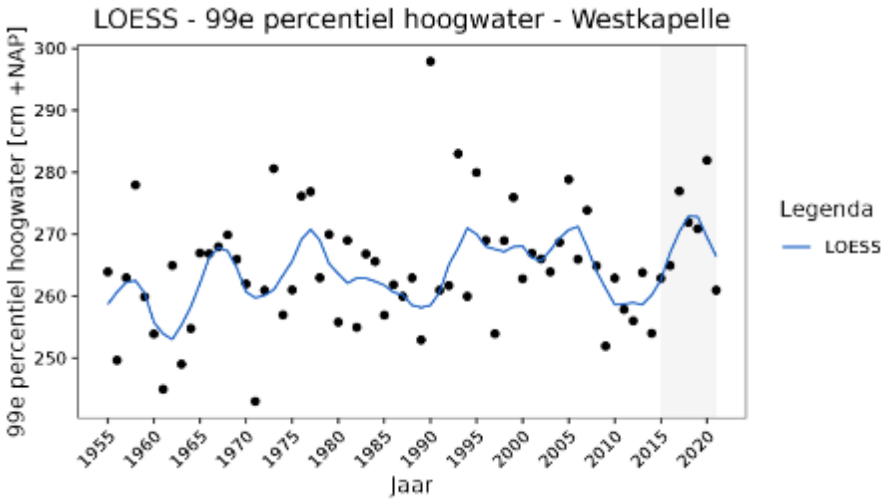
Buiten het estuarium en in de monding
Beschouwd zijn de stations Europlatform, Vlakte van de Raan, Westkapelle en Cadzand. Uit de T2015 analyse volgde dat voor geen van de stations het regressiemodel de 99e percentiel hoogwaterstanden adequaat beschrijft.

Bij Europlatform lijkt er sprake van een lichte daling van de 99e percentiel hoogwaterstanden over de tijd (Figuur 3-14). Hier lijkt geen sprake van te zijn bij de andere drie stations. In T2015 viel op dat de waarden bij de stations buiten het estuarium en in de monding in de periode 2009-2015 gemiddeld lager waren dan voorheen (orde 10 cm). Voor de jaren 2016-2021 zijn de waarden weer hoger (dezelfde orde 10 cm). Wat opvalt is dat voor de drie stations Vlakte van de Raan, Westkapelle en Cadzand een relatief hoge waarde in 2020 t.o.v. de omliggende jaren wordt geregistreerd (zie Figuur 9-50, Figuur 3-15 en Figuur 9-52); voor station Europlatform is de waarde echter niet opvallend hoog. In 2020 is de 99e percentiel scheve stormopzet te Vlissingen ook relatief hoog (zie paragraaf 3.6.5). Dit kan daarmee een verklaring zijn voor de hoge waarden van de 99e percentiel hoogwaterstand in dat jaar.

Merk op dat station Europlatform veel noordelijker ligt dan Vlakte van de Raan. De stormopzet bij Vlissingen is dus een minder geschikte indicator voor hoogwaterstanden bij Europlatform dan voor hoogwaterstanden bij de andere drie stations buiten (aan de rand van) het estuarium.



Figuur 3-14: Datapunten van de 99e percentiel hoogwaterstanden voor Europlatform voor de periode van 1983-2021 en een LOESS filter met spanwijdte van 6 jaar.



Figuur 3-15: Datapunten van de 99e percentiel hoogwaterstanden voor Westkapelle voor de periode van 1955-2021 en een LOESS filter met spanwijdte van 6 jaar.

Westerschelde

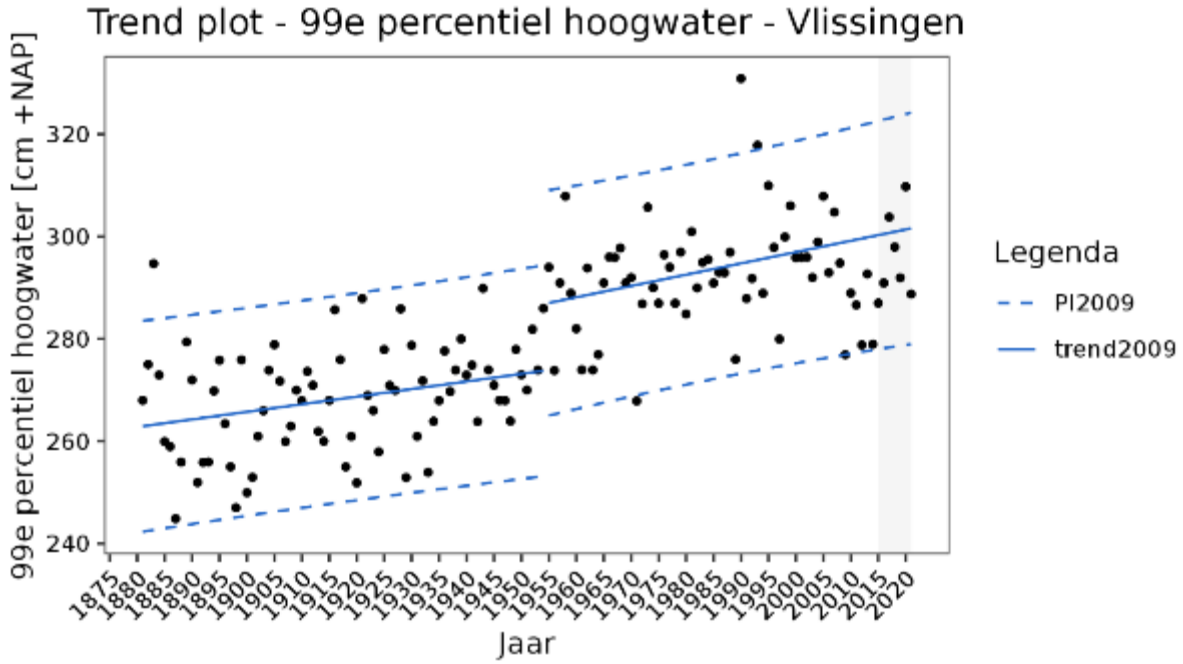
In T2015 is geconstateerd dat voor de belangrijkste stations in de Westerschelde (Vlissingen, Terneuzen, Hansweert en Bath) in de periode 2009-2015 de 99e percentiel hoogwaterstanden lager waren dan in de jaren daarvoor en dat de T2015 trends afweken van de T2009 trends. Hetzelfde is geconstateerd voor de stations buiten het estuarium en in de monding. Het leidde er ook toe dat voor alle stations de regressiemodellen met stijgende trends, die voor de data tot en met 2009 nog significant waren, niet meer significant waren voor de data tot en met 2015. Derhalve kan er conform de evaluatiemethodiek geen formele evaluatie plaatsvinden van deze stations ten opzichte van T2015. De grafieken in dit rapport voor de belangrijkste stations tonen de trends en bijbehorende predictie-intervallen voor de data tot en met 2009.

Voor station Vlissingen zijn de waarden van de 99e percentiel hoogwaterstanden in de periode 2016-2021 op het oog weer in lijn met de trend uit T2009 (Figuur 3-16). Dat doet vermoeden dat de lage waarden in de periode 2009-2015 (en dan met name de jaren 2009, 2012 en 2014) niet werden veroorzaakt door een trendbreuk. Met de toevoeging van de data t/m 2021 is de trendparameter alsnog *niet* significant. Voor de stations Terneuzen (Figuur 9-59) en Bath (Figuur 9-65) kan hetzelfde worden geconcludeerd; de waarden in de periode 2016-2021 zijn hoger dan in de periode 2009-2015, maar er kan geen significante trend worden vastgesteld sinds de laatste trendbreuk.

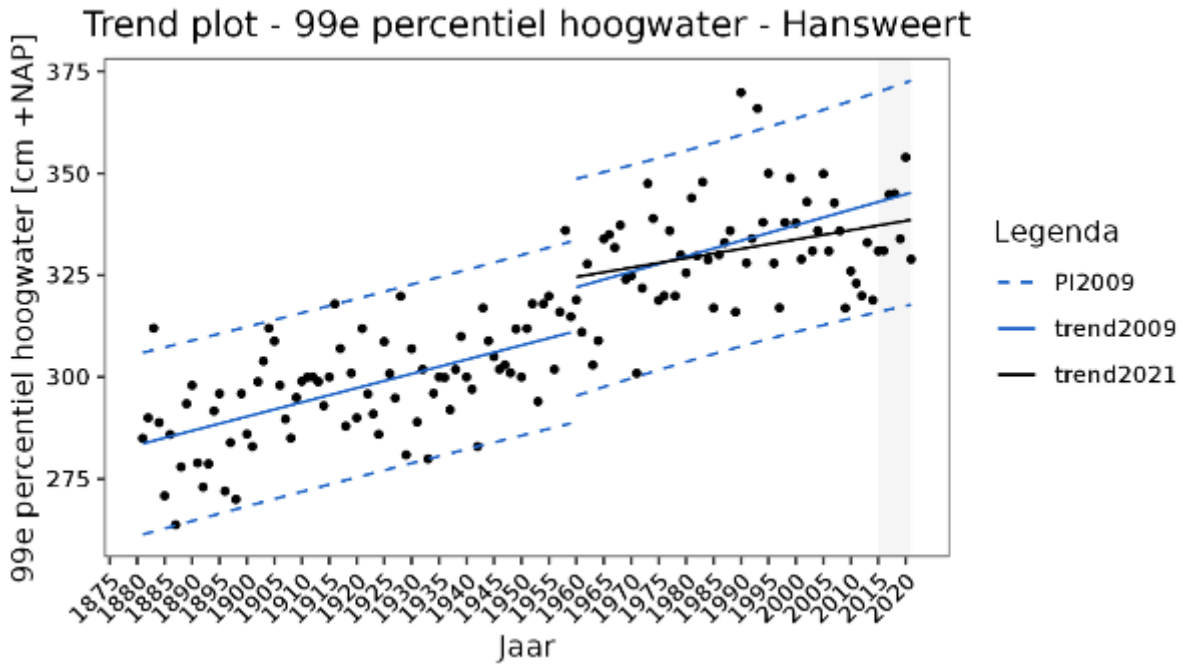
Voor station Hansweert zorgt de toevoeging van de data uit de periode 2016-2021 ervoor dat de trendparameter significant is. De trend is zwakker dan die voor de data t/m 2009, maar dat wordt grotendeels veroorzaakt door de lagere waarden in de periode 2009-2015 (Figuur 3-17).

Net als bij de stations buiten het estuarium en in de monding valt op dat in 2020 de 99e percentiel hoogwaterstanden voor alle stations in de Westerschelde hoog waren (zie ook de figuren in Bijlage A.2). Dit kan worden verklaard door de hoge waarde van het 99e percentiel stormopzet (zie paragraaf 3.6.5).

Grafieken van de reeksen, de LOESS filters en de regressiemodellen voor alle stations in de Westerschelde staan in Bijlage A.2.



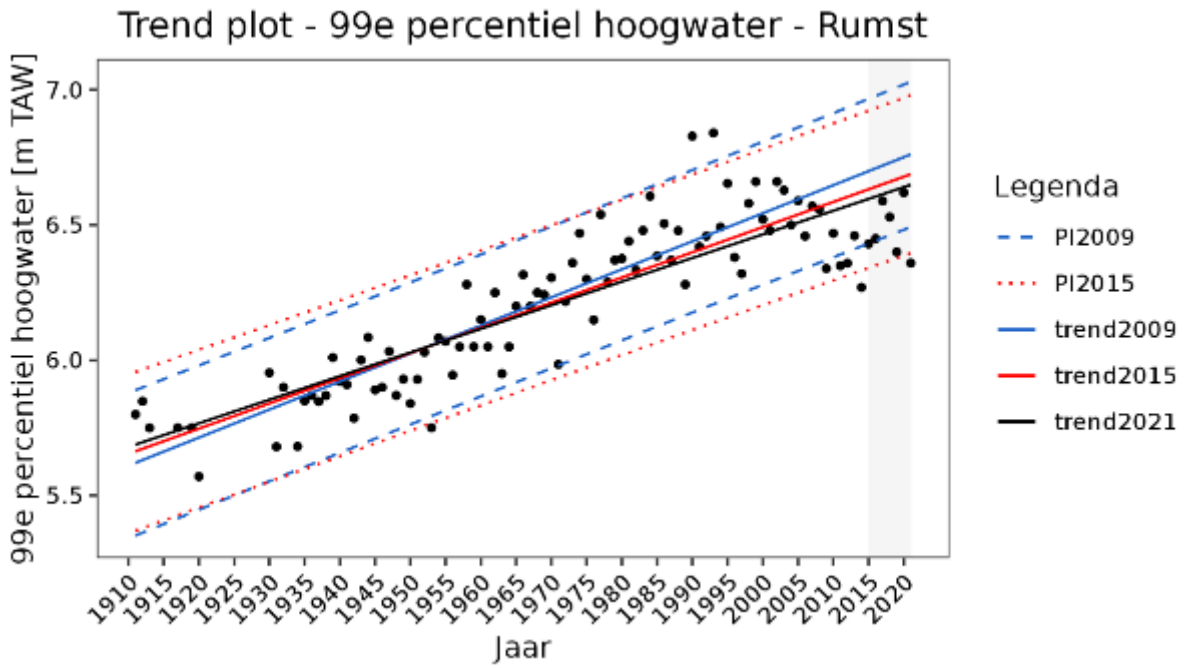
Figuur 3-16: Resultaten trendanalyse van de 99e percentiel hoogwaterstanden bij Vlissingen met de trends tot en met 2009 (met een voorspelling tot en met 2021) en het bijbehorende predictie-interval. Trendbreuk in 1955.



Figuur 3-17: Resultaten trendanalyse van de 99e percentiel hoogwaterstanden bij Hansweert met de trends tot en met 2009 (met bijbehorend predictie-interval) en 2021. Trendbreuk in 1960.

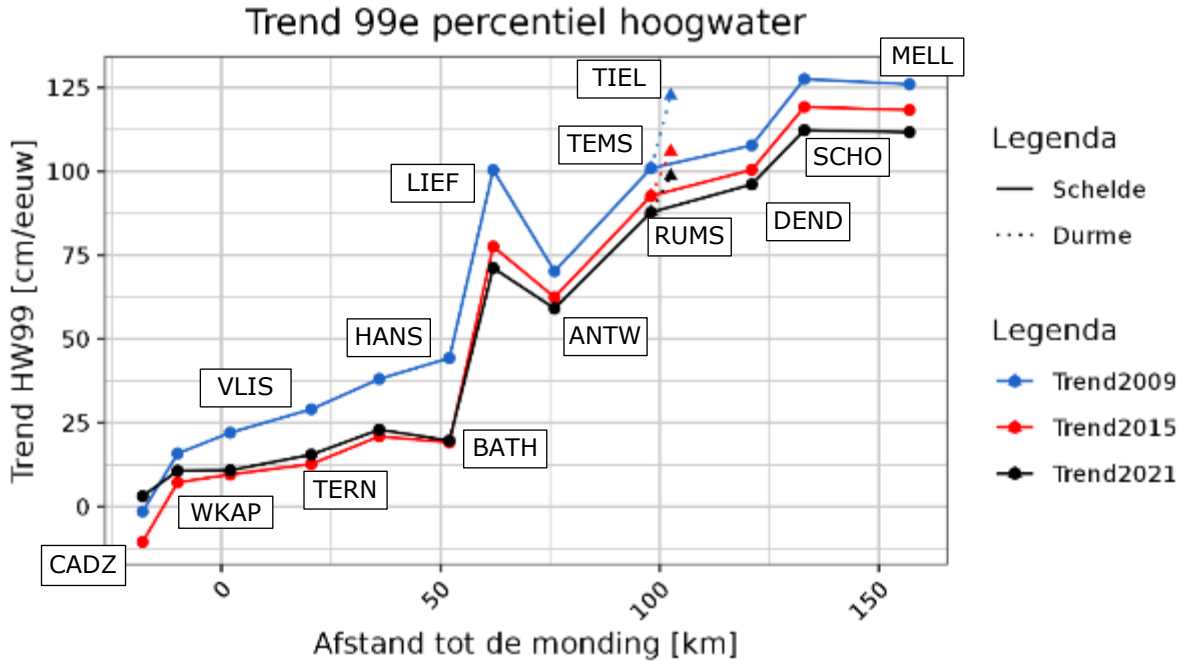
Zeeschelde

In de Zeeschelde kunnen voor de stations met een lange meetreeks statistisch significante trends worden vastgesteld, onder andere voor station Rumst. Figuur 3-18 laat zien dat de waarden sinds 2000 lager liggen dan verwacht en dat de huidige trendmatige stijging iets lager is. De waarde van het jaar 2021 valt bovendien buiten het predictie-interval van T2015. Dit is een mogelijke indicatie voor een trendbreuk. Een enkele waarneming onder de ondergrens van het predictie-interval kan gerelateerd zijn aan een eenmalige afname van de extreme afvoer. Echter, we zien ook voor alle hoofdstations een ogenschijnlijke stabilisatie van de 99^{e} percentiel hoogwaters sinds 2000 (zie figuren in Bijlage A.2). Deze stabilisatie is ook waargenomen in de jaargemiddelde hoogwaterstanden (zie par. 3.2.1). Deze ontwikkeling wordt geëvalueerd in het evaluatierapport van T2021. In Bijlage A.2 staan voor alle stations in de Zeeschelde de grafieken van de reeksen en de regressiemodellen.



Figuur 3-18: Resultaten trendanalyse van de 99^{e} percentiel hoogwaterstanden bij Rumst met de trends tot en met 2009 (met bijbehorend predictie-interval), 2015 en 2021.

Figuur 3-19 geeft voor de belangrijkste stations een overzicht van de trends in de 99^{e} percentiel hoogwaterstanden (ongeacht het feit dat enkele van deze trends niet statistisch significant zijn). Dit laat (nogmaals) zien dat de trends in 99^{e} percentiel hoogwaterstanden niet sterk veranderd zijn t.o.v. T2015. Dit met de kanttekening dat door de lange meetreeksen trendwijzigingen beperkt zichtbaar worden.



Figuur 3-19: Overzicht van de trends in de 99e percentiel hoogwaterstanden bij de belangrijkste meetstations in het estuarium. Duffel-Sluis is niet opgenomen vanwege de korte meetreeks en de gevoeligheid voor uitschieters daardoor.

3.3. Toetsparameter Golven

De toetsparameter Golven heeft als doel te laten zien hoe veranderingen in het systeem, vooral die in de bathymetrie, van invloed zijn op de golfwerking. De T2015-rapportage beschrijft de trend in de rekenparameters jaargemiddelde significante golfhoogte, de jaarlijkse cumulatieve verdeling van de significante golfhoogte en spectrale golfperiode. De algehele conclusie in T2015 was, dat er voor geen enkel station een significante trend in de golfhoogte bestaat.

De maximale golfhoogte wordt zeer sterk beïnvloed door meteorologie en verschaft minder informatie over eventuele veranderingen in het systeem. De evaluatiemethodiek schrijft daarom voor dat de toetsparameter Golven wordt bepaald door de rekenparameters jaargemiddelde significante golfhoogte (§3.3.1), jaarlijkse cumulatieve verdelingen van de significante golfhoogte (§3.3.2) en spectrale golfperiode (§3.3.3). De spectrale golfperiode is toegevoegd aan T2021, omdat ook de golfperiode een effect heeft op de veiligheid van dijken en in havengebieden. Langere golven zorgen namelijk voor meer golfoploop en golfoverslag.

3.3.1. Jaargemiddelde significante golfhoogte

Definitie

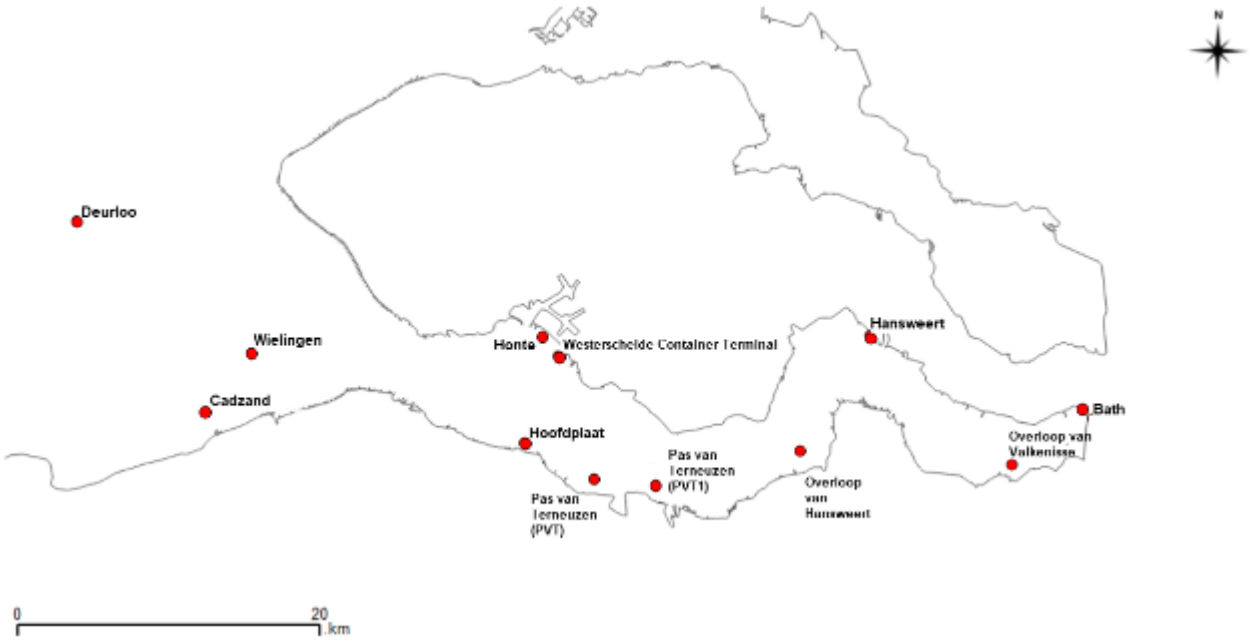
De jaargemiddelde significante golfhoogte is het rekenkundig gemiddelde van de significante golfhoogte H_s ofwel $H_{1/3}$ over de periode van een kalenderjaar. De significante golfhoogte is de gemiddelde hoogte van het hoogste één-derde deel van de golven. In de Westerschelde en in de monding meten boeien, waveriders en golfbakens de golfhoogtes. Data worden met een bepaalde frequentie ingewonnen en na bewerking weggeschreven als halfuurwaarde. Uit het hoogste één-derde deel van de amplitudes

(amplitude is de helft van de golfhoogte) wordt het gemiddelde bepaald. De significante golfhoogte is het dubbele van deze waarde.

Data

In de T2015-rapportage zijn trendanalyses uitgevoerd op basis van halfuurlijkse waarden van de significante golfhoogte van 7 meetstations. Voor 6 van deze stations zijn ook halfuurlijkse waarden beschikbaar in het tijdvak 2016-2021. Station Hoofdplaat is gestopt in 2016. In aanvulling op de stations geanalyseerd in de T20150-rapportage, zijn vanaf 2009 halfuurlijkse waarden beschikbaar voor de golfstations Honte (HNTE), Overloop van Hansweert (OVHW) en Overloop van Valkenisse (OVVA). Tot 2009 zijn data beschikbaar van station Westerschelde Container Terminal (WCT1).

Tabel 3-7 bevat informatie over de beschikbaarheid van data voor de actieve en voormalige golfstations in de Westerschelde en in de monding. De meetreeksen zijn niet langer dan 25 jaar (1997-2021).
De locaties van de stations zijn in Figuur 3-20 weergegeven.



Figuur 3-20: Locaties van de golfstations

Een jaar is enkel beschouwd in de analyse indien 75% of meer van de halfuurlijkse waarden van dat jaar beschikbaar zijn (conform de werkwijze in T2009 en T2015). In het jaar 2018 zijn de golfstations in de zomerperiode enkele maanden niet in functie geweest[12]. Derhalve geldt voor alle golfstations dat er in 2018 onvoldoende gegevens zijn. Alle jaargemiddelde golfhoogten zijn uitgedrukt in cm.

[12] Dit volgt uit de data en is bevestigd door Rijkswaterstaat - Hydro Meteo Centrum

Tabel 3-7: Beschikbaarheid gegevens golfmeetstations monding en Westerschelde

Station	Code	Data T2015	Data T2021	Opmerking
Deurloo	DEUR	1997-2015	1997-2021	
Cadzand	CADW	1997-2015	1997-2021	
Wielingen	WIEL	1997-2015	1997-2021	
Westerschelde Container Terminal	WCT1	1997-2008	-	In 2008 verplaatst naar locatie Honte
Hoofdplaat	HFPL	1998-2015	-	Station buiten werking gesteld in 2016
Pas van Terneuzen	PVT1	2001-2013	-	In 2008 verplaatst naar locatie Pas van Terneuzen (PVT)
Pas van Terneuzen	PVT	-	2009-2021	
Hansweert	HAWI	1998-2015	1998-2021	
Bath	BAT2	2000-2015	2000-2021	Meetstation vervangen in 2011
Honte	HNTE	-	2009-2021	
Overloop van Hansweert	OVHW	-	2009-2021	Data vanaf 2009 i.p.v. 2012 zoals gerapporteerd in T2015
Overloop van Valkenisse	OVVA	-	2009-2021	Data vanaf 2009 i.p.v. 2012 zoals gerapporteerd in T2015

Opmerkingen bij de golfmeetstations
Het station Honte (HNTE) ligt buiten de Sloehaven (RD coördinaten 36750, 385000) en is een opvolger van WCT1 (RD coördinaten 38185, 383481). Op 30-10-2008 is het station verplaatst en kwam dichter bij de haveningang te liggen. We hebben getoetst (met een equivalentie-toets; twee-eenzijdige-t-toets) of verondersteld kan worden dat de gegevens van deze twee stations gezamenlijk een continue reeks geven. Echter, dit kan niet statistisch significant worden vastgesteld. Ook visueel laten de reeksen voor en na de verplaatsing (kleine) verschillen zien: het gemiddelde en de variantie zijn iets hoger op locatie Honte. Derhalve worden in deze rapportage enkel de golfhoogtes na de verplaatsing beschouwd.

Op 30-10-2008 is het station Pas van Terneuzen verplaatst in de richting van de monding (PVT1 werd PVT). Met eenzelfde analyse als bij WCT1 en Honte is geanalyseerd of het verondersteld kan worden dat de reeksen voor en na de verplaatsing continu zijn. Dit blijkt niet het geval. De gegevens laten met name een significant verschil in golfperiode (niet weergegeven) zien in de periodes voor en na de verplaatsing. In deze rapportage worden derhalve enkel de golfhoogtes na de verplaatsing beschouwd.

Voor het station Overloop van Valkenisse (OVVA) is opgemerkt dat er, kort na het in bedrijf komen van het station in 2009, veel pieken in de reeks aanwezig zijn[13]. Deze pieken zijn mogelijk veroorzaakt doordat de boei diverse malen is aangevaren. Er lijkt inderdaad sprake van relatief hoge jaargemiddelde significante golfhoogtes in 2008-2010 (zie Figuur 9-88), maar de verschillen in de cumulatieve verdelingen (zie Figuur 9-97) zijn klein.

We merken nog op dat de meetinstrumenten geen onderscheid maken tussen windgeïnduceerde golven en scheepsgolven. Trends kunnen dus worden beïnvloed door een toename van het aantal passerende schepen.

[13] Dit volgt uit de data en is bevestigd door Rijkswaterstaat - Hydro Meteo Centrum

Methode

De evaluatiemethodiek schrijft een statistische analyse van de jaargemiddelde significante golfhoogtes voor waarin rekening wordt gehouden met een lineaire trend. In formulevorm is het regressiemodel voor de significante golfhoogtes als volgt:

$$H_{sig}(t) = b_{Hsig} + m_{Hsig}t + \varepsilon_{Hsig}(t)$$

In deze formule is $H_{sig}(t)$ de jaargemiddelde significante golfhoogte in jaar t, b_{Hsig} een constante, m_{Hsig} de lineaire regressiecoëfficiënt (trendparameter) en ε_{Hsig} het residu in jaar t. In tegenstelling tot in T2015 worden de waarden van H_{sig} niet afgerond tot gehele centimeters, om ook kleinere verschillen inzichtelijk te maken.

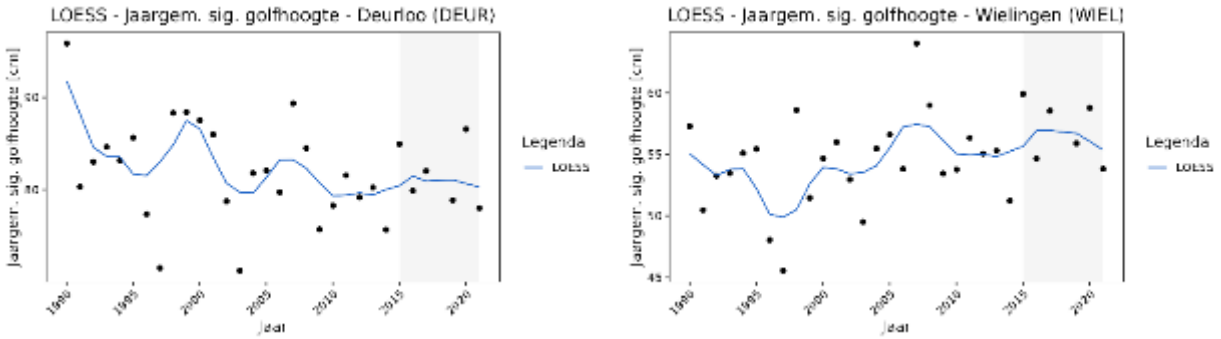
Enkel indien er een significante trend in de data voor een bepaald station kon worden aangetoond in T2015 kan er in T2021 een evaluatie plaatsvinden. Voor geen enkel station in T2015 werd echter een statistisch significante trend geobserveerd. Indien met de toevoeging van de data in de periode 2016-2021 wel een significante trend kan worden vastgesteld, wordt deze trend opgenomen in het regressiemodel, maar kan de ontwikkeling niet geëvalueerd worden.

Zie voor een uitgebreidere beschrijving van de methodologie omtrent de regressiemodellen en evaluatiecriteria de parameter Jaargemiddeld Hoogwater (paragraaf 3.2.1).

Analyse

Voor geen enkel station is in T2015 een statistisch significante trend geobserveerd, en alleen voor Bath in T2009. Dit wordt (mede) veroorzaakt door de grote spreiding in de jaargemiddelden (mogelijk door meteorologische fluctuaties) en de beperkte lengte van de meetreeks. Met de toevoeging van de data uit de periode 2016-2021 zijn er (in eerste instantie) geen nieuwe stations waarvoor een significante trend kan worden vastgesteld. Met het opleggen van een trendbreuk in 2011 in de meetreeks van Bath (BAT2) kan een statistisch significante trend worden vastgesteld. In de paragrafen hieronder worden de resultaten van de stations geanalyseerd. Behalve voor station Bath kan er dus geen formele analyse worden uitgevoerd conform de evaluatiemethodiek.

Buiten het estuarium en in de monding
De jaargemiddelde significante golfhoogte van de golfmeetstations Deurloo, Wielingen en Cadzand (CADW en CAWI) is vanaf 1997 bepaald. In T2015 is geen significante trend gevonden. Na toevoeging van de data tussen 2016 en 2021 is het regressiemodel ook niet significant. Er is geen duidelijke richting te herkennen in het verloop na 2015. Voor het station Wielingen (Figuur 3-21) liggen de waarden uit de periode 2016-2021 iets boven het gemiddelde van eerdere jaren. Het verloop van de metingen voor de drie stations komt vanaf 2015 goed overeen; de waarde in 2020 is het hoogst (overigens ook te zien bij de golfstations in de Westerschelde) (zie Figuur 3-21 en de figuren in Bijlage A.3).



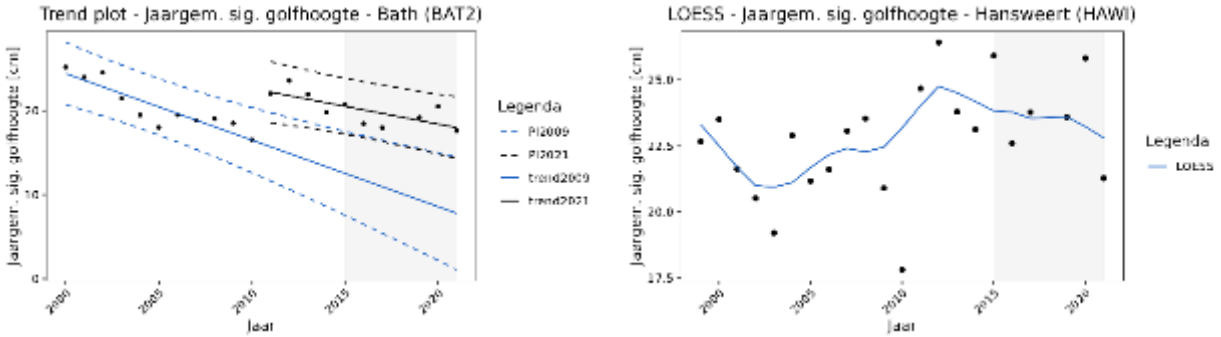
Figuur 3-21: Jaargemiddelde significante golfhoogte te Deurloo (links) en Wielingen (rechts).

Westerschelde

Voor Overloop van Valkenisse (noordoever), Honte (noordoever), Pas van Terneuzen (PVT, zuidoever), Hansweert (noordoever), Overloop van Hansweert (noordoever) en Bath zijn de jaargemiddelde golfhoogtes bepaald voor alle jaren in T2015 aangevuld met de periode 2016-2021. In T2015 zijn de stations Overloop van Valkenisse, Honte, Pas van Terneuzen en Overloop van Hansweert niet beschouwd. Deze stations worden nu wel beschouwd, omdat er een reeks van enige lengte beschikbaar is met het toevoegen van de data uit de periode 2016-2021.

In T2009 is voor station Bath een significante trend aangetoond. In 2011 is dit station verplaatst, waardoor er vermoedelijk een trendbreuk in de data ontstond. In T2015 lagen enkele datapunten buiten het predictie-interval (Figuur 3-22) en daarmee was er in T2015 ook geen sprake meer van een statistisch significante trend. De trendbreuk in 2011 wordt bevestigd met de toevoeging van de data uit de periode 2016-2021 aangezien deze goed aansluiten op de data vanaf 2011. Alle datapunten 2016-2021 zouden buiten het predictie-interval uit T2009 vallen. Daarom is in de huidige modelanalyse een trendbreuk opgelegd in 2011 en is voor de data van de periode 2011-2021 opnieuw een trendanalyse uitgevoerd. Deze trend is dalend en statistisch significant. Op het oog lijkt de trendmatige daling (ca. 5 cm in 10 jaar) kleiner te zijn dan tussen 2000 en 2010 (ca. 8 cm in 10 jaar).

De jaargemiddelde significante golfhoogte voor de andere stations in de Westerschelde laten iets hoger dan gemiddelde significante golfhoogtes zien in de periode 2016-2021 (zie Figuur 3-22 en Bijlage A.3). De temporele variatie in de waarden voor die andere stations in de Westerschelde is relatief klein.



Figuur 3-22: Jaargemiddelde significante golfhoogte te Bath (links) en Hansweert (rechts).

3.3.2. Cumulatieve verdeling van de significante golfhoogte

Definitie

De jaarlijkse cumulatieve verdeling van de significante golfhoogte is gedefinieerd als de empirische kansverdeling van alle halfuurswaarden in een kalenderjaar. Een grafiek van de jaarlijkse cumulatieve verdeling toont het percentage van de gemeten significante golfhoogtes dat een bepaalde waarde onderschrijdt in een gegeven jaar. De verdeling geeft het complete waardenbereik weer en niet alleen het jaargemiddelde. Het geeft daarmee inzicht in de spreiding van de significante golfhoogtes binnen een jaar.

Data

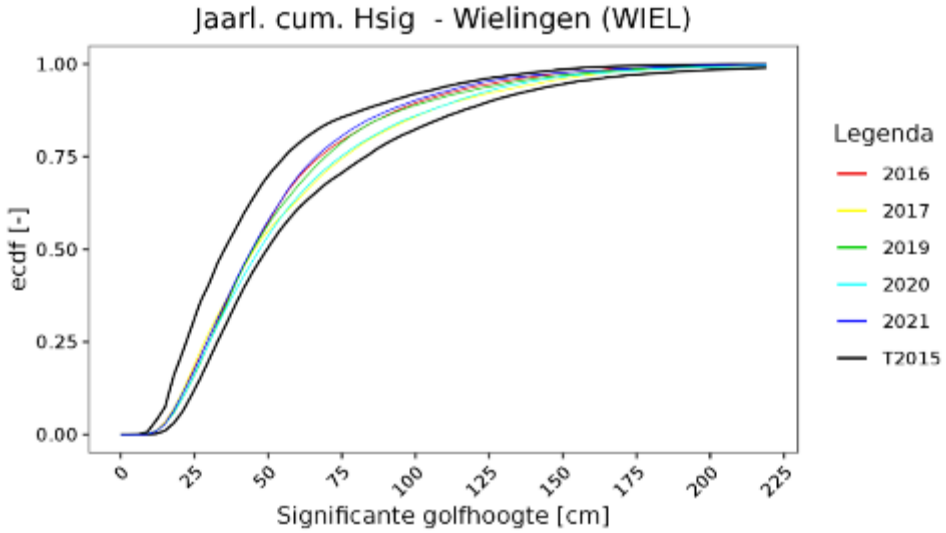
Voor de cumulatieve verdeling van de significante golfhoogtes worden dezelfde datareeksen en golfstations beschouwd als bij de bepaling van de jaargemiddelde significante golfhoogtes. Zie paragraaf 3.3.1 voor meer informatie hierover. Wederom wordt een jaar pas meegenomen wanneer minimaal 75% van de halfuurswaarden binnen een jaar beschikbaar zijn. Omdat in het jaar 2018 de golfstations inactief zijn geweest in de zomerperiode is er voor 2018 geen analyse uit te voeren.

Methode

Voor ieder individueel station is er voor elk jaar een cumulatieve verdeling opgesteld. Dit is een empirische bepaling. Voor de evaluatie wordt een cumulatieve verdeling vergeleken met de uiterste grenzen van de cumulatieve verdelingen in de periode t/m 2015 (oftewel T2015 voor de stations die in T2015 zijn meegenomen). Onder- of overschrijding van een van de uiterste grenzen geeft aan dat er in een jaar een duidelijk ander golfklimaat is geweest dan in alle voorgaande jaren. Dit kan bijvoorbeeld zijn het frequenter of minder frequent voorkomen van zeer hoge golven. Tevens kunnen alle cumulatieve verdelingen dicht tegen een van de grenzen aan liggen. Gezamenlijk met de analyse van de jaargemiddelde significante golfhoogte kan dit een indicatie zijn voor een veranderend golfklimaat. Als de cumulatieve verdelingen van de significante golfhoogte een grotere golfhoogte laten zien dan de referentiesituatie (bovenste grens T2015), wordt de parameter als negatief geëvalueerd. Vooral de hogere percentielen zijn van belang voor veiligheid.

Analyse

Buiten het estuarium en in de monding
Figuur 3-23 laat de grafiek met cumulatieve verdelingen en de uiterste grenzen uit de periode t/m 2015 voor Wielingen zien. Net als voor Deurloo en Cadzand geldt dat de verdelingen niet buiten de uiterste grenzen van T2015 vallen. In Bijlage A.4 staan de figuren van cumulatieve verdelingen voor alle golfmeetboeien.

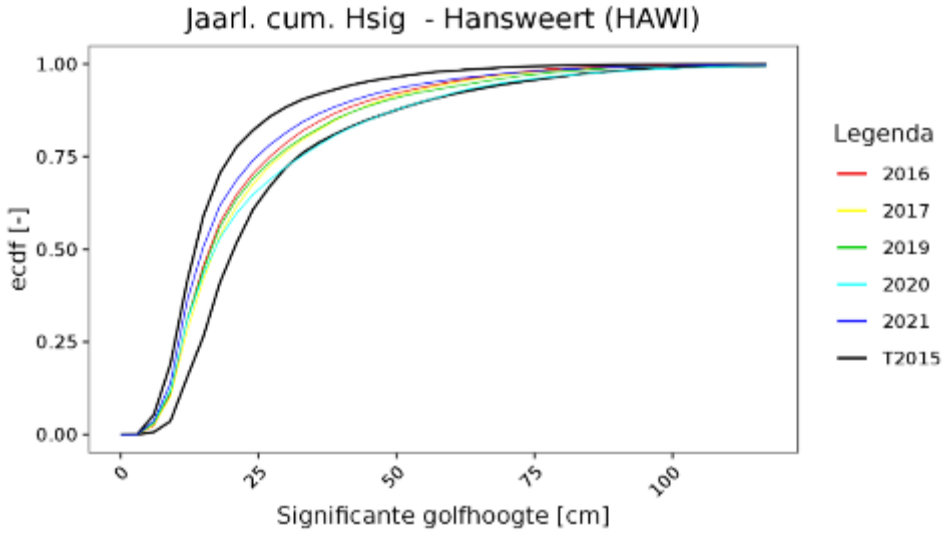


Figuur 3-23: Empirische cumulatieve verdeling (ecdf) ofwel onderschrijdingskans van de halfuurlijkse significante golfhoogtes binnen een jaar voor station Wielingen. De zwarte lijnen geven de uiterste grenzen aan van alle cumulatieve verdelingen t/m het jaar 2015.

Westerschelde

Voor meerdere golfstations overschrijdt de cumulatieve verdeling uit 2020 (cyaankleurige lijnen in de figuren) de uiterste bovengrenswaarde van de golfhoogte (de rechter zwarte curve), bijvoorbeeld bij Hansweert (Figuur 3-24). Dit duidt aan dat de golven in 2020 relatief hoog zijn geweest en dit is consistent met de hoge jaargemiddelde golfhoogte (zie Figuur 3-22) en eerder opgemerkte hoge stormopzet in dat jaar. Deze overschrijding komt ook voor in de bovenste percentielen (bij de hogere golfhoogtes).

Enkele stations (Honte, Overloop van Hansweert, Overloop van Valkenisse) kennen een kortere datareeks waardoor de uiterste grenzen op relatief weinig data zijn gebaseerd (zie Bijlage A.4). Daardoor is overschrijding van de uiterste grenzen waarschijnlijker. Bij de volgende evaluatie is ook voor die stations een langere reeks beschikbaar en liggen de uiterste grenzen verder uit elkaar (indien de cumulatieve verdelingen uit 2016-2021 voor over- of onderschrijding van de T2015 grenzen zorgen). Tot slot constateren we dat het jaar 2020 voor de genoemde stations een jaar is geweest met hoge golfhoogtes (vergelijkbaar met 2015).



Figuur 3-24: Empirische cumulatieve verdeling (ecdf) ofwel onderschrijdingskans van de halfuurlijkse significante golfhoogtes binnen een jaar voor station Hansweert. De zwarte lijnen geven de uiterste grenzen aan van alle cumulatieve verdelingen t/m het jaar 2015.

3.3.3. Cumulatieve verdeling van de spectrale golfperiode

Definitie

De jaarlijkse cumulatieve verdeling van de significante golfperiode $T_{m-1,0}$ is gedefinieerd als de empirische kansverdeling van alle halfuurswaarden in een kalenderjaar. Een grafiek van de jaarlijkse cumulatieve verdeling toont het percentage van de gemeten significante golfhoogtes dat een bepaalde waarde onderschrijdt in een gegeven jaar. De verdeling geeft het complete waardenbereik weer en niet alleen het jaargemiddelde. Het geeft daarmee inzicht in de spreiding van de significante golfperiodes binnen een jaar.
De spectrale gemiddelde golfperiode $T_{m-1,0}$ is de golfperiodemaat die van belang is voor de golfoploop en golfoverslag bij dijken en in havengebieden. De waarde van deze parameter wordt berekend uit het golfspectrum. In T2009 en T2015 is deze parameter niet geanalyseerd.

Data

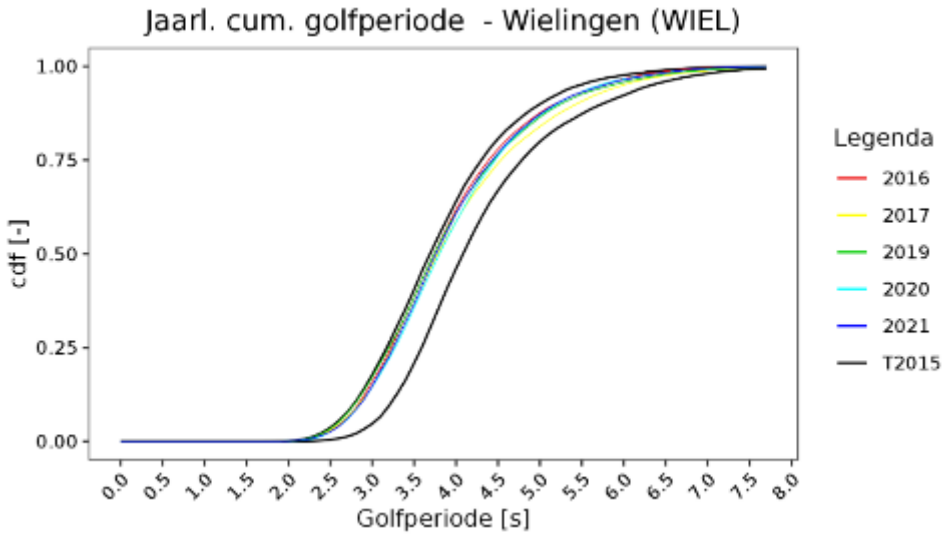
Op de golfstations in Tabel 3-7 worden ook de golfperioden bepaald met een interval van 30 minuten (spectrale golfperiode berekend uit het spectrum van het half uur). Zie paragraaf 3.3.1 voor meer informatie over de stations. Wederom wordt een jaar pas meegenomen wanneer minimaal 75% van de halfuurswaarden binnen een jaar beschikbaar zijn. Omdat in het jaar 2018 de golfstations inactief zijn geweest in de zomerperiode is er voor 2018 geen analyse uit te voeren.

Methode

Dezelfde methode wordt gevolgd als bij de bepaling van de cumulatieve verdelingen van de significante golfhoogte (paragraaf 3.3.2). Aan de hand van de cumulatieve verdelingen van de spectrale golfperiode t/m 2015, die nu in T2021 nieuw bepaald zijn, worden de uiterste grenzen bepaald. Als uit overschrijding van de uiterste grens blijkt dat de golven langer zijn geweest in het gegeven jaar, wordt deze parameter negatief geëvalueerd.

Buiten het estuarium en in de monding

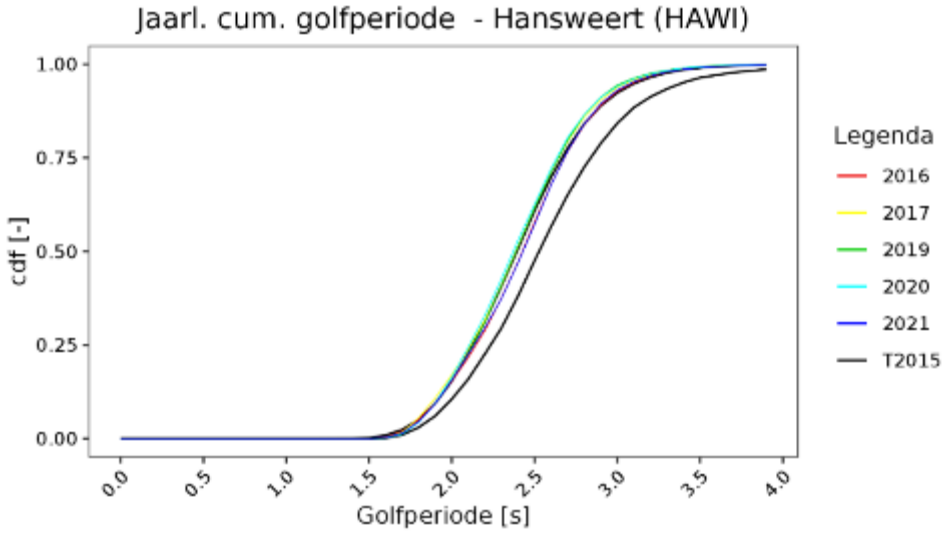
De cumulatieve verdelingen van de golfperioden voor station Wielingen (Figuur 3-25) en de stations Cadzand en Deurloo (Bijlage A.5) laten zien dat de golfperiodes in de jaren 2016 t/m 2021 relatief laag zijn in vergelijking met eerdere jaren. De cumulatieve verdelingen liggen relatief dicht tegen de ondergrens aan (in de figuur de links gelegen zwarte lijn T2015), ook bij de hogere percentielen. De cumulatieve verdeling van 2016 onderschrijdt de ondergrens bij het station Deurloo (Bijlage A.5).



Figuur 3-25: Empirische cumulatieve verdeling (ecdf) ofwel onderschrijdingskans van de halfuurlijkse spectrale golfperiodes binnen een jaar voor station Wielingen. De zwarte lijnen geven de uiterste grenzen aan van alle cumulatieve verdelingen t/m het jaar 2015.

Westerschelde

De golfperiodes in de Westerschelde (Bijlage A.5) laten in de periode 2016-2021 geen eenduidige ontwikkeling zien. Zeer lange golven (lange golfperiodes) komen in het algemeen niet frequenter voor. Het station Bath laat veel variatie zien in de golfperiodes bij deze hoge percentielen. In het algemeen valt met name het jaar 2017 op door zijn relatief lange golfperiodes. Voor de stations met een korte meetperiode (Pas van Terneuzen, Overloop van Valkenisse en Honte) vallen meerdere jaren buiten de uiterste grenzen, zowel aan de onderzijde als aan de bovenzijde. Bij het station Hansweert lijkt duidelijk sprake te zijn van kortere golven. Hier liggen alle cumulatieve verdelingen dicht tegen de ondergrens aan en zelfs daaronder (Figuur 3-26) en zijn de jaargemiddelde spectrale golfperiodes lager dan eerder (hier niet weergegeven).



Figuur 3-26: Cumulatieve verdeling van de halfuurlijkse spectrale golfperiodes binnen een jaar voor station Hansweert. De zwarte lijnen geven de uiterste grenzen aan van alle cumulatieve verdelingen t/m het jaar 2015.

3.4. Toetsparameter Beschikbare diepte

3.4.1. Jaargemiddeld laagwater

Definitie

Het jaargemiddeld laagwater is bepaald als het rekenkundig gemiddelde van de getijlaagwaterstanden over de periode van een kalenderjaar. De rekenparameter jaargemiddeld laagwater vormt net zoals de rekenparameter jaargemiddeld hoogwater een maat voor de evaluatie van de toestand van het systeem in relatie tot de getijontwikkeling.

Data

De gebruikte gegevens zijn beschreven in paragraaf 3.2.1. De analyses zijn voor dezelfde stations uitgevoerd.

Methode

De analyse gebeurt op nagenoeg dezelfde wijze als de analyse van het jaargemiddeld hoogwater in paragraaf 3.2.1. Het regressiemodel voor jaargemiddelde laagwaters (LW) is:

$$LW(t) = b_{LW} + m_{LW}t + C\cos(2\pi ft - \phi) + \varepsilon_{LW}(t)$$

In deze formule is *LW(t)* het jaargemiddelde laagwater in jaar *t*, b_{LW} een constante, m_{LW} de lineaire regressiecoëfficiënt (trendparameter), *C* de amplitude van het nodale getij, f de frequentie van het nodale getij ($1/f$ = 18,613 jaar), ϕ de faseverschuiving van het nodale getij en ε_{LW} het residu in jaar *t*.

De faseverschuiving van het nodale getij ϕ is in de T2015-analyse bepaald als ϕ = 95,7792 graden ten opzichte van het jaar 0 van de christelijke jaartelling. Deze faseverschuiving is op alle stations toegepast.

De analyse van deze rekenparameter is op dezelfde wijze uitgevoerd en beschreven als de parameters Jaargemiddeld hoogwater en het 99e percentiel hoogwater. Hieronder volgt voor de verschillende deelgebieden een beschrijving van de trendanalyses op de jaargemiddelde laagwaterstanden.

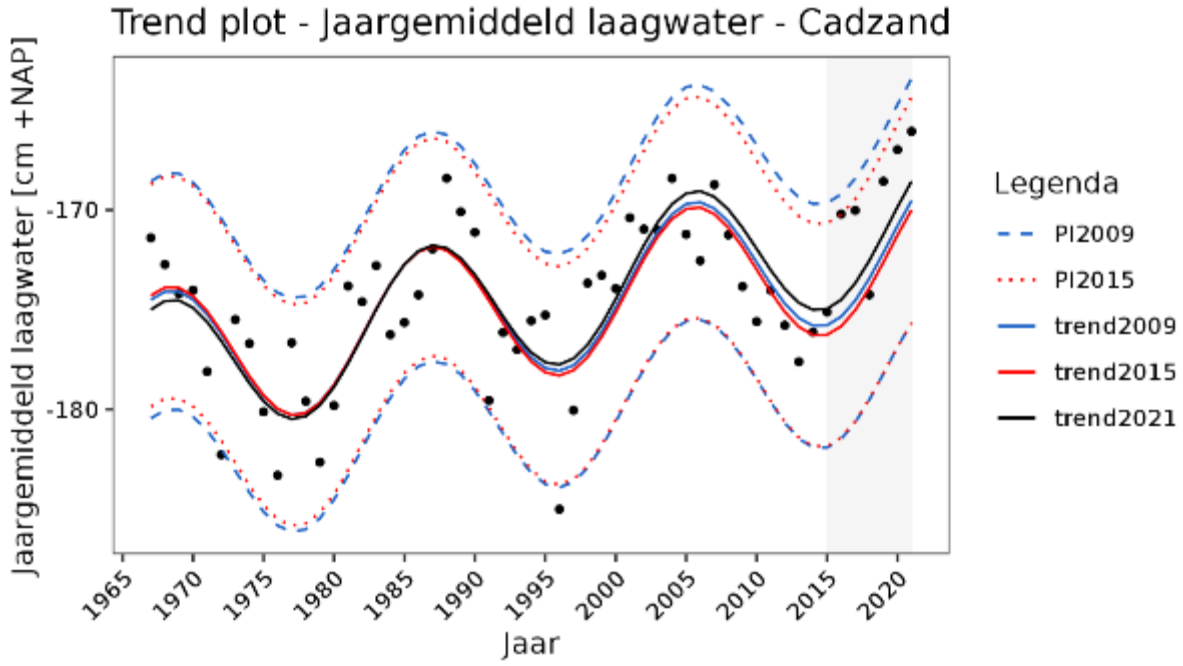
Analyse

De grafieken van de data en resultaten van de analyses voor alle stations staan in Bijlage A.6.

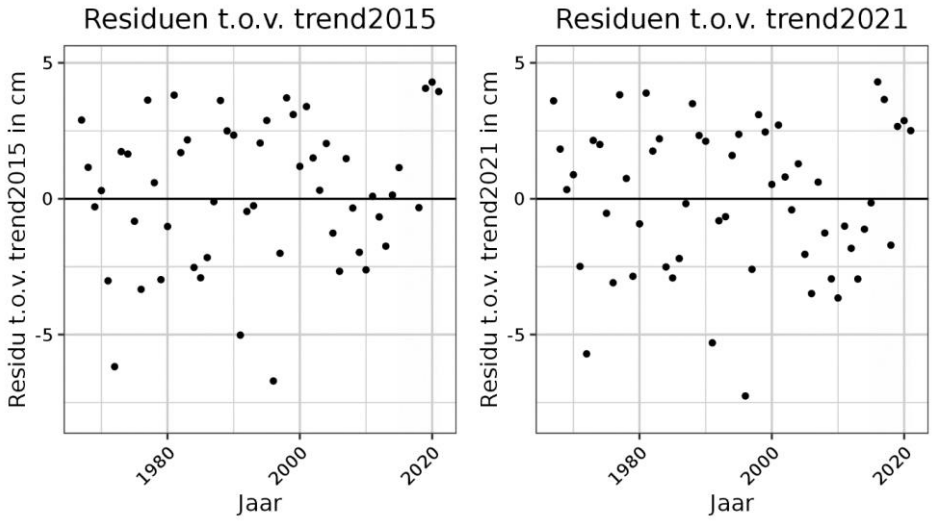
Buiten het estuarium en in de monding
Voor de stations Vlakte van de Raan[14] en Europlatform zijn de reeksen te kort (minder dan twee cycli van 18,6 jaar) om met het regressiemodel de waarden adequaat te beschrijven. De laagwaterstanden bij Vlakte van de Raan zijn wel stijgend met de hoogste waarden uit de meetreeks in de jaren 2019-2021. Sinds 2010 is het jaargemiddelde laagwater ongeveer 10 cm gestegen.

De jaargemiddelde laagwaterstanden bij Cadzand en Westkapelle, aan de monding, vertonen duidelijk een 18,6-jarige cyclus en een lineair stijgende trend. Het regressiemodel beschrijft de waarden adequaat. Figuur 3-27 toont voor meetstation Cadzand de jaargemiddelde laagwaterstanden en het geschatte regressiemodel. Figuur 3-28 toont de residuen van het regressiemodel. Het valt op dat het jaar 2016 buiten het predictie-interval van T2015 valt. Ook de waarden van 2017, 2019, 2020 en 2021 liggen dicht bij de bovenste grens van het predictie-interval. Dit kan duiden op een trendbreuk. Door de hoge waarden wordt de trendparameter groter: van 11 cm/eeuw naar 14 cm/eeuw. Bij station Westkapelle wijzigt de trend nauwelijks (van 19 cm/eeuw naar 20 cm/eeuw), maar liggen wel 5 van de 6 datapunten boven de T2015-trend.

[14] Voor station Vlakte van de Raan is de trendparameter in het regressiemodel wel significant. Door de korte reeks nemen we deze trend alsnog niet mee.



Figuur 3-27: Resultaten trendanalyse van de jaargemiddelde laagwaterstanden bij Cadzand met de trends tot en met 2009, 2015 en 2021, met de bijbehorende predictie-intervallen.



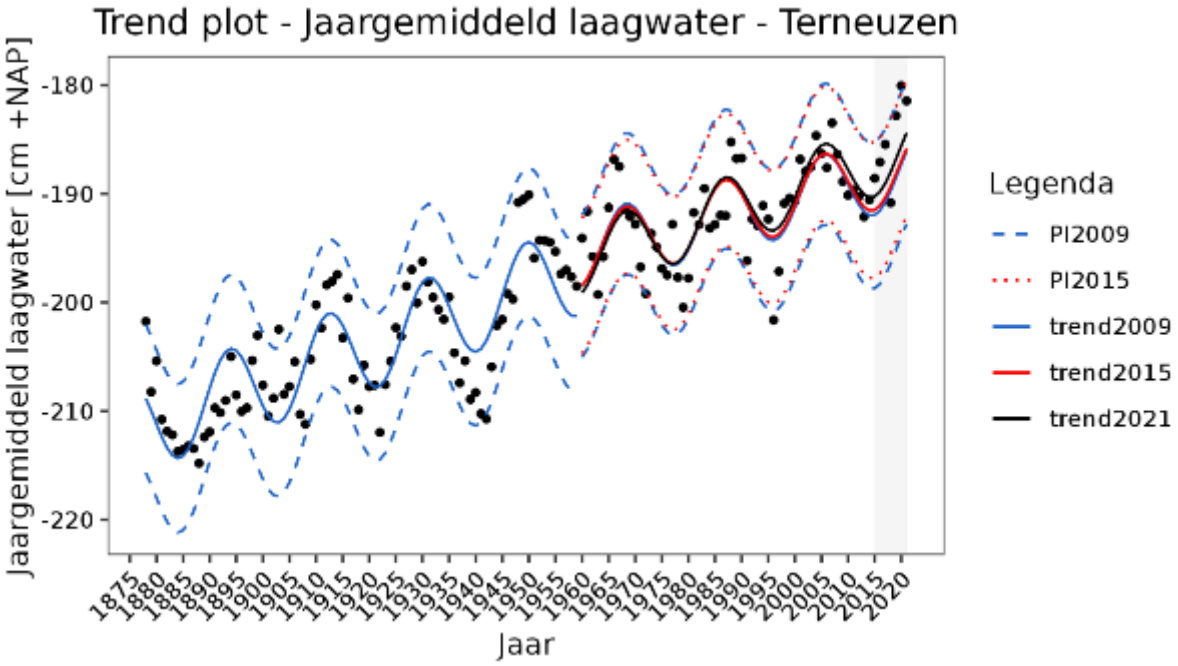
Figuur 3-28: Residuen trendanalyse T2015 met een voorspelling t/m 2021 en residuen met de nieuwe trend t/m 2021 voor de jaargemiddelde laagwaterstanden bij station Cadzand.

Westerschelde

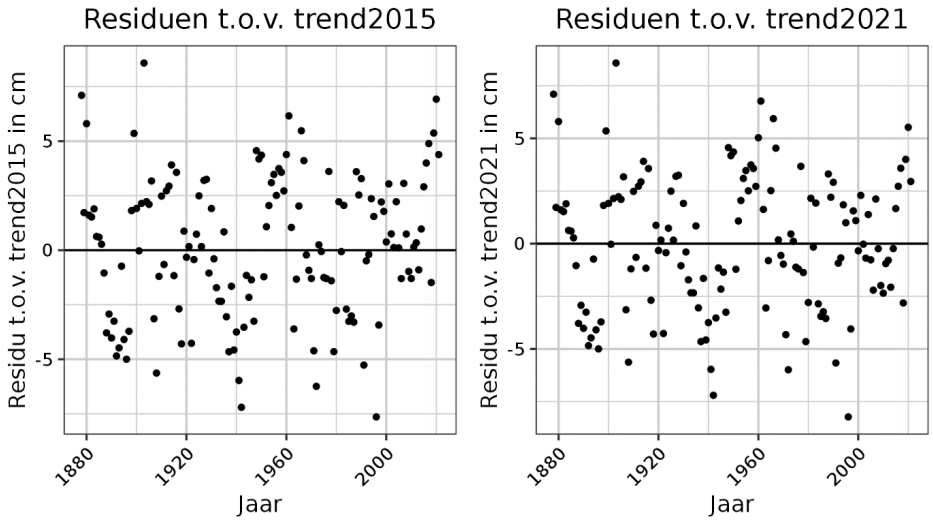
Voor de belangrijkste stations in de Westerschelde met de langste meetreeks zijn de afgeleide trends in de laagwaters nagenoeg gelijk als in T2015. In de periode 2015-2021 zijn de laagwaterstanden stijgende, grotendeels vanwege de oplopende fase van het nodale getij.

Voor station Vlissingen vallen de waarden uit de periode 2015-2021 binnen de T2015-predictie-intervallen. De trend blijft nagenoeg gelijk (van 20 cm/eeuw naar 21 cm/eeuw) en de waarden liggen dicht bij de voorspelde trend uit T2015.

Bij station Terneuzen komt de waarde van de jaargemiddelde laagwaterstand in 2020 boven het predictie-interval van T2015 uit (Figuur 3-29). Ook de waarden uit 2017, 2019 en 2021 liggen dicht tegen het bovengrens van het predictie-interval aan. Dit kan duiden op een trendbreuk (met mogelijk een snellere stijging van de laagwaterstanden).



Figuur 3-29: Resultaten trendanalyse van de jaargemiddelde laagwaterstanden bij Terneuzen met de trends tot en met 2009, 2015 en 2021. Trendbreuk in 1960



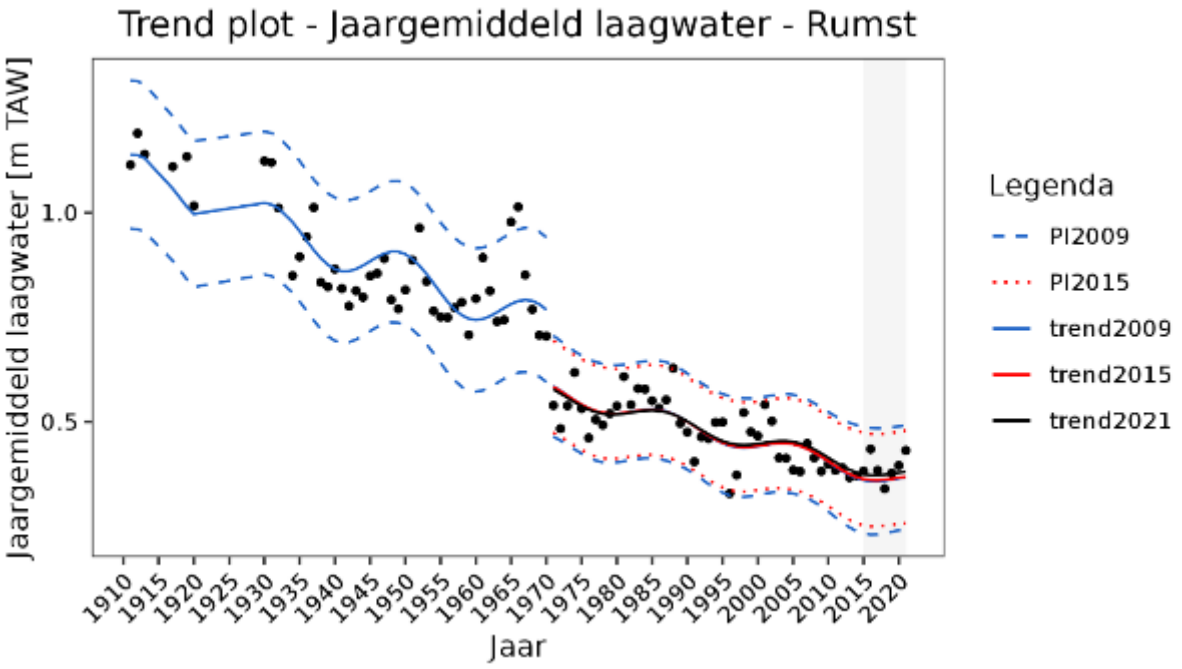
Figuur 3-30: Residuen trendanalyse T2015 met een voorspelling t/m 2021 en residuen met de nieuwe trend t/m 2021 voor de jaargemiddelde laagwaterstanden bij station Terneuzen.

Voor station Hansweert liggen 5 van de 6 waarden uit de periode 2015-2021 boven de voorspelde trend uit T2015. De waarden vallen wel binnen het predictie-interval. Door de relatief hoge waarden in de periode 2015-2021 stijgt de trendparameter: van 22 cm/eeuw in T2015, naar 26 cm/eeuw nu.

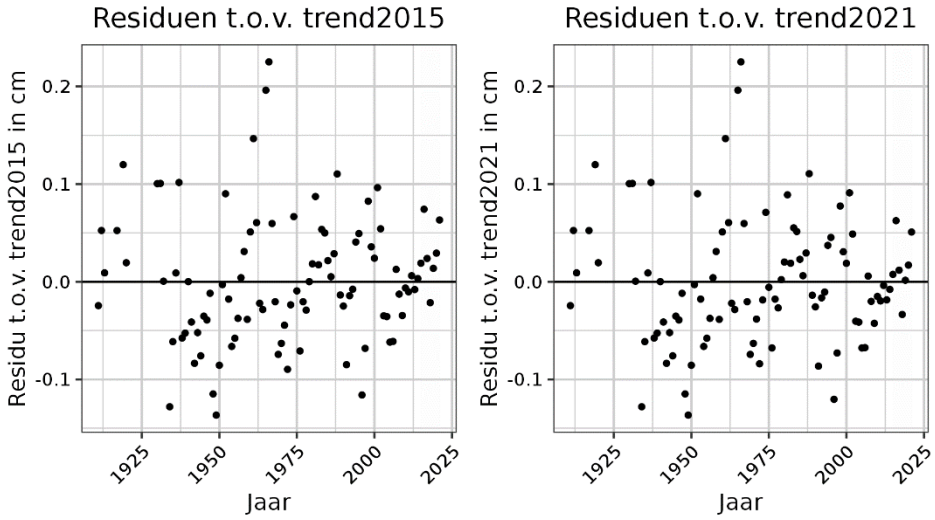
De trend van de jaargemiddelde laagwaters in Bath (verder het estuarium in) is niet significant voor de periode 1975-2015 en ook niet voor de periode 1975-2021. In de periode 2016-2021 zijn de waarden stijgende, mogelijk veroorzaakt door de nodale getijcyclus.

Zeeschelde

Uit de regressieanalyses van de stations in de Zeeschelde blijkt dat de trends in jaargemiddelde waterstanden weinig veranderd zijn ten opzichte van 'T2015' (trends afgeleid bij een regressieanalyse met de data t/m 2015). In T2015 is voor de meeste stations een dalende trend in jaargemiddelde laagwaterstanden vastgesteld en deze blijft dus in stand met de toevoeging van de waarden tussen 2016 en 2021 (zie Figuur 3-31 en Figuur 3-32 voor de resultaten van station Rumst, voorheen Walem). Met name bij stations Duffel-Sluis, Schoonaarde en Melle (allen diep in het estuarium) is de daling in jaargemiddelde laagwaterstanden nog altijd sterk. Bij stations Liefkenshoek en Antwerpen is er sinds 1975 geen sprake van een zichtbare trend in de jaargemiddelde laagwaterstanden. Na lage waarden in de periode 2011-2015 zijn de jaargemiddelde laagwaterstanden weer op het niveau van de periode daarvoor.



Figuur 3-31: Resultaten trendanalyse van de jaargemiddelde laagwaterstanden bij Rumst met de trends tot en met 2009, 2015 en 2021. Trendbreuk in 1970



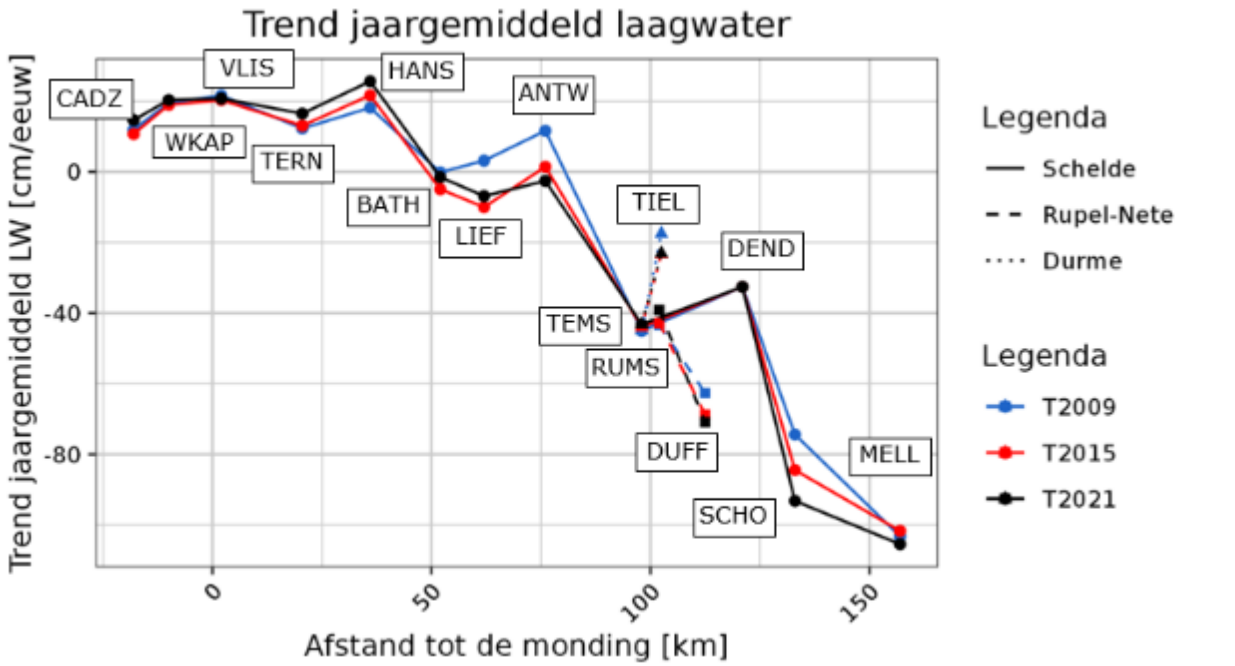
Figuur 3-32: Residuen trendanalyse T2015 met een voorspelling t/m 2021 en residuen met de nieuwe trend t/m 2021 voor de jaargemiddelde laagwaterstanden bij station Rumst (voorheen Walem).

Interpretatie

Overzicht trends T2021 versus T2009 en T2015

Figuur 3-33 laat zien dat de nieuwe lineaire trends in het jaargemiddeld laagwater van buiten het estuarium tot Vlissingen nauwelijks verschillen van de trends in T2015. Bij stations Hansweert en Terneuzen is er een duidelijk hogere trend. Merk op dat voor stations Bath, Liefkenshoek en Antwerpen de niet-significante trends in de grafiek is opgenomen. Bij station Schoonaarde is een duidelijk sneller dalende trend in laagwaterstanden te zien. Tabel 3-8 en

Tabel 3-9 bevatten de trendparameters voor alle stations. Vanuit bevaarbaarheid is een stijgende trend in het jaargemiddeld laagwater een positieve ontwikkeling en een dalende trend een negatieve ontwikkeling. In het algemeen is het beeld hetzelfde als in T2015 met toenemende laagwaterstanden in de Westerschelde en afnemende laagwaterstanden in de Zeeschelde.



Figuur 3-33: Trends in de jaargemiddelde laagwaters bij de belangrijkste getijstations in T2009, T2015 en T2021.

Tabel 3-8: De trends van het jaargemiddelde laagwater voor de belangrijkste meetstations in het Schelde-Estuarium van de monding naar de randen van het tijgebied.

Bekken	**Station**	**Periode sinds trendbreuk**	**LW trend T2009**	**LW trend T2015**	**LW trend T2021**
[-]	[-]	[-]	[cm/eeuw]	[cm/eeuw]	[cm/eeuw]
Monding	Cadzand	1966-2021	12	11	14
Monding	Westkapelle	1954-2021	20	19	20
Westerschelde	Vlissingen	1965-2021	22	20	21
Westerschelde	Terneuzen	1960-2021	12	13	16
Westerschelde	Hansweert	1960-2021	17	22	26
Westerschelde	Bath	1975-2021	n.s.	n.s.	n.s.
Zeeschelde	Liefkenshoek	1975-2021	n.s.	-10	n.s.
Zeeschelde	Antwerpen	1974-2021	n.s.	n.s.	n.s.
Zeeschelde	Temse	1974-2021	-45	-44	-43
Zeeschelde	Dendermonde	1974-2021	-62	-64	-66
Zeeschelde	Schoonaarde	1971-2021	-74	-84	-93
Zeeschelde	Melle	1974-2021	-103	-102	-105
Rupel-Nete	Rumst	1970-2021	-43	-43	-39
Rupel-Nete	Duffel-Sluis	1975-2021	-63	-69	-71
Durme	Tielrode	1901-2021	-17	-23	-23

*Tabel 3-9: De trends van het jaargemiddelde laagwater voor de overige meetstations (n.s. = niet significant). * Voor diverse stations worden significante trends berekend in T2015 en T2021, maar het kan niet worden vastgesteld dat het regressiemodel een adequate beschrijving van deze korte reeksen geeft.*

Waterloop	**Station**	**Periode sinds trendbreuk**	**LW trend T2009**	**LW trend T2015**	**LW trend T2021**
[-]	[-]	[-]	[cm/eeuw]	[cm/eeuw]	[cm/eeuw]
Noordzee	Europlatform	1983-2021	n.s.	n.s.	n.s.
Noordzee	Vlakte van de Raan	1996-2021	n.s.	n.s.*	n.s.*
Westerschelde	Baalhoek	1996-2021	n.s.	n.s.	n.s.
Westerschelde	Gat van Borssele	1996-2021	n.s.	n.s.*	n.s.*
Westerschelde	Breskens Veerhaven	1996-2021	n.s.	n.s.	n.s.
Westerschelde	Overloop van Hansweert	1996-2021	n.s.	n.s.*	n.s.*
Westerschelde	Schaar van de Noord	1996-2021	n.s.	n.s.	n.s.*
Westerschelde	Walsoorden	1996-2021	n.s.	n.s.*	n.s.*
Zeeschelde	Prosperpolder	1974-2021	n.s.	-14	-9
Zeeschelde	Sint-Amands	1974-2021	-23	-47	-52
Zeeschelde	Kallosluis	1982-2021	n.s.	-13	-10
Zeeschelde	Hemiksem	1981-2021	n.s.	-20	-19
Benedennete	Lier-Molburg	1981-2021	n.s.	-34	-47
Dijle	Mechelen-Benedensluis	1981-2021	-142	-129	-114

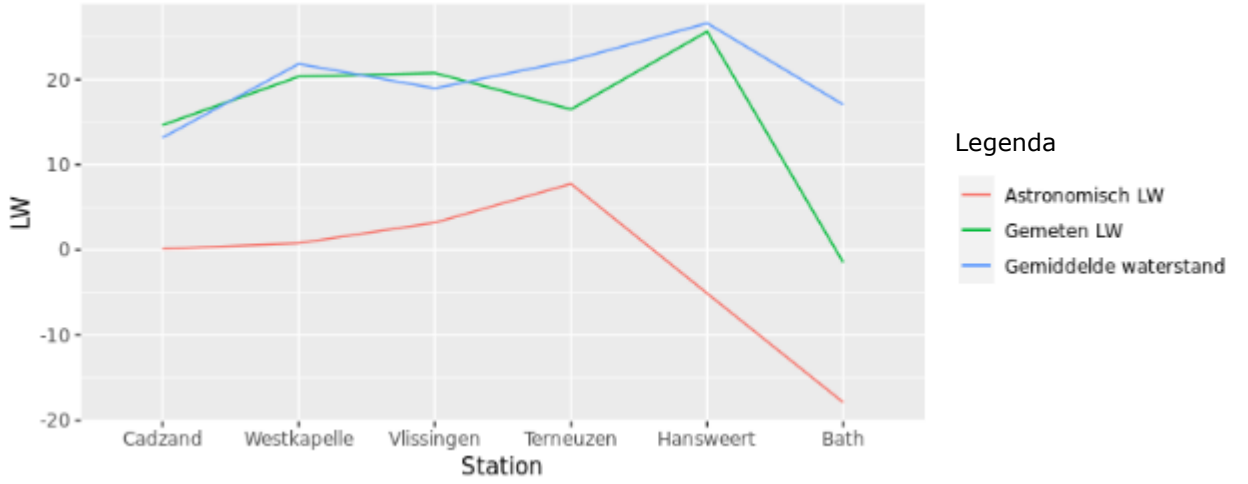
Uitsplitsing trend jaargemiddeld laagwater in trend jaargemiddelde waterstand en trend astronomisch laagwater

De gevonden trends in de jaargemiddelde laagwaterstanden kunnen enerzijds een gevolg zijn van zeespiegelstijging. Anderzijds kunnen de trends gerelateerd zijn aan veranderingen in de getijslag met als indicator het astronomisch laagwater. In T2009 en T2015 is de trend in het jaargemiddelde laagwater daarom uitgesplitst in (i) de trend in de jaargemiddelde waterstand (als indicator voor de zeespiegelstijging) en (ii) de trend in het jaargemiddelde astronomisch laagwater (als indicator voor de toename in de getijslag). De trends in het astronomisch laagwater en de zeespiegelstijging worden in detail besproken in paragrafen 3.6.1 en 3.6.6. De vergelijking van de trends is weergegeven in Tabel 3-10 en Figuur 3-34.

Tabel 3-10: Vergelijking stijging jaargemiddelde waterstand (hgem), astronomisch jaargemiddeld laagwater (LWastro) en gemeten jaargemiddeld laagwater (LW) (n.s. = trend niet-significant).

Station	Trends T2009 [cm/eeuw]			Trends T2015 [cm/eeuw]			Trends T2021 [cm/eeuw]		
	h_{gem}	LW_{astro}	LW	h_{gem}	LW_{astro}	LW	h_{gem}	LW_{astro}	LW
Cadzand	10	1	12	9	0	11	13	0	15
Westkapelle	24	1	20	20	1	19	22	1	20
Vlissingen	19	-*	22	19	6 (n.s.)	20	19	3 (n.s.)	21
Terneuzen	23	-*	12	22	8	13	22	8	16
Hansweert	25	-8	18	26	-6	22	27	-5	26
Bath	17	-12	0 (n.s.)	15	-18	-5 (n.s.)	17	-18	-1 (n.s.)

* Reeks te kort om een trendanalyse uit te voeren



Figuur 3-34: Vergelijking tussen de trends van de jaargemiddelde waterstand (blauw), astronomisch jaargemiddeld laagwater (rood) en gemeten jaargemiddeld laagwater (groen). De trend in de astronomische laagwaterstand te Cadzand, Westkapelle en Vlissingen is niet significant, maar is omwille van de consistentie wel geplot.

Voor de stations in de monding, Cadzand en Westkapelle, is er nagenoeg geen trend in de astronomische laagwaterstanden. De toenemende jaargemiddelde laagwaterstand komt bijna overeen met de zeespiegelstijging.

Bij stations Vlissingen en Terneuzen kennen de astronomische laagwaters (als indicator voor de getijslag) een (relatief kleine) positieve trend. Zoals beschreven in paragraaf 3.6.1 wordt dit veroorzaakt door een afname van de amplitudes van belangrijke getijcomponenten zoals M2 en S2. De stijging van de gemiddelde waterstand neemt toe dieper het estuarium in. De gemeten laagwaterstanden hebben ongeveer dezelfde stijgende trend als de gemiddelde waterstand. Bij station Terneuzen is de trend in jaargemiddelde laagwaterstanden (uit de gemeten waterstanden) relatief laag ten opzichte van de zeespiegelstijging.

Bij station Bath kennen de zeespiegelstijging (toenemend met 17 cm/eeuw) en astronomische laagwaterstanden (-18 cm/eeuw) een tegengestelde trend. De som van de twee komt overeen met de stabiel blijvende jaargemiddelde laagwaterstanden. In mindere mate is hetzelfde te zien bij station Hansweert, de trend in de zeespiegelstijging (27 cm/eeuw) is hier wel groter en de dalende trend in de astronomische laagwaterstanden kleiner (-5 cm/eeuw).

Voor de Vlaamse stations kan de uitsplitsing niet worden gemaakt, omdat de gegevens van de harmonische componenten niet beschikbaar zijn.

3.4.2. Jaargemiddeld hoogwater

De ontwikkeling van het jaargemiddeld hoogwater is ook relevant voor de beschikbare diepte. De analyse van deze rekenparameter is gedaan in paragraaf 3.2.

3.4.3. Onderhoudsbaggervolume

De rekenparameter onderhoudsbaggervolume wordt in het hoofdstuk menselijk activiteiten (Hoofdstuk 8)

3.5. Toetsparameter Scheepsbewegingen

Scheepsbewegingen worden ten eerste beïnvloed door de looptijd van het getij (het tijvenster) ten behoeve van de getijgebonden scheepvaart. De rekenparameters looptijd van het getij bij hoogwater en looptij van het getij bij laagwater geven invulling aan het tijvenster. Een afname van de looptijd van het hoogwater of het laagwater wordt als negatief geëvalueerd, omdat dit het beschikbare tijvenster verkort (zie kader). Ten tweede kunnen veranderingen in het systeem (bathymetrie, stroming, waterstanden, etc.) invloed hebben op het scheepvaartverkeer in het Schelde-estuarium (i.e. de bevaarbaarheid). De rekenparameters intensiteit van de roerwerking en uitwijkafstand van de vaarweg zijn opgenomen in de evaluatiemethodiek als indicatoren waarmee het effect van deze veranderingen kan worden geëvalueerd. Een toename van de rekenparameters ten opzichte van de voorgaande periodes wordt als ongunstig beschouwd.

Tekst T2009-rapportage over tijvenster c.q. looptijd getij
"De getijgebonden scheepvaart heeft een waterdiepte nodig, die groter is dan de beschikbare diepte van -13,1 m LAT en die slechts een deel van het getij beschikbaar is, het tijvenster. Naar gelang de diepgang van een schip groter is, is er een kleiner tijvenster beschikbaar.

Voor de grootte van het tijvenster zijn naast de hoog- en laagwaterstanden de voortplantingssnelheid van de hoog- en laagwaterstanden en de vorm van de getijcurve van belang. Een hogere voortplantingssnelheid betekent een kortere looptijd van het getij en een verkleining van het tijvenster voor de getijgebonden scheepvaart. De bevaarbaarheid van het estuarium neemt hierdoor af.

Uit het verschil van de tijdstippen van hoog- en laagwater tussen twee opvolgende meetstations volgt de looptijd. Indien de voortplantingssnelheden van het hoog- en laagwater verschillend zijn treedt vervorming van de waterstandcurve op. Ook door andere niet-lineaire effecten kan vervorming van de waterstandcurve optreden. Deze getijasymmetrie uit zich door een verschil in duur van het opgaande tij (tijdsverschil tussen hoogwater en het voorafgaande laagwater) en van het afgaande tij (tijdsverschil tussen laagwater en het voorafgaande hoogwater) in een locatie."

3.5.1. Looptijd van het getij bij hoog- en laagwater

Definitie

De looptijd van het hoogwater (laagwater) tussen twee opvolgende meetstations volgt uit het verschil van de tijdstippen van hoogwater (laagwater) tussen die twee meetstations. De jaargemiddelde looptijd is het rekenkundig gemiddelde van alle looptijden in een kalenderjaar.

Data

De data voor de rekenparameter jaargemiddelde looptijd hoogwater/laagwater zijn dezelfde als die zijn gebruikt voor het bepalen van de rekenparameter jaargemiddelde hoogwater/laagwater (zie hiervoor paragraaf 3.2.1). De jaargemiddelde looptijd wordt als volgt berekend:

- Vlissingen wordt als referentiestation genomen voor de looptijd tot de monding van het estuarium;
- De looptijd hoogwater/laagwater tussen Vlissingen en een bovenstrooms gelegen station wordt bepaald als het verschil tussen het tijdstip van hoogwater/laagwater bij dat station en het tijdstip van hoogwater/laagwater te Vlissingen.
- De jaargemiddelde looptijd wordt berekend als het rekenkundige gemiddelde van de looptijden in het betreffende kalenderjaar.

Voor de Nederlandse stations worden de waterstanden worden sinds 1987 frequenter gemeten en opgeslagen (1 x per 10 minuten i.p.v. 1x per 30 minuten) en daarmee is de bepaling van de tijdstippen waarop hoog- en laagwater optreden nauwkeuriger geworden. Als gevolg hiervan is sinds 1987 de standaardafwijking van de jaargemiddelde looptijden voor het traject Vlissingen-Hansweert gedaald van ongeveer 6 minuten naar ongeveer 1 minuut (bron: T2009 rapportage, Depreiter et al., 2014). Ook zorgt het voor een duidelijk niveaverschuiving in de looptijden voor enkele meetstations.

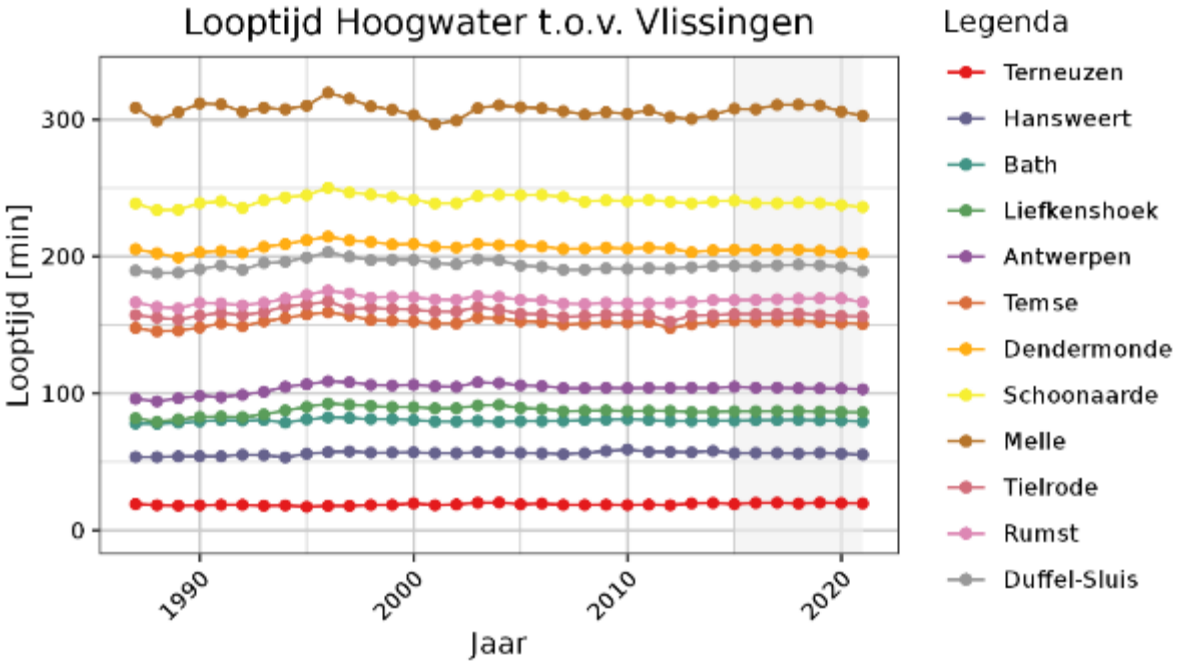
Analyse

Conform de rapportages T2009 en T2015 beperkt de analyse van de looptijden zich tot de belangrijkste stations. In de T2009 en T2015 rapportages is het regressiemodel op de gehele meetreeks toegepast. Hier kiezen we er echter voor om slechts de data vanaf 1987 te analyseren gezien het grote effect van de hogere meetfrequentie sinds 1987. Dit zorgt ervoor dat eventuele afgeleide trends niet zijn te vergelijken met de T2009 en T2015 rapportages. Daarom worden de looptijden weergegeven met slechts een LOESS-filter.

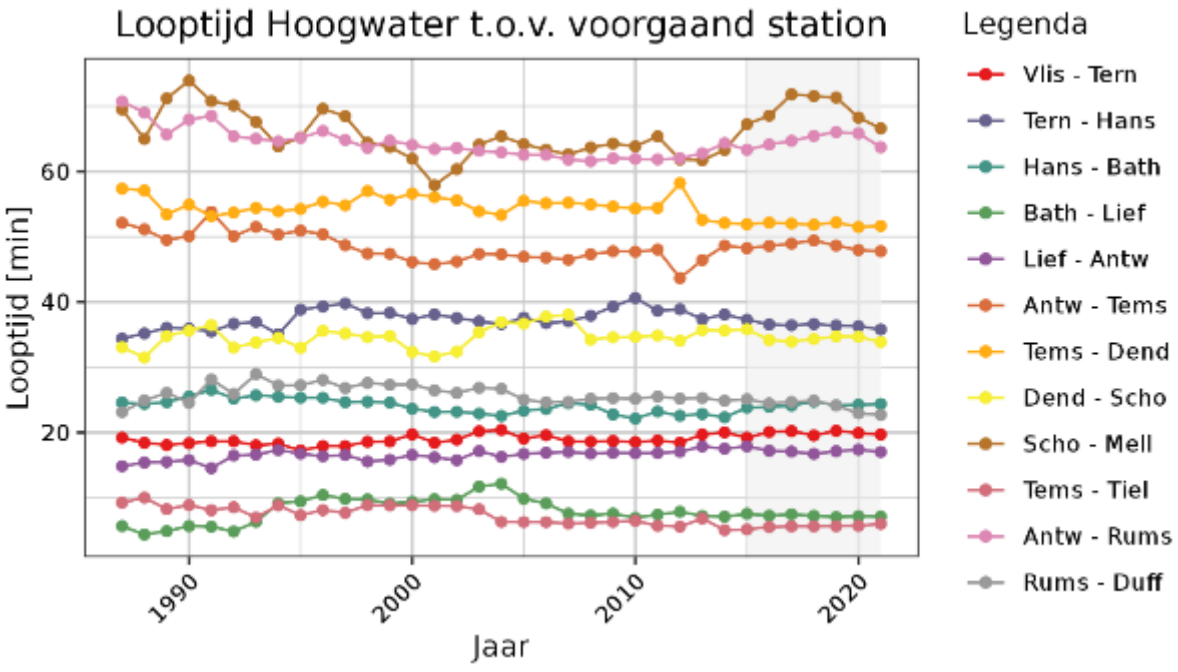
In Figuur 3-35 zijn de jaargemiddelde looptijden van het hoogwater getoond voor de stations in het estuarium ten opzichte van Vlissingen. Figuur 3-36 toont de jaargemiddelde looptijden van het hoogwater voor de stations ten opzichte van elkaar. De jaargemiddelde looptijden van het hoogwater van Vlissingen tot de andere stations zijn redelijk constant met jaarlijkse verschillen van maximaal ongeveer 10 minuten.

In Figuur 3-37 zijn de jaargemiddelde looptijden van het laagwater getoond voor de stations in het estuarium ten opzichte van Vlissingen. Figuur 3-38 toont de jaargemiddelde looptijden van het laagwater voor de stations ten opzichte van elkaar. De looptijden van het laagwater zijn voor de meeste stations groter dan de looptijden van het hoogwater (getij-asymmetrie, zie ook paragraaf 3.7.2).

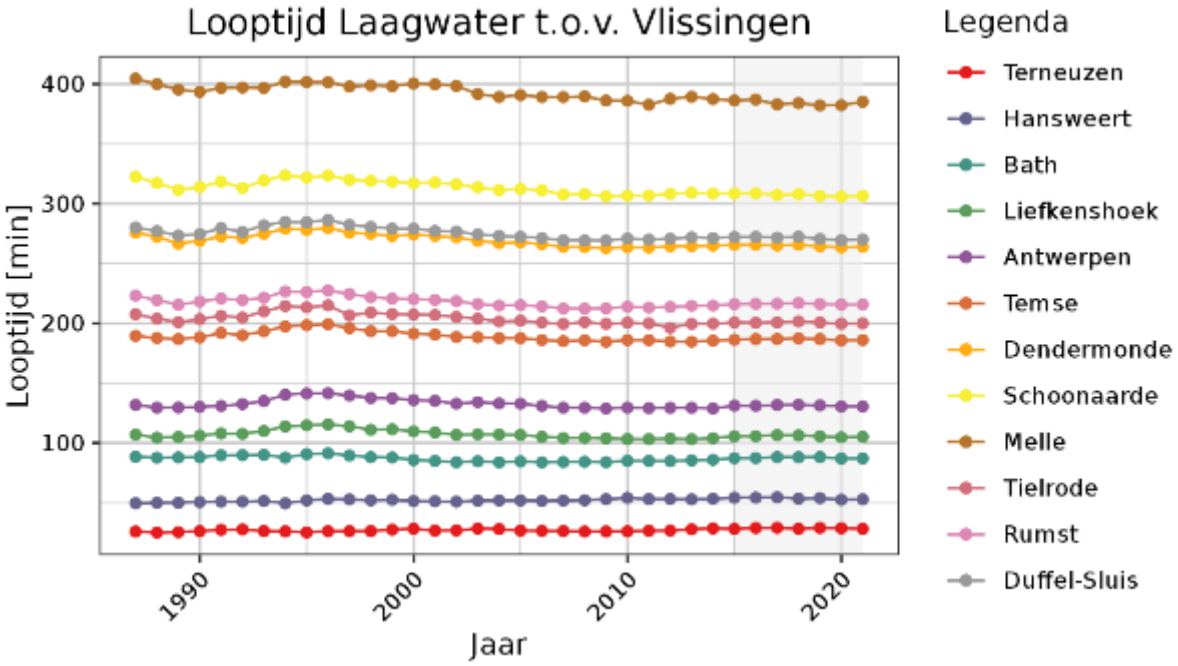
Gegeven de lage resolutie van de y-as in deze figuren, zijn de data voor enkele individuele stations opgenomen in Figuur 3-39 t/m Figuur 3-43. Voor de overige stations zijn de figuren opgenomen in Bijlage A.7.



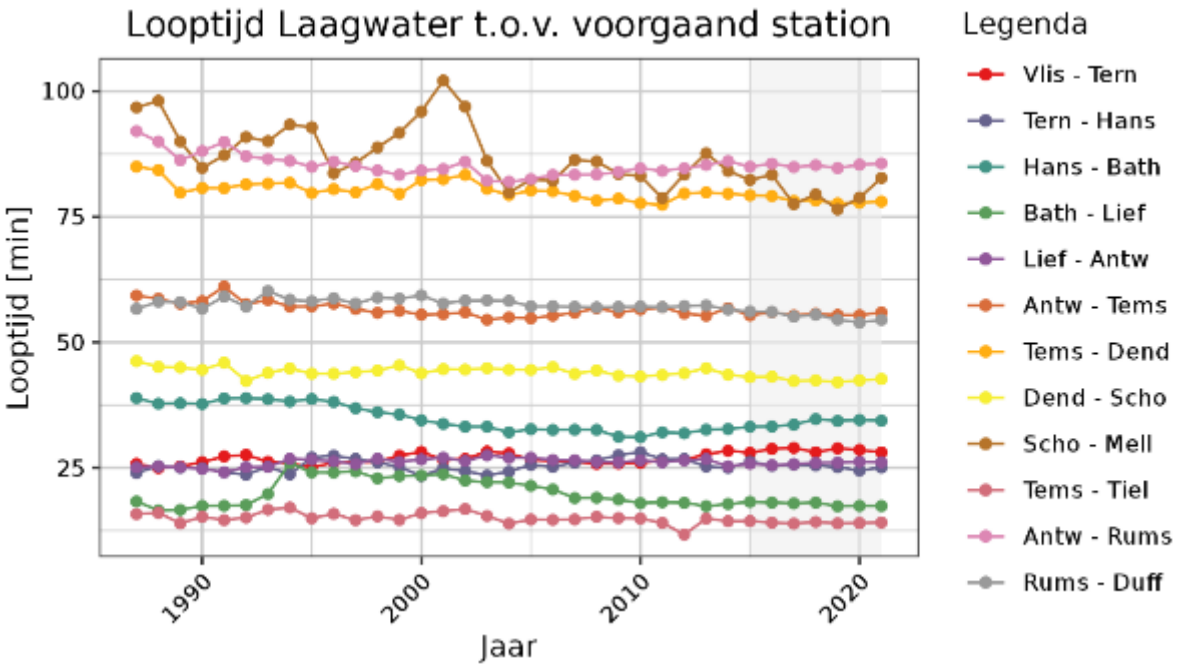
Figuur 3-35: Jaargemiddelde looptijd van het hoogwater vanaf Vlissingen in de periode 1987-2021.



Figuur 3-36: Jaargemiddelde looptijd tussen de opeenvolgende stations in de periode 1987-2021.



Figuur 3-37: Jaargemiddelde looptijd van het laagwater vanaf Vlissingen in de periode 1987-2021.



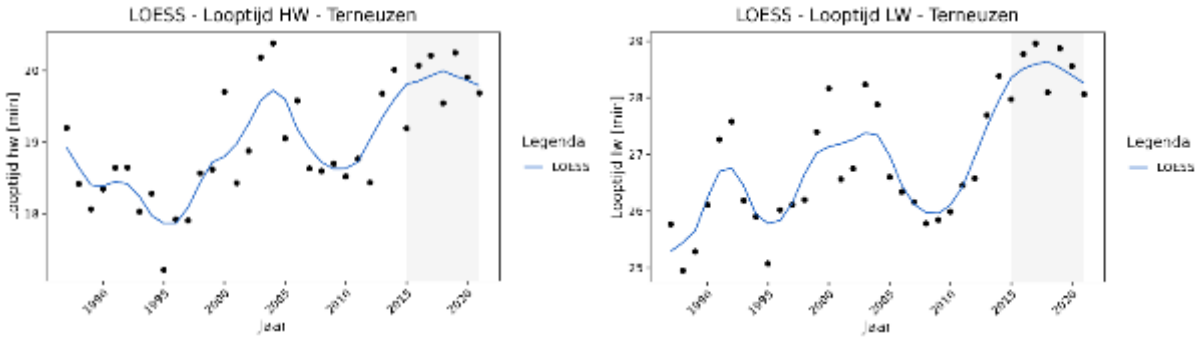
Figuur 3-38: Jaargemiddelde looptijd van het laagwater tussen de opeenvolgende stations in de periode 1987-2021.

Westerschelde

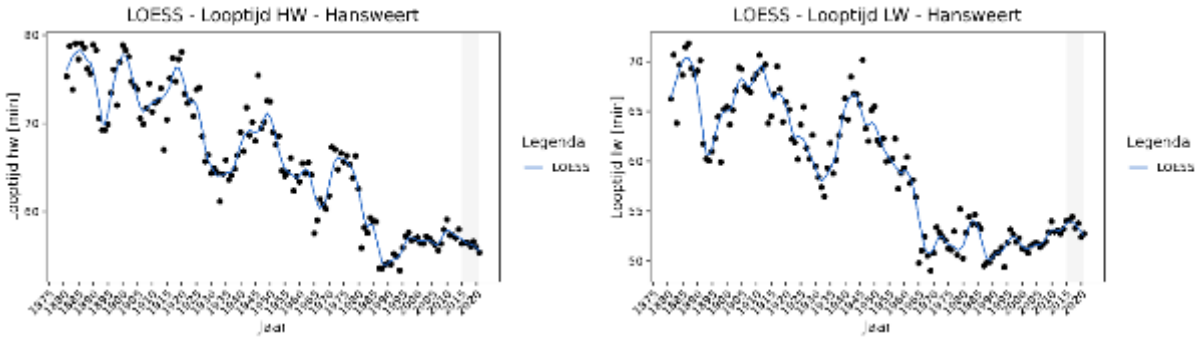
In T2015 is geconstateerd dat de looptijden in de Westerschelde over een lange periode bezien dalen, maar dat deze de laatste 30 jaar stabiel zijn. Na toevoeging van de gegevens van 2016-2021 blijkt dat de looptijden sinds 1987 stabiel of licht stijgend zijn voor de verschillende stations. Om de ontwikkelingen vanaf 1987 in historisch perspectief te plaatsen, zijn voor station Hansweert de

looptijden voor de gehele beschikbare meetreeks weergegeven in Figuur 3-40. De grafieken laten zien dat de looptijden nog altijd veel lager zijn ten opzichte van het begin van de metingen: de looptijd van het hoogwater is van ongeveer 80 naar 55 minuten gedaald en de looptijd van het laagwater is van ongeveer 70 naar 55 minuten gedaald. Dergelijke dalingen van de looptijden zien we ook bij de stations Terneuzen en Bath.

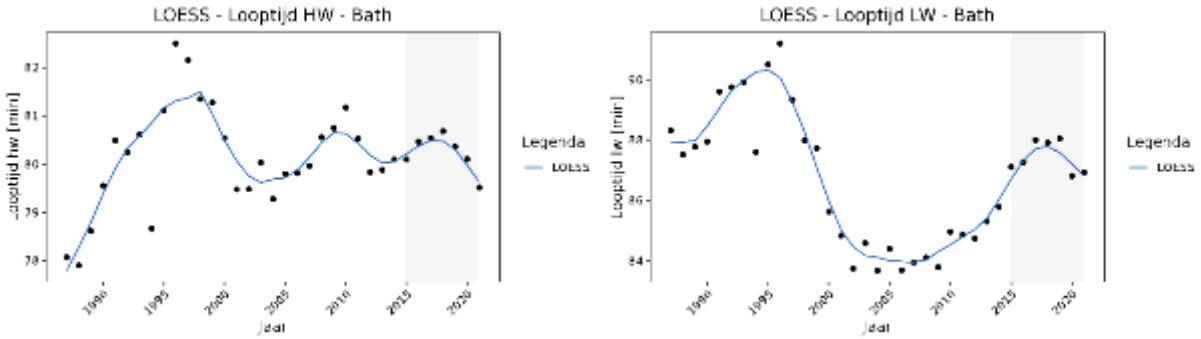
In de periode 1987-2021 zijn de looptijden van het hoogwater van Vlissingen tot Terneuzen, Hansweert en Bath relatief stabiel; de waarden liggen binnen een band van 5 minuten (zie Figuur 3-39, Figuur 3-41 en Figuur 3-42). Bij station Bath valt op dat de looptijd van het hoogwater in 2021 laag is ten opzichte van de periode ervoor. De looptijden van het laagwater tussen Vlissingen en Terneuzen en tussen Vlissingen en Hansweert nemen toe tussen 1987 en 2021. Deze kent in 2017 de hoogste waarde in de meetreeks, waarna deze weer licht gedaald is in de opvolgende jaren. Bij station Bath is de looptijd van het laagwater in de periode 2000-2010 laag. Sindsdien is deze gestegen met uiteindelijk vooral hogere waarden in de jaren 2017-2019.



Figuur 3-39: Ontwikkeling van de looptijd van het jaargemiddelde hoog- en laagwater (links en rechts respectievelijk) tussen Vlissingen en het station Terneuzen voor de periode 1987-2021 met LOESS-filter.



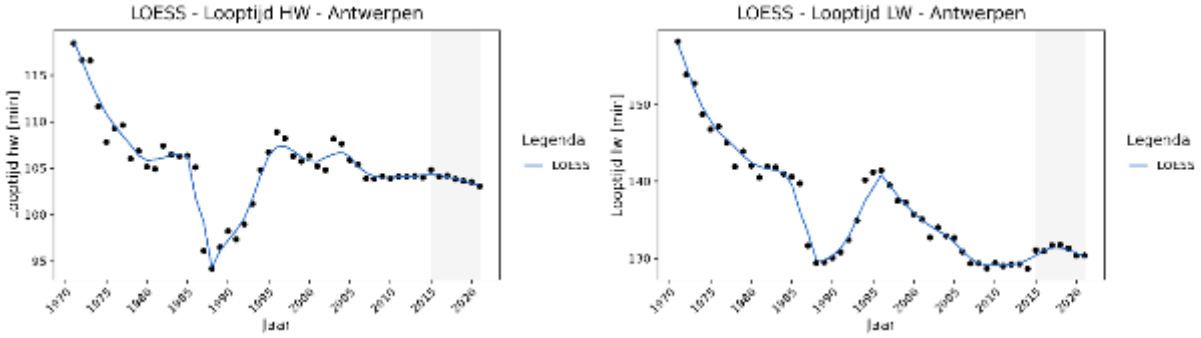
Figuur 3-40: Ontwikkeling van de looptijd van het jaargemiddelde hoog- en laagwater (links en rechts respectievelijk) tussen Vlissingen en het station Hansweert voor de periode 1880-2021 met LOESS-filter.



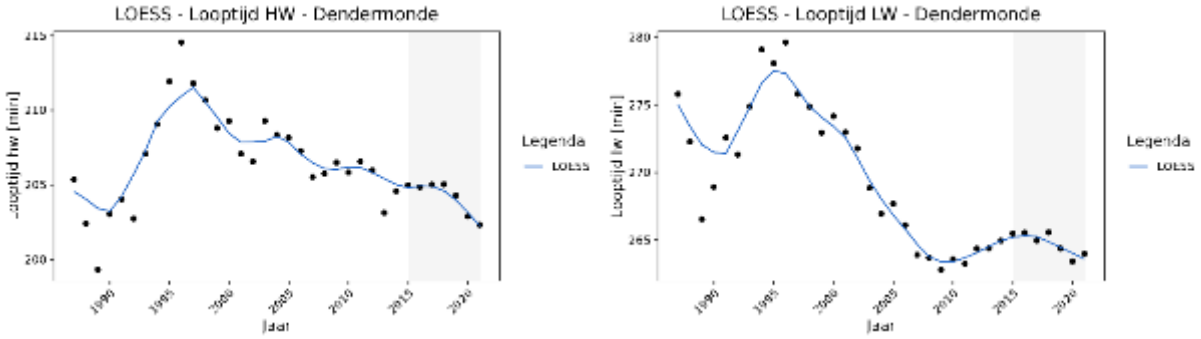
Figuur 3-41: Ontwikkeling van de looptijd van het jaargemiddelde hoog- en laagwater (links en rechts respectievelijk) tussen Vlissingen en het station Bath voor de periode 1987-2021 met LOESS-filter.

Zeeschelde

De looptijden in de Zeeschelde zijn in het afgelopen decennium relatief constant geweest. Bij station Liefkenshoek (Figuur 9-157) en station Antwerpen (Figuur 3-42) is de looptijd van zowel het hoogwater als het laagwater laag rond 1990 en juist hoog rond 1995. In een langjarig perspectief lijken vooral de lage waarden rond 1990 een uitschieter naar beneden te vertonen (zie de T2015-rapportage, en Figuur 3-42 hieronder). In Figuur 3-36 en Figuur 3-38 is te zien dat met name de looptijd tussen Bath en Liefkenshoek in deze periode laag is. Vervolgens valt de sterke daling van de looptijden van het laagwater tussen 1995 en 2010 op. Deze sterke daling is te zien voor alle stations in de Zeeschelde. Deze kan (grotendels) worden verklaard door de daling van de looptijd tussen Hansweert, Bath en Liefkenshoek (Figuur 3-36 en Figuur 3-38). Na 2010 is er sprake van een stabilisatie van de looptijden van het laagwater. De looptijden van het hoogwater kennen sinds 1995 een geleidelijker daling, die zich ook in de periode 2016-2021 nog voortzet, met vooral in 2021 een lage looptijd.



Figuur 3-42: Ontwikkeling van de looptijd van het jaargemiddelde hoog- en laagwater (links en rechts respectievelijk) tussen Vlissingen en het station Antwerpen voor de periode 1971-2021 met LOESS-filter.



Figuur 3-43: Ontwikkeling van de looptijd van het jaargemiddelde hoog- en laagwater (links en rechts respectievelijk) tussen Vlissingen en het station Dendermonde voor de periode 1987-2021 met LOESS-filter.

Als opmaat voor een toekomstige evaluatie is voor elk station een regressiemodel gefit voor de data tussen 1987 en 2021. Het regressiemodel bevat een constante, een lineaire trend en de nodale cyclus van 18,6 jaar. De lineaire trend uit het gefitte regressiemodel geeft grofweg aan hoe de looptijden in de afgelopen 35 jaar zich hebben ontwikkeld. Een formele evaluatie conform de evaluatiemethodiek is niet mogelijk. Tabel 3-11 geeft de lineaire trendwaarden.

In de resultaten valt op dat de looptijden van het hoogwater t.o.v. Vlissingen nauwelijks een (statistisch significante) opwaartse of neerwaartse trend kennen. De looptijden van het laagwater t.o.v. Vlissingen kennen voor Terneuzen en Hansweert een licht opwaartse trend, terwijl deze looptijden voor alle andere stations een (statistisch significant) dalende trend kennen. De rechterkolom van Tabel 3-11 geeft aan dat deze sterk dalende trend in de looptijden van het laagwater in de Zeeschelde met name veroorzaakt wordt door de sterk dalende trend in de looptijd van het laagwater tussen Hansweert en Bath en in de Beneden-Zeeschelde. Bij deze resultaten wordt opgemerkt dat sinds 2010 de looptijden van het laagwater in de Zeeschelde lijken te stabiliseren.

Tabel 3-11: Trends in de looptijd van het hoog- en laagwater t.o.v. Vlissingen en t.o.v. het voorgaande stations waarbij het regressiemodel is gefit op de data van 1987 t/m 2021. n.s. geeft aan dat een trend niet significant is.

Trend looptijd tot Vlissingen [min/eeuw]			**Trend looptijd t.o.v. voorgaand station [min/eeuw]**		
Stations	**HW**	**LW**	**Stations**	**HW**	**LW**
Vlissingen-Terneuzen	5	7	Vlissingen-Terneuzen	5	7
Vlissingen-Hansweert	7	10	Terneuzen-Hansweert	2 (n.s.)	2 (n.s.)
Vlissingen-Bath	1 (n.s.)	-11	Hansweert-Bath	-6	-20
Vlissingen-Liefkenshoek	7 (n.s.)	-20	Bath-Liefkenshoek	2 (n.s.)	-10
Vlissingen-Antwerpen	12	-19	Liefkenshoek-Antwerpen	5 (n.s.)	2 (n.s.)
Vlissingen-Temse	1 (n.s.)	-28	Antwerpen-Temse	-11	-10
Vlissingen-Dendermonde	-8 (n.s.)	-42	Temse-Dendermonde	-9	-13
Vlissingen-Schoonaarde	-5 (n.s.)	-49	Dendermonde-Schoonaarde	4 (n.s.)	-6
Vlissingen-Melle	-9 (n.s.)	-60	Schoonaarde-Melle	-4 (n.s.)	-43
Vlissingen-Rumst	1 (n.s.)	-30	Antwerpen-Rumst	-11	-10
Vlissingen-Duffel-Sluis	-9 (n.s.)	-40	Rumst-Duffel-Sluis	-9	-11
Vlissingen-Tielrode	-12	-35	Temse-Tielrode	-12	-6

Interpretatie

De analyse van looptijden is uitgevoerd voor hoog- en laagwaterstanden van de getijstations in de Westerschelde en Zeeschelde. Anders dan in T2015 zijn slechts de waarden vanaf 1987 gebruikt, omdat er sindsdien met een hogere frequentie is gemeten (en dat daardoor een artificieel niveauverschil kan ontstaan). De looptijden tussen Vlissingen en Terneuzen/Hansweert zijn in de periode 1987-2021 licht stijgend. Bij station Bath vertoont de reeks geen duidelijke opwaartse of neerwaartse trend. In de Zeeschelde zijn de looptijden van het hoogwater t.o.v. Vlissingen geleidelijk dalend na een piek van de looptijden in 1995 en zet de langjarige trend zicht door. De looptijden van het laagwater zijn sinds 2010 relatief stabiel op een laag niveau, nadat deze tussen 1995 en 2010 sterk zijn gedaald. In het algemeen geldt nog steeds dat de looptijden ten opzichte van het begin van de metingen duidelijk lager liggen.

3.5.2. Intensiteit roerwerking en uitwijkafstand van de vaarweg

De intensiteit van de roerwerking en uitwijkafstand van de vaarweg zijn twee rekenparameters die nog niet in eerdere T-rapportages (T2009 en T2015) zijn geanalyseerd. In de evaluatiemethodiek staat dat met onbemande vaarsimulaties kan worden onderzocht hoe veranderingen in bathymetrie, stroming en waterstanden leiden tot effecten op het scheepvaartverkeer in het Schelde-estuarium. Om deze effecten te bepalen zijn twee indicatoren gedefinieerd: de intensiteit van de roerwerking (percentage ten opzichte

van maximale roerhoek) en de uitwijkafstand van de vaarweg (in meter). Aan de hand van simulaties kan worden onderzocht of deze parameters significant toenemen.

Het vervolg van deze paragraaf is in aangepaste vorm overgenomen uit twee bronnen[15]:

- Verwilligen et al. (2022a). "Ten behoeve van de evaluatiemethodiek heeft Waterbouwkundig Laboratorium een methodologie ontwikkeld om de bevaarbaarheid van een vaarweg te beoordelen op basis van fasttime vaarsimulaties met een track controller. De signaalparameters afstand tot referentietraject (als maat voor het ruimtegebruik door het schip) en roergebruik (als maat voor de manoeuvreerreserve van het schip) worden hierbij toegepast als maat voor de bevaarbaarheid. De methode laat toe om een kwalitatieve beoordeling van de bevaarbaarheid van een vaaromgeving uit te voeren en is aldus toepasbaar voor het vergelijken van verschillende scenario's (historische evolutie, toekomstige morfologische ontwikkelingen, bagger- en stortstrategieën). Ter illustratie van de evaluatiemethodiek is de methodologie ingezet voor drie condities van het Schelde-estuarium overeenkomstig de jaren 2011, 2015 en 2019."
- Verwilligen et al. (2022b). "In Verwilligen et al. (2022a) is voor twee parameters per jaar en per vaarrichting (op- en afvaart) een contourplot gegenereerd als functie van de afstand langs het traject (horizontale as) en de tijconditie (verticale as). De bevaarbaarheid van de Westerschelde is immers afhankelijk van zowel de locatie (bochten, ondieptes en oevers) als van de tijconditie (waterstand en stroming), die op deze manier voorgesteld kon worden. Om een meer globale (en gemakkelijk interpreteerbare) beoordeling toe te laten is voor acht vaarsectoren op de Westerschelde de bevaarbaarheidsparameter roergebruik gecondenseerd tot een maximale waarde binnen de vaarsector en over de volledige tijcyclus. Het maximum wordt bepaald op een middeling van het roergebruik over een vaarafstand gelijk aan drie scheepslengtes (de invloedslengte)."

Data

Niet van toepassing. Het Waterbouwkundig Laboratorium heeft fasttime vaarsimulaties uitgevoerd. De invoergegevens van deze simulaties worden onder het kopje 'Methodiek' besproken.

Definitie

We beschouwen twee rekenparameters als indicatoren voor de bevaarbaarheid:

- De intensiteit van de roerwerking als percentage ten opzichte van de maximale roerhoek. De parameter is een maat voor de manoeuvreerreserve van het schip.
- De uitwijkafstand van de vaarweg in meter. Deze parameter wordt in de studies van het Waterbouwkundig Laboratorium afstand tot referentietraject genoemd. De parameter is een maat voor het ruimtegebruik door het schip.

De waarden van de parameters worden via onbemande vaarsimulaties bepaald voor verschillende omstandigheden. De parameters zijn in Verwilligen et al. (2022a) voor elk van de gesimuleerde jaren (2011, 2015 en 2019) bepaald voor een volledige springtij-cyclus en over de lengte van het estuarium, zowel voor de opvaart (het estuarium in) als voor de afvaart (het estuarium uit). De (absolute) waarden van de signaalparameters worden telkens gemiddeld over de invloedslengte. Hierbij is de invloedslengte gedefinieerd als drie scheepslengtes: zijnde één scheepslengte voor het schip, de lengte van het schip

[15] Het grootste deel van de tekst in deze paragraaf is rechtstreeks afkomstig uit genoemde bronnen. Het Schelde in Beeld consortium heeft deze teksten gebruikt om een kort maar volledig beeld te schetsen van de analyse van de twee scheepvaartparameters. Omwille van de leesbaarheid zijn niet alle overgenomen teksten van aanhalingstekens voorzien, zijn kleine aanpassingen doorgevoerd en zijn teksten geschreven om passages te verbinden.

zelf en één scheepslengte achter het schip. In Verwilligen et al. (2022b) zijn de parameters verder gecondenseerd tot een maximale waarde over de volledige tijcyclus (minst gunstige tijconditie) voor ieder van acht vaarsectoren.

Methodiek

Het Waterbouwkundig Laboratorium heeft een methode ontwikkeld ter beoordeling van de bevaarbaarheid van een vaarweg (Verwilligen et al., 2022a). "In het Schelde-estuarium wordt de bevaarbaarheid beïnvloed door een samenspel van verschillende parameters zoals bochten, vaarsnelheden, oevereffecten, (dwars)stromingen, kielspeling, etc. Door dit complexe samenspel is het niet mogelijk om de bevaarbaarheid te beoordelen op basis van individuele parameters, maar wordt een simulatie gemaakt van het vaargedrag in een representatieve vaaromgeving die alle bovenvermelde parameters in rekening brengt. De methode die hiervoor toegepast wordt, zijn fasttime vaarsimulaties, waarbij het schip langs een vooropgesteld traject geleid wordt door toepassing van roer en schroef. Het controle-algoritme dat roer en schroef aanstuurt om zo goed mogelijk een vooropgesteld vaartraject af te leggen wordt een track-controller genoemd. De beoordeling van de bevaarbaarheid is gebaseerd op de fasttime simulatie met track controller van op- en afvaarten van de Westerschelde bij maatgevende condities."

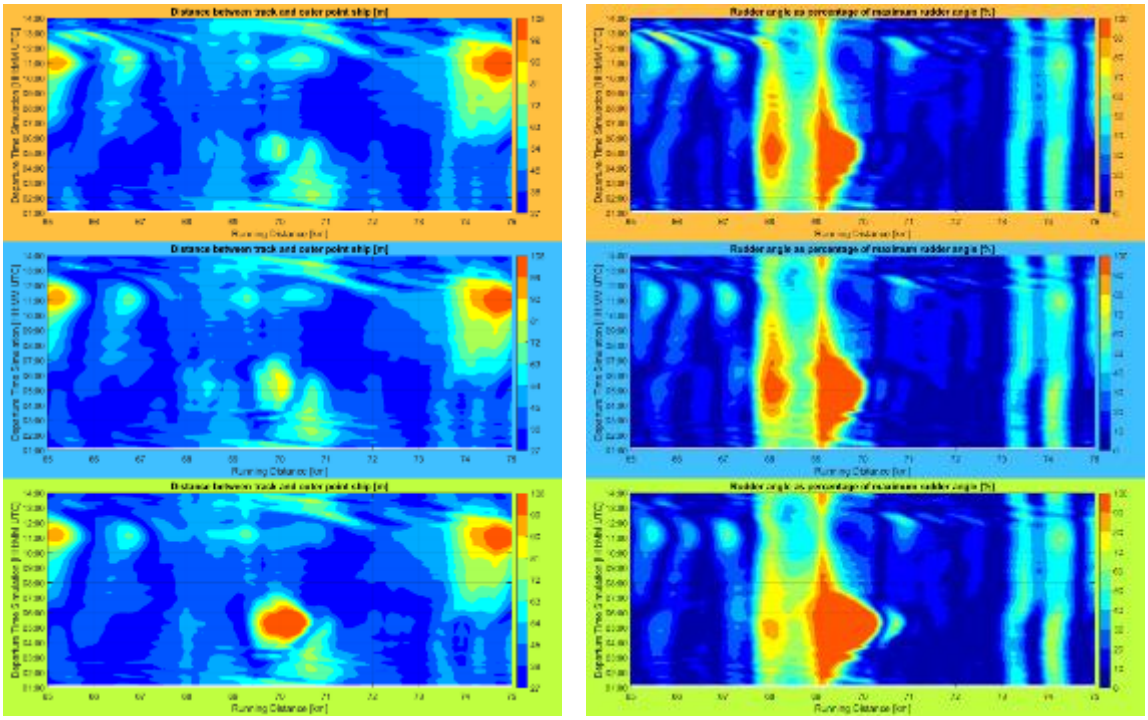
Een korte beschrijving van de vaarsimulaties doet geen recht aan het rapport Verwilligen et al. (2022a). Voor de precieze modellering wordt de lezer verwezen naar genoemd rapport. Hier richten we ons op enkele bepalende keuzes ten aanzien van de invoer van de vaarsimulaties.

1. Als maatgevend schip is het Ultra Large Container Ship (ULCS) met lengte 399 m, breedte 54.0 en diepgang 13.5 m gekozen.
2. De track-controller is gebaseerd op de onderzoeken (Chen et al., 2020; Chen et al., 2021).
3. Het vaartraject voor op- en afvaart is gebaseerd op polylijnen die de baggercontouren op de Westerschelde definiëren. Het voordeel van de baggercontouren is dat deze continue lijnen zijn die overeenstemmen met een realistisch vaartraject. De referentietrajecten die toegepast werden in op- en afvaart werden gedefinieerd op 1/3de van de breedte van de baggercontour. Voor opvaart betreft het dus op 1/3de van de baggercontour linkeroever en voor afvaart op 1/3de van de baggercontour rechteroever.
4. De bevaarbaarheid van de rivier wordt mede bepaald door de snelheid waarmee de rivier bevaren wordt. Een realistisch snelheidsprofiel werd bekomen op basis van historische waarnemingen (gemiddelde AIS-snelheden) van schepen die voldeden aan de volgende eigenschappen: containerschepen met lengte > 350 m en diepgang tot 13.1 m die bestemming (opvaart) of vertrek (afvaart) Deurganckdok hadden. Dit betreft enkel de historische vaarsnelheden voor schepen met tijonafhankelijke diepgangen die geen voorkeur hebben voor tijcondities en dus niet door stroming worden beïnvloed.
5. De fasttime vaarsimulaties worden uitgevoerd in een virtuele representatie van het Schelde-estuarium met als eerste variabele de bathymetrie in de jaren 2011, 2015 en 2019. De tweede input is de gekozen tijconditie: een gemiddeld springtij (getijfactor 1.17). Dit geeft de meest kritische conditie met betrekking tot kielspeling en (dwars-)stroomsnelheid. Uitzonderlijkere tijcondities worden niet beschouwd.
6. De analyses zijn uitgevoerd voor zowel opvaart als afvaart en omvat telkens een volledige tijcyclus (12h25). Om dit te garanderen is gedurende 13h elke tien minuten een simulatie uitgevoerd. Met 78 simulaties (13h x 60 min/h / 10 min) wordt aldus de volledige tijcyclus omvat.

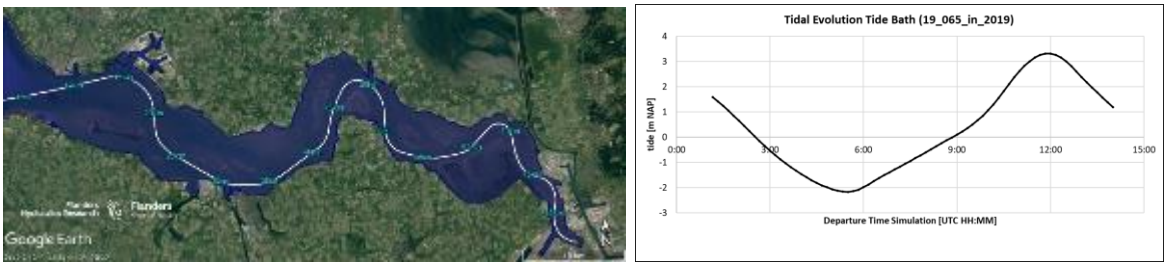
De voor de T2021-analyse relevante uitvoer van de simulaties wordt gegeven door:

1. De maximale afstand waarop het schip zich van het referentietraject bevindt (kort: de afstand tot het referentietraject). De track-controller zal steeds proberen om het schip zo min mogelijk te laten afwijken van het referentietraject. Bijgevolg zijn grote afstanden tot het referentietraject het gevolg van verstoringen waarvoor de track-controller niet (tijdig) kan compenseren. De afstand tot het referentietraject is berekend in post-processing op basis van de punten van de buitencontour van het schip. Het contourpunt met de grootste afstand tot het referentietraject is behouden. Deze methode geeft aanleiding tot een minimale afstand tot het referentietraject gelijk aan een halve scheepsbreedte (27 m). Deze waarde stemt immers overeen met de afstand tot het referentietraject indien het schip zich precies op een recht referentietraject bevindt.
2. Het roergebruik. De inspanning die een schip moet uitoefenen om een vooropgesteld traject te volgen kan geëvalueerd worden aan de hand van de roerhoek. De roerhoek wordt ingesteld door de track-controller, waarbij grotere afwijkingen van de gewenste koers aanleiding zullen geven tot grotere roerhoeken. Deze parameter wordt steeds weergegeven als een verhouding tot de maximale roerhoek (35°). De roerhoek die als output geldt van de simulaties is dus een gevolg van de manoeuvreereigenschappen van het schip en de instellingen van de track controller.

Deze methode is in (Verwilligen et al., 2022a) toegepast op het Schelde-estuarium. Dit leidt tot een groot aantal 2D-contourplots zoals in Figuur 3-44, voor zowel roergebruik als de afstand tot referentietraject. Om deze 2D-contourplots correct te kunnen interpreteren is informatie over de baanafstanden en de tijdcondities nodig, zoals in Figuur 3-45 is weergegeven.



Figuur 3-44: 2D-contourplots (detail Bath) voor afstand tot referentietraject (links) en roergebruik (rechts) voor opvaart in 2019 (boven), 2015 (midden) en 2011 (onder). Bron: Verwilligen et al. (2022a) Figuur 50.



Figuur 3-45: Baanafstanden (links) en tijcondities Bath (rechts). Bron: Verwilligen et al. (2022a) Bijlage 2 en Figuur 10.

Nadien is de uitvoer in (Verwilligen et al., 2022b) gecondenseerd. Voordat we de resultaten van de analyse bespreken lichten we eerst toe hoe de gecondenseerde parameters zijn bepaald. Dit gebeurt onder andere met grafieken, maar de feitelijke analyse volgt onder het kopje Analyse.

De output onder de vorm van contourplots gegenereerd in Verwilligen et al. (2022a), zie Figuur 3-44, laat een analyse toe van de bevaarbaarheid van de Westerschelde. Op basis van deze contourplots kunnen evoluties in bevaarbaarheid inzichtelijk gemaakt worden en kan de oorzaak van de afwijkingen gerelateerd worden aan de bijhorende oorzaak. De interpretatie van de aangeboden figuren is echter complex en de historische evolutie van de bevaarbaarheid is niet eenvoudig af te leiden uit de grafische output. Om deze redenen zijn de parameters in drie stappen gecondenseerd:

1. Middeling over een invloedslengte rond het schip
2. Maximum per vaarsector
3. Maximum over de volledige tijcyclus

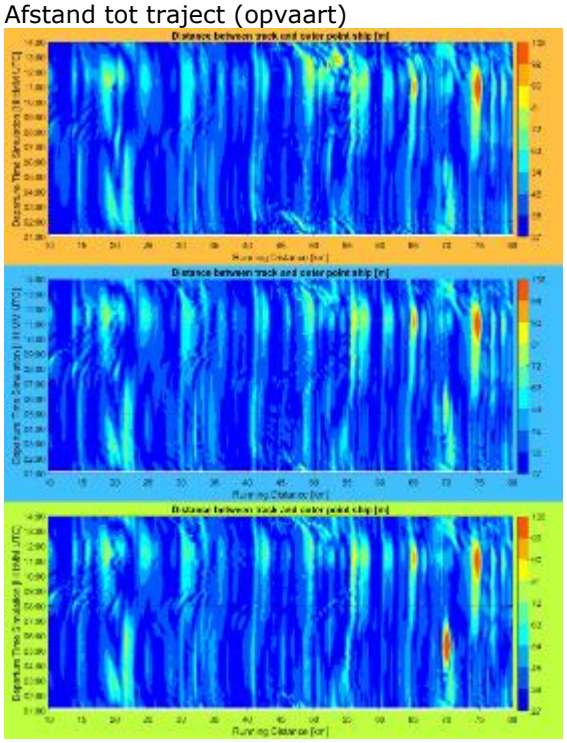
Deze stappen zijn hieronder toegelicht aan de hand van figuren.
Ad 1. In Figuur 3-46 zijn de (absolute waarden van de) signaalparameters gemiddeld over een invloedslengte rond het schip. Hierbij is de invloedslengte gedefinieerd als drie scheepslengtes. De toepassing van een invloedslengte stemt overeen met de aannames die in verband met de ruimte rond een schip gehanteerd worden in verkeersmodellen van zeevaart. Door voor de signaalparameters een lopend (absoluut) gemiddelde te berekenen over de invloedslengte wordt (voornamelijk voor het roergebruik) een meer continu beeld van de signaalparameters over het vaartraject bekomen, waardoor deze middeling meer geschikt is voor het uitvoeren van een globale vergelijking. Desalniettemin gaat door een middeling over drie scheepslengtes de beoordeling van bevaarbaarheid verloren. De bevaarbaarheid van een rivier wordt immers bepaald door een roergebruik over een veel kortere afstand dan drie scheepslengtes.

Ad 2. Als tweede is per vaarsector (zie Tabel 3-12) de maximale waarde bepaald van de bevaarbaarheidsparameters die uitgemiddeld zijn over de invloedslengte van het schip. Figuur 3-47 illustreert dit voor de parameter afstand tot traject. Er dient hierbij opgemerkt te worden dat de resultaten in een vaarsector ook deels bepaald kunnen worden door de omstandigheden in een aansluitende vaarsector aangezien aan de randen van de vaarsectoren de lopende gemiddeldes van de bevaarbaarheidsparameters tot anderhalve scheepslengte in een aansluitende vaarsector meegenomen worden.

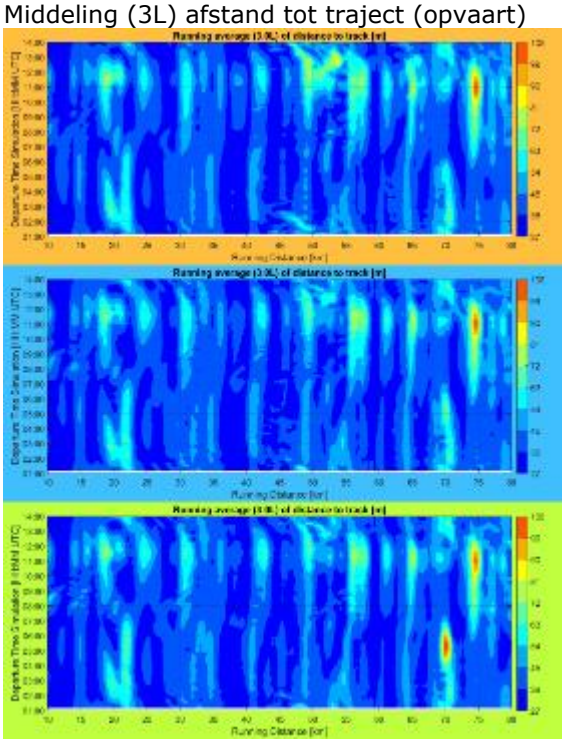
Tabel 3-12: Vaarsectoren Westerschelde met baanafstanden in kilometers (bron: Verwilligen et al., 2022b)

Borssele	Terneuzen	Hansweert	Walsoorden	Valkenisse	Bath	Saeftinghe	Europaterm.
11-26	26-38	38-53	53-59	59-66	66-72	72-76	76-80

Afstand tot traject (opvaart)



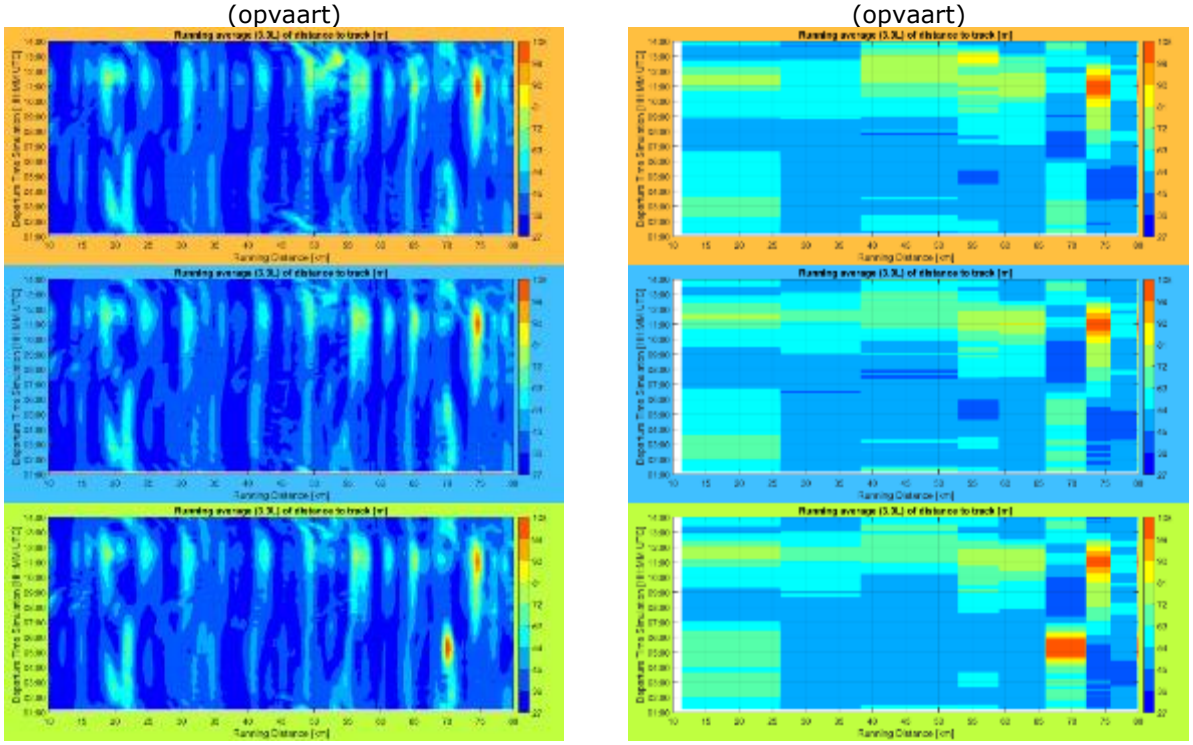
Middeling (3L) afstand tot traject (opvaart)



Figuur 3-46: Contourplots afstand tot traject opvaart 2019 (boven), 2015 (midden) en 2011 (onder). Links: output uit Verwilligen et al. (2022a); Rechts: lopend gemiddelde over invloedslengte. Bron: Verwilligen et al. (2022b) Figuur 2.

Middeling afstand tot traject (opvaart)

Maximum afstand tot traject per vaarsector (opvaart)



Figuur 3-47: Contourplots afstand tot traject opvaart 2019 (boven), 2015 (midden) en 2011 (onder). Links: lopend gemiddelde over invloedslengte; Rechts: max per vaarsector. Bron: Verwilligen et al. (2022b) Figuur 8.

Ad 3. Een belangrijke reden voor de moeilijke interpretatie van de bevaarbaarheidsparameters is de afhankelijkheid van zowel de geografische locatie als van de tijconditie. Hierdoor dienen de gegevens weergegeven te worden op een driedimensionale voorstellingswijze in plaats van de 2D-contourplots in Figuur 3-47. Om een verdere vereenvoudiging van de presentatie van de bevaarbaarheidsparameters toe te laten is de maximale waarde van de parameter over de volledigheid tijcyclus bepaald. Deze keuze heeft als nadeel dat negatieve evoluties in tijcondities die niet maatgevend zijn, niet ondervangen worden (en mogelijk wel een impact hebben op de bevaarbaarheid). Bovendien impliceert de methode dat de resultaten voor de twee bevaarbaarheidsparameters (roergebruik en afstand tot referentietraject) kunnen overeenstemmen met verschillende tijcondities of dat een vergelijking van een bevaarbaarheidsparameter over verschillende jaren niet noodzakelijk overeenstemt met dezelfde tijconditie. De beperking van de presentatie tot de minst gunstige tijconditie dient dan ook beschouwd te worden als een middel om een globale beoordeling van de bevaarbaarheid te bekomen.
Deze laatste stap maakt het mogelijk om de resultaten per parameter en situatie (afvaart/opvaart) in een enkele tabel weer te geven. Zo'n tabel bevat voor de minst gunstige tijconditie de maximale waarde van een parameter voor iedere vaarsector in de drie simulatiejaren (2011, 2015, 2019) voor afvaart of opvaart.

Evaluatiecriterium

De evaluatiemethodiek schrijft voor dat de waarden van de rekenparameters intensiteit van de roerwerking en uitwijkafstand van de vaarweg voor de actuele situatie worden vergeleken met de waarden in het referentiejaar. De actuele situatie is hier het meest recente simulatiejaar (hier 2019).

Als referentiejaar wordt het jaar 2011 aangehouden. Dit startjaar is geselecteerd na de derde vaargeulverruiming, waardoor geen rekening gehouden hoeft te worden met sterke veranderingen van het vaartracé of een onrealistische referentie door sterk verschillende kielspelingen. Ook valt dit ogenblik vrijwel overeen met de internationale ontwikkeling in scheepsgroottes. Bovendien is deze keuze identiek als deze waarop de ontwikkeling van de onderhoudsbaggervolumes wordt beschouwd.
Een toename van de parameterwaarden ten opzichte van de voorgaande periode met meer dan 5% wordt gehanteerd als een signaal voor een mogelijk negatieve evaluatie. Omdat de parameters nieuw zijn in de evaluatiemethodiek, is het van belang om de resultaten goed te analyseren, voordat wordt gesteld dat er effectief een probleem is.

Analyse

We vatten zowel de resultaten van de analyses in Verwilligen et al. (2022a) en Verwilligen et al. (2022b) hieronder samen.

Analyse Verwilligen et al. (2022a)
"Voor de jaargangen 2011, 2015 en 2019 werden contourplots gegenereerd van de twee signaalparameters: afstand tot referentietraject en roergebruik. Op basis van deze contourplots konden evoluties in bevaarbaarheid inzichtelijk gemaakt worden en kon de oorzaak van afwijkingen worden herleid. Zo bleek de signaalparameter afstand tot referentietraject voornamelijk beïnvloed te worden door dwarsstroming, bochtmanoeuvres en door de belangrijke overschrijding in manoeuvreerreserves. Een meer gedetailleerd inzicht in de manoeuvreerreserves, wordt geboden door de tweede signaalparameter roergebruik. Deze bleek voornamelijk beïnvloed door de kielspeling, oevereffecten en langsstroming maar ook hier kon de invloed van dwarsstroming en de stromingsgradiënt waargenomen worden.

De meest opvallende evoluties doorheen de jaren betreffen:
- Diepte Bocht van Bath: tussen 2011 en 2019 werd een verdieping van de bocht van Bath vastgesteld:
  - Voor de opvaart in 2011 bleek het bij laagwater (kleine kielspeling) niet mogelijk om het vooropgestelde pad te volgen. De invloed van kielspeling en oevereffecten op het roergebruik was maximaal. Dit resultaat illustreert de noodzaak van voldoende diepte in de Bocht van Bath
  - In de buitenbocht van Bath bleek er een belangrijke verdieping plaats te vinden tussen 2011 en 2019 die een gunstig effect had op de bevaarbaarheid van de bocht van Bath. Eenzelfde effect trad op in de bocht van Saeftinghe waarvoor een afvarend schip tegen de oevereffecten dient te bochten.
- Dwarsstroming: de tijberekeningen tonen een variatie van de dwarsstroming op de Westerschelde voor verschillende jaargangen:
  - Het meest opvallende voorbeeld betreft de dwarsstroming te Hansweert/Ossenisse omstreeks hoog water. Deze zogenaamde neervorming is merkelijk meer uitgesproken in het scenario 2019 dan in de andere jaargangen met een duidelijke impact op de bevaarbaarheid van deze conditie in zowel op- als afvaart. Ook te Valkenisse treedt een afwijkend stroomprofiel op voor de jaargang 2019.
  - Een voorstrooms[16] schip dat in de buitenbocht vaart, zal vaak een dwarsstroming in de richting van de buitenbocht ervaren, waardoor het schip in de richting van de boeienlijn verzet wordt. Dit treedt in opvaart op bij vloed in de bocht van Valkenisse en Saeftinghe en bij afvaart bij eb

[16] In dezelfde richting als de getijstroom varend.

in de bocht van Hansweert. Ook hier treden soms beperkte verschillen op doorheen de tijd. Zo is het ruimtegebruik door opvaart bij vloed te Saeftinghe het grootst voor jaargang 2019 en is het ruimtegebruik door afvaart bij eb te Hansweert het grootst voor jaargang 2011.
    - Afwaarts de Pas van Borssele treedt in 2019 een belangrijkere dwarscomponent bij vloedstroom op die het schip verzet in de richting van de Everingen. Deze locatie is erg diep waardoor hier geen risico tot stranding aanwezig is.
- Oevereffecten: met name rond laag water blijken relatief kleine verschillen in oeverconfiguratie aanleiding te geven tot afwijkende oevereffecten die een belangrijke impact hebben op het roergebruik.
    - Zo blijkt in opvaart te Hansweert (halverwege boei 53 en 51A) en in afvaart te Terneuzen (boei 12) de jaargang 2011 gepaard te gaan met een minder gunstige oeverpositie, wat aanleiding gaf tot een belangrijk roergebruik om deze te compenseren.
    - De smalste en meest ondiepe zone bevindt zich in de Pas van Borssele, doordat dit een rechte en symmetrische vaarweg betreft is het roergebruik in deze zone beperkt en treden er enkel grote roerhoeken op bij het begin en einde van de pas, waar de oevers asymmetrisch zijn. Dit geeft aan de opwaartse rand aanleiding tot het grootste roergebruik in 2011 (afvaart) en aan de afwaartse rand voor het jaar 2019 (afvaart). De beperkte beschikbare vaarwegbreedte in de Pas van Borssele is een aandachtspunt dat niet rechtstreeks tot uiting komt in de signaalparameters voor bevaarbaarheid (aangezien deze geen rekening houden met de breedte van de vaarweg).

De signaalparameters voor bevaarbaarheid blijken gunstig toegepast te kunnen worden voor het identificeren van de evolutie van de bevaarbaarheid van het Schelde-estuarium. Een meer diepgaande analyse is nodig om de oorzaak van de verschillen in bevaarbaarheid te doorgronden, maar deze kon steeds gevonden worden.
De belangrijkste nadelige evolutie in het Schelde-estuarium tussen 2011 en 2019 voor wat betreft bevaarbaarheid blijkt de toename van de dwarsstroming omstreeks hoog water. Deze invloed blijkt het hoogst in de vaarweg tussen Hansweert en Walsoorden maar treedt ook op ander locaties op (zoals Valkenisse). Een gunstige evolutie is waarneembaar te Bath, waar echter de conditie uit 2011 aantoont dat voldoende diepte in de bocht van Bath noodzakelijk is voor een veilige bevaarbaarheid van deze bocht. Verder is het onderhoud van de vaarwegbreedte in de Pas van Borssele een aandachtspunt."

Analyse Verwilligen et al. (2022b)
De analyse in Verwilligen et al. (2022b) begint met het presenteren van de resultaten van de gecondenseerde parameters voor de minst gunstige tijconditie per vaarsector voor verschillende historische condities (2011, 2015, 2019) in tabellen (voor iedere parameter, voor afvaart en opvaart). "De tabellen geven een duidelijke illustratie van de globale evolutie in de bevaarbaarheid van de verschillende vaarsectoren."

In genoemde analyse wordt opgemerkt dat beide bevaarbaarheidsparameters een gelijkaardige evolutie vertonen. Voorgesteld wordt om alleen de parameter roergebruik te beschouwen. Dit is een primaire parameter en de afstand tot traject is een secundaire parameter. Hier beschouwen we beide parameters, aangezien dit in de evaluatiemethodiek is voorgeschreven.

Tabel 3-13 bevat de gecondenseerde resultaten van het roergebruik voor zowel opvaart als afvaart. Op basis van deze tabel kan volgens Verwilligen et al. (2022b) een beoordeling van de bevaarbaarheid uitgevoerd worden.

Tabel 3-13: Maximale roergebruik (gemiddeld over invloedslengte) per vaarsector als gecondenseerde parameter voor de bevaarbaarheid. Bron: Verwilligen et al. (2022b) Tabel 5.

	Opvaart				Afvaart		
	Lopend gemiddelde (3.0L) roergebruik [%]				Lopend gemiddelde (3.0L) roergebruik [%]		
	2011	2015	2019		2011	2015	2019
01_Borssele	45	43	40	01_Borssele	56	54	52
02_Terneuzen	33	30	27	02_Terneuzen	51	39	25
03_Hansweert	57	55	56	03_Hansweert	50	48	54
04_Walsoorden	45	47	48	04_Walsoorden	45	44	53
05_Valkenisse	39	40	46	05_Valkenisse	46	42	44
06_Bath	95	89	87	06_Bath	89	78	64
07_Saeftinghe	47	49	49	07_Saeftinghe	49	43	40
08_Europaterminal	74	68	64	08_Europaterminal	#N/B	68	62

"Het maximale roergebruik voor de vaarsector Bath, zowel in op- als afvaart, toont een gunstige evolutie van de bevaarbaarheid van de bocht van Bath (afname van het roergebruik). Dit wordt veroorzaakt door een toename van de bodemdieptes in de bocht (Verwilligen et al., 2022a).

Op andere locaties is de evolutie van de bevaarbaarheid bij op- en afvaart minder eenduidig. Een toename van de vloedstroom en de bijhorende grotere dwarssnelheden geven aanleiding tot een ongunstige bevaarbaarheid bij opvaart voor de bochtmanoeuvres te Valkenisse. Bij afvaart is de evolutie van de bevaarbaarheid in deze bochten minder eenduidig en wordt te Valkenisse geen negatieve evolutie waargenomen. Er dient in dit verband opgemerkt te worden dat voor een bocht naar bakboord de oevereffecten de gierbeweging versterken en er dus een kleinere roerhoek nodig is om het bochtmanoeuvre uit te voeren. Dit verklaart mede het kleinere roergebruik door de bochten te Walsoorden, Valkenisse en Saeftinge in opvaart voor het jaar 2011. Over het algemeen blijkt dat de kleinere dieptes uit 2011 wel een groter roergebruik vereisten. Een sprekend voorbeeld hiervan is de situatie te Boei 12a in de sector Terneuzen waarbij in 2011 een steile oever op korte afstand van de boeienlijn aanleiding gaf tot een belangrijk roergebruik in afvaart.

Wanneer aandacht besteed wordt aan de evolutie van de bevaarbaarheid tussen 2015 en 2019 dan valt een ongunstige evolutie op voor de afvaart te Walsoorden en Hansweert. Deze bleek veroorzaakt te worden door de neervorming te Ossenisse kort na hoogwater. Doordat de resultaten in (het rechterdeel van) Tabel 3-13 voor verschillende jaren overeenstemmen met verschillende tijcondities (en enkel in 2019 de neervorming maatgevend wordt) maskeren de resultaten de ongunstige evolutie van de bevaarbaarheid van deze specifieke tijconditie (ca. 30' na HW).

Tot slot kunnen de resultaten voor het maximaal roergebruik ook toegepast worden om die sectoren met het grootste vereiste roergebruik te definiëren. Zo blijkt de opvaart door de Bocht van Bath het meest kritische manoeuvre te zijn (deze beoordeling maakt vanzelfsprekend abstractie van enkele aspecten die eveneens een belangrijke invloed hebben op de nautische beoordeling zoals wind en scheepsinteracties). Voor de conditie 2019 blijkt een gelijkaardige bevaarbaarheid voor de opvaart langs de Europaterminal en de afvaart door de Bocht van Bath.

Hierbij dient echter ook rekening gehouden te worden met de vaarsnelheid die in de vaarsectoren gehanteerd wordt. Zo zullen sectoren waarin de snelheid afgebouwd wordt gepaard gaan met lagere toerentallen en bijgevolge een lagere roereffectiviteit die voor eenzelfde boogstraal een groter roergebruik vereist. Dit verklaart mede het eerder hoge roergebruik bij de afvaart van sector Borssele (de snelheid wordt hier afgebouwd in functie van de loodswissel te Vlissingen).

Algemeen kan gesteld worden dat het maximaal roergebruik per vaarsector een goede parameter blijkt om een globaal overzicht te bekomen van de bevaarbaarheid van de Westerschelde in op- en afvaart. Een verdere condensatie van de bevaarbaarheidsparameter (bijvoorbeeld tot één cijfer per jaar) wordt niet mogelijk geacht. Afwijkende resultaten dienen beoordeeld te worden op basis van een meer diepgaande analyse waarvoor in Verwilligen et al. (2022a) de contourplots voor twee bevaarbaarheidsparameters in combinatie met detailplots van onderliggende simulaties toegepast worden."

In Verwilligen et al. (2022ab) zijn ook de gecondenseerde resultaten voor de afstand tot referentietraject opgenomen, zie Tabel 3-14. Bij Saeftinghe is de ontwikkeling tussen 2011 en 2019 gunstig voor de afvaart. Voor Bath zien we tussen 2011 en 2019 een gunstige ontwikkeling voor de opvaart, maar een ongunstige voor de afvaart. Bij Hansweert en Walsoorden is de ontwikkeling voor de opvaart tussen 2015 en 2019 ongunstig. Tot slot is de ontwikkeling voor de afvaart tussen 2011 en 2019 gunstig.

Tabel 3-14: Maximale waarde schip per vaarwegsector over volledige tijcyclus voor afstand tot referentietraject gemiddeld over invloedslengte voor opvaart (links) en afvaart (rechts) in jaren 2011, 2015 en 2019. Bron: Verwilligen et al. (2022b) Tabellen 1 en 3.

	Opvaart		
	Lopend gemiddelde (3.0L) afstand tot traject [m]		
	2011	2015	2019
01_Borssele	75	73	75
02_Terneuzen	64	64	62
03_Hansweert	67	74	80
04_Walsoorden	78	79	89
05_Valkenisse	81	81	81
06_Bath	113	70	67
07_Saeftinghe	101	104	105
08_Europaterminal	58	61	62

	Afvaart		
	Lopend gemiddelde (3.0L) afstand tot traject [m]		
	2011	2015	2019
01_Borssele	83	81	84
02_Terneuzen	63	49	44
03_Hansweert	91	95	92
04_Walsoorden	67	65	76
05_Valkenisse	57	57	57
06_Bath	70	72	77
07_Saeftinghe	78	51	57
08_Europaterminal	#N/B	58	59

Evaluatie

We richten ons in de evaluatie op de gecondenseerde parameters maximaal roergebruik en maximale afstand tot referentietraject per vaarsector. Indien we de relatieve verschillen tussen de waarden (percentages) in Tabel 3-13 en Tabel 3-14 in jaar 2019 ten opzichte van jaar 2011 beschouwen, dan constateren we dat:

- de waarden van het maximale roergebruik voor de opvaart in het jaar 2019 voor de vaarsectoren Valkenisse, Walsoorden en Saeftinghe hoger zijn dan in het jaar 2011; voor Valkenisse is het relatieve verschil groter dan 5%, voor Walsoorden en Saeftinghe niet. Voor de overige vaarsectoren zijn de waarden in 2019 lager dan in het jaar 2011.
- de waarden van het maximale roergebruik voor de afvaart in het jaar 2019 voor de vaarsectoren Hansweert en Walsoorden meer dan 5% hoger zijn dan die in het jaar 2011. Voor de overige vaarsectoren zijn de waarden in 2019 lager dan in 2011 (of 2015 in het geval van Europaterminal).

- de waarden van de maximale afstand voor de opvaart in het jaar 2019 voor de vaarsectoren Europaterminal, Hansweert en Walsoorden meer dan 5% hoger zijn dan die in het jaar 2011.
- de waarden van de maximale afstand voor de afvaart in het jaar 2019 voor de vaarsectoren Bath en Walsoorden meer dan 5% hoger in het jaar 2011.

Samenvattend zijn er enkele vaarsectoren waarvoor de waarde van de parameters roergebruik en afstand tot traject meer dan 5% toenemen tussen 2011 en 2019 voor opvaart ofwel afvaart. Dit resulteert in een negatieve evaluatie in deze gevallen.

3.6. Verklarende parameters

3.6.1. Astronomisch getij

Het astronomisch getij is het berekende getij op basis van de beweging van de zon, planeten en lokale effecten. Het wordt berekend op basis van harmonische componenten (sinusoïden) waarvan de periodes, frequenties en faseverschillen bekend zijn. Deze componenten volgen uit een harmonische analyse van het gemeten waterstandsverloop. Net als in de T2009 (zie kader) en de T2015-rapportage analyseren we de harmonische componenten met de grootste amplitude en reconstrueren we vervolgens het astronomisch getij aan de hand van de uitkomsten van de harmonische analyse.

T2009-rapportage over harmonische analyse
"Wijzigingen in fase zorgen voor een verandering in interactie met andere getijcomponenten en dit heeft een invloed op de getijasymmetrie (Vroom et al., 2012). Veranderingen van de amplitude van elke component heeft invloed op de evolutie van de hoog- en laagwaterstanden en de looptijden. Omdat de jaargemiddelde hoog- en laagwaterstanden rekenparameters binnen de evaluatiemethodiek zijn, is gefocust op de amplitudes.

De trechtervorm van het Schelde estuarium veroorzaakt een verhoging van de getij amplitude, en dus de harmonische amplitudes, verder stroomopwaarts. De getijde-energie wordt immers samengebald in een kleinere dwarsdoorsnede. De amplitude neemt toe in opwaartse richting tot de wrijving de bepalende factor wordt en de amplitude terug afneemt."

3.6.1.1. Harmonische componenten

Data

Tabel 3-15 geeft een overzicht van de meetstations en de meetperioden waarvoor de resultaten van de harmonische analyses per kalenderjaar ter beschikking zijn gesteld. De databestanden bevatten telkens een jaargemiddelde amplitude, hoeksnelheid en fase voor 94 componenten. Volgens RWS zijn de getallen voor een kalenderjaar per locatie gebaseerd op gegevens van vier opeenvolgende jaren. De harmonische analyse corrigeert voor de 18,6 jarige nodale cyclus, waardoor de componenten een gemiddelde over deze cyclus weergeven. De gegevens zijn alleen voor stations in de Westerschelde beschikbaar. Ten opzichte van T2015 zijn nu ook gegevens beschikbaar van Europlatform en Schaar van de Noord. Deze reeksen zijn echter zo kort dat een analyse niet zinnig wordt geacht.

Tabel 3-15: Overzicht van de beschikbare gegevens over harmonische componenten in de Westerschelde.

Station	Data T2015	Data T2021
Europlatform	-	2009-2021
Cadzand	1971-2015	1971-2021
Westkapelle	1971-2015	1971-2021
Vlissingen	1911-2015	1911-2021
Terneuzen	1940-2015	1940-2021
Hansweert	1939-2015	1939-2021
Schaar van de Noord	-	2009-2021
Bath	1971-2015	1971-2021

In Tabel 3-16 zijn de periode en frequentie gegeven van de vier componenten met de grootste amplitude in de Westerschelde: M2, S2, N2 en M4. De trendanalyse richt zich, conform de T2009- en T2015-rapportages, op (de amplitudes van) deze 4 componenten.

Tabel 3-16: Overzicht belangrijkste harmonische componenten van het getij.

Component	Symbool	Periode [uur]	Hoekfrequentie [˚/uur]
Voornaamste tweedagelijkse maancomponent	M2	12,4206012	28,9841042
Voornaamste tweedagelijkse zoncomponent	S2	12	30
Groter elliptische tweedagelijkse maan component	N2	12,65834751	28,4397295
2 x M2	M4	6,2167	57,968208

Methode

De harmonische componenten zijn in dit rapport op dezelfde wijze als in T2015 geanalyseerd. Op de amplitudes van de componenten is een regressiemodel met een constante en een trend gefit. Voor ieder van de 6 beschouwde stations zijn de significante trends uit T2009 en T2015 gereproduceerd en zijn ook de trends bepaald met de verlengde meetreeks.

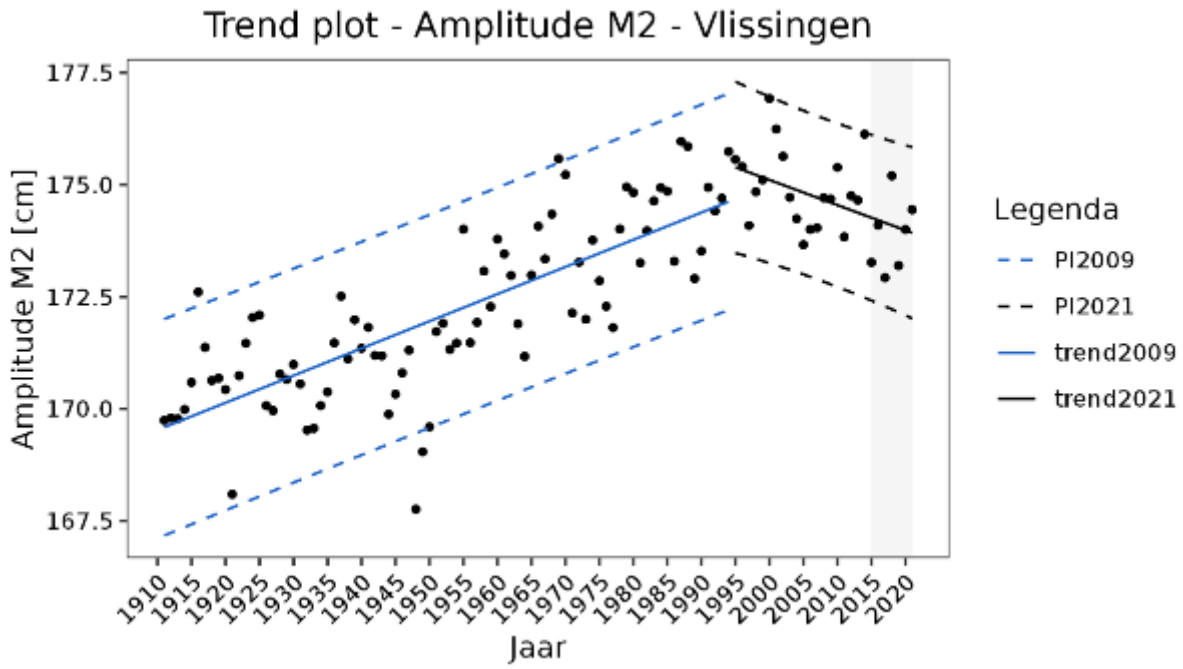
Analyse

In Tabel 3-17 staan de resultaten van een vergelijking van de amplitudes van de 4 harmonische componenten in de periode 2016-2021 met de 95%-predictie-intervallen uit T2015. Voor de stations in de monding (Cadzand en Westkapelle) zijn de trends in de amplitudes over het algemeen niet significant en als de trend significant is, dan leiden de waarnemingen tussen 2016 en 2021 niet tot een wijziging van de trend. Voor Vlissingen en de binnen het estuarium gelegen stations liggen de amplitudes tussen 2016 en 2021 over het algemeen onder de T2015 trends. Voor Hansweert en Bath liggen de waarden in verschillende jaren onder de ondergrens van de 95%-predictie-intervallen.

Voor station Vlissingen worden de amplitudes van de getijcomponenten M2, S2 en M4 beter beschreven wanneer een trendbreuk in 1995 wordt opgelegd. Waar tot 1995 een duidelijk (en significant) stijgende trend waarneembaar was, is dit sindsdien ogenschijnlijk een dalende trend. Hetzelfde lijkt op te treden voor de M2 component bij Hansweert en Terneuzen en voor de S2 component bij Hansweert. Ter illustratie is in Figuur 3-48 het resultaat van de trendanalyse voor de M2-component bij Vlissingen weergegeven.

*Tabel 3-17: Overzicht van mogelijke trendwijzigingen in de amplitudes van de belangrijkste 4 harmonische componenten van het getij ten opzichte van T2015. n.s. = trendparameter niet significant in T2015: geen vergelijking mogelijk, Gelijk = alle waarden liggen tussen het predictie-interval van T2015, Lager/hoger = één of meer waarden 2016-2021 ligt onder de ondergrens/boven de bovengrens van het 95%-predictie-interval van T2015. De jaartallen tussen haakjes geven aan in welke jaren waarden buiten de grenzen van de predictie-intervallen vallen. *Trend niet significant of regressiemodel beschrijft de data niet goed in T2015, daar waar dit wel is wanneer een trendbreuk wordt opgelegd en/of wanneer de data 2015-2021 wordt toegevoegd (zie figuren in Bijlage A.8).*

Component	Cadzand	West-kapelle	Vlissingen	Terneuzen	Hansweert	Bath	Component
M2	n.s.	n.s.	n.s. *	n.s. *	Lager (2017, 2019)	Lager (2018)	M2
M4	n.s. *	Gelijk	Gelijk	n.s.	Gelijk	Lager (2017, 2019, 2020, 2021)	M4
N2	n.s.	n.s.	n.s. *	n.s.	Lager (2018)	Lager (2018)	N2
S2	Gelijk	n.s. *	n.s. *	n.s.	Lager (2018, 2019)	Gelijk	S2



Figuur 3-48: Resultaten trendanalyse van de amplitude van het M2-getijcomponent bij Vlissingen met de trend tot 1995 en de trend voor de data tussen 1995 en 2021. De stippellijnen geven de predictie-intervallen.

3.6.1.2. Astronomisch hoog- en laagwater

Data

Om de jaargemiddelde astronomische hoog- en laagwaterstanden te bepalen, wordt het astronomisch getij gereconstrueerd. Hiervoor wordt de data van de 94 harmonische componenten gebruikt, zie paragraaf 3.6.1.1.

Methode

De reconstructie van het astronomisch getij is anders dan hoe dit in T2009 en T2015 gedaan is. In T2009 en T2015 is de fase per getijcomponent opgelegd aan het begin van ieder jaar. Deze geeft echt

het faseverschil weer t.o.v. het evenwichtsgetij. Het evenwichtsgetij is de theoretische getijwerking als de Aarde volledig uit diepe oceanen zou bestaan. Dit evenwichtsgetij heeft zelf ook een bepaalde fase op een gegeven tijdstip. Door de fase van het evenwichtsgetij niet mee te nemen in T2015, is voor ieder jaar dezelfde getijgolf gereconstrueerd, zij het alleen met andere amplitudes.

Voor deze T2021-rapportage maken we gebruik van Hatyan[17]. Hatyan is een Python-module van Rijkswaterstaat, in onderhoud bij Deltares, waarmee met een harmonische analyse de getijcomponenten kunnen worden afgeleid uit een tijdreeks van gemeten waterstanden. Omgekeerd kan Hatyan ook op basis van alle 94 getijcomponenten het astronomisch getij reconstrueren. De invoer is de amplitudes en de faseverschillen t.o.v. het evenwichtsgetij voor de 94 getijcomponenten (verbeterd kappa-getal). Dit verbeterd kappa-getal vertaalt dus het evenwichtsgetij naar het werkelijke getij op de specifieke locatie. Dit faseverschil kan ook variëren in de tijd door veranderingen binnen en buiten het estuarium. De gegevens in de Scheldemonitor zijn onvoldoende om deze parameters te kunnen bepalen. Derhalve is Hatyan nodig. De hoeksnelheden hebben een vaste waarde (en zijn opgenomen in Hatyan en komen overeen met de hoeksnelheden zoals deze in de Scheldemonitor zijn opgenomen).

In onderstaande formule is weergegeven hoe een astronomische waterstandvoorspelling h(t) door Hatyan wordt berekend.

$$h(t) = Z_0 + \sum_{i=1}^{N} f_i A_i \cos(\omega_i t + (v_0 + u)_i - g_i)$$

Met:
h(t) = astronomische waterstand op tijdstip t
t = tijd (MET)
Z_0 = middenstand [m+NAP]
N = aantal harmonische componenten
f_i = correctieterm amplitudes harmonische componenten voor de 18,6-jarige cyclus
A_i = amplitude van harmonische component i
ω_i = hoeksnelheid van harmonische component i
v_0+u = faseverschil van het evenwichtsgetij op t = 0
g_i = verbeterd kappa-getal (fase) van component i

Ten behoeve van de analyse hebben wij het astronomisch getij geconstrueerd zonder de middenstand (ofwel Z_0=0). Het aantal harmonische componenten is 94. De correctieterm voor de 18,6 jarige nodale cyclus kent voor de Nederlandse stations vaste waarden binnen Hatyan, waardoor de 18,6 jarige cyclus kan worden meegenomen. Het astronomisch getij wordt voor de 6 Nederlandse getijstations gereconstrueerd vanaf 1971, omdat vanaf 1971 voor de geanalyseerde stations alle 94 componenten beschikbaar zijn.
Uit het gereconstrueerde getij worden de astronomische hoog- en laagwaters bepaald (plusminus 705 hoog- en laagwaters). Hieruit worden de jaargemiddelden bepaald die geanalyseerd worden met een trendanalyse.

Analyse

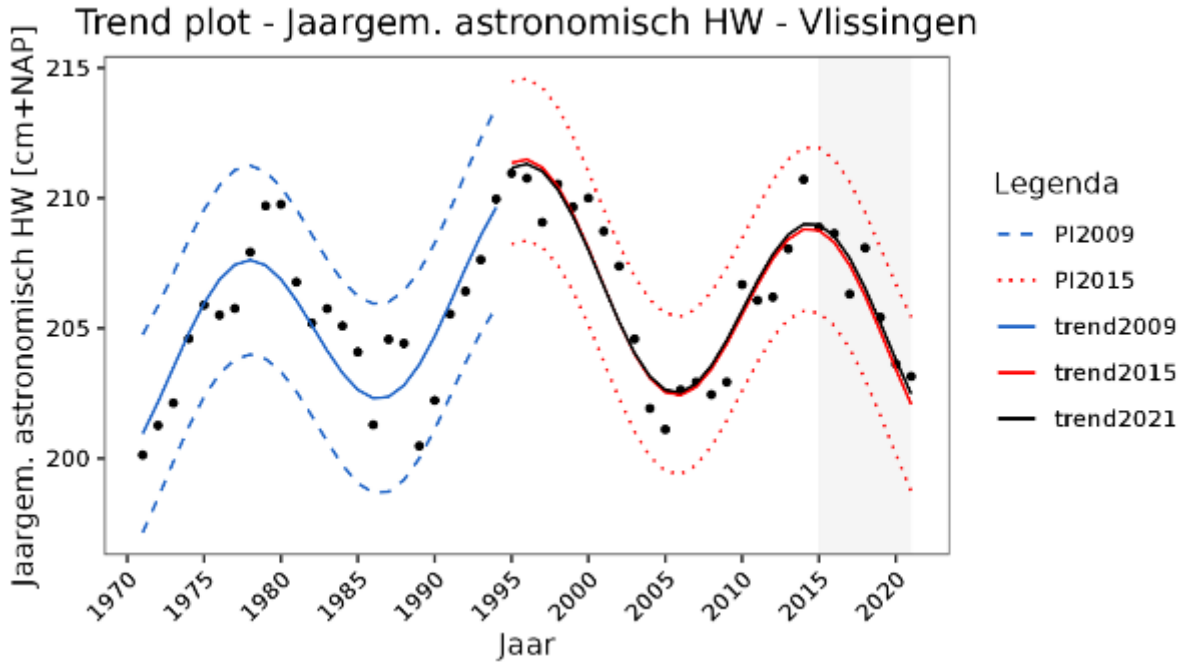
De resultaten van de trendanalyses van de astronomische hoog- en laagwaterstanden zijn voor alle stations te vinden in Bijlage A.9. Hieronder worden de resultaten toegelicht.

[17] https://github.com/Deltares/hatyan. Open source software van Rijkswaterstaat, onderhouden door Deltares.

Bij de astronomische hoogwaterstanden kennen de stations Vlissingen (Figuur 3-49) en Terneuzen (Figuur 3-50) t.o.v. de andere stations een afwijkend patroon. Sinds 1995 nemen bij deze stations de amplitudes van enkele dominante getijcomponenten af (waaronder M2). Zonder trendbreuk nemen de jaargemiddelde astronomische hooogwaterstanden voor beide stations toe met 3 cm/eeuw (al is deze trend niet statistisch significant). Als er wel een trendbreuk wordt opgelegd, en wel in 1995 (net als bij de belangrijke M2 getijcomponent), is er sinds 1995 sprake van een statistisch significante afname van de astronomische hoogwaterstanden met -12 cm/eeuw voor beide stations.

Bij Bath, wordt net als in T2015, een significante toename van de jaargemiddelde astronomische hoogwaterstanden waargenomen. Dit kan worden verklaard uit de significante toename van de amplitude van de dominante M2- en S2 componenten, zie Figuur 9-192 en Figuur 9-194.

Voor de andere drie stations, Cadzand, Westkapelle en Hansweert is er nagenoeg geen trend in de astronomische hoogwaterstanden en varieert deze voornamelijk vanwege de 18,6-jarige nodale cyclus.

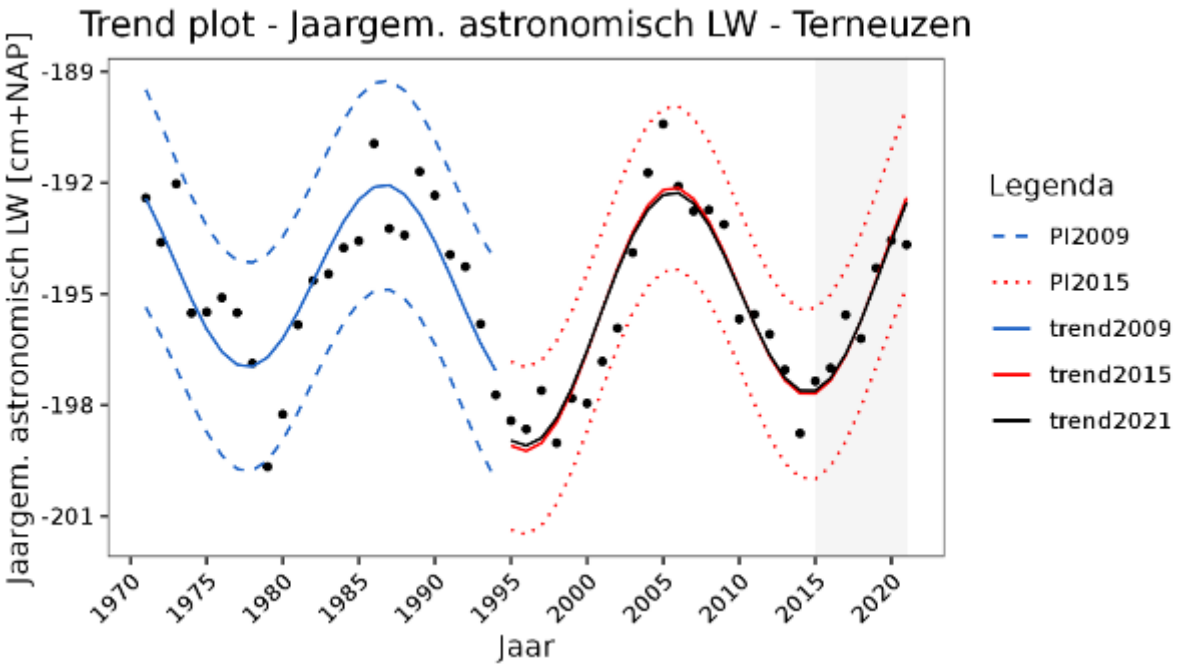


Figuur 3-49: Resultaten trendanalyse voor de astronomische hoogwaterstanden te Vlissingen voor de periode 1971-2021. Trendbreuk in 1995.

Voor de jaargemiddelde astronomische laagwaters zien we bij de stations Vlissingen (Figuur 9-204) en Terneuzen (Figuur 3-50) sinds 1995 een toename van de astronomische laagwaterstanden (3 en 8 cm/eeuw respectievelijk), al verschilt deze voor station Vlissingen niet significant van nul. Bij Bath zien we juist een sterke afname van de astronomische laagwaterstanden, zie Figuur 9-207. Voor de andere drie stations, Cadzand, Westkapelle en Hansweert, is er geen trend aanwezig in de data en variëren de jaargemiddelde astronomische laagwaterstanden als gevolg van de 18,6-jarige nodale cyclus.

De trends in de astronomische hoog- en laagwaterstanden zijn gebruikt voor de duiding van de trends in de jaargemiddelde (waargenomen) hoog- en laagwaterstanden (in resp. paragraaf 3.2 en 3.4). De waarden van de trends zijn vergeleken met de waarden van de trends in jaargemiddelde

hoogwaterstanden in Figuur 3-13 (in paragraaf 3.2) en die in jaargemiddelde laagwaterstanden in Figuur 3-34 (in paragraaf 3.4).



Figuur 3-50: Resultaten trendanalyse voor de astronomische laagwaterstanden te Terneuzen voor de periode 1971-2021. Trendbreuk in 1995.

3.6.2. Getijslag

Definitie

Getijslag is een verklarende variabele met betrekking tot de waterbeweging in het Schelde-estuarium. Het is gedefinieerd als het hoogteverschil tussen opeenvolgende hoog- en laagwaters. Als verklarende parameter is de jaarlijks gemiddelde getijslag beschouwd, dat is het verschil tussen het jaarlijks gemiddeld hoogwater en het jaarlijks gemiddeld laagwater. De getijslag neemt door de trechtervorm van het estuarium toe van Vlissingen tot Bath en verder op de Zeeschelde tot Sint-Amands.

Data

De jaargemiddelde getijslag is bepaald op basis van de hoog- en laagwaterstanden voor de stations beschreven in paragraaf 3.2.1.

Analyse

De trendanalyse van de jaargemiddelde getijslag is voor alle stations uitgevoerd met de datasets tot en met het jaar 2015 en tot en met het jaar 2021. Het regressiemodel bevat een constante, een lineaire trend en de 18,6-jarige nodale getijcyclus. Voor ieder station is telkens de laatste trendbreuk uit de T2015 analyse van de jaargemiddelde hoog- en laagwaterstanden opgelegd aan het regressiemodel. Indien het model of de trend niet significant is, dan is een LOESS filter toegepast op de beschikbare gegevens. De resultaten van de trendanalyses voor de hoofdstations zijn vastgelegd in grafieken die in Bijlage A.10 zijn opgenomen. In Tabel 3-18 zijn de trendwaarden van T2015 en T2021 weergegeven en een vergelijking van de data 2016-2021 met de reproductie van T2015.

Westerschelde
Voor stations Vlissingen en Hansweert is in T2015 een trendbreuk opgelegd in het jaar 1960 respectievelijk het jaar 1970. De trend is daarna niet significant en daarom zijn in de grafieken vanaf de trendbreuk LOESS filters weergegeven. Ook voor stations Cadzand en Westkapelle zijn de gereproduceerde T2015 regressiemodel niet. Voor de stations Terneuzen en Bath is de trend wel significant, ook na uitbreiding van de meetreeks met de gegevens tussen 2016 en 2021. Uit de grafieken voor Terneuzen en Bath volgt dat de nieuwe waarden (duidelijk) onder de trend liggen, maar niet buiten de grenzen van de 95%-predictie-intervallen. De significante lineaire trends van deze stations blijven positief, maar vlakken verder af.

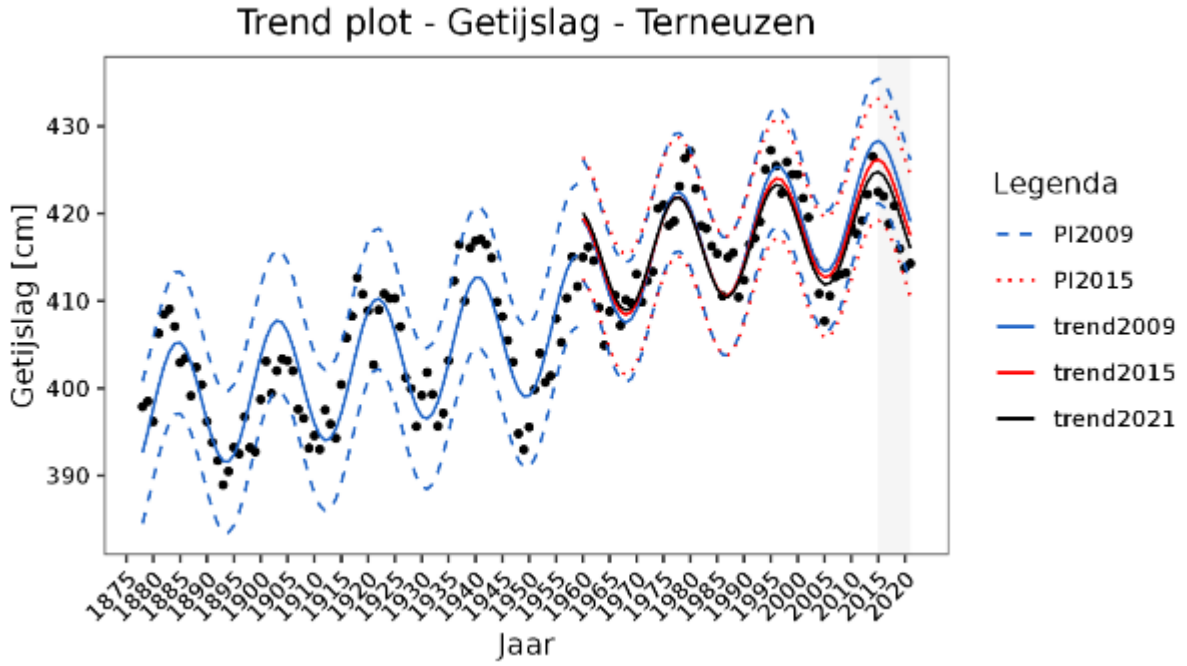
Samenvattend laten alleen de stations Terneuzen en Bath nog een trendmatige stijging van de getijslag zien. Voor de overige Nederlandse stations volgt de getijslag de sinusbeweging van het nodale getij.

Zeeschelde
De getijslag kent een stijgende trend voor alle stations in de Zeeschelde (zie Tabel 3-18). Deze trends zijn significant, ook met de toevoeging van de data tussen 2016 en 2021. Bij de meeste stations zijn de trends met de data t/m 2021 iets zwakker dan de trends met de data t/m 2015. Dit komt doordat veel van de data uit de periode 2016-2021 iets lager liggen dan verwacht. Enkele waarden vallen zelfs buiten het predictie-interval. Vooral de waarde voor het jaar 2021 valt voor veel stations buiten het predictie-interval. Bij station Rumst (Figuur 3-53) is het predictie-interval smal en vallen zelfs alle jaargemiddelde waarden in de periode 2016-2021 buiten het predictie-interval.

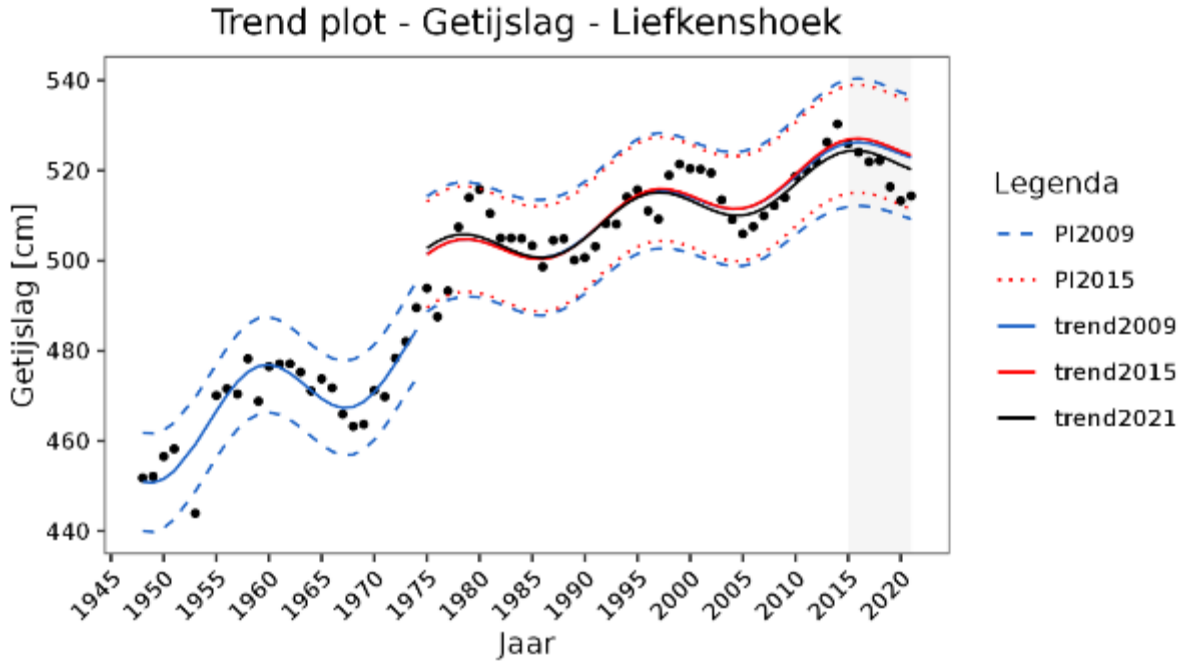
Samenvattend vormen de zwakkere trendmatige stijging en het gegeven dat waarden buiten het predictie-interval vallen samen een indicatie voor een trendbreuk. Dit wordt in de evaluatie verder uitgezocht.

Tabel 3-18: Trendwaarden getijslag en vergelijking data 2016-2021 met 'reproductie' T2015. Verklaring: n.s. = niet significant, n.v.t. is niet van toepassing, 95% P.I. is 95%-predictie-interval.

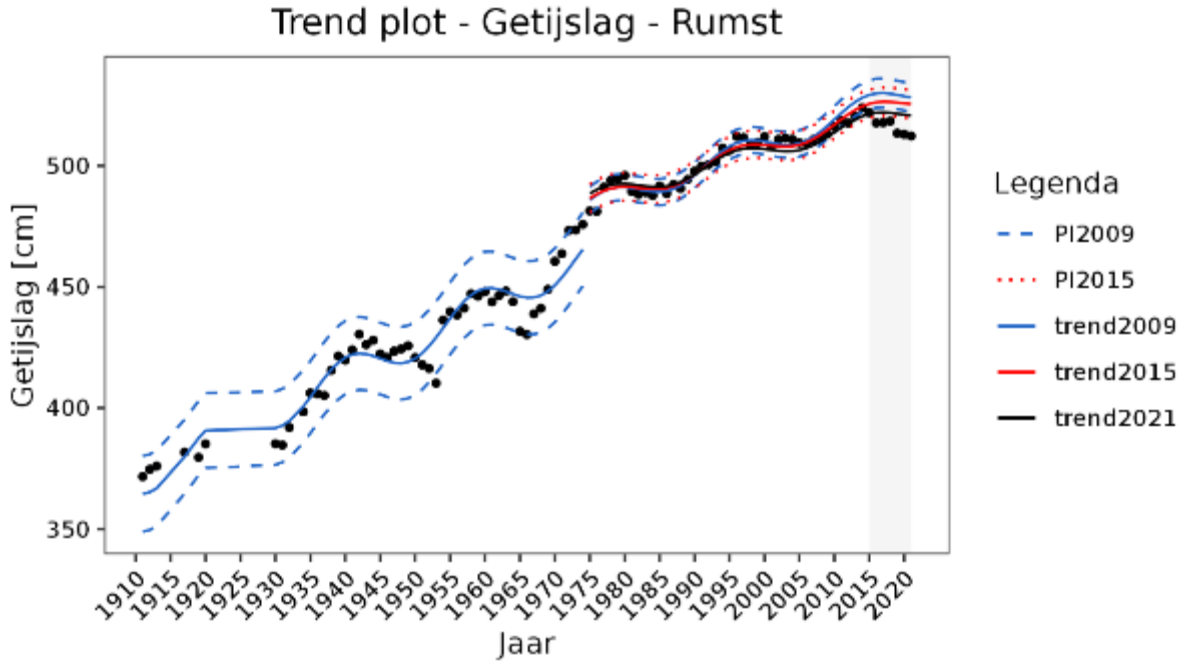
Station	**Periode (vanaf laatste trendbreuk)**	**Trend T2015**	**Trend T2021**	**Data 2016-2021 ten opzichte van 95% P.I. T2015?**
[-]	[jaar]	[cm/eeuw]	[cm/eeuw]	binnen / buiten
Cadzand	1966–2021	n.s.	n.s.	n.v.t.
Westkapelle	1954–2021	n.s.	n.s.	n.v.t.
Vlissingen	1881–2021	n.s.	n.s.	n.v.t.
Terneuzen	1960–2021	11	8	binnen
Hansweert	1880–2021	n.s.	n.s.	n.v.t.
Bath	1975–2021	41	34	binnen
Liefkenshoek	1975–2021	60	50	binnen
Antwerpen	1975–2021	33	28	binnen
Temse	1975–2021	64	50	buiten (2019, 2020, 2021)
Dendermonde	1975–2021	116	116	binnen
Schoonaarde	1971–2021	170	158	buiten (2021)
Melle	1975–2021	224	206	buiten (2021)
Rumst	1975–2021	94	79	buiten (2016, 2017, 2018, 2019, 2020, 2021)
Duffel-Sluis	1970–2021	100	87	buiten (2016, 2021)
Tielrode	1970–2021	96	82	buiten (2021)



Figuur 3-51: Resultaten trendanalyse van de jaargemiddelde getijslag te Terneuzen met de trends tot en met 2009 (blauw) tot en met 2015 (rood) en de bijbehorende 95%-predictie-intervallen (streepjes- en stippellijn voor 2009 en 2015 respectievelijk) en de trendlijn tot en met 2021 (Zwart) voor de periode 1878-2021. Trendbreuk in het jaar 1960.



Figuur 3-52: Resultaten trendanalyse van de jaargemiddelde getijslag te Liefkenshoek met de trends tot en met 2009 (blauw) tot en met 2015 (rood) en de bijbehorende 95%-predictie-intervallen (streepjes- en stippellijn voor 2009 en 2015 respectievelijk) en de trendlijn tot en met 2021 (Zwart) voor de periode 1947-2021. Trendbreuk in het jaar 1975.



Figuur 3-53: Resultaten trendanalyse van de jaargemiddelde getijslag te Rumst) met de trends tot en met 2009 (blauw) tot en met 2015 (rood) en de bijbehorende 95%-predictie-intervallen (streepjes- en stippellijn voor 2009 en 2015 respectievelijk) en de trendlijn tot en met 2021 (Zwart) voor de periode 1910-2021. Trendbreuk in het jaar 1975.

3.6.3. Relatieve getijslag

Definitie

De relatieve getijslag is de getijslag op een locatie in het estuarium gedeeld door de getijslag in de monding bij Vlissingen. We spreken ook wel van amplificatie (of demping), omdat de relatieve getijslag aangeeft hoe sterk de getijgolf geamplificeerd (of gedempt) wordt in het estuarium. Deze hydrodynamische parameter heeft een sterke invloed op de slibhuishouding (turbiditeit, concentraties, suspensief transport en slibgehalte in de bodem) en kan daarom gebruikt worden als verklarende parameter in het hoofdstuk Waterkwaliteit. De parameter is echter ook een indicator voor ontwikkelingen in de bodem. Daarmee is het een belangrijke verklarende parameter voor de hydrodynamische rekenparameters hoog- en laagwaterstand en de looptijd van het getij.

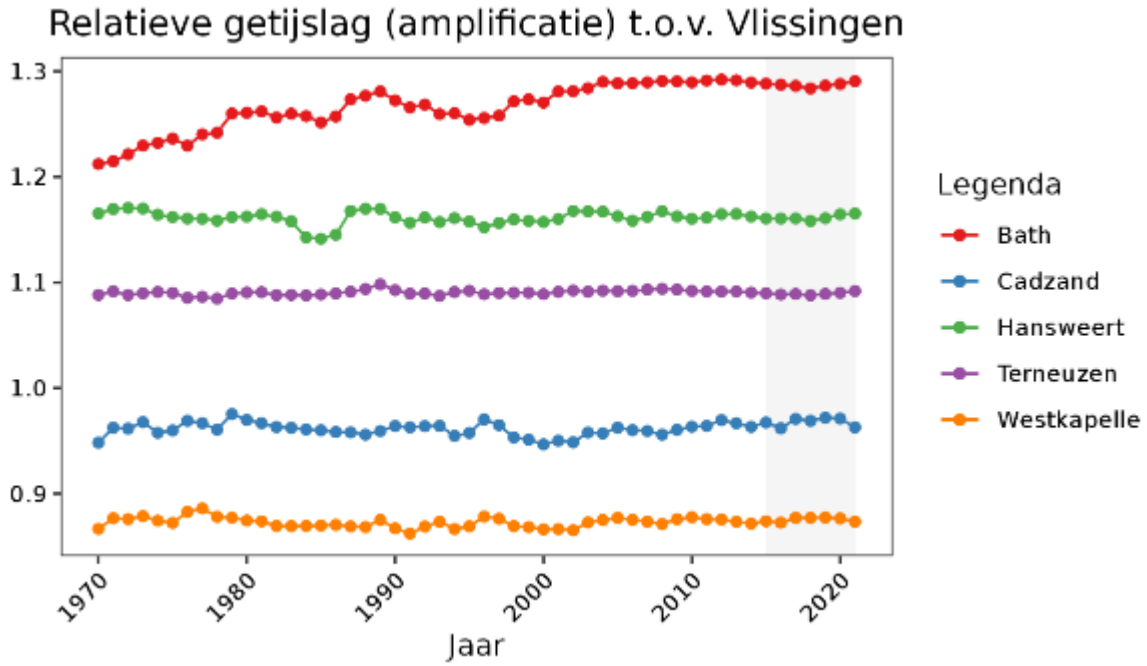
Data

De jaargemiddelde relatieve getijslag is bepaald op basis van de hoog- en laagwaterstanden voor de stations beschreven in paragraaf 3.2.1.

Analyse

Westerschelde
Figuur 3-54 geeft de relatieve getijslag van de belangrijkste stations t.o.v. Vlissingen. In Bijlage A.13 is voor ieder station een grafiek van het verloop van de relatieve getijslag ten opzichte van Vlissingen gemaakt.) Hierin is te zien dat de relatieve getijslag voor alle stations in de Westerschelde tot aan Bath

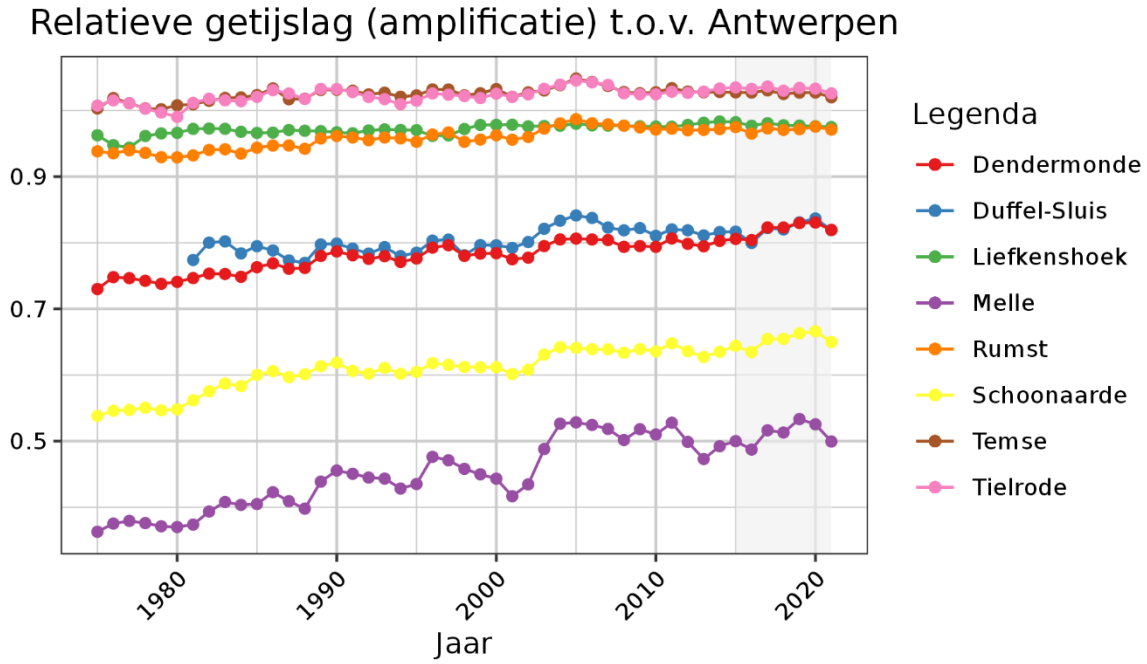
nagenoeg constant is gebleven voor de periode 1970-2021. Alleen voor station Bath is er in de periode 1970 tot aan 2000 een duidelijk stijgende trend te zien (van 1.2 naar 1.3).



Figuur 3-54: Relatieve getijslag van de belangrijkste stations in de Westerschelde ten opzichte van Vlissingen voor de periode 1970-2021.

Zeeschelde

Figuur 3-55 toont de relatieve getijslag voor de stations in de Zeeschelde t.o.v. station Antwerpen. Dit figuur laat zien dat de getijbeweging bij de stations dichtbij Antwerpen (Liefkenshoek, Temse, Tielrode) vergelijkbaar is met de getijbeweging bij Antwerpen. In de tijd stijgt de relatieve getijslag bij Rumst en bij Duffel-Sluis. Dit laat zien dat er een sterkere getijdoordringing in de Nete is. Verder bovenstrooms in de Schelde (Dendermonde, Schoonaarde en Melle) is er ook sprake van een in de tijd stijgende getijamplificatie.



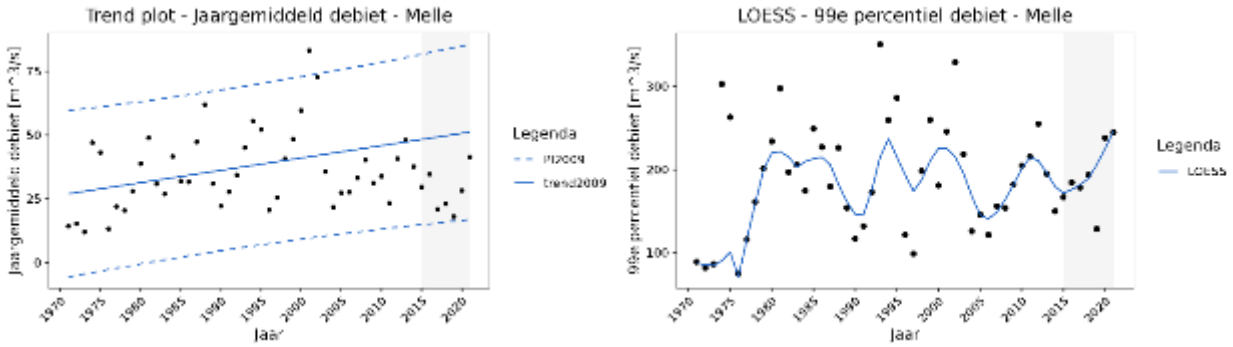
Figuur 3-55: Relatieve getijslag van de belangrijkste stations in de Zeeschelde ten opzichte van Antwerpen voor de periode 1975-2021.

3.6.4. Rivierafvoer

De verklarende parameter rivierafvoer betreft de bovenafvoer van de Schelde. In de T2015-rapportage zijn afvoergegevens van stations Schelle en Melle gebruikt. De tijdreeksen van 8 andere stations worden te kort geacht voor een zinvolle trendanalyse, of zijn 1 op 1 gerelateerd aan de afvoer te Melle of Schelle. Voor deze twee stations zijn de volgende meetreeksen beschikbaar:

- Melle (Boven-Zeeschelde; daggemiddelde meetwaarden 1971-2021);
- Schelle (Beneden-Zeeschelde; berekende daggemiddelde waarden 1971-2021).

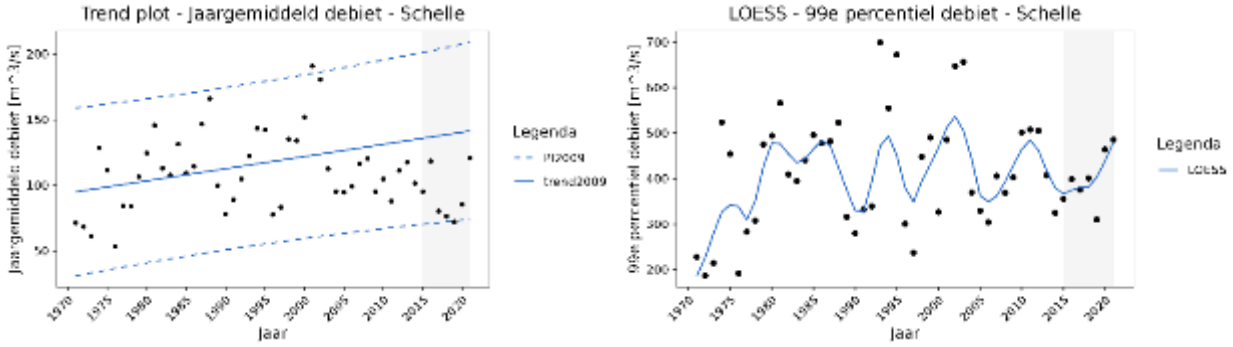
Voor station Melle schommelt het jaargemiddelde debiet tussen de 20 en 50 m^3/s. Voor het station is een langere reeks beschikbaar dan in T2015 is geanalyseerd. Tot ongeveer 2002 is sprake van een toename van de jaargemiddelde debieten. Sindsdien lijken de jaargemiddelde afvoeren, de variatie en de uitschieters naar boven kleiner. Dit wordt voortgezet in de periode 2016-2021. In T2009 is een sterke correlatie gevonden tussen de T2009 hoogwaterresiduen en de jaargemiddelde afvoer op locaties in de Zeeschelde bovenstrooms van Dendermonde. De rechterzijde van Figuur 3-56 toont de 99^e percentielwaarden van de afvoer te Melle. Sinds 2015 is er weer sprake van een stijging van de 99^e percentielwaarden (met als uitzondering het jaar 2018).



Figuur 3-56: Jaargemiddeld (links) en 99e percentiel (rechts) van het debiet te Melle in de periode 1971-2021.

Figuur 3-57 laat zien dat de jaargemiddelde afvoeren te Schelle tussen 2016 en 2021 tussen de 70 m^3/s en 100 m^3/s liggen. Er lijkt sprake van een trendbreuk in 2003 (net als bij station Melle). Sinds dat jaar toont de jaargemiddelde afvoer minder variatie en liggen de waarden ook lager. De afvoeren van 2017, 2018, 2019 en 2020 zijn alle relatief laag ten opzichte van de voorgaande periode. Van deze data valt ook 1 datapunt (2019) buiten de predictie-intervallen van T2009. Dit geeft een aanvullend teken dat er inderdaad sprake was van een trendbreuk.

De rechterfiguur van Figuur 3-57 toont de 99e percentielwaarden van de afvoer te Schelle. Het patroon is hetzelfde als bij station Melle, een toename tussen 2006 en 2012, daarna een afname, en vervolgens weer een toename vanaf 2015 (met als uitzondering 2018).



Figuur 3-57: Jaargemiddeld (links) en 99e percentiel (rechts) van het debiet te Schelle in de periode 1971-2021.

3.6.5. Meteorologie - wind

Definitie

Onder meteorologische invloeden wordt in de evaluatiemethodiek de wind genoemd. In T2009 en T2015 is de rechte stormopzet te Vlissingen geanalyseerd als verklarende parameter voor de invloed van de wind op extreme hoogwaterstanden en golven. De rechte stormopzet is het verschil tussen het astronomisch getij en de opgetreden waterstand, oftewel het deel van de waterstandsfluctuatie dat niet door het getij wordt bepaald. In T2021 analyseren we de scheve opzet. De scheve opzet is het verschil tussen het voorspelde astronomisch hoogwater en het gemeten hoogwater, dat niet op hetzelfde moment hoeft op te treden. De scheve opzet verklaart mogelijk[18] de extremen in hoogwaterstanden

[18] De rechte en scheve opzet zijn beide afgeleid. Het blijkt dat de waarden nauwelijks van elkaar verschillen.

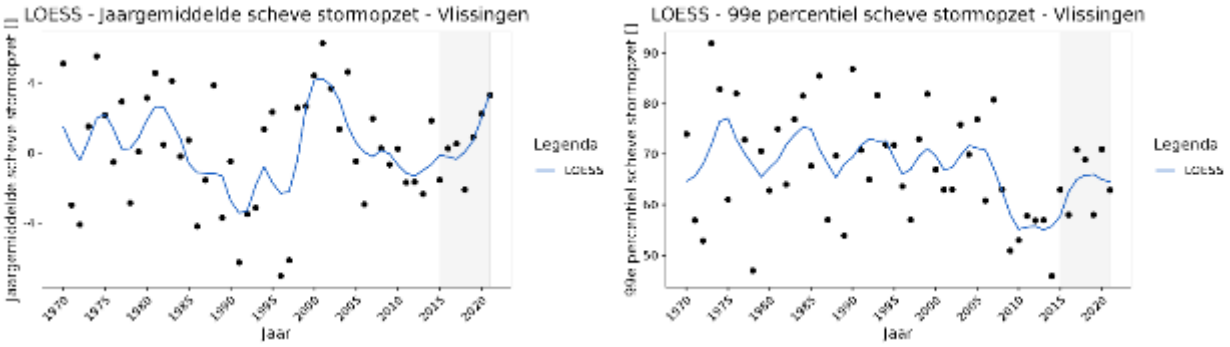
beter (99e percentiel hoogwaterstanden). Tevens kan vanwege databeschikbaarheid voor de scheve opzet een langere reeks worden bepaald.

Methodiek

De scheve stormopzet is het verschil tussen de het astronomisch hoogwater en het gemeten hoogwater binnen een getijdecyclus. Uit de scheve opzetten zijn de jaargemiddelden en de 99e percentielwaarden bepaald. Dit is gedaan voor de periode 1970-2021, waarvoor de astronomische hoogwaterstanden beschikbaar zijn.

Analyse

De jaargemiddelde en 99e percentielwaarden van de scheve stormopzet te Vlissingen zijn weergegeven in Figuur 3-58. De jaargemiddelden zijn in de jaren 2020 en 2021 relatief hoog. In 2020 kwamen alleen in februari al vier winterstormen voor, waarvan Ciara[19] de zwaarste was. De 99e percentielwaarden van de stormopzet zijn in het algemeen hoger dan in de periode 2009-2015 met vooral in 2017, 2018 en 2020 relatief hoge waarden.



Figuur 3-58: Jaargemiddelde (links) en 99e percentiel (rechts) scheve stormopzet te Vlissingen in de periode 1970-2021.

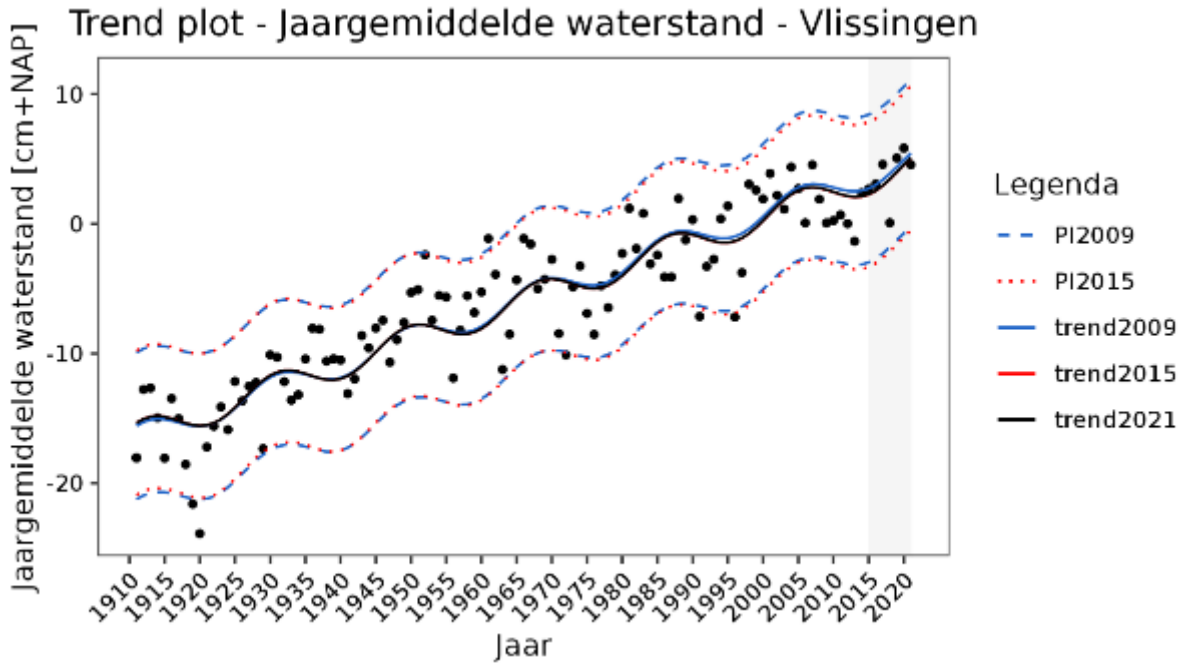
3.6.6. Gemiddeld zeeniveau

De gemiddelde waterstand langs de Nederlandse kust is in de afgelopen eeuw met ongeveer 0,2 m toegenomen. Men spreekt ook wel over zeespiegelstijging. De verklarende parameter jaargemiddelde waterstand is het rekenkundig gemiddelde van de (hoogfrequente) gemeten waterstanden in een kalenderjaar. Dergelijke hoogfrequente waterstandsmetingen worden uitgevoerd op 6 locaties in de Westerschelde. Tot 1971 was de frequentie eens per 3 uur, tot 1986 ieder uur en sindsdien iedere 10 minuten. Uit deze metingen zijn de jaargemiddelde waarden bepaald.

De lineair stijgende trend in de jaargemiddelde waterstanden bij stations Westkapelle, Cadzand, Vlissingen, Terneuzen, Hansweert en Bath verandert niet of nauwelijks door het toevoegen van de data tussen 2016 en 2021. Figuur 3-59 geeft voor station Vlissingen de grafiek van de jaargemiddelde waterstanden, de T2009, T2015 en T2021 regressiemodellen en de bijbehorende predictie-intervallen. Voor de andere stations zijn deze grafieken weergegeven in Bijlage A.11. Voor alle stations geldt dat de waarden tussen 2016 en 2021 binnen de 95%-predictie-intervallen van de T2015 (alsmede T2009) regressiemodellen vallen. Toch lijken de waarden voor deze periode relatief hoog te liggen ten opzichte

[19] https://www.knmi.nl/nederland-nu/klimatologie/lijsten/zwarestormen

van de trendlijnen. Het valt op dat voor alle stations geldt dat de jaargemiddelde waterstand in 2018 relatief lager is dan in de omliggende jaren. De jaargemiddelde stormopzet is in dat jaar ook relatief laag.



Figuur 3-59: Jaargemiddelde waterstanden te Vlissingen voor de periode 1911-2021 en de regressiemodellen van T2009, T2015 en T2021.

3.7. Verklarende hydrodynamische parameters voor andere piramides

3.7.1. Verblijftijd

Definitie

De verblijftijd is een hydrodynamische parameter die wordt gebruikt bij het karakteriseren van de waterkwaliteit in diverse compartimenten van het estuarium. Verblijftijd kan eenvoudig gedefinieerd worden als de tijd die een deeltje doorbrengt in een systeem. De verblijftijd voor verschillende deeltjes in het estuarium is niet gelijk. In deze methodiek definiëren we verblijftijd als de tijd die een pakketje water nodig heeft om zich te verplaatsen van een bepaald gebied naar een ander gebied. De verblijftijd in een bepaalde zone van het estuarium is afhankelijk van onder andere het volume en het netto debiet in die zone. De verblijftijd wordt bepaald per OMES-segment.

Data

Voor de bepaling van de verblijftijd zijn de volgende gegevens nodig: de volumes onder het laagwaterniveau, het debiet en de zoutgehaltes. De volumes onder het gemiddeld laagwaterniveau zijn

per OMES-segment aangeleverd door het Waterbouwkundig Laboratorium en zijn afkomstig uit een modelberekening. De volumes zijn beschikbaar voor enkele schematisaties van de bathymetrie, te weten uit de jaren 2001, 2011, 2016 en 2019.

Voor de debieten worden de daggemiddelde waarden gebruikt zoals deze in de Scheldemonitor beschikbaar zijn (datafiche S-HD-V-003), zie ook paragraaf 3.6.3. Voor de Boven-Zeeschelde (OMES-segmenten 14 t/m 19) worden de debieten van station Melle gebruikt. Voor de Beneden-Zeeschelde (OMES-segmenten 9 t/m 13) worden de debieten van station Schelle gebruikt. Voor de Westerschelde (OMES-segmenten 1 t/m 8) worden de debieten van het grensstation[20] gebruikt.

Voor de zoutgehaltes wordt gebruik gemaakt van de periodieke metingen van de chloridegehaltes, zie paragraaf 5.4.1. Voor de OMES-segmenten waarin er geen metingen worden verricht (2, 5, 6 en 8), wordt gebruik gemaakt van nabijgelegen meetlocaties. Voor enkele locaties zijn continue metingen beschikbaar. Deze bieden echter onvoldoende dekking voor het gehele estuarium.

Methodiek

Voor een rivier zonder getijdewerking is de verblijftijd eenvoudig te bepalen door het volume van het systeem te delen door het netto debiet door het systeem. In estuaria gaat deze eenvoudige werkwijze niet op door de aanwezige getijwerking. Om rekening te houden met het estuariene menggedrag dient een correctie op de verblijftijd uitgevoerd te worden. Deze correctie kan benaderd worden aan de hand van de saliniteitsgradiënt die een resultante is van de estuariene menging. Dit geeft volgende formule:

$$t_{verblijf} = \frac{V}{F} \cdot \frac{S_0 - S}{S_0}$$

Met $t_{verblijf}$ de verblijftijd in de beschouwde zone (dag), V het watervolume in de beschouwde zone (m^3), F de netto (zoet)waterflux in de zone (m^3/dag), S_0 het zoutgehalte aan de monding en S het zoutgehalte in de beschouwde zone. Voor het watervolume wordt telkens het volume gebruikt dat is bepaald met de meest recente bathymetrie (bijv. watervolume op basis van de bathymetrie van 2019 bij de bepaling van de verblijftijd in 2021).

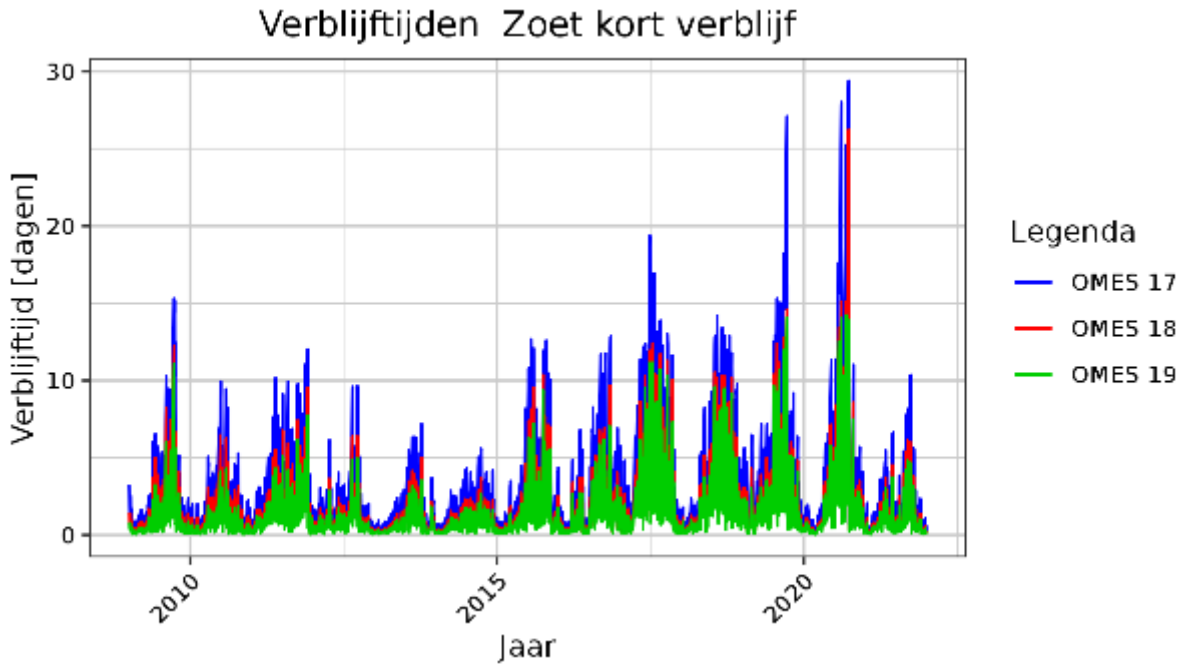
Om het zoetwatervolume $\left(V \cdot \frac{S_0 - S}{S_0}\right)$ te bepalen wordt gebruik gemaakt van de periodieke metingen van chloridegehaltes. Voor de monding (S_0) wordt de meetlocatie Walcheren gebruikt. Om het effect van plotselinge (en mogelijk kortdurende) veranderingen van het chloridegehalte te dempen (door bijvoorbeeld een korte, hoge afvoerpiek) wordt deze gemiddeld over een periode van 90 dagen rondom de datum waarop de verblijftijd wordt bepaald. Deze 90-daagse periode laat wel seizoensveranderingen in de chloridegehaltes toe. Het effect van de hoge afvoer wordt dan niet weerspiegeld in een kleiner zoetwatervolume, maar zorgt er wel voor dat de verblijftijd omlaag gaat (door een hogere waterflux F). Als er in de 90-daagse periode geen metingen beschikbaar zijn, wordt het jaargemiddelde chloridegehalte gebruikt.

[20] Het debiet bij de grens wordt niet gemeten, maar is een vermeerdering van het debiet te Schelle met 21%.

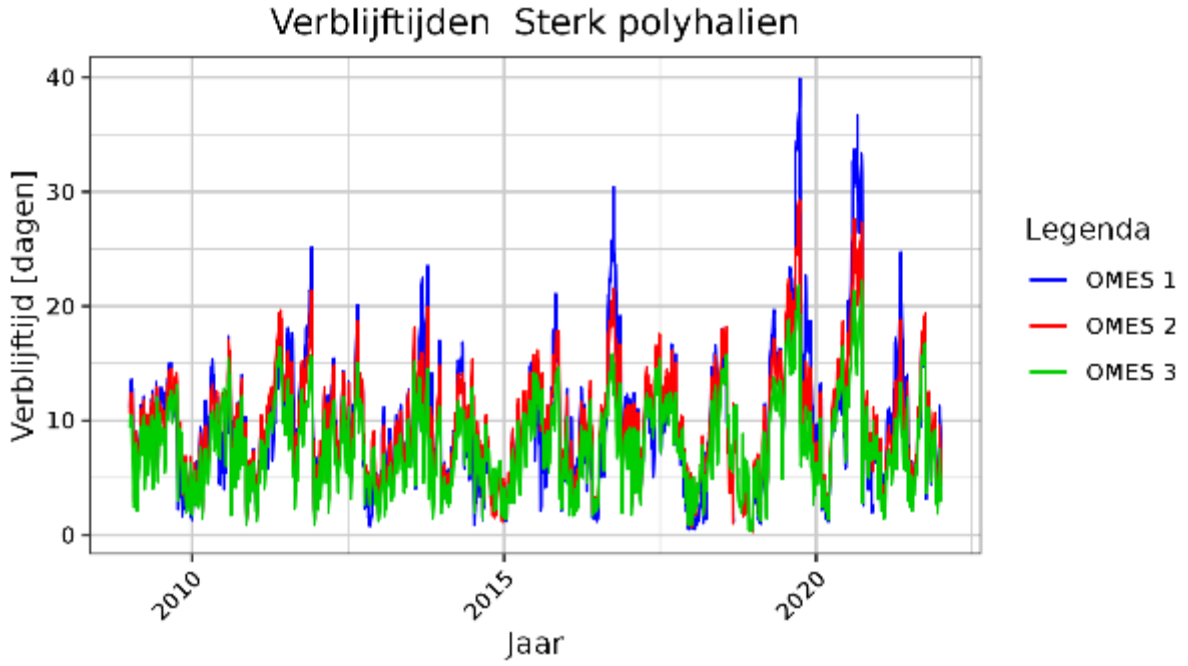
Analyse

De resultaten worden weergegeven per saliniteitszone (niveau 3 zones) en worden getoond in Bijlage A.15. Figuur 3-60 laat voor de zone Zoet kort verblijf (in de Boven-Zeeschelde) de verblijftijden zien. Hier is er geen invloed van saliniteit (volledige volume is zoet). De drie OMES-segmenten in deze zone kennen een vergelijkbaar verloop van de verblijftijd. Absolute verschillen tussen deze stations worden veroorzaakt door de verschillende groottes van de segementen. volumes in de OMES-segmenten worden groter in benedenstroomse richting, waardoor ook de verblijftijden groter worden in benedenstroomse richting. Het figuur laat zien dat in de periode 2016 t/m 2021 de verblijftijden relatief laag waren in 2016 en in 2021, en juist hoog (tot 30 dagen in OMES-segment 17) in 2019 en 2020. In de jaren 2019 en 2020 waren de zomerafvoeren ontoereikend om de volumes in korte tijd te verversen. Verder benedenstrooms in de Zeeschelde kennen de jaren 2019 en 2020 ook hoge verblijftijden in de zomerperiode. In OMES-segment 14 nadert de verblijftijd in 2020 de 80 dagen.

In de zones Saliniteitsgradiënt, Mesohalien en Zwak polyhalien is het patroon vergelijkbaar met de bovenstroomse zones, al zijn de pieken in bijvoorbeeld 2019 en 2020 minder hoog t.o.v. de overige jaren. In de zone Sterk polyhalien zijn de pieken in 2019 en 2020 wel weer sterk aanwezig, zie Figuur 3-61.



Figuur 3-60: Verblijftijden in de 3 OMES-segmenten in de Boven-Zeeschelde in de zone Zoet kort verblijf basis van de afvoer bij Melle.



Figuur 3-61: Verblijftijden in de 3 OMES-segmenten in de Westerschelde in de zone Sterk Polyhalien op basis van de afvoer bij de grens.

3.7.2. Getijasymmetrie

Definitie

Getijasymmetrie is een belangrijke indicator voor onder andere de vertroebeling van het estuarium en sedimenttransport. Daarmee kan getijasymmetrie dienen als verklarende parameter binnen de communicatie-indicator waterkwaliteit. Indien de voortplantingssnelheden van het hoog- en laagwater verschillend zijn treedt vervorming van de getijdegolf en de waterstandcurve op. Ook door andere niet-lineaire effecten kan vervorming van de waterstandcurve optreden. Deze getijasymmetrie uit zich door een verschil in duur van het opgaande tij (tijdsverschil tussen hoogwater en het voorafgaande laagwater) en van het afgaande tij (tijdsverschil tussen laagwater en het voorafgaande hoogwater) op een locatie.

Methodiek

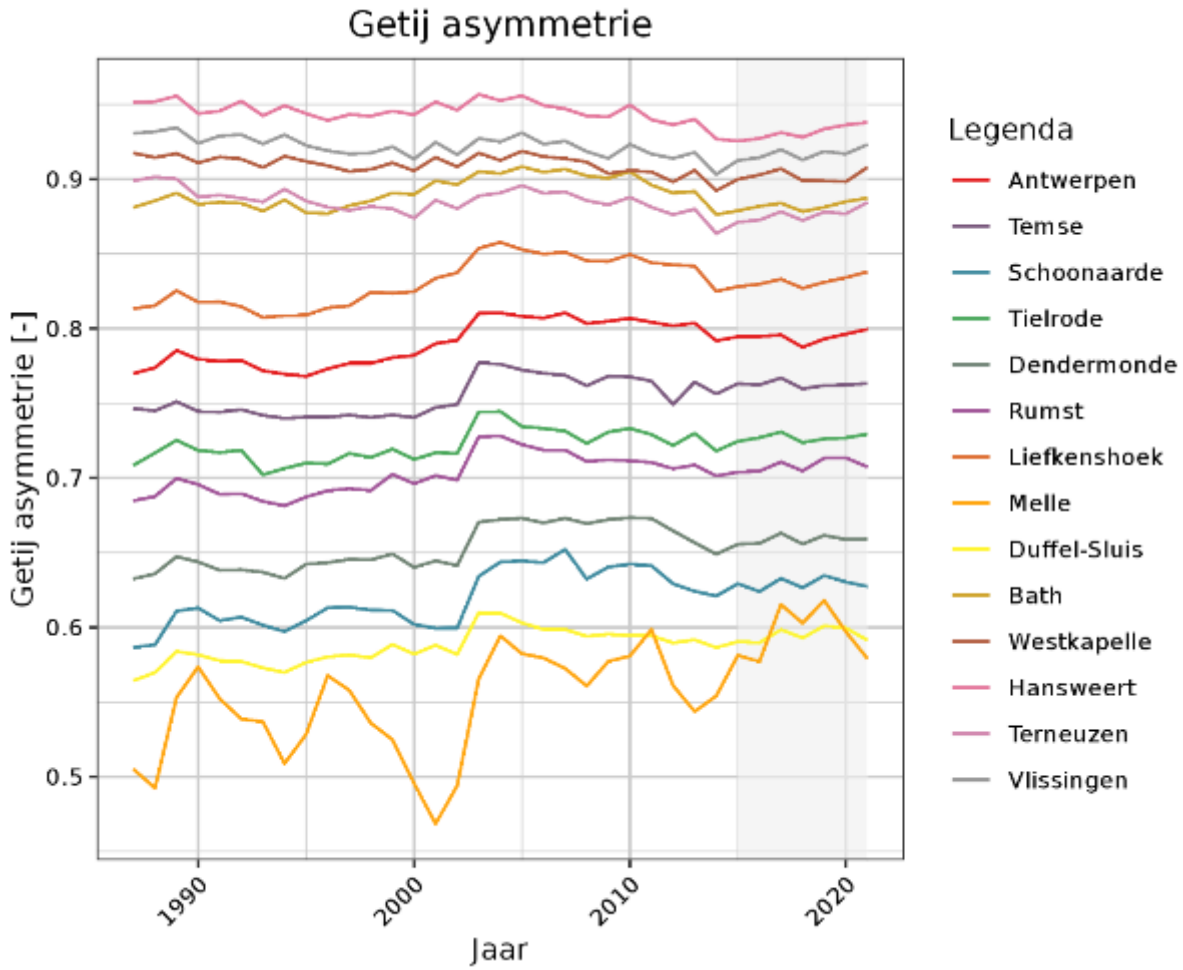
De getijasymmetrie in een jaar wordt bepaald door de jaargemiddelde looptijd van het hoogwater te delen door de jaargemiddelde looptijd van het laagwater. Hoe verder de getijasymmetrie afwijkt van 1 (zowel naar boven als naar boven), des te asymmetrischer is het getij. We beschouwen de ontwikkeling van de waarden van de getijasymmetrie per station absoluut en vergelijken de ontwikkeling van de waarden tussen de stations. Ter ondersteuning van de analyse kijken we of er een statistisch significante trend kan worden vastgesteld.

Analyse

In de Westerschelde en de Zeeschelde zijn de looptijden van het laagwater groter dan de looptijden van het hoogwater (zie paragraaf 3.5.1). Daardoor is de waarde van de getijasymmetrie bij alle stations lager dan 1 (Figuur 3-62). In Bijlage A.12 is per station een figuur met de getijasymmetrie weergegeven.

Het patroon (of signaal) dat te zien is in de getijasymmetrie bij de verschillende stations in de Westerschelde is redelijk gelijk, zeker sinds 1990. Voor alle stations in de Westerschelde geldt dat de getijasymmetrie afneemt tijdens de periode 2016-2021 (dichter bij 1).

In de Zeeschelde valt de sterke afname van de getijasymmetrie tussen 2002 en 2003 op. Sindsdien is deze voor alle stations stabiel of licht stijgend (sterke asymmetrie). Bij station Melle is de getijasymmetrie zeer variabel.

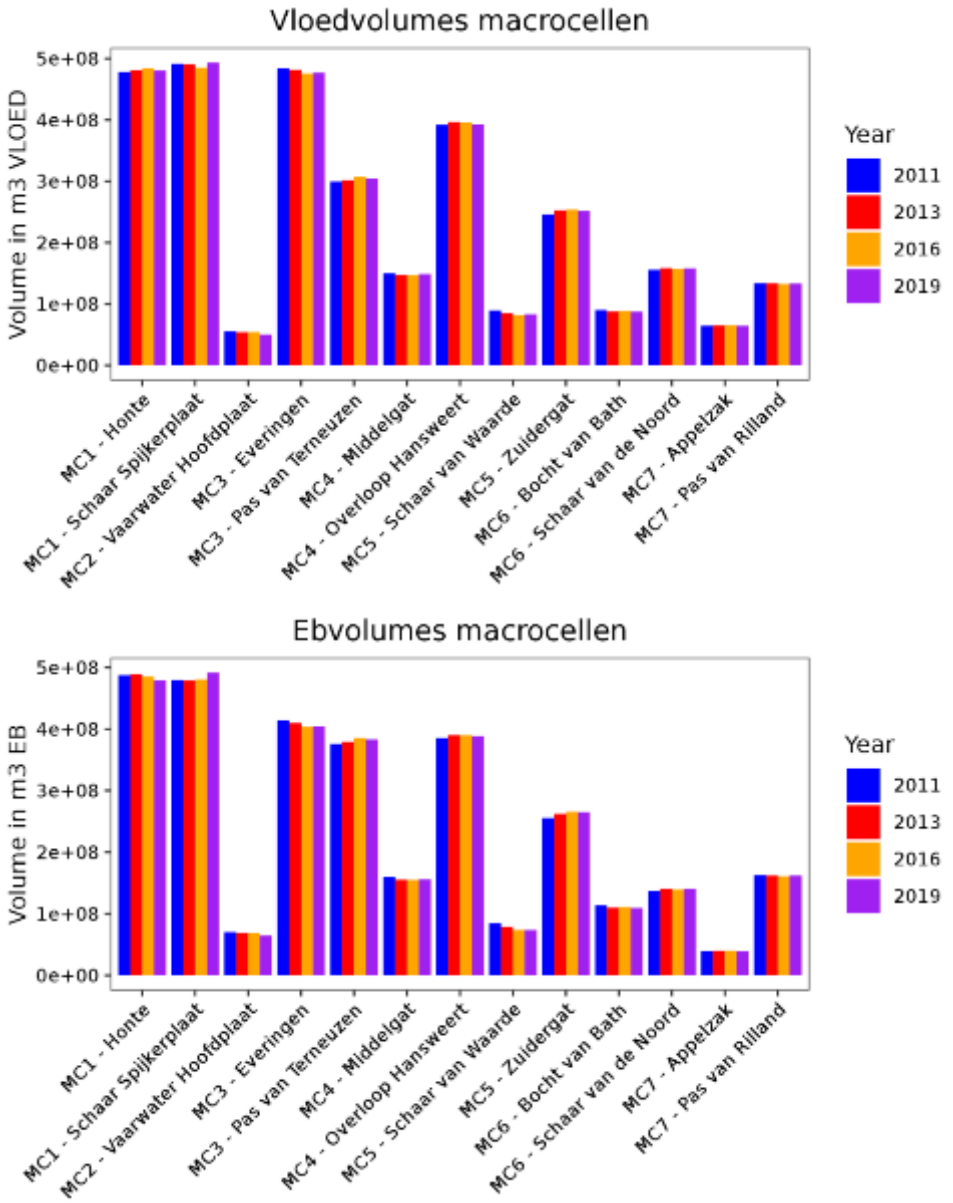


Figuur 3-62: Jaargemiddelde getijasymmetrie bij de hoofdstations

3.7.3. Verhouding getijvolumes

De verhouding van getijvolumes tussen de hoofd- en de nevengeul in de Westerschelde wordt bepaald door het getijvolume in de hoofd- en nevengeul afzonderlijk te bepalen. Er kan hierbij onderscheid gemaakt worden tussen een eb- en vloedvolume. Het getijvolume kan worden afgeleid uit een gestandaardiseerde numerieke modelberekening, waarbij ebvolumes, vloedvolumes en totale volumes worden berekend voor de verschillende macrocellen (hoofdgeul en nevengeul). In Stark et al. (2022) is een methode voorgesteld en toegepast om sedimenttransportcapaciteit in het Schelde-estuarium te bepalen op basis van modelberekeningen. Het Scaldis model blijkt het meest geschikt hiervoor en is toegepast voor de jaren 2011, 2013, 2016 en 2019. Met dit model zijn zowel de

sedimenttransportcapaciteit als het debiet door de raaien berekend over een volledige springtij-doodtij cyclus. In de Westerschelde bestrijken de raaien de hoofd- en nevengeulen van de verschillende macrocellen. Per macrocel zijn de transporten en debieten in de hoofd- en nevengeul nog gemiddeld zodat binnen elke macrocel voor elke geul één waarde kan worden gepresenteerd. Uit deze debieten zijn de getijvolumes bij eb en vloed afgeleid. Ter illustratie toont Figuur 3-63 de in Stark et al. (2022) berekende vloed- en ebvolumes voor de raaien in de Westerschelde (i.e. gemiddelden per macrocel).



Figuur 3-63: Vloedvolumes (boven) en ebvolumes (onder), gemiddeld per macrocel, in de Westerschelde voor de jaren 2011, 2013, 2016 en 2019. Gebaseerd op Figuur 19 van Stark et al. (2022). Data ontvangen van Bart de Maerschalck (WL Vlaanderen).

Ruimtelijk zijn de verschillen tussen de gemodelleerde (absolute) vloed- en ebvolumes relatief groot. De verschillen zijn tot een factor 5 in vloedvolume en in ebvolume. De volumes nemen sterk af in bovenstroomse richting.

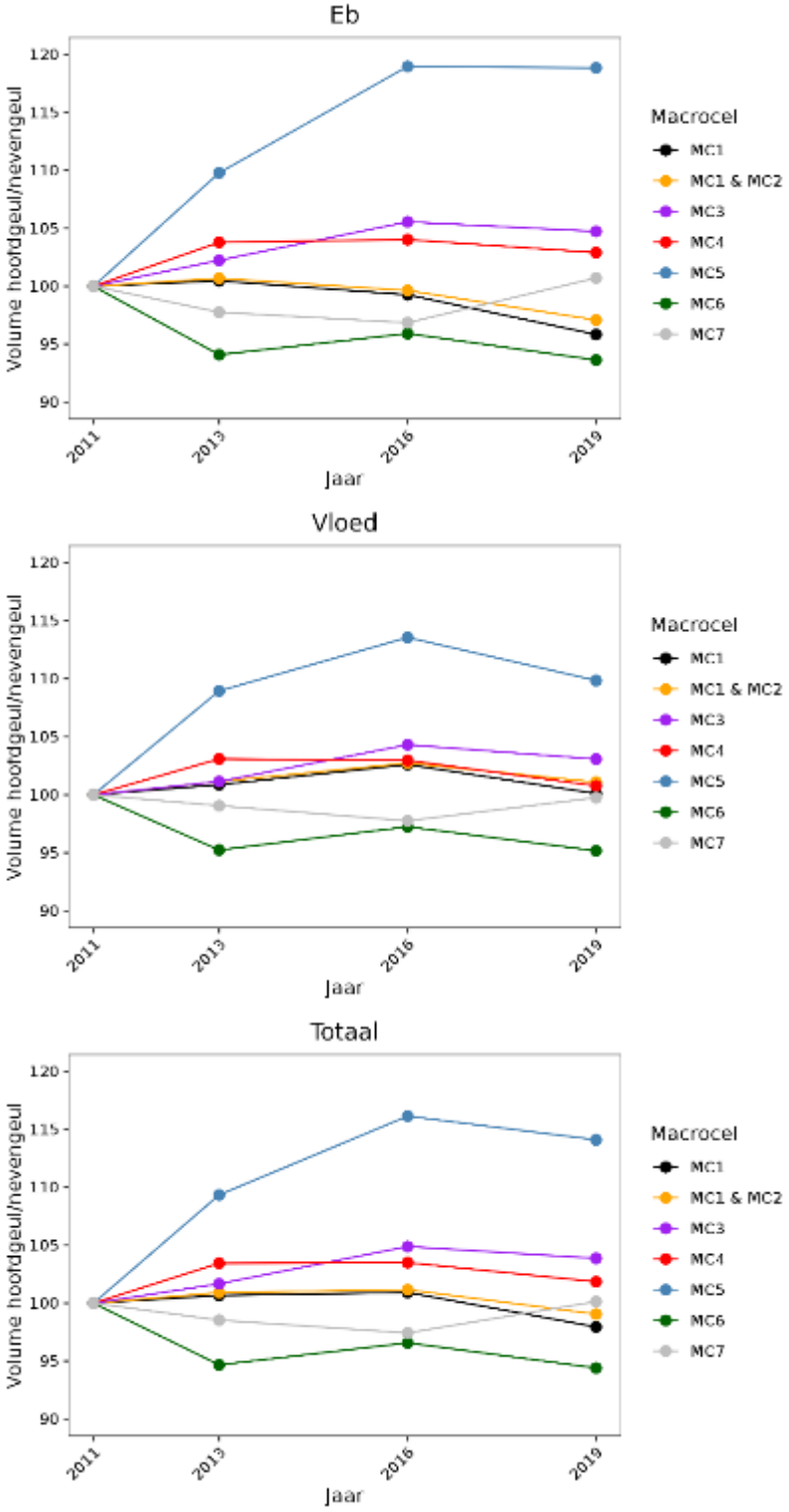
De parameter verhouding getijvolumes is gedefinieerd en berekend als de ratio van het volume door de hoofdgeul en het volume door de nevengeul. Een toename van deze ratio betekent dat het volume door de hoofdgeul ten opzichte van het volume door de nevengeul is toegenomen. De hoofdgeulen zijn Honte (MC1 en MC2), Pas van Terneuzen (MC3), Overloop Hansweert (MC4), Zuidergat (MC5), Bocht van Bath (MC6) en Pas van Rilland (MC7). De hoofdgeulen zijn de ebgeulen met uitzondering van Overloop Hansweert. De nevengeulen zijn Schaar Spijkerplaat (MC1), Vaarwater Hoofdplaat (MC2), Everingen (MC3), Middelgat (MC4), Schaar van Waarde (MC5), Schaar van de Noord (MC6) en Appelzak (MC7). De verhouding getijvolumes is net als in T2015 berekend voor het ebvolume, het vloedvolume en het totale volume (eb en vloed). Merk op dat in T2015 de volumes berekend waren met het SCALWEST2000 model (toelevering Rijkswaterstaat Zee en Delta). Een onderlinge vergelijking met de resultaten in T2015 is daarom niet mogelijk.

Analyse
De ontwikkeling in de verhouding in getijvolumes in absolute aantallen is terug te vinden in Bijlage A.14. In Figuur 3-64 is de verandering ten opzichte van de situatie in 2011 (‘100’) weergegeven. De ontwikkeling tussen 2011 en 2019 is samengevat in Tabel 3-19.

- MC1: de verhouding van de getijvolumes tijdens eb is in 2011 en 2013 ongeveer gelijk en daalt vervolgens tussen 2013 en 2019. De verhouding getijvolumes tijdens vloed en de gehele cyclus verandert nauwelijks tussen 2011 en 2019.
- MC1&MC2: indien het getijvolume dat door het vaarwater langs Hoofdplaat gaat bij de nevengeul wordt opgeteld, dan is de ontwikkeling van de verhouding hetzelfde als bij MC1
- MC3: de verhouding van de getijvolumes tijdens eb, vloed en de totale cyclus stijgt tussen 2011 en 2016 en blijft ongeveer gelijk tussen 2016 en 2019. De waarden zijn in 2019 duidelijk hoger dan in 2011. Dit betekent dat er relatief minder water door de nevengeul stroomt.
- MC4: hier is de vloedgeul (Gat van Ossenisse en Overloop van Hansweert) de hoofdgeul. Tussen 2011 en 2013 stijgt de verhouding tijdens eb, vloed en de gehele cyclus om vervolgens tussen 2013 en 2019 te dalen. De waarden tijdens eb zijn in 2019 hoger dan in 2011. De waarden tijdens vloed en de gehele cyclus zijn in 2019 ongeveer gelijk aan die in 2011.
- MC5: de verhouding van de getijvolumes tijdens eb, vloed en de totale cyclus stijgt tussen 2011 en 2016 en blijft ongeveer gelijk tussen 2016 en 2019. De waarden zijn in 2019 duidelijk hoger dan in 2011.
- MC6: de verhouding van de getijvolumes tijdens eb, vloed en de totale cyclus daalt duidelijk tussen 2011 en 2013. Tussen 2013 en 2016 stijgen de waarden. In 2019 zijn de waarden ongeveer gelijk aan de waarden in 2013, die duidelijk lager liggen dan in 2011.
- MC7: de verhouding van de getijvolumes tijdens eb, vloed en de totale cyclus daalt tussen 2011 en 2016 en stijgt tussen 2016 en 2019. Het niveau in 2019 is ongeveer gelijk aan het niveau in 2011.

Tabel 3-19: Ontwikkeling van de verhouding van de getijvolumes tussen 2011 en 2019: toename (+), afname (-) en neutraal (0). Een toename (afname) betekent dat het volume dat door de hoofdgeul stroomt toeneemt (afneemt) ten opzichte van het volume dat door de nevengeul stroomt.

Macrocel	**Verhouding getijvolume 2011 - 2019**		
	Eb	**Vloed**	**Totaal**
MC1	-	0	0
MC1 & MC2	-	0	0
MC3	+	+	+
MC4	0	0	0
MC5	+	+	+
MC6	-	-	-
MC7	0	0	0



Figuur 3-64: Verhouding getijvolumes die door de hoofd- versus nevengeul stromen tijdens eb (boven), vloed (midden) en de totale getijcyclus (onder) voor de jaren 2011, 2013, 2016 en 2019. Gebaseerd op de uitkomsten van het Scaldis model beschreven in Stark et al. (2022).

3.7.4. Getijweglengte

Definitie en methodiek

De getijweglengte is een maat voor hoever een waterdeeltje reist binnen één getijcyclus. De getijweglengte volgt uit de ratio tussen het dominantvolume (DV) en het doorstroomoppervlak (A_c) van een macrocel. Deze hydrodynamische parameter dient als verklarende parameter in de communicatie-indicator Morfologie, omdat deze aangeeft in hoeverre geulen in evenwicht zijn. In een van nature veranderend systeem zou deze verhouding constant blijven. De getijweglengte neemt af in een systeem dat erodeert ten gevolgen van baggeren, terwijl de verhouding toeneemt bij sedimentatie ten gevolge van het storten.

De getijweglengte GWL wordt als volgt berekend:

$$GWL = \frac{DV}{A_C}$$

Het dominantvolume DV is het absolute verschil tussen vloed- en ebvolume tijdens een volledige tijcyclus en Ac is het gemiddelde doorstroomoppervlak bij het grootste volume bij eb of vloed met

$$A_C = \frac{V}{L}$$

Hierin is V het volume (m^3) en L de lengte van het morfologisch segment (m).

Data

Samengevat wordt de getijweglengte berekend door het totale vloedvolume af te trekken van het totale ebvolume, en dit te delen door het gemiddeld doorstroomoppervlak van de geulen. Voor de berekening wordt ten eerste gebruik gemaakt van de met Scaldis berekende totale eb- en vloedvolumes (Stark et al. 2021) door de geulen voor de jaren 2011, 2013, 2016 en 2019 (zie paragraaf 3.7.4). Voor de doorstroomoppervlakte is gebruik gemaakt van de bathymetrie in 2011, 2013, 2016, 2019, 2020 en 2021, het volume water onder gemiddeld tij en de bekende lengtes van de eb- en vloedgeulen in de Westerschelde.

Analyse

De berekening wordt net als in T2015 alleen voor de Westerschelde uitgevoerd. Voor gemiddeld tij in de Westerschelde is NAP+0,1 m aangehouden. Voor de jaren 2020 en 2021 zijn de dominantvolumes van het jaar 2019 ingevoerd. Een onderlinge vergelijking met de getijweglengtes in T2015 is niet mogelijk, omdat de dominantvolumes toen met een ander model (SCALWEST2000) zijn berekend.

De resultaten van de berekeningen zijn samengevat in Tabel 3-20. Als eerste merken we op dat in Macrocel 1 de vloedvolumes groter zijn dan de ebvolumes.

Tabel 3-20: Getijweglengte [m] per macrocel

Jaar	MC1	MC3	MC4	MC5	MC6	MC7
2011	46	126	69	164	199	280
2013	67	98	48	140	192	272
2016	51	102	68	152	190	265
2019	47	100	76	145	188	244
2020	47	100	76	146	189	244
2021	47	100	77	146	189	243
Gemiddelde	51	104	69	149	191	258
Std. Afw.	7	10	10	8	4	15

Voor macrocellen 3 en 5 nemen de getijweglengtes tussen 2011 en 2013 sterk af om vervolgens relatief constant te blijven. Voor macrocel 7 neemt de getijweglengte tussen 2011 en 2019 gestaag af. Deze daling zou op een eroderend systeem wijzen. De jaar-op-jaar verschillen zijn echter in het algemeen dusdanig groot dat het niet goed mogelijk is om een duidelijke trend te kunnen onderscheiden in de getijweglengte. Omwille van de mogelijke onzekerheid die gepaard gaat met de berekening van deze parameter, lijkt het beter de grootschalige verschillen op lange termijn te onderzoeken.

4. Morfologie

4.1. Inleiding

Dit hoofdstuk beschrijft de morfologie als drager van de drie LTV-functies (Veiligheid, Toegankelijkheid en Natuurlijkheid). Het is een zelfstandige communicatie-indicator, maar deze heeft in tegenstelling tot de andere communicatie-indicatoren, geen piramide en geen beoordeling. De reden hiervoor is dat de evaluatie en waardering afhankelijk is van de functie van waaruit ze bekeken wordt. Er bestaan dan ook geen concrete doelstellingen voor morfologie die een basis geven voor een ondubbelzinnig oordeel.

Voor deze communicatie-indicator is er in de Evaluatiemethodiek beslist om op basis van verklarende parameters en karakteristieken (Tabel 4-1) een morfologische systeembeschrijving te bekomen aan de hand van een set kernvragen. Anders dan bij de andere communicatie-indicatoren, waar een indeling in toetsparameters is aangehouden, wordt in dit hoofdstuk een indeling naar deelsysteem gehanteerd. Er is onderscheid gemaakt in de drie deelsystemen van het Schelde-estuarium: de monding zeewaarts van de lijn Vlissingen-Breskens, het meergeulensysteem van de Westerschelde en het ééngeulsysteem van de Zeeschelde dat vervolgens nog eens onderverdeeld is in de Beneden- en Boven-Zeeschelde[21].

Volgende hoofdstukken behandelen de kernvragen per deelsysteem. De verklarende parameters, inclusief de definitie en methode, staan één voor één gepresenteerd in Bijlage G.

Tabel 4-1: Overzicht van Verklarende parameters voor de verschillende deelsystemen.

Monding	Meergeulensysteem	Ééngeulsysteem
1. Dieptekaart 2. Erosie/sedimentatie-kaart 3. Bodemsamenstelling 4. Geologie 5. Sedimentbalans 6. Menselijke activiteiten (H8)	1. Dieptekaart 2. Erosie/sedimentatie- & DVD verschilkaart 3. Hellingskaart 4. Bodemsamenstelling 5. Geologie 6. Dimensionering 7. Watervolume geulen i.r.t. volume van ingrepen 8. Zand-/sedimentbalans 9. Sedimenttransportcapaciteit 10. Menselijke activiteiten (H8) 11. Hydrodynamica (H3)	1. Dieptekaart 2. Erosie/sedimentatie- & DVD verschilkaart 3. Hellingskaart 4. Bodemsamenstelling 5. Geologie 6. Dimensionering 7. Kronkelfactor 8. Watervolume geulen i.r.t. volume van ingrepen 9. Sedimentbalans 10. Sedimenttransportcapaciteit 11. Menselijke activiteiten (H8) 12. Hydrodynamica (H3)

[21] Ze maken beiden deel uit van het ééngeulsysteem, maar kennen een verschillend beheer, gebruik en natuurwaarden.

4.2. Data

Tenzij anders vermeld bij de respectievelijke verklarende parameter (Bijlage G), zijn alle analyses uitgevoerd op topobathymetrische rasters (Westerschelde: NAP; Zeeschelde TAW) en vaklodingskaarten (Monding; NAP). Voor de data ouder dan 2016 werden de ruwe data overgedragen na afronding van de vorige evaluatieperiode aangewend; voor de meest recente periode zijn de kaarten aangeleverd via een filetransfer door afdeling Maritieme Toegang, departement Mobiliteit en Openbare Werken.

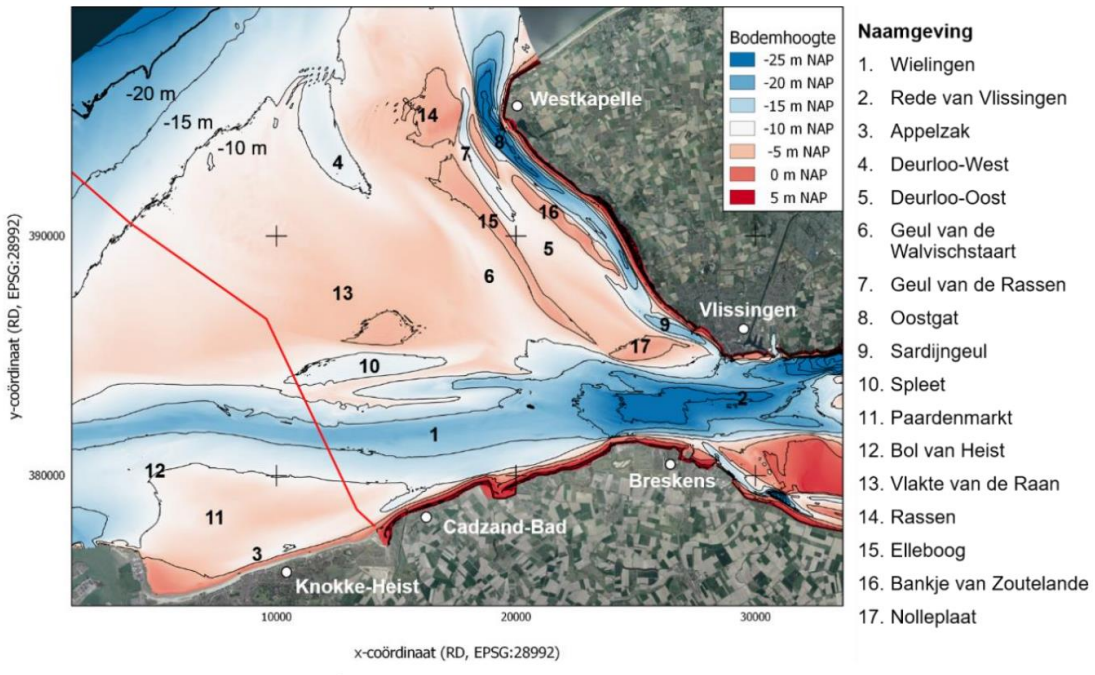
4.3. Monding

4.3.1. Inleiding

De monding van het Schelde-estuarium strekt zich westwaarts uit vanaf de lijn Vlissingen-Breskens. Voor de westelijke begrenzing wordt er gebruik gemaakt van de -20 m NAP dieptecontour. Voor de noordelijke en zuidelijke begrenzing, kijkt voorliggende analyse van Westkapelle tot de haven van Zeebrugge. Merk op: zowel de Haven van Zeebrugge als de bijhorende toegangsgeul vallen hierbuiten.

Wat in de monding gebeurd, heeft een impact op het getij in het estuarium en sedimentuitwisseling naar de rest van het Schelde-estuarium (Van der Werf *et al.,* 2020). Dit komt vooral tot uiting in hydrodynamische en morfologische parameters (o.a. getijslag, sedimentbalans).

Figuur 4-1 toont de voornaamste morfologische elementen van de monding. In de monding bevinden zich twee diepe vaargeulen: Scheur/Wielingen (Oost-West, voor de Belgische en Zeeuws-Vlaamse kust) en Oostgat/Sardijngeul (Zuidoost-Noordwest, voor de kust van Walcheren). Daartussen bevindt zich de Vlakte van de Raan en enkele kleinere geulen en platen.



Figuur 4-1: Bodemligging van de Scheldemonding in 2015 t.o.v. NAP met aanduiding van de belangrijkste geulen en platen (van Weerdenburg en van der Werf, 2021).

4.3.2. Methode

De systeembeschrijving van de monding gaat in op onderstaande kernvragen:

1. Hoe evolueerden de morfologische elementen in de monding tijdens de beschouwde periode?
2. Verandert de lokale bodemsamenstelling?
3. Welke menselijke activiteiten zijn uitgevoerd die een impact hadden op de morfologie? Kan de waargenomen morfologische evolutie gelinkt worden aan deze activiteiten?
4. Welke nieuwe kennis heeft men vergaard over de rol als overgangsgebied en sedimentuitwisseling met de Westerschelde?

Bovenstaande vragen worden in behandeld voor de beschouwde zesjarige periode. De globale trend wordt daarna gerelateerd aan de historische lange termijn trend. Hiervoor zijn volgende gegevens aangewend:

- Bathymetrische en erosie/sedimentatie-kaarten;
- De bodemsamenstelling en sedimenteigenschappen, gebaseerd op monsternames en labo-onderzoek van bijhorende minerale fracties;
- Beschrijving van de lokale geologie ter ondersteuning bij het verklaren van de waargenomen morfologische wijzigingen.
- Beschikbare sedimentbalansen
- De gerapporteerde menselijke activiteiten.

4.3.3. Kernvragen

4.3.3.1. Menselijke activiteiten

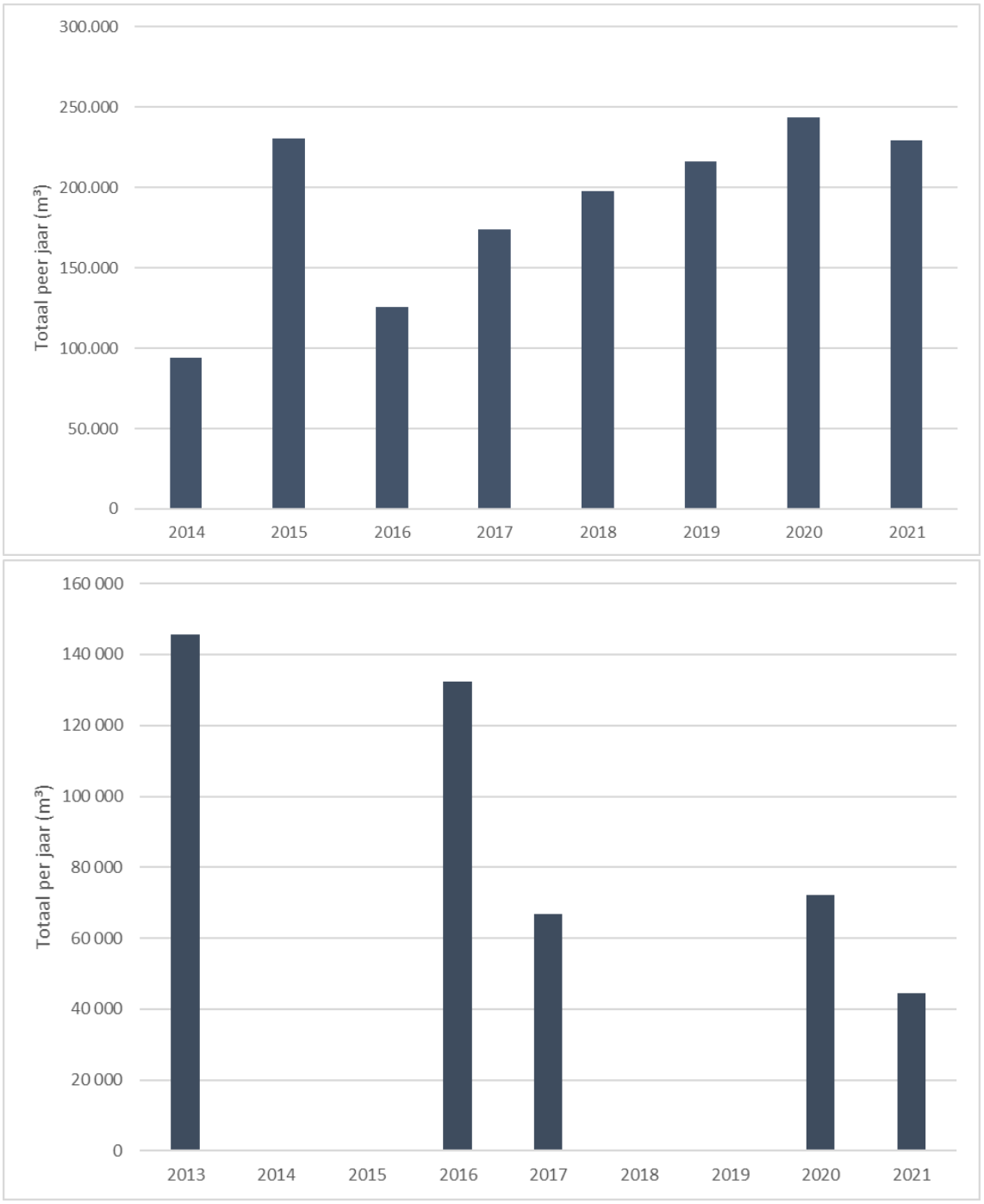
De menselijke activiteiten met impact op de morfologie in het mondingsgebied van de Schelde komen voor onder de vorm onderhoudsbaggerwerken om de scheepvaart mogelijk te houden. De scheepvaart situeert zich door de Wielingen en de geulen langs Walcheren (Sardijngeul, Oostgat) heen. De onderhoudsbaggerwerken situeren zich specifiek bij de Sardijngeul en Wielingen. Sinds 2014 is het gebaggerde volume toegenomen van 95 000 10^4 m³ tot bijna 250 000 m³ in 2020 (Figuur 4-2). In 2021 nam het volume af t.o.v. 2020. In 2015 werd er een relatief hoog volume gebaggerd in vergelijking met het jaar ervoor en erna. In Wielingen is er in 2016, 2017, 2020 en 2021 gebaggerd, variërend van ruim $1{,}3 \cdot 10^5$ m³ in 2016 tot ruim $4{,}4 \cdot 10^4$ m³.

De gestorte hoeveelheid slib blijft op de stortlocaties in de monding sinds 2007 rond $1{,}0 \cdot 10^7$ TDS (Ton Droge Stof) variëren (Figuur 4-3). Men kan het volgende hier uit afleiden:

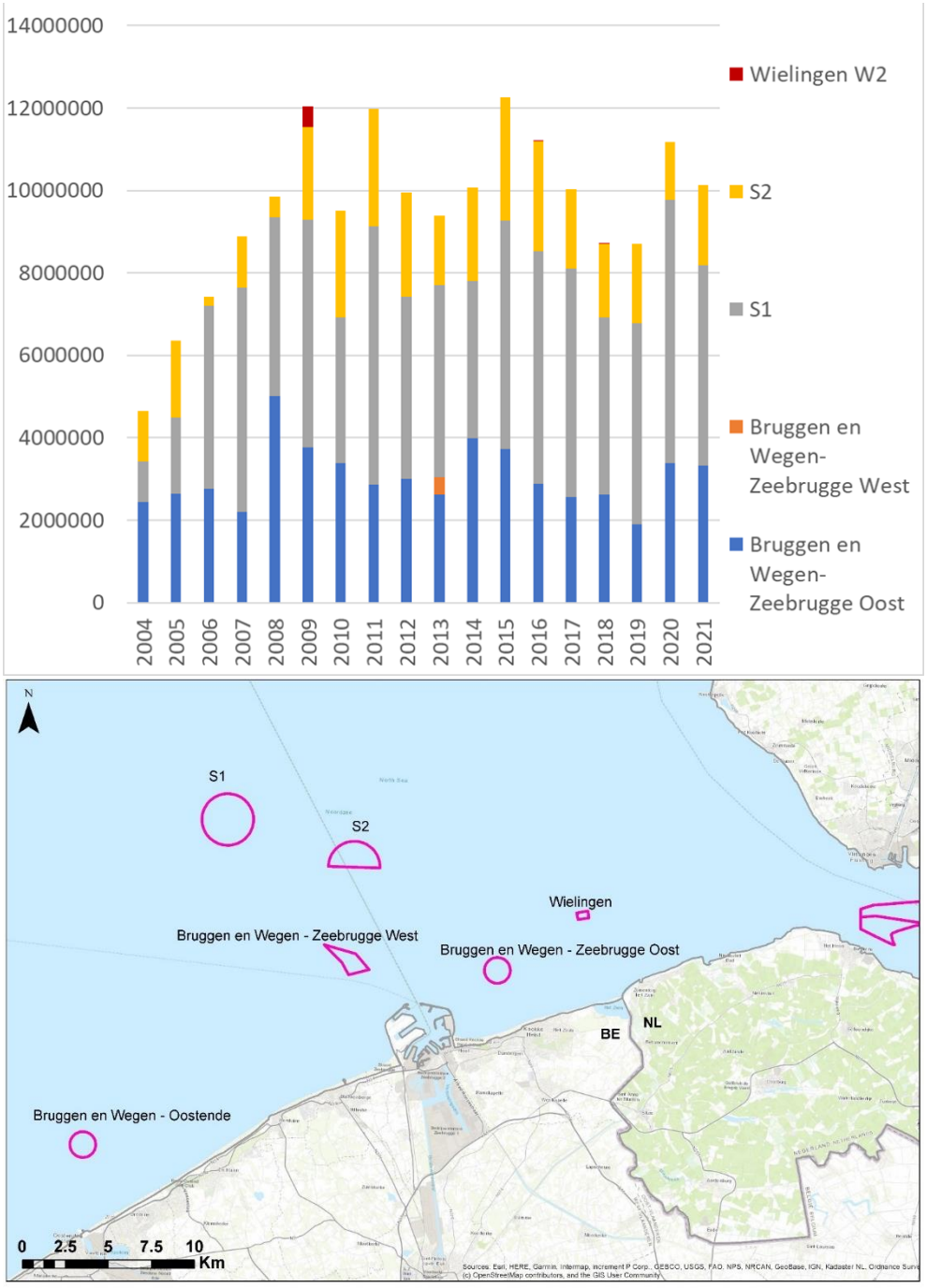
1. De stortvolumes (TDS) van slib stegen tot in 2009. Hierna fluctueerden de volumes aanzienlijk, maar valt er geen duidelijke trend waar te nemen.
2. In 2013 is er in de stortplaats B&W Zeebrugge een proefstorting uitgevoerd.
3. In Wielingen werd er enkel in 2009 een beperkt volume slib gestort.

Algemeen kan gesteld worden dat de baggerwerken zorgen voor het, gewenste, vrijhouden van de hoofdvaargeulen. De stortlocaties waarvan de exacte locatie werd gedeeld en zich in het mondingsgebied bevinden, worden lokaal gekenmerkt door sedimentatie. Er zijn geen aanwijzingen dat deze stortingen een impact hebben op grotere schaal in het mondingsgebied.

De belangrijkste menselijke ingreep op macroschaal is de kustverdediging en bijhorend onderhoud via o.m. kust- en/of vooroeversuppleties, waardoor het mondingsgebied lateraal wordt vastgepind.



Figuur 4-2: Volume onderhoudsbaggerwerken (m³) in de Sardijngeul (monding) voor de periode 2014 – 2021 (BOVEN) en Wielingen (monding) voor de periode 2013 – 2021 (ONDER).

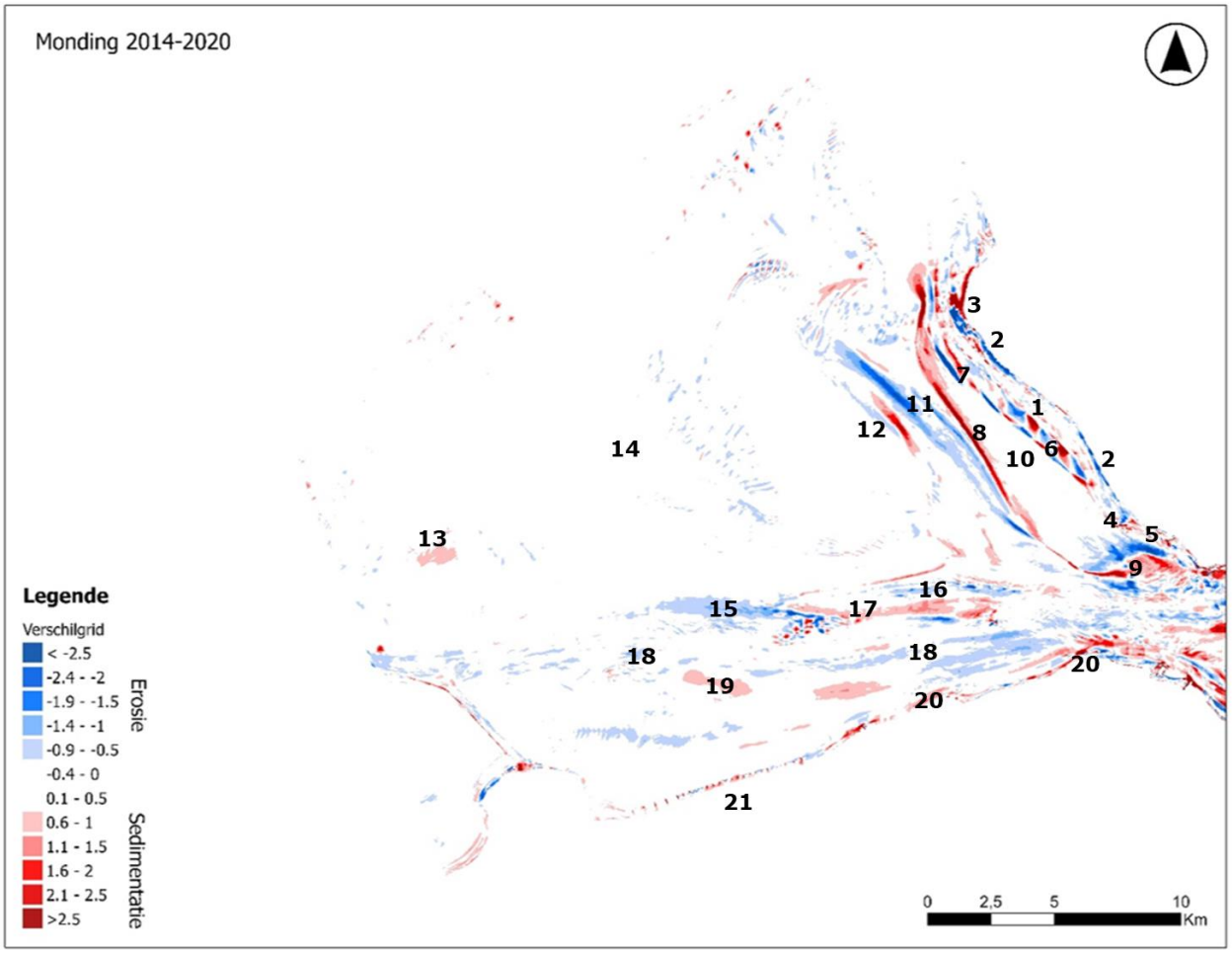


Figuur 4-3: Stortvolume slib (TDS) in en nabij het mondingsgebied (BOVEN) en stortlocaties (ONDER)

4.3.3.2. Evolutie morfologische elementen

Figuur 4-4 toont de verschillen in bodemligging tussen 2014 en 2020. Er waren onvoldoende gegevens beschikbaar voor de jaren 2015 en 2021 waardoor deze twee jaren als eindjaren voor respectievelijk T2015 en T2021 gehanteerd worden. De waargenomen recente veranderingen zijn het vervolg van de

historische, lange termijn trend die wordt samengevat (sedert 1965) in Figuur 4-6 en Tabel 4-2 (De Maerschalck *et al.*, 2017).

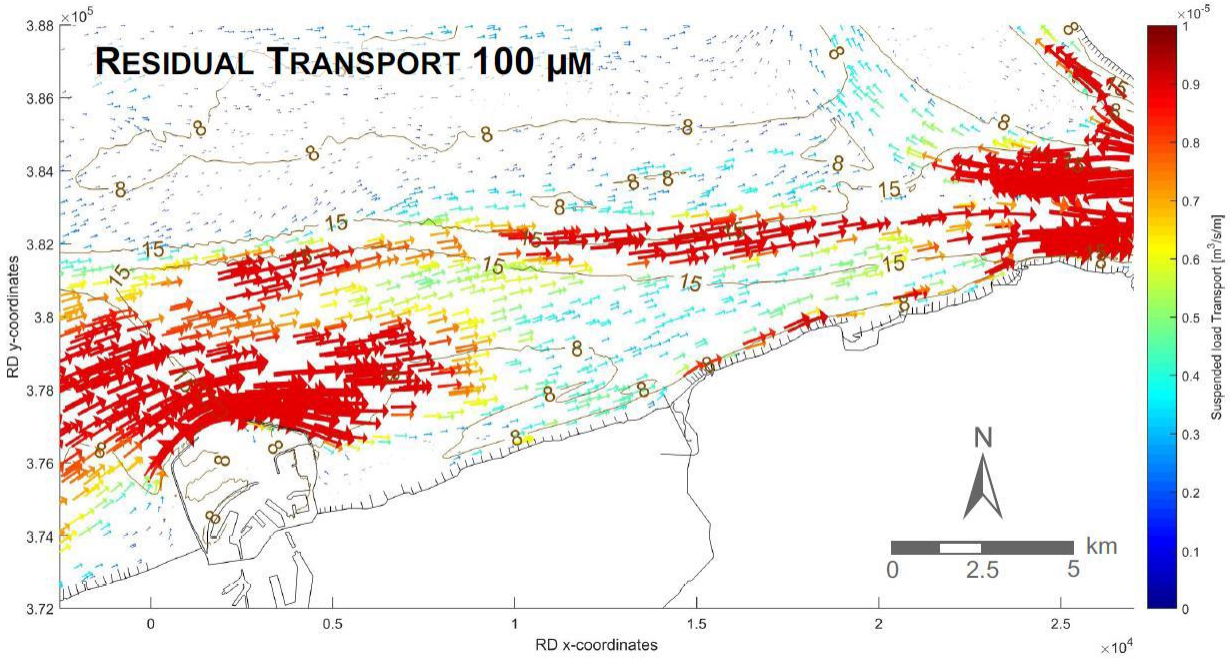


Figuur 4-4: Verschilkaart van de monding (2020-2014).

Volgende veranderingen zijn waargenomen gedurende T2021:

- Het Oostgat verdiepte (tussen -2,5m en -7,5m) tussen 1965 en 2011. Tijdens de beschouwde 6 jaar van T2021, bleef de verandering in het centrale deel – de vaargeul – kleiner dan 0,5m. De geul wordt tegen de kustverdediging van Walcheren gedrukt, waardoor ze hier lokaal, aan noordwaartse zijde verdiept (2). Vanaf Westkapelle, voorbij de bocht in de kustlijn, treedt er sedimentatie op (3). Merk op hoe deze erosie-sedimentatiekaart de situatie van opname weergeeft. Via kustlijnonderhoud wordt lokale erosie gecompenseerd.
- Waar er voorheen aanzanding optrad aan de drempel Oostgat/Sardijngeul (Figuur 4-6), vindt er hier nu erosie plaats (4), terwijl er nu sedimentatie optreedt in de Sardijngeul (5).
- Het Bankje van Zoutelande (6) wordt gekenmerkt door een afwisselend patroon van erosie en sedimentatie wat duidt op een migratie/verplaatsing van de morfologische elementen op microschaal.
- De Geul van de Rassen (7) verdiept. Het bankje tussen deze geul en het Oostgat sedimenteert op haar beurt en nijgt aan te sluiten bij het Bankje van Zoutelande.

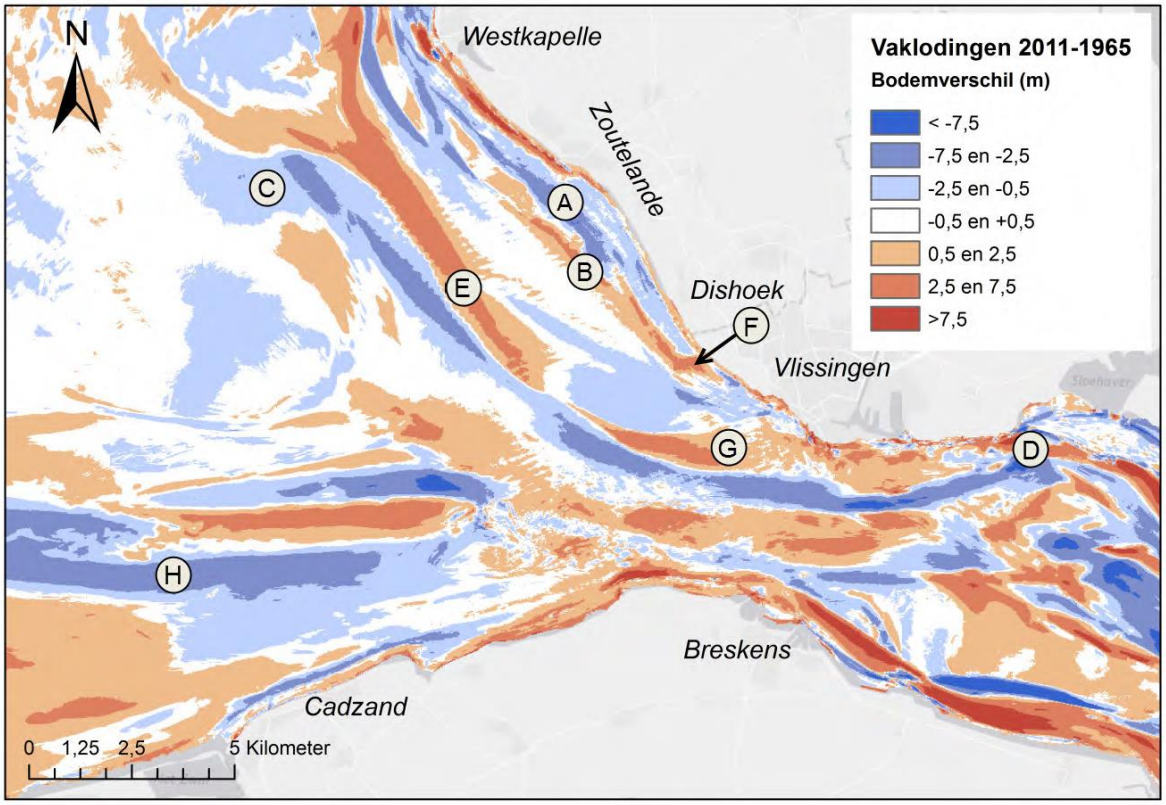
- Tussen 1965 en 2011 ontstond een bank vanaf Rassen richting de Nolleplaat (Elleboog), die zorgt voor de scheiding tussen Geul van de Walvischstaart/Deurloo-West en Geul van de Rassen/Deurloo-Oost (Figuur 4-6). Tijdens T2021 trad verdere sedimentatie op aan zuidwestwaartse zijde van Elleboog (8).
- De Nolleplaat migreert in zuidoostwaartse richting, wat op de kaart zichtbaar is als erosie aan de noord- en zuidwestelijke kant en sedimentatie aan de oostzijde (9).
- De bodemligging in Deurloo-Oost bleef relatief stabiel (10): de veranderingen zijn kleiner dan 0,5m.
- De Geul van de Walvischstaart (11) verdiept verder. Met name in het noorden, richting Deurloo-West is de erosie het grootst. Aan de westkant verplaatst er zich een ondiepte oostwaarts, naar de Geul van de Walvischstaart toe (12).
- Met uitzondering van bovenstaande, en sedimentatie nabij de baggerstortplaats B&W S2 (13), bleef de bodemligging van de Vlakte van Raan relatief stabiel (14).
- Tussen de Vlakte van de Raan en Wielingen zijn er de voorbije jaren verschillende morfologische veranderingen die zich verder zetten. De zone tussen de Spleet en Wielingen (15) erodeert verder net als de geul die in het Westen op Wielingen aansluit (16). Tussen deze geul en Wielingen is er een zone met sedimentatie (17).
- In de vaargeul Wielingen (18) zijn er verschillende zones waar erosie optrad. Hoewel dit deels kan liggen aan het tijdstip van peilmeting ten opzichte van wanneer men hier baggerde, werd dit ook al waargenomen tijdens T2015 wat wijst op een proces dat al langer bezig is.
- Er trad sedimentatie op nabij de stortlocatie B&W Zeebrugge Oost (19).
- De Zeeuws-Vlaamse kust vertoont op meerdere locaties sedimentatie (20). De Belgische kust ten oosten van Zeebrugge vertoont een afwisseling van erosie en sedimentatie (21). Dit patroon wordt veroorzaakt door (a) de timing van opname versus timing kustsuppletie en (b) het grotendeels oostwaarts (Figuur 4-5) sedimenttransport van o.m. het aangebrachte materiaal.



Figuur 4-5: Berekend netto suspensietransport van de fijne zandfractie (0,1 mm). De transporten zijn kleiner voor de grove zandfractie (0,25 mm), maar de patronen zijn vergelijkbaar. (Uit van der Werf et al., 2020, maar figuur afkomstig uit Röbke et al., 2018).

Tabel 4-2: Samenvatting morfologische veranderingen tussen 1965 en 2011 (De Maerschalck et al., 2017)

A	Dieper worden van het Oostgat
B	Netto sedimentatie op het Bankje van Zoutelande
C – D	Aansluiting van de Geul van de Walvischstaart op Deurloo-West en Honte
E	Ontstaan van een bank vanaf Rassen richting de Nolleplaat (Elleboog), die zorgt voor de scheiding tussen Geul van de Walvischstaart/Deurloo-West en Geul van de Rassen/Deurloo-Oost.
F	Aanzanding van de drempel Oostgat/Sardijngeul (Galgeput)
G	Aanzanding in oostwaartse richting van de Nolleplaat
H	Verdieping van Scheur Oost en westelijk deel Wielingen door baggerwerkzaamheden



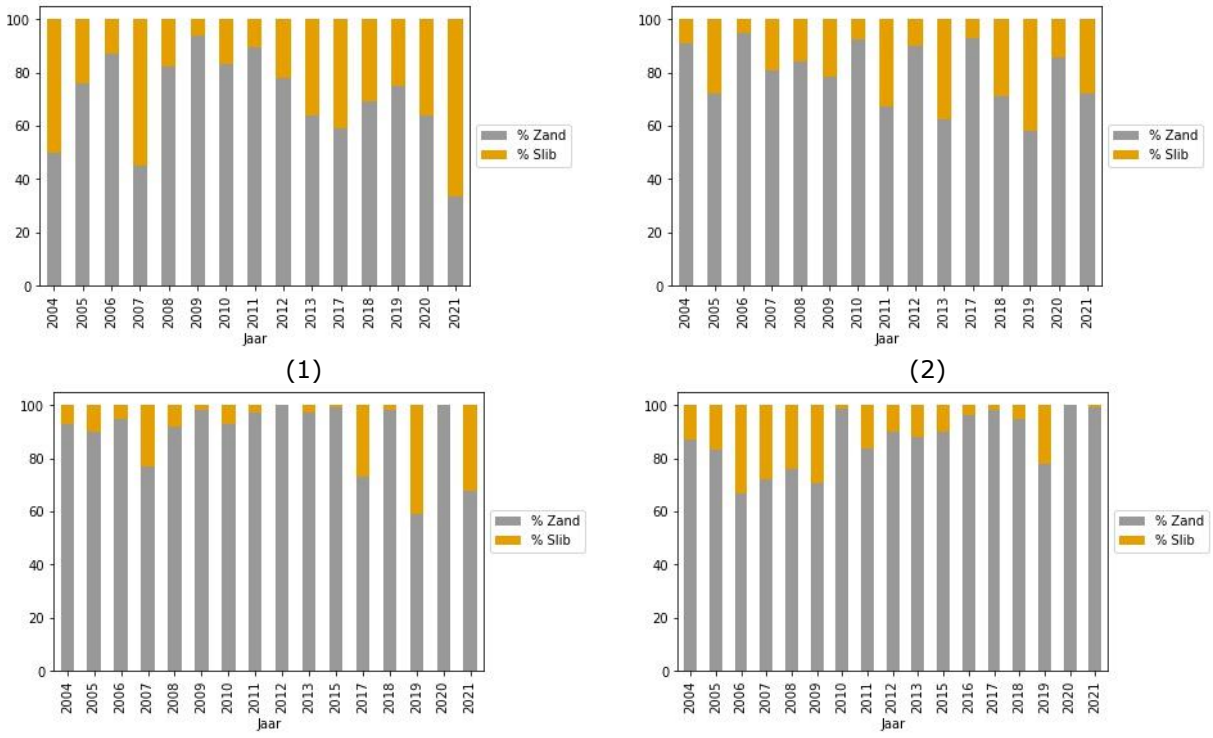
Figuur 4-6: Erosie-/sedimentatiekaart 2011-1965 met de voornaamste morfologische veranderingen in deze periode (De Maerschalck et al., 2017)

4.3.3.3. Bodemsamenstelling

Jaarlijks worden er in de Wielingen bodemmonsters genomen. Het betreft bijgevolg lokale gegevens. Hieruit blijkt dat de bodem er hoofdzakelijk uit zand bestaat en dat die fractie relatief constant blijft. Enkel ter hoogte van de locatie in Wielingen nabij het Zwin lijkt de slibfractie de voorbije jaren toe te nemen.

De trendanalyse werd uitgevoerd op puntmetingen, waardoor het onmogelijk is een gebiedsdekkend antwoord te geven op de kernvraag. Algemeen kan gesteld worden dat er geen indicaties zijn voor een

veranderende bodemsamenstelling in de monding. Lokaal is er enkel ter hoogte van de meetlocatie in Wielingen nabij het Zwin een trend waarbij de slibfractie toeneemt.



Figuur 4-7: Bodemsamenstelling bij Wielingen: (1) Zwin, (2) Cadzand-Bad, (3) Zwarte Polder en (4) Kruishoofd.

Van der Vegt *et al.* (2021) heeft de ondergrond in het mondingsgebied in kaart gebracht om de erosie resistente lagen en diepteligging in de bodem in kaart te brengen. Deze studie besluit dat erosie-resistente lagen een belangrijke rol spelen in de morfodynamiek in het mondingsgebied van de Westerschelde. In de zones waar erosie-resistente lagen dagzomen of dicht onder het oppervlak liggen zijn geulen beperkt in hun verplaatsing of diepteontwikkeling. Er zijn echter nog veel onzekerheden over de exacte aanwezigheid van de verschillende lagen en hun eigenschappen, met name over de mate van erosie-resistentie. Van der Vegt *et al.* (2021) stelt vast dat ten noorden en zuiden van de Vlakte van de Raan, de erosie-resistente lagen zowel de hydrodynamica als de morfologische ontwikkeling sterker kunnen beïnvloeden dan verwacht. Wanneer een geul een erosie-resistente laag heeft opgeruimd, kan de geul sneller verdiepen en een groter aandeel van het debiet krijgen in vergelijking tot een nabijgelegen geul die nog niet door de desbetreffende laag heen is geërodeerd. Hierdoor kan de groei van de eerste geul dan ook verder versterkt worden, terwijl harde kleilagen in gebieden ernaast juist minder/langzamer worden gerodeerd.

4.3.3.4. Nieuwe kennis over de rol van de monding als overgangsgebied & sedimentuitwisseling met Westerschelde

In 2023 (na de beschouwde zesjarige periode) zal Rijkswaterstaat starten met een kustfundament suppletie ten zuiden van de Vlakte van de Raan. Deze suppletie heeft meerdere doelen: (1) de kennis van suppleren in buitendelta's te vergroten; (2) kennis te ontwikkelen van de lokale effecten op

waterbeweging, morfologie en ecologie als gevolg van een suppletie; en (3) deze kennis te gebruiken om grootschalige modellen te verbeteren om vraagstukken zoals toenemende getijslag of de effecten van zeespiegelstijging beter te kunnen beantwoorden (van der Heijden *et al.*, 2021). Gedurende de T2021-periode, werd er wel al voorbereidend onderzoek uitgevoerd door Deltares om de bestaande kennis (van der Werf *et al.*, 2020a) en informatiebehoeftes (van der Heijden *et al.*, 2021) in kaart te brengen. Deze werden opgedeeld in twee thema's: (1) hydrodynamiek, morfologie en sediment en (2) ecologie. Ook de analyse van de erosie-resistente lagen in de monding door van der Vegt *et al.* (2021) waar in paragraaf 4.3.3.3 al uitgebreid naar gerefereerd is, kadert binnen deze opdracht. Daarnaast is er ook een gedetailleerde analyse uitgevoerd naar de sedimenttransportpatronen die aan de zuidkant van de Vlakte van de Raan optreden (van Weerdenburg & van der Werf, 2021).

4.3.3.5. Samenvatting Monding

Uit de analyse van de erosie/sedimentatiekaart en de publicaties van van der Werf *et al.* (2020a), De Maerschalck *et al.* (2017) Elias en van der Spek (2015) Elias *et al.* (2016) blijkt dat het tweegeulenstelsel in de monding betrekkelijk stabiel is gebleven ondanks grote infrastructuurwerken (b.v. afsluiting Oosterschelde) werken en grote ingrepen in de Westerschelde (verdiepingen) de voorbije decennia. Tijdens de periode T2021 worden dezelfde processen waargenomen als voorheen. De vaargeulen vertonen erosie waardoor o.m. de Geul van de Walvischstaart, Deurloo-West en Honte een betere aansluiting vormen. Elleboog ontwikkelt zich verder aan zuidwestwaartse zijde en de Nolleplaat migreert in zuidoostwaartse richting.

De belangrijkste menselijke ingreep op macroschaal is de kustverdediging en bijhorend onderhoud via o.m. kust- en/of vooroeversuppleties, waardoor het mondingsgebied lateraal wordt vastgepind. Samen het voorkomen van erosieresistente lagen, is dit een belangrijke regulator voor de waargenomen morfologische veranderingen. Daarnaast wordt ook de hoofdvaargeul onderhouden met baggerwerk, wat terug te zien is in de erosie-sedimentatiekaarten. Het storten van het onderhoudsbaggerspecie heeft enkel lokaal een impact.

De trendanalyse werd uitgevoerd op puntmetingen, waardoor het onmogelijk is een gebiedsdekkend antwoord te geven op de kernvraag. Algemeen kan gesteld worden dat er geen indicaties zijn voor een veranderende bodemsamenstelling in de monding. Lokaal is er enkel ter hoogte van de meetlocatie in Wielingen nabij het Zwin een trend waarbij de slibfractie toeneemt.

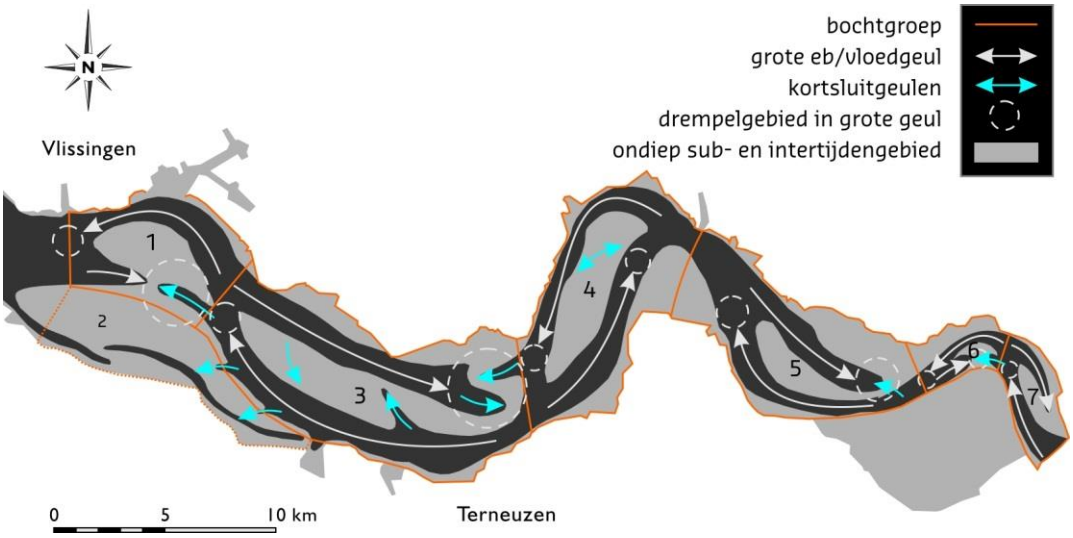
Er wordt een grote sprong verwacht in kennis over de rol van de monding als overgangsgebied & sedimentuitwisseling met Westerschelde, na de beschouwde zesjarige periode: met een kustfundament suppletie gepland in 2023. Het voorbereidend onderzoek, heeft echter al bijkomend inzicht verschaft in o.m. de sedimenttransportpatronen, erosie-resistente lagen en historische morfologische veranderingen in de monding.

4.4. Meergeulensysteem

4.4.1. Inleiding

Het meergeulensysteem bevindt zich tussen de monding en het ééngeulsysteem. Binnen de analyse wordt het meegeulensysteem gelijk gesteld aan de Westerschelde. Dit strekt zich uit van de lijn Vlissingen-Breskens tot de Belgisch-Nederlandse grens.

Het meergeulensysteem wordt gekenmerkt door een stelsel van meerdere geulen, die evenwijdig van elkaar liggen, met geleidelijke overgangen naar de intergetijdengebieden (platen en slikken). Dit stelsel van geulen en platen manifesteert zich in een regelmatig patroon (Van Veen, 1950) van zogenoemde bochtgroepen (Jeuken 2000), zie Figuur 4-8. Iedere bochtgroep bestaat uit een grote gekromde ebgeul met daarnaast een rechte vloedgeul, gescheiden door langgerekte intergetijdengebieden en verbonden door kortsluitgeulen. De vloedgeulen eindigen landwaarts in een relatief ondiepe zone: een drempel met vertakkende drempelgeulen. De ebgeulen hebben zeewaarts een drempel. De kleinere kortsluitgeulen vormen dynamische verbindingen tussen de grote eb- en vloedgeul.



Figuur 4-8: Schematisatie van het meergeulensysteem. Gebied 2 is een nevengeulengebied gerelateerd aan het verlanden en inpolderen van voormalig intergetijdengebied rondom de huidige Braakmanhaven en het ontstaan van bochtgroep 1 tussen 1800 en 1865. (Bron: Maris et al., 2014, gebaseerd op Van Veen, 1950 en Jeuken, 2000).

Het bestaande systeem van hoofd- en nevengeulen draagt bij aan scheiding van scheepvaart en daarmee de toegankelijkheid van het estuarium. De grote zeescheepvaart maakt gebruik van het vaargeultracé in de hoofdgeul (overwegend de ebgeul). De kleine scheepvaart kan gebruik maken van de nevengeulen (overwegend de vloedgeulen en grotere kortsluitgeulen). Deze scheiding van grote en kleinere vaart draagt bij aan de verkeersveiligheid op het water.

De drempels – locaties in de geul waar de bodem minder diep ligt – vormen een hindernis voor de getijgolf en reduceren zo de getijindringing. Ook de intergetijdengebieden spelen hierbij een belangrijke rol, zowel lokaal als op systeemniveau: de intergetijdengebieden vóór een waterkering dempen namelijk de hydrodynamische energie. Een systeem met veel intergetijdengebied kent bijgevolg een kleinere getijdoordringing en lagere hoogwaterstanden dan een systeem met weinig intergetijdengebieden, hoewel ook de hoogte van het intergetijdengebied een invloed heeft.

Tenslotte dragen intergetijdengebieden bij aan een meer ebdominant en minder vloeddominant estuarium. Bij een vloeddominant systeem zijn de stroomsnelheden tijdens vloed hoger dan tijdens eb en *vice versa* voor een ebdominant systeem. Een sterk vloeddominant systeem importeert veel slib waardoor de hydraulische weerstand afneemt (Winterwerp en Wang, 2013). Als er veel slib wordt geïmporteerd en de bodem daardoor gladder wordt, kan het getij verder opslingeren (minder demping). Ook kan het nadelige gevolgen hebben voor de waterkwaliteit door sterk verhoogde sedimentconcentraties (hypertroebele toestand) die vervolgens leiden tot sterke afname van de primaire productie. Dijkstra (2019) weerlegt echter de hypothese van Winterwerp en Wang (2013) dat verdieping leidt tot hypertroebelheid. Bij verdieping verlaagt de stroomsnelheid en bijgevolg ook de schuifspanning van de bodem waardoor het sediment moeilijker weer in suspensie kan gaan wat leidt tot een lagere sedimentconcentratie. Daarenboven blijkt dat verdieping niet leidt tot duidelijke trend van toenemende sedimentimport.

Het systeem van geulen, platen en slikken in combinatie met de heersende hydrodynamiek is een kenmerkend onderdeel van de natuurlijkheid van het systeem. Het biedt een divers leefgebied voor verschillende flora en fauna en daarmee een basis voor het ecologisch functioneren van het Schelde-estuarium. In de communicatie-indicatoren *Leefomgeving* en *Ecologie* zijn deze onderwerpen uitgewerkt.

4.4.2. Methode

De analyse van de morfologische dynamiek van het meergeulensysteem gaat in op volgende kernvragen:

1. Hoe verandert de sediment- of zandbalans op mega- en macroschaal?
2. Hoe verandert de dimensionering van het meergeulensysteem op macroschaal?
3. Hoe vertaalt zich dit door naar de morfologische elementen binnen een macrocel? Verandert de configuratie of de interne dimensionering? Wat betekent dit voor het relatieve belang van de nevengeul en de globale configuratie van het meergeulenstelsel?
4. Verandert de lokale bodemsamenstelling?
5. Welke menselijke activiteiten zijn uitgevoerd die een impact hadden op de morfologie? Kan de waargenomen morfologische evolutie gelinkt worden aan deze activiteiten?
6. Zijn de waargenomen wijzigingen veroorzaakt, versterkt of tegengewerkt door hydrodynamische wijzigingen?

Hiervoor worden volgende gegevens gebruikt:

- Bathymetrische, erosie/sedimentatie-, droogvalduurverschil en/of hellingskaarten;
- De bodemsamenstelling en sedimenteigenschappen, gebaseerd op monsternames en labo-onderzoek van bijhorende minerale fracties;
- Beschrijving van de lokale Geologie ter ondersteuning bij het verklaren van de waargenomen morfologische wijzigingen; Van der Vegt et al. (2020) vormt hiervoor een goede houvast.
- Hypsometrische curves;
- Wijzigingen in de dimensionering van het meergeulensysteem: in het kombergend en watervoerend deel, de kantelindex en het relatief areaal intergetijdengebied vs. Breedte-diepte verhouding;
- Watervolume in de geulen i.r.t. volume van ingrepen;
- Beschikbare sedimentbalansen;

- De sedimenttransportcapaciteit;
- De gerapporteerde menselijke activiteiten
- De gerapporteerde Hydrodynamische parameters

4.4.3. Kernvragen

4.4.3.1. Menselijke activiteiten

De menselijke activiteiten die rechtstreeks impact hebben op de morfologie van het meergeulensysteem zijn met name de bagger- en stortwerken, de aanleg of het aanpassen van strekdammen en de ontwikkeling van de Perkpolder als intergetijdengebied. De laatste twee maatregelen passen binnen het Natuurpakket Westerschelde van de provincie Zeeland (Nolte, 2011; Arcadis, 2019).

De baggerwerken hebben als doel de diepte van de vaargeulen te handhaven voor de scheepvaart. Het storten gebeurt op verschillende hiervoor aangeduide locaties. Deze kunnen zich langs platen bevinden, maar ook in de diepere delen van de vaargeul. In kader van het project Flexibel Storten wordt de impact en morfologische ontwikkelingen sinds de start van het project systematisch gemonitord en gerapporteerd (vnsc.eu/projecten/flexibel-storten) waarna de stortstrategie wordt geëvalueerd en eventueel bijgestuurd.

Het Natuurpakket van de provincie Zeeland voorziet in buitendijkse maatregelen om de kwaliteit van getijdennatuur te verbeteren. Door het aanleggen of ophogen van strekdammen, kunnen geleidelijk gloednieuwe slikken ontstaan. Het gebied dat zich tussen de strekdammen bevindt, slibt aan en komt hoger te liggen. Hierdoor nemen stroomsnelheden af en is de werking van het tij gematigd. Door de vertraagde werking van eb en vloed kunnen er slikken vormen. Bodemdieren krijgen de kans zich te vestigen en de voedselrijkdom van de bodem neemt toe. Zo wordt het gebied ook weer aantrekkelijker voor zoutminnende planten, vissen en vogels.

Sinds 2019 wordt er opnieuw zand gewonnen uit de Westerschelde, uit de Schaar van Waarde. Als compensatie, om de zandbalans van de Westerschelde te sluiten wordt er zand van buiten het kustfundament bij Suikerplaat gestort. In 2020 betrof het resp. $1{,}9{\cdot}10^5$ m³ en $1.7{\cdot}10^5$ m³ (Schrijver,2022).

In *macrocel 1* wordt er gebaggerd in de Honte en in Vlissingen. Het volume varieert er de voorbije evaluatieperiode van $3{,}1{\cdot}10^5$ m³ in 2016 tot $7{,}4{\cdot}10^5$ m³ in 2017 voor de Honte. T.h.v. de drempel van Vlissingen gaat het om $2.3{\cdot}10^3$ m³ in 2019 tot $1{,}4{\cdot}10^5$ m³ in 2017. De gestorte volumes (afkomstig van de drempel van Borssele) zijn een ordegrootte groter. Ter hoogte van Hooge Platen West is er jaarlijks 1,1 tot $1{,}2{\cdot}10^6$ m³ zand gestort. In stortlocatie SN11 is tussen $3{,}8{\cdot}10^5$ m³ (2021) tot $8{,}4{\cdot}10^5$ m³ (2019) gestort.

In *macrocel 3* is er gebaggerd aan de Drempel van Borssele ($1{,}2{\cdot}10^6$ m³ in 2020 tot $1{,}8{\cdot}10^6$ m³ in 2021), het Gat van Ossenisse ($4{,}4{\cdot}10^4$ m³ in 2020 tot 300k m³ in 2016, niet in 2019 en 2020) en aan de Pas en Put van Terneuzen. Daar werd respectievelijk tot $1{,}0{\cdot}10^6$ m³ (2020) en $4{,}6{\cdot}10^5$ m³ (2021) gestort. Aan de nieuwe sluis van Terneuzen is er in 2019 $7{,}5{\cdot}10^5$ m³ zand opgespoten t.h.v. het sluisplateau i.k.v. de bouw van de Nieuwe Sluis van Terneuzen. Ook voor het onderhoud van de DOW leiding is er in 2021 éénmalig $1{,}0{\cdot}10^5$ m³ zand gestort. In het stortvak SN31 is er jaarlijks gestort. Dit varieerde van $7{,}1{\cdot}10^5$ m³ in 2017 tot $1{,}7{\cdot}10^6$ m³ in 2021.

Aan het Gat van Ossenisse (*macrocel 4*) is er $1{,}2{\cdot}10^5$ m³ (2020) tot $8{,}9{\cdot}10^5$ m³ (2019) zand gebaggerd. Ook aan de Overloop van Hansweert worden er gelijkaardige volumes gebaggerd: $5{,}8{\cdot}10^5$ m³ (2019) tot $9{,}5{\cdot}10^5$ m³ (2020). Aan de geulwand van Ossenisse werden 2016 en 2017 er grote hoeveelheden gestort, resp. 3,6 en $1{,}0{\cdot}10^6$ m³. In stortvak SH41 in het Gat van Ossenisse wordt er $1{,}9{\cdot}10^6$ m³ (2019) tot $4{,}1{\cdot}10^6$ m³ (2021) gestort.

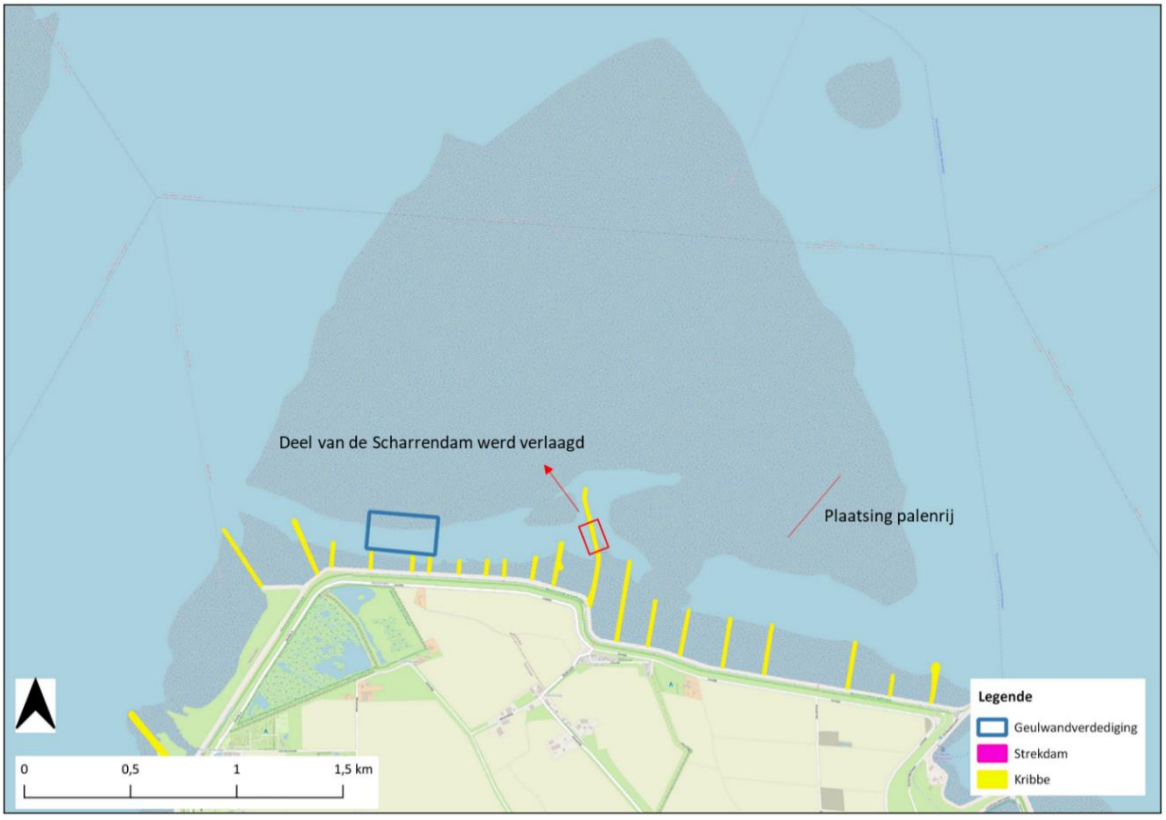
De bestaande strekdammen aan Knuitershoek zijn in 2017 opgehoogd en er is een nieuwe strekdam aangelegd voor de uitbreiding van het laagdynamisch litoraal. Uit de droogvalduurverschilkaart (Figuur 4-15) blijkt dat de bodem er ondertussen hoger ligt dan in 2016, voor de werken.

In *macrocel 5* zijn er volgende ingrepen:

- Baggeren:
    - Drempel van Hansweert: $2{,}8{\cdot}10^6$ m³ (2019) tot $3{,}8{\cdot}10^6$ m³ (2016)
    - Drempel van Walsoorden: niet in 2019 & 2020. $4{,}8{\cdot}10^3$ m³ in 2021 tot $1{,}9{\cdot}10^5$ m³ in 2016
    - Overloop van Valkenisse: $8{,}4{\cdot}10^5$ m³ (2018) tot $1{,}2{\cdot}10^6$ m³ in 2021
- Storten:
    - Plaat van Walsoorden: $6{,}1{\cdot}10^4$ m³ (2017) tot $1{,}9{\cdot}10^6$ m³ (2018)
    - SH51: $7{,}8{\cdot}10^5$ m³ (2018) tot $9{,}3{\cdot}10^5$ m³ (2017)

Uit onderzoek van SWECO (2018) bleek dat de hoogte van de Plaat van Ossenisse toenam, verruiming optrad (erosie) aan de westelijke kant van de plaat en een ophoging van het intergetijdenareaal in de kribvakken ten oosten van de Scharrendam. Bij een verdere autonome ontwikkeling zou tegen 2032 hierdoor 141ha laagdynamisch litoraal gebied verdwijnen ten gevolge van de effecten van de Scharrendam. Om dit te verhinderen is in 2020 het middenstuk van de Scharrendam verlaagd en is 308m lange palenrij op de oostelijke kant van de plaat geplaatst (Figuur 8-24). De palenrij zorgt voor een verlaging van de stroomsnelheid van het water en beschermt de zandplaat tegen erosie. De zuidelijke rand van deze plaat hoogt geleidelijk op waardoor een voedselrijke sliblaag ontstaat. Bij Ossenisse ontstaat zo'n 37 ha getijdennatuur (Arcadis, 2019).

Bij Perkpolder is in 2015 een intergetijdengebied aangelegd dat direct is verbonden met de Westerschelde. In het intergetijdengebied is een krekenstelsel aangelegd. Een klein deel van het gebied bestaat uit een kom die ook bij laagwater niet droogvalt. In het gebied zijn flinke veranderingen opgetreden in de bodemligging. De grootste veranderingen hebben al snel na het openen van de verbinding met de Westerschelde plaatsgevonden. De verbindingsgeul is verdiept en verbreed. Tenminste een deel van het sediment dat is vrijgekomen bij het verruimen van de geul is in de getijdepoel terechtgekomen, die dan ook minder diep en minder uitgestrekt is. In het intergetijdengebied met de kreken heeft ook sedimentatie plaatsgevonden, waarbij vooral in de kreken veel slib is afgezet. Op basis van de sedimentbalans hebben Boersema *et al.* (2016) vastgesteld dat een deel van de sedimentatie bestaat uit herverdeling van materiaal dat is geërodeerd binnen het projectgebied en dat het gebied veel slib ontvangt dat uit de Westerschelde afkomstig is. (uit Arcadis, 2019)



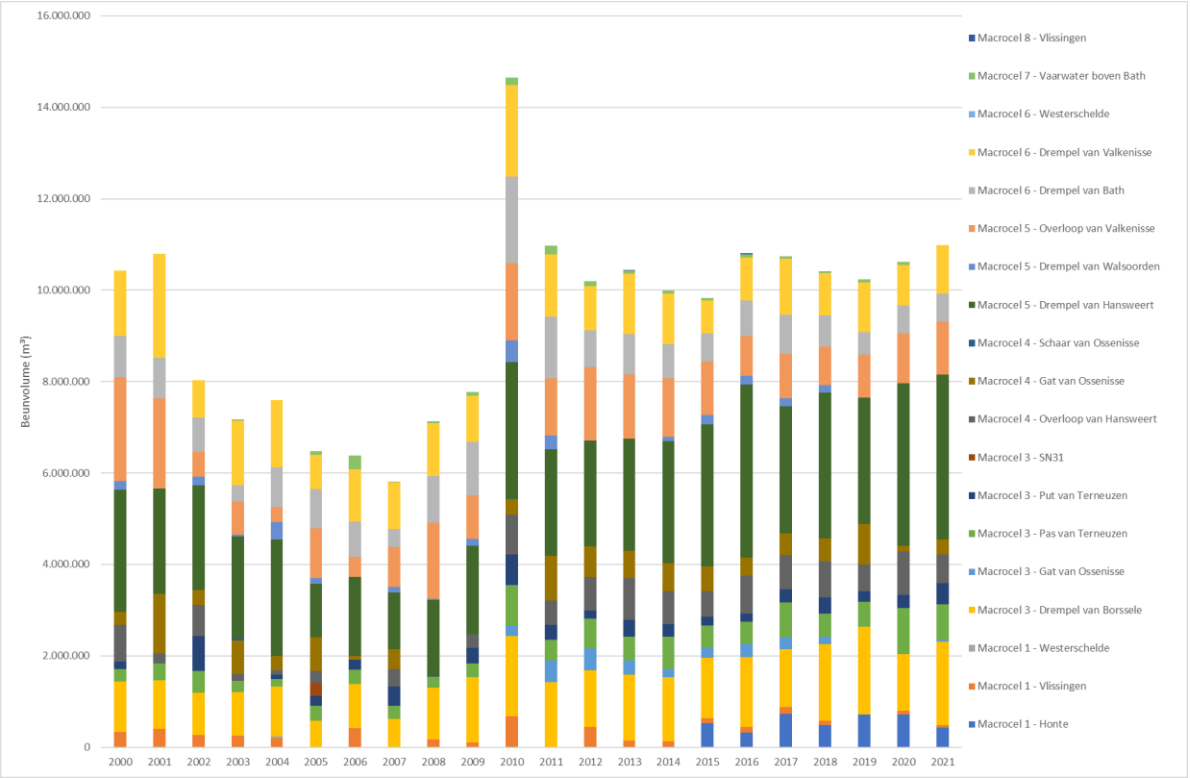
Figuur 4-9: Verlaging van het middenstuk van de Scharrendam en de plaatsing van de palenrij in kader van het natuurherstelproject bij de Plaat van Ossenisse.

T.h.v. Baalhoek is een nieuwe strekdam gebouwd, de bestaande is opgehoogd. Ook hier is heeft sedimentatie plaatsgevonden (DVD-kaart, Figuur 4-16; Arcadis, 2019).

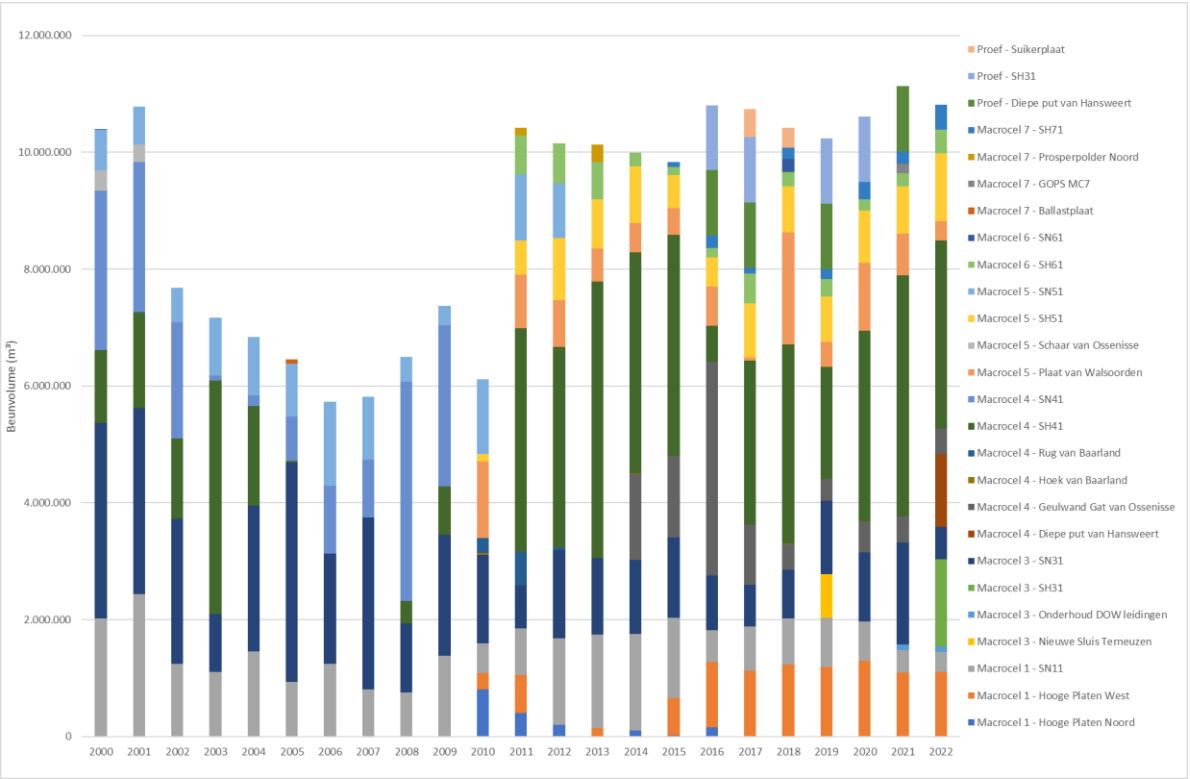
In *macrocel 6* wordt er gebaggerd uit de Drempel van Bath ($4{,}90 \cdot 10^5$ m³ in 2019 tot $8{,}6 \cdot 10^5$ m³ in 2017) en de Drempel van Valkenisse ($8{,}9 \cdot 10^5$ m³ in 2020 tot $1{,}2 \cdot 10^6$ m³ in 2017). Er zijn 2 stortlocaties in macrocel 6: SH61 en SN 61. In SN 61 is er enkel in 2018 $2{,}3 \cdot 10^5$ m³ gestort, het betrof een proefstortcampagne. T.h.v. SH61 is er jaarlijks tussen $1{,}5 \cdot 10^5$ m³ (2016) tot $5{,}1 \cdot 10^5$ m³ (2017) gestort.

Voor de schorren van Bath zijn er over een lengte van 2.5 km 8 strekdammen aangelegd variërend van 150 tot 300 m lang, een bestaande strekdam is hersteld. De strekdammen komen dwars op de geulrandverdediging (zie §8.5). Ze bereiken het schorrengebied voor de dijk bij Bath niet. De strekdammen geven rustige laagdynamische getijdennatuur (slikken) de kans zich te ontwikkelen, wat resulteerde in een ophoging tussen de strekdammen (Figuur 4-16).

In *macrocel 7* wordt er uit het Vaarwater boven Bath gebaggerd ($4{,}3 \cdot 10^4$ m³ (2018) tot $7{,}0 \cdot 10^4$ m³ (2016)). In 2021 vonder er geen baggerwerken plaats. Er is in 2021 $1{,}6 \cdot 10^5$ m³ gestort in stortlocatie GOPS MC7. In zone SH71 is er tussen $1{,}0 \cdot 10^5$ m³ (2017) en $3{,}0 \cdot 10^5$ m³ (2020) gestort.

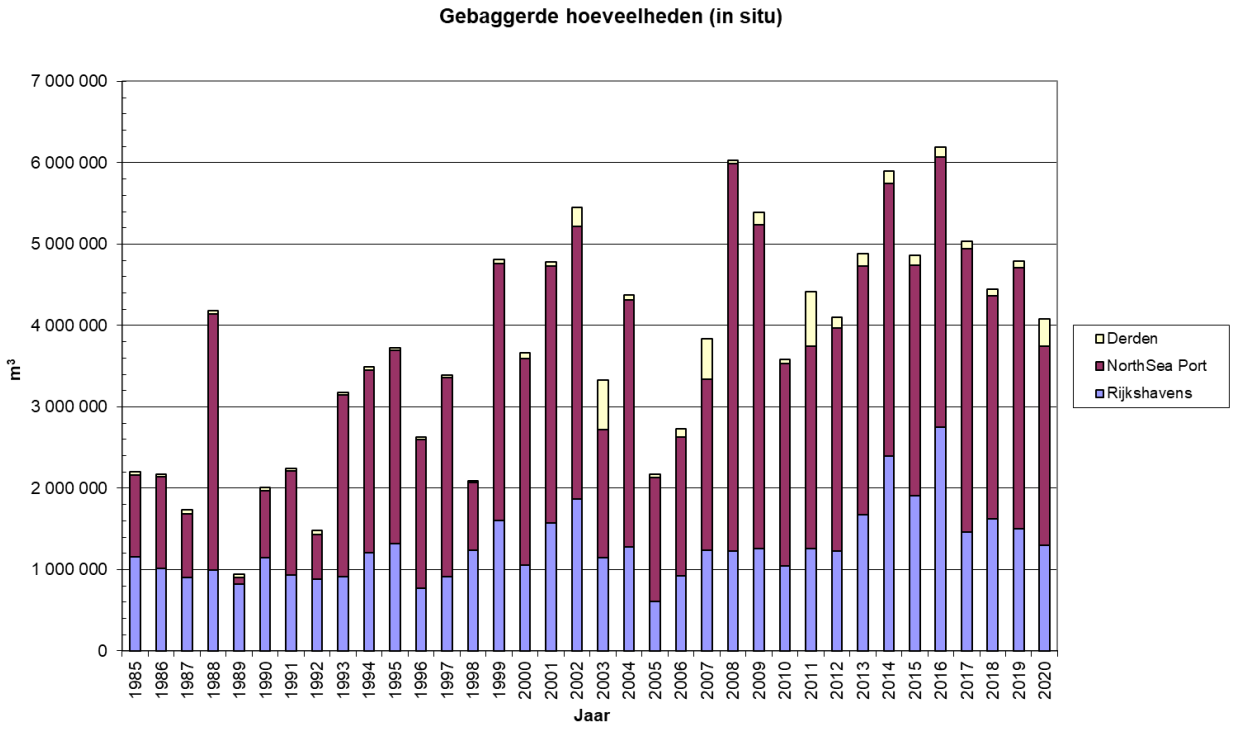


Figuur 4-10: Onderhoudsbaggervolume zand (beunvolume) in de Westerschelde; gealloceerd naar baggerlocatie.



Figuur 4-11: Onderhoudsbaggervolume zand (beunvolume) in de Westerschelde; gealloceerd naar stortlocatie.

Naast het reguliere onderhoud van de vaargeul, vindt ook onderhoud van de havens plaats. De havens en de monding van de havens langs de Westerschelde worden 1 tot 2 maal per jaar gebaggerd, afhankelijk van de locatie (Schrijver, 2020). Het sediment dat er gebaggerd wordt is een mengsel van slib en zand en wordt geklept in specifieke vakken in de Westerschelde, binnen dezelfde macrocel als waar de haven zich bevindt. De grootste havens, Terneuzen en Vlissingen, zijn samen verantwoordelijk voor 60 tot 85% van dit volume. De stortingen vanuit de haven van Breskens zijn vrij stabiel, met uitzondering van het jaar 2016, en leveren de derde grootste bijdrage met ca. 10 tot 30%. De overige havens (Hansweert, Borssele, Walsoorden, ...) hebben een beperkt aandeel in deze sedimentstroom. Het totale baggervolume vanuit de havens ligt in 2019 hoger (ca. $7{,}0 \cdot 10^6$ m3), dan in eerdere jaren. Dit wordt voornamelijk veroorzaakt door de werkzaamheden bij de Nieuwe Sluis Terneuzen, die in 2019 goed zijn voor 36% van de sedimentstroom vanuit de havens naar de Westerschelde (IMDC, 2021). Figuur 4-12 toont vanaf 2016 een afname van het gebaggerde volume uit havens.



Figuur 4-12: Havenstortingen Westerschelde havens (in situ volume Slib).

4.4.3.2. Evolutie van de morfologische elementen

Per macrocel wordt in dit hoofdstuk de evolutie sinds 2016 van de morfologische elementen in het meergeulensysteem besproken. Een uitgebreide beschrijving van de historische ontwikkelingen staat beschreven in Taal *et al.* (2019). De waargenomen veranderingen zijn een gevolg van de natuurlijke morfologische processen en de invloed van de menselijke ingrepen op het morfologisch systeem. Op basis van de verschilkaart (Figuur 4-13) en de droogvalduurverschilkaart kunnen de grootste verschillen van de voorbije evaluatieperiode worden vastgesteld. Tijdens de periode 2016-2021 werden volgende waarnemingen gedaan:

In *macrocel 1* verhoogt de Spijkerplaat in het oosten en in het westen. De Spijkerplaat en de Suikerplaat (MC3) liggen meer en meer in lijn met elkaar, doorsneden door de Drempel van Borssele die continu wordt uitgebaggerd om de vaargeul open te houden voor de scheepvaart. Rondom de Spijkerplaat is er sedimentatie. Ten noorden van de Hooge Platen bevindt zich de Schaar van Suikerplaat en een 2e vloedschaar. Beide zijn onderhevig aan erosie.

Zowel op de verschilkaart als de droogvalduurverschilkaart is duidelijk te zien dat er ten noorden van de Hooge Platen sedimentatie optreedt, in het zuiden is er erosie. De plaat breidt uit naar het noorden (zie ook IMDC, 2021). De bodem in het Vaarwater langs Hoofdplaat (ten zuiden van Hooge Platen) is de voorbije jaren hoger komen te liggen. Dit is een langlopend (waarschijnlijk al honderden jaren) proces omdat het gebied dat door deze geul werd gevoed door aanslibbing en bedijking steeds verder in omvang is afgenomen. Met de afdamming van de Braakman in de jaren '50 van de vorige eeuw is de laatste belangrijke komberging voor deze geul verdwenen. Omdat de geul steeds verder in omvang afneemt is er geen aandrijvende kracht mee voor kortsluitgeulen door de Hooge Platen (Nolte, 2011). Langsheen de Zeeuwse kust treedt er erosie op in het subtidaal tegen de slikken.

De Suikerplaat in *macrocel 3* erodeert in de oostelijke zone. Dit resulteert in een afname van de droogvalduur. Ook de Geul van de Suikerplaat erodeert hier. Op de westelijke flank van de Suikerplaat is er sedimentatie en ook in noordelijk deel van de Geul van de Suikerplaat stijgt de bodem. Dit zou veroorzaakt kunnen zijn door de proefstortingen ter hoogte van de Suikerplaat.
Op Middelplaat-West neemt, met name aan de rande de droogvalduur af.
De geul Zuid Everingen sedimenteert tegen Middenplaat-Oost aan. Ook tegen de zuidelijke flank van deze plaat is er sedimentatie. Middelplaat-Oost wordt smaller, met name aan de noordzijde tegen het Straatje van Willem is er sterke erosie. Deze geul lijkt naar het zuiden te migreren, ten noorden hiervan en tegen de Schaar van Baarland aan is er sterke sedimentatie. In het Gat van Borssele trad er de voorbije jaren sedimentatie op.

Everingen bevat zones met sedimentatie, maar ook met erosie. In het oostelijk deel van Everingen treedt er erosie op tussen Everingen en Schaar van Baarland. Tegen de slikken van Everingen zet zich sediment af, ook in de geulen rondom de plaat van Baarland gebeurt dit. De oostelijke uitloper van Everingen sedimenteert richting plaat van Baarland. De uitloper lijkt naar het zuiden te migreren, hier bevindt zich immers een zone met sterke erosie.

Tussen Hooge Platen en lage springer sedimenteert het en neemt de droogvalduur toe. Op de Lage Springer zelf en ook op het Mosselplaatje, ten oosten van de Lage Springer, neemt de droogvalduur af. Met name tegen Pas van Terneuzen aan. Op de slikken tegen de Zeeuwse kust ten zuiden van de Pas van Terneuzen neemt de droogvalduur een weinig af. Dit geldt voor al de slikken op de linkeroever in deze macrocel. In de Diepe put van Terneuzen is het bodempeil toegenomen. Ook in het Gat van Ossenisse is er sedimentatie. Aan de noordelijk kant van deze geul, in het verlengde van Middenplaten-Oost, is er sedimentatie.

Het gat van Ossenisse en de Overloop Hansweert, die de hoofdgeul vormen in *macrocel 4*, zijn in de buitenbochten tegen respectievelijk de slikken van Hulst en de Rug van Baarland onderhevig aan erosie. Er is sterke sedimentatie aan de noordflank van het Gat van Ossenisse. De nevengeul verdiept in de Schaar van Baarland en de zuidelijke zone van Middelgat.

Ten zuiden en ten westen van de Rug van Baarland treedt er sedimentatie op. In het verlengde van de Rug van Baarland ontwikkelen zich nieuwe platen. Ten noorden van de Rug van Baarland sedimenteert

ook de Geul van de Molenplaat. Ten noorden van de Molenplaat, de zone tussen de plaat en de Kapellebank, is er de voorbije jaren sedimentatie opgetreden.

Er is sterke sedimentatie ten westen van de Plaat van Ossenisse. Samen met de sterke erosie aan de andere zijde van de Overloop van Hansweert en de afname in droogvalduur aan de oostelijke rand van de Rug van Baarland toont dat de geul hier westwaarts migreert. De noordelijke flank van de plaat erodeert dan weer. Ook de zuidelijke zone en de Schaar van Ossenisse sedimenteren. De Put van Hansweert is wat ondieper geworden.

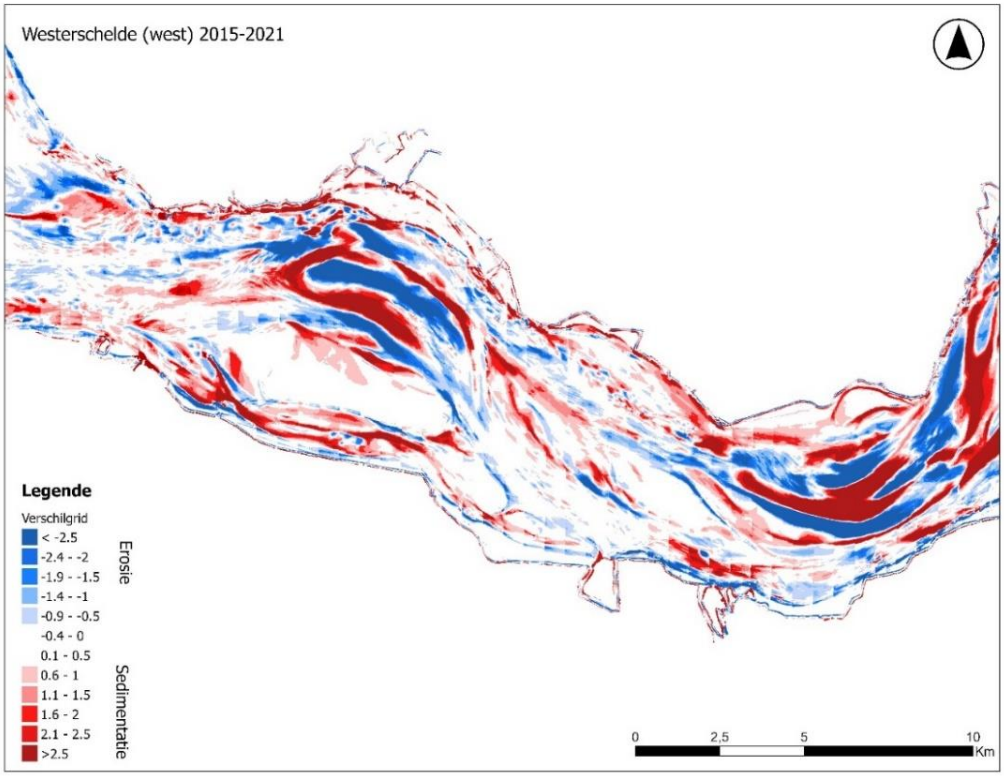
Het effect van de proefstortingen in de Diepe Put van Hansweert is ook zichtbaar. Er is een sedimentatiepatroon merkbaar in de hoofdgeul ter hoogte van de Plaat van Ossenisse. Tevens valt de sterke erosie aan de buitenbocht, opwaarts van Hansweert op.

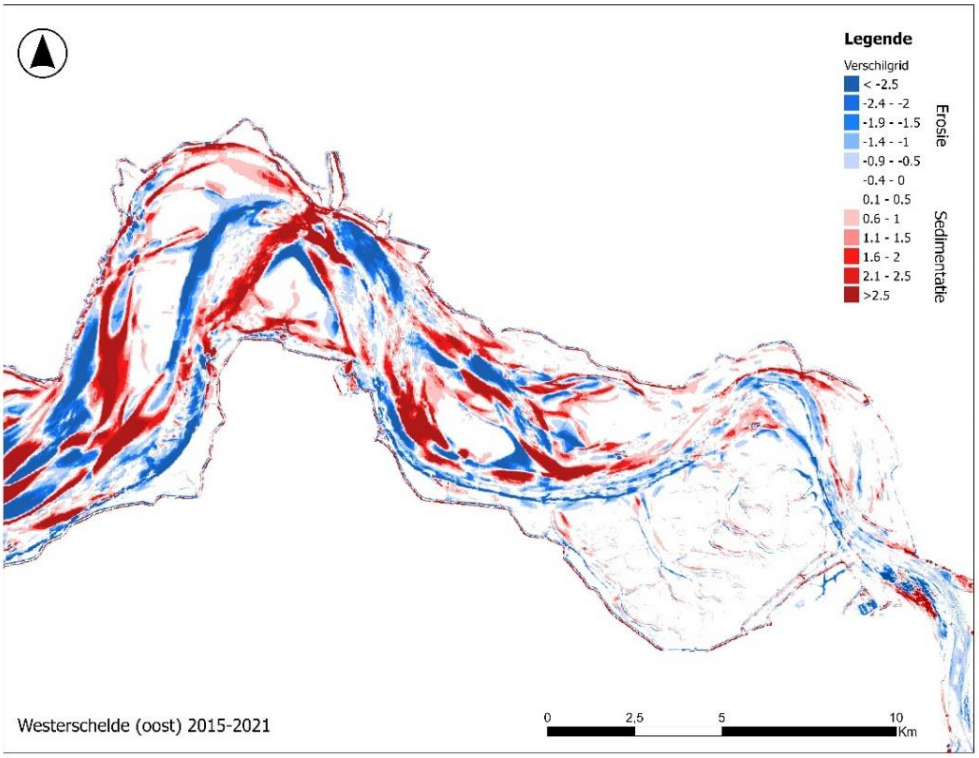
Ten westen van de Plaat van Walsoorden (*macrocel 5*) treedt er sedimentatie op. Dit is veroorzaakt door de plaatrandstortingen waar in de westelijke strook tussen vaargeul en plaat gestort is. Ook de noordelijke zone tegen Schaar van Waarde sedimenteert. Het zuidoosten van de plaat erodeert. De Schaar van Valkenisse sedimenteert in het zuiden (drempel bij Overloop van Valkenisse). Het oostelijke deel van de drempel (zuidwestelijke zone van de plaat van Valkenisse) erodeert. Rond de Plaat van Valkenisse valt het op dat de Geul van Zimmerman verder geïsoleerd geraakt. Ook ten zuiden van het schor van Waarde treedt er erosie op.

In *macrocellen 6 en 7* loopt de hoofdgeul door de buitenbochten van de Westerschelde (Overloop van Valkenisse, Nauw van Bath en Pas van Rilland. De nevengeul (Schaar van de Noord) bevindt zich ten noorden, langs het Verdronken land van Saeftinghe. Binnen deze macrocellen bevinden er zich geen zandplaten. Tussen de hoofd- en nevengeul bevinden er zich nog wel ondiepe zones die echter niet boven water komen.

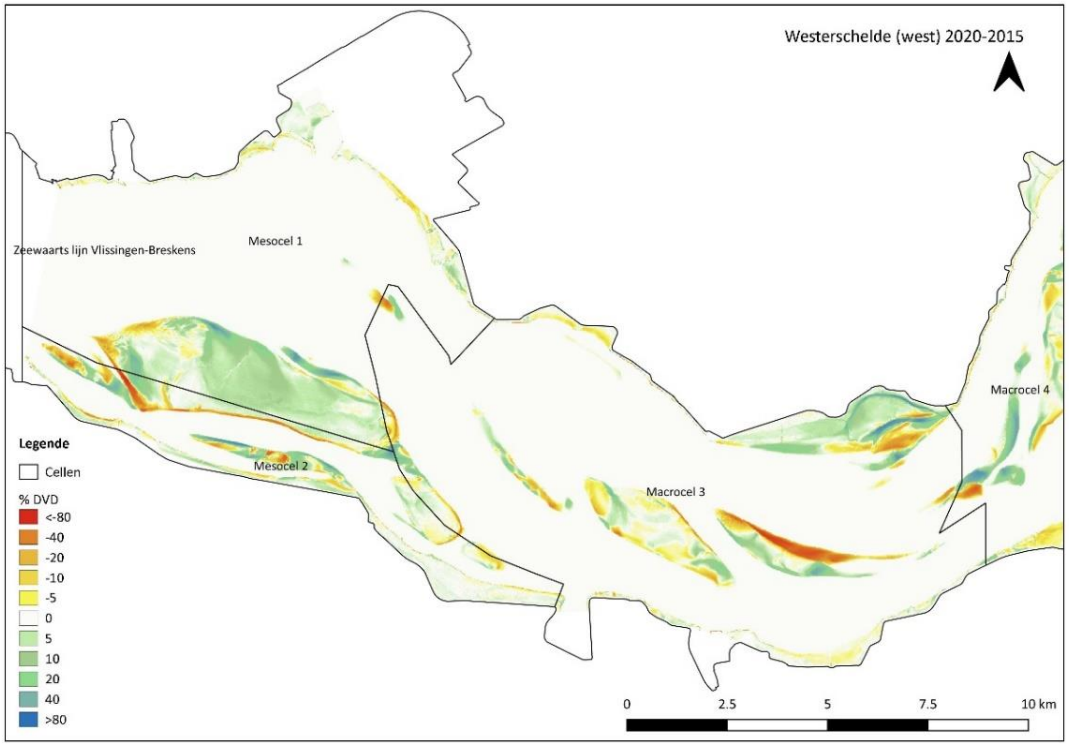
Het westelijke deel van de schaar van de Noord sedimenteert, net als de ondiepe zone ten noorden ervan. Ook in de Overloop en Drempel van Valkenisse neemt het bodemniveau wat toe. In het Nauw van Bath en de Pas van Rilland is er erosie. Op de buitenzijde van de hoofdgeul zet zich sediment af. Aan de binnenzijde, tegen het Verdronken land van Saeftinghe, treedt er erosie op.

In het *Verdronken land van Saeftinghe* is er een wisselwerking van erosie en sedimentatie in de geulen. Het valt wel op dat de droogvalduur afneemt aan tegen de Westerschelde aan. Ook aan de slikken van Bath neemt de droogvalduur af, hoewel er tegen de vaargeul aan sedimentatie is.

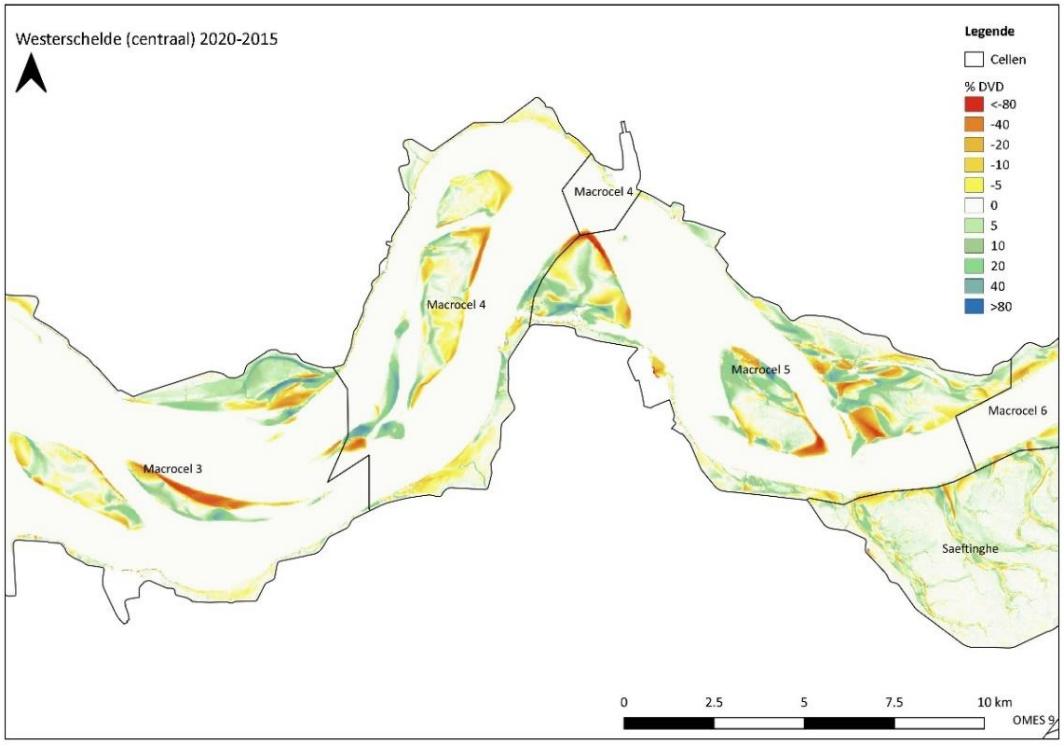




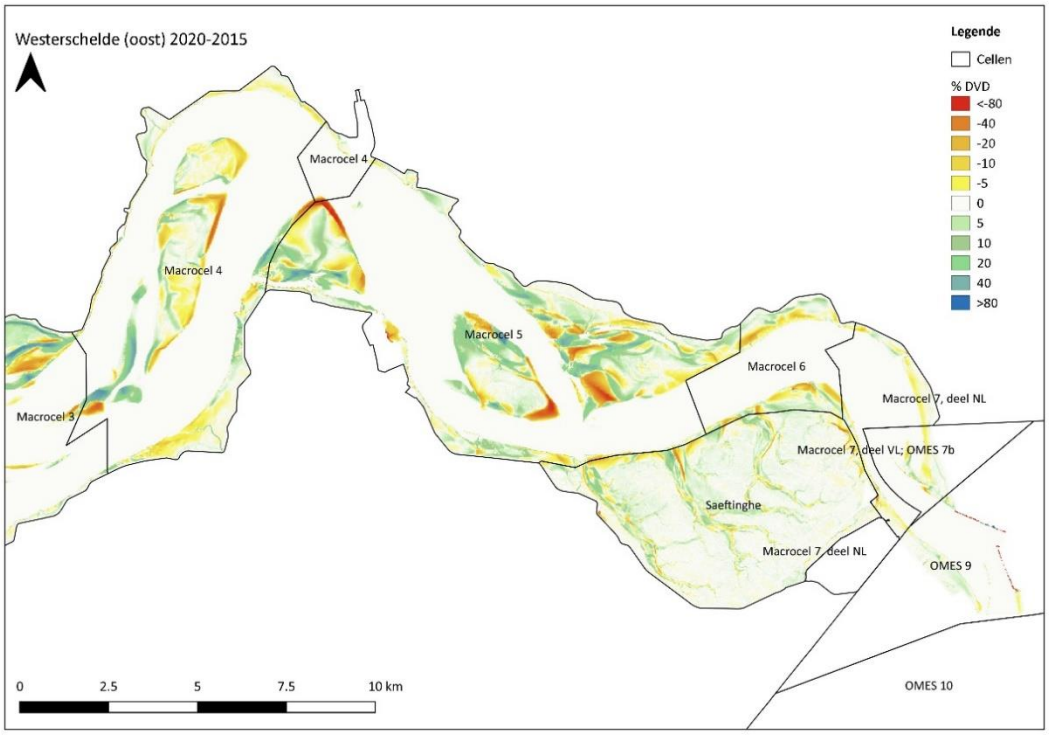
Figuur 4-13: Verschilkaart van de Westerschelde (2021-2015)



Figuur 4-14: DVD-verschilkaart (2020-2015) van het westelijke deel van de Westerschelde



Figuur 4-15: DVD-verschilkaart (2020-2015) van het centrale deel van de Westerschelde



Figuur 4-16: DVD-verschilkaart (2020-2015) van het oostelijke deel van de Westerschelde

4.4.3.3. Evolutie van de dimensies van het meergeulensysteem

In kader van het project Flexibel Storten wordt de impact en morfologische ontwikkelingen sinds de start van het project systematisch gemonitord en gerapporteerd (vnsc.eu/projecten/flexibel-storten).

Het volume van de ebgeul in *macrocel 1* is nagenoeg stabiel gebleven de voorbije 5 jaren ($-4{,}0 \cdot 10^3$ m³ verandering t.o.v. 2016 toen het totale volume $1{,}9 \cdot 10^6$ m³ bedroeg, onder -5m NAP). In de vloedgeul is het volume van de diepe geul afgenomen met 1.5%. Hier treedt dus sedimentatie op. Deze beperkte wijzigingen hadden nauwelijks impact op de kantelindex. Het relatieve belang van de nevengeul in deze macrocel bleef dan ook stabiel.

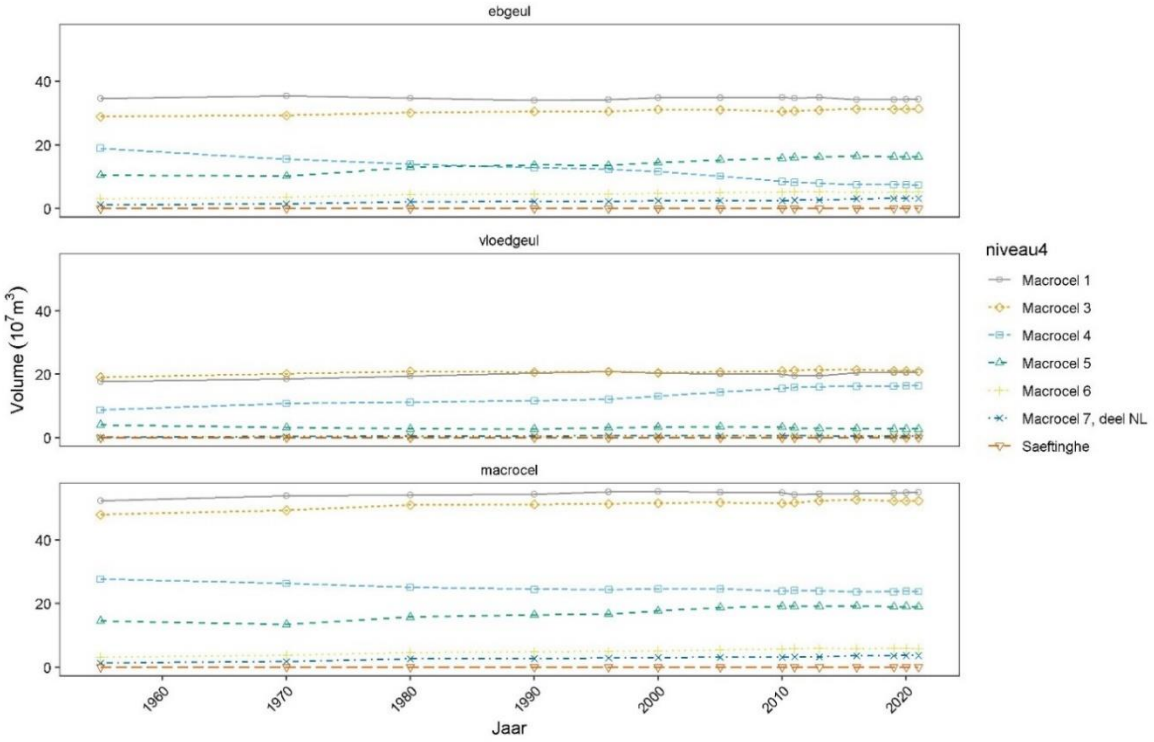
Ook in *macrocel 3* is het volume van de ebgeul nagenoeg stabiel gebleven ($-4{,}4 \cdot 10^3$ m³ t.o.v. $1{,}9 \cdot 10^7$ m³ in 2016, onder -5 mNAP). In de vloedgeul treedt er in de diepere delen erosie op (+1% volume onder -5 mNAP). In de ondiepere zones (tussen -5 en -2 mNAP) is er een beperkte sedimentatie. Het volume neemt er beperkt af (-0,5% t.o.v. het volume in 2016). Er is een beperkte toename van de kantelindex, wat erop wijst dat het relatieve belang van de nevengeul is afgenomen.

Het volume van de ebgeul Middelgat in *macrocel 4* is stelselmatig afgenomen, de voorbije 10 jaren is deze relatief stabiel gebleven. De vloedgeul (Gat van Ossenisse) erodeerde stelselmatig. Ook dit proces is de voorbije 10 jaren gestabiliseerd. Het volume is de laatste 5j 1% toegenomen ($1{,}80 \cdot 10^5$ m³ (<-2 mNAP)). De ebgeul sedimenteerde nog wat verder (6% daling van het watervolume onder -2 mNAP in de laatste 6 jaar). De ebgeul heeft hier een natuurlijke tendens tot sedimenteren, de vloedgeul tot eroderen.

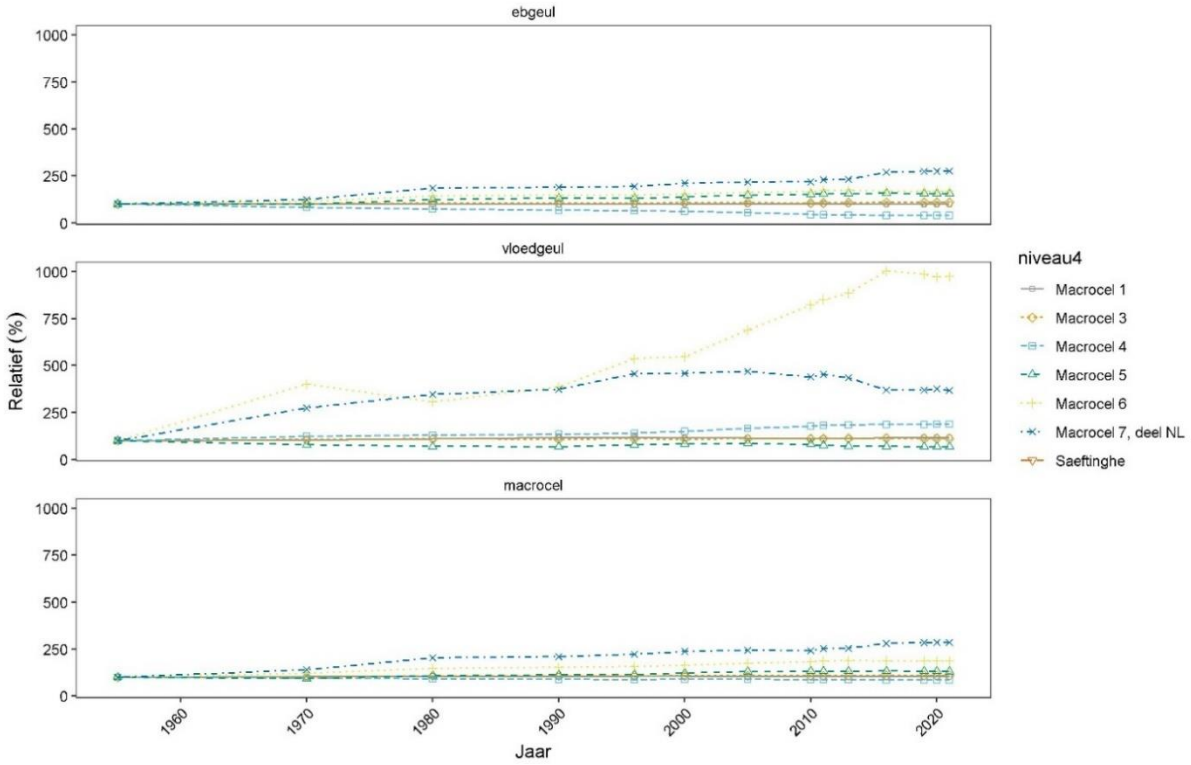
In *macrocel 5* is het volume van de ebgeul (Drempel van Hansweert, Zuidergat, Bocht van Walsoorden en Overloop van Valkenisse) tot 2010 stelselmatig toegenomen, de voorbije 5 jaren is deze relatief stabiel gebleven (+0.5% sinds 2016 bij -2 mNAP). In de diepere delen (<-5mNAP) is het volume afgenomen (-1%). Het volume van de vloedgeul (Schaar van Valkenisse en Schaar van Waarde) neemt af in zowel de diepe als ondiepe delen (resp. -1.3% en -4%). De kantelindex is toegenomen, wat erop wijst dat het belang van de nevengeul is afgenomen.

In de diepe zones van de ebgeul van *macrocel 6* (-5 mNAP) neemt het volume nauwelijks toe. In de ondiepere zones (-5m tot -2 mNAP) is er een zeer beperkte afname van het volume. In de vloedgeul is er sedimentatie in de diepe zones (+3% t.o.v. 2016). In de ondiepere zones neemt het volume er met 2% toe.

In *macrocel 7* is er zeer beperkt sedimentatie zowel in de eb- als de vloedgeul, zowel in de diepere als de ondiepere zones. Het volume neemt er 0,5 tot 1% af.



Figuur 4-17: Dimensies Westerschelde: watervolume van de diepe geulen (onder -5m NAP).



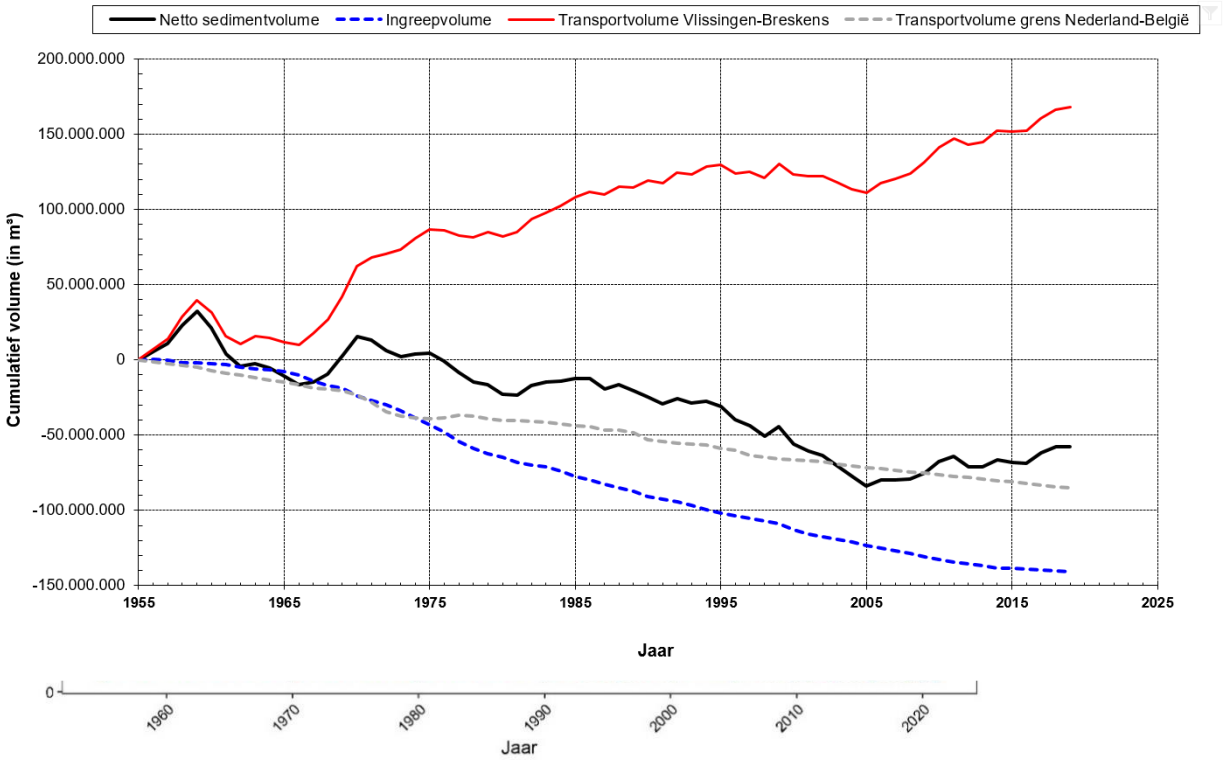
Figuur 4-18: Dimensies Westerschelde: relatieve verandering van het watervolume in de diepe geulen (onder -5 m NAP).

4.4.3.4. Verandering van de zandbalans in de Westerschelde

De bevindingen over de evolutie van de zandbalans van de Westerschelde is geëxtraheerd uit Schrijver (2020). Op basis van het berekende volumeverschil (volumes berekend t.o.v. +3.5 mNAP), het transport over de opwaartse (oostelijke) rand en de ingrepen, kan worden berekend wat het transport is over de afwaartse (westelijke) rand van een macrocel. Door deze berekening te starten in macrocel 7 waar de opwaartse rand is vastgelegd, wordt het sedimenttransport op de lijn Vlissingen – Breskens bepaald.

De verschillende volumes zijn weergegeven in Figuur 4-19. Uit de figuur is af te lezen dat

- Het systeem overwegend sediment importerend is, met uitzondering van de periode 1995 - 2005;
- Twee dominante trends zijn duidelijk onderscheidbaar in het netto sedimentvolume:
    - Een afname van het nette sedimentvolume in de periode 1970 – 2005;
    - Een toename van het netto sedimentvolume in de periode na 2005.
- Het netto sedimentvolume t.o.v. 1955 is afgenomen met 57,6 Mm3.

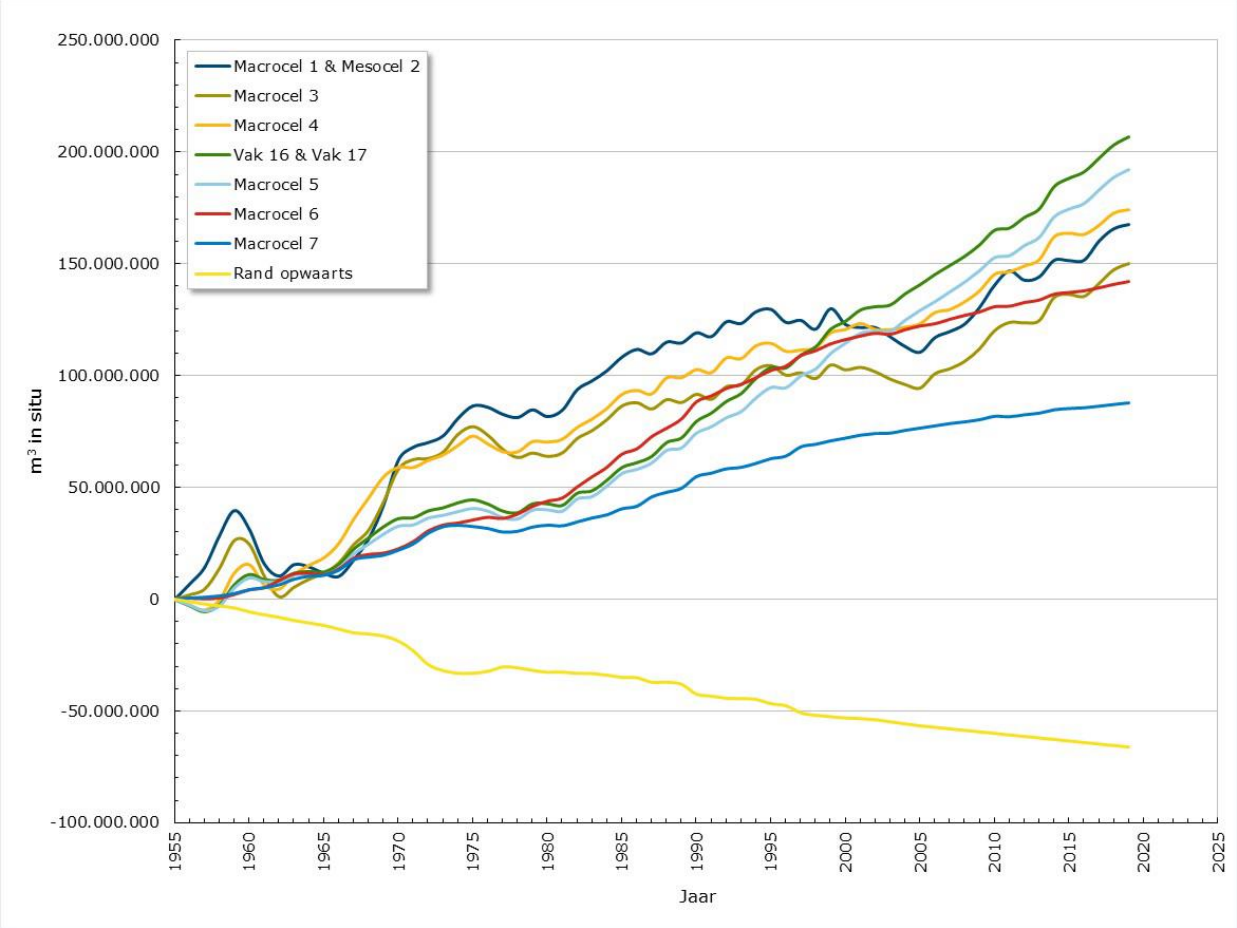


Figuur 4-19: Cumulatief netto sedimentvolume Westerschelde. (Bron: Schrijver, 2020)

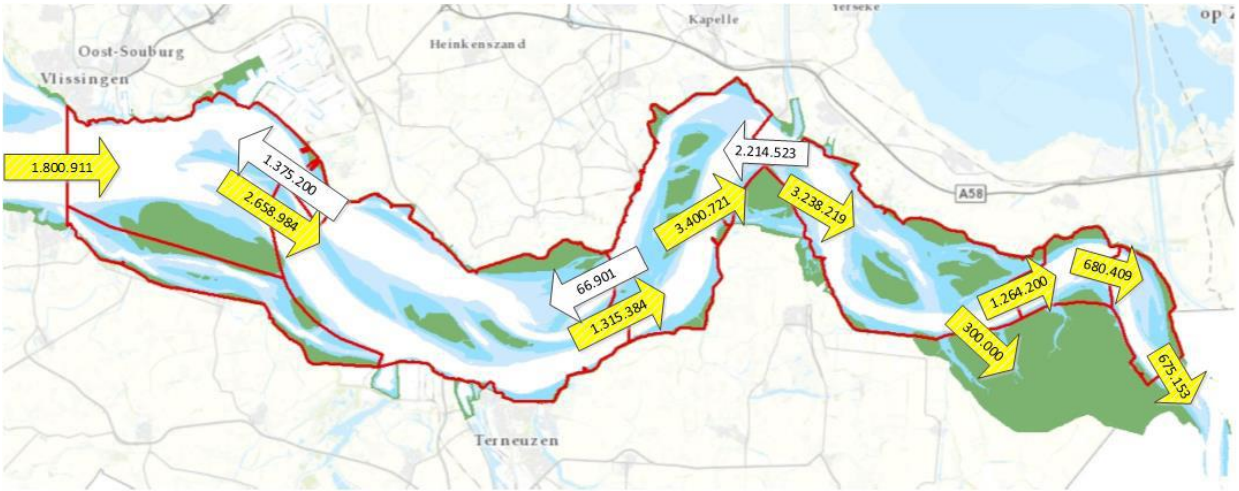
In Figuur 9-467 is het cumulatieve sedimenttransport over de grenzen van de macrocellen weergegeven vanaf 1955. De 'Rand opwaarts' in deze figuur is het opgelegde sedimenttransport op de grens Nederland – België, de lijn 'Macrocel 7' staat voor het transport dat macrocel 7 binnenkomt uit macrocel 6. Op deze manier zijn ook de andere randen gedefinieerd: ze staan voor de rand waar het sediment een macrocel binnenkomt. Uit de figuur is af te lezen dat:

1. De macrocellen 1 en 3 waren overwegend sediment exporterend in de periode 1995 – 2005, de overige macrocellen zijn altijd sediment importerend;
2. De totale hoeveelheid sedimenttransport naar de macrocellen 4 en 5 en de tussenliggende vakken 16 en 17 is na het jaar 2000 groter dan het sedimenttransport dat wordt geïmporteerd in macrocel 1 en mesocel 2;
3. Het sedimentvolume van macrocel 1 naar macrocel 3 is altijd lager dan het sedimentvolume dat wordt geïmporteerd in macrocel 1 en mesocel 2 (15-20 Mm_3 vanaf het jaar 2000).

In Figuur 9-467 zijn de ingrepen inbegrepen. Dit betekent dat het gebaggerde sediment in dezelfde macrocel wordt gestort, of in de aangrenzende stroomafwaartse macrocel. In Figuur 9-469 is het berekende sedimenttransport in 2018 tussen de macrocellen weergegeven met gele pijlen. Met de witte pijlen zijn de hoeveelheden aangegeven die zijn verplaatst tussen twee macrocellen als gevolg van het onderhoud van de hoofdvaargeul (verplaatsingen binnen dezelfde macrocel zijn niet opgenomen in deze figuur).



Figuur 4-20: Berekend sedimenttransport tussen de macrocellen met het (in situ) volume dat langs zeewaartse zijde binnenkomt. Rand opwaarts = opgelegd sedimenttransport over de grens Nederland – België (Bron: Schrijver, 2020)

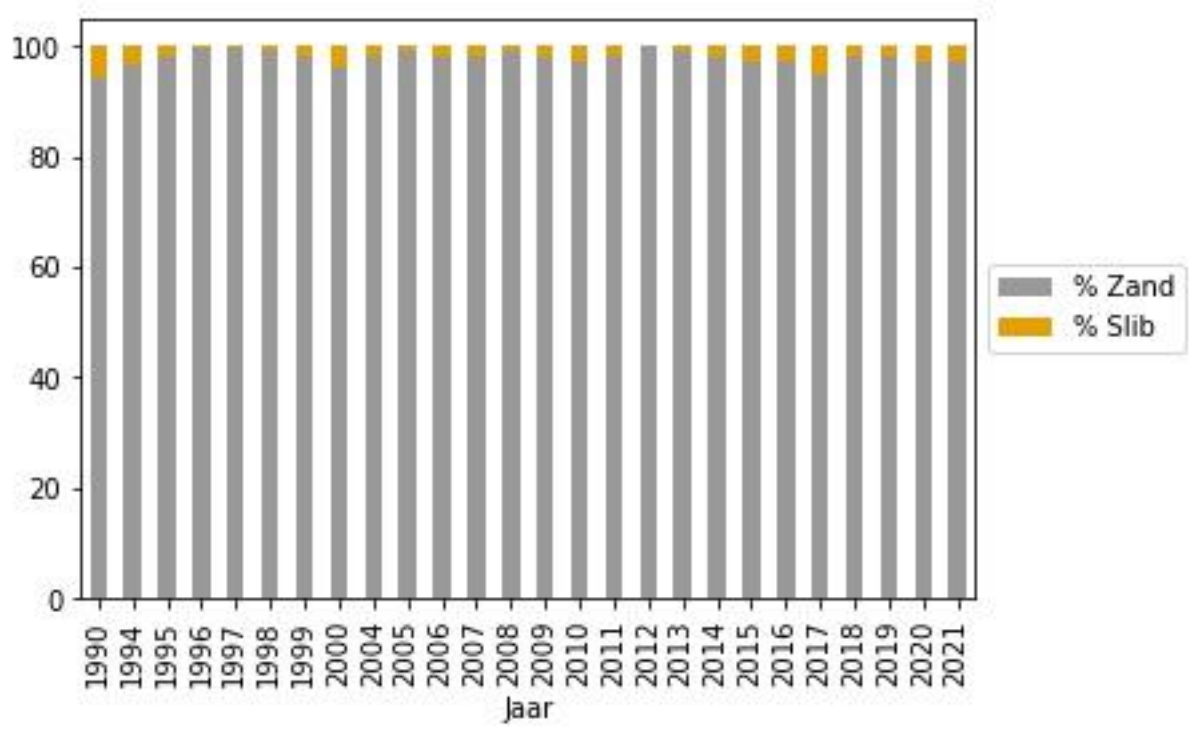


Figuur 4-21: Netto sedimenttransport (m³, gele pijlen) in 2018 en antropogene sedimentverplaatsingen (witte pijlen) over de grens van een macrocel (Bron: Schrijver, 2020)

4.4.3.5. Bodemsamenstelling

Uit de jaarlijkse bemonstering blijkt dat de bodem van de Westerschelde hoofdzakelijk uit zand bestaat. Op elke locatie is de zandfractie meer dan 95% van het totale staal. Er is ook geen evolutie naar een lager aandeel in zand. Een hoger aandeel van slib zou ervoor kunnen zorgen dat de bodemweerstand afneemt. Een "gladdere" bodem kan op zijn beurt weer leiden tot een verdere indringing van de getijgolf. Dit doet zich tot op heden niet voor.

De figuren met de weergave van de zand- en slibfractie in de bodem van de Westerschelde worden in Bijlage G.3 getoond. Onderstaande Figuur 4-22 is illustratief voor al de meetlocaties in het meergeulensysteem.



Figuur 4-22: Bodemsamenstelling bij Rand Platen Valkenisse – omgeving boei 52.

4.4.3.6. Effect op hydrodynamische wijzigingen

Wijzigingen in de morfologie hebben onmiddellijk hun weerslag op de hydrodynamiek. Uit hoofdstuk 3 valt met name op dat de looptijd van het laagwater tussen Hansweert en Bath (macrocel 5) de afgelopen 10 jaar met enkele minuten gestegen is. Tussen Terneuzen en Hansweert (macrocel 4) is deze juist gedaald in dezelfde periode.
Deze vaststellingen zouden het gevolg kunnen zijn van een verandering in de volumes van de geulen en dan met name in de nevengeul. Een groter volume zorgt voor een snellere looptijd.

In macrocel 5 is het volume van de diepe zones (-5 mNAP) in de vloedgeul met 15% afgenomen sinds 2010. Het volume van de ebgeul is min of meer constant gebleven. Dit zou een vertraging van de looptijd bij laagwater kunnen verklaren.

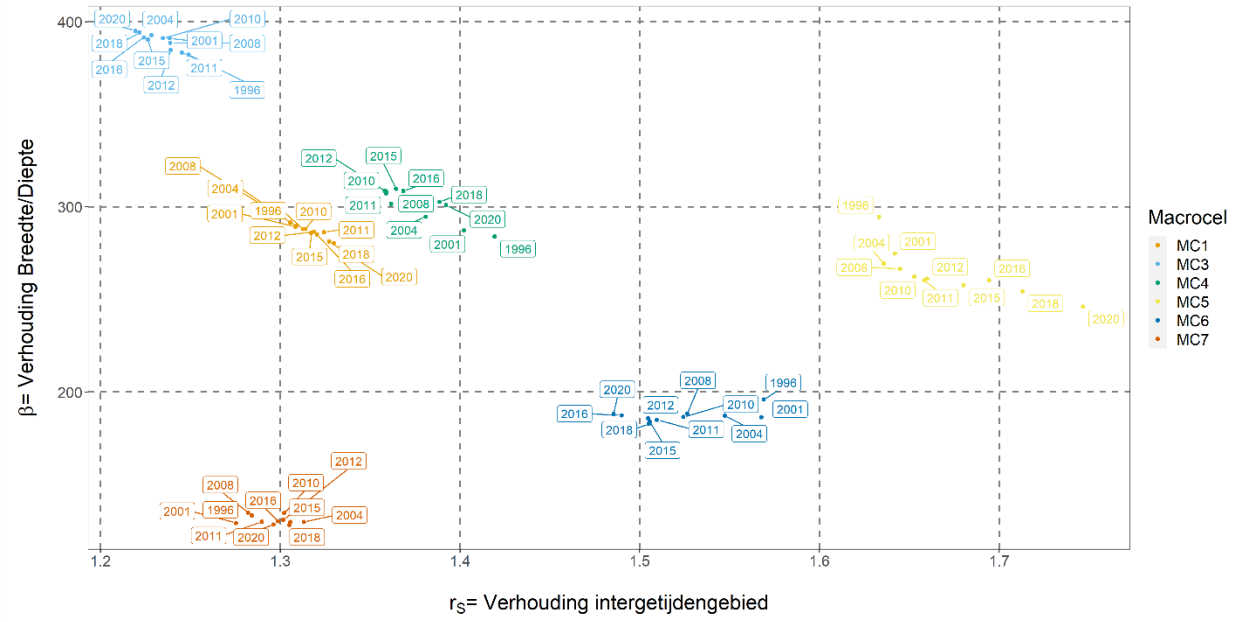
Tegen de plaat van Walsoorden is er sedimentatie ten westen van de plaat, maar ook in de Schaar van Waarde en in de Schaar van Valkenisse treedt er sedimentatie op. De volumes van deze geulen nemen af wat kan leiden tot een vertraging van de looptijd tussen Hansweert en Bath. Ook de verhouding tussen het areaal bij hoogwater en bij laagwater (r_S) is sterk toegenomen tussen 2010 en 2016 en 2016 en 2020 wat voor een dempend effect zorgt en de doorlooptijd doet vertragen. Ook de breedte/diepte (β) verhouding neemt in deze macrocel (beperkt) af (Figuur 4-23).

Als gevolg van de plaatrandstortingen tegen de plaat van Walsoorden is er sedimentatie ten westen van de plaat, maar ook in de Schaar van Waarde en in de Schaar van Valkenisse treedt er sedimentatie op. Deze activiteiten zorgen dus voor een afname in watervolume. Er bestaat een hypothese dat dit de looptijd tussen Bath en Hansweert vertraagd.

Tussen Terneuzen en Hansweert zou je het omgekeerde verwachten, omdat de looptijd van hoog- en laagwater ertussen afneemt. In macrocel 4 neemt het volume van de diepe geulen in de ebgeul er de voorbije 10 jaar 12% ($1{,}0{\cdot}10^7$ m³) af. In de vloedgeul, de hoofdgeul in deze macrocel, neemt het volume 5% ($8{,}7{\cdot}10^6$ m³) toe. Netto neemt het volume met $1{,}3{\cdot}10^{6}$ m³ af. Hierdoor verwacht je dat looptijd van het LW ook zou toenemen.

In macrocel 3 neemt het volume van de diepe geulen in de vloedgeul met bijna $1{,}0{\cdot}10^6$ m³ af (-0,5 % t.o.v. 2010). In de ebgeul neemt deze met bijna $8{,}8{\cdot}10^6$ m³ toe (+3 % t.o.v. 2010). In totaal is dat een toename van het volume met $7{,}9{\cdot}10^6$ m³. Terneuzen ligt echter in het midden van Macrocel 3 daarom kunnen de berekende volumes niet volledig toegeschreven worden aan de veranderende looptijd. Het kan echter wel een indicatie zijn.

Er is een versteiling van de geulen (beperkt toenemende β) een stelselmatige, maar beperkte afname van de breedte/diepte verhouding (r_S) in macrocel 3 (Figuur 4-23). Dit zou de doorlooptijd kunnen versnellen. Daarentegen gebeurt in macrocel 4 de omgekeerde beweging waardoor de doorlooptijd vertraagt.



Figuur 4-23: De breedte-diepte verhouding (β) t.o.v het relatief areaal intertijdengebied (r_S) in de Westerschelde (1996-2020).

4.4.3.7. Samenvatting Meergeulensysteem

De zand- en slibtransporten gedurende de periode 2016-2021 bleven gelijkaardig als voorheen. In de periode 1970-2005 was er sprake van netto sedimentverlies uit de Westerschelde. Deze historische trend is gekeerd in 2006 door aanpassing van het sedimentbeheer. Vanuit de monding naar de Westerschelde vindt netto sedimentimport plaats, met uitzondering van de periode 1995-2005. Het onderhoudsbaggerwerk heeft geen directe impact op het totale, netto volume van sediment dat aanwezig is in het systeem van de Westerschelde, aangezien alle baggervolumes binnen de grenzen van het systeem worden teruggestort. Er is dus enkel sprake van een herverdeling van de volumes binnen het systeem, niet van een verandering van het totale volume. Sinds 2015 wordt geen zand meer gewonnen in de Westerschelde, en worden enkel kleine volumes van zandwinning gecompenseerd door zeezandstortingen in een zandruilproef.

Berekeningen wijzen uit dat de Westerschelde zand exporteert naar de Zeeschelde. Voor slib is het minder eenduidig: de Sedimentbalans van de Zeeschelde (Bijlage G.6.4) liet voor de periode 2011-2016 nog een import van slib vanuit de Zeeschelde naar de Westerschelde zien, maar export van slib vanuit de Westerschelde naar de Zeeschelde voor de periode 2016-2019.

Op basis van de beschikbare meetgegevens, zijn er geen aanwijzingen dat de bodemsamenstelling in de Westerschelde verandert. Merk op dat deze uitspraak puur gebaseerd is op de beschikbare puntmetingen nabij de bagger- en stortzones. Meer gebiedsdekkende informatie – op zijn minst in het intertidaal - zou nuttig zijn voor toekomstige evaluaties.

De waargenomen morfologische wijzigingen zullen een impact gehad hebben op de hydrodynamiek. Om dit te staven zijn er echter meer diepgaandere modelstudies nodig, waardoor de link enkel onder voorwaardelijke wijs gelegd kon worden.

4.5. Eéngeulsysteem

4.5.1. Inleiding

Het ééngeulsysteem wordt gevormd door het Belgische deel van het Schelde-estuarium waar de invloed van het getij nog merkbaar is: de Zeeschelde en een stuk van de zijrivieren. Op basis van beheer, gebruik en natuurwaarden wordt ze verder opgesplitst in de Boven- en Beneden-Zeeschelde waarbij de overgang zich nabij de monding van de Rupel bevindt. In de zijrivieren van de Zeeschelde, zoals de Durme, de Rupel, de Dijle, de Netes en de Zenne, zijn er metershoge verschillen tussen hoog en laag tij. Bij Gent bedraagt dit verschil nog ongeveer drie meter (Vandenbruwaene *et al.*, 2020). Bovenstrooms van Gent zorgt het stuwcomplex ervoor dat er in de bovenlopen van de Schelde, de Bovenschelde en de Leie, geen getij-invloed meer is. De Zeeschelde is een unieke getijdenrivier, met kenmerkende slikken en schorren. Het streefbeeld van de LTV 2030 (LTV, 2000) is:

> *"De Boven-Zeeschelde is van nature een meanderende rivier en dat bochtige karakter is in 2030 behouden. De daarbij behorende afwisseling van steile en flauwe oevers is in ruime mate aanwezig. De rivier heeft voldoende "ruimte" om grotere getij-indringing en hoogwatergolven moeiteloos te verwerken. Bij het onderhoud van de vaarweg wordt hier scherp op gelet."*

Voor het ééngeulsysteem zijn de ontwikkeling van de geometrie en bathymetrie (dimensionering) in samenspel met de grootschalige hydrodynamica van belang. De geometrie kan goed worden beschreven door het aantal bochten, rivier- of oeverlengte en de getijkarakteristieken. Naast een historisch/landschappelijke waarde, zijn de vele bochten ook belangrijk voor het functioneren van het estuariene systeem. Tevens is het meanderende karakter van belang voor de getijdoordringing, de afvoersnelheid en de omvang van het intergetijdengebied. Het functioneren van de meanders is moeilijk te kwantificeren, maar dat ze een waarde hebben voor het ecologisch functioneren staat vast. Meandering zorgt voor wrijving en dissipeert daardoor energie. Dit heeft invloed op de grootschalige hydrodynamica: zowel op hoogwaterstand (Veiligheid) als laagwaterstand (Toegankelijkheid) als de asymmetrie van het getij (invloed op sedimenthuishouding en van daar op waterkwaliteit).

4.5.2. Methode

De systeembeschrijving van het ééngeulsysteem biedt antwoord op onderstaande kernvragen:

1. Hoe verandert de dimensionering van het ééngeulsysteem?
2. Verandert de lokale bodemsamenstelling in de geul of op de intergetijdengebieden?
3. Welke menselijke activiteiten zijn uitgevoerd die een impact hadden op de morfologie? Kan je deze linken met de waargenomen morfologische evolutie?
4. Zijn de waargenomen wijzigingen veroorzaakt, versterkt of tegengewerkt door hydrodynamische wijzigingen?

Bovenstaande vragen worden in detail behandeld voor de beschouwde zesjarige periode, waarbij men inzoomt op niveau van de waterlichamen zoals gedefinieerd binnen de Kaderrichtlijn Water. De globale trend wordt daarna gerelateerd aan de historische lange termijn trend.

Hiervoor kan men gebruik maken van:

- Bathymetrische, erosie/sedimentatie-, droogvalduurverschil en/of hellingskaarten;
- De bodemsamenstelling en sedimenteigenschappen, gebaseerd op monsternames en labo-onderzoek van bijhorende minerale fracties;
- Wijzigingen in de dimensionering van het ééngeulsysteem: in het kombergend en watervoerend deel en het relatief areaal intergetijdengebied vs. Breedte-diepte verhouding;
- De kronkelfactor of mate van meandering van het ééngeulsysteem;
- Watervolume in de geulen i.r.t. volume van ingrepen;
- Beschikbare sedimentbalansen;
- De sedimenttransportcapaciteit;

4.5.3. Kernvragen

4.5.3.1. Menselijke activiteiten

In de voorbije evaluatieperiode zijn het GGG van Kruibeke-Bazel Rupelmonde (2017), het GOG en GGG Zennegat (resp. 2019 en 2017) in werking getreden. Met name voor het kombergende vermogen (GGG) en het aftoppen van de hoogwaters bij stormtij (GOG) zullen deze een invloed hebben.

Hoewel er enkel onderhoudsbaggerwerken worden uitgevoerd verdiept de Zeeschelde verder. Het totale, netto volume van sediment dat aanwezig is in het systeem van de Beneden-Zeeschelde verandert niet

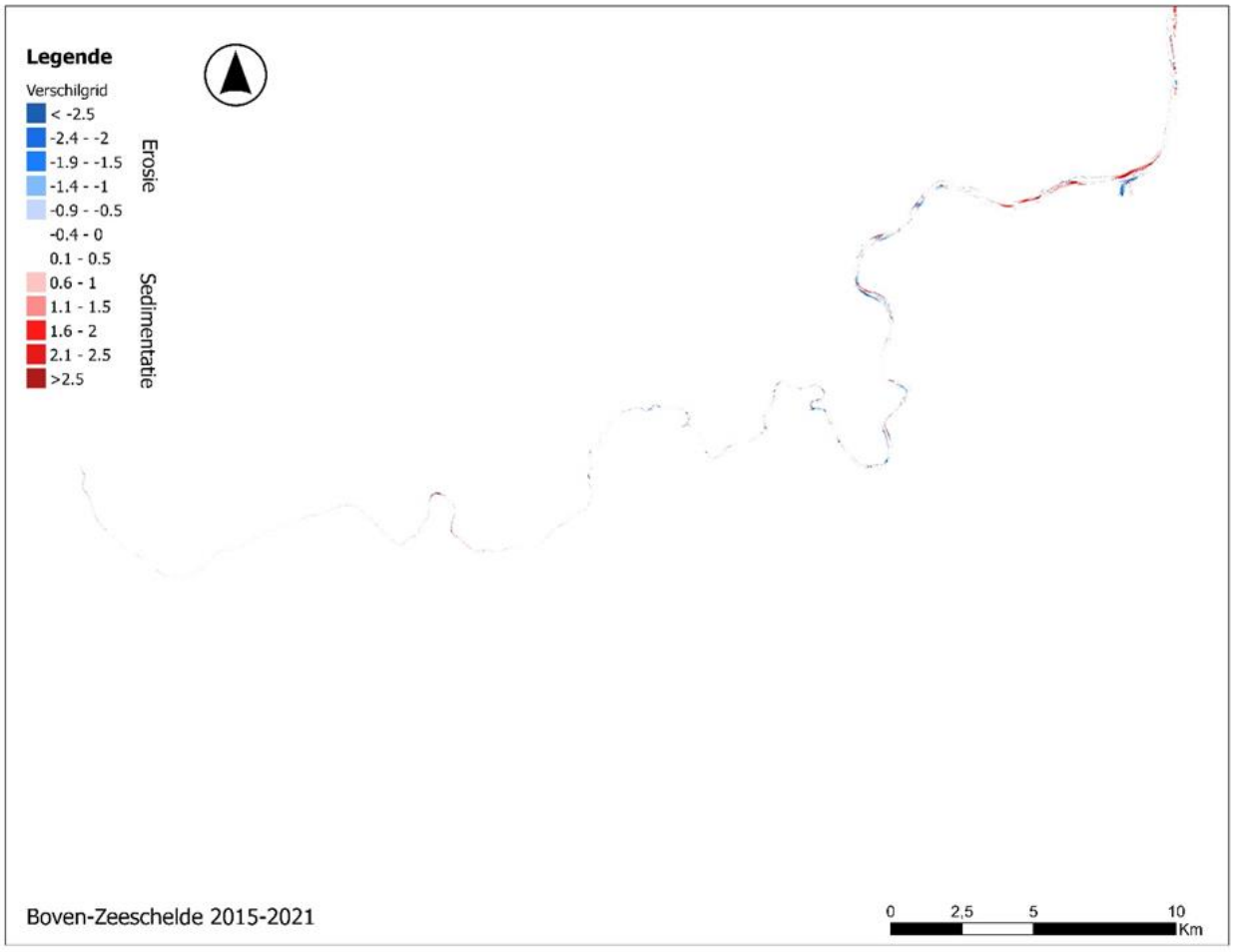
door de onderhoudsbaggerwerken, aangezien alle baggervolumes binnen de grenzen van het systeem worden teruggestort. Er is dus enkel sprake van een herverdeling van de volumes binnen het systeem, niet van een verandering van het totale volume. In de Beneden-Zeeschelde wordt er t.h.v. de drempels gebaggerd. Deze zanden steeds weer aan. Het gebaggerde materiaal wordt o.a. in de Schaar van Ouden doel gestort waaruit er zand gewonnen wordt. Deze winning is sinds 2017 min of meer stabiel ($7{,}5 \cdot 10^5$ m³/j). Door deze zandwinning is dus bijgevolg wel een netto-onttrekking van zand uit het systeem wat (deels) instaat voor de verdere verruiming van de geul. Andere oorzaken zijn (a) diepere getijindringing en grotere getijslag door historische ingrepen (inpolderingen, rechttrekkingen en verdieping met onttrekking van sediment) waardoor de hydrodynamiek toeneemt en meer sediment erodeert en (b) klimaatfactoren zoals zeespiegelstijging en meteorologische condities, waardoor waterstanden hoger worden en het in- en uitstromende watervolume groter wordt.

4.5.3.2. Evolutie van de morfologische elementen

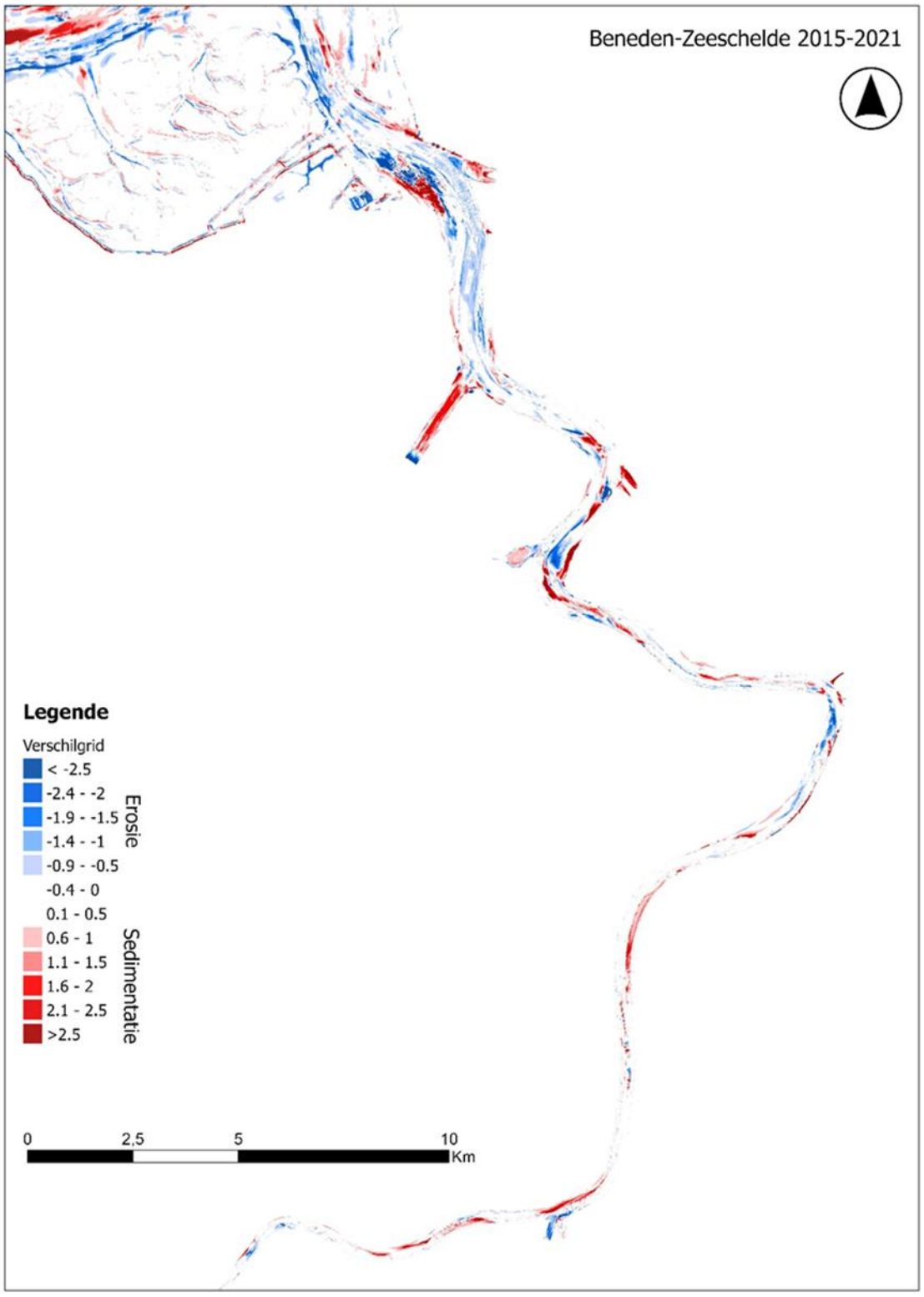
Volgende punten vallen op – per compartimenten – gebaseerd op de verschilkaarten tussen 2015 en 2021:

- In compartiment 7b is er met name erosie langs de strekdam.
- Aan de stortzone Schaar van Ouden Doel (compartiment 9) is er zowel sedimentatie, ten gevolge van het storten van het gebaggerde zand, als erosie, ten gevolge van de extractie van zand uit deze stortzone.
- Verder neemt in dit compartiment het kombergend volume (tussen 0 en 5 mTAW) fors toe.
- Net opwaarts het stortvak Ketelputten in compartiment 10, t.h.v. de wachtsteiger, die in 2019 is gebouwd, is er sterke erosie. Plancke *et al.* (2021) tonen aan dat dit gebeid ook al voor de aanleg van de wachtsteiger gekenmerkt werd voor sedimentatie en erosie. Sinds de plaatsing van de meerpalen, treedt er echter een sterke erosie op rond deze meerpalen, die deels bijdraagt aan de opwaarts vastgestelde sedimentatie. Uit een theoretische inschatting blijkt dat de diepte van de erosiekuil reeds sterk neigt naar te verwachte diepte. Echter mag er nog bijkomende erosie in het opwaartse deel verwacht worden.
- Aan het Galgeschoor en t.h.v. de palenrij tegen de steiger van Lillo treedt er sedimentatie op.
- In compartiment 11 treedt er sedimentatie op ten zuiden van de stortzone Parelputten. In de luwe zone achter de nieuwe strekdam bij Fort St-Filip (2019-2020) treedt er ook sterke sedimentatie op met de vorming van nieuw slik (Van de Meutter *et al.*, 2023). Er is ook sedimentatie t.h.v. meetpaal Liefkenshoek.
- In compartiment 12 zijn er geen grote morfologische veranderingen vast te stellen.
- Het kombergend volume (tussen 0 en 5 mTAW) in compartiment 13 is fors toegenomen door de ingebruikname van het GGG Kruibeke-Bazel-Rupelmonde. Aan de binnenbochten van de Hoboken en Wintam is er sedimentatie. Een natuurlijk fenomeen door de lagere snelheden die er in een binnenbocht heersen.
- Opwaarts van Temse (compartiment 14) is er sedimentatie aan de binnenbochten. Tegen de oever met Tielrodebroek en t.h.v. Cordeel (Temse) is er een zone waar de slikken gestegen zijn. Net Afwaarts de brug van Temse is er erosie aan de binnenbocht.
- In de diepe zones (< -5 mTAW) is er een gestage lichte toename in diepte, volume en oppervlakte. In 2021 is er een abrupte wijziging. De diepte neemt sterk toe (Figuur 4-28), de oppervlakte af en het volume neemt ook licht af. Uit de ingrepen kan er niets afgeleid worden wat hierop kan wijzen. Ook de interpretatie van de data lijkt correct.
- In compartiment 15 is er sedimentatie aan de binnenbocht tegenover Lippenbroek en tegen de schorren van Branst. Ook net opwaarts van Mariekerke is er sedimentatie (tegen de rechteroever), net als aan de afwaartse zijde van Grootschoor (tegen de rechteroever).

- In de meer opwaartse compartimenten zijn de zone met erosie of sedimentatie beperkter. Bij de bochten t.h.v. St.-Onolf (compartiment 17) is er veel erosie, tegen de schorren op de rechteroever sedimenteert het verder. Langs Wichelen (compartiment 18) is er sedimentatie tegen de rechteroever, met name in de buitenbocht. Ook t.h.v. Uitbergen is er sterke sedimentatie.



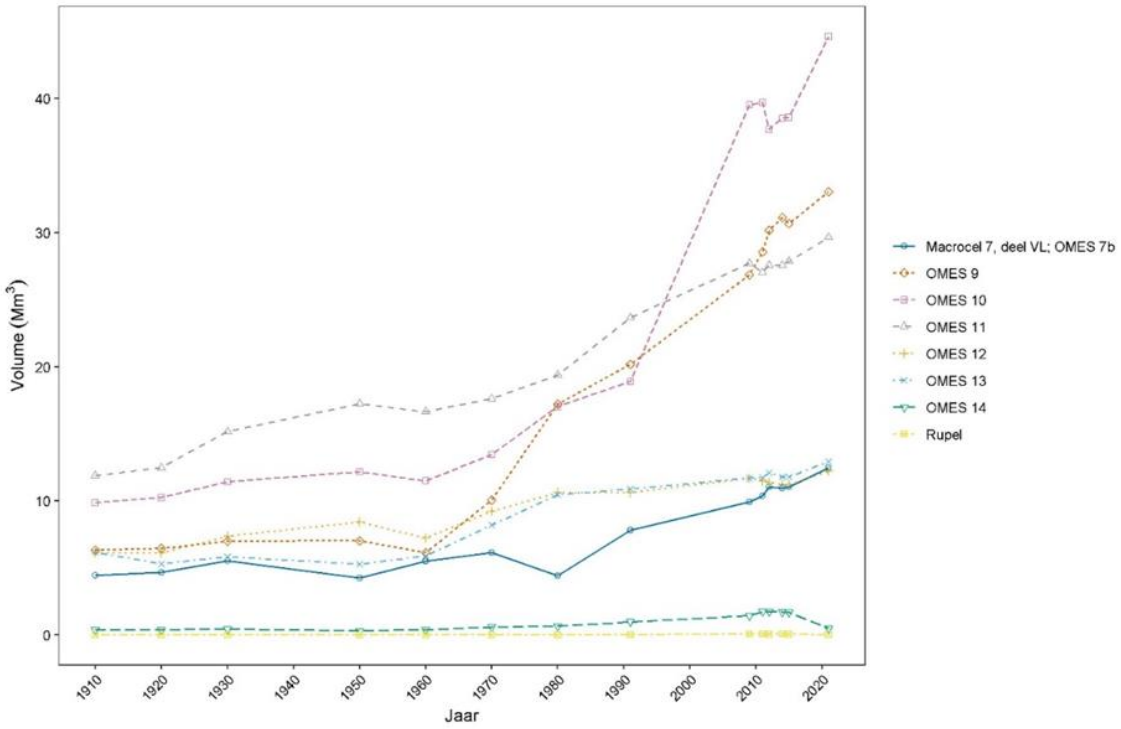
Figuur 4-24: Verschilkaart (2015-2021) van de Boven-Zeeschelde



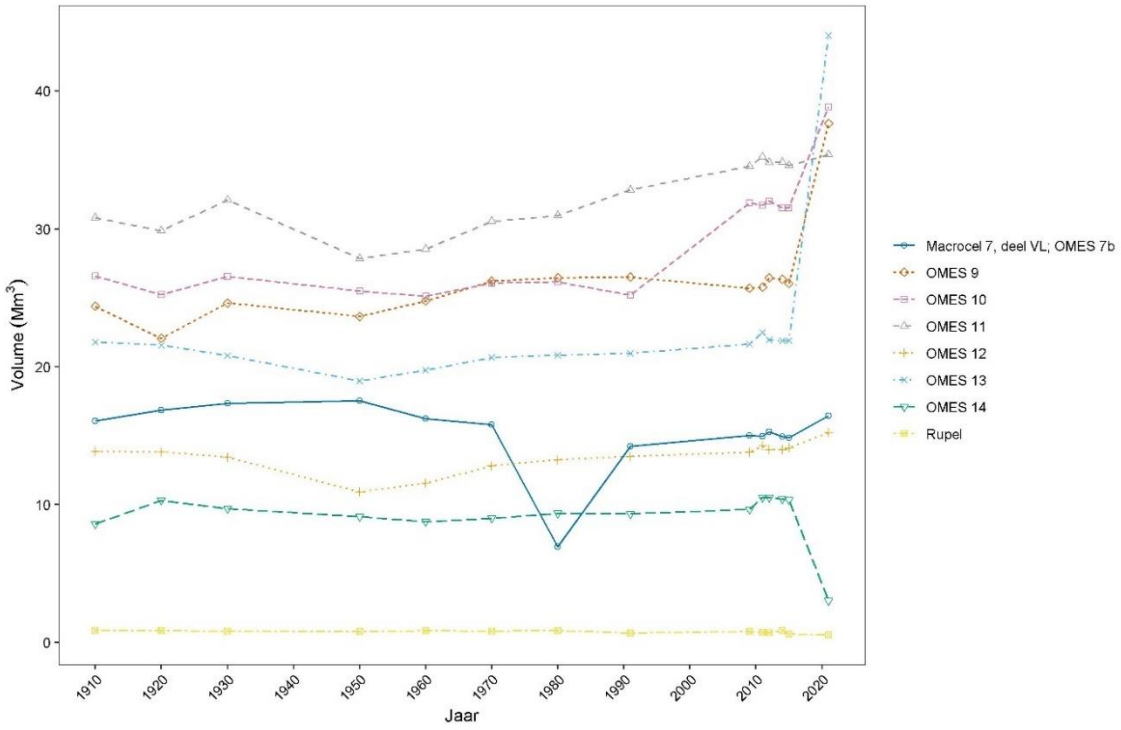
Figuur 4-25: Verschilkaart (2015-2021) van de Beneden-Zeeschelde

4.5.3.3. Evolutie van de dimensies van het ééngeulsysteem

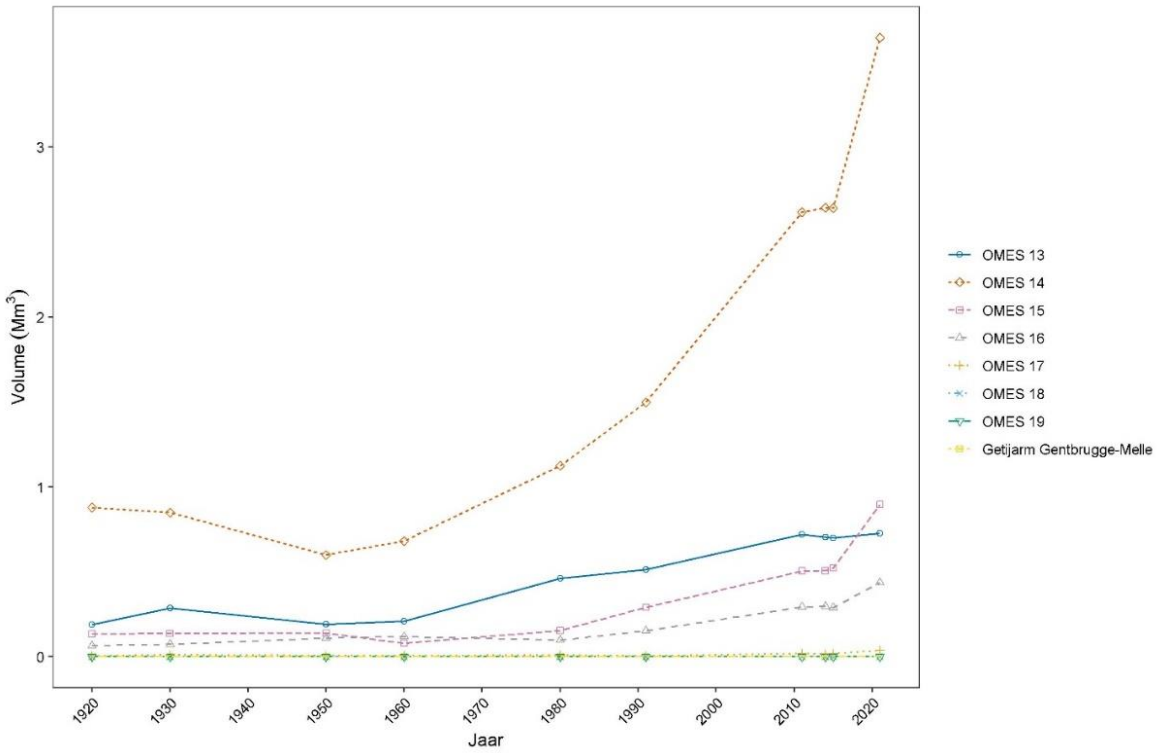
Zowel in de Beneden- als de Boven-Zeeschelde neemt het volume nog verder toe. Tussen 2010 en 2016 leek dat even te stabiliseren maar in 2021 nam het volume in elk compartiment weer ruim toe.



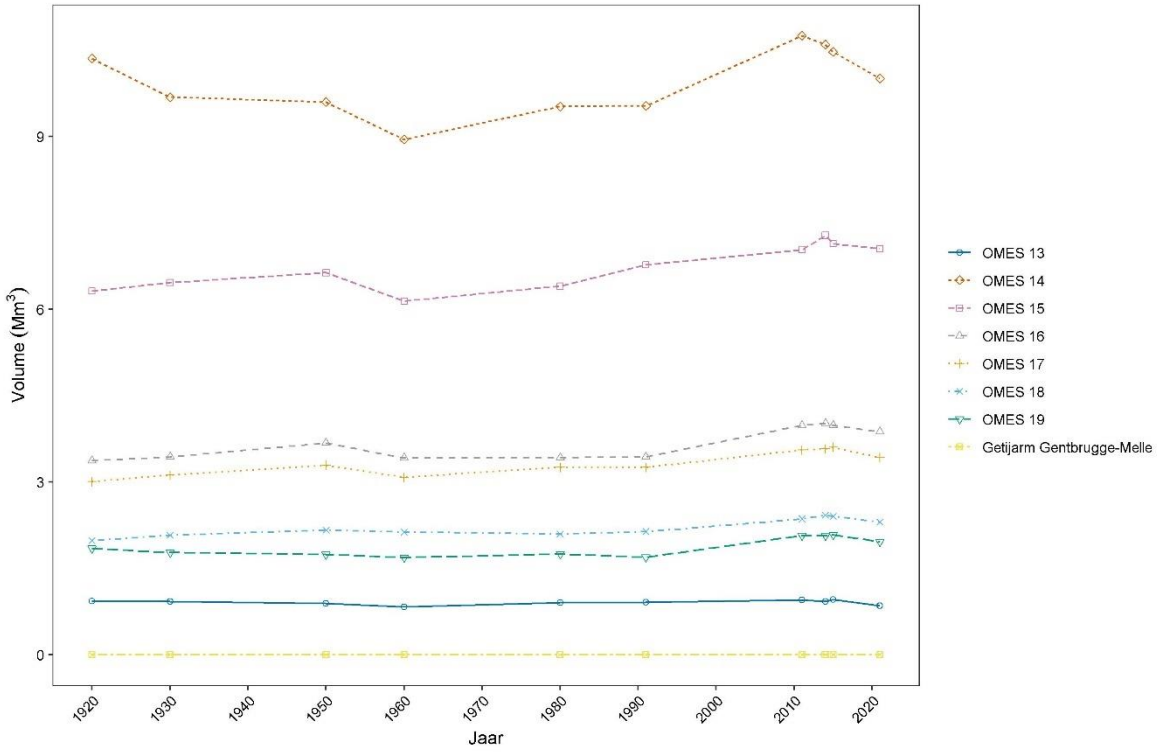
Figuur 4-26: Volume van de diepe zones (-5 mTAW) in de Beneden-Zeeschelde



Figuur 4-27: Volume van de kombergende zones (0-5 mTAW) in de Beneden-Zeeschelde



Figuur 4-28: Volume van de diepe zones (-5 mTAW) in de Boven-Zeeschelde



Figuur 4-29: Volume van de kombergende zones (2-5 mTAW) in de Boven-Zeeschelde

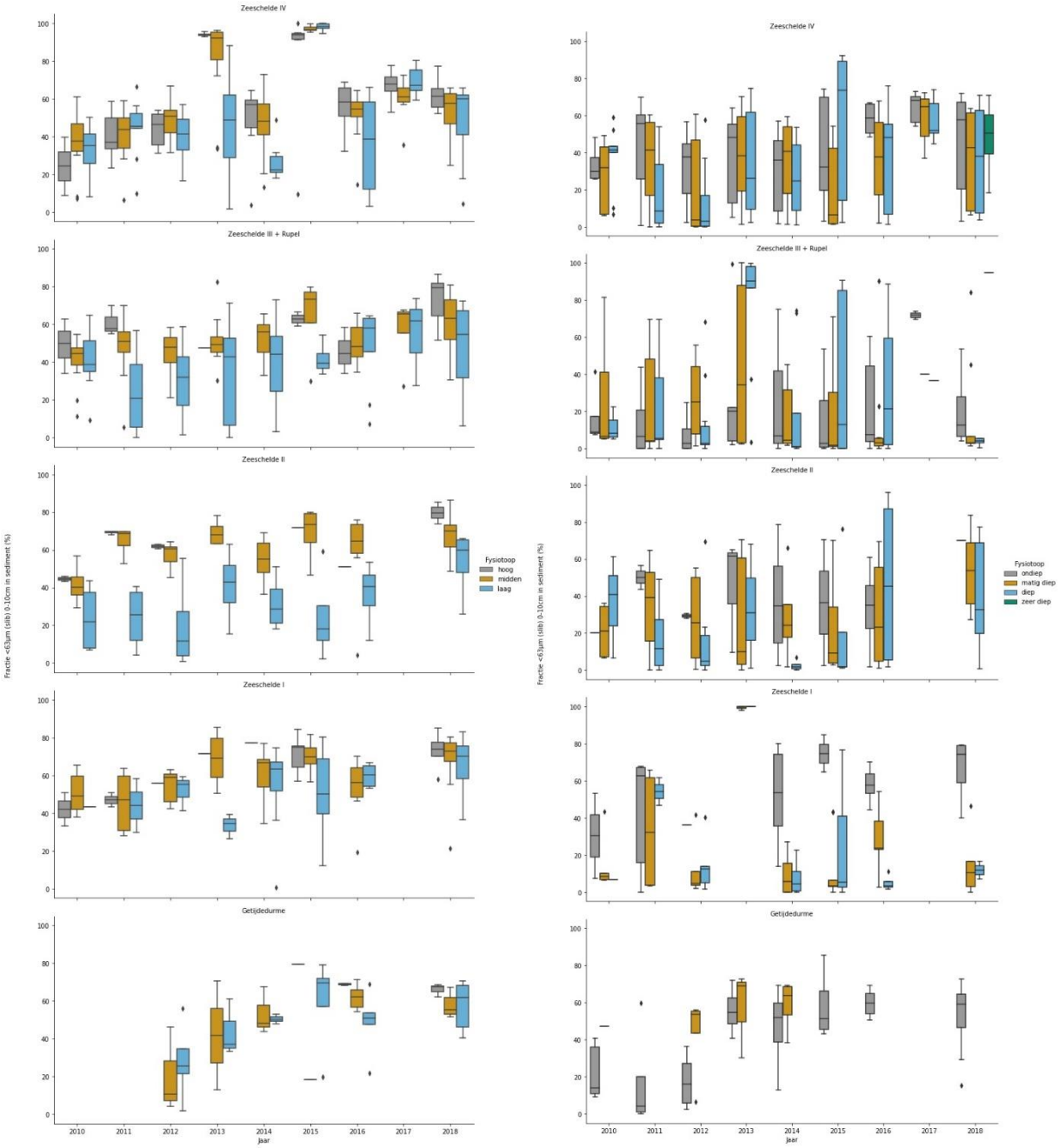
4.5.3.4. Bodemsamenstelling

In de Zeeschelde is het intertidaal gebied (de slikken) globaal gezien slibrijker dan het subtidaal. Ook is de spreiding op de metingen in het subtidaal globaal gezien groter dan in het intertidaal, waardoor er moeilijker een trendanalyse kan uitgevoerd worden. Verder tonen de metingen in de Zeeschelde:

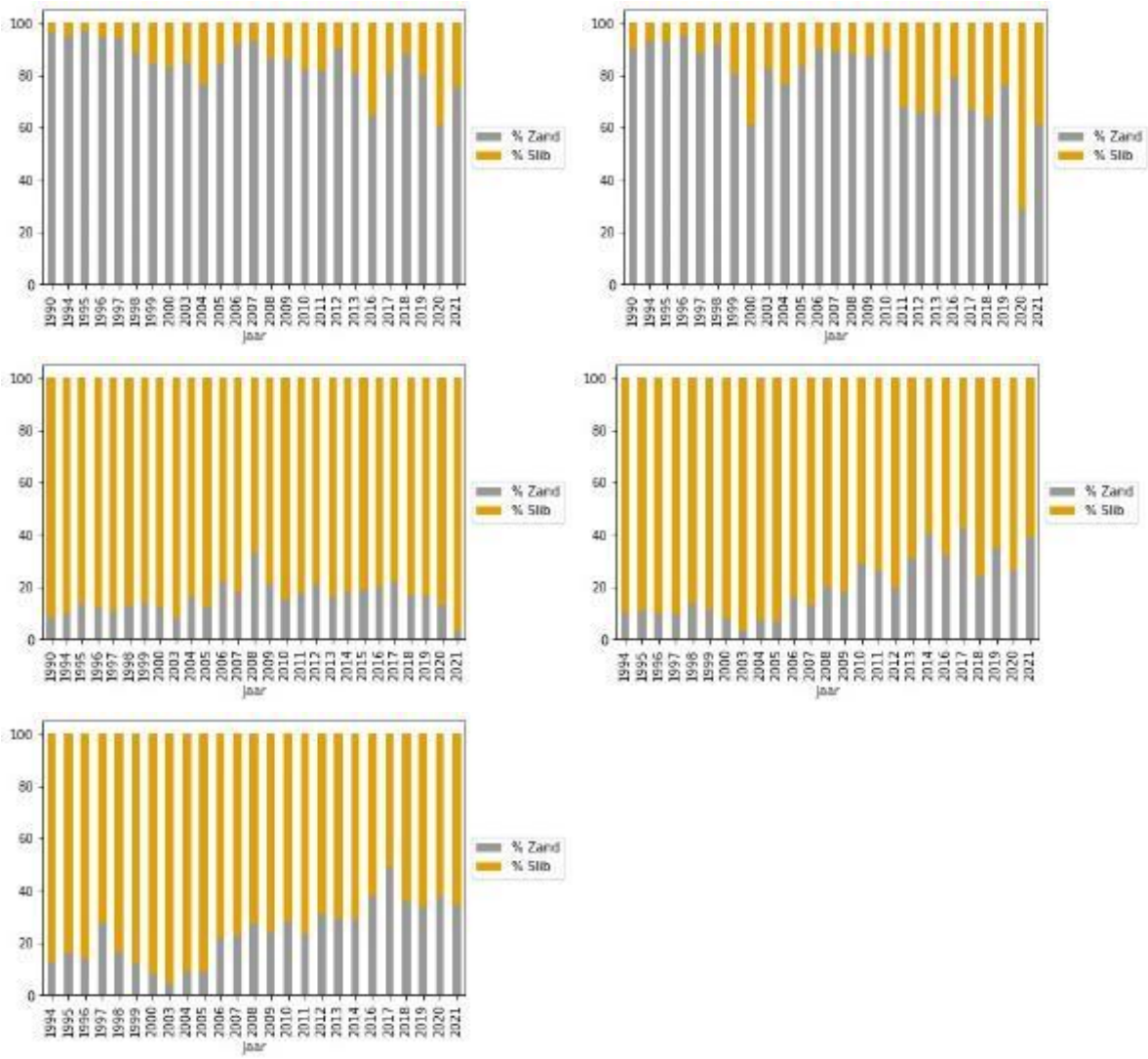
- Globaal gezien vertoont het slibgehalte een stijgende trend sinds 2011 voor de metingen in het intertidale gebied, het ondiep en het matig diep subtidaal.
- De Durme vertoonde een duidelijke stijging in het slibgehalte gedurende de vorige zesjarige periode (T2015). Op basis van de beschikbare metingen, lijkt deze trend gestabiliseerd in de huidige zesjarige periode.

Op de meeste meetlocaties nabij de de bagger- of stortlocaties in de Beneden-Zeeschelde vertoont de bodemsamenstelling geen duidelijke trend, enkel (zie Figuur 4-31 en Bijlage G.3.3):

- Op de locaties Rand Plaat van Doel, Drempel van Frederik – groene kant en Geul van Kallosluis – midden stijgt het slibgehalte.
- De toegangsgeulengeulen naar de Zandvlietsluis en Berendrechtsluis vertonen een dalend slibgehalte.



Figuur 4-30: Slibgehalte (%) in bodem (0-10 cm) in intertidaal/slik (links) en subtidaal (rechts).



Figuur 4-31: Bodemsamenstelling (zand- en slibgehalte: resp. grijs en geel) nabij: Plaat van Doel (LINKS BOVEN), Drempel van Frederik groene kant (RECHTS BOVEN), Geul van Kallosluis – midden (LINKS MIDDEN), Geul Zandvlietsluis (RECHTS MIDDEN) en Geul Berendrechtsluis (ONDER).

4.5.3.5. Effect op hydrodynamische wijzigingen

Wijzigingen in de morfologie hebben hun weerslag op de hydrodynamiek en vice versa. Uit hoofdstuk 3 vallen volgende zaken op die mogelijk een verklaring vinden in de veranderingen in morfologie:

- Tussen Bath en Liefkenshoek (compartiment 7 t/m 10) was er sinds de 1e verdieping sprake van een (sterke) afname van de looptijd van HW en LW. Deze zijn juist stabiel geworden in de laatste 10 jaar. In de compartimenten 7 t/m 11 neemt het volume (Figuur 4-25) en de diepte nog steeds toe bij de diepe geulen, maar minder snel dan voorheen. Tussen 2010 en 2016 was er een stabielere periode. Dit kan misschien verklaren waarom de looptijd afneemt en stabieler lijkt te worden. In 2021 neemt het volume echter weer sterk toe. Men zou verwachten dat dit ook een impact zou hebben op de looptijd.

- Opwaarts van Bath, en dus in de gehele Zeeschelde, wordt er een afvlakking van de trends in hoogwaterstanden en getijslag vastgesteld de vanaf ongeveer 2000
- De laagwaterstanden in de Zeeschelde blijven sterk dalen.
  In het algemeen blijven de diepte en het volume van de diepe zones (-5mTAW) in de gehele Zeeschelde toenemen hierdoor kan ook het laagwater verder afnemen.
- De relatieve getijslag (amplificatie) tussen Temse en Dendermonde is het enige traject waar deze in het afgelopen decennium nog duidelijk is gestegen.
- In de Boven-Zeeschelde is de toename in volume van de diepe zones het grootst in de segmenten 14 t/m 16 wat zou kunnen verklaren dat de amplificatie hier nog uitgesproken toeneemt.

4.5.3.6. Samenvatting Ééngeulsysteem

De zand- en slibtransporten gedurende de periode 2016-2021 bleven gelijkaardig als voorheen. Berekeningen wijzen uit dat de Beneden-Zeeschelde netto zand ontvangt vanuit de Westerschelde en de Boven-Zeeschelde. Het slibtransport binnen de Zeeschelde is netto stroomafwaarts gericht.

Het watervolume in de hoofdgeul neemt nog steeds toe. De uitruimende geul veroorzaakte druk op de oevers die erosie vertonen. Dit is een historisch trend die zich nog steeds voortzet. Door de ruimere geulen ondervindt het getij minder weerstand en kan het verder doordringen in de Zeeschelde. De toenemende watervolumes hebben op hun beurt impact op de riviermorfologie.

Er zijn verschillende oorzaken voor de nog altijd uitruimende geul in de Zeeschelde. Het is onmogelijk om gewichten aan die oorzaken toe te kennen; ze zijn bovendien locatiespecifiek. Grosso modo is er een combinatie van oorzaken: (i) diepere getijindringing en grotere getijslag door historische ingrepen (inpolderingen, rechttrekkingen en verdieping met onttrekking van sediment) waardoor de hydrodynamiek toeneemt en meer sediment erodeert, (ii) bagger- en stortwerken in de Boven- en Beneden-Zeeschelde die tot herverdeling van het sediment leiden en zandwinning die zorgt voor een nettoverlies aan sediment en (iii) klimaatfactoren zoals zeespiegelstijging en meteorologische condities, waardoor waterstanden hoger worden en het in- en uitstromende watervolume groter wordt. De veranderingen in getijslag (steeds minder snel stijgende hoogwaters, terwijl het laagwater verder blijft dalen) zijn gelinkt aan de waargenomen (zowel historische als recente) wijzigingen in morfologie, gezien deze niet louter te verklaren zijn door de meerjarige cycli, veranderingen in de bovenstroomse aanvoer van rivierwater (door meteorologische condities en de gestuurde bovenstroomse waterverdeling) of stormopzet vanuit zee. De zich aanpassende morfologie resulteert erin dat de hoogwaterstanden minder snel toenemen dan voorheen, maar de laagwaterstanden nog even snel dalen.

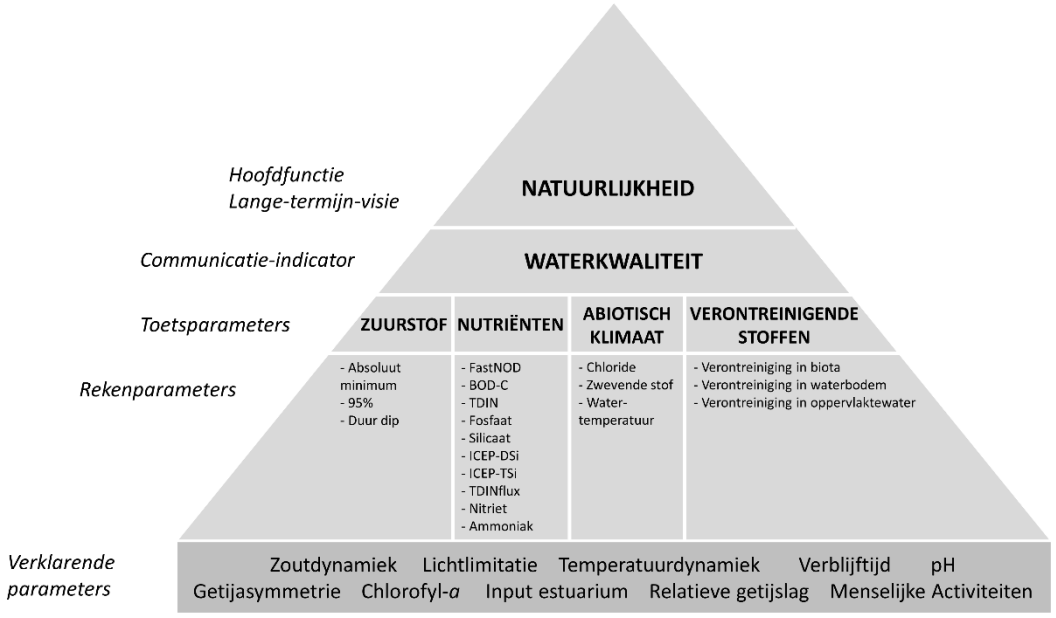
In de Zeeschelde is het intertidaal gebied (de slikken) globaal gezien slibrijker dan het subtidaal. Ook is de spreiding op de metingen in het subtidaal globaal gezien groter dan in het intertidaal, waardoor er moeilijker een trendanalyse kan uitgevoerd worden. De metingen in de Zeeschelde tonen aan:

- Globaal gezien vertoont het slibgehalte een stijgende trend sinds 2011 voor de metingen in het intertidale gebied, het ondiep en het matig diep subtidaal.
- De Durme vertoonde een duidelijke stijging in het slibgehalte gedurende de vorige zesjarige periode (T2015). Op basis van de beschikbare metingen, lijkt deze trend gestabiliseerd in de huidige zesjarige periode.

5. Waterkwaliteit

5.1. Inleiding

De communicatie-indicator *Waterkwaliteit* geeft de status van de klassieke fysicochemie (chemische waterkwaliteit) in de waterkolom van het Schelde-estuarium weer. De beoordeling volgt de standaard piramidestructuur (Figuur 5-1), waarvoor vier toetsparameters gehanteerd worden: *Zuurstof*, *Nutriënten*, *Abiotisch klimaat* en *Verontreinigende stoffen*. Elk van deze toetsparameters is opgebouwd uit één of meerdere rekenparameters, die elk een eigen toetscriterium hebben. Onderaan de piramide worden de verklarende parameters weergegeven, die aangewend kunnen worden voor het verklaren van de waargenomen ontwikkelingen in de verschillende rekenparameters. Deze verklarende parameters dragen voornamelijk bij aan het begrijpen van de waargenomen ontwikkelingen.

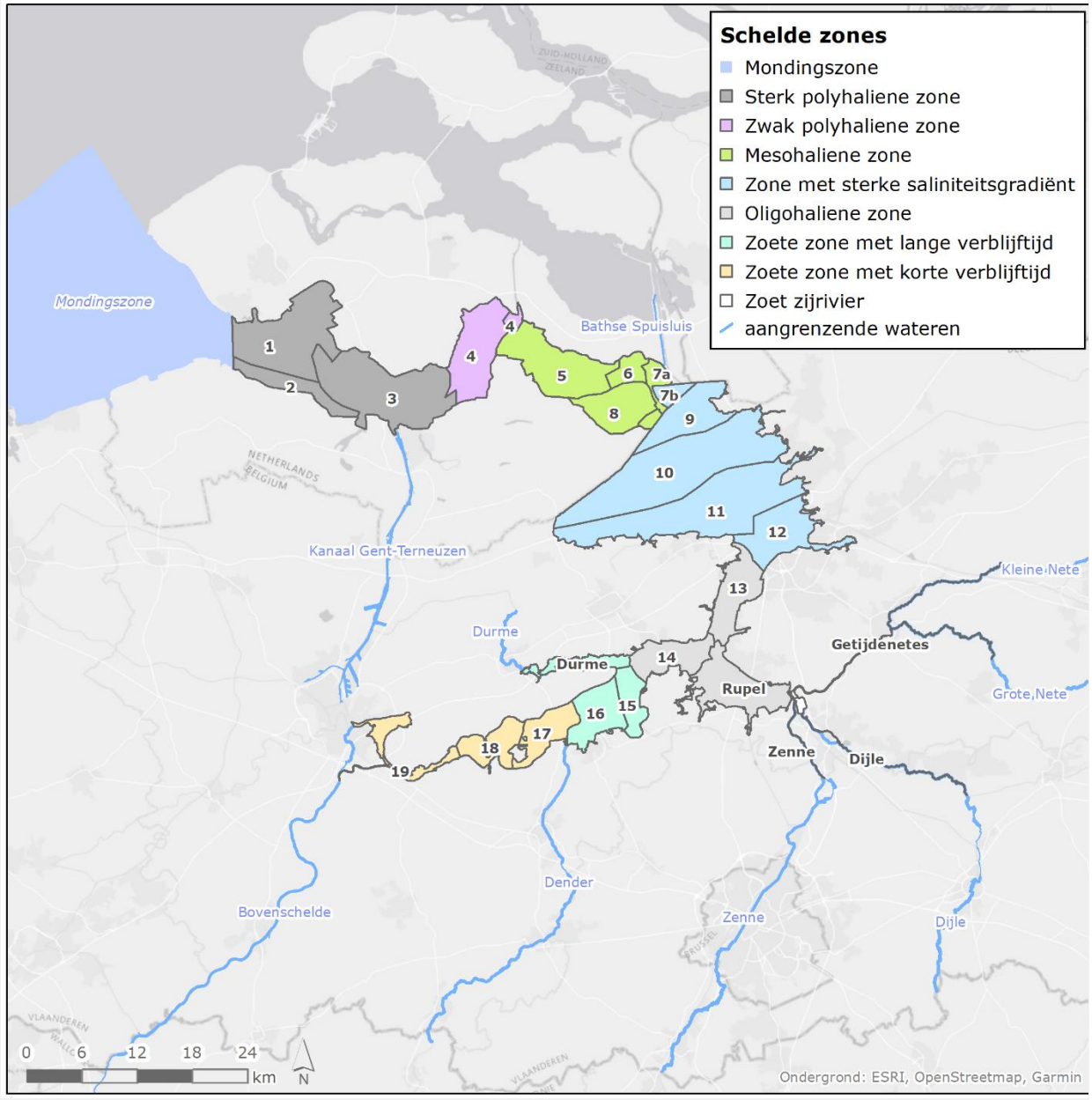


Figuur 5-1: Schematische weergave van de Communicatie-indicator Waterkwaliteit. De verklarende parameter Input estuarium verschilt van de overige verklarende parameters, aangezien deze geen specifieke parameter analyseert. Het omvat de grensstations in het estuarium waarvoor de verschillende rekenparameters eveneens afgeleid kunnen worden, zonder deze effectief te evalueren.

Het hoofdstuk omtrent de communicatie-indicator *Waterkwaliteit* is opgebouwd volgens de piramide. Er zijn aparte secties voorzien voor de toetsparameter *Zuurstof* (Sectie 5.2), *Nutriënten* (Sectie 5.3), *Abiotisch klimaat* (Sectie 5.4) en *Verontreinigende stoffen* (Sectie 5.5). Aanvullend is er een sectie die de verklarende parameters behandelt (Sectie 5.6). Binnen deze secties worden de verschillende rekenparameters in aparte subsecties behandeld, waarbinnen aandacht wordt gegeven aan (1) de beschikbare data, (2) de definitie van de parameter, (3) de methodiek voor de analyse en (4) de resultaten van de uitgevoerde analyses. Het hoofdstuk streeft ernaar om op een beknopte wijze de status en ontwikkelingen binnen de communicatie-indicator te beschrijven, maar verwijst ook naar de uitgebreide bijlages (zie Bijlage D) voor additionele informatie met betrekking tot databeschikbaarheid en aanvullende grafische weergaves.

Kader 5-1 – Kanttekeningen bij de communicatie-indicator *Waterkwaliteit*

Volgens de planologische opdeling van het Schelde-estuarium (



- Figuur 2-1) kunnen verschillende segmenten (niveau 4) geïdentificeerd worden. Enkele van deze segmenten zijn recentelijk mee opgenomen in de methodiek (en dus de T-rapportage), maar zijn nog niet (of onvoldoende) bemonsterd. Het betreft de segmenten (1) *GetijdeZenne*, (2) *Ringvaart*, (3) *Comp. 19 trGM* en (4) *Comp. 19 trMZ*. Er werd bijgevolg besloten om deze **segmenten niet mee op te nemen in de tabellen**.

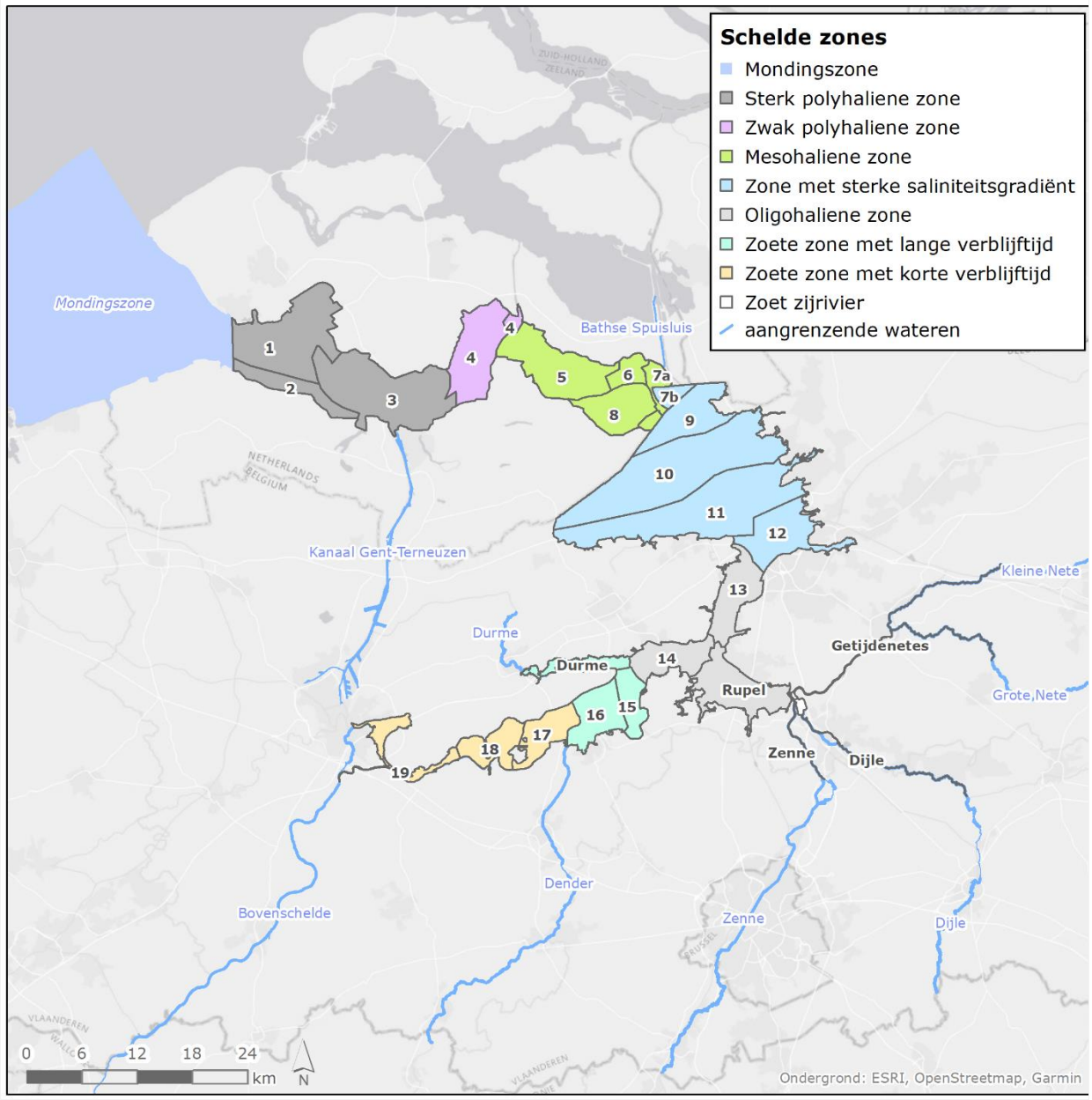
- Voor Vlaanderen worden de periodieke meetstations bemonsterd binnen MONEOS en door de VMM. Meetstations die wel door de VMM bemonsterd worden en niet binnen MONEOS, zijn in

deze analyses niet meegenomen. Enkel voor de toetsparameter *Verontreinigende stoffen* wordt er louter met de VMM-data gewerkt.

- De analyses gaan steeds uit van een *worst-case* scenario. Een uitgebreide set aan parameters wordt gemeten in het kader van de waterkwaliteit, waarbij sommige parameters niet voldoende aanwezig zijn om effectief gekwantificeerd te worden. Deze observaties worden desalniettemin steeds meegenomen en gelijkgesteld aan de kwantificatielimiet. Dit wordt op eenvoudige wijze door de database gefaciliteerd. Door het uitgebreide karakter van de rekenparameters binnen de toetsparameter *Verontreinigende stoffen* is hier evenwel een parallelle analyse voorzien, waarin dit principe niet wordt toegepast.

- De COVID-pandemie heeft ertoe geleid dat meerdere veldbemonsteringen in 2020 en 2021 op een alternatieve wijze moesten worden uitgevoerd. Zo zijn de VMM-locaties sinds april 2020 (tot en met februari 2022) steeds vanop de oever uitgevoerd (met uitzondering van meetstations *Grens (154100)* en *Kallo (159000)*). Ook de OMES-metingen zijn voor korte tijd vanop bruggen of pontons uitgevoerd, maar de langsvaarten konden snel hervat worden. Deze alternatieve metingen dienen in het achterhoofd gehouden te worden bij het analyseren en interpreteren van de resultaten.

*De resultaten worden doorheen het hoofdstuk zo veel mogelijk op een uniforme wijze weergegeven. De resultaten van de hoofdanalyses (met testcriterium, zoals voorgeschreven in de Evaluatiemethodiek) worden in de hoofdtekst door middel van **tabellen per T-periode** weergegeven, inclusief de toetsing tegenover het testcriterium. Indien mogelijk worden deze analyses aangevuld met de resultaten van de analyses op de (artificiële) grenzen van het*



- Figuur 2-1), weergegeven **per jaar** (of maand). Deze temporele weergaves worden aangevuld met een *generalised additive model* (GAM; op basis van minstens 10 data-punten) en het bijhorende 95% confidentie-interval. Additionele informatieve grafische weergaves worden voorzien als bijlage op het einde van dit rapport (Bijlage D).

5.2. Toetsparameter Zuurstof

Zuurstof behoort tot een van de meest essentiële bestanddelen voor al het aquatisch leven, inclusief de organismen die verantwoordelijk zijn voor de zelfreinigende processen in natuurlijke waterlichamen. Het zuurstofgehalte in natuurlijke waterlichamen is het resultaat van (1) fysische uitwisseling van atmosferische zuurstof, (2) zuurstof geproduceerd tijdens fotosynthese (o.a. door algen en macrofyten), (3) consumptie van zuurstof door respiratie van aquatische organismen en (4) consumptie van zuurstof door (bio)chemische processen (bijv. afbraak van organisch materiaal, nitrificatie, de oxidatie van sulfide). Bovendien varieert het zuurstofgehalte door een reeks factoren, waaronder temperatuur, licht(klimaat), zoutgehalte, nutriënten en verontreinigende stoffen (stressoren). Concentraties onder 5 mg/L kunnen het functioneren van de organismen negatief beïnvloeden, terwijl waarden onder 2,5 mg/L kunnen leiden tot de mortaliteit van de meeste vissoorten (Dean & Richardson, 1999; Gray *et al.*, 2002). Bijgevolg worden voor deze toetsparameter de volgende rekenparameters gehanteerd: *Absoluut minimum* (Sectie 5.2.1), *95% overschrijding* (Sectie 5.2.2) en *Duur zuurstofdip* (Sectie 5.2.3).

5.2.1. Absoluut minimum

Data

De volgende datafiches worden gebruikt voor het analyseren van de rekenparameter *Absoluut minimum*:

- S-FC-N-009 – Zuurstof – Continu
- S-FC-N-010 – Zuurstof – Periodiek
- S-FC-V-009 – Zuurstof – Continu
- S-FC-V-010 – Zuurstof – Periodiek

De volgende gegevensreeksen worden geselecteerd voor de periodieke gegevens:

- MWTL chemical monitoring network Westerschelde
- OMES: Monitoring physical-chemical water quality in the Zeeschelde
- VMM: Surface water monitoring network of the Flemish Environment Agency

Voor de continue data wordt gebruik gemaakt van de gegevensreeks:

- Flanders Hydraulics Research: Continuous monitoring of dissolved oxygen in the Scheldt estuary

Een overzicht van de gehanteerde meetstations wordt gegeven in Bijlage D.1.1 (periodieke en continue metingen).

Definitie

De rekenparameter die bepaald dient te worden, is de laagste zuurstofconcentratie die gemeten wordt. De grenswaarde voor dit absoluut minimum wordt gelegd op 2,5 mg/L en wordt gehanteerd omdat deze waarde leidt tot de mortaliteit van organismen die niet kunnen ontsnappen aan hypoxische condities. Een daling van het zuurstofgehalte onder het zuurstofminimum van 2,5 mg/L kan ernstige gevolgen hebben voor het ecosysteem van de Schelde. Deze rekenparameter wordt geanalyseerd in elk compartiment (niveau 4) van de Zeeschelde en elke zone (niveau 3) in de Westerschelde. De evaluatie vindt plaats voor de data voor ruimtelijke dekking en voor alle data voor temporele dekking (continue meetstations).

Methodiek

Na de selectie van de relevante gegevensreeksen, worden de stations toegewezen aan de geassocieerde segmenten (niveau 4) en zones (niveau 3). Vervolgens wordt er per segment (Zeeschelde) of per zone (Westerschelde) bepaald wat de laagste zuurstofconcentratie die in een periode van 6 jaar gemeten is. Dit resultaat wordt vervolgens vergeleken met de toetswaarde (2,5 mg/L) en de resultaten van de voorbije periodes.

Analyse

Het absolute zuurstofminimum kan voor het merendeel van de segmenten (Zeeschelde) en zones (Westerschelde) bepaald worden voor de periode *2016-2021*. Enkel voor de zone *Mesohalien* zijn er geen gegevens beschikbaar voor de periode *2016-2021* (noch voor de voorgaande periodes).

De resultaten variëren tussen de segmenten en zones, met zowel afnames (bijv. compartimenten 13, 14 en 15) en toenames (bijv. compartimenten 10, 11 en 12) van het absoluut minimum ten opzichte van de periode *2010-2015*. Het niet voldoen aan het testcriterium van 2,5 mg/L in de compartimenten *Rupel*, *Comp. 13* en *Comp. 14* is gelinkt met een zuurstofdip in juni 2016 die waargenomen wordt in het station *Niel* (segment *Rupel*) en die zich voortzet in stroomopwaartse en stroomafwaartse richting (segment *Comp. 14* en *Comp. 13*). In het segment *GetijdeDurme* blijft de minimale waarde evenwel liggen rond het testcriterium. Een overzicht van de bekomen minimumwaarden wordt gegeven in Tabel 5-1 en aangevuld met de resultaten van de stations nabij de grenzen van het estuarium (Kader 5-2).

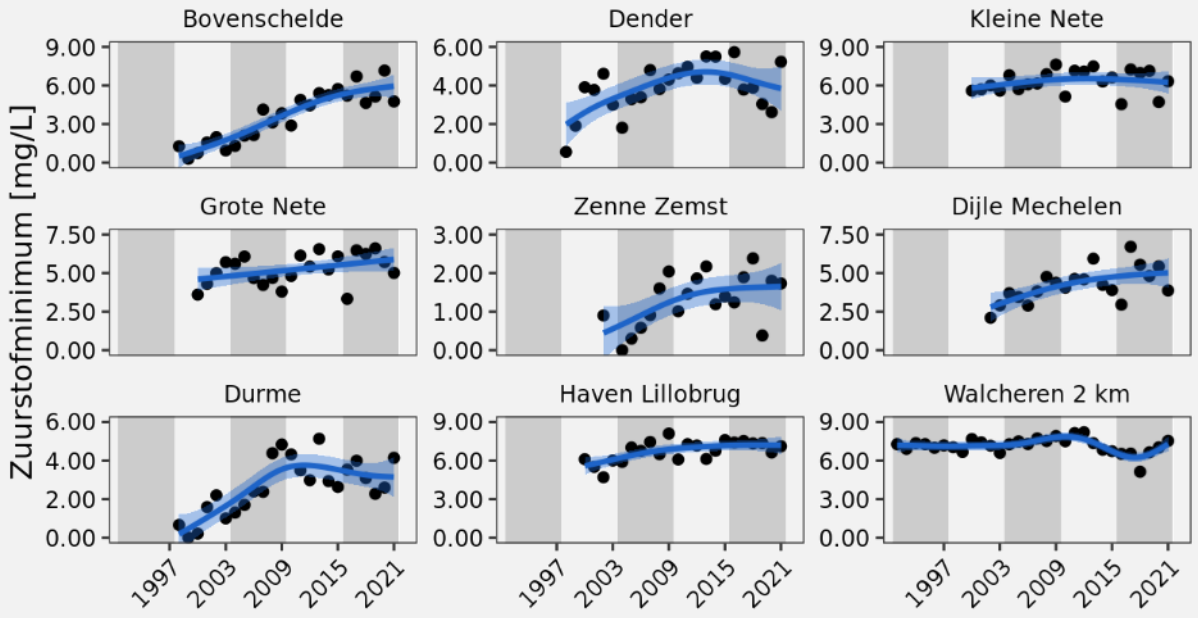
Tabel 5-1: Laagste zuurstofconcentratie (in mg/L) die gemeten werd in de verschillende segmenten (Zeeschelde) en zones (Westerschelde) in het Schelde-estuarium. Minima zijn berekend per periode van zes jaar.

Zone/Segment	2004-2009	2010-2015	2016-2021
Zijrivieren			
GetijdeDijle	0,83	2,65	2,77
GetijdeNete	1,19	3,29	3,06
GetijdeDurme	1,30	2,63	2,27
Rupel	0,30	3,03	1,68
Zeeschelde			
Comp. 19	0,80	3,82	5,26
Comp. 18	0,80	3,88	5,23
Comp. 17	0,80	4,35	2,62
Comp. 16	1,20	4,63	4,88
Comp. 15	0,90	3,25	2,65
Comp. 14	0,70	2,69	1,87
Comp. 13	0,60	3,16	1,78
Comp. 12	0,60	3,65	3,80
Comp. 11	1,94	3,10	5,11
Comp. 10	3,96	4,19	5,96
Comp. 9	3,80	5,40	5,37
Comp. 7b	4,36	5,65	6,43

Zone/Segment	2004-2009	2010-2015	2016-2021
Westerschelde			
Mesohalien	-	-	-
Zwak polyhalien	5,94	6,70	6,99
Sterk polyhalien	6,24	6,58	6,77
Monding			
Monding	7,26	6,72	5,13

Kader 5-2 – Zuurstofminimum op de *boundaries*

Ook voor de stations die buiten het estuarium vallen, zijn de resultaten variërend (Figuur 5-2). Het meetstation *Zenne Zemst* toont hierbij de laagste zuurstofconcentratie van alle stations aan de grenzen van het estuarium in de periode *2016-2021*. Het meetstation *Bovenschelde* vertoont dan weer een duidelijke toename van de minimale zuurstofconcentratie. Voor de komende periode lijkt het meetstation *Dender* toch de nodige aandacht te vragen, gezien de afname in het waargenomen zuurstofminimum.



Figuur 5-2: Laagste zuurstofconcentratie die gemeten werd in de verschillende meetstations aan de grenzen van het Schelde-estuarium. Minima zijn berekend per jaar.

De continue meetposten vullen de periodieke metingen d.m.v. langsvaarten aan door zowel overdag als doorheen de nacht de zuurstofconcentratie te meten. De laagste zuurstofconcentraties die tijdens de periode *2016-2021* op deze locaties gemeten worden, zijn zowel hoger (meetstations *Duffel* en *Melle*) als lager (meetstations *Dendermonde* en *Kruibeke*) dan de zuurstofminima die tijdens de periode 2010-2015 zijn afgeleid. Bovendien wordt op meerdere stations een minimum waargenomen dat lager is dan de toetswaarde van 2,5 mg/L. Een getabuleerde weergave van deze station-specifieke resultaten is voorzien in Tabel 5-2.

Tabel 5-2: Laagste zuurstofconcentratie (in mg/L) die gemeten werd in de verschillende continue meetstations in het Schelde-estuarium. Minima zijn berekend per periode van zes jaar.

Station	2004-2009	2010-2015	2016-2021
Zijrivieren			
Dendermonde	-	0,6	0,3
Eppegem	-	0,0	0,0
Zeeschelde			
Duffel	-	1,8	3,0
Kruibeke	-	5,1	0,0
Melle	-	0,0	1,6
Schellebelle	-	-	2,7

5.2.2. 95% overschrijding

Data

De volgende datafiches worden gebruikt voor het analyseren van de rekenparameter *95%*:

- S-FC-N-009 – Zuurstof – Continu
- S-FC-N-010 – Zuurstof – Periodiek
- S-FC-V-009 – Zuurstof – Continu
- S-FC-V-010 – Zuurstof – Periodiek

De volgende gegevensreeksen werden geselecteerd voor de periodieke gegevens:

- MWTL chemical monitoring network Westerschelde
- OMES: Monitoring fysical-chemical water quality in the Zeeschelde
- VMM: Surface water monitoring network of the Flemish Environment Agency

Voor de continue data wordt gebruik gemaakt van de gegevensreeks:

- Flanders Hydraulics Research: Continuous monitoring of dissolved oxygen in the Scheldt estuary

Een overzicht van de gehanteerde meetstations wordt gegeven in Bijlage D.1.1 (periodieke en continue metingen).

Definitie

In het zomerhalfjaar (vanaf april tot en met september) moet een minimum van 5 mg/L het overleven van alle doelsoorten mogelijk maken. Doorheen het estuarium kunnen kortstondige afwijkingen van het minimum van 5 mg/L optreden, weliswaar zonder grote gevolgen voor het ecosysteem. Teneinde deze tolerantie te integreren, dient 95% van de metingen hoger te zijn dan de vooropgestelde 5 mg/L. Een uitzondering op de 5 mg/L grens wordt gemaakt voor de zone *Sterke saliniteitsgradiënt* (Z4; compartimenten 7b t.e.m. 12), hetgeen van nature een zone is met veel respiratie en een verhoogde kans op lage zuurstofconcentraties. Daarom geldt hier dat slechts 90% van de metingen hoger moet liggen dan 5 mg/L. Tijdens het winterhalfjaar (vanaf oktober tot en met maart) wordt de zuurstofdrempel opgetrokken tot 6 mg/L zuurstof in het gehele estuarium. Voor de ruimtelijke dekking wordt deze rekenparameter geëvalueerd in elk compartiment (niveau 4) van de Zeeschelde en elke zone (niveau 3) van de Westerschelde. Voor de temporele dekking wordt deze rekenparameter afzonderlijk bepaald en geëvalueerd voor elk continu meetstation.

Methodiek

Na de selectie van de relevante gegevensreeksen, worden de stations toegewezen aan de geassocieerde segmenten (niveau 4) en zones (niveau 3). Vervolgens wordt er een onderscheid gemaakt tussen de zomer- en winterperiode, waarna het 5de percentiel per station en per jaar afgeleid wordt (10de percentiel voor stations in de zone *Sterke saliniteitsgradiënt*). Van deze station-specifieke resultaten wordt de minimale waarde (i.e. laagste percentiel) per segment (Zeeschelde) of per zone (Westerschelde) gerapporteerd en vergeleken met de toetswaarden (5 mg/L in de zomer; 6 mg/L in de winter) en de resultaten van de voorbije periodes.

Analyse

De percentielwaarden kunnen voor het merendeel van de segmenten (Zeeschelde) en zones (Westerschelde) bepaald worden voor de periode *2016-2021*. Enkel voor de zone *Mesohalien* zijn er geen gegevens beschikbaar voor de periode *2016-2021* (noch voor de voorgaande periodes).

De resultaten variëren tussen de segmenten en zones, met zowel afnames (bijv. compartimenten 13, 14 en 15 in de zomer) en toenames (nagenoeg alle compartimenten in de winter, behalve de monding) van de percentielwaarde ten opzichte van de periode *2010-2015*. Ook kan een verschil in seizoenen waargenomen worden, met afnames voornamelijk in het zomerseizoen en toenames voornamelijk in het winterseizoen. Alle segmenten in de Zeeschelde voldoen in de winter aan het criterium van 95% van de metingen die hoger dienen te liggen dan 6 mg/L (Tabel 5-3). Tijdens de zomer is de situatie evenwel minder rooskleurig, met meerdere segmenten die het criterium van minstens 95% van de metingen die hoger dienen te liggen dan 5 mg/L niet halen. Opvallend hierin is het segment *Comp. 16* dat het criterium wel haalt, hetgeen een mogelijke link heeft met het instromen van de Dender. Verder blijft het duidelijk dat de zijrivieren de opgestelde criteria niet halen, terwijl de stroomafwaartse zones in de Westerschelde de gehanteerde criteria wel halen (en zelfs een lichte toename vertonen). In de monding wordt dan weer een afname van de 5-percentielwaarde waargenomen in de tijd, hetgeen aansluit bij de analyses voor de rekenparameter *Absoluut minimum*. Een overzicht van de bekomen percentielwaarden wordt gegeven in Tabel 5-3 en aangevuld met de resultaten van de stations nabij de grenzen van het estuarium (Kader 5-3).

Tabel 5-3: Minimale jaarlijkse percentielwaarden van de gemeten zuurstofconcentratie (in mg/L) in de verschillende segmenten (Zeeschelde) en zones (Westerschelde) in het Schelde-estuarium over een periode van zes jaar. Voor het merendeel van de segmenten en zones wordt de 5-percentielwaarde berekend, terwijl de 10-percentielwaarde in de zone Sterke saliniteitsgradiënt *(met compartimenten 7b tot en met 12) wordt berekend.*

Zone/Segment	Winter			Zomer		
	2004-2009	2010-2015	2016-2021	2004-2009	2010-2015	2016-2021
Zijrivieren						
GetijdeDijle	2,80	5,35	5,81	0,91	3,16	3,16
GetijdeNete	2,35	5,86	4,92	1,22	3,93	3,38
GetijdeDurme	2,51	4,73	3,77	1,80	3,01	3,74
Rupel	0,48	5,04	5,05	0,33	3,25	1,87

Zone/Segment	Winter			Zomer		
	2004-2009	2010-2015	2016-2021	2004-2009	2010-2015	2016-2021
Zeeschelde						
Comp. 19	1,45	6,20	6,70	1,50	4,86	5,40
Comp. 18	0,86	6,21	7,31	1,55	4,44	5,38
Comp. 17	1,45	5,96	7,46	1,27	4,77	4,90
Comp. 16	2,80	6,11	7,58	1,36	5,22	5,42
Comp. 15	1,76	5,45	6,79	1,24	4,70	2,93
Comp. 14	0,72	4,91	6,62	0,80	4,07	2,28
Comp. 13	1,02	4,96	6,79	0,71	3,94	2,57
Comp. 12	1,30	5,49	7,28	1,05	4,02	4,23
Comp. 11	4,14	5,63	7,43	2,23	4,13	5,20
Comp. 10	6,28	6,37	7,73	4,36	5,10	6,04
Comp. 9	6,32	7,22	7,80	5,10	5,92	5,70
Comp. 7b	6,40	7,71	8,12	5,00	6,00	6,68
Westerschelde						
Mesohalien	-	-	-	-	-	-
Zwak polyhalien	6,48	7,88	8,12	6,66	6,80	7,01
Sterk polyhalien	7,49	7,73	7,64	6,60	6,67	6,91
Monding						
Monding	7,85	7,46	5,80	7,29	6,86	5,93

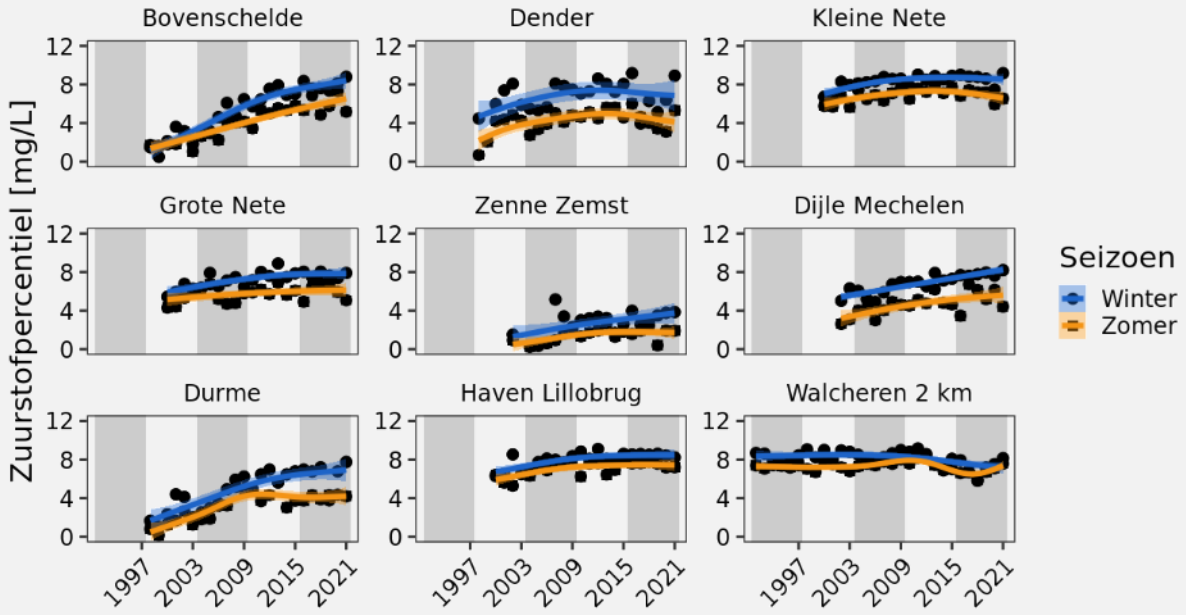
De continue meetposten vullen de periodieke metingen d.m.v. langsvaarten aan door zowel overdag als doorheen de nacht de zuurstofconcentratie te meten. De 5-percentielwaarden die tijdens de periode *2016-2021* op deze locaties gemeten worden, zijn zowel hoger (meetstation *Melle*) als lager (meetstations *Dendermonde* en *Kruibeke*) dan de 5-percentielwaarden die tijdens de periode *2010-2015* zijn afgeleid. Een getabuleerde weergave van deze station-specifieke resultaten is voorzien in Tabel 5-4.

Tabel 5-4: Percentielwaarden van de gemeten zuurstofconcentratie (in mg/L) in de continue meetstations in het Schelde-estuarium over een periode van zes jaar. Voor elk van deze meetstations wordt de 5-percentielwaarde berekend.

Station	Winter			Zomer		
	2004-2009	2010-2015	2016-2021	2004-2009	2010-2015	2016-2021
Zijrivieren						
Dendermonde	-	7,4	3,3	-	4,4	1,8
Eppegem	-	1,8	0,8	-	0,7	0,2
Zeeschelde						
Duffel	-	6,9	7,6	-	5,3	4,2
Kruibeke	-	6,5	6,9	-	6,6	2,6
Melle	-	6,2	7,3	-	5,3	5,6
Schellebelle	-	-	8,0	-	-	6,2

Kader 5-3 – Zuurstofpercentiel op de *boundaries*

Ook voor de stations die buiten het estuarium vallen, zijn de resultaten variërend (Figuur 5-3). Het meetstation *Zenne Zemst* toont hierbij de laagste 5-percentielwaarde van de gemeten zuurstof-concentraties van alle stations aan de grenzen van het estuarium in de periode *2016-2021*. Ook hier toont het meetstation *Bovenschelde* een duidelijke toename van het 5de percentiel.



Figuur 5-3: Percentielwaarden van de gemeten zuurstofconcentratie in de verschillende meetstations aan de grenzen van het Schelde-estuarium. Voor het merendeel van deze meetstations wordt de 5-percentielwaarde berekend, aangezien er geen meetstations gesitueerd zijn in de zone Sterke saliniteitsgradiënt.

5.2.3. Duur dip

Data

De volgende datafiches worden gebruikt voor het analyseren van de rekenparameter *Duur dip*:

- S-FC-N-009 – Zuurstof – Continu
- S-FC-V-009 – Zuurstof – Continu

De volgende gegevensreeksen worden geselecteerd voor de continue gegevens:

- Flanders Hydraulics Research: Continuous monitoring of dissolved oxygen in the Scheldt estuary

Een overzicht van de gehanteerde meetstations wordt gegeven Bijlage D.1.1 (continue metingen).

Definitie

De tolerantie voor lage zuurstofconcentratie (i.e. minder dan 5 mg/L in de zomer en minder dan 6 mg/L in de winter) is beperkt in tijd en ruimte, waardoor een dergelijke zuurstofdip preferentieel niet langer dan 48 uur duurt.

Methodiek

De analyse wordt uitgevoerd per continu meetstation, hetgeen gekoppeld wordt aan het geassocieerde segment (en de overkoepelende zone). Elke meetwaarde wordt vergeleken met de relevante grenswaarde (5 mg/L in de zomer; 6 mg/L in de winter) en alle periodes waarin de zuurstofconcentratie lager is dan de grenswaarde worden geïdentificeerd. Vervolgens wordt de langste zuurstofdip per periode (en per station) afgeleid en gerapporteerd.

Analyse

De maximale duur van de zuurstofdip kan voor het merendeel van de stations bepaald worden voor de periode *2016-2021*. Daarnaast zijn er enkele stations waarvoor geen gegevens uit de voorgaande periodes beschikbaar zijn, waaronder *Schellebelle*.

De resultaten variëren tussen de meetstations, met zowel afnames (meetstation *Eppegem*) en toenames (meetstations *Kruibeke* en *Duffel*) van de langste zuurstofdip ten opzichte van de periode *2010-2015*. Een overzicht van de bekomen percentielwaarden wordt gegeven in Tabel 5-5 en aangevuld met de resultaten van de stations nabij de grenzen van het estuarium (Kader 5-3). Voor Kruibeke waren er in de periode 2010-2015 geen langdurige zuurstofdips waargenomen, hetgeen tevens afgeleid kan worden van de laagste zuurstofconcentratie die er werd gemeten (Tabel 5-2).

Tabel 5-5: Maximale duurtijd van de gemeten zuurstofdips (in uren) in de continue meetstations in het Schelde-estuarium over een periode van zes jaar. Het meetstation Kruibeke vertoonde geen enkele zuurstofdip in de periode 2010-2015.

Station	2004-2009	2010-2015	2016-2021
Zijrivieren			
Dendermonde	-	341,6	192,5
Eppegem	-	17604,7	2007,7
Zeeschelde			
Duffel	-	58,9	137,0
Kruibeke	-	0	972,3
Melle	-	77,6	56,9
Schellebelle	-	-	116,8

5.3. Toetsparameter Nutriënten

Nutriënten zijn essentiële componenten voor de groei en reproductie van levende organismen in aquatische ecosystemen. De samenstelling en het functioneren van de aquatische gemeenschap wordt dan ook in grote mate gestuurd door de aanwezigheid van verschillende nutriënten. Zo voorziet de aanwezigheid van koolstof één van de noodzakelijke bouwstenen voor de aanmaak van biomassa, maar in organische vorm kan het leiden tot zuurstofdepletie via bacteriële respiratie. Ook stikstof kan bijdragen tot een afname van de zuurstofconcentratie, zowel in organische als anorganische vorm. Bovendien kunnen verhoogde stikstofconcentraties leiden tot een verschuiving in de aanwezige fytoplanktongemeenschap, hetgeen eveneens geldt voor verhoogde fosforconcentraties. Ook silicium draagt bij tot een kwalitatieve fytoplanktongemeenschap, waarbij langdurige tekorten kunnen leiden tot een afname van diatomeeënbiomassa.

Niet alleen het estuarium ervaart de gevolgen van de aanwezigheid van nutriënten, maar ook de kustzone is onderhevig aan de aangevoerde voedingsstoffen. Verschuivingen in de mariene fytoplanktongemeenschap kunnen plaatsvinden door eutrofiëring van de kustzone als gevolg van verhoogde nutriëntstromen in het estuarium. Het opvolgen van de nutriëntstromen in het Schelde-estuarium is dan ook een belangrijke beheersopdracht teneinde ongewenste verschuiving in de mariene gemeenschap te vermijden. Bijgevolg worden voor deze toetsparameter de volgende rekenparameters gehanteerd: *FastNOD* (Sectie 5.3.1), *BOD-C* (Sectie 5.3.2), *TDIN* (Sectie 5.3.3), *Fosfaat* (Sectie 5.3.4), *Silicaat* (Sectie 5.3.5), *ICEP-DSi* (Sectie 5.3.6), *ICEP-TSi* (Sectie 5.3.7), *TDINflux* (Sectie 5.3.8), *Nitriet* (Sectie 5.3.9) en *Ammoniak* (Sectie 5.3.10).

5.3.1. FastNOD

Data

De volgende datafiches worden gebruikt voor het analyseren van de rekenparameter *FastNOD*:

- S-FC-N-013 – Nutriënten
- S-FC-V-013 – Nutriënten

De volgende gegevensreeksen werden geselecteerd voor de periodieke gegevens:

- MWTL chemical monitoring network Westerschelde
- OMES: Monitoring fysical-chemical water quality in the Zeeschelde
- VMM: Surface water monitoring network of the Flemish Environment Agency

Een overzicht van de gehanteerde meetstations wordt gegeven in Bijlage D.1.1 (periodieke metingen).

Definitie

Op basis van de concentraties aan $\mathrm{NH_4^+}$ en $\mathrm{NO_2^-}$ kan een indicatie van de stikstof-zuurstofvraag bekomen worden. Deze indicator omvat enkel de zuurstofvraag voor de snelle omzetting van de anorganische stikstofcomponenten ammonium en nitriet. De zuurstofvraag voor de traag omzetbare stikstoffractie wordt bijgevolg niet meegenomen door deze rekenparameter. De zuurstofvraag voor nitrificatie (NOD) wordt benaderd op basis van de concentraties aan $\mathrm{NH_4^+}$ en $\mathrm{NO_2^-}$ (zijnde de *fastNOD*), gebruik makend van Vergelijking 5.1. De bovengrens wordt gelegd op 2 mg/L en wordt beschouwd in elk segment (Zeeschelde) of zone (Westerschelde).

$$fastNOD = 4{,}33 \cdot [NH_4^+ - N] + \frac{16}{14} \cdot [NO_2^- - N] \qquad (5.1)$$

Methodiek

De parameter *FastNOD* is een samengestelde parameter, gebaseerd op de ammonium- en nitrietconcentratie. De individuele gegevensreeksen worden samengebracht op basis van het meetstation (naam & coördinaten) en het moment van observatie (datum & tijd), waarna een schatting van de parameter wordt gemaakt op basis van Vergelijking 5.1. De relevante meetstations worden toegewezen aan de geassocieerde segmenten (niveau 4) en zones (niveau 3). Vervolgens wordt er per segment (Zeeschelde) en zone (Westerschelde) bepaald wat de maximale waarde van de parameter *FastNOD* is die in een periode van 6 jaar gemeten is. Dit resultaat wordt vervolgens vergeleken met de toetswaarde (2 mg/L) en de resultaten van de voorbije periodes.

Analyse

De maximale stikstof-zuurstofvraag kan voor het merendeel van de stations bepaald worden voor de periode *2016-2021*. Enkel voor de zone *Mesohalien* zijn er geen gegevens beschikbaar voor de periode *2016-2021* (noch voor de voorgaande periodes).

De resultaten vertonen grotendeels dezelfde trend in de verschillende segmenten en zones, met duidelijke (doch onvoldoende) afnames van de maximale stikstof-zuurstofvraag ten opzichte van de periodes *2010-2015* en *2004-2009*. Desalniettemin wordt het criterium van 2 mg/L nog in nagenoeg alle segmenten van de Zeeschelde overschreden, terwijl de Westerschelde en Monding voldoen aan het vooropgestelde criterium. Een overzicht van de bekomen maximumwaarden wordt gegeven in Tabel 5-6 en aangevuld met de resultaten van de stations nabij de grenzen van het estuarium (Kader 5-4).

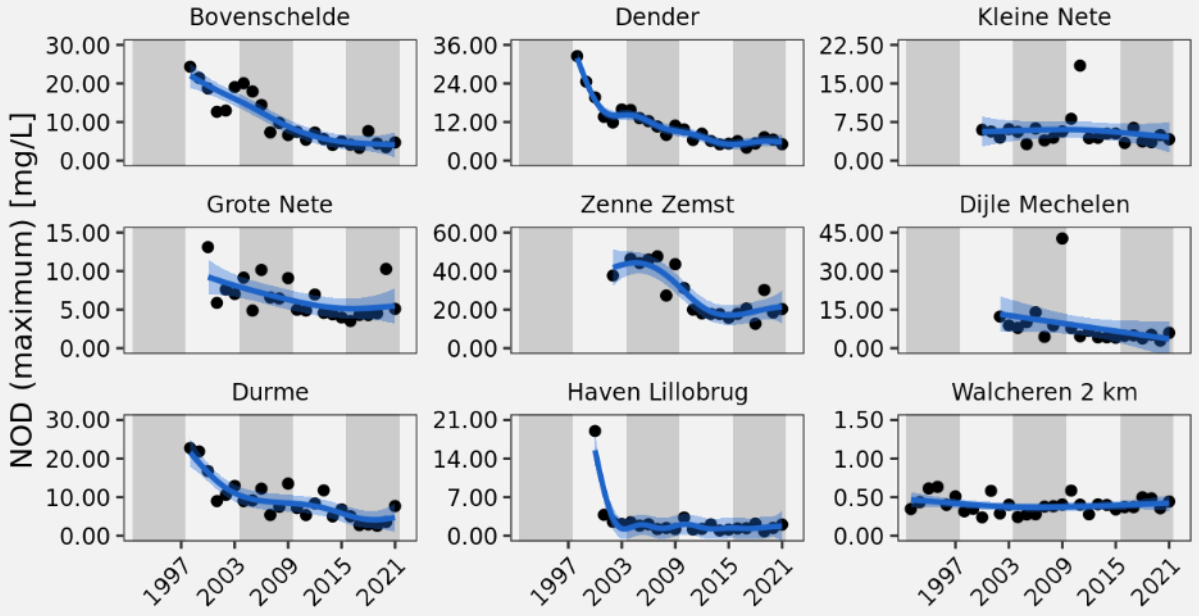
Tabel 5-6: Hoogste stikstof-zuurstofvraag (Nitrogen Oxygen Demand; NOD) (in mg/L) die afgeleid werd in de verschillende segmenten (Zeeschelde) en zones (Westerschelde) in het Schelde-estuarium. Maxima zijn berekend per periode van zes jaar.

Segment	2004-2009	2010-2015	2016-2021
Zijrivieren			
GetijdeDijle	47,41	15,52	11,32
GetijdeNete	27,18	7,63	6,26
GetijdeDurme	13,49	11,75	7,67
Rupel	27,82	9,62	6,14
Zeeschelde			
Comp. 19	20,99	10,89	6,26
Comp. 18	12,68	5,77	5,59
Comp. 17	21,87	9,71	7,27
Comp. 16	10,95	6,79	5,42
Comp. 15	10,94	7,92	3,33
Comp. 14	13,00	5,23	3,40
Comp. 13	13,91	5,04	3,19
Comp. 12	14,36	5,02	2,59
Comp. 11	12,19	5,00	2,06
Comp. 10	6,59	4,07	1,80
Comp. 9	6,09	3,99	3,68
Comp. 7b	4,73	3,66	2,03

Segment	2004-2009	2010-2015	2016-2021
Westerschelde			
Mesohalien	-	-	-
Zwak polyhalien	2,83	1,53	0,95
Sterk polyhalien	1,52	1,27	0,87
Monding			
Monding	0,40	0,58	0,50

Kader 5-4 – Maximum stikstofzuurstofvraag (*FastNOD*) op de *boundaries*

Voor de stations die buiten het estuarium vallen, zijn de resultaten eerder variërend (zie Figuur 5-4). Het meetstation *Zenne Zemst* toont hierbij de hoogste stikstofzuurstofvraag van alle stations aan de grenzen van het estuarium in de periode *2016-2021*, waarbij zelfs een lichte toename kan worden waargenomen. Het meetstation *Durme* toont dan weer een verderzetting van de afname van de stikstofzuurstofvraag sinds 2004, terwijl de meetstations *Bovenschelde* en *Dender* eerder een afvlakking vertonen.



Figuur 5-4: Hoogste stikstofzuurstofvraag (Nitrogen Oxygen Demand; NOD) die afgeleid werd in de verschillende meetstations aan de grenzen van het Schelde-estuarium. Maxima zijn bepaald per jaar.

5.3.2. BOD-C

Data

De volgende datafiches worden gebruikt voor het analyseren van de rekenparameter *BOD-C*:

- S-FC-N-013 – Nutriënten
- S-FC-V-013 – Nutriënten

De volgende gegevensreeksen werden geselecteerd voor de periodieke gegevens:

- MWTL chemical monitoring network Westerschelde
- OMES: Monitoring fysical-chemical water quality in the Zeeschelde
- VMM: Surface water monitoring network of the Flemish Environment Agency

Een overzicht van de gehanteerde meetstations wordt gegeven in Bijlage D.2.1 (periodieke metingen).

Definitie

De zuurstofvraag voor koolstofmineralisatie (BOD-C) is losgekoppeld van de stikstof-zuurstofvraag (NOD) en wordt bepaald door het toedienen van een nitrificatieremmer bij de start van het BOD experiment. Indien geen nitrificatieremmer wordt gebruikt, kan de BOD-C ook afgeleid worden door het originele BOD-resultaat te verminderen met de stikstof-zuurstofvraag. De bovengrens wordt gelegd op 6 mg/L en wordt beschouwd in elk segment van de Zeeschelde. In de Westerschelde dient er geen analyse van de BOD-C uitgevoerd te worden omdat de gemeten BOD-waarden zeer laag zijn ten gevolge van de sterke verdunning die optreedt (zie bijv. Stolte en van Rongen (2019)). Aangezien de nauwkeurigheid van de metingen twijfelachtig wordt bij zeer lage BOD-waarden is een analyse en evaluatie van deze zones overbodig.

Methodiek

De parameter *BOD-C* is een samengestelde parameter, gebaseerd op de gemeten BOD-concentratie en aangevuld met de ammonium- en nitrietconcentratie (i.e. de *FastNOD*). De individuele gegevensreeksen worden samengebracht op basis van het meetstation (naam & coördinaten) en het moment van observatie (datum & tijd), waarna een schatting van de parameter wordt gemaakt op basis van het verschil tussen de waargenomen BOD en de afgeleide *FastNOD* (via Vergelijking 5.1). De relevante meetstations worden toegewezen aan de geassocieerde segmenten (niveau 4) en zones (niveau 3). Vervolgens wordt er per segment (Zeeschelde) en per zone (Westerschelde) bepaald wat de maximale waarde van de parameter *BOD-C* is die in een periode van 6 jaar gemeten is. Voor de Zeeschelde wordt dit resultaat vervolgens vergeleken met de toetswaarde (6 mg/L) en de resultaten van de voorbije periodes. Voor de zones in de Westerschelde is een analyse mogelijk (op voorwaarde dat er gegevens beschikbaar zijn), maar wordt er geen evaluatie uitgevoerd.

Analyse

De maximale koolstof-zuurstofvraag kan voor het merendeel van de stations bepaald worden voor de periode *2016-2021*. Enkel voor de zones *Mesohalien*, *Zwak polyhalien* en *Monding* zijn er geen gegevens beschikbaar voor de periode *2016-2021* (noch voor de voorgaande periodes). Voor de zone *Sterk polyhalien* zijn er wel metingen beschikbaar voor de periodes *2010-2015* en *2016-2021*.

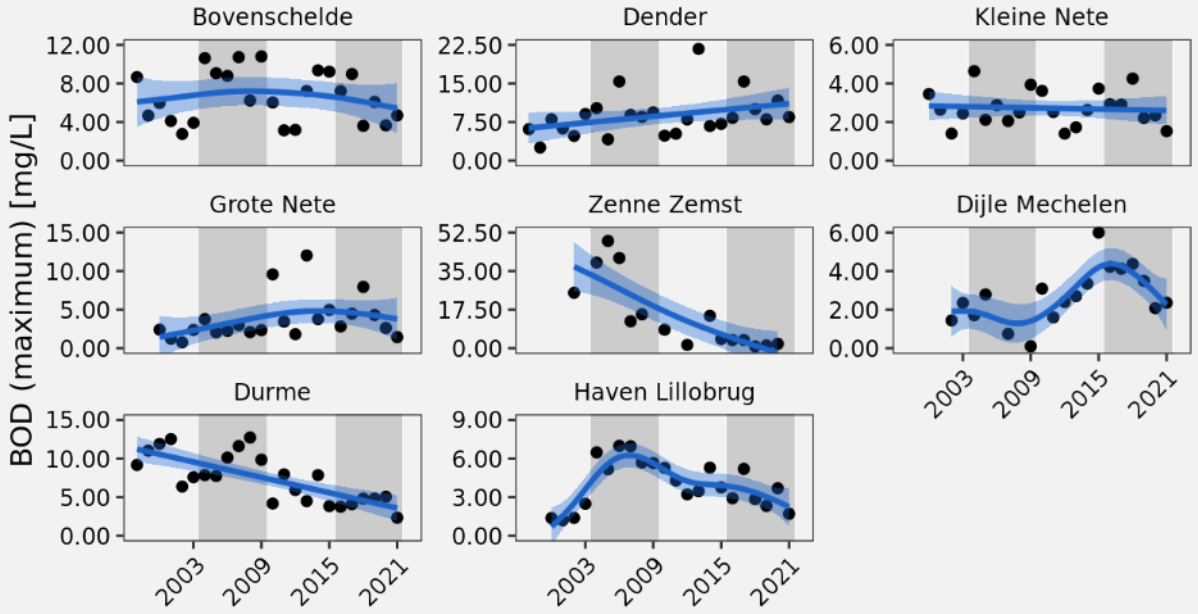
De resultaten variëren tussen de segmenten en zones, met zowel afnames (bijv. segmenten *Comp. 10*, *Comp. 13* en *Comp. 16*) en toenames (bijv. segmenten *Comp. 15*, *Comp. 19* en *GetijdeNete*) van de maximale koolstofzuurstofvraag ten opzichte van de periode *2010-2015*. Voornamelijk in de meest stroomopwaartse segmenten van de Zeeschelde en de zijrivieren wordt het criterium van maximaal 6 mg/L niet gehaald (met uitzondering van het segment *GetijdeDurme*). Een verbetering van de koolstofzuurstofvraag lijkt zich evenwel in stroomopwaartse richting te bewegen, met steeds meer segmenten per T-periode die voldoen aan het testcriterium. Een overzicht van de bekomen maximumwaarden wordt gegeven in Tabel 5-7 en aangevuld met de resultaten van de stations nabij de grenzen van het estuarium (Kader 5-5).

Tabel 5-7: Hoogste koolstof-zuurstofvraag (Biochemical Oxygen Demand; BOD) (in mg/L) die afgeleid werd in de verschillende segmenten (Zeeschelde) en zones (Westerschelde) in het Schelde-estuarium. Voor de zones in de Westerschelde en de Monding is er geen testcriterium gedefinieerd. Maxima zijn berekend per periode van zes jaar.

Segment	2004-2009	2010-2015	2016-2021
Zijrivieren			
GetijdeDijle	29,74	7,41	8,45
GetijdeNete	9,16	9,77	12,99
GetijdeDurme	12,72	7,95	5,04
Rupel	14,86	8,02	8,38
Zeeschelde			
Comp. 19	15,46	11,79	12,87
Comp. 18	13,88	11,61	9,57
Comp. 17	15,41	21,74	15,40
Comp. 16	9,42	9,01	4,98
Comp. 15	10,63	6,91	9,37
Comp. 14	12,57	5,20	3,88
Comp. 13	9,31	9,08	4,77
Comp. 12	8,26	2,75	2,76
Comp. 11	7,76	3,16	3,38
Comp. 10	6,95	4,89	2,02
Comp. 9	7,80	4,29	3,98
Comp. 7b	5,33	11,17	1,95
Westerschelde			
Mesohalien	-	-	-
Zwak polyhalien	-	-	-
Sterk polyhalien	-	3,43	3,84
Monding			
Monding	-	-	-

Kader 5-5 – Maximum koolstofzuurstofvraag (*BOD-C*) op de *boundaries*

Ook voor de stations die buiten het estuarium vallen, zijn de resultaten variërend (zie Figuur 5-5). Het meetstation *Dender* toont hierbij de hoogste koolstofzuurstofvraag van alle stations aan de grenzen van het estuarium in de periode *2016-2021*. Het meetstation *Zenne Zemst* toont de grootste afname in de maximale koolstof-zuurstofvraag tussen opeenvolgende periodes en ook voor het meetstation *Durme* wordt een duidelijke afname waargenomen.



Figuur 5-5: Hoogste koolstof-zuurstofvraag (Biochemical Oxygen Demand; BOD) die gemeten werd in de verschillende meetstations aan de grenzen van het Schelde-estuarium.

5.3.3. TDIN

Data

De volgende datafiches worden gebruikt voor het analyseren van de rekenparameter *TDIN*:

- S-FC-N-013 – Nutriënten
- S-FC-V-013 – Nutriënten

De volgende gegevensreeksen werden geselecteerd voor de periodieke gegevens:

- MWTL chemical monitoring network Westerschelde
- OMES: Monitoring fysical-chemical water quality in the Zeeschelde
- VMM: Surface water monitoring network of the Flemish Environment Agency

Een overzicht van de gehanteerde meetstations wordt gegeven in Bijlage D.2.1 (periodieke metingen).

Definitie

Op basis van de concentraties aan NH_4^+, NO_2^- en NO_3^- kan een indicatie van de hoeveelheid anorganische stikstof bekomen worden. Deze rekenparameter werkt als een indicator voor de autochtone vracht, met als doel om algenbloei (en de geassocieerde zuurstofconsumptie) in het estuarium niet te laten ontsporen. De totale hoeveelheid anorganische stikstof wordt benaderd op basis van de concentraties aan NH_4^+, NO_2^- en NO_3^-, gebruik makend van Vergelijking 5.2. De bovengrens wordt gelegd op het 6-jarig gemiddelde gedurende de periode 2004-2009 (i.e. de T2009-periode) en wordt beschouwd in elke zone (Zeeschelde en Westerschelde).

$$TDIN = [NH_4^+ - N] + [NO_2^- - N] + [NO_3^- - N] \quad (5.2)$$

Methodiek

De parameter *TDIN* is een samengestelde parameter, gebaseerd op de ammonium-, nitraat- en nitrietconcentratie. De individuele gegevensreeksen worden samengebracht op basis van het meetstation (naam & coördinaten) en het moment van observatie (datum & tijd), waarna een schatting van de parameter wordt gemaakt op basis van Vergelijking 5.2. De relevante meetstations worden toegewezen aan de geassocieerde segmenten (niveau 4) en zones (niveau 3). Vervolgens wordt er per zone (Zeeschelde & Westerschelde) bepaald wat de gemiddelde TDIN-concentratie is die in een periode van 6 jaar gemeten is. Hiervoor wordt stapsgewijs gewerkt, namelijk: (1) bepalen gemiddelde concentratie per station per maand, (2) bepalen gemiddelde concentratie per station per jaar, (3) bepalen gemiddelde concentratie per segment per jaar, (4) bepalen gemiddelde concentratie per zone per jaar, en (5) bepalen gemiddelde concentratie per zone per periode. Dit resultaat wordt vervolgens vergeleken met de resultaten van de voorbije periodes.

Analyse

De gemiddelde concentratie anorganische stikstof (TDIN) kan voor het merendeel van de stations bepaald worden voor de periode *2016-2021*. Enkel voor de zone *Mesohalien* zijn er geen gegevens beschikbaar voor de periode *2016-2021* (noch voor de voorgaande periodes).

De resultaten vertonen grotendeels dezelfde trend in de verschillende zones, met gestage afnames van de gemiddelde TDIN-waarden ten opzichte van de periodes *2010-2015* en *2004-2009*. Deze afnames vinden voornamelijk plaats in de Zeeschelde en Westerschelde, terwijl in de Zijrivieren toch ook enkele toenames ten opzichte van de periode *2010-2015* kunnen worden waargenomen. Merk op dat het strikt hanteren van het testcriterium ertoe leidt dat de monding de vereiste TDIN-concentratie niet haalt in de periode *2010-2015*, ondanks het (zeer) beperkte verschil met de periode 2004-2009. Een overzicht van de bekomen gemiddeldes wordt gegeven in Tabel 5-8 en aangevuld met de resultaten van de stations nabij de grenzen van het estuarium (Kader 5-6).

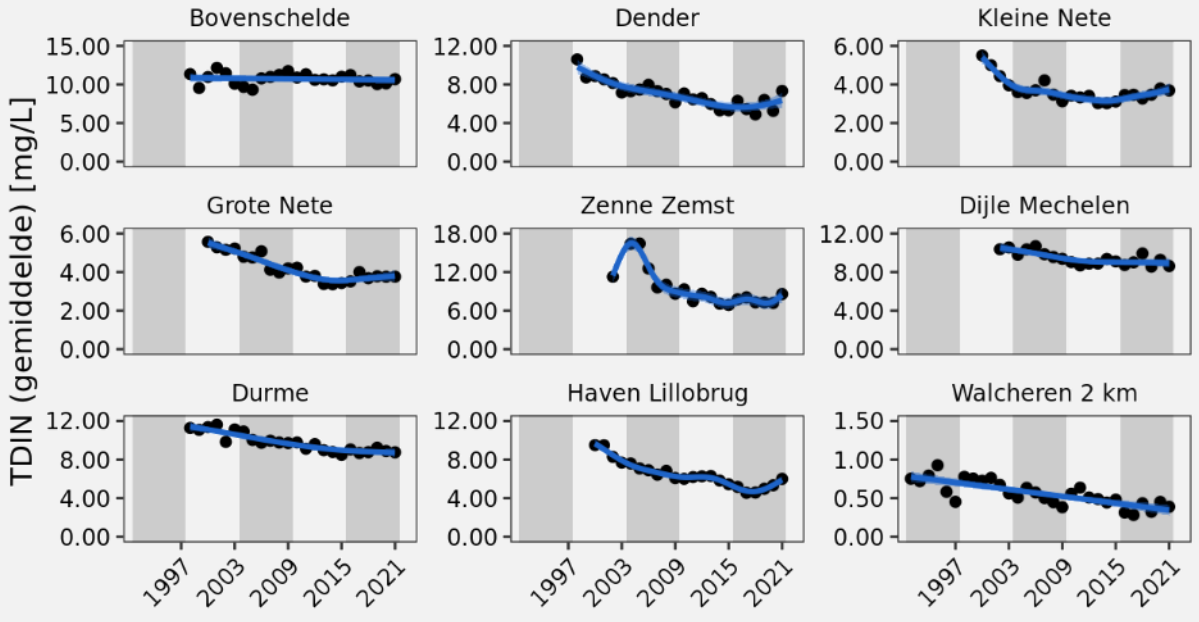
Tabel 5-8: Gemiddelde concentratie aan anorganische stikstof (Total Dissolved Inorganic Nitrogen; TDIN) (in mg/L) die afgeleid werd in de verschillende zones (Zeeschelde en Westerschelde) in het Schelde-estuarium. Gemiddeldes zijn berekend per periode van zes jaar.

Zone	2004-2009	2010-2015	2016-2021
Zijrivieren			
Zoet zijrivier	7,92	6,55	6,94
Durme	10,02	9,12	8,89
Rupel	8,53	7,51	7,55

Zone	2004-2009	2010-2015	2016-2021
Zeeschelde			
Zoet kort verblijf	10,44	9,97	9,64
Zoet lang verblijf	10,41	9,69	9,23
Oligohalien	9,94	8,80	8,45
Saliniteitsgradiënt	8,60	7,19	6,27
Westerschelde			
Mesohalien	-	-	-
Zwak polyhalien	4,27	3,48	2,80
Sterk polyhalien	2,28	1,90	1,54
Monding			
Monding	0,51	0,52	0,36

Kader 5-6 – Anorganische stikstof (*TDIN*) op de *boundaries*

Voor de stations die buiten het estuarium vallen, zijn de resultaten eerder variërend (zie Figuur 5-6. Het meetstation *Bovenschelde* toont hierbij de hoogste gemiddelde TDIN-concentratie van alle stations aan de grenzen van het estuarium in de periode *2016-2021*, nagenoeg gelijkaardig aan de periode *2010-2015*. Het meetstation *Zenne Zemst* toont een duidelijke afname in de periode *2004-2009*, maar deze afname toont een afvlakking in de voorbije twee periodes. De laatste jaren (2020 en 2021) wordt in meerdere meetstations (*Dender*, *Haven Lillobrug*) een lichte toename van de TDIN-concentratie waargenomen, hetgeen de nodige aandacht verdient.



Figuur 5-6: Gemiddelde concentratie aan anorganische stikstof (Total Dissolved Inorganic Nitrogen; TDIN) die afgeleid werd in de verschillende meetstation aan de grenzen van het Schelde-estuarium.

5.3.4. Fosfaat

Data

De volgende datafiches worden gebruikt voor het analyseren van de rekenparameter *Fosfaat*:

- S-FC-N-013 – Nutriënten
- S-FC-V-013 – Nutriënten

De volgende gegevensreeksen werden geselecteerd voor de periodieke gegevens:

- MWTL chemical monitoring network Westerschelde
- OMES: Monitoring fysical-chemical water quality in the Zeeschelde
- VMM: Surface water monitoring network of the Flemish Environment Agency

Een overzicht van de gehanteerde meetstations wordt gegeven in Bijlage D.2.1 (periodieke metingen).

Definitie

De rekenparameter *Fosfaat* wordt opgevolgd om algenbloei (en de geassocieerde zuurstofconsumptie) in het estuarium niet te laten ontsporen. De bovengrens wordt gelegd op het 6-jarig gemiddelde gedurende de periode 2004-2009 (i.e. de T2009-periode) en wordt beschouwd in elke zone (Zeeschelde en Westerschelde).

Methodiek

Na de selectie van de relevante gegevensreeksen, worden de stations toegewezen aan de geassocieerde segmenten (niveau 4) en zones (niveau 3). Vervolgens wordt er per zone (Zeeschelde & Westerschelde) bepaald wat de gemiddelde fosfaat-fosforconcentratie is die in een periode van 6 jaar gemeten is. Hiervoor wordt stapsgewijs gewerkt, namelijk: (1) bepalen gemiddelde concentratie per station per maand, (2) bepalen gemiddelde concentratie per station per jaar, (3) bepalen gemiddelde concentratie per segment per jaar, (4) bepalen gemiddelde concentratie per zone per jaar, en (5) bepalen gemiddelde concentratie per zone per periode. Dit resultaat wordt vervolgens vergeleken met de resultaten van de voorbije periodes.

Analyse

De gemiddelde concentratie fosfaat kan voor het merendeel van de stations bepaald worden voor de periode *2016-2021*. Enkel voor de zone *Mesohalien* zijn er geen gegevens beschikbaar voor de periode *2016-2021* (noch voor de voorgaande periodes).

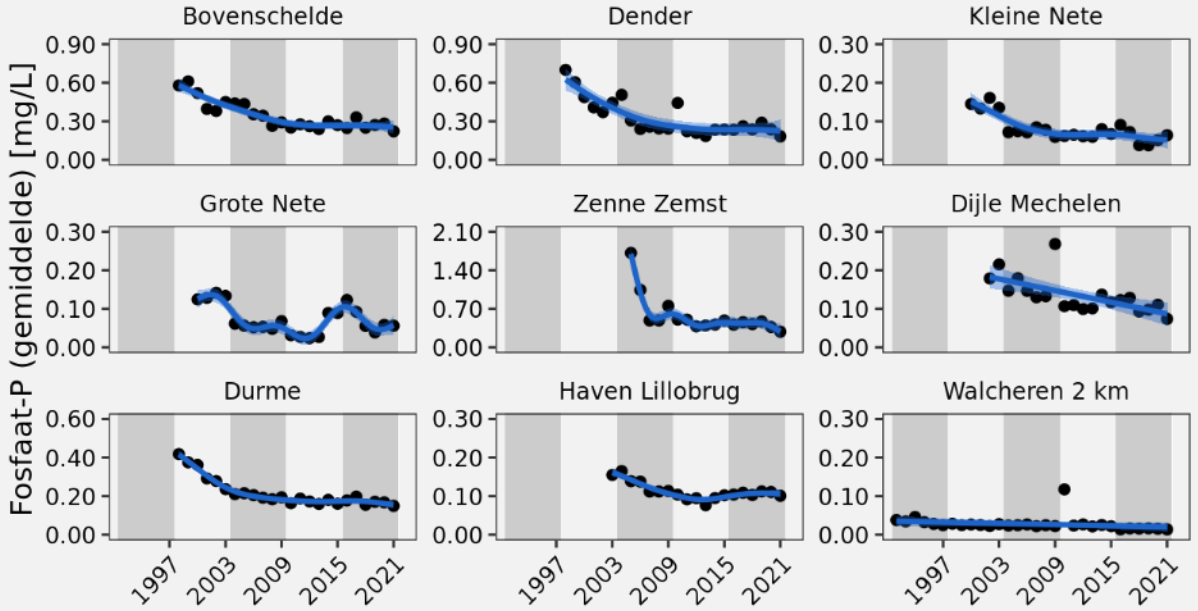
De resultaten variëren tussen de verschillende zones, met zowel afnames (bijv. zones in het polyhaliene deel) en toenames (bijv. zones *Oligohalien* en *Saliniteitsgradiënt*) van de gemiddelde fosfaatconcentratie ten opzichte van de periode *2010-2015*. De verschillen tussen de periode *2016-2021* en *2010-2015* zijn evenwel zeer beperkt, waardoor dit eerder als een afvlakking van de temporele trend gezien dient te worden. Wel wordt er voor geen enkele zone een duidelijke toename in de fosfaatconcentratie ten opzichte van de periode *2004-2009* waargenomen. Merk op dat het strikt hanteren van het testcriterium ertoe leidt dat de monding de vereiste fosfaatconcentratie niet haalt in de periode *2010-2015*, ondanks het relatief beperkte verschil met de periode *2004-2009*. Een overzicht van de bekomen gemiddeldes wordt gegeven in Tabel 5-9 en aangevuld met de resultaten van de stations nabij de grenzen van het estuarium (Kader 5-7).

Tabel 5-9: Gemiddelde concentratie aan fosfaat-fosfor (in mg/L) die afgeleid werd in de verschillende zones (Zeeschelde en Westerschelde) in het Schelde-estuarium. Gemiddeldes zijn berekend per periode van zes jaar.

Zone	2004-2009	2010-2015	2016-2021
Zijrivieren			
Zoet zijrivier	0,26	0,11	0,12
Durme	0,20	0,17	0,17
Rupel	0,20	0,12	0,13
Zeeschelde			
Zoet kort verblijf	0,34	0,23	0,22
Zoet lang verblijf	0,28	0,20	0,20
Oligohalien	0,17	0,14	0,15
Saliniteitsgradiënt	0,15	0,13	0,14
Westerschelde			
Mesohalien	-	-	-
Zwak polyhalien	0,12	0,10	0,09
Sterk polyhalien	0,09	0,06	0,05
Monding			
Monding	0,02	0,04	0,02

Kader 5-7 – Gemiddelde fosfaatconcentraties op de *boundaries*

Ook voor de stations die buiten het estuarium vallen, zijn de resultaten variërend (zie Figuur 5-7). Het meetstation *Zenne Zemst* toont hierbij de hoogste fosfaatconcentratie van alle stations aan de grenzen van het estuarium in de periode *2016-2021*, maar toont ook duidelijk het verschil met de periode *2004-2009*. Ook de overige meetstations tonen een geleidelijke afname van de gemiddelde fosfaatconcentratie.



Figuur 5-7: Gemiddelde concentratie aan fosfaat-fosfor die afgeleid werd in de verschillende meetstation aan de grenzen van het Schelde-estuarium. Gemiddeldes zijn berekend per jaar.

5.3.5. Silicaat

Data

De volgende datafiches worden gebruikt voor het analyseren van de rekenparameter *Silicaat*:

- S-FC-N-013 – Nutriënten
- S-FC-V-013 – Nutriënten

De volgende gegevensreeksen werden geselecteerd voor de periodieke gegevens:

- MWTL chemical monitoring network Westerschelde
- OMES: Monitoring fysical-chemical water quality in the Zeeschelde
- VMM: Surface water monitoring network of the Flemish Environment Agency

Een overzicht van de gehanteerde meetstations wordt gegeven in Bijlage D.2.1 (periodieke metingen).

Definitie

Silicaat (SiO_2) speelt een sleutelrol bij verschuivingen in de fytoplanktonsamenstelling en bepaalt mee of de fytoplanktongemeenschap bestaat uit een diatomeeën- of een niet-diatomeeëngemeenschap. De ondergrens wordt gelegd op 0,6 mg/L (of 0,01 mM silicium) en de waargenomen concentraties liggen preferentieel niet langer dan 4 weken lager dan deze ondergrens. De beoordeling wordt bepaald in elk compartiment (niveau 4) in de Zeeschelde en elke zone (niveau 3) in de Westerschelde.

Methodiek

Na de selectie van de relevante gegevensreeksen, worden de meetwaarden herleid tot een uniforme siliciumvorm (i.e. silicaat). De stations worden toegewezen aan de geassocieerde segmenten (niveau 4) en zones (niveau 3), waarna station-specifieke silicaatdips afgeleid worden. Vervolgens wordt er per segment (Zeeschelde) en zone (Westerschelde) bepaald wat de maximale duurtijd van de waargenomen silicaatdips is die in een periode van 6 jaar gemeten is. Dit resultaat wordt vervolgens vergeleken met de toetswaarde (0,6 mg/L) en de resultaten van de voorbije periodes.

Analyse

De langste dip in de silicaatconcentratie kan voor het merendeel van de segmenten (Zeeschelde) en zones (Westerschelde) bepaald worden voor de periode *2016-2021*. Enkel voor de zone *Mesohalien* zijn er geen gegevens beschikbaar voor de periode *2016-2021* (noch voor de voorgaande periodes).

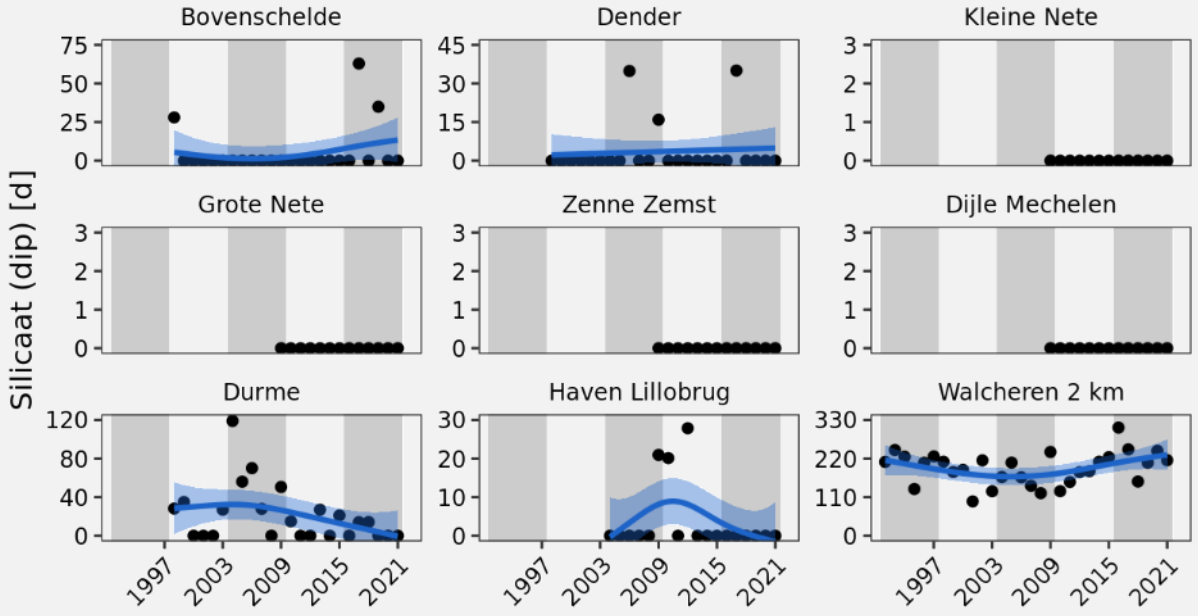
De resultaten variëren tussen de verschillende segmenten en zones, met zowel kortere (bijv. segmenten *Comp. 14* t.e.m. *Comp. 17*) en langere (bijv. segmenten *Comp. 18* en *Comp. 19*) dips in de silicaatconcentratie ten opzichte van de periode *2010-2015*. Voornamelijk in de meest stroomopwaartse segmenten van de Zeeschelde en de zones in de Westerschelde wordt het criterium van maximaal 28 dagen onder 0,6 mg/L niet gehaald. Bovendien ligt de maximale duur van de silicaatdip in de zones *Sterk polyhalien* en *Monding* hoger in de periode *2016-2021* ten opzichte van de periode *2010-2015*. Een overzicht van de bekomen resultaten wordt gegeven in Tabel 5-10 en aangevuld met de resultaten van de stations nabij de grenzen van het estuarium (Kader 5-8).

Tabel 5-10: Maximale duur van de silicaatdip (in dagen) die afgeleid werd in de verschillende segmenten (Zeeschelde) en zones (Westerschelde) in het Schelde-estuarium. Maxima zijn berekend per periode van zes jaar.

Segment	2004-2009	2010-2015	2016-2021
Zijrivieren			
GetijdeDijle	0	21	0
GetijdeNete	0	21	14
GetijdeDurme	119	27	14
Rupel	0	21	14
Zeeschelde			
Comp. 19	41	28	84
Comp. 18	77	28	84
Comp. 17	119	77	49
Comp. 16	119	77	35
Comp. 15	50	35	21
Comp. 14	56	28	21
Comp. 13	35	0	0
Comp. 12	28	0	0
Comp. 11	0	21	0
Comp. 10	21	21	0
Comp. 9	26	54	0
Comp. 7b	35	21	0
Westerschelde			
Mesohalien	-	-	-
Zwak polyhalien	70	86	58
Sterk polyhalien	139	141	197
Monding			
Monding	239	224	308

Kader 5-8 – Maximale duur silicaatdip op de *boundaries*

Ook voor de stations die buiten het estuarium vallen, zijn de resultaten variërend (zie Figuur 5-8). Het meetstation *Walcheren 2 km* toont hierbij de langste silicaatdip van alle stations aan de grenzen van het estuarium in de periode *2016-2021*, hetgeen in de lijn ligt van de resultaten uit Tabel 5-10. In de meeste meetstations worden er niet jaarlijkse tekorten in de silicaatconcentratie waargenomen, waardoor er ook niet voor elk station een trend afgeleid kan worden.



Figuur 5-8: Maximale duur van de silicaatdip die afgeleid werd in de verschillende meetstations aan de grenzen van het estuarium. Maxima zijn bepaald per jaar en gelinkt aan de dag dat de dip begon.

5.3.6. ICEP-DSI

Data

De volgende datafiches worden gebruikt voor het analyseren van de rekenparameter *ICEP-DSi*:

- S-FC-N-013 – Nutriënten
- S-FC-V-013 – Nutriënten
- S-HD-V-003 – Debiet – Bovenafvoer

De volgende gegevensreeksen werden geselecteerd voor de periodieke gegevens:

- MWTL chemical monitoring network Westerschelde
- OMES: Monitoring fysical-chemical water quality in the Zeeschelde
- VMM: Surface water monitoring network of the Flemish Environment Agency

Voor de debieten wordt gebruik gemaakt van de (continue) gegevensreeks:

- Flanders Hydraulics Research: Continuous monitoring of discharges in the Scheldt estuary

Een overzicht van de gehanteerde meetstations wordt gegeven in Bijlage D.2.1 (periodieke en continue metingen).

Definitie

Op basis van de concentraties aan stikstof, fosfor en silicium kan een indicatie van het risico op ongewenste verschuivingen in de algengemeenschap in afwaartse gebieden afgeleid worden. Hiervoor wordt gebruik gemaakt van de *Indicator of Coastal Eutrophication Potential* (*ICEP*), waarmee de potentiële koolstofbiomassa van ongewenste algenbloei wordt ingeschat. Deze inschatting wordt uitgevoerd op basis van de hoeveelheden stikstof of fosfor die overblijven nadat alle silicium werd geconsumeerd en uitgedrukt ten opzichte van de oppervlakte van het stroomgebied. De *ICEP* is gebaseerd op de molaire Redfield ratio's waarbij C:N:P:Si zich verhouden als 106:16:1:20. Een onderscheid kan gemaakt worden voor systemen waarbij stikstof limiterend is (Vergelijking 5.3) en systemen waarbij fosfor limiterend is (Vergelijking 5.4). De bovengrens wordt gelegd op 0 (kg C)/km^2/dag in combinatie met siliciumdepletie in de meest stroomafwaartse zone (zie Sectie 5.3.5). De ICEP wordt beschouwd met behulp van de waarnemingen van opgelost silicium en berekend in elk meetstation waarvoor debietsmetingen beschikbaar zijn (Zeeschelde en Westerschelde).

$$ICEP = \left(\frac{N_{flux}}{14 \cdot 16} - \frac{Si_{flux}}{28 \cdot 20}\right) \cdot 106 \cdot 12, \text{ als } \frac{N}{P} < 16 \quad (5.3)$$

$$ICEP = \left(\frac{P_{flux}}{31} - \frac{Si_{flux}}{28 \cdot 20}\right) \cdot 106 \cdot 12, \text{ als } \frac{N}{P} > 16 \quad (5.4)$$

Met N_{flux}, P_{flux} en Si_{flux} de gemiddelde fluxen voor totaal stikstof, totaal fosfor en opgelost silicium aan de monding (Billen en Garnier, 2007).

Methodiek

De parameter *ICEP-DSi* is een samengestelde parameter, gebaseerd op de stikstof-, fosfor- en siliciumconcentratie. Deze individuele parameters worden met behulp van de gerapporteerde debietsmetingen omgezet in een stikstof-, fosfor- en siliciumflux op jaarbasis. Vervolgens wordt de geassocieerde ICEP-DSi waarde afgeleid op basis van Vergelijking 5.3 en Vergelijking 5.4. Dit resultaat wordt vervolgens vergeleken met de toetswaarde (0 (kg C)/km^2/dag) en de resultaten van de voorbije periodes, in combinatie met de analyseresultaten voor de rekenparameter *Silicaat* (zie Sectie 5.3.5).

Analyse

De *ICEP-DSi* kan voor meerdere stations met debietsmetingen bepaald worden voor de periode *2016-2021*. Ook voor de voorgaande periodes zijn er voldoende metingen beschikbaar om de *ICEP-DSi* af te leiden.

De resultaten variëren tussen de verschillende meetstations, met zowel lagere (bijv. meetstations *Dendermonde* en *Wintam*) en hogere (bijv. meetstation *Grens*) indicator-waarden ten opzichte van de periode *2010-2015*. Op geen enkel meetstation wordt het testcriterium van 0 (kg C)/km²/dag gehaald in de periode *2016-2021* (noch in de voorgaande periodes), hetgeen suggereert dat het criterium ook aan de monding wordt overschreden. De *ICEP-DSi* lijkt toe te nemen in de stroomafwaartse richting, met uitzondering van het meetstation *Grens*. Het is mogelijk dat dit beïnvloed wordt door zowel de bijdrage door de zijrivieren (*Durme* en *Rupel*) als het binnendringen van het getij. Een overzicht van de bekomen resultaten wordt gegeven in Tabel 5-11.

Tabel 5-11: Maximale indicatorwaarde voor de potentiële eutrofiëring van de kust die afgeleid werd in de verschillende meetstations (Zeeschelde) in het Schelde-estuarium op basis van de opgeloste siliciumconcentraties. Maxima zijn berekend per periode van zes jaar.

Station	2004-2009	2010-2015	2016-2021
Zijrivieren			
Dendermonde	1,10	0,93	0,60
Eppegem / Zenne	1,44	0,49	0,48
Zeeschelde			
Melle / Comp. 19	3,22	2,69	2,00
Wintam / Comp. 14	4,74	3,90	2,47
Schelle / Comp. 13	8,39	7,16	4,57
Grens / Comp. 7b	3,21	0,92	3,48

5.3.7. ICEP-TSI

Data

De volgende datafiches worden gebruikt voor het analyseren van de rekenparameter *ICEP-TSi*:

- S-FC-N-013 – Nutriënten
- S-FC-V-013 – Nutriënten
- S-HD-V-003 – Debiet – Bovenafvoer

De volgende gegevensreeksen werden geselecteerd voor de periodieke gegevens:

- MWTL chemical monitoring network Westerschelde
- OMES: Monitoring fysical-chemical water quality in the Zeeschelde
- VMM: Surface water monitoring network of the Flemish Environment Agency

Voor de debieten wordt gebruik gemaakt van de (continue) gegevensreeks:

- Flanders Hydraulics Research: Continuous monitoring of discharges in the Scheldt estuary

Een overzicht van de gehanteerde meetstations wordt gegeven in Bijlage D.2.1 (periodieke en continue metingen).

Definitie

Op basis van de concentraties aan stikstof, fosfor en silicium kan een indicatie van het risico op ongewenste verschuivingen in de algengemeenschap in afwaartse gebieden afgeleid worden. Hiervoor wordt gebruik gemaakt van de *Indicator of Coastal Eutrophication Potential* (*ICEP*), waarmee de potentiële koolstofbiomassa van ongewenste algenbloei wordt ingeschat. Deze inschatting wordt uitgevoerd op basis van de hoeveelheden stikstof of fosfor die overblijven nadat alle silicium werd geconsumeerd en uitgedrukt ten opzichte van de oppervlakte van het stroomgebied. De *ICEP* is gebaseerd op de molaire Redfield ratio's waarbij C:N:P:Si zich verhouden als 106:16:1:20. Een onderscheid kan gemaakt worden voor systemen waarbij stikstof limiterend is (Vergelijking 5.3) en systemen waarbij fosfor limiterend is (Vergelijking 5.4). De bovengrens wordt gelegd op 0 (kg C)/km^2/dag zonder bijkomende randvoorwaarde. De ICEP wordt berekend met behulp van de totale siliciumconcentratie (som van de opgeloste en biogene silicium) en beschouwd in elk meetstation waarvoor debietsmetingen beschikbaar zijn (Zeeschelde en Westerschelde).

Methodiek

De parameter *ICEP-TSi* is een samengestelde parameter, gebaseerd op de stikstof-, fosfor- en siliciumconcentratie. Specifiek wordt voor de parameter *ICEP-TSi* gebruik gemaakt van de totale siliciumconcentratie, i.e. de som van de opgeloste en biogene silicium. De individuele gegevensreeksen van silicium worden samengebracht op basis van het meetstation (naam & coördinaten) en het moment van observatie (datum & tijd), waarna een schatting van de totale siliciumconcentratie wordt gemaakt. Deze individuele parameters worden met behulp van de gerapporteerde debietsmetingen omgezet in een stikstof-, fosfor- en siliciumflux op jaarbasis. Vervolgens wordt de geassocieerde ICEP-TSi waarde afgeleid op basis van Vergelijking 5.3 en Vergelijking 5.4. Dit resultaat wordt vervolgens vergeleken met de toetswaarde (0 (kg C)/km²/dag) en de resultaten van de voorbije periodes.

Analyse

De *ICEP-TSi* kan voor meerdere stations met debietsmetingen bepaald worden voor de periodes *2016-2021* en *2010-2015*. Voor de periode *2004-2009* kan de *ICEP-TSi* niet afgeleid worden door het ontbreken van metingen van de biogene siliciumconcentratie. Ook voor het metingen gelinkt met het continue meetstation *Eppegem* zijn geen metingen van de biogene siliciumconcentratie beschikbaar.

De resultaten variëren tussen de verschillende meetstations, met zowel lagere (bijv. meetstations *Dendermonde* en *Wintam*) en hogere (bijv. meetstation *Grens*) indicator-waarden ten opzichte van de periode *2010-2015*. Op geen enkel meetstation wordt het testcriterium van 0 (kg C)/km²/dag gehaald in de periode *2016-2021* (noch in de voorgaande periode), hetgeen suggereert dat het criterium ook aan de monding wordt overschreden. Gelijkaardig aan de *ICEP-DSi*, lijkt de *ICEP-TSi* toe te nemen in de stroomafwaartse richting, met uitzondering van het meetstation *Grens*. Het is mogelijk dat dit beïnvloed wordt door zowel de bijdrage door de zijrivieren (*Durme* en *Rupel*) als het binnendringen van het getij. Een overzicht van de bekomen resultaten wordt gegeven in Tabel 5-12.

Tabel 5-12: Maximale indicatorwaarde voor de potentiële eutrofiëring van de kust die afgeleid werd in de verschillende meetstations (Zeeschelde) in het Schelde-estuarium op basis van de totale siliciumconcentraties. Maxima zijn berekend per periode van zes jaar.

Station	2004-2009	2010-2015	2016-2021
Zijrivieren			
Dendermonde	-	0,84	0,50
Zeeschelde			
Melle / Comp. 19	-	2,74	1,55
Wintam / Comp. 14	-	3,42	1,85
Schelle / Comp. 13	-	6,44	3,84
Grens / Comp. 7b	-	0,30	2,70

5.3.8. TDINflux

Data

De volgende datafiches worden gebruikt voor het analyseren van de rekenparameter *TDINflux*:

- S-FC-N-013 – Nutriënten
- S-FC-V-013 – Nutriënten
- S-HD-V-003 – Debiet – Bovenafvoer

De volgende gegevensreeksen werden geselecteerd voor de periodieke gegevens:

- MWTL chemical monitoring network Westerschelde
- OMES: Monitoring fysical-chemical water quality in the Zeeschelde
- VMM: Surface water monitoring network of the Flemish Environment Agency

Voor de debieten wordt gebruik gemaakt van de (continue) gegevensreeks:

- Flanders Hydraulics Research: Continuous monitoring of discharges in the Scheldt estuary

Een overzicht van de gehanteerde meetstations wordt gegeven in Bijlage D.2.1 (periodieke en continue metingen).

Definitie

Anorganische stikstof draagt bij aan de eutrofiëring van de kustzone en speelt daarmee een rol in de verstoring van de fytoplanktongemeenschap. Om te vermijden dat grote, niet-begraasbare kolonies de bovenhand krijgen, is een maximale stikstofvracht van 60 kton per jaar naar de Noordzee afgeleid (Lancelot *et al.*, 2009). Op basis van de slechte reputatie van de Schelde, is de kans reëel dat de Schelde een relatief grote bijdrage levert aan de eutrofiëring ten opzichte van Seine en Somme, ondanks het relatief kleine netto debiet van de Schelde (circa 5 maal kleiner dan Seine). Door het ontbreken van een betere inschatting van de bijdrage van de verschillende estuaria aan de eutrofiëring van de kustzone, wordt voor het Schelde-estuarium een maximale TDINflux van 15 kton per jaar opgelegd. Deze bovengrens wordt strikt opgelegd aan de monding, maar kan ook toegepast worden op de verschillende zones en/of compartimenten van het estuarium om eventuele problemen te situeren.

Methodiek

De parameter *TDINflux* is een samengestelde parameter, gebaseerd op de ammonium-, nitraat- en nitrietconcentratie. De individuele gegevensreeksen worden samengebracht op basis van het meetstation (naam & coördinaten) en het moment van observatie (datum & tijd), waarna een schatting van de parameter wordt gemaakt op basis van Vergelijking 5.2 (zie Sectie 5.3.3). Deze afgeleide parameter wordt met behulp van gerapporteerde debietsmetingen omgezet in een flux op jaarbasis. Dit resultaat wordt vervolgens vergeleken met de toetswaarde (15 kton/jaar) en de resultaten van de voorbije periodes.

Analyse

De *TDINflux* kan voor meerdere stations met debietsmetingen bepaald worden voor de periodes *2016-2021*. Ook voor de voorgaande periodes zijn er voldoende metingen beschikbaar om de *TDINflux* af te leiden.

De resultaten variëren tussen de verschillende meetstations, met zowel lagere (bijv. meetstation *Melle*) en hogere (bijv. meetstations *Schelle* en *Grens*) flux-waarden ten opzichte van de periode *2010-2015*. Op geen enkel meetstation in de Zeeschelde wordt het testcriterium van 15 kton per jaar gehaald in de periode *2016-2021* (noch in de voorgaande periode), hetgeen suggereert dat het criterium ook aan de monding wordt overschreden. Gelijkaardig aan de *ICEP-DSi* en *ICEP-TSi*, lijkt de *TDINflux* toe te nemen in de stroomafwaartse richting, inclusief het meetstation *Grens*. De zijrivieren tonen een duidelijk lagere *TDINflux* dan de Zeeschelde, maar vertonen eveneens een lichte toename ten opzichte van de periode *2010-2015*. Een overzicht van de bekomen resultaten wordt gegeven in Tabel 5-13.

Tabel 5-13: Maximale flux van totale anorganische opgeloste stikstof (TDINflux) (in kton/jaar) die afgeleid werd in de verschillende meetstations (Zeeschelde) in het Schelde-estuarium. Maxima zijn berekend per periode van zes jaar en uitgedrukt in kton/jaar.

Station	2004-2009	2010-2015	2016-2021
Zijrivieren			
Dendermonde	4,93	4,81	5,18
Eppegem/Zenne	3,86	3,50	3,92
Zeeschelde			
Melle / Comp. 19	14,85	17,11	16,63
Wintam / Comp. 14	22,12	23,87	23,69
Schelle / Comp. 13	43,98	41,10	45,42
Grens / Comp. 7b	53,22	49,73	54,96

5.3.9. Nitriet

Data

De volgende datafiches worden gebruikt voor het analyseren van de rekenparameter *Nitriet*:

- S-FC-N-013 – Nutriënten
- S-FC-V-013 – Nutriënten

De volgende gegevensreeksen werden geselecteerd voor de periodieke gegevens:

- MWTL chemical monitoring network Westerschelde
- OMES: Monitoring fysical-chemical water quality in the Zeeschelde
- VMM: Surface water monitoring network of the Flemish Environment Agency

Een overzicht van de gehanteerde meetstations wordt gegeven in Bijlage D.2.1 (periodieke metingen).

Definitie

De stikstofcyclus wordt gekenmerkt door het creëren van (tussen)producten die toxisch kunnen zijn in een aquatische leefomgeving, waaronder nitriet (NO_2^-). Voor viswater stelt men dat vanaf een concentratie aan nitrietstikstof (NO_2^--N) van 0,1 mg/L er schadelijke effecten kunnen zijn. Daarom geldt de norm van 0,1 mg/L hier als criterium voor de toxiciteit van nitriet-stikstof. De bovengrens wordt bijgevolg gelegd op 0,1 mg/L en wordt beschouwd in elk segment (Zeeschelde) of zone (Westerschelde).

Methodiek

Na de selectie van de relevante gegevensreeksen, worden de stations toegewezen aan de geassocieerde segmenten (niveau 4) en zones (niveau 3). Vervolgens wordt er per segment (Zeeschelde) of per zone (Westerschelde) bepaald wat de maximale nitriet-stikstofconcentratie is die in een periode van 6 jaar gemeten is. Dit resultaat wordt vervolgens vergeleken met de toetswaarde (0,1 mg/L) en de resultaten van de voorbije periodes.

Analyse

De maximale nitrietconcentratie kan voor het merendeel van de segmenten (Zeeschelde) en zones (Westerschelde) bepaald worden voor de periode *2016-2021*. Enkel voor de zone *Mesohalien* zijn er geen gegevens beschikbaar voor de periode *2016-2021* (noch voor de voorgaande periodes).

De resultaten vertonen grotendeels dezelfde trend in de verschillende segmenten en zones, met voornamelijk afnames (bijv. segmenten *Comp. 17* en *Comp. 18*) van de nitrietconcentraties ten opzichte van de periodes *2010-2015* en *2004-2009*. Ondanks de waargenomen afnames, vertonen meerdere segmenten ook een stagnatie van de nitrietconcentratie ten opzichte van de periode *2010-2015*. Bovendien wordt het criterium van maximaal 0,1 mg/L in bijna alle segmenten van de Zeeschelde niet gehaald (met uitzondering van de segmenten *Comp. 12* en *Comp. 7b*). De zones in de Westerschelde en Monding voldoen wel aan het opgelegde criterium. Een overzicht van de bekomen maximumwaarden wordt gegeven in Tabel 5-14 en aangevuld met de resultaten van de stations nabij de grenzen van het estuarium (Kader 5-9).

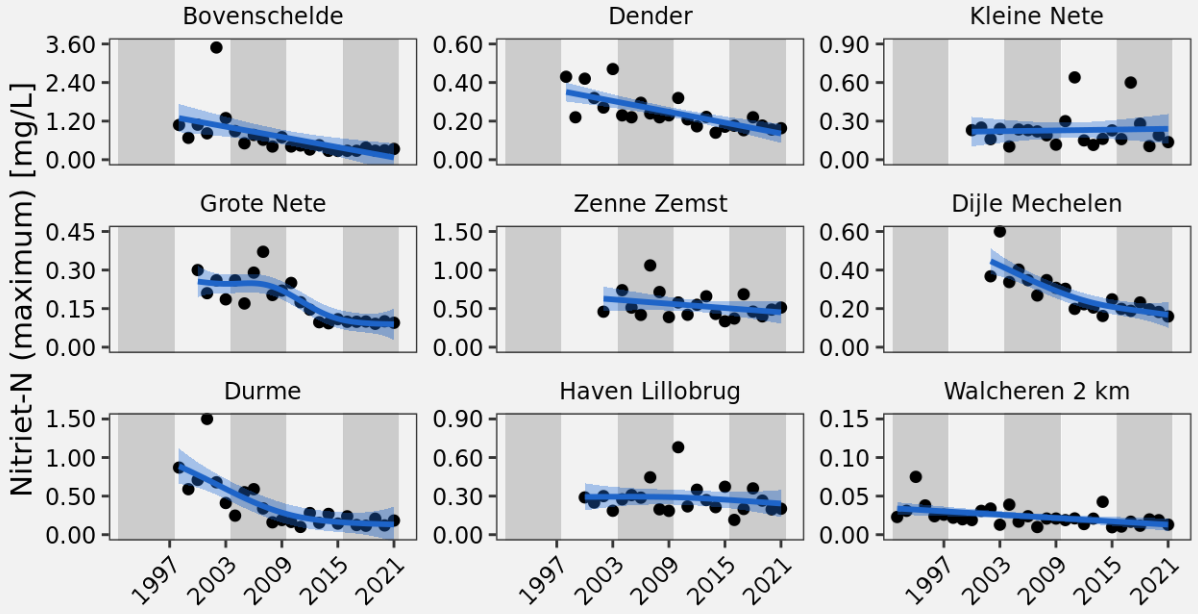
Tabel 5-14: Hoogste concentratie aan nitriet-stikstof (in mg/L) die geobserveerd werd in de verschillende segmenten (Zeeschelde) en zones (Westerschelde) in het Schelde-estuarium. Maxima zijn bepaald per periode van zes jaar.

Segment	2004-2009	2010-2015	2016-2021
Zijrivieren			
GetijdeDijle	0,60	0,37	0,28
GetijdeNete	0,51	0,40	0,23
GetijdeDurme	0,59	0,28	0,24
Rupel	0,93	0,40	0,26
Zeeschelde			
Comp. 19	1,03	0,47	0,47
Comp. 18	0,98	0,40	0,30
Comp. 17	0,80	0,34	0,28
Comp. 16	0,62	0,29	0,30
Comp. 15	0,59	0,29	0,23
Comp. 14	0,65	0,13	0,12
Comp. 13	0,80	0,15	0,11
Comp. 12	0,54	0,10	0,09
Comp. 11	0,55	0,11	0,11
Comp. 10	0,45	0,14	0,11
Comp. 9	0,33	0,24	0,11
Comp. 7b	0,30	0,14	0,09

Segment	2004-2009	2010-2015	2016-2021
Westerschelde			
Mesohalien	-	-	-
Zwak polyhalien	0,14	0,11	0,08
Sterk polyhalien	0,08	0,09	0,06
Monding			
Monding	0,04	0,04	0,02

Kader 5-9 – Maximum nitrietconcentratie op de *boundaries*

Ook voor de stations die buiten het estuarium vallen, zijn de resultaten variërend (zie Figuur 5-9). Het meetstation *Zenne Zemst* toont hierbij de hoogste nitrietconcentratie van alle stations aan de grenzen van het estuarium in de periode *2016-2021*. De meetstations *Bovenschelde* en *Durme* tonen dan weer een duidelijke afname van de nitrietconcentratie sinds het jaar 2000.



Figuur 5-9: Hoogste concentraties aan nitriet-stikstof (in mg/L) die geobserveerd werden in de verschillende meetstations aan de grenzen van het Schelde-estuarium.

5.3.10. Ammoniak

Data

De volgende datafiches worden gebruikt voor het analyseren van de rekenparameter *Ammoniak*:

- S-FC-N-004 – Temperatuur (periodiek)
- S-FC-V-004 – Temperatuur – Periodiek
- S-FC-N-008 – pH (periodiek)
- S-FC-V-008 – pH – Periodiek
- S-FC-N-013 – Nutriënten
- S-FC-V-013 – Nutriënten

De volgende gegevensreeksen werden geselecteerd voor de periodieke gegevens:

- MWTL chemical monitoring network Westerschelde
- OMES: Monitoring fysical-chemical water quality in the Zeeschelde
- VMM: Surface water monitoring network of the Flemish Environment Agency

Een overzicht van de gehanteerde meetstations wordt gegeven in Bijlage D.2.1 (periodieke metingen).

Definitie

De stikstofcyclus wordt gekenmerkt door het creëren van (tussen)producten die toxisch kunnen zijn in een aquatische leefomgeving, waaronder ammoniak (NH_3). Ammoniak (NH_3) heeft bij concentraties boven 0,025 mg/L NH_3-N een schadelijke invloed op diverse organismen in het aquatische ecosysteem. De bovengrens wordt bijgevolg gelegd op 0,025 mg/L en wordt beschouwd in elk segment (Zeeschelde) of zone (Westerschelde).

Methodiek

De parameter *Ammoniak* wordt niet standaard gemeten binnen het MONEOS monitoringsprogramma en is bijgevolg een samengestelde parameter, gebaseerd op de ammoniumconcentratie, pH-waarde en watertemperatuur. De individuele gegevensreeksen worden samengebracht op basis van het meetstation (naam & coördinaten) en het moment van observatie (datum & tijd), waarna een schatting van de parameter wordt gemaakt op basis van Vergelijking 5.5 en Vergelijking 5.6. De relevante meetstations worden toegewezen aan de geassocieerde segmenten (niveau 4) en zones (niveau 3). Vervolgens wordt er per zone (Zeeschelde & Westerschelde) bepaald wat de maximale ammoniakconcentratie is die in een periode van 6 jaar gemeten is. Dit resultaat wordt vervolgens vergeleken met de toetswaarde (0,025 mg/L) en de resultaten van de voorbije periodes.

$$pH - pKa = \log\left(\frac{[NH_3]}{[NH_4^+]}\right) \tag{5.5}$$

$$pKa = 0{,}09018 + \frac{2729{,}92}{T} \tag{5.6}$$

Met *T* de temperatuur (Kelvin).

Analyse

De maximale ammoniakconcentratie kan voor het merendeel van de segmenten (Zeeschelde) en zones (Westerschelde) bepaald worden voor de periode *2016-2021*. Enkel voor zone *Mesohalien* zijn er geen gegevens beschikbaar voor de periode *2016-2021* (noch voor de voorgaande periodes).

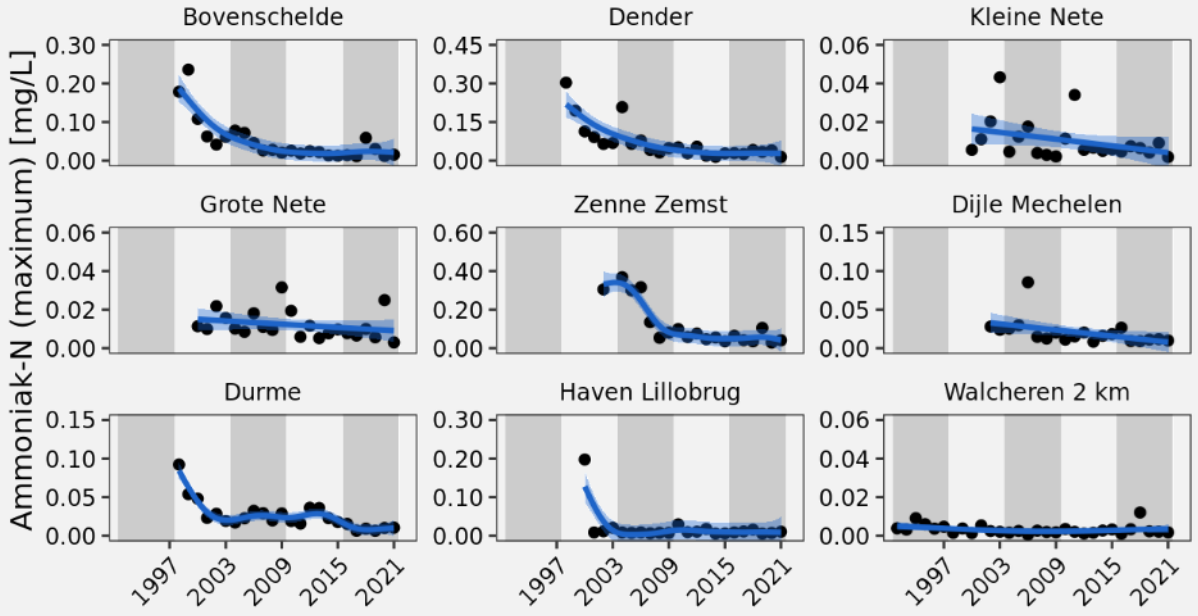
De resultaten vertonen grotendeels dezelfde trend in de verschillende segmenten en zones, met afnames van de ammoniakconcentraties ten opzichte van de periodes *2010-2015* en *2004-2009*. Ondanks deze afname in de ammoniakconcentratie wordt het criterium van maximum 0,025 mg/L in meerdere stroomopwaartse segmenten in de Zeeschelde (*Comp. 16* t.e.m. *Comp. 19*) niet gehaald. Ook in segment *Comp. 9* wordt een overschrijding van het testcriterium waargenomen, hetgeen evenwel een lokale verklaring lijkt te hebben. Een overzicht van de bekomen maximumwaarden wordt gegeven in Tabel 5-15 en aangevuld met de resultaten van de stations nabij de grenzen van het estuarium (Kader 5-10).

Tabel 5-15: Hoogste concentratie aan ammoniak-stikstof (in mg/L) die geobserveerd werd in de verschillende segmenten (Zeeschelde) en zones (Westerschelde) in het Schelde-estuarium. Maxima zijn bepaald per periode van zes jaar.

Segment	2004-2009	2010-2015	2016-2021
Zijrivieren			
GetijdeDijle	0,315	0,037	0,025
GetijdeNete	0,043	0,019	0,025
GetijdeDurme	0,032	0,036	0,015
Rupel	0,062	0,026	0,016
Zeeschelde			
Comp. 19	0,053	0,055	0,033
Comp. 18	0,031	0,018	0,015
Comp. 17	0,058	0,018	0,012
Comp. 16	0,031	0,014	0,047
Comp. 15	0,021	0,025	0,016
Comp. 14	0,036	0,037	0,008
Comp. 13	0,067	0,011	0,007
Comp. 12	0,016	0,009	0,006
Comp. 11	0,053	0,010	0,006
Comp. 10	0,022	0,008	0,010
Comp. 9	0,018	0,027	0,038
Comp. 7b	0,016	0,010	0,010
Westerschelde			
Mesohalien	-	-	-
Zwak polyhalien	0,008	0,005	0,009
Sterk polyhalien	0,009	0,006	0,008
Monding			
Monding	0,003	0,004	0,012

Kader 5-10 – Maximum ammoniakconcentratie op de *boundaries*

Voor de stations die buiten het estuarium vallen, lijken de resultaten een gelijkaardige (afnemende tot stagnerende) trend te volgen (zie Figuur 5-10). Het meetstation *Zenne Zemst* toont hierbij de hoogste ammoniakconcentratie van alle stations aan de grenzen van het estuarium in de periode *2016-2021*. De meetstations *Bovenschelde*, *Dender* en *Durme* tonen dan weer een duidelijke afname van de ammoniakconcentratie sinds het jaar 2000.



Figuur 5-10: Hoogste concentraties aan ammoniak-stikstof (in mg/L) die geobserveerd werden in de verschillende meetstations aan de grenzen van het Schelde-estuarium.

5.4. Toetsparameter Abiotisch klimaat

Het functioneren van aquatische organismen wordt in grote mate bepaald door de heersende omgevingscondities. De abiotische omstandigheden waarin organismen zich voeden, verschuilen en reproduceren bepalen de efficiëntie waarmee deze ecologische processen plaatsvinden. In optimale omstandigheden kan er meer energie afgeleid worden voor de opbouw van biomassa en de reproductie, hetgeen de ontwikkeling van robuuste populaties en gemeenschappen ondersteunt. Echter, suboptimale omstandigheden ondermijnen deze ontwikkeling en zetten de bestaande populaties en interacties onder druk, waardoor energieverlies optreedt. Zo kan de groei van algen (als basis van de voedselketen) sterk beïnvloed worden door variaties in het chloridegehalte, hetgeen op korte termijn kan leiden tot stress en een verminderde productie. Ook een toename in zwevende stof heeft een negatieve invloed op de primaire productie door een reductie van de eufotische diepte en een algemene afname van de lichtbeschikbaarheid. Hierdoor worden zowel de zoutgradiënt als de troebelheid beschouwd als belangrijke sturende factoren van de energiedoorstroming in het Schelde-estuarium. Deze processen worden verder beïnvloed door de watertemperatuur, dewelke een rechtstreekse invloed heeft op de stofwisseling van veel organismen. Zo leidt een toename in watertemperatuur tot een afname van de zuurstofconcentratie, waardoor binnen deze toetsparameter de volgende drie rekenparameters worden beschouwd: *Chloride* (Sectie 5.4.1), *Zwevende stof* (Sectie 5.4.2) en *Watertemperatuur* (sectie 5.4.3).

5.4.1. Chloridegehalte

Data

De volgende datafiches worden gebruikt voor het analyseren van de rekenparameter *Chloride*:

- S-FC-N-021 – Chloride (Cl) – Periodiek
- S-FC-V-021 – Chloride – Periodiek

De volgende gegevensreeksen werden geselecteerd voor de periodieke gegevens:

- MWTL chemical monitoring network Westerschelde
- OMES: Monitoring fysical-chemical water quality in the Zeeschelde
- VMM: Surface water monitoring network of the Flemish Environment Agency

Een overzicht van de gehanteerde meetstations wordt gegeven in Bijlage D.3.1 (periodieke metingen).

Definitie

Het chloridegehalte (en de geassocieerde zoutgradiënt) is een essentieel kenmerk van het Schelde-estuarium en bepaalt in sterke mate de structurele en functionele kenmerken van het aquatische ecosysteem. Stroomopwaarts zorgt de instroom van verscheidene zoetwaterrivieren voor een lage zoutconcentratie, dewelke gradueel toeneemt in afwaartse richting door binnendringen van het getij. Verschuivingen van deze gradiënt en de onderliggende dynamiek op lange termijn (enkele jaren tot decennia) kunnen leiden tot verschuivingen in de soortendiversiteit en in het functioneren van het volledige ecosysteem. Om deze verschuivingen in het zoutgehalte te detecteren, worden zone-specifieke bovengrenzen gedefinieerd (zie verder), dewelke beschouwd worden in elk segment (Zeeschelde) of zone (Westerschelde).

Methodiek

Na de selectie van de relevante gegevensreeksen, worden de stations toegewezen aan de geassocieerde segmenten (niveau 4) en zones (niveau 3). Vervolgens wordt er per segment (Zeeschelde) en per zone (Westerschelde) bepaald wat de 90-percentielwaarde is van alle observaties die in een periode van 6 jaar gerapporteerd zijn. Dit resultaat wordt vervolgens vergeleken met de zone-specifieke toetswaarden en met de resultaten van de voorbije periodes.

Analyse

De 90-percentielwaarde voor chloride kan voor het merendeel van de segmenten (Zeeschelde) en zones (Westerschelde) bepaald worden voor de periode *2016-2021*. Enkel voor de zone *Mesohalien* zijn er geen gegevens beschikbaar voor de periode *2016-2021* (noch voor de voorgaande periodes).

De resultaten vertonen grotendeels dezelfde trend in de verschillende segmenten en zones, met toenames (bijv. in segmenten *Comp. 9* t.e.m. *Comp. 12*) en afnames (bijv. in segmenten *Comp. 18* en *Comp. 19*) van de 90-percentielwaarde ten opzichte van de periode *2010-2015*. Het merendeel van de segmenten in de Zeeschelde voldoet aan het zone-specifieke criterium, met uitzondering van *Comp. 15*. In de (zoete) zijrivieren wordt het testcriterium van 200 mg/L niet gehaald in de periode *2016-2021*, met een duidelijk overschrijding in het segment *GetijdeDurme*. Een overzicht van de bekomen percentielwaarden wordt gegeven in Tabel 5-16 en aangevuld met de resultaten van de stations nabij de grenzen van het estuarium (Kader 5-11).

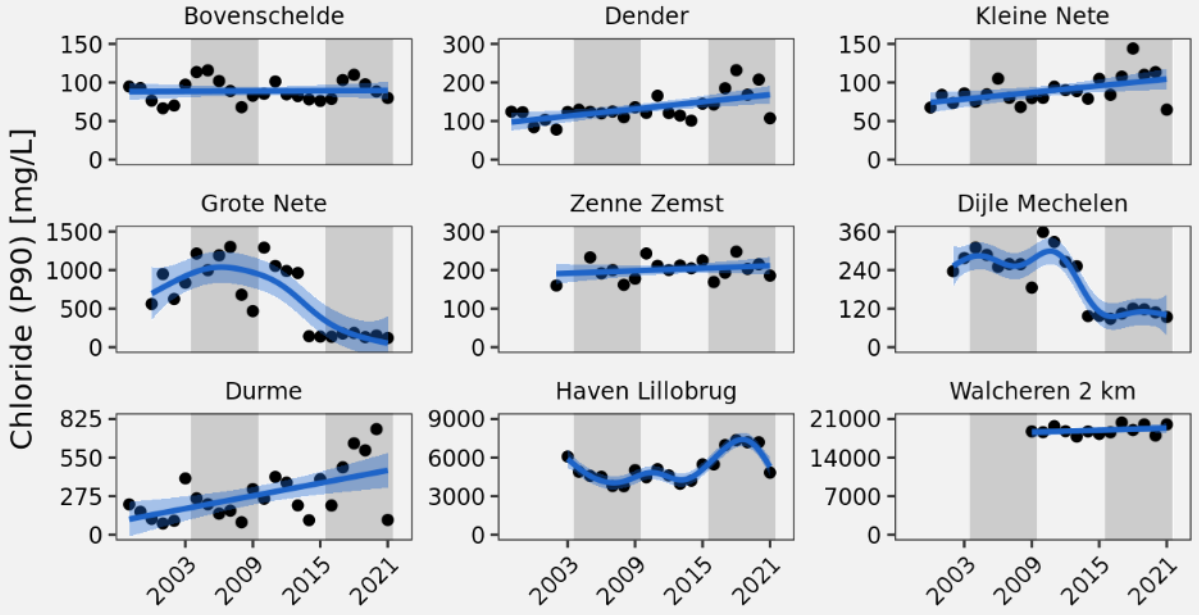
Tabel 5-16: 90-percentielwaarden voor chloride (in mg/L) afgeleid in de verschillende segmenten (Zeeschelde) en zones (Westerschelde) in het Schelde-estuarium. Percentielen zijn berekend per periode van zes jaar.

Segment	Toetswaarde (mg/L)	2004-2009	2010-2015	2016-2021
Zijrivieren				
GetijdeDijle	200	231	315	239
GetijdeNete	200	377	351	217
GetijdeDurme	200	224	353	556
Rupel	3000	429	451	978
Zeeschelde				
Comp. 19	200	110	162	100
Comp. 18	200	104	139	100
Comp. 17	200	102	151	120
Comp. 16	200	107	156	159
Comp. 15	200	217	237	512
Comp. 14	3000	409	628	1130
Comp. 13	3000	773	1577	2542
Comp. 12	10000	3072	3996	5740
Comp. 11	10000	4395	5731	7750
Comp. 10	10000	6078	6824	8600
Comp. 9	10000	7048	7351	9367
Comp. 7b	10000	6908	6742	9660

Segment	Toetswaarde (mg/L)	2004-2009	2010-2015	2016-2021
Westerschelde				
Mesohalien	10000	-	-	-
Zwak polyhalien	17000	13730	13220	14720
Sterk polyhalien	17000	17405	17082	18000
Monding				
Monding	-	18747	18900	20000

Kader 5-11 – P_{90} chlorideconcentratie op de *boundaries*

Ook voor de stations die buiten het estuarium vallen, zijn de resultaten variërend (zie Figuur 5-11). Het meetstation *Walcheren 2 km* toont hierbij (naar verwachting) de hoogste 90-percentielwaarde van alle stations aan de grenzen van het estuarium in de periode *2016-2021*. Verder kan een lichte toename in de tijd waargenomen worden voor meerdere meetstations (*Dender*, *Kleine Nete*, *Zenne Zemst* en *Durme*). De (relatief) lage 90-percentielwaarden voor de meetstations *Grote Nete* en *Dijle Mechelen* in de periode *2016-2021* geven dan weer een verrassende afname weer.



Figuur 5-11: 90ste percentielwaarden van de chlorideconcentraties die geobserveerd werden in de verschillende meetstations aan de grenzen van het Schelde-estuarium.

Naast deze verschuivingen in het zoutgehalte op lange termijn wordt er ook aandacht besteed aan de zoutdynamiek op kortere termijn, waaronder (1) schommelingen in het zoutgehalte (middellange termijn) en (2) zoutstress (korte termijn). Voor deze variaties zijn er geen eenduidige criteria voorhanden, waardoor deze dynamiek als verklarende parameter (*Zoutdynamiek*) een plaats krijgt binnen deze communicatie-indicator (zie Sectie 5.6.2).

5.4.2. Zwevende stof

Data

De volgende datafiches worden gebruikt voor het analyseren van de rekenparameter *Zwevende stof*:

- S-FC-V-005 – Turbiditeit – Continu
- S-FC-N-019 – Zwevendstof (periodiek)
- S-FC-V-019 – Zwevende stof – Periodiek

De volgende gegevensreeksen werden geselecteerd voor de periodieke gegevens:

- MWTL chemical monitoring network Westerschelde
- OMES: Monitoring fysical-chemical water quality in the Zeeschelde
- VMM: Surface water monitoring network of the Flemish Environment Agency

Voor de continue data wordt gebruik gemaakt van de gegevensreeks:

- Flanders Hydraulics Research: Continuous monitoring of suspended solids in the Scheldt estuary

Een overzicht van de gehanteerde meetstations wordt gegeven in Bijlage D.3.1 (periodieke en continue metingen).

Definitie

De hoeveelheid zwevende stof in het water bepaalt de troebelheid van de waterkolom en heeft daardoor een invloed op het lichtklimaat (en bijgevolg de primaire productie). Veranderingen in de hoeveelheid zwevende stof zullen dus bepalend zijn voor de primaire productie en het functioneren van het volledige ecosysteem. Een toename in de hoeveelheid zwevende stof wordt beschouwd als een ongewenste evolutie, ongeacht de zone. De bovengrens wordt gelegd op het 6-jarig gemiddelde gedurende de periode 2004-2009 (i.e. de T2009-periode) en wordt beschouwd in elke zone (Zeeschelde en Westerschelde). Additionele bovengrenzen worden voorzien voor de zones *Zoet, korte verblijftijd* en *Zoet, lange verblijftijd*, met 130 mg/L als maximale waarde voor het 6-maandelijks glijdend gemiddelde en 200 mg/L als maximale absolute bovengrens.

Methodiek

Na de selectie van de relevante gegevensreeksen, worden de stations toegewezen aan de geassocieerde segmenten (niveau 4) en zones (niveau 3). Vervolgens wordt er per zone (Zeeschelde & Westerschelde) bepaald wat de gemiddelde hoeveelheid zwevende stof is die in een periode van 6 jaar gemeten is. Hiervoor wordt stapsgewijs gewerkt, namelijk: (1) bepalen gemiddelde concentratie per station per maand, (2) bepalen gemiddelde concentratie per station per jaar, (3) bepalen gemiddelde concentratie per segment per jaar, (4) bepalen gemiddelde concentratie per zone per jaar, en (5) bepalen gemiddelde concentratie per zone per periode. Dit resultaat wordt vervolgens vergeleken met de referentieperiode (*2004-2009*).

Additioneel wordt er voor de zones *Zoet, korte verblijftijd* en *Zoet, lange verblijftijd* gebruik gemaakt van (1) het maandelijkse gemiddelde en (2) het 6-maandelijks glijdend gemiddelde. Voor beide zones wordt het hoogste maandelijkse gemiddelde en het hoogste 6-maandelijks glijdend gemiddelde vergeleken met de respectievelijke toetswaarden, namelijk 200 mg/L en 130 mg/L.

Analyse

De gemiddelde hoeveelheid zwevende stof kan voor het merendeel van de zones bepaald worden voor de periode *2016-2021*. Enkel voor de zone *Mesohalien* zijn er geen gegevens beschikbaar voor de periode *2016-2021* (noch voor de periode *2010-2015*).

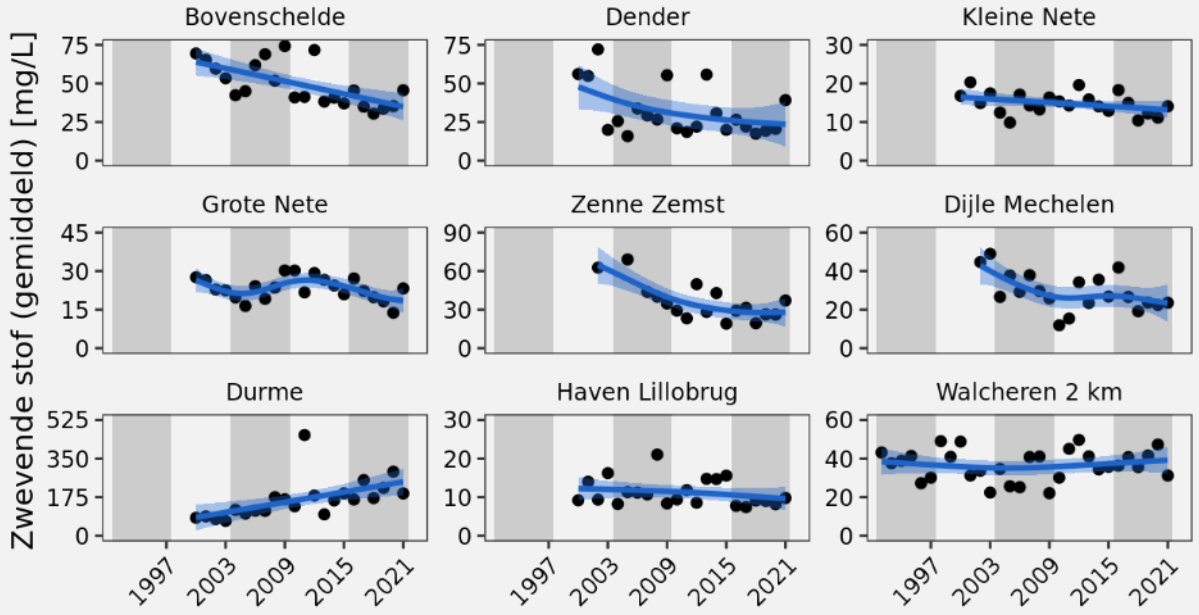
De resultaten variëren tussen de verschillende zones, met zowel (lichte) toenames (bijv. zones *Zoet, lange verblijftijd* en *Oligohalien*) en (lichte) afnames (bijv. zones *Zoet, korte verblijftijd* en *Zwak/Sterk polyhalien*) ten opzichte van de periode *2004-2009*. Toenames van de gemiddelde hoeveelheid zwevende stof worden voornamelijk waargenomen in de stroomopwaartse zones, terwijl de meer stroomafwaartse zones een lichte afname ten opzichte van de periode *2010-2015* aangeven. De gemiddelde concentraties vertonen evenwel geen grote variatie ten opzichte van de voorgaande periodes, met uitzondering van de duidelijke toename in de gemiddelde hoeveelheid zwevende stof die in de zone *Durme* wordt waargenomen. Een overzicht van de bekomen gemiddeldes wordt gegeven in Tabel 5-17 en aangevuld met de resultaten van de stations nabij de grenzen van het estuarium (Kader 5-12).

Tabel 5-17: Gemiddelde hoeveelheid zwevende stof (in mg/L) die afgeleid werd in de verschillende zones (Zeeschelde en Westerschelde) in het Schelde-estuarium. Gemiddeldes zijn berekend per periode van zes jaar.

Zone	2004-2009	2010-2015	2016-2021
Zijrivieren			
Zoet zijrivier	68,08	62,13	66,53
Durme	130,48	203,41	214,26
Rupel	76,39	78,63	90,54
Zeeschelde			
Zoet kort verblijf	95,26	92,17	108,83
Zoet lang verblijf	117,14	128,13	157,25
Oligohalien	91,99	111,85	137,57
Saliniteitsgradient	65,91	95,11	105,19
Westerschelde			
Mesohalien	-	-	-
Zwak polyhalien	37,67	45,65	42,85
Sterk polyhalien	63,47	68,34	58,22
Monding			
Monding	31,53	39,33	38,77

Kader 5-12 – Gemiddelde hoeveelheid zwevende stof op de *boundaries*

Ook voor de stations die buiten het estuarium vallen, zijn de resultaten variërend (zie Figuur 5-12). Het meetstation *Durme* toont hierbij de hoogste gemiddelde hoeveelheid zwevende stof van alle stations aan de grenzen van het estuarium in de periode *2016-2021* en ook een duidelijke toename in de tijd. Andere meetstations tonen dan weer een lichte afname van de gemiddelde hoeveelheid zwevende stof in de tijd (*Bovenschelde*, *Grote Nete*, *Zenne Zemst*). In de meetstations *Haven Lillobrug* en *Walcheren 2 km* wordt dan weer eerder een stabiele situatie van de gemiddelde hoeveelheid zwevende stof waargenomen.



Figuur 5-12: Gemiddelde hoeveelheid zwevende stof die geobserveerd werd in de verschillende meetstations aan de grenzen van het Schelde-estuarium.

De additionele analyses van de zoete zones (*Zoet, korte verblijftijd* en *Zoet, lange verblijftijd*) tonen aan dat de maximale waarde van zowel het 6-maandelijks glijdend gemiddelde en het maandelijks gemiddelde de voorgeschreven toetswaarden (respectievelijk 130 mg/L en 200 mg/L) zeer duidelijk overschrijden (Tabel 5-18 en Tabel 5-19). De afgeleide maxima voor de periode *2016-2021* liggen lager in de zone *Zoet, korte verblijftijd* voor de periode *2004-2009*, maar zijn dan weer hoger in de zone *Zoet, lange verblijftijd*.

Tabel 5-18: Hoogste gemiddelde hoeveelheid zwevende stof (in mg/L) die afgeleid werd in de verschillende zoete zones (Zeeschelde) in het Schelde-estuarium. Maxima zijn berekend per periode van zes jaar, startend van het 6-maandelijks glijdend gemiddelde.

Zone	2004-2009	2010-2015	2016-2021
Zeeschelde			
Zoet kort verblijf	325,67	378,92	424,17
Zoet lang verblijf	257,17	446,75	423,67

Tabel 5-19: Hoogste hoeveelheid zwevende stof (in mg/L) die afgeleid werd in de verschillende zoete zones (Zeeschelde) in het Schelde-estuarium. Maxima zijn berekend op maandbasis per periode van zes jaar.

Zone	2004-2009	2010-2015	2016-2021
Zeeschelde			
Zoet kort verblijf	477,00	554,00	699,00
Zoet lang verblijf	460,00	545,00	660,00

De continue meetposten vullen de periodieke metingen d.m.v. langsvaarten aan door zowel overdag als doorheen de nacht de hoeveelheid zwevende stof af te leiden van de uitgevoerde turbiditeitsmetingen. De gemiddelde hoeveelheid zwevende stof die tijdens de periode *2016-2021* op deze locaties gemeten worden, zijn voornamelijk lager dan de gemiddeldes die tijdens de periode 2010-2015 zijn afgeleid. Een vergelijking met de periode *2004-2009* kan enkel voor het station *Oosterweel* gemaakt worden, waaruit een toename van de gemiddelde hoeveelheid zwevende stof blijkt. Daarnaast blijken ook de meetstations *Melle*, *Kruibeke* en *Lillo* een afname van de gemiddelde hoeveelheid zwevende stof weer te geven. Een getabuleerde weergave van deze station-specifieke resultaten is voorzien in Tabel 5-20.

Tabel 5-20: Gemiddelde hoeveelheid zwevende stof (in mg/L) die afgeleid werd in de verschillende continue meetstations in het Schelde-estuarium. Gemiddeldes zijn berekend per periode van zes jaar.

Station	2004-2009	2010-2015	2016-2021
Zijrivieren			
Klein Willebroek/Rupel	-	-	115,2
Zeeschelde			
Melle	-	235,4	143,9
Schellebelle	-	-	110,8
Weert	-	-	303,8
Kruibeke	-	222,6	163,2
Oosterweel	179,1	340,5	310,2
Liefkenshoek	-	-	111,5
Lillo Boven	-	209,8	194,0

Naast de hoeveelheid zwevende stof in de waterkolom kunnen ook andere parameters aangewend worden om het lichtklimaat te beschrijven. Zo worden doorzicht, turbiditeit en de extinctiecoëfficiënt eveneens opgevolgd in het estuarium, maar niet opgenomen als rekenparameters. Er wordt namelijk verwacht dat deze parameters gelijkaardige signalen als de hoeveelheid zwevende stof aanleveren. Deze additionele parameters worden echter wel deels aangewend in de verklarende parameter *Lichtklimaat* (zie Sectie 5.6.3). Bovendien wordt binnen deze verklarende parameter ook aandacht gegeven aan de mengdiepte, aangezien deze in combinatie met de eufotische diepte een indicatie geeft van de effectieve lichtlimitatie.

5.4.3. Watertemperatuur

Data

De volgende datafiches worden gebruikt voor het analyseren van de rekenparameter *Watertemperatuur*:

- S-FC-N-001 – Saliniteit, temperatuur, geleidbaarheid (continu)
- S-FC-N-004 – Temperatuur (periodiek)
- S-FC-V-003 – Temperatuur – Continu
- S-FC-V-004 – Temperatuur – Periodiek

De volgende gegevensreeksen werden geselecteerd voor de periodieke gegevens:

- MWTL chemical monitoring network Westerschelde
- OMES: Monitoring fysical-chemical water quality in the Zeeschelde
- VMM: Surface water monitoring network of the Flemish Environment Agency

Voor de continue data wordt gebruik gemaakt van de gegevensreeks:

- Flanders Hydraulics Research: Continuous monitoring of water temperature in the Scheldt estuary

Een overzicht van de gehanteerde meetstations wordt gegeven in Bijlage D.3.1 (periodieke en continue metingen).

Definitie

De watertemperatuur heeft een belangrijke invloed op het functioneren van een aquatisch ecosysteem. Enerzijds beïnvloedt het de maximale opgeloste zuurstofconcentratie en anderzijds heeft het een effect op de respiratie en activiteit van organismen. Hierdoor beïnvloedt watertemperatuur direct én indirect de aanwezigheid van heterotrofe organismen. Voor vele hogere organismen in het Schelde-estuarium zijn hoge watertemperaturen dan ook eerder ongewenst, waardoor bestaande milieukwaliteitsnormen een maximale watertemperatuur van 25 °C voorschrijven. De bovengrens wordt bijgevolg gelegd op 25 °C en wordt beschouwd in elk segment (Zeeschelde) of zone (Westerschelde).

Methodiek

Na de selectie van de relevante gegevensreeksen, worden de stations toegewezen aan de geassocieerde segmenten (niveau 4) en zones (niveau 3). Vervolgens wordt er per segment (Zeeschelde) of per zone (Westerschelde) bepaald wat de maximale watertemperatuur is die in een periode van 6 jaar gemeten is. Dit resultaat wordt vervolgens vergeleken met de toetswaarde (25 °C) en de resultaten van de voorbije periodes.

Analyse

De maximale watertemperatuur kan voor het merendeel van de segmenten (Zeeschelde) en zones (Westerschelde) bepaald worden voor de periode *2016-2021*. Enkel voor de zone *Mesohalien* zijn er geen gegevens beschikbaar voor de periode *2016-2021* (noch voor de periode *2010-2015*).

De resultaten vertonen grotendeels dezelfde trend in de verschillende segmenten en zones, met voornamelijk toenames (bijv. in de zijrivieren en stroomafwaartse segmenten) van de maximale watertemperatuur ten opzichte van de periode *2010-2015*. Bijgevolg voldoet het merendeel van de segmenten in de Zeeschelde niet aan het criterium van maximaal 25 °C.

Ook in de verschillende zijrivieren wordt dit criterium niet gehaald, terwijl dit in de periode *2010-2015* wel gehaald werd. De stroomafwaartse segmenten in de Zeeschelde die het criterium wel halen, liggen bovendien zeer dicht tegen het criterium aan (zie segmenten *Comp. 9* t.e.m. *Comp. 11*). Een overzicht van de bekomen maximumwaarden wordt gegeven in Tabel 5-21 en aangevuld met de resultaten van de stations nabij de grenzen van het estuarium (Kader 5-9).

Tabel 5-21: Hoogste watertemperatuur (in °C) die geobserveerd werd in de verschillende segmenten (Zeeschelde) en zones (Westerschelde) in het Schelde-estuarium. Maxima zijn bepaald per periode van zes jaar.

Segment	2004-2009	2010-2015	2016-2021
Zijrivieren			
GetijdeDijle	23,70	24,05	25,05
GetijdeNete	24,90	24,15	25,50
GetijdeDurme	26,40	24,55	25,70
Rupel	27,40	24,65	25,85
Zeeschelde			
Comp. 19	28,80	28,30	25,85
Comp. 18	26,00	26,55	25,60
Comp. 17	25,80	25,75	25,25
Comp. 16	28,40	25,40	25,30
Comp. 15	25,20	26,05	26,45
Comp. 14	26,60	25,40	26,60
Comp. 13	26,10	24,75	26,10
Comp. 12	23,70	24,15	25,10
Comp. 11	25,40	23,90	24,90
Comp. 10	25,30	23,55	24,55
Comp. 9	24,90	23,60	24,50
Comp. 7b	25,50	24,20	25,20
Westerschelde			
Mesohalien	-	-	-
Zwak polyhalien	23,50	21,90	23,20
Sterk polyhalien	23,21	21,10	23,00
Monding			
Monding	21,13	20,00	22,10

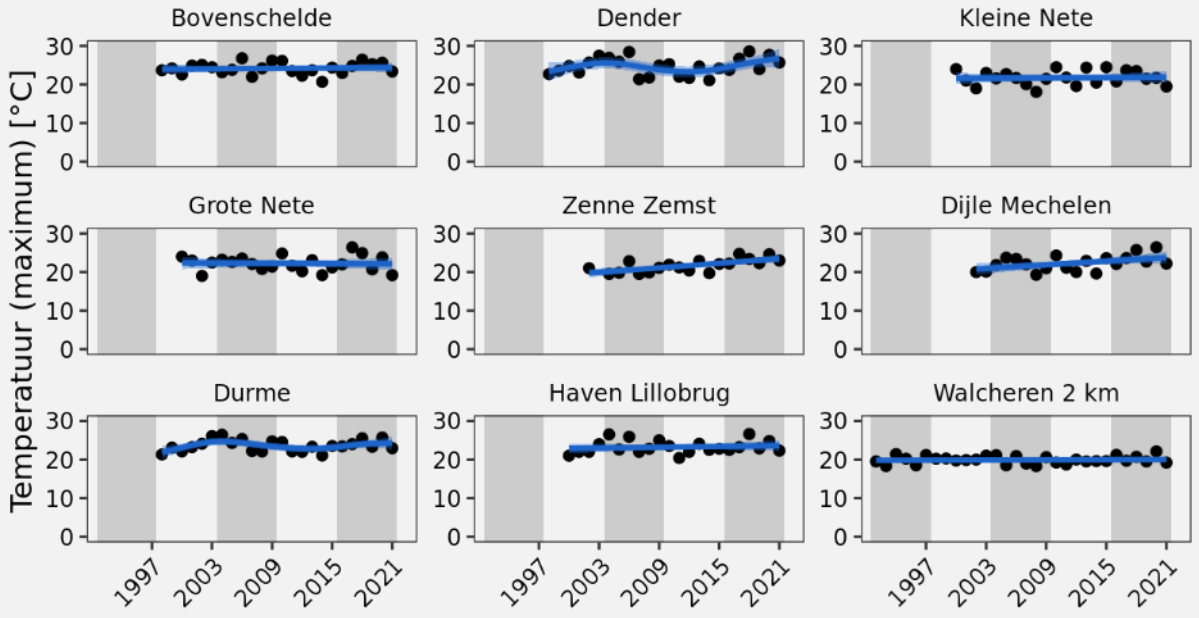
De continue meetposten vullen de periodieke metingen d.m.v. langsvaarten aan door zowel overdag als doorheen de nacht de watertemperatuur te meten. De hoogste watertemperatuur die tijdens de periode *2016-2021* op deze locaties gemeten worden, zijn zowel hoger als lager dan de hoogste temperaturen die tijdens de periode 2010-2015 zijn gemeten. Bovendien wordt op meerdere stations een maximum waargenomen dat hoger is dan de toetswaarde van 25 °C. Een getabuleerde weergave van deze station-specifieke resultaten is voorzien in Tabel 5-22.

Tabel 5-22: Hoogste watertemperatuur (in °C) die gemeten werd in de verschillende continue meetstations in het Schelde-estuarium. Maxima zijn berekend per periode van zes jaar.

Station	2004-2009	2010-2015	2016-2021
Zijrivieren			
Dendermonde	-	26,4	27,9
Eppegem	-	24,2	26
Zeeschelde			
Duffel	-	27,3	23,8
Kruibeke	-	16,5	25,6
Melle	-	27,4	27,4
Schellebelle	-	-	27

Kader 5-13 – Maximum watertemperatuur op de *boundaries*

Ook voor de stations die buiten het estuarium vallen, zijn de resultaten gelijkaardig (zie Figuur 5-13). Het meetstation *Dender* toont hierbij de hoogste watertemperatuur van alle stations aan de grenzen van het estuarium in de periode *2016-2021*. Een aantal stations vertoont een (lichte) toename van de maximumtemperatuur in de tijd (*Bovenschelde*, *Dender*, *Zenne Zemst*, *Dijle Mechelen*), terwijl andere stations eerder een stabielere situatie weergeven (*Kleine Nete*, *Grote Nete*, *Walcheren 2 km*).



Figuur 5-13: Hoogste watertemperatuur die geobserveerd werden in de verschillende meetstations aan de grenzen van het Schelde-estuarium.

Naast deze maximale watertemperatuur wordt ook aandacht besteed aan de temperatuurdynamiek, waaronder (1) de gemiddelde seizoentemperatuur, (2) het winterminimum en (3) de eerste keer 12 °C. Deze additionele rekenparameters worden opgenomen onder de verklarende parameter *Temperatuurdynamiek* (zie Sectie 5.6.4).

5.5. Toetsparameter Verontreinigende stoffen

Naast de determinerende invloed die organische belasting en nutriëntaanwezigheid uitoefenen op het ecosysteem, dient ook aandacht besteed te worden aan de aanwezigheid van verontreinigende stoffen. Deze stoffen kunnen eveneens interfereren met de groei of voortplanting van diverse organismen en zijn in bepaalde gevallen zelfs acuut toxisch. Daarnaast worden deze stoffen doorgegeven in de voedselketen naar hogere trofische niveaus, waar accumulatie kan optreden met potentieel toxische gevolgen. Monitoring en evaluatie van deze stoffen is daarom essentieel, maar een evaluatie vanuit het functioneren van het ecosysteem is echter niet vanzelfsprekend. Bijgevolg worden binnen deze toetsparameter de volgende rekenparameters gehanteerd: *Verontreinigende stoffen in het oppervlaktewater* (Sectie 5.5.1), *Verontreinigende stoffen in de waterbodem* (Sectie 5.5.2) en *Verontreinigende stoffen in biota* (Sectie 5.5.3).

Doorheen de hierop volgende analyses en evaluaties van de betreffende rekenparameters wordt gebruik gemaakt van een specifiek veiligheidsprincipe. Dit wilt zeggen dat metingen die onder de rapportagegrens (ook gekend als bepalingsgrens of kwantificeringslimiet) vallen, gelijkgesteld worden aan een specifieke waarde, bijv. de gehanteerde grenswaarde[22]. Dit ondersteunt een completere analyse en opvolging van de gemeten stoffen, maar neemt ook die stoffen mee waarvan de analytische grenswaarde hoger ligt dan de beschouwde referentie- of normwaarde. Merk op dat er doorheen deze sectie gebruik wordt gemaakt van de algemene term "grenswaarde", waarmee gerefereerd wordt naar (synoniemen van) de bepalingsgrens.

5.5.1. Verontreinigende stoffen in oppervlaktewater

Data

De volgende datafiches worden gebruikt voor het analyseren van de rekenparameter *Verontreinigende stoffen in oppervlaktewater*:

- S-FC-N-014 – Zware metalen in de waterfase
- S-FC-N-016 – Organische microverontreinigingen
- S-FC-V-014 – Zware metalen in de waterfase
- S-FC-V-016 – Organische microverontreinigingen

De volgende gegevensreeksen werden geselecteerd voor de periodieke gegevens:

- MWTL chemical monitoring network Westerschelde
- VMM: Surface water monitoring network of the Flemish Environment Agency

Een overzicht van de gehanteerde meetstations wordt gegeven in Bijlage D.4.1 (periodieke metingen).

[22] Merk op dat deze rapportagegrens verschilt van de detectiegrens. Deze detectiegrens is de laagste concentratie waarbij de aanwezigheid van een bepaalde stof in het monster kan worden opgemerkt (ook gekend als de aantoonbaarheidsgrens). Een stof die aangetoond/gedetecteerd wordt, is bijgevolg niet noodzakelijk kwantificeerbaar. Aangezien de analyses berusten op kwantitatieve metingen (concentraties) wordt hier gewerkt met de rapportagegrens (ook gekend als de bepalingsgrens).

Definitie

Verontreinigende stoffen horen niet thuis in het Schelde-estuarium en er zijn dan ook zone-specifieke normen voor de aanwezigheid van verontreinigende stoffen in de waterkolom voorhanden (Bijlage D.4.2). Voor de zones *Zoet, korte verblijftijd* en *Zoet, lange verblijftijd* worden de Vlaamse normen voor oppervlaktewaters en meren gehanteerd, terwijl voor de zones *Oligohalien* en *Sterke saliniteitsgradiënt* de normen voor overgangswateren gelden (VLAREM normen; Vlaamse Regering, 2012). Voor de zones *Mesohalien*, *Zwak polyhalien* en *Sterk polyhalien* wordt gebruik gemaakt van de Nederlandse normen voor overgangswateren. De stof-specifieke verhoudingen van de waargenomen concentraties ten opzichte van de toetswaarden worden samengebracht voor het uitvoeren van een overzichtelijke (doch gesimplificeerde) analyse in elke zone (Zeeschelde en Westerschelde).

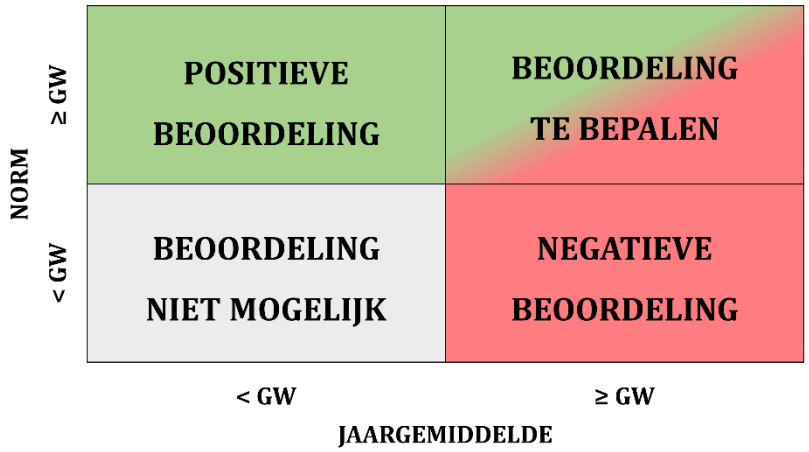
Methodiek

De grote hoeveelheid aan stoffen maakt een trendbepaling en vergelijking met voorgaande jaren of een vergelijking tussen zones onoverzichtelijk. Voor een snel en alomvattend beeld wordt daarom gebruik gemaakt van de KRW-methodiek, namelijk het al dan niet overschrijden van de voorgeschreven (nationale) milieukwaliteitsnormen voor de jaargemiddelde waarden. Hierbij dient opgemerkt te worden dat deze methodiek verschilt van de analyse die in de Evaluatiemethodiek wordt voorgeschreven (namelijk het gebruik van toxische eenheden). Deze kan voor de volledigheid in Bijlage D.4.3 geraadpleegd worden.

De analyse van de verontreinigende stoffen is gebaseerd op het *Protocol monitoring en toestandsbeoordeling oppervlaktewaterlichamen KRW* (RWS Informatie, 2020) en omvat meerdere stappen:

- Stap 1: Identificeer de zone-specifieke norm voor het jaargemiddelde (JG-MKN)
- Stap 2: Identificeer de stoffen met groepsnormen
    - Stap 2.1: Beschouw concentraties onder de grenswaarde als 0 µg/L
    - Stap 2.2: Bepaal de som van deze stoffen per groep en per monster (plaats en tijd)
    - Stap 2.3: Bepaal de grenswaarde per groep (maximum van individuele stoffen)
    - Stap 2.4: Bepaal de jaargemiddelde groepsconcentratie per station
    - Stap 2.5: Bepaal de grenswaarde per jaargemiddelde (maximum)
- Stap 3: Identificeer de stoffen met individuele normen
    - Stap 3.1: Vervang concentraties onder de grenswaarde door de halve grenswaarde
    - Stap 3.2: Bepaal de jaargemiddelde concentratie per station
    - Stap 3.3: Bepaal de grenswaarde per jaargemiddelde (gemiddelde grenswaarde van individuele metingen onder de grenswaarde)
- Stap 4: Identificeer de metingen waarvoor het jaargemiddelde én de norm onder de (afgeleide) grenswaarde ligt (zie ook Figuur 5-14).
- Stap 5: Voor de overige metingen, bepaal of de norm overschreden wordt of niet.
    - Stap 5.1: Bepaal het aantal overschrijdingen (t.o.v. het aantal metingen) per stof(groep), per station en per jaar
    - Stap 5.2: Bepaal het aantal overschrijdingen (t.o.v. het aantal metingen) per stof(groep), per zone en per jaar
    - Stap 5.3: Bepaal het aantal overschrijdingen (t.o.v. het aantal metingen) per stof(groep), per zone en per 6-jarige periode

De metingen die in Stap 4 worden geïdentificeerd, bevatten te weinig informatie om een eventuele overschrijding af te leiden (zie ook Figuur 5-14). Bovendien ligt de gehanteerde norm lager dan de grenswaarde van de gebruikte analysetechnieken, hetgeen tot een artificiële overschrijding kan leiden. Een parallelle analyse als in Stap 5 kan voor deze stoffen uitgevoerd worden, maar geeft nagenoeg geen bruikbare informatie (de concentratie wordt namelijk gelijkgesteld aan de helft van de gehanteerde/afgeleide grenswaarde, hetgeen eerder een signaal geeft van hoe dicht de norm bij de grenswaarde ligt).



Figuur 5-14: Mogelijke scenario's die zich kunnen voordoen bij het vergelijken van het jaargemiddelde met de voorgeschreven zone-specifieke normen. De uitgevoerde analyses nemen enkel die stoffen mee waarvoor een beoordeling mogelijk is (door uitsluiten van de metingen waarvoor het jaargemiddelde en norm beide onder de grenswaarde (GW) liggen). Een jaargemiddelde dat onder de grenswaarde ligt, leidt vanzelfsprekend tot een positieve beoordeling indien de norm hoger ligt dan de grenswaarde. Een jaargemiddelde dat hoger ligt dan de grenswaarde leidt vanzelfsprekend tot een negatieve beoordeling indien de norm lager ligt dan de grenswaarde. Wanneer zowel het jaargemiddelde als de norm boven de grenswaarde liggen, dan kan zowel een positieve als negatieve beoordeling bekomen worden.

De analyses uitgevoerd in Stap 5 laten daartegenover wel toe om het aantal normoverschrijdingen af te leiden, waarbij elke overschrijding tot een negatieve beoordeling leidt (het *one-out-all-out* principe). Er wordt dan ook verwacht dat deze parameter een zeer lage kans heeft om tot een positieve beoordeling te komen. De bovengrens wordt gelegd op *0 overschrijdingen* en wordt beschouwd in elke zone (Zeeschelde en Westerschelde).

Analyse

Het aantal overschrijdingen van de jaargemiddelde normen kan voor het merendeel van de zones bepaald worden voor de periode *2016-2021*. Enkel voor de zone *Mesohalien* zijn er geen gegevens beschikbaar voor de periode *2016-2021* (noch voor de voorgaande periodes).

De resultaten voor de metalen variëren tussen de verschillende zones, met voornamelijk lichte toenames in het absoluut aantal overschrijdingen van de jaargemiddelde normen ten opzichte van de periode *2010-2015*. Deze toenames worden zowel in de Zeeschelde als in de Westerschelde waargenomen, terwijl de zijrivieren een lichte (tot geen) afname vertonen (zones *Zoet zijrivier* en *Rupel*). Ook het relatief aantal overschrijdingen vertoont geen grote veranderingen, met een lichte afname in de zijrivieren (zones *Zoet zijrivier*, *Durme* en *Rupel*) en een toename in de zones *Sterk polyhalien* en *Monding*. Een overzicht van het absoluut en relatief aantal overschrijdingen wordt gegeven in Tabel 5-23.

Tabel 5-23: Aantal overschrijdingen van de normwaarden voor de "toetsbare" metalen. De fractie van overschrijdingen (ten opzichte van het aantal metingen) wordt tussen haakjes weergegeven.

Zone	2004-2009	2010-2015	2016-2021
Zijrivieren			
Zoet zijrivier	2 (4%)	15 (8%)	12 (5%)
Durme	2 (9%)	7 (7%)	7 (6%)
Rupel	3 (5%)	19 (6%)	18 (5%)
Zeeschelde			
Zoet kort verblijf	8 (6%)	21 (4%)	27 (5%)
Zoet lang verblijf	2 (2%)	5 (2%)	9 (3%)
Oligohalien	8 (7%)	16 (4%)	16 (3%)
Saliniteitsgradient	39 (18%)	75 (14%)	80 (14%)
Westerschelde			
Mesohalien	-	-	-
Zwak polyhalien	7 (20%)	15 (32%)	16 (30%)
Sterk polyhalien	7 (10%)	21 (23%)	25 (23%)
Monding			
Monding	4 (21%)	7 (16%)	12 (22%)

In de zijrivieren blijkt vooral kobalt de norm frequent te overschrijden, terwijl de Zeeschelde voornamelijk een overschrijding door uranium vertoont, aangevuld met arseen en boor in de zone *Sterke saliniteitsgradiënt*. De Westerschelde en zone *Monding* worden dan weer gekenmerkt door overschrijdingen van arseen en kwik. Dit komt overeen met de geïdentificeerde metalen voor de periode *2010-2015*, met een lichte afname van het aantal overschrijdingen voor kobalt (zones *Oligohalien* en *Sterke saliniteitsgradiënt*) en een lichte toename van het aantal overschrijdingen voor uranium en arseen in de Zeeschelde. Een gedetailleerd overzicht van de "toetsbare" metalen voor de periode *2016-2021* wordt gegeven in Tabel 5-24, met een gelijkaardige analyse voor de periode *2010-2015* in Bijlage D.4.4.

Het is hierbij belangrijk om te vermelden dat er voor een aantal metalen (o.a. beryllium, cadmium, thallium en zilver) geen beoordeling voor de zones in de Zeeschelde kan worden uitgevoerd, gezien zowel de jaargemiddeldes als de gehanteerde norm onder de (afgeleide) grenswaardes liggen. Dit overzicht kan eveneens gevonden worden in Bijlage D.4.4.

Tabel 5-24: Aantal overschrijdingen van de jaargemiddelde normwaarden voor de "toetsbare" metalen in de periode 2016-2021, weergegeven als aantal overschrijdingen ten opzichte van het aantal metingen. Resultaten worden weergegeven als 'X/Y', met 'X' het aantal overschrijdingen en 'Y' het aantal jaargemiddeldes dat werd berekend. Achtergrondkleuren geven een idee van de fractie aan overschrijdingen: groen (0%), geel (0,01 – 25%), oranje (25,01 – 50%), rood (50,01 – 75%) en donkerrood (75,01 – 100%). '-': Geen toetsbare bemonstering van de stof.

Stof	Zoet zijrivier	Durme	Rupel	Zoet kort verblijf	Zoet lang verblijf	Oligohalien	Saliniteitsgradient	Mesohalien	Zwak polyhalien	Sterk polyhalien	Monding
Antimoon	0/12	0/6	0/18	0/30	0/18	0/24	0/30	-	-	-	-
Arseen	0/12	2/6	1/18	0/30	2/18	11/24	26/30	-	6/6	12/12	6/6
Barium	0/12	0/6	0/18	0/30	0/18	0/24	0/30	-	-	-	-
Beryllium	-	-	-	-	-	-	0/6	-	-	-	-
Boor	0/12	0/6	0/18	0/30	0/18	0/24	24/30	-	-	-	-
Cadmium	0/4	0/2	0/18	0/10	0/6	0/24	0/28	-	0/6	0/12	0/6
Chroom	0/12	0/6	0/18	0/30	0/18	0/24	0/30	-	0/6	0/12	0/6
Kobalt	12/12	4/6	17/18	1/30	0/18	4/24	2/30	-	-	-	-
Koper	0/12	0/6	0/18	0/30	0/18	0/24	0/30	-	0/6	0/12	0/6
Kwik	-	-	-	-	-	-	-	-	6/6	11/11	6/6
Lood	0/12	0/6	0/18	0/30	0/18	0/24	0/30	-	0/6	0/12	0/6
Molybdeen	0/12	0/6	0/18	0/30	0/18	0/23	0/30	-	-	-	-
Nickel	0/11	0/6	0/18	0/30	0/18	0/24	0/30	-	0/6	0/12	0/6
Selenium	0/12	0/6	0/18	0/30	0/18	0/24	2/30	-	-	-	-
Tellurium	0/12	0/6	0/18	0/30	0/18	0/24	0/30	-	-	-	-
Thallium	0/10	0/5	0/15	0/25	0/15	0/20	0/26	-	-	-	-
Tin	0/12	0/6	0/18	0/30	0/18	0/24	0/30	-	-	-	-
Titaan	0/12	0/6	0/18	0/30	0/18	0/24	0/30	-	-	-	-
Uranium	0/12	1/6	0/18	26/30	7/18	1/24	26/30	-	-	-	-
Vanadium	0/12	0/6	0/18	0/30	0/18	0/24	0/28	-	-	-	-
Zilver	0/8	0/4	0/12	0/20	0/12	0/16	0/22	-	0/6	0/12	0/6
Zink	0/8	0/6	0/13	0/30	0/18	0/24	0/30	-	4/6	2/12	0/6

De resultaten voor de PAK's vertonen grotendeels dezelfde trend in de verschillende zones, met voornamelijk lichte toenames (of een status quo) in het absoluut aantal overschrijdingen van de jaargemiddelde normen ten opzichte van de periode *2010-2015*. Deze toenames worden voornamelijk stroomafwaarts waargenomen (zones *Sterke saliniteitsgradiënt*, *Zwak polyhalien* en *Sterk polyhalien*), terwijl stroomopwaarts er geen duidelijke toe- of afnames waargenomen worden. Ook het relatief aantal overschrijdingen vertoont geen grote veranderingen, met uitzondering van de zone *Sterke saliniteitsgradiënt*. In deze laatste zone lijkt de bemonsteringsinspanning (of het aantal toetsbare metingen) in de periode *2016-2021* te zijn toegenomen ten opzichte van de periode *2010-2015*, hetgeen deels leidt tot een toename in het absoluut aantal overschrijdingen.

Verder valt het op dat de zone *Monding* wel bemonsterd wordt voor PAK's, maar dat hier geen enkele overschrijding waargenomen wordt, waardoor deze zone – op basis van de PAK's – voldoet aan het toetscriterium. Een overzicht van het absoluut en relatief aantal overschrijdingen wordt gegeven in Tabel 5-25.

Tabel 5-25: Aantal overschrijdingen van de normwaarden voor de "toetsbare" PAK's. De fractie van overschrijdingen (ten opzichte van het aantal metingen) wordt tussen haakjes weergegeven.

Zone	2004-2009	2010-2015	2016-2021
Zijrivieren			
Zoet zijrivier	-	-	-
Durme	-	-	-
Rupel	-	-	-
Zeeschelde			
Zoet kort verblijf	20 (28%)	18 (25%)	18 (25%)
Zoet lang verblijf	19 (26%)	19 (26%)	18 (25%)
Oligohalien	19 (26%)	18 (25%)	18 (25%)
Saliniteitsgradient	23 (23%)	22 (31%)	26 (21%)
Westerschelde			
Mesohalien	-	-	-
Zwak polyhalien	0 (0%)	7 (23%)	11 (24%)
Sterk polyhalien	0 (0%)	12 (20%)	15 (18%)
Monding			
Monding	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)

In de zijrivieren blijken er nauwelijks (toetsbare) metingen beschikbaar voor de uitgevoerde analyses, terwijl de Zeeschelde voornamelijk een overschrijding door benzo(a)pyreen, fluorantheen en pyreen vertoont. De Westerschelde wordt dan weer gekenmerkt door overschrijdingen van benzo(a)antraceen en benzo(a)pyreen. Dit komt overeen met de geïdentificeerde PAK's voor de periode *2010-2015*, zonder een duidelijke verbetering. Een gedetailleerd overzicht voor de periode *2016-2021* wordt gegeven in Tabel 5-26, met een gelijkaardige analyse voor de periode *2010-2015* in Bijlage D.4.4.

Het is hierbij belangrijk om te vermelden dat er voor een aantal PAK's (o.a. benzo(a)antraceen, benzo(a)pyreen en chryseen) geen jaarlijkse beoordeling voor de zones in de Westerschelde kan worden uitgevoerd, gezien zowel de jaargemiddeldes als de gehanteerde norm in sommige jaren onder de (afgeleide) grenswaardes liggen. Dit overzicht kan eveneens gevonden worden in Bijlage D.4.4.

Tabel 5-26: Aantal overschrijdingen van de jaargemiddelde normwaarden voor de "toetsbare" PAK's in de periode 2016-2021, weergegeven als aantal overschrijdingen ten opzichte van het aantal metingen. Resultaten worden weergegeven als 'X/Y', met 'X' het aantal overschrijdingen en 'Y' het aantal jaargemiddeldes dat werd berekend. Achtergrondkleuren geven een idee van de fractie aan overschrijdingen: groen (0%), geel (0,01 – 25%), oranje (25,01 – 50%), rood (50,01 – 75%) en donkerrood (75,01 – 100%). '-': Geen toetsbare bemonstering van de stof.

Stof	Zoet zijrivier	Durme	Rupel	Zoet kort verblijf	Zoet lang verblijf	Oligohalien	Saliniteitsgradient	Mesohalien	Zwak polyhalien	Sterk polyhalien	Monding
Acenafteen	-	-	-	0/6	0/6	0/6	0/6	-	-	-	-
Acenaftyleen	-	-	-	0/6	0/6	0/6	0/6	-	-	-	-
Anthraceen	-	-	-	0/6	0/6	0/6	0/12	-	0/6	0/12	0/6
Benzo(a)antraceen	-	-	-	0/6	0/6	0/6	0/12	-	6/6	9/9	-
Benzo(a)pyreen	-	-	-	6/6	6/6	6/6	12/12	-	5/5	6/6	-
Chrysene	-	-	-	0/6	0/6	0/6	0/11	-	-	-	-
Dibenzo(a,h)antraceen	-	-	-	0/6	0/6	0/6	0/11	-	0/5	0/10	0/5
Fenantreen	-	-	-	0/6	0/6	0/6	0/12	-	0/6	0/12	0/6
Fluorantheen	-	-	-	6/6	6/6	6/6	12/12	-	0/6	0/12	0/6
Fluoreen	-	-	-	0/6	0/6	0/6	0/6	-	-	-	-
Naftaleen	-	-	-	0/6	0/6	0/6	0/12	-	0/6	0/12	0/6
Pyreen	-	-	-	6/6	6/6	6/6	2/11	-	0/5	0/10	0/5

De resultaten voor de bestrijdingsmiddelen vertonen grotendeels dezelfde trend in de verschillende zones, met voornamelijk lichte afnames in het absoluut aantal overschrijdingen van de jaargemiddelde normen ten opzichte van de periode *2010-2015*. Deze afnames worden zowel in de Zeeschelde als in de Westerschelde waargenomen, met uitzondering van de zone *Oligohalien*. Ook het relatief aantal overschrijdingen vertoont geen grote veranderingen, met lichte afnames in de meeste zones (uitgezonderd de zone *Oligohalien*).

Verder valt op dat meerdere zones in het Schelde-estuarium (zijnde de zones *Durme*, *Zoet kort verblijf*, *Zoet lang verblijf*, *Zwak polyhalien* en *Monding*) geen enkele overschrijding van de beschouwde bestrijdingsmiddelen vertonen in de periode *2016-2021*, waardoor deze zones – op basis van de bestrijdingsmiddelen – voldoen aan het voorgeschreven toetscriterium. Een overzicht van het absoluut en relatief aantal overschrijdingen wordt gegeven in Tabel 5-27.

Tabel 5-27: Aantal overschrijdingen van de normwaarden voor de "toetsbare" bestrijdingsmiddelen. De fractie van overschrijdingen (ten opzichte van het aantal metingen) wordt tussen haakjes weergegeven.

Zone	2004-2009	2010-2015	2016-2021
Zijrivieren			
Zoet zijrivier	-	0 (0%)	-
Durme	-	-	0 (0%)
Rupel	-	-	-
Zeeschelde			
Zoet kort verblijf	6 (4%)	1 (1%)	0 (0%)
Zoet lang verblijf	3 (2%)	0 (0%)	0 (0%)
Oligohalien	5 (4%)	0 (0%)	4 (3%)
Saliniteitsgradient	4 (2%)	4 (2%)	9 (4%)
Westerschelde			
Mesohalien	-	-	-
Zwak polyhalien	0 (0%)	0 (0%)	11 (10%)
Sterk polyhalien	0 (0%)	0 (0%)	19 (8%)
Monding			
Monding	0 (0%)	1 (1%)	1 (1%)

In de zijrivieren blijken er nauwelijks (toetsbare) metingen beschikbaar voor de uitgevoerde analyses, terwijl de Zeeschelde stroomafwaarts een overschrijding door heptachloorepoxiden en tributyltin vertoont, aangevuld met een overschrijding door (de som van) aldrine, dieldrine, endrine en isodrine. De Westerschelde wordt dan weer gekenmerkt door een enkele overschrijding van triazofos. Dit ligt in de lijn met de geïdentificeerde bestrijdingsmiddelen voor de periode *2010-2015*, waarbij voornamelijk een verbetering in de (gecombineerde) concentratie van aldrine, dieldrine, endrine en isodrine wordt waargenomen. Een gedetailleerd overzicht voor de periode *2016-2021* wordt gegeven in Tabel 5-28, met een gelijkaardige analyse voor de periode *2010-2015* in Bijlage D.4.4.

Het is hierbij belangrijk om te vermelden dat er voor een aantal bestrijdingsmiddelen (o.a. cumafos, fenthion en malathion) geen jaarlijkse beoordeling kan worden uitgevoerd, gezien zowel de jaargemiddeldes als de gehanteerde norm in sommige jaren onder de (afgeleide) grenswaardes liggen. Dit leidt er eveneens toe dat een aantal bestrijdingsmiddelen wel bemonsterd worden, maar niet beoordeeld kunnen worden binnen het voorgeschreven kader. Zo is er geen enkele "toetsbare" jaargemiddelde concentratie van malathion, terwijl hiervoor wel metingen zijn uitgevoerd. Een uitgebreid overzicht van de "niet-toetsbare" jaargemiddeldes kan gevonden worden in Bijlage D.4.4.

Tabel 5-28: Aantal overschrijdingen van de jaargemiddelde normwaarden voor de "toetsbare" bestrijdingsmiddelen in de periode 2016-2021, weergegeven als aantal overschrijdingen ten opzichte van het aantal metingen. Resultaten worden weergegeven als 'X/Y', met 'X' het aantal overschrijdingen en 'Y' het aantal jaargemiddeldes dat werd berekend. Achtergrondkleuren geven een idee van de fractie aan overschrijdingen: groen (0%), geel (0,01 – 25%), oranje (25,01 – 50%), rood (50,01 – 75%) en donkerrood (75,01 – 100%). '-': Geen toetsbare bemonstering van de stof.

Stof	Zoet zijrivier	Durme	Rupel	Zoet kort verblijf	Zoet lang verblijf	Oligohalien	Saliniteitsgradient	Mesohalien	Zwak polyhalien	Sterk polyhalien	Monding
(2,4-dichloorfenoxy)azijnzuur	-	0/1	-	-	0/3	0/3	0/7	-	-	-	-
2,4,5-trichloorfenoxyazijnzuur	-	0/1	-	-	0/3	0/3	0/8	-	-	-	-
Alachloor	-	0/1	-	0/6	0/6	0/6	0/8	-	0/6	0/12	0/6
Aldrin + dieldrin + endrin + isodrin	-	0/1	-	0/5	0/6	0/6	0/8	-	0/6	0/12	0/6
Alfa-endosulfan + beta-endosulfan	-	0/1	-	0/4	0/6	-	0/6	-	0/6	0/12	0/6
Alfa-hexachloorcyclohexaan + beta-hexachloorcyclohexaan + delta-hexachloorcyclohexaan + gamma-hexachloorcyclohexaan	-	0/1	-	0/6	0/6	0/6	0/8	-	0/6	0/12	0/6
Atrazine	-	0/1	-	0/6	0/6	0/6	0/8	-	0/6	0/12	0/6
Azinfos-ethyl	-	0/1	-	0/2	0/2	0/2	0/7	-	-	-	-
Azinfos-methyl	-	0/1	-	0/1	0/1	0/1	0/2	-	-	-	-
Bentazon	-	0/1	-	-	0/3	0/3	0/8	-	-	0/6	0/6
Chlorfenvinphos	-	0/1	-	0/6	0/6	0/6	0/8	-	0/6	0/12	0/6
Chloridazon	-	0/1	-	0/6	0/6	0/6	0/8	-	-	-	-
Chlorpyrifos	-	-	-	-	-	-	0/6	-	0/6	0/12	0/6
Cumafos	-	-	-	-	-	-	0/6	-	0/6	0/12	0/6
Dichloorvos	-	0/1	-	0/1	0/1	1/1	-	-	-	-	-
Dichlorprop	-	0/1	-	-	0/3	0/3	0/2	-	-	-	-
Dimethoaat	-	0/1	-	0/6	0/6	0/6	0/8	-	0/6	0/12	0/6
Disulfoton	-	0/1	-	0/1	0/1	0/1	0/1	-	-	-	-
Diuron	-	0/1	-	0/6	0/6	0/6	0/8	-	0/6	0/12	0/6
Heptachloorepoxiden	-	-	-	-	-	-	2/2	-	-	-	-
Heptenofos	-	-	-	-	-	-	-	-	0/6	0/12	0/6
Imidacloprid	-	-	-	-	-	-	-	-	6/6	8/11	0/6
Isoproturon	-	0/1	-	0/6	0/6	0/6	0/8	-	0/6	0/12	0/6
Linuron	-	0/1	-	0/6	0/6	0/6	0/8	-	-	-	-
MCPA	-	0/1	-	-	0/3	0/3	0/8	-	-	0/6	0/6
Mecoprop	-	0/1	-	-	0/3	0/3	0/8	-	-	0/6	0/6
Mevinfos	-	-	-	-	-	-	0/7	-	-	-	-

Stof	Zoet zijrivier	Durme	Rupel	Zoet kort verblijf	Zoet lang verblijf	Oligohalien	Saliniteitsgradient	Mesohalien	Zwak polyhalien	Sterk polyhalien	Monding
Monolinuron	-	0/1	-	0/6	0/6	0/6	0/8	-	-	-	-
o,p'-DDT	-	0/1	-	0/5	0/6	0/6	0/2	-	-	-	-
Parathion-methyl	-	0/1	-	0/2	0/2	0/2	0/7	-	-	-	-
Pentachloorfenol	-	-	-	0/1	0/2	0/2	0/8	-	0/6	0/12	0/6
Propanil	-	0/1	-	0/6	0/6	0/6	0/2	-	-	-	-
Pyridaben	-	-	-	-	-	-	-	-	0/2	0/4	0/2
Simazine	-	0/1	-	0/6	0/6	0/6	0/8	-	0/6	0/12	0/6
Tetrabutyltin	-	-	-	0/1	0/2	0/2	0/4	-	-	-	-
Triazofos	-	0/1	-	0/2	0/2	0/2	0/7	-	0/6	1/12	0/6
Tributyltin	-	-	-	0/2	0/3	3/3	7/7	-	5/5	10/10	1/5
Trifluralin	-	0/1	-	0/6	0/6	0/6	0/8	-	0/6	0/12	0/6

De resultaten voor de overige organische stoffen variëren tussen de verschillende zones, met zowel toenames als afnames in het absoluut aantal overschrijdingen van de jaargemiddelde normen ten opzichte van de periode *2010-2015*. De toenames worden stroomafwaarts waargenomen (zones *Sterke saliniteitsgradiënt* en Westerschelde), terwijl de zones stroomopwaarts een afname vertonen (zones *Zoet korte verblijftijd*, *Zoet lange verblijftijd* en *Oligohalien*). Daartegenover staat wel dat het relatief aantal overschrijdingen geen grote veranderingen vertoont, met in elke zone lichte toenames. Een overzicht van het absoluut en relatief aantal overschrijdingen wordt gegeven in Tabel 5-29.

Tabel 5-29: Aantal overschrijdingen van de normwaarden voor de "toetsbare" overige organische verbindingen. De fractie van overschrijdingen (t.o.v. het aantal metingen) wordt tussen haakjes weergegeven.

Zone	2004-2009	2010-2015	2016-2021
Zijrivieren			
Zoet zijrivier	-	1 (50%)	-
Durme	-	-	1 (10%)
Rupel	-	-	-
Zeeschelde			
Zoet kort verblijf	2 (1%)	9 (4%)	6 (7%)
Zoet lang verblijf	1 (0,5%)	10 (5%)	9 (7%)
Oligohalien	4 (2%)	8 (4%)	6 (6%)
Saliniteitsgradient	7 (2%)	6 (2%)	19 (6%)
Westerschelde			
Mesohalien	-	-	-
Zwak polyhalien	0 (0%)	0 (0%)	4 (2%)
Sterk polyhalien	0 (0%)	0 (0%)	6 (2%)

Zone	2004-2009	2010-2015	2016-2021
Monding			
Monding	0 (0%)	0 (0%)	6 (3%)

In de zijrivieren blijken er nauwelijks (toetsbare) metingen beschikbaar voor de uitgevoerde analyses, terwijl de Zeeschelde stroomafwaarts een overschrijding door dicofol, PCB's, perfluoroctaansulfonzuur (PFOS) en perfluoroctaanzuur (PFOA) vertoont. Ook de Westerschelde wordt gekenmerkt door de overschrijding van dicofol en PFOA. Dit vertoont enig contrast met de geïdentificeerde bestrijdingsmiddelen voor de periode *2010-2015*, aangezien dicofol, PFOS en PFOA toen nog niet uitgebreid geanalyseerd werden. Daarnaast kwamen in de periode *2010-2015* ook nog overschrijdingen voor van diflufenican en nonylfenol in de Zeeschelde, dewelke in de periode *2016-2021* een lichte afname in het aantal overschrijdingen vertonen. Een gedetailleerd overzicht voor de periode *2016-2021* wordt gegeven in Tabel 5-30, met een gelijkaardige analyse voor de periode *2010-2015* in Bijlage D.4.4.

Ook hier is het belangrijk om te vermelden dat er voor een aantal organische stoffen (o.a. bifenox en cypermethrine) geen jaarlijkse beoordeling kan worden uitgevoerd, gezien zowel de jaargemiddeldes als de gehanteerde norm in sommige jaren onder de (afgeleide) grenswaardes liggen. Dit leidt er eveneens toe dat een aantal organische stoffen wel bemonsterd worden, maar niet beoordeeld kunnen worden binnen het voorgeschreven kader. Zo is er geen enkele "toetsbare" jaargemiddelde concentratie van cypermethrine, terwijl hiervoor wel metingen zijn uitgevoerd. Een uitgebreid overzicht van de "niet-toetsbare" jaargemiddeldes kan gevonden worden in Bijlage D.4.4.

Tabel 5-30: Aantal overschrijdingen van de jaargemiddelde normwaarden voor de "toetsbare" overige organische stoffen in de periode 2016-2021, weergegeven als aantal overschrijdingen ten opzichte van het aantal metingen. Resultaten worden weergegeven als 'X/Y', met 'X' het aantal overschrijdingen en 'Y' het aantal jaargemiddeldes dat werd berekend. Achtergrondkleuren geven een idee van de fractie aan overschrijdingen: groen (0%), geel (0,01 – 25%), oranje (25,01 – 50%), rood (50,01 – 75%) en donkerrood (75,01 – 100%). '-': Geen toetsbare bemonstering van de stof.

Stof	Zoet zijrivier	Durme	Rupel	Zoet kort verblijf	Zoet lang verblijf	Oligohalien	Saliniteitsgradient	Mesohalien	Zwak polyhalien	Sterk polyhalien	Monding
1,1,1-trichloorethaan	-	-	-	0/1	0/2	0/2	0/8	-	0/6	0/12	0/6
1,1,2,2-tetrachloorethaan	-	-	-	0/1	0/2	0/2	0/8	-	0/6	0/12	0/6
1,1,2-trichloorethaan	-	-	-	0/1	0/2	0/2	0/8	-	0/6	0/12	0/6
1,1,2-trichloortrifluorethaan	-	-	-	0/1	0/2	0/2	0/2	-	-	-	-
1,1-dichloorethaan	-	-	-	0/1	0/2	0/2	0/8	-	-	-	-
1,1-dichlooretheen	-	-	-	0/1	0/2	0/2	0/8	-	0/6	0/12	0/6
1,2,3-trichloorbenzeen + 1,2,4-trichloorbenzeen + 1,3,5-trichloorbenzeen	-	-	-	0/1	0/2	0/2	0/8	-	0/6	0/12	0/6
1,2-dichloorbenzeen + 1,3-dichloorbenzeen + 1,4-dichloorbenzeen	-	-	-	0/1	0/2	0/2	0/8	-	0/6	0/12	0/6
1,2-dichloorethaan	-	-	-	0/1	0/2	0/2	0/8	-	0/6	0/12	0/6

Stof	Zoet zijrivier	Durme	Rupel	Zoet kort verblijf	Zoet lang verblijf	Oligohalien	Saliniteitsgradient	Mesohalien	Zwak polyhalien	Sterk polyhalien	Monding
1,2-dichlooretheen + 1,2-dichlooretheen	-	-	-	0/1	0/2	0/2	0/8	-	0/5	0/8	0/6
1,2-dichloorpropaan	-	-	-	0/1	0/2	0/2	0/8	-	0/6	0/12	0/6
1,3-dichloorpropeen + 1,3-dichloorpropeen	-	-	-	0/1	0/2	0/2	0/7	-	-	-	-
2,3,4-trichloorfenol + 2,3,5-trichloorfenol + 2,3,6-trichloorfenol + 2,4,5-trichloorfenol + 2,4,6-trichloorfenol + 3,4,5-trichloorfenol	-	-	-	0/1	0/2	0/2	0/8	-	-	-	-
2,3-dichloorpropeen	-	-	-	0/1	0/2	0/2	0/2	-	-	-	-
2,4-dichloorfenol	-	-	-	0/1	0/1	0/1	0/1	-	-	-	-
2-chloorfenol + 3-chloorfenol + 4-chloorfenol	-	-	-	0/1	0/2	0/2	0/7	-	-	-	-
2-chloortolueen + 3-chloortolueen + 4-chloortolueen	-	-	-	0/1	0/2	0/2	0/8	-	-	-	-
3-chloorpropeen	-	-	-	0/1	0/2	0/2	0/8	-	-	-	-
4-chloor-3-methylfenol	-	-	-	0/1	0/2	0/2	0/2	-	-	-	-
Aclonifen	-	0/1	-	0/6	0/6	0/2	0/6	-	0/5	0/10	0/5
Benzeen	-	-	-	0/1	0/2	0/2	0/8	-	0/6	0/12	0/6
Bifenox	-	0/1	-	0/2	0/2	-	0/4	-	0/4	0/8	0/4
Chloorbenzeen	-	-	-	0/1	0/2	0/2	0/8	-	0/6	0/12	0/6
Chloortoluron	-	-	-	-	-	-	-	-	0/6	0/12	0/6
Chloroform	-	-	-	0/1	0/2	0/2	0/8	-	0/6	0/12	0/6
Cis-chloordaan + trans-chloordaan	-	0/1	-	0/4	0/5	0/6	0/2	-	-	-	-
Cybutryne	-	0/1	-	0/6	0/6	0/6	0/2	-	-	-	-
Di(2-ethylhexyl)-ftalaat	-	-	-	0/1	0/2	0/2	0/8	-	0/6	0/12	1/6
Dibutyltin	-	-	-	-	-	-	-	-	0/6	0/12	0/6
Dibutyltinzouten	-	-	-	0/1	0/2	0/2	0/1	-	-	-	-
Dichloormethaan	-	-	-	0/1	0/2	0/2	0/8	-	0/6	0/12	0/6
Dicofol	-	-	-	-	-	-	4/4	-	4/4	6/6	2/2
Diflufenican	-	0/1	-	0/6	0/5	0/6	0/4	-	-	-	-
Ethylbenzeen	-	-	-	0/1	0/2	0/2	0/8	-	0/6	0/12	0/6
Flufenacet	-	0/1	-	3/6	3/6	1/6	0/2	-	-	-	-
Hexachloorethaan	-	-	-	-	-	-	0/6	-	0/5	0/10	0/5
Isopropylbenzeen	-	-	-	0/1	0/2	0/2	0/8	-	0/6	0/12	0/6

Stof	Zoet zijrivier	Durme	Rupel	Zoet kort verblijf	Zoet lang verblijf	Oligohalien	Saliniteitsgradient	Mesohalien	Zwak polyhalien	Sterk polyhalien	Monding
Nonylfenol	-	-	-	1/1	1/2	0/2	0/2	-	-	-	-
Octylfenol	-	-	-	0/1	0/2	-	0/6	-	0/6	0/12	0/6
PCB's	-	1/1	-	2/2	3/3	3/3	6/8	-	-	-	-
Pentachloorbenzeen	-	0/1	-	0/5	0/6	-	0/6	-	0/6	0/12	0/6
Perfluoroctaansulfonzuur	-	-	-	-	2/2	2/2	3/3	-	-	-	-
Perfluoroctaanzuur	-	-	-	-	-	-	6/6	-	-	-	3/3
Quinoxyfen	-	0/1	-	0/6	0/6	0/4	0/6	-	0/5	0/10	0/5
Terbutryn	-	0/1	-	0/6	0/6	-	0/5	-	0/5	0/10	0/5
Tetrachlooretheen	-	-	-	0/1	0/2	0/2	0/8	-	0/6	0/12	0/6
Tolueen	-	-	-	0/1	0/2	0/2	0/8	-	0/6	0/12	0/6
Trifenyltinsom	-	-	-	0/2	0/3	0/3	0/2	-	-	-	-
Tri-n-butylfosfaat	-	-	-	-	0/2	0/2	0/7	-	-	-	-
Vinylchloride	-	-	-	0/1	0/2	0/2	0/8	-	-	-	-
Xylenen	-	-	-	0/1	0/2	0/2	0/8	-	0/6	0/12	0/6

Voor de beoordeling van de rekenparameter *Verontreinigende stoffen in oppervlaktewater* worden de groep-specifieke resultaten samengenomen in een samenvattend overzicht. De bekomen resultaten tonen aan dat geen enkele zone voldoet aan het voorgeschreven toetscriterium van *0 overschrijdingen*, hetgeen in de lijn ligt van de verwachtingen. Het absoluut aantal overschrijdingen wordt in grote mate gestuurd door de metalen en slechts in beperkte mate door de bestrijdingsmiddelen. Een overzicht van de bekomen maximumwaarden wordt gegeven in Tabel 5-31 en aangevuld met de resultaten van de stations nabij de grenzen van het estuarium (Kader 5-14).

Tabel 5-31: Samenvatting van het totaal aantal overschrijdingen van de normwaarden voor de "toetsbare" verontreinigende stoffen. De fractie van overschrijdingen (t.o.v. het aantal metingen) wordt tussen haakjes weergegeven.

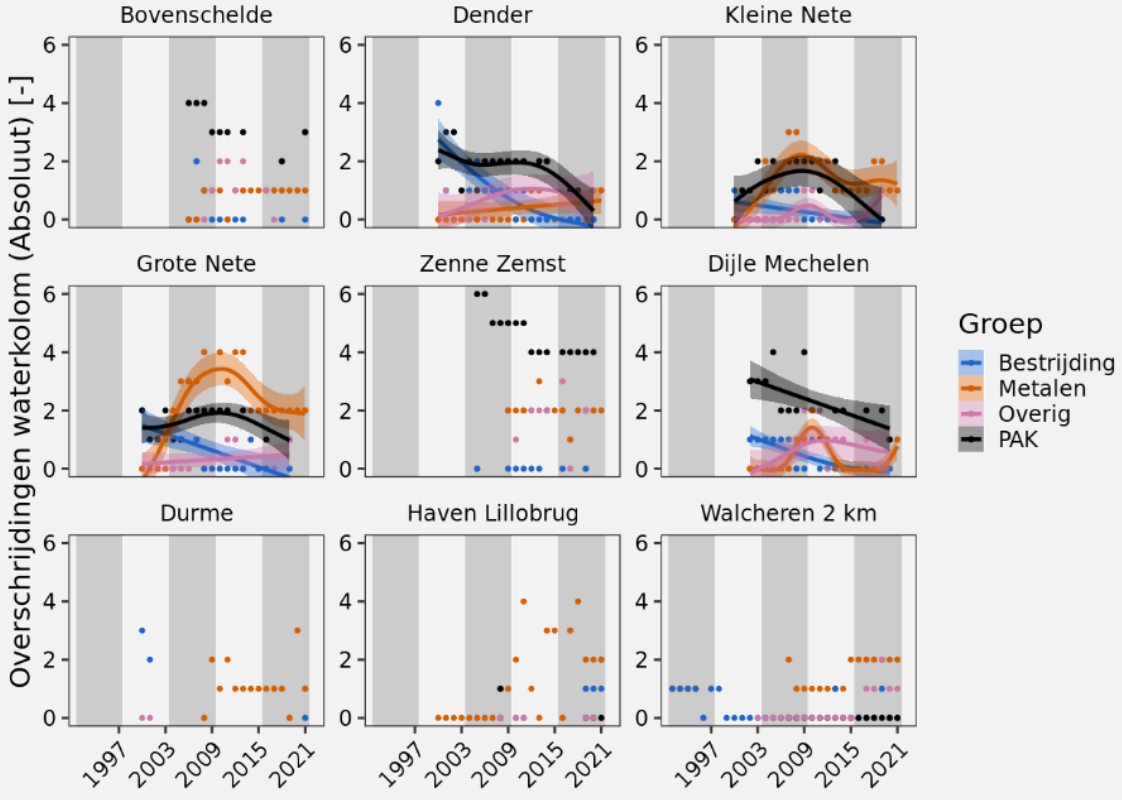
Zone	2004-2009	2010-2015	2016-2021
Zijrivieren			
Zoet zijrivier	2 (4%)	16 (8%)	12 (5%)
Durme	2 (9%)	7 (7%)	8 (5%)
Rupel	3 (5%)	19 (6%)	18 (5%)
Zeeschelde			
Zoet kort verblijf	36 (6%)	49 (6%)	51 (6%)
Zoet lang verblijf	25 (5%)	34 (5%)	36 (5%)
Oligohalien	36 (7%)	42 (5%)	44 (6%)
Saliniteitsgradient	73 (8%)	107 (10%)	134 (11%)

Zone	2004-2009	2010-2015	2016-2021
Westerschelde			
Mesohalien	-	-	-
Zwak polyhalien	7 (8%)	22 (9%)	42 (11%)
Sterk polyhalien	7 (3%)	33 (6%)	65 (8%)
Monding			
Monding	4 (3%)	8 (3%)	19 (5%)

Kader 5-14 – Verontreinigende stoffen in de waterkolom op de *boundaries*

Voor de stations die buiten het estuarium vallen, zijn de resultaten eerder variërend (zie Figuur 5-15). Nagenoeg alle meetstations worden gekarakteriseerd door minstens eenmalig een overschrijding van de jaargemiddelde norm te rapporteren. In meerdere stations kan een afname van het aantal overschrijdingen van de PAK's worden waargenomen. Ook voor de bestrijdingsmiddelen en de overige organische stoffen lijken er in de periode *2016-2021* minder overschrijdingen plaats te vinden.

De specifieke stoffen die tot de getoonde overschrijdingen leiden, liggen in lijn met de stoffen die reeds eerder aangehaald werden: kobalt (meetstations *Kleine Nete*, *Grote Nete* en *Zenne Zemst*), kwik (meetstation *Walcheren 2 km*), uranium (meetstation *Bovenschelde*), PFOS (alle meetstations), PFOA (meetstation *Bovenschelde*), benzo(a)pyreen (meetstations *Bovenschelde*, *Zenne Zemst* en *Dijle Mechelen*), fluorantheen (nagenoeg alle meetstations). Een overzicht van deze stof-specifieke overschrijdingen kan gevonden worden in Bijlage D.4.4.



Figuur 5-15: Absoluut aantal overschrijdingen van de "toetsbare" verontreinigende stoffen in de verschillende meetstations aan de grenzen van het Schelde-estuarium. De stoffen worden onderverdeeld in de categorieën Metalen, PAK's, Bestrijdingsmiddelen en Overige organische stoffen.

5.5.2. Verontreinigende stoffen in waterbodem

Data

De volgende datafiches worden gebruikt voor het analyseren van de rekenparameter *Verontreinigende stoffen in waterbodem*:

- S-FC-N-025 – Metalen (bodem)
- S-FC-N-026 – Organische micro's (bodem)
- S-FC-V-015 – Zware metalen in sediment
- S-FC-V-017 – Waterbodemkwaliteit Triade

De volgende gegevensreeksen werden geselecteerd voor de periodieke gegevens:

- MWTL chemical monitoring network Westerschelde
- VMM: Water bed monitoring network of the Flemish Environment Agency

Een overzicht van de gehanteerde meetstations wordt gegeven in Bijlage D.4.1 (periodieke metingen).

Definitie

Verontreinigende stoffen horen niet thuis in het Schelde-estuarium en er zijn dan ook zone-specifieke normen voor de aanwezigheid van verontreinigende stoffen in de waterbodem voorhanden (Bijlage D.4.2). De analyse maakt gebruik van **dezelfde grenswaarden voor zoete, brakke en zoute zones**, tenzij expliciet anders aangegeven. Er wordt verwacht dat dit in de toekomst verder gespecificeerd kan worden, doordat de waterbodemdatabank steeds verder aangroeit. Deze stof-specifieke verhoudingen van de waargenomen concentraties ten opzichte van de toetswaarden worden samengebracht in een samenvattende index, dewelke gehanteerd wordt voor het uitvoeren van een overzichtelijke (doch gesimplificeerde) analyse in elke zone (Zeeschelde en Westerschelde).

Bovendien bestaat er in het Vlaamse deel van het Schelde-estuarium een waterbodemmeetnet voor het evalueren van de waterbodemkwaliteit, waarbij in het zoete deel gebruik gemaakt wordt van het triade-concept. Deze triade bestaat uit drie componenten: een fysicochemische, een ecotoxicologische en een biologische component die samen een totale kwaliteitsbeoordeling van de waterbodem ondersteunen. Een uitbreiding van deze methodiek voor brakke en zoutwaterbodems wordt momenteel uitgewerkt, waardoor deze mee gebruikt kan worden voor de analyse van verontreinigende stoffen in de waterbodem. De triade-gebaseerde analyse wordt ter informatie uitgevoerd in elke zone waarvoor de drie individuele componenten beschikbaar zijn en wordt verder behandeld in Bijlage D.4.5.

Methodiek

De fysicochemische beoordeling uit de triade-methodiek bestaat uit het toetsen van een aantal verontreinigende stoffen ten opzichte van gedefinieerde referentiewaardes. Deze referentiewaardes laten toe om aan iedere stof een score toe te kennen, gaande van 1 (geen effecten verwacht) tot en met 4 (grote effecten verwacht), zie Tabel 5-32. Een samenvattende score per staal wordt vervolgens afgeleid door de hoogste score van alle chemische parameters over te nemen. Een staal kan evenwel terugvallen tot een lagere score wanneer aan maximaal twee parameters de hoogste score wordt toegekend en de concentraties van deze twee parameters kleiner zijn dan het midden van die klasse. De analyse wordt uitgevoerd per stoffengroep (zie Bijlage D.4.2) voor de indeling van de beschouwde stoffen en bijhorende referentiewaarden) en de finale score per staal wordt bepaald door de maximale

klasse over alle stoffengroepen heen[23], waarna de maximale klasse per periode bepaald wordt. De bovengrens wordt gelegd op *Klasse 2* en wordt beschouwd in elke zone van de Zeeschelde.

Tabel 5-32: Scoretoekenning voor verontreinigende stoffen in de waterbodem, component fysicochemie.

Range	Score	Betekenis (verwacht ecotoxicologisch effect)
$C < C_{R1}$	1	Geen effect
$C_{R1} \leq C < C_{R2}$	2	Gering effect
$C_{R2} \leq C < C_{R3}$	3	Frequent effect
$C_{R3} \leq C$	4	Groot effect

Analyse

De hoogste klasse kan voor het merendeel van de zones bepaald worden voor de periode *2016-2021*. Enkel voor de zone *Zoet zijrivier* zijn er geen gegevens beschikbaar voor de periode *2016-2021*.

De resultaten vertonen grotendeels dezelfde trend in de verschillende zones, met gelijkaardige klasse-scores ten opzichte van de periodes *2010-2015* en *2004-2009*. Zo wordt de (on)gunstige situatie van de metalen in de periode *2010-2015* verdergezet, inclusief een (lichte) verbetering in de zones *Zwak polyhalien* en *Sterk polyhalien*. Voor de Zeeschelde zijn er nauwelijks metingen van metalen in de waterbodem. Een overzicht van de bekomen klassen voor de metalen wordt gegeven in Tabel 5-33.

Tabel 5-33: Hoogste klasse voor metalen in de waterbodem die afgeleid werd in de verschillende zones (Zeeschelde en Westerschelde) in het Schelde-estuarium. Maxima zijn berekend per periode van zes jaar.

Zone	> Grenswaarde			Alle stoffen		
	2004-2009	2010-2015	2016-2021	2004-2009	2010-2015	2016-2021
Zijrivieren						
Zoet zijrivier	1	1	-	1	1	-
Durme	1	1	1	1	1	1
Rupel	1	1	1	1	1	1
Zeeschelde						
Zoet kort verblijf	1	1	1	1	1	1
Zoet lang verblijf	1	1	1	1	1	1
Oligohalien	1	1	1	1	1	1
Saliniteitsgradient	3	3	3	3	3	3
Westerschelde						
Mesohalien	4	3	3	4	3	3
Zwak polyhalien	3	4	3	3	4	3
Sterk polyhalien	3	3	2	3	3	2
Monding						
Monding	3	-	-	3	-	-

[23] Merk op dat deze groep-specifieke benadering afwijkt van de benadering voorgeschreven door de Triademethodiek. Dit maakt een groep-specifieke analyse mogelijk, maar scores kunnen hierdoor afwijken van de Triade-berekeningen.

Tabel 5-34: Aantal overschrijdingen van de jaargemiddelde normwaarden voor de "toetsbare" metalen in de periode 2016-2021, weergegeven als aantal overschrijdingen ten opzichte van het aantal metingen. Resultaten worden weergegeven als 'X/Y', met 'X' het aantal overschrijdingen en 'Y' het aantal jaargemiddeldes dat werd berekend. Achtergrondkleuren geven een idee van de fractie aan overschrijdingen: groen (0%), geel (0,01 – 25%), oranje (25,01 – 50%), rood (50,01 – 75%) en donkerrood (75,01 – 100%). '-': Geen toetsbare bemonstering van de stof.

Stof	Zoet zijrivier	Durme	Rupel	Zoet kort verblijf	Zoet lang verblijf	Oligohalien	Saliniteitsgradient	Mesohalien	Zwak polyhalien	Sterk polyhalien	Monding
Arseen	-	-	-	0/1	-	0/2	2/3	8/8	6/6	4/4	-
Cadmium	-	0/1	0/1	0/1	0/2	-	2/2	1/8	0/6	0/4	-
Chroom	-	0/1	0/1	0/1	0/2	0/2	0/4	0/8	0/6	0/4	-
Koper	-	0/1	0/1	0/1	0/2	0/2	0/4	0/8	0/6	0/4	-
Kwik	-	0/1	0/1	0/1	0/2	0/2	2/4	2/8	0/6	0/4	-
Lood	-	0/1	0/1	0/1	0/2	0/2	2/3	6/8	3/6	0/4	-
Nikkel	-	0/1	0/1	0/1	0/2	0/2	2/4	8/8	6/6	2/4	-
Zink	-	0/1	0/1	0/1	0/2	0/2	2/4	1/8	0/6	0/4	-

Op basis van de aanwezigheid van PAK's in de waterbodem is de situatie meer rooskleurig, met nauwelijks overschrijdingen in de periode *2016-2021*. Enkel in de zones *Saliniteitsgradiënt* en *Mesohalien* wordt de laagste klasse niet gehaald. Een overzicht van de bekomen klassen op basis van de PAK's wordt gegeven in Tabel 5-35.

Tabel 5-35: Hoogste klasse voor PAK's in de waterbodem die afgeleid werd in de verschillende zones (Zeeschelde en Westerschelde) in het Schelde-estuarium. Maxima zijn berekend per periode van zes jaar.

Zone	> Grenswaarde			Alle PAK's		
	2004-2009	2010-2015	2016-2021	2004-2009	2010-2015	2016-2021
Zijrivieren						
Zoet zijrivier	1	1	-	1	1	-
Durme	1	1	1	1	1	1
Rupel	1	1	1	1	1	1
Zeeschelde						
Zoet kort verblijf	1	1	1	1	1	1
Zoet lang verblijf	1	1	1	1	1	1
Oligohalien	1	1	1	1	1	1
Saliniteitsgradient	2	2	2	2	2	2
Westerschelde						
Mesohalien	2	2	2	2	2	2
Zwak polyhalien	2	2	1	2	2	1
Sterk polyhalien	1	1	1	1	1	1

Zone	> Grenswaarde			Alle PAK's		
	2004-2009	2010-2015	2016-2021	2004-2009	2010-2015	2016-2021
Monding						
Monding	1	-	-	1	-	-

Tabel 5-36: Aantal overschrijdingen van de jaargemiddelde normwaarden voor de "toetsbare" PAK's in de periode 2016-2021, weergegeven als aantal overschrijdingen ten opzichte van het aantal metingen. Resultaten worden weergegeven als 'X/Y', met 'X' het aantal overschrijdingen en 'Y' het aantal jaargemiddeldes dat werd berekend. Achtergrondkleuren geven een idee van de fractie aan overschrijdingen: groen (0%), geel (0,01 – 25%), oranje (25,01 – 50%), rood (50,01 – 75%) en donkerrood (75,01 – 100%). '-': Geen toetsbare bemonstering van de stof.

Stof	Zoet zijrivier	Durme	Rupel	Zoet kort verblijf	Zoet lang verblijf	Oligohalien	Saliniteitsgradient	Mesohalien	Zwak polyhalien	Sterk polyhalien	Monding
Acenafteen	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Acenaftyleen	-	-	0/1	-	-	-	-	-	-	-	-
Anthraceen	-	-	0/1	-	-	-	0/2	0/8	0/6	0/4	-
Benzo(a)antraceen	-	0/1	0/1	0/1	-	0/1	0/2	0/8	0/6	0/4	-
Benzo(a)pyreen	-	0/1	0/1	0/1	0/2	0/2	0/3	0/8	0/6	0/4	-
Benzo(g,h,i)peryleen	-	0/1	0/1	0/1	-	-	0/2	0/8	0/6	0/4	-
Benzo(k)fluorantheen	-	0/1	0/1	0/1	-	0/1	0/2	0/8	0/6	0/4	-
Chryseen	-	0/1	0/1	0/1	-	0/2	0/3	0/8	0/6	0/4	-
Dibenzo(a,h)antraceen	-	0/1	0/1	-	-	-	0/2	0/8	0/6	0/4	-
Fenantreen	-	-	-	0/1	-	0/1	0/2	0/8	0/6	0/4	-
Fluorantheen	-	0/1	0/1	0/1	0/1	0/2	0/3	0/8	0/6	0/4	-
Fluoreen	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Indeno(1,2,3-c,d)pyreen	-	0/1	0/1	0/1	0/1	0/2	0/3	0/8	0/6	0/4	-
Naftaleen	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Pyreen	-	0/1	0/1	0/1	0/1	0/2	0/3	0/8	0/6	0/4	-

De aanwezigheid van bestrijdingsmiddelen in de waterbodem zorgt ervoor dat er, bij het beschouwen van alle stoffen, duidelijke overschrijdingen zijn in alle zones van de Zeeschelde. Ook de zones in de Westerschelde tonen duidelijke overschrijdingen, ongeacht welke analyse beschouwd wordt. Bovendien worden in de zijrivieren duidelijke toenames in de score-klasse waargenomen wanneer alle stoffen beschouwd worden, met scores die in de periode *2016-2021* één tot twee units hoger liggen dan in de periode *2010-2015*. Een overzicht van de bekomen klassen op basis van de bestrijdingsmiddelen wordt gegeven in Tabel 5-37.

Tabel 5-37: Hoogste klasse voor bestrijdingsmiddelen in de waterbodem die afgeleid werd in de verschillende zones (Zeeschelde en Westerschelde) in het Schelde-estuarium. Maxima zijn berekend per periode van zes jaar.

Zone	> Grenswaarde			Alle stoffen		
	2004-2009	2010-2015	2016-2021	2004-2009	2010-2015	2016-2021
Zijrivieren						
Zoet zijrivier	1	1	-	2	2	-
Durme	2	3	2	2	3	4
Rupel	2	1	-	2	2	4
Zeeschelde						
Zoet kort verblijf	1	2	-	3	2	4
Zoet lang verblijf	1	2	-	2	2	4
Oligohalien	2	1	4	2	2	4
Saliniteitsgradient	4	4	-	4	4	4
Westerschelde						
Mesohalien	4	4	-	4	4	3
Zwak polyhalien	3	2	4	3	3	4
Sterk polyhalien	4	2	-	4	3	3
Monding						
Monding	2	-	-	3	-	-

Tabel 5-38: Aantal overschrijdingen van de jaargemiddelde normwaarden voor de "toetsbare" bestrijdingsmiddelen in de periode 2016-2021, weergegeven als aantal overschrijdingen ten opzichte van het aantal metingen. Resultaten worden weergegeven als 'X/Y', met 'X' het aantal overschrijdingen en 'Y' het aantal jaargemiddeldes dat werd berekend. Achtergrondkleuren geven een idee van de fractie aan overschrijdingen: groen (0%), geel (0,01 – 25%), oranje (25,01 – 50%), rood (50,01 – 75%) en donkerrood (75,01 – 100%). '-': Geen toetsbare bemonstering van de stof.

Stof	Zoet zijrivier	Durme	Rupel	Zoet kort verblijf	Zoet lang verblijf	Oligohalien	Saliniteitsgradient	Mesohalien	Zwak polyhalien	Sterk polyhalien	Monding
Hexachloorbenzeen	-	-	-	-	-	1/1	-	-	1/1	-	-
Chloordaan	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Tributyltin	-	0/1	-	-	-	1/2	-	-	-	-	-

Op basis van de aanwezigheid van PCB's in de waterbodem is de situatie minder rooskleurig, met overschrijdingen in de zijriveren, Zeeschelde en Westerschelde. Enkel in de zone *Sterk polyhalien* wordt er geen overschrijding waargenomen in de periode *2016-2021*, wanneer alle PCB's beschouwd worden. Een overzicht van de bekomen klassen op basis van de PCB's wordt gegeven in Tabel 5-39.

Tabel 5-39: Hoogste klasse voor overige PCB's in de waterbodem die afgeleid werd in de verschillende zones (Zeeschelde en Westerschelde) in het Schelde-estuarium. Maxima zijn berekend per periode van zes jaar.

Zone	> Grenswaarde			Alle PCB's		
	2004-2009	2010-2015	2016-2021	2004-2009	2010-2015	2016-2021
Zijrivieren						
Zoet zijrivier	2	4	-	2	4	-
Durme	4	4	4	4	4	4
Rupel	4	3	2	4	3	3
Zeeschelde						
Zoet kort verblijf	3	4	3	3	4	3
Zoet lang verblijf	2	3	3	2	3	3
Oligohalien	3	1	3	3	2	3
Saliniteitsgradient	4	4	3	4	4	3
Westerschelde						
Mesohalien	4	4	3	4	4	3
Zwak polyhalien	3	3	3	3	3	3
Sterk polyhalien	3	3	2	3	3	2
Monding						
Monding	2	-	-	2	-	-

Tabel 5-40: Aantal overschrijdingen van de jaargemiddelde normwaarden voor de "toetsbare" PCB's in de periode 2016-2021, weergegeven als aantal overschrijdingen ten opzichte van het aantal metingen. Resultaten worden weergegeven als 'X/Y', met 'X' het aantal overschrijdingen en 'Y' het aantal jaargemiddeldes dat werd berekend. Achtergrondkleuren geven een idee van de fractie aan overschrijdingen: groen (0%), geel (0,01 – 25%), oranje (25,01 – 50%), rood (50,01 – 75%) en donkerrood (75,01 – 100%). '-': Geen toetsbare bemonstering van de stof.

Stof	Zoet zijrivier	Durme	Rupel	Zoet kort verblijf	Zoet lang verblijf	Oligohalien	Saliniteitsgradient	Mesohalien	Zwak polyhalien	Sterk polyhalien	Monding
PCB28	-	-	-	1/1	-	-	2/2	5/5	1/1	-	-
PCB52	-	1/1	-	1/1	1/1	1/1	2/2	8/8	1/1	-	-
PCB101	-	1/1	0/1	1/1	1/2	1/2	2/2	7/8	0/6	0/4	-
PCB118	-	1/1	-	1/1	-	1/1	2/2	5/8	0/5	0/4	-
PCB138	-	1/1	0/1	1/1	0/1	0/1	2/2	5/8	0/6	0/4	-
PCB153	-	1/1	0/1	1/1	0/1	0/2	2/2	5/8	0/6	0/4	-
PCB180	-	1/1	1/1	1/1	1/1	2/2	2/2	8/8	2/6	0/4	-

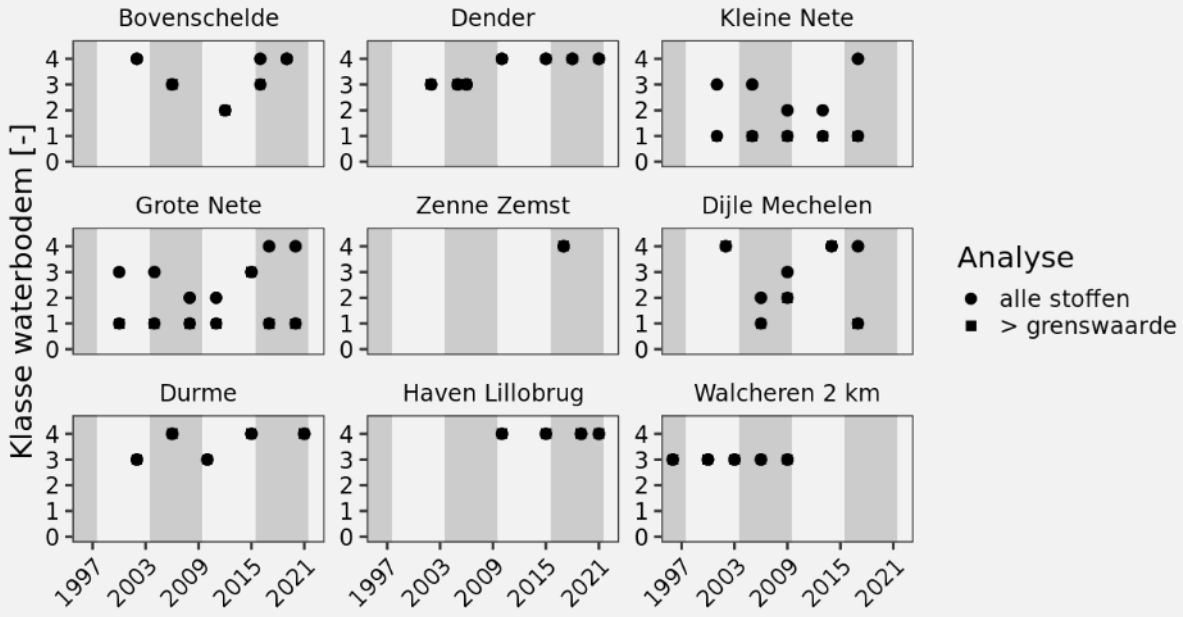
De groep-specifieke analyses van de verontreinigende stoffen in de waterbodem maakt het mogelijk om de problematische stoffengroepen te identificeren. Op basis van de groep-specifieke analyses kan bovendien een samenvattende analyse uitgevoerd worden, waarbij per zone en per periode de maximale klasse-score over alle stoffengroepen gerapporteerd wordt. Hieruit blijkt dat, ondanks de eventuele verbeteringen binnen een specifieke stoffengroep, nog steeds de hoogste klasse gerapporteerd dient te worden. Een overzicht van de bekomen klassen op basis van de groep-specifieke analyses wordt gegeven in Tabel 5-41 en aangevuld met de resultaten van de stations nabij de grenzen van het estuarium (Kader 5-15).

Tabel 5-41: Hoogste klasse voor alle verontreinigende stoffen in de waterbodem die afgeleid werd in de verschillende zones (Zeeschelde en Westerschelde) in het Schelde-estuarium. Maxima zijn afgeleid van de groep-specifieke analyses en weergegeven per periode van zes jaar. De sturende stof-groepen worden tussen haakjes weergegeven (1: Metalen; 2: PAK's; 3: Bestrijdingsmiddelen; 4: PCB's).

Zone	> Grenswaarde			Alle stoffen		
	2004-2009	2010-2015	2016-2021	2004-2009	2010-2015	2016-2021
Zijrivieren						
Zoet zijrivier	2 (4)	4 (4)	-	2 (3,4)	4 (4)	-
Durme	4 (4)	4 (4)	4 (4)	4 (4)	4 (4)	4 (3,4)
Rupel	4 (4)	3 (4)	2 (4)	4 (4)	3 (4)	4 (3)
Zeeschelde						
Zoet kort verblijf	3 (4)	4 (4)	3 (4)	3 (3,4)	4 (4)	4 (3)
Zoet lang verblijf	2 (4)	3 (4)	3 (4)	2 (3,4)	3 (4)	4 (3)
Oligohalien	3 (4)	1 (1,2,3,4)	4 (3)	3 (4)	2 (3,4)	4 (3)
Saliniteitsgradient	4 (3,4)	4 (3,4)	3 (1,3,4)	4 (3,4)	4 (3,4)	4 (3)
Westerschelde						
Mesohalien	4 (1,3,4)	4 (3,4)	3 (1,3,4)	4 (1,3,4)	4 (3,4)	3 (1,3,4)
Zwak polyhalien	3 (1,3,4)	4 (1)	4 (3)	3 (1,3,4)	4 (1)	4 (3)
Sterk polyhalien	4 (3)	3 (1,3,4)	3 (3)	4 (3)	3 (1,3,4)	3 (3)
Monding						
Monding	3 (1)	-	-	3 (1,3)	-	-

Kader 5-15 – Verontreinigende stoffen in de waterbodem op de *boundaries*

Voor de stations die buiten het estuarium vallen, zijn de resultaten gelijkaardig (zie Figuur 5-16). Het meetstation *Haven Lillobrug* toont hierbij de hoogste klasse van alle stations in het estuarium in de periode *2016-2021* en is ongewijzigd ten opzichte van de periode *2010-2015* en *2004-2009*. In de overige meetstations wordt meer variatie waargenomen in de bekomen klassen, maar alle stations tonen duidelijk een overschrijding (klasse 3 of 4) in de periode *2016-2021*. Bovendien wordt in een aantal stations (*Kleine Nete*, *Grote Nete*) zelfs een verslechtering van de situatie waargenomen.



Figuur 5-16: Hoogste klasse die afgeleid werd in de verschillende meetstation aan de grenzen van het Schelde-estuarium.

5.5.3. Verontreinigende stoffen in biota

Data

De volgende datafiches worden gebruikt voor het analyseren van de rekenparameter *Verontreinigende stoffen in biota*:

- S-FC-N-027 – Microverontreinigingen biota
- S-FC-V-027 – Microverontreinigingen biota

De volgende gegevensreeksen werden geselecteerd voor de periodieke gegevens:

- MWTL biological monitoring network Westerschelde
- MWTL chemical monitoring network Westerschelde
- VMM Biotic monitoring: Micropollutants in biota

Een overzicht van de gehanteerde meetstations wordt gegeven in Bijlage D.4.1 (periodieke metingen).

Definitie

Verontreinigende stoffen horen niet thuis in de biota van het Schelde-estuarium en er zijn dan ook zone-specifieke normen voor de aanwezigheid van verontreinigende stoffen in biota voorhanden (Bijlage D.4.2). Voor de Zeeschelde zijn gegevens beschikbaar van paling en baars, terwijl er voor de Westerschelde gebruik gemaakt wordt van mosselen en bot voor de KRW (De Jonge *et al.*, 2014). Naast deze metingen wordt in de Westerschelde ook gebruik gemaakt van onder andere blauwe mosselen, Japanse oester, bot en schol in het kader van OSPAR. Voor KRW wordt er evenwel geen verschil gemaakt tussen de verschillende organismen, terwijl er binnen OSPAR wel organisme-specifieke normen zijn opgesteld. Aangezien de informatie omtrent het bemonsterde organisme ontbreekt in de beschikbare data, wordt enkel de KRW-methodiek toegepast in elke zone (Zeeschelde en Westerschelde).

Methodiek

Het beschouwen van verschillende stoffen maakt een trendbepaling en vergelijking met voorgaande jaren of een vergelijking tussen zones onoverzichtelijk. Voor een snel en alomvattend beeld wordt daarom gebruik gemaakt van de KRW-methodiek, namelijk het al dan niet overschrijden van de voorgeschreven (nationale) milieukwaliteitsnormen voor de jaargemiddelde waarden. Hierbij dient opgemerkt te worden dat deze methodiek verschilt van de analyse die in de Evaluatiemethodiek wordt voorgeschreven (namelijk het gebruik van toxische eenheden). Deze kan voor de volledigheid in Bijlage D.4.6 geraadpleegd worden.

De uitgevoerd analyse van de verontreinigende stoffen is gebaseerd op het *Protocol monitoring en toestandsbeoordeling oppervlaktewaterlichamen KRW* (RWS Informatie, 2020) en omvat dezelfde stappen als toegelicht voor de rekenparameter *Verontreinigende stoffen in oppervlaktewater* (Sectie 5.5.1). De bovengrens wordt gelegd op *0 overschrijdingen* en wordt beschouwd in elke zone (Zeeschelde en Westerschelde).

Analyse

Het aantal overschrijdingen van de jaargemiddelde normen kan voor het merendeel van de zones niet bepaald worden voor de periode *2016-2021*. Enkel voor de zones *Zoet lang verblijf*, *Oligohalien*, *Saliniteitsgradiënt* en *Zwak polyhalien* zijn er gegevens beschikbaar voor de periode *2016-2021*.

De resultaten variëren tussen de verschillende zones, met overschrijdingen in het merendeel van de beschouwde zones (uitgezonderd de zone *Saliniteitsgradiënt*). Deze overschrijdingen worden zowel in de Zeeschelde als in de Westerschelde waargenomen, terwijl er voor de Zijrivieren en Monding geen gegevens beschikbaar zijn. Ook het relatief aantal overschrijdingen is vrij hoog, mede door een lage bemonsteringsinspanning (in vergelijking met de bemonstering van het oppervlaktewater). Een overzicht van het absoluut en relatief aantal overschrijdingen wordt gegeven in Tabel 5-42.

Tabel 5-42: Aantal overschrijdingen van de normwaarden voor de "toetsbare" verontreinigende stoffen. De fractie van overschrijdingen (t.o.v. het aantal metingen) wordt tussen haakjes weergegeven.

Zone	2004-2009	2010-2015	2016-2021
Zijrivieren			
Zoet zijrivier	-	-	-
Durme	-	-	-
Rupel	-	-	-

Zone	2004-2009	2010-2015	2016-2021
Zeeschelde			
Zoet kort verblijf	-	-	-
Zoet lang verblijf	-	-	6 (55%)
Oligohalien	-	-	7 (64%)
Saliniteitsgradiënt	-	5 (56%)	0 (0%)
Westerschelde			
Mesohalien	-	-	-
Zwak polyhalien	3 (43%)	14 (33%)	23 (39%)
Sterk polyhalien	-	-	-
Monding			
Monding	-	-	-

De bemonsteringsinspanning verschilt duidelijk tussen de Zeeschelde en de Westerschelde, met in de zones van de Zeeschelde vaak slechts een enkele meting per verontreinigende stof in de periode *2016-2021*. De stoffen die de voorgeschreven normen overschrijden, zijn vrij gelijkaardig in de Zeeschelde en Westerschelde, met overschrijdingen door kwik, PBDE's en heptachloorepoxiden. Dit komt overeen met de stoffen die in de periode *2010-2015* de voorgeschreven toetswaarden overschreden. Een gedetailleerd overzicht van de "toetsbare" stoffen voor de periode *2016-2021* wordt gegeven in Tabel 5-43, met een gelijkaardige analyse voor de periode *2010-2015* in Bijlage D.4.7.

Tabel 5-43: Aantal overschrijdingen van de jaargemiddelde normwaarden voor de "toetsbare" stoffen in de periode 2016-2021, weergegeven als aantal overschrijdingen ten opzichte van het aantal metingen. Resultaten worden weergegeven als 'X/Y', met 'X' het aantal overschrijdingen en 'Y' het aantal jaargemiddeldes dat werd berekend. Achtergrondkleuren geven een idee van de fractie aan overschrijdingen: groen (0%), geel (0,01 – 25%), oranje (25,01 – 50%), rood (50,01 – 75%) en donkerrood (75,01 – 100%). '-': Geen toetsbare bemonstering van de stof.

Stof	Zoet kort verblijf	Zoet lang verblijf	Oligohalien	Saliniteitsgradiënt	Mesohalien	Zwak polyhalien	Sterk polyhalien	Monding
Benzo(a)pyreen	-	1/1	1/1	0/1	-	1/6	-	-
Dicofol	-	0/1	0/1	-	-	-	-	-
Dioxinen	-	1/1	1/1	-	-	-	-	-
Fluorantheen	-	0/1	1/1	0/1	-	1/6	-	-
Heptachloorepoxiden	-	1/1	1/1	-	-	11/11	-	-
Hexabroomcyclododecaan (HBCDD)	-	0/1	0/1	-	-	0/6	-	-
Hexachloorbenzeen (HCBz)	-	0/1	0/1	-	-	0/6	-	-
Hexachloorbutadieen (HCBd)	-	0/1	0/1	-	-	0/6	-	-
Kwik (Hg)	-	1/1	1/1	-	-	4/6	-	-
PBDEs	-	1/1	1/1	-	-	6/6	-	-
Perfluoroctaansulfonzuur (PFOS)	-	1/1	1/1	-	-	0/6	-	-

Kader 5-16 – Verontreinigende stoffen in biota op de *boundaries*

Voor de stations die buiten het estuarium vallen, zijn de resultaten relatief gelijkaardig (zie Tabel 5-44). Nagenoeg alle meetstations worden gekarakteriseerd door in de periode *2016-2021* minstens eenmalig een overschrijding van de jaargemiddelde norm te rapporteren.

De specifieke stoffen die tot de getoonde overschrijdingen leiden, liggen in lijn met de stoffen die reeds eerder aangehaald werden: kwik, PBDEs, heptachloorepoxiden en PFOS overschrijden in alle beschouwde stations de norm. Daarnaast vertoont het meetstation *Bovenschelde* additionele overschrijdingen van benzo(a)pyreen, dioxinen en fluorantheen.

Tabel 5-44: Aantal overschrijdingen van de jaargemiddelde normwaarden voor de "toetsbare" stoffen in de periode 2016-2021, weergegeven als aantal overschrijdingen ten opzichte van het aantal metingen. Resultaten worden weergegeven als 'X/Y', met 'X' het aantal overschrijdingen en 'Y' het aantal jaargemiddeldes dat werd berekend.

Stof	Bovenschelde	Dender	Grote Nete
Benzo(a)pyreen	1/1	0/1	0/1
Dicofol	0/1	0/1	0/1
Dioxinen	1/1	0/1	0/1
Fluorantheen	1/1	0/1	0/1
Heptachloorepoxiden	1/1	1/1	1/1
Hexabroomcyclododecaan (HBCDD)	0/1	0/1	0/1
Hexachloorbenzeen (HCBz)	0/1	0/1	0/1
Hexachloorbutadieen (HCBd)	0/1	0/1	0/1
Kwik (Hg)	1/1	1/1	1/1
PBDEs	1/1	1/1	1/1
Perfluoroctaansulfonzuur (PFOS)	1/1	1/1	1/1

5.6. Verklarende parameters

5.6.1. Input estuarium

Het Schelde-estuarium wordt beïnvloed door verscheidene externe factoren, waaronder de inkomende waterstromen en de geassocieerde fysicochemie. Deze instroom vindt voornamelijk plaats aan de grenzen van het estuarium, waaronder de stroomopwaartse plaatsen waar de getij-invloed stopt, meestal door de bouw van stuwen. Deze grensmeetpunten liggen net buiten het estuarium en aan de rand van het getijdengebied. Het gaat om de bovenstroomse delen (zonder getij-invloed) van de rivieren Bovenschelde, Dender, Dijle, Zenne, Grote Nete en Kleine Nete. Ook het Spuikanaal Bath, het Kanaal Gent-Terneuzen en het Antwerpse havengebied op rechteroever (Haven) worden als grenspunt opgenomen. De kwaliteit en kwantiteit van de afvoer uit deze gebieden kan namelijk een belangrijke invloed hebben op het estuariene ecosysteem.

Het spreekt voor zich dat de waterkwaliteit in het estuarium zeer sterk beïnvloed wordt door wat er toekomt in het ecosysteem vanuit deze zijrivieren en kanalen (Gaulier *et al.*, 2021; Soetaert *et al.*, 2006). Daarom vormen de grenzen van het estuarium een eerste belangrijke verklarende parameter, Alle rekenparameters voor de communicatie-indicator *Waterkwaliteit* met een ruimtelijke resolutie op niveau 3 (zones) of 4 (compartimenten), zijn daarom ook uitgewerkt voor de grenzen en systematisch meegenomen per rekenparameter (zie kaders doorheen dit hoofdstuk).

5.6.2. Zoutdynamiek

Zoals eerder vermeld (zie Sectie 5.4.1) stuurt de saliniteitsgradiënt (en de geassocieerde variatie in tijd en ruimte) zowel de structurele als functionele kenmerken van de aquatische gemeenschap in estuaria (Lionard *et al.*, 2005; Wolff, 1973). Bovendien zorgt een toename in de saliniteit voor een afname in de hoeveelheid opgeloste zuurstof en ook de toxiciteit van verschillende metalen neemt doorgaans af wanneer de saliniteit toeneemt. Waar zoet met zout water mixt, ontstaat een turbiditeitsmaximum, hetgeen belangrijk is voor sedimentatieprocessen. Bijgevolg worden de volgende verklarende parameters gehanteerd: *Zoutstress* (Sectie 5.6.2.1), *Schommelingen op middellange termijn* (Sectie 5.6.2.2) en *Stratificatie* (Sectie 5.6.2.3).

5.6.2.1. Zoutstress

Data

De volgende datafiches worden gebruikt voor het analyseren van de verklarende parameter *Zoutdynamiek – Zoutstress*:

- S-FC-V-001 – Geleidbaarheid – Continu

Voor de continue data wordt gebruik gemaakt van de gegevensreeks:

- Flanders Hydraulics Research: Continuous monitoring of salinity in the Scheldt estuary

Definitie

Op korte termijn (bijv. dagelijks) kunnen schommelingen van het zoutgehalte voorkomen, onder andere door het indringen van het getij. De intensiteit van deze schommeling wordt in sterke mate bepaald door de sterkte van de zoutgradiënt en de grootte van de tij-excursie. Dit kan een belangrijke stressfactor zijn voor benthische organismen, aangezien zij binnen 1 tij-beweging een grote range in

zoutgehalte moeten trotseren. Als maat voor deze zoutstress, wordt jaarlijks voor elke Scheldezone (niveau 3) het maximale dagelijkse verschil in saliniteit bepaald.

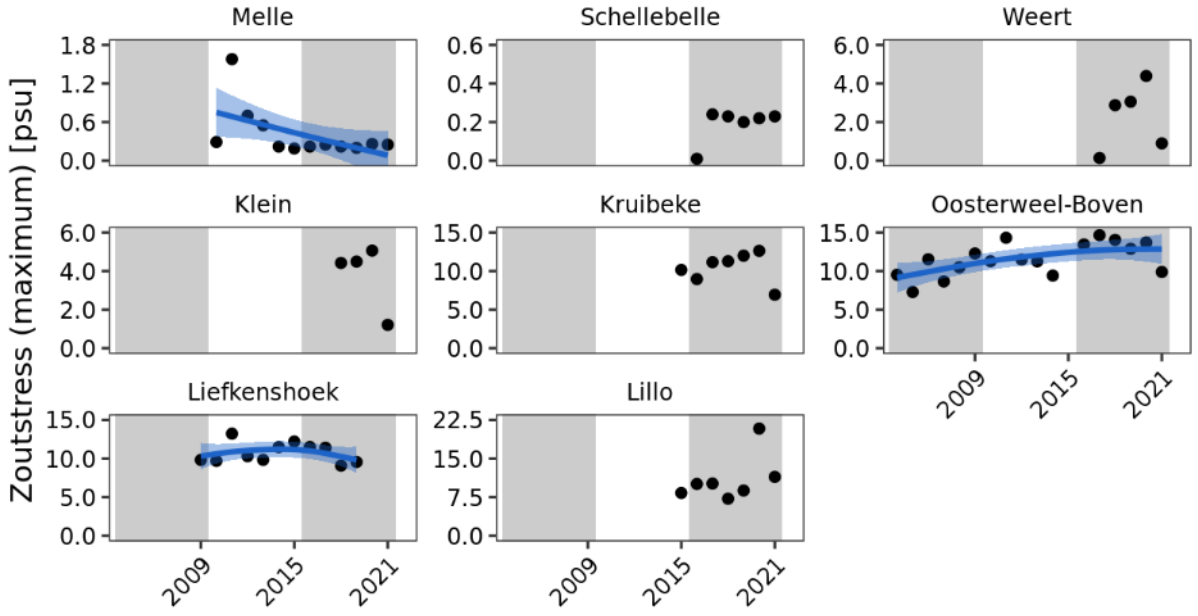
Methodiek

Na de selectie van de relevante gegevensreeksen, worden de stations toegewezen aan de geassocieerde segmenten (niveau 4) en zones (niveau 3). Vervolgens wordt er per zone (Zeeschelde en Westerschelde) bepaald wat de jaarlijkse maximale stress op basis van de saliniteit bedraagt. De basis hiervoor wordt gelegd door het bepalen van het dagelijkse verschil tussen de hoogste en laagste saliniteit die waargenomen wordt, waaruit de maximale stress per station en per jaar bepaald wordt. Dit resultaat wordt vervolgens vergeleken met de resultaten van de voorbije periodes.

Analyse

De maximale zoutstress op basis van de saliniteit kan voor het merendeel van de continue stations bepaald worden voor de periode *2016-2021*. De meeste stations tonen evenwel geen waarnemingen in de voorgaande periode(s), met uitzondering van de stations *Melle*, *Oosterweel-Boven* en *Liefkenshoek*. Dit laatste station heeft dan weer geen waarnemingen voor de jaren 2020 en 2021.

De resultaten variëren tussen de stations, met zowel afnames (bijv. station *Melle*) en toenames (bijv. station *Oosterweel-Boven*) van de maximale zoutstress op basis van saliniteit. Voor meerdere stations is het evenwel niet mogelijk om een duidelijke toe- of afname in de tijd waar te nemen. Een temporeel overzicht van de zoutstress in de verschillende meetstations wordt gegeven in Figuur 5-17.



Figuur 5-17: Maximale zoutstress op basis van de saliniteit die afgeleid werd in de verschillende continue meetstations van het Schelde-estuarium. Het meetstation 'Klein' verwijst hier naar het meetstation 'Klein Willebroek'.

5.6.2.2. Schommelingen op middellange termijn

Data

De volgende datafiches worden gebruikt voor het analyseren van de verklarende parameter *Zoutdynamiek – Schommelingen op middellange termijn*:

- S-FC-N-021 – Chloride (Cl) – Periodiek
- S-FC-V-021 – Chloride – Periodiek

De volgende gegevensreeksen werden geselecteerd voor de periodieke gegevens:

- MWTL chemical monitoring network Westerschelde
- OMES: Monitoring fysical-chemical water quality in the Zeeschelde
- VMM: Surface water monitoring network of the Flemish Environment Agency

Definitie

Op middellange termijn (bijv. seizoenen) kunnen significante schommelingen van het zoutgehalte voorkomen. Zo kan, na een paar maanden met lage debieten, het zoutgehalte langzaam toenemen, om na een periode van hevige regenval of hoge spuidebieten plots weer sterk te dalen. Bijgevolg worden organismen binnen een periode van enkele maanden blootgesteld aan een brede zoutrange. Als maat voor deze schommelingen, wordt jaarlijks voor elke Scheldezone (niveau 3) de variatie in chlorideconcentratie bepaald volgens Vergelijking 5.13 (Vos & Wolff, 2001).

$$variatie(\%) = \frac{4 \cdot s_x}{\bar{x}} \cdot 100\% \qquad (5.13)$$

Met $\bar{x}$ de gemiddelde chlorideconcentratie op jaarbasis (mg/L) en s_x de standaarddeviatie op de gemiddelde chlorideconcentratie op jaarbasis (mg/L).

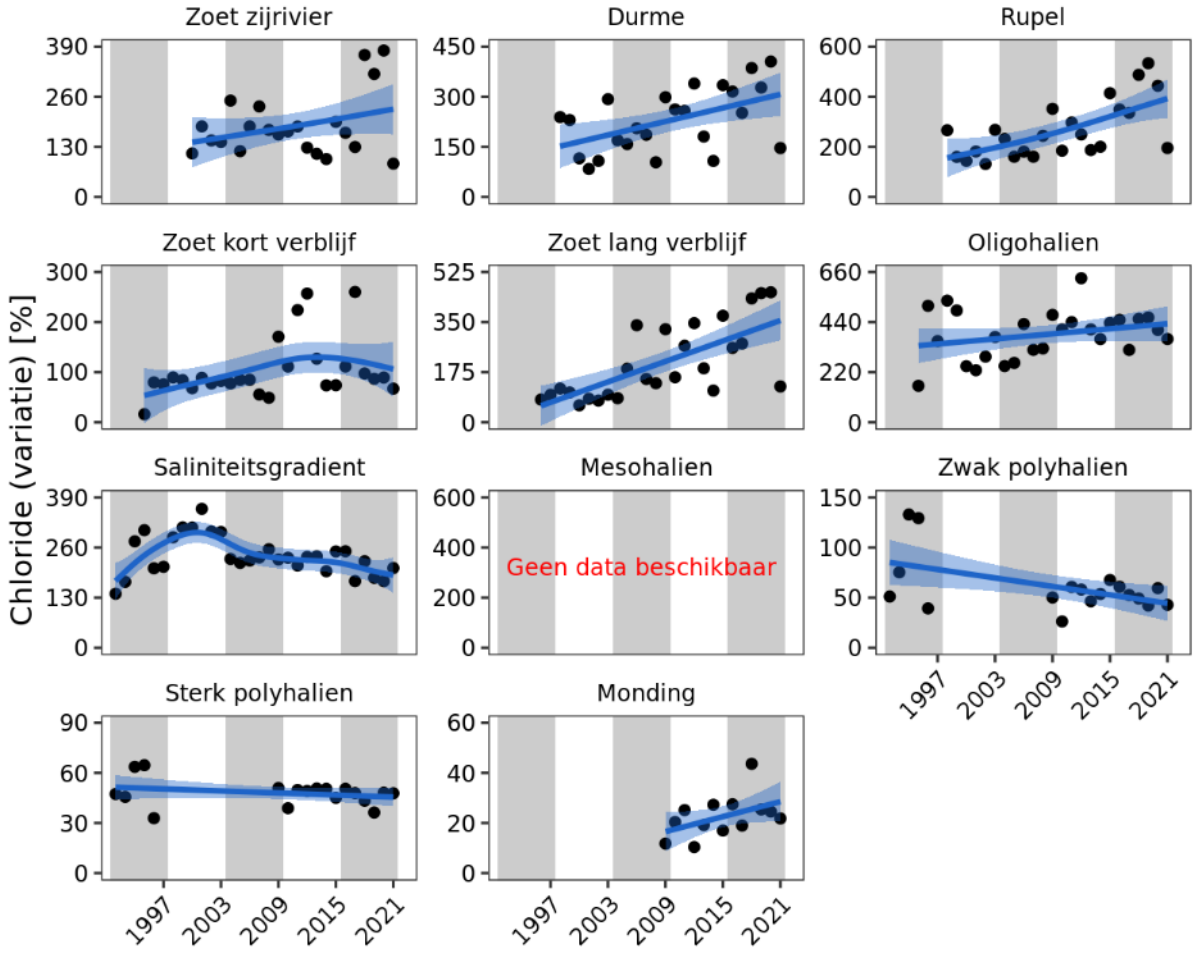
Methodiek

Na de selectie van de relevante gegevensreeksen, worden de stations toegewezen aan de geassocieerde segmenten (niveau 4) en zones (niveau 3). Vervolgens wordt er per zone (Zeeschelde en Westerschelde) bepaald wat de jaarlijkse variatie in chloridegehalte bedraagt door middel van Vergelijking 5.13. Hiervoor wordt stapsgewijs gewerkt, namelijk: (1) bepalen gemiddelde concentratie per station per maand, (2) bepalen gemiddelde concentratie per station per jaar, (3) bepalen gemiddelde concentratie (en standaarddeviatie) per zone per jaar, en (4) bepalen van de variatie per zone per jaar.

Analyse

De schommelingen in de chlorideconcentratie kunnen voor het merendeel van de stations bepaald worden voor de periode *2016-2021*. Enkel voor de zone *Mesohalien* zijn er geen gegevens beschikbaar voor de periode *2016-2021* (noch voor de voorgaande periodes).

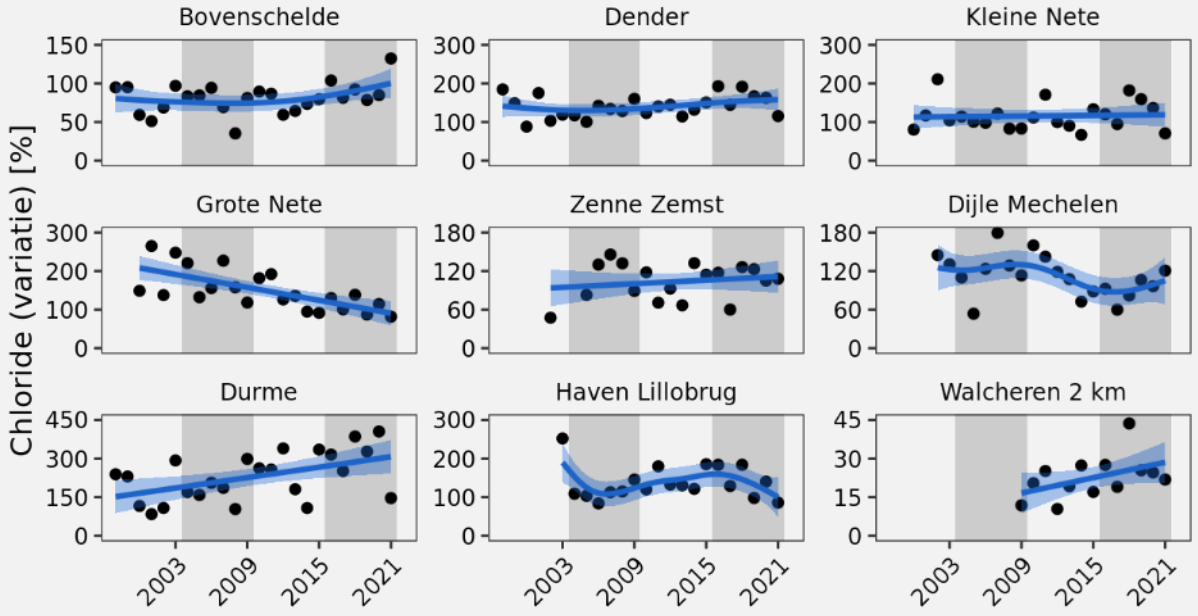
De resultaten variëren tussen de zones, met zowel afnames (bijv. zones *Saliniteitsgradiënt* en *Zwak polyhalien*) en toenames (bijv. zones *Zoet zijrivier*, *Durme* en *Rupel*) van de variatie in chlorideconcentratie. Een temporeel overzicht van de jaarlijkse schommeling in de verschillende zones wordt gegeven in Figuur 5-18 en aangevuld met de resultaten van de stations nabij de grenzen van het estuarium (Kader 5-17).



Figuur 5-18: Schommelingen in de chlorideconcentratie die afgeleid werden in de verschillende zones (niveau 3) van het Schelde-estuarium. De schommelingen worden weergegeven als jaarlijkse variatie, volgens Vergelijking 5.13.

Kader 5-17 – Variatie van de chlorideconcentratie op de *boundaries*

Ook voor de stations die buiten het estuarium vallen, zijn de resultaten variërend (Figuur 5-19). Alle meetstations tonen hierbij een gelijkaardige chloridevariatie in de periode *2016-2021*, aangevuld met lichte toenames in *Bovenschelde* en *Kleine Nete*, en lichte afnames in *Grote Nete* en *Haven Lillobrug*.



Figuur 5-19: Schommelingen in de chlorideconcentratie die afgeleid werden in de verschillende meetstations aan de grenzen van het Schelde-estuarium. De schommelingen worden weergegeven als jaarlijkse variatie, volgens Vergelijking 5.13.

5.6.2.3. Stratificatie

Data

De volgende datafiches worden gebruikt voor het analyseren van de rekenparameter *Chloride*:

- S-FC-N-021 – Chloride (Cl) – Periodiek
- S-FC-V-021 – Chloride – Periodiek

De volgende gegevensreeksen werden geselecteerd voor de periodieke gegevens:

- MWTL chemical monitoring network Westerschelde
- OMES: Monitoring fysical-chemical water quality in the Zeeschelde
- VMM: Surface water monitoring network of the Flemish Environment Agency

Definitie

Wanneer er onvoldoende menging plaatsvindt, kan er een zoutwig ontstaan die onder een zoetwatermassa door migreert. De Schelde wordt echter verondersteld een goed gemengd systeem te zijn, waardoor men aanneemt dat er geen stratificatie optreedt. Enkel in de zone waar zout en zoet elkaar tegenkomen (zijnde de zone *Sterke saliniteitsgradiënt*) kan een (tijdelijke) zwakke stratificatie optreden. Op basis van maandelijkse metingen wordt de verticale zoutgradiënt per station in de zone *Sterke saliniteitsgradiënt* opgevolgd door middel van Vergelijking 5.14.

$$gradiënt = \left|\frac{C_z - C_0}{z}\right| \quad (5.14)$$

Met z de diepte (m), C_z de chlorideconcentratie op diepte z (mg/L) en C_0 de chlorideconcentratie aan de oppervlakte (mg/L).

Methodiek

Na de selectie van de relevante gegevensreeksen, worden de stations toegewezen aan de geassocieerde zones (niveau 3). Stations die niet in de zone *Sterke saliniteitgradiënt* liggen of waarvoor geen informatie met betrekking tot de diepte van de meting beschikbaar is, worden verwijderd. De gradiënt wordt bepaald voor elke unieke observatie (i.e. per station en datum) als de verhouding van de range en de diepte. Vervolgens wordt er per station bepaald wat de maandelijkse gemiddelde gradiënt is.

Analyse

Het hoogste risico voor stratificatie bevindt zich daar waar zout en zoet water elkaar ontmoeten in het estuarium: de zone *Saliniteitsgradiënt*. Het risico op de negatieve gevolgen van stratificatie is echter zeer klein omdat er momenteel amper stratificatie voorkomt in het Schelde estuarium.

5.6.3. Lichtklimaat

Het lichtklimaat is een van de meest sturende factoren van de productiviteit en de energiedoorstroming in het estuariene ecosysteem. Primaire productie door fytoplankton is immers zeer sterk afhankelijk van de hoeveelheid licht in de waterkolom, doch in het Schelde-estuarium blijkt licht de limiterende factor te zijn voor het gros van de primaire productie. Verschillende factoren spelen een rol in de sturing van dit lichtklimaat, waardoor metingen van zowel doorzicht, extinctie en turbiditeit gehanteerd kunnen worden. In het Schelde-estuarium zijn evenwel metingen van extinctie het meest frequent en consistent, waardoor hieraan voorkeur wordt gegeven. Voor het beschrijven van het lichtklimaat worden de volgende verklarende parameters gehanteerd: *Maximum & minimum eufotische diepte* (Sectie 5.6.3.1), *Seizoensgemiddelde eufotische diepte* (Sectie 5.6.3.2), *Seizoensgemiddelde lichtlimitatie* (Sectie 5.6.3.3), *Seizoensgemiddelde zwevende stof* (Sectie 5.6.3.4) en *Turbiditeitsmaximum* (Sectie 5.6.3.5).

5.6.3.1. Maximum & minimum eufotische diepte

Data

De volgende datafiches worden gebruikt voor het analyseren van de rekenparameter *Maximum & minimum eufotische diepte*:

- S-FC-N-028 – Lichtklimaat (periodiek)
- S-FC-V-020 – Lichtextinctie – Periodiek

De volgende gegevensreeksen werden geselecteerd voor de periodieke gegevens:

- MWTL chemical monitoring network Westerschelde
- OMES: Monitoring fysical-chemical water quality in the Zeeschelde

Definitie

Licht dringt door in de waterkolom, maar is onderhevig aan een verscheidenheid aan processen waardoor de lichtintensiteit afneemt met toenemende diepte (i.e. verticale extinctie). Dit kan er toe leiden dat er donkere zones onderaan de waterkolom ontstaan, dewelke een negatief effect uitoefenen op de primaire productie. De diepte waarop de eufotische zone overgaat in de donkere zone wordt beschouwd als de *eufotische diepte* (Z_{eu}). Voor de beschrijving van het heersende lichtklimaat kan de eufotische diepte afgeleid worden van de verticale extinctiecoëfficiënt (k_d), gebruik makend van Vergelijking 5.15. De minimale en maximale eufotische diepte wordt beschouwd per compartiment (niveau 4) in de Zeeschelde en per zone (niveau 3) in de Westerschelde.

$$Z_{eu} = \frac{-1}{k_d \cdot \ln(0{,}01)} \approx \frac{4{,}6}{k_d} \qquad (5.15)$$

Met Z_{eu} de eufotische diepte (m) en k_d de lichtextinctiecoëfficiënt (1/m).

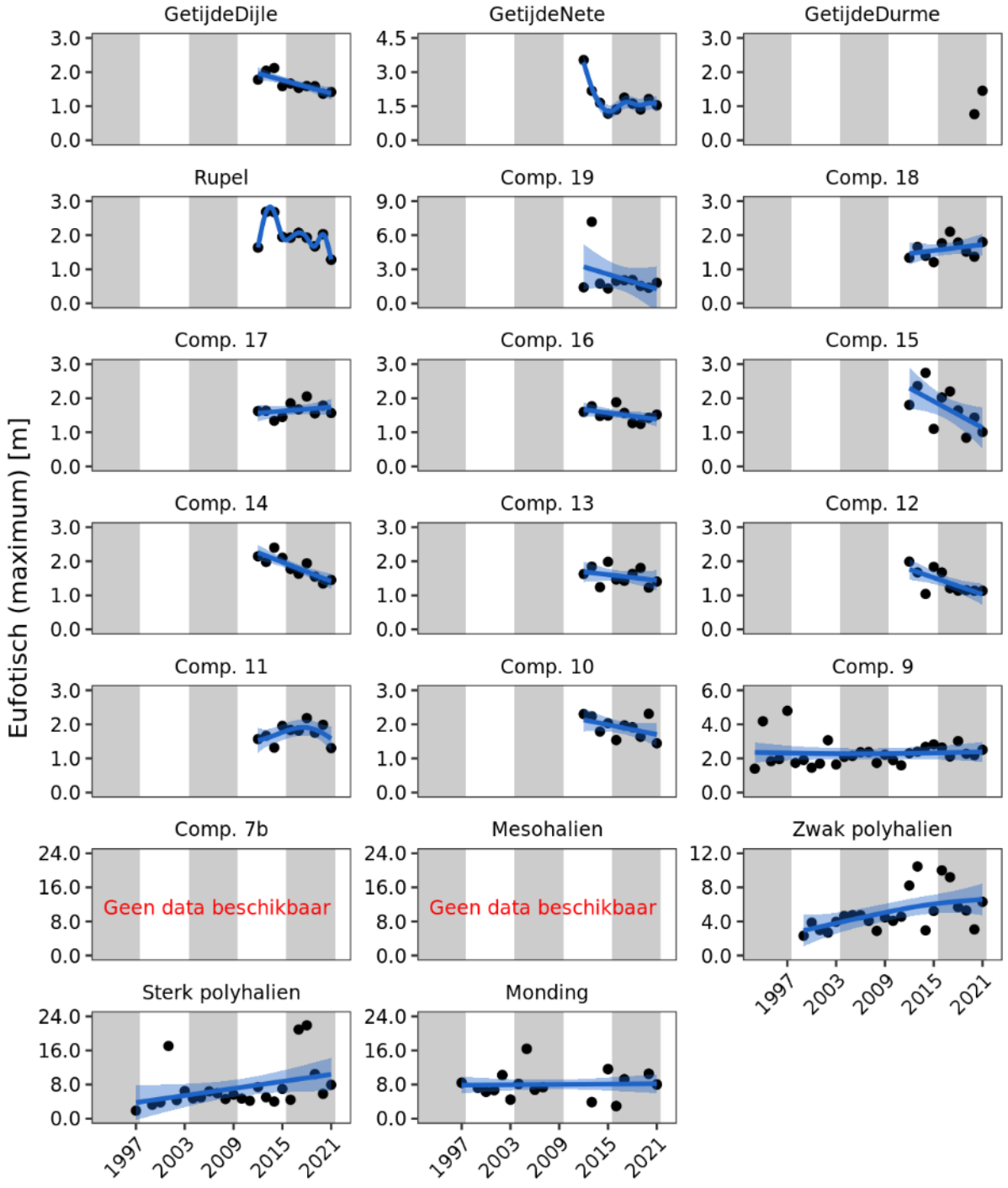
Methodiek

Na de selectie van de relevante gegevensreeksen, wordt een schatting gemaakt van de eufotische diepte door middel van Vergelijking 5.15. Vervolgens worden de stations toegewezen aan de geassocieerde segmenten (niveau 4) en zones (niveau 3) en wordt er per segment (Zeeschelde) of per zone (Westerschelde) bepaald wat de minimale en maximale jaarlijkse eufotische diepte is. Dit resultaat wordt vervolgens vergeleken met de resultaten van de voorbije periodes.

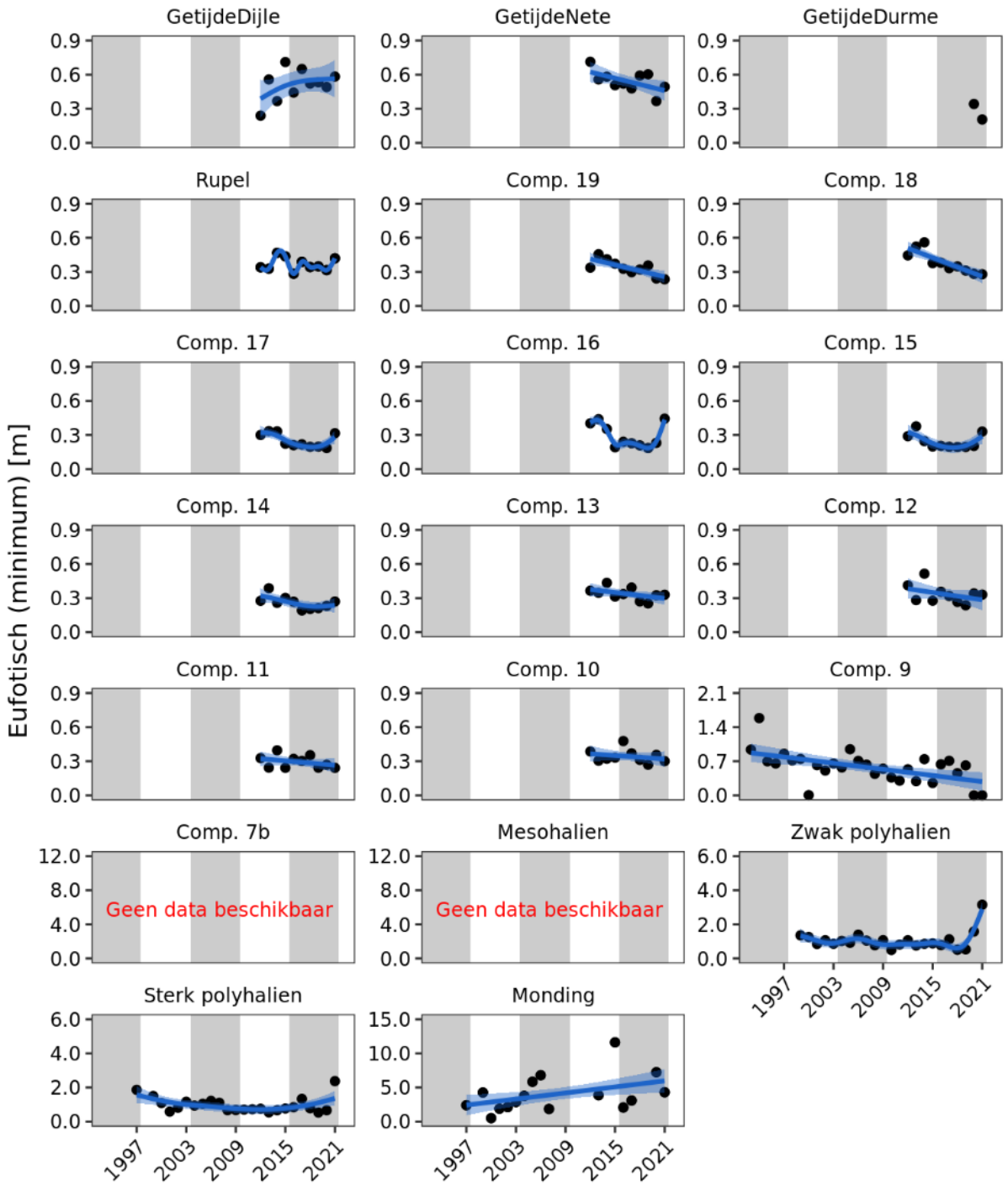
Analyse

De maximale en minimale eufotische diepte kunnen voor het merendeel van de stations bepaald worden voor de periode *2016-2021*. Enkel voor het segment *Comp. 7b* en voor de zone *Mesohalien* zijn er geen gegevens beschikbaar voor de periode *2016-2021* (noch voor de voorgaande periodes).

De resultaten voor de maximale eufotische diepte variëren tussen de segmenten en zones, met zowel afnames (bijv. segmenten *Comp. 12* t.e.m. *Comp. 16*) en toenames (bijv. zones *Zwak polyhalien* en *Sterk polyhalien*) van de maximale eufotische diepte. Echter, de minimale eufotische diepte toont een afname in meerdere zones (bijv. segmenten *Comp. 9* t.e.m. *Comp. 13*). Een temporeel overzicht van de maximale eufotische diepte in de verschillende segmenten en zones wordt gegeven in Figuur 5-20, terwijl de minimale eufotische diepte in de verschillende segmenten en zones wordt gegeven in Figuur 5-21.



Figuur 5-20: Maximale eufotische diepte die afgeleid werd in de verschillende segmenten (Zeeschelde) en zones (Westerschelde) in het Schelde-estuarium.



Figuur 5-21: Minimale eufotische diepte die afgeleid werd in de verschillende segmenten (Zeeschelde) en zones (Westerschelde) in het Schelde-estuarium.

5.6.3.2. Seizoensgemiddelde eufotische diepte

De volgende datafiches worden gebruikt voor het analyseren van de rekenparameter *Seizoensgemiddelde eufotische diepte*:

- S-FC-N-028 – Lichtklimaat (periodiek)
- S-FC-V-020 – Lichtextinctie – Periodiek

De volgende gegevensreeksen werden geselecteerd voor de periodieke gegevens:

- MWTL chemical monitoring network Westerschelde
- OMES: Monitoring fysical-chemical water quality in the Zeeschelde

Definitie

Voor de beschrijving van het heersende lichtklimaat kan de eufotische diepte afgeleid worden van de verticale extinctiecoëfficiënt (k_d), gebruik makend van Vergelijking 5.15. De minimale en maximale eufotische diepte geven een indicatie van de praktische grenzen, maar is zeer gevoelig aan uitzonderlijke omstandigheden en houdt geen rekening met seizoensgebonden veranderingen. De seizoensgemiddelde eufotische diepte geeft bijgevolg een indicatie van de gemiddelde situatie en wordt beschouwd per compartiment (niveau 4) in de Zeeschelde en per zone (niveau 3) in de Westerschelde.

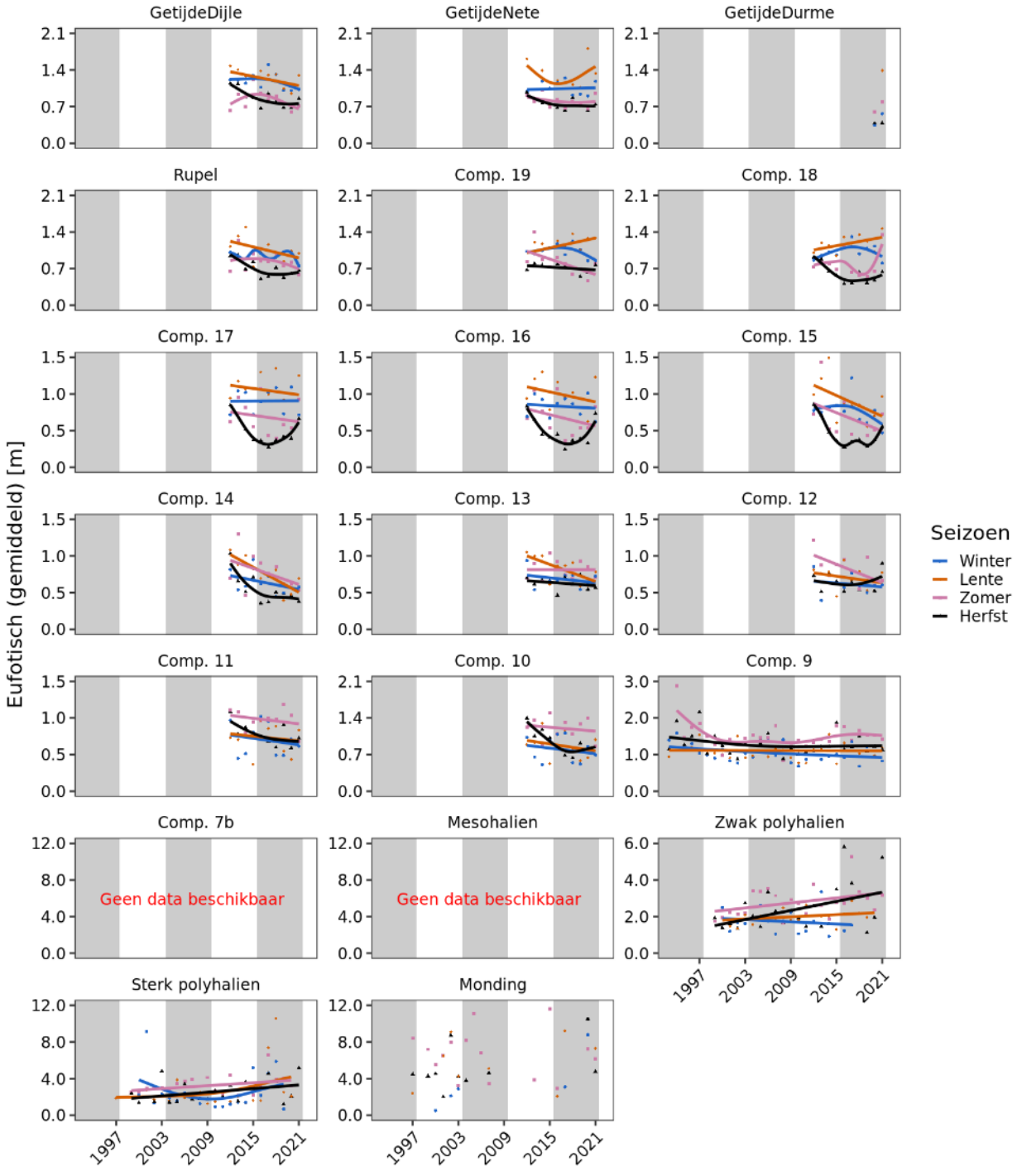
Methodiek

Na de selectie van de relevante gegevensreeksen, wordt een schatting gemaakt van de eufotische diepte door middel van Vergelijking 5.15. Vervolgens worden de stations toegewezen aan de geassocieerde segmenten (niveau 4) en zones (niveau 3) en wordt er een onderscheid gemaakt tussen de lente-, zomer-, herfst- en winterperiode, waarna de gemiddelde eufotische diepte per segment (Zeeschelde) of per zone (Westerschelde) bepaald wordt en vergeleken wordt met de resultaten van de voorbije periodes. Hiervoor wordt stapsgewijs gewerkt, namelijk: (1) bepalen gemiddelde eufotische diepte per station per maand, (2) bepalen gemiddelde eufotische diepte per station per seizoen per jaar, en (3) bepalen gemiddelde eufotische diepte per zone per seizoen per jaar.

Analyse

De seizoensgemiddelde eufotische diepte kan voor het merendeel van de stations bepaald worden voor de periode *2016-2021*. Enkel voor het segment *Comp. 7b* en voor de zone *Mesohalien* zijn er geen gegevens beschikbaar voor de periode *2016-2021* (noch voor de voorgaande periodes).

De resultaten voor de seizoensgemiddelde eufotische diepte variëren tussen de zones en seizoenen, met zowel afnames (bijv. segmenten *Comp. 10* t.e.m. *Comp. 17* in de lente) en toenames (bijv. zones *Zwak polyhalien* en *Sterk polyhalien* in de herfst en zomer) van de gemiddelde eufotische diepte. Stroomopwaarts worden de hoogste gemiddelde waardes vaak bekomen in de lente, terwijl stroomafwaarts de zomer tot licht hogere waardes leidt. Een temporeel overzicht van de seizoensgemiddelde eufotische diepte in de verschillende segmenten en zones wordt gegeven in Figuur 5-22.



Figuur 5-22: Gemiddelde eufotische diepte die afgeleid werd in de verschillende segmenten (Zeeschelde) en zones (Westerschelde) in het Schelde-estuarium, weergegeven per seizoen.

5.6.3.3. Seizoensgemiddelde lichtlimitatie

Data

De volgende datafiches worden gebruikt voor het analyseren van de rekenparameter *Chloride*:

- S-FC-N-028 – Lichtklimaat (periodiek)
- S-FC-V-020 – Lichtextinctie – Periodiek

De volgende gegevensreeksen werden geselecteerd voor de periodieke gegevens:

- MWTL chemical monitoring network Westerschelde
- OMES: Monitoring fysical-chemical water quality in the Zeeschelde

Definitie

Niet enkel lichtextinctie zelf is van belang, maar ook de waterdiepte bepaalt mee het lichtklimaat in een gemengd systeem. Hoe dieper het water, hoe groter de kans dat het fytoplankton zich in een donkere waterlaag bevindt. De resulterende lichtlimitatie kan ingeschat worden via de verhouding van de eufotische diepte (Z_{eu}) ten opzichte van de mengdiepte (Z_m), gebruik makende van Vergelijking 5.16. De eufotische diepte kan afgeleid worden van de lichtextinctiecoëfficiënt door middel van Vergelijking 5.15 (zie Sectie 5.6.3.1), terwijl de mengdiepte in de Schelde benaderd kan worden door de gemiddelde diepte per compartiment (de Schelde is een goedgemengd systeem). De seizoensgemiddelde lichtlimitatie wordt beschouwd per compartiment (niveau 4) in de Zeeschelde en per zone (niveau 3) in de Westerschelde.

$$Lichtlimitatie = \frac{Z_{eu}}{Z_m} \tag{5.16}$$

Met Z_{eu} de eufotische diepte (m) en Z_m de mengdiepte (m).

Methodiek

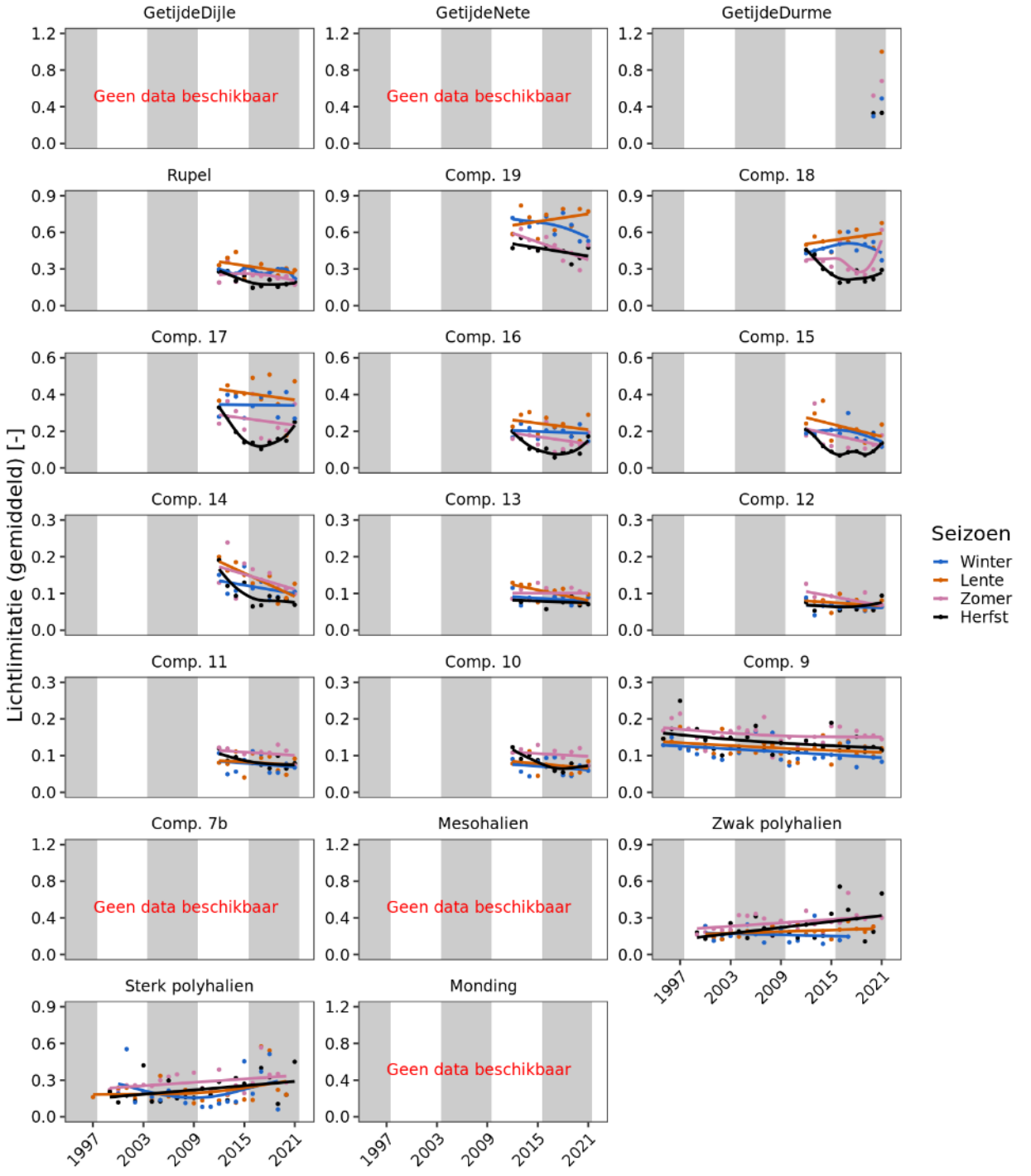
Na de selectie van de relevante gegevensreeksen, worden de stations toegewezen aan de geassocieerde segmenten (niveau 4) en zones (niveau 3). Vervolgens wordt de verhouding van de eufotische diepte (Z_{eu}) en de mengdiepte (Z_m) bepaald per observatie en wordt er een onderscheid gemaakt tussen de lente-, zomer-, herfst- en winterperiode. Finaal wordt de gemiddelde lichtlimitatie per segment (Zeeschelde) of per zone (Westerschelde) gerapporteerd en vergeleken met de resultaten van de voorbije periodes. Hiervoor wordt stapsgewijs gewerkt, namelijk: (1) bepalen gemiddelde lichtlimitatie per station per maand, (2) bepalen gemiddelde lichtlimitatie per station per seizoen per jaar, en (3) bepalen gemiddelde lichtlimitatie per zone per seizoen per jaar.

Analyse

De seizoensgemiddelde lichtlimitatie kan voor het merendeel van de stations bepaald worden voor de periode *2016-2021*. Enkel voor de segmenten *GetijdeDijle*, *GetijdeNete* en *Comp. 7b* en voor de zones *Mesohalien* en *Monding* zijn er geen gegevens beschikbaar voor de periode *2016-2021* (noch voor de voorgaande periodes).

De resultaten voor de seizoensgemiddelde lichtlimitatie variëren tussen de zones en seizoenen, maar algemeen gezien worden gelijkaardige resultaten als tijdens de voorgaande periodes waargenomen. Stroomopwaarts worden de hoogste gemiddelde waardes vaak bekomen in de lente, terwijl

stroomafwaarts de zomer tot licht hogere waardes leidt. Een temporeel overzicht van de seizoensgemiddelde lichtlimitatie in de verschillende segmenten en zones wordt gegeven in Figuur 5-23.



Figuur 5-23: Gemiddelde lichtlimitatie die afgeleid werd in de verschillende segmenten (Zeeschelde) en zones (Westerschelde) in het Schelde-estuarium, weergegeven per seizoen.

In de Schelde ligt de huidige lichtlimitatie meestal rond 0,1 wat betekent dat de Schelde een donker systeem is. Ondanks de grote troebelheid scoort het zoete deel van de Schelde doorgaans nog het beste, dankzij de geringe diepte. De helderdere Westerschelde kent een grotere lichtlimitatie door de veel grotere gemiddelde diepte. In de brakke zone is de lichtlimitatie doorgaans het grootst, door een hoge troebelheid, een reeds grote diepte en de beperkte aanwezigheid van ondiepe zones.

5.6.3.4. Seizoensgemiddelde zwevende stof

Data

De volgende datafiches worden gebruikt voor het analyseren van de rekenparameter *Seizoensgemiddelde zwevende stof*:

- S-FC-N-019 – Zwevendstof (periodiek)
- S-FC-V-019 – Zwevende stof – Periodiek

De volgende gegevensreeksen werden geselecteerd voor de periodieke gegevens:

- MWTL chemical monitoring network Westerschelde
- OMES: Monitoring fysical-chemical water quality in the Zeeschelde
- OMES: Monitoring sedimentology in the flemish part of the Scheldt estuary
- VMM: Surface water monitoring network of the Flemish Environment Agency

Voor de continue data wordt gebruik gemaakt van de gegevensreeks:

- Flanders Hydraulics Research: Continuous monitoring of suspended solids in the Scheldt estuary

Definitie

Het lichtklimaat wordt in grote mate beïnvloed door de hoeveelheid zwevende stof, de aanwezige fytoplanktonbiomassa en de concentratie opgeloste organische stof (*Dissolved Organic Matter*; DOM) (Foden *et al.*, 2008). Bijgevolg dient ook de hoeveelheid zwevende stof in meer detail opgevolgd te worden, namelijk door het additioneel beschouwen van seizoensgemiddeldes. Deze gemiddeldes van de hoeveelheid zwevende stof worden beschouwd in elke zone (Zeeschelde en Westerschelde).

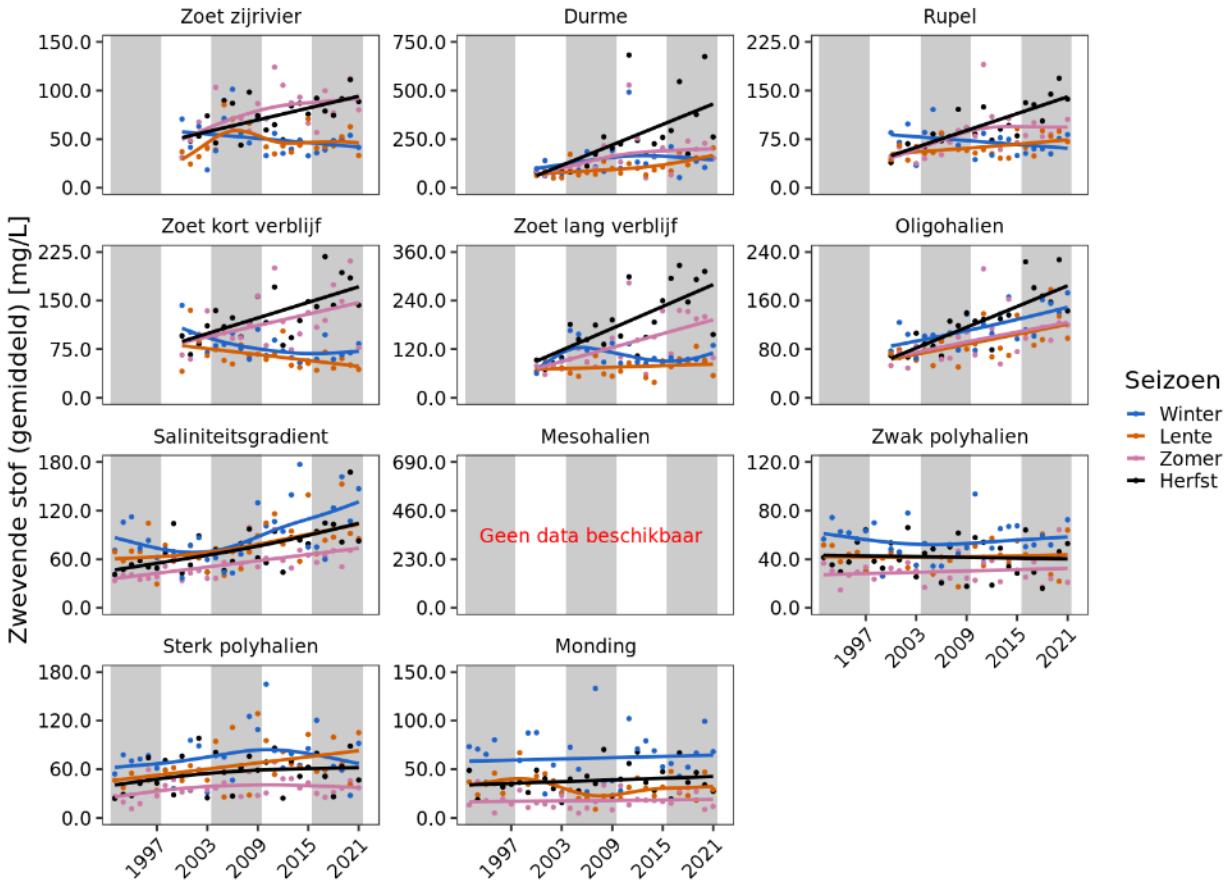
Methodiek

Na de selectie van de relevante gegevensreeksen, worden de stations toegewezen aan de geassocieerde segmenten (niveau 4) en zones (niveau 3). Vervolgens wordt er een onderscheid gemaakt tussen de lente-, zomer-, herfst- en winterperiode, waarna de gemiddelde hoeveelheid zwevende stof per zone (Zeeschelde en Westerschelde) wordt gerapporteerd en vergeleken met de resultaten van de voorbije jaren. Hiervoor wordt stapsgewijs gewerkt, namelijk: (1) bepalen gemiddelde hoeveelheid zwevende stof per station per maand, (2) bepalen gemiddelde hoeveelheid zwevende stof per station per seizoen per jaar, en (3) bepalen gemiddelde hoeveelheid zwevende stof per zone per seizoen per jaar.

Analyse

De seizoensgemiddelde hoeveelheid zwevende stof kan voor het merendeel van de stations bepaald worden voor de periode *2016-2021*. Enkel voor de zones *Durme* en *Mesohalien* zijn er geen gegevens beschikbaar voor de periode *2016-2021* (noch voor de voorgaande periodes).

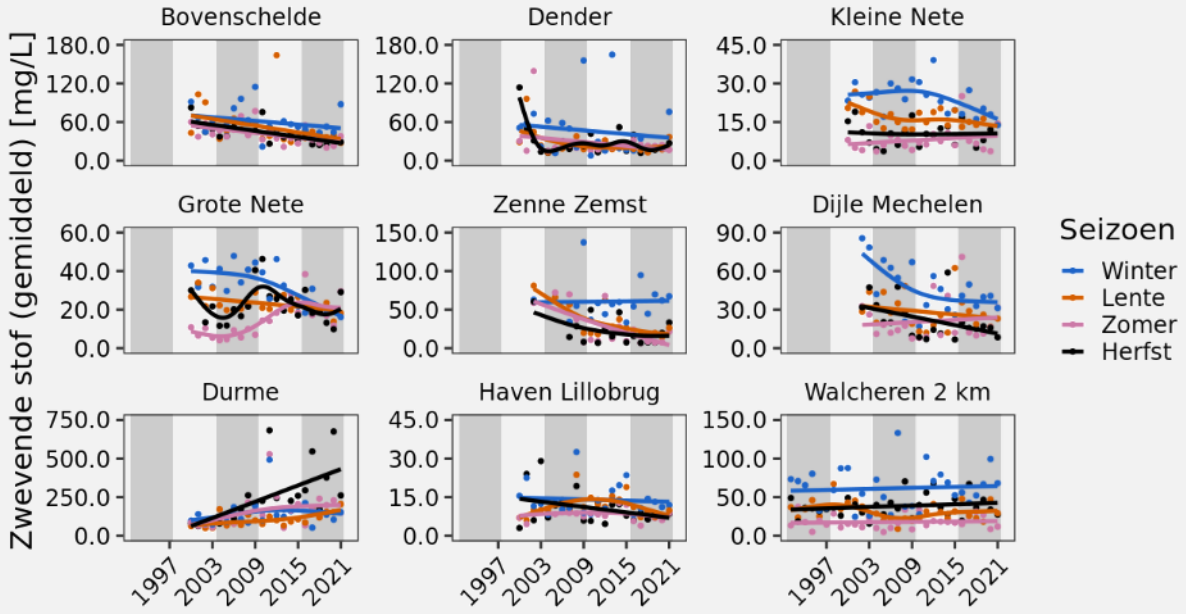
De resultaten voor de seizoensgemiddelde hoeveelheid zwevende stof variëren tussen de zones en seizoenen, met voornamelijk afnames (bijv. zones *Oligohalien* en *Saliniteitsgradiënt*) en slechts een enkele toename (zone *Zoet, korte verblijftijd* in de lente) van de gemiddelde hoeveelheid zwevende stof. Stroomopwaarts worden de hoogste gemiddelde waardes vaak bekomen in de lente, terwijl stroomafwaarts de zomer tot licht hogere waardes leidt. Een temporeel overzicht van de seizoensgemiddelde hoeveelheid zwevende stof in de verschillende zones wordt gegeven in Figuur 5-24.



Figuur 5-24: Gemiddelde hoeveelheid zwevende stof die afgeleid werd in de verschillende segmenten (Zeeschelde) en zones (Westerschelde) in het Schelde-estuarium, weergegeven per seizoen.

Kader 5-18 – Seizoensgemiddelde zwevende stof op de *boundaries*

Ook voor de stations die buiten het estuarium vallen, zijn de resultaten variërend (zie Figuur 5-25). De verschillende meetstations tonen allen een gelijkaardig verloop van de hoeveelheid zwevende stof per seizoen in de periode *2016-2021*.



Figuur 5-25: Seizoensgemiddelde zwevende stof die geobserveerd werd in de verschillende meetstations aan de grenzen van het Schelde-estuarium.

5.6.3.5. Turbiditeitsmaximum

Data

De volgende datafiches worden gebruikt voor het analyseren van de rekenparameter *Turbiditeitsmaximum*:

- S-FC-N-019 – Zwevendstof (periodiek)
- S-FC-V-019 – Zwevende stof – Periodiek

De volgende gegevensreeksen werden geselecteerd voor de periodieke gegevens:

- MWTL chemical monitoring network Westerschelde
- OMES: Monitoring fysical-chemical water quality in the Zeeschelde
- OMES: Monitoring sedimentology in the flemish part of the Scheldt estuary
- VMM: Surface water monitoring network of the Flemish Environment Agency

Definitie

Het lichtklimaat wordt gestuurd door de hoeveelheid zwevende stof, de fytoplanktonbiomassa en de concentratie opgeloste organische stof (*Dissolved Organic Matter*; DOM) (Foden *et al.*, 2008). In combinatie met de invloed van de getijden, wordt een verhoogde lichtextinctie verwacht in het gebied waar zoet en zout water elkaar ontmoeten. De locatie van dit maximum geeft hierdoor een indicatie van

het indringen van het getij, terwijl de intensiteit een indicatie geeft van de gevolgen voor het lichtklimaat. De positie van dit maximum langsheen het lengteprofiel van het estuarium (niveau 1) wordt seizoenaal bepaald, op basis van de hoeveelheid zwevende stof die gemeten wordt aan het wateroppervlak.

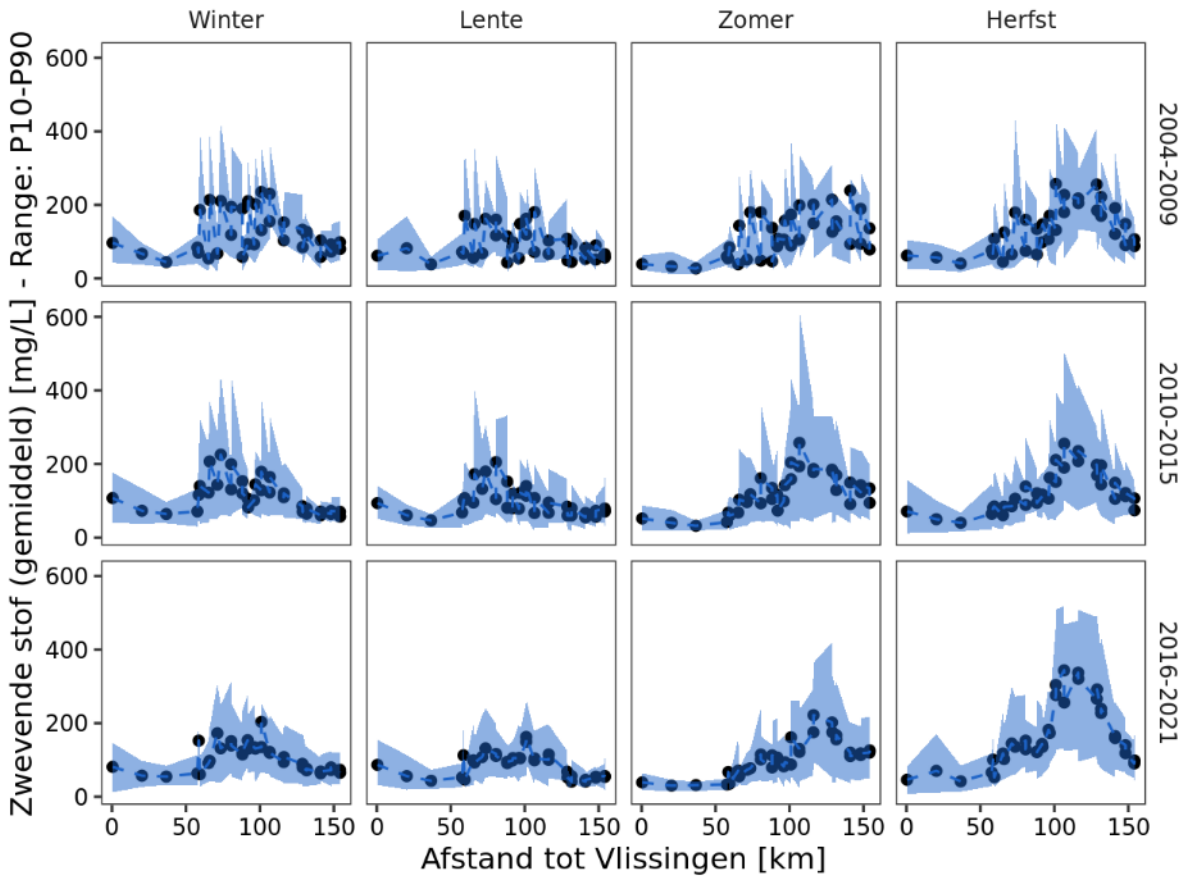
Methodiek

Na de selectie van de relevante gegevensreeksen, wordt er een onderscheid gemaakt tussen de lente-, zomer-, herfst- en winterperiode. Vervolgens wordt de gemiddelde hoeveelheid zwevende stof per station (Zeeschelde en Westerschelde) bepaald en aangevuld met het 10- en 90-percentiel. Na het bepalen van de afstand tot Vlissingen, wordt dit resultaat grafisch weergegeven en vergeleken met de resultaten van de voorbije periodes.

Analyse

Het turbiditeitsmaximum kan voor alle seizoenen bepaald worden voor de periode *2016-2021*. Voor de Westerschelde kan evenwel een beperkte spatiale dekking waargenomen worden (o.a. voor de zone *Mesohalien* zijn er geen gegevens beschikbaar voor de periode *2016-2021*, noch voor de voorgaande periodes).

De resultaten voor het turbiditeitsmaximum variëren tussen de seizoenen, met een meer stroomopwaarts gelegen maximum in de zomer en de herfst. De intensiteit van het turbiditeitsmaximum lijkt in de herfst van de periode *2016-2021* hoger te liggen dan in de periodes *2004-2009* en *2010-2015*, terwijl het maximum in de zomer iets hoger lijkt in de periode *2010-2015*. Een overzicht van het turbiditeitsmaximum in de verschillende seizoenen wordt gegeven in Figuur 5-26.



Figuur 5-26: Turbiditeitsmaximum op basis van de hoeveelheid zwevende stof, weergegeven per T-periode.

5.6.4. Temperatuurdynamiek

Het goed functioneren van het ecosysteem is vaak afhankelijk van de heersende watertemperatuur en de geassocieerde temperatuursveranderingen. Deze veranderingen hebben vaak een langzaam verloop door het grote bufferend vermogen van water, doch kunnen verscheidene processen initiëren (bijv. zaadkieming, algenbloei en vismigratie). Aangezien de watertemperatuur, de geassocieerde temperatuursveranderingen en biologische temperatuurvereisten variëren in tijd en ruimte, dient ook deze dynamiek als verklarende factor opgenomen te worden. Voor het beschrijven van de temperatuurdynamiek worden de volgende verklarende parameters gehanteerd: *Seizoensgemiddelde temperatuur* (Sectie 5.6.4.1), *Winterminima* (Sectie 5.6.4.2) en *Eerste maal 12 °C* (Sectie 5.6.4.3).

Bijna alle antropogene ingrepen die een effect hebben op de watertemperatuur van de Schelde, leiden tot een stijging. Daarom zal hier voornamelijk gekeken worden naar stijgingen en bovengrenzen. Hoewel een verklarende parameter niet getoetst dient te worden aan bepaalde criteria, worden hier wel streefwaarden meegegeven. De vergelijking met die waarden geeft aan of de temperatuur in een betreffende periode boven een bepaalde waarde ging en dus mogelijk een verklaring kan bieden voor een bepaalde ongewenste evolutie. Deze analyses beperken zich louter tot de dynamiek van de watertemperatuur en werken daarbij aanvullend op de rekenparameter *Watertemperatuur* (Sectie 5.4.3).

5.6.4.1. Seizoensgemiddelde temperatuur

Data

De volgende datafiches worden gebruikt voor het analyseren van de rekenparameter *Watertemperatuur*:

- S-FC-N-001 – Saliniteit, temperatuur, geleidbaarheid (continu)
- S-FC-N-004 – Temperatuur (periodiek)
- S-FC-V-003 – Temperatuur – Continu
- S-FC-V-004 – Temperatuur – Periodiek

De volgende gegevensreeksen werden geselecteerd voor de periodieke gegevens:

- MWTL chemical monitoring network Westerschelde
- OMES: Monitoring fysical-chemical water quality in the Zeeschelde
- VMM: Surface water monitoring network of the Flemish Environment Agency

Voor de continue data wordt gebruik gemaakt van de gegevensreeks:

- Flanders Hydraulics Research: Continuous monitoring of water temperature in the Scheldt estuary
- MWTL physical monitoring network Westerschelde

Definitie

De maximale watertemperatuur geeft een indicatie van de uiterste situatie, maar is zeer gevoelig aan uitzonderlijke omstandigheden en houdt geen rekening met seizoensgebonden veranderingen. De seizoensgemiddelde watertemperatuur geeft bijgevolg een indicatie van de gemiddelde situatie en wordt beschouwd per zone (niveau 3) in de Zeeschelde en Westerschelde. Deze analyse wordt aangevuld door een vergelijking van de resultaten met de volgende criteria:

- Winter (december-februari): seizoensgemiddelde maximaal 8 °C
- Lente (maart-mei): seizoensgemiddelde maximaal 15 °C
- Zomer (juni-augustus): seizoensgemiddelde maximaal 21,5 °C
- Herfst (september-november): seizoensgemiddelde maximaal 17 °C

Methodiek

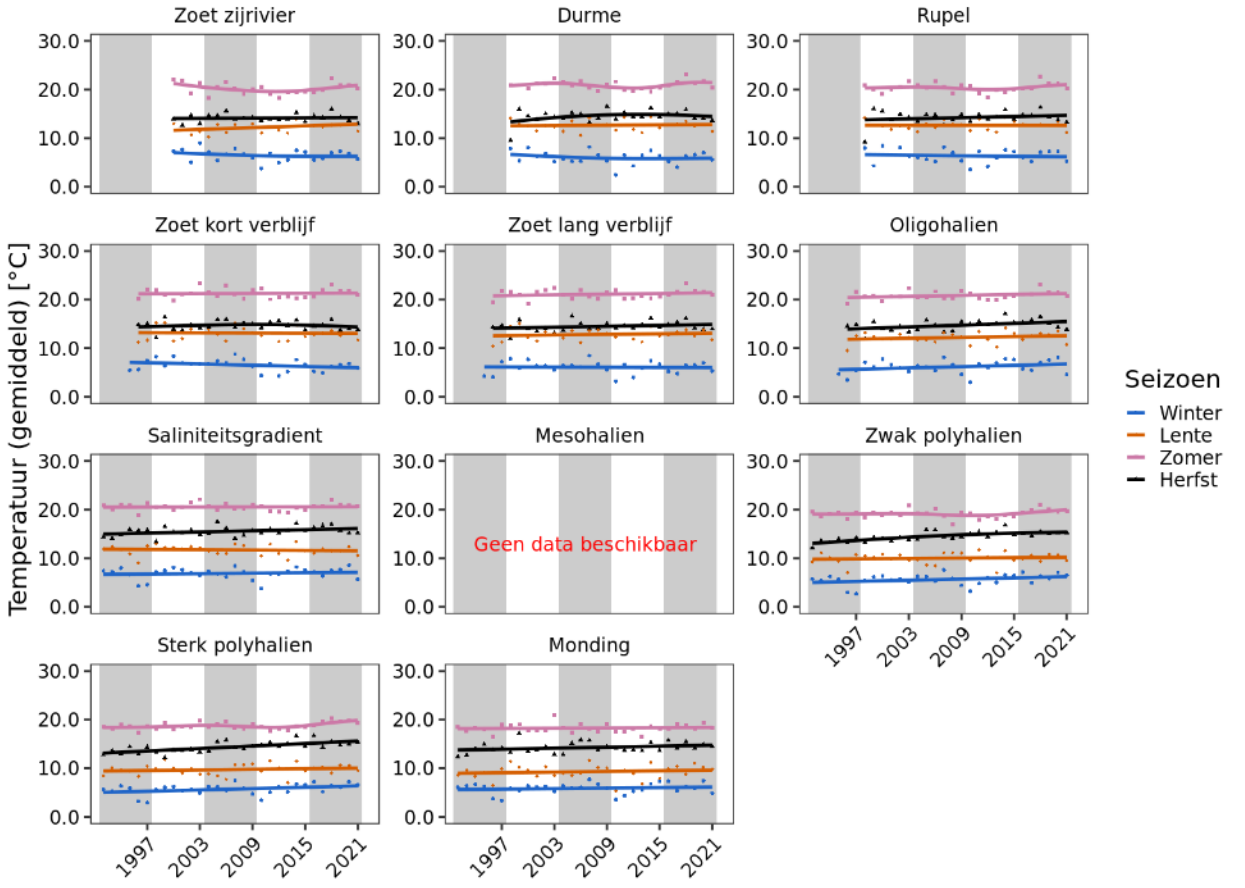
Na de selectie van de relevante gegevensreeksen, worden de stations toegewezen aan de geassocieerde segmenten (niveau 4) en zones (niveau 3). Vervolgens wordt er een onderscheid gemaakt tussen de lente-, zomer-, herfst- en winterperiode. waarna de gemiddelde watertemperatuur per segment (Zeeschelde) of per zone (Westerschelde) wordt gerapporteerd en vergeleken met de resultaten van de voorbije periodes. Hiervoor wordt stapsgewijs gewerkt, namelijk: (1) bepalen gemiddelde watertemperatuur per station per maand, (2) bepalen gemiddelde watertemperatuur per station per seizoen per jaar, en (3) bepalen gemiddelde watertemperatuur per zone per seizoen per jaar.

Analyse

De seizoensgemiddelde watertemperatuur kan voor het merendeel van de stations bepaald worden voor de periode *2016-2021*. Enkel voor de zone *Mesohalien* zijn er geen gegevens beschikbaar voor de periode *2016-2021* (noch voor de voorgaande periodes).

De resultaten voor de seizoensgemiddelde watertemperatuur variëren tussen de zones en seizoenen, met voornamelijk toenames (zone *Zoet, korte verblijftijd* in de lente) van de gemiddelde

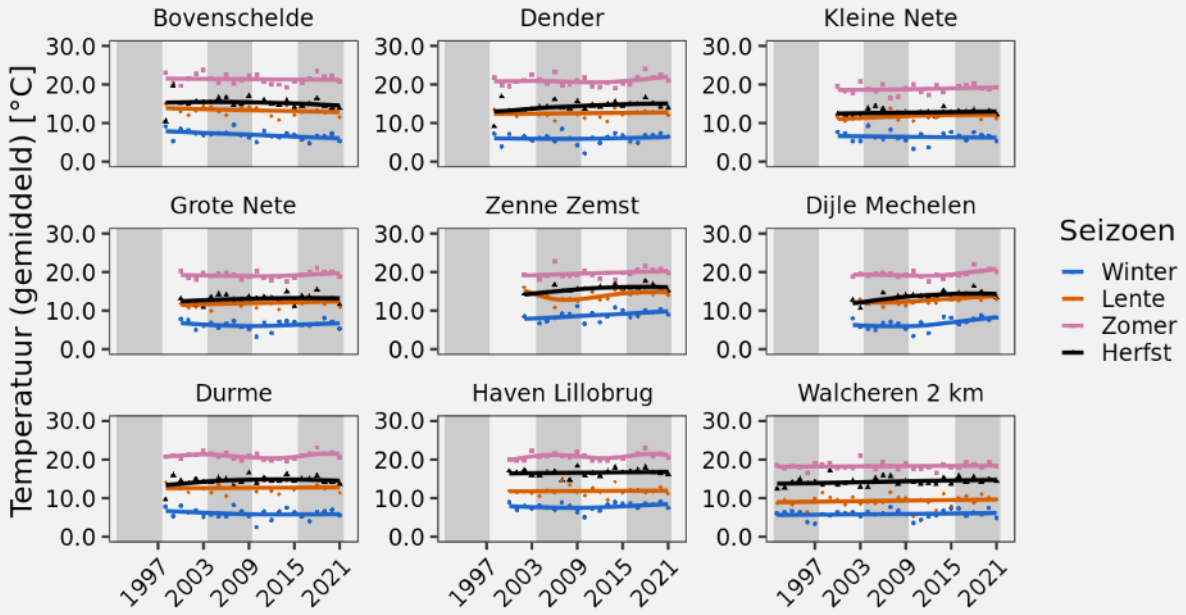
watertemperatuur ten opzichte van de periode *2010-2015*. Een temporeel overzicht van de seizoensgemiddelde watertemperatuur in de verschillende zones wordt gegeven in Figuur 5-27.



Figuur 5-27: Seizoensgemiddelde watertemperatuur die geobserveerd werd in de verschillende zones van het Schelde-estuarium.

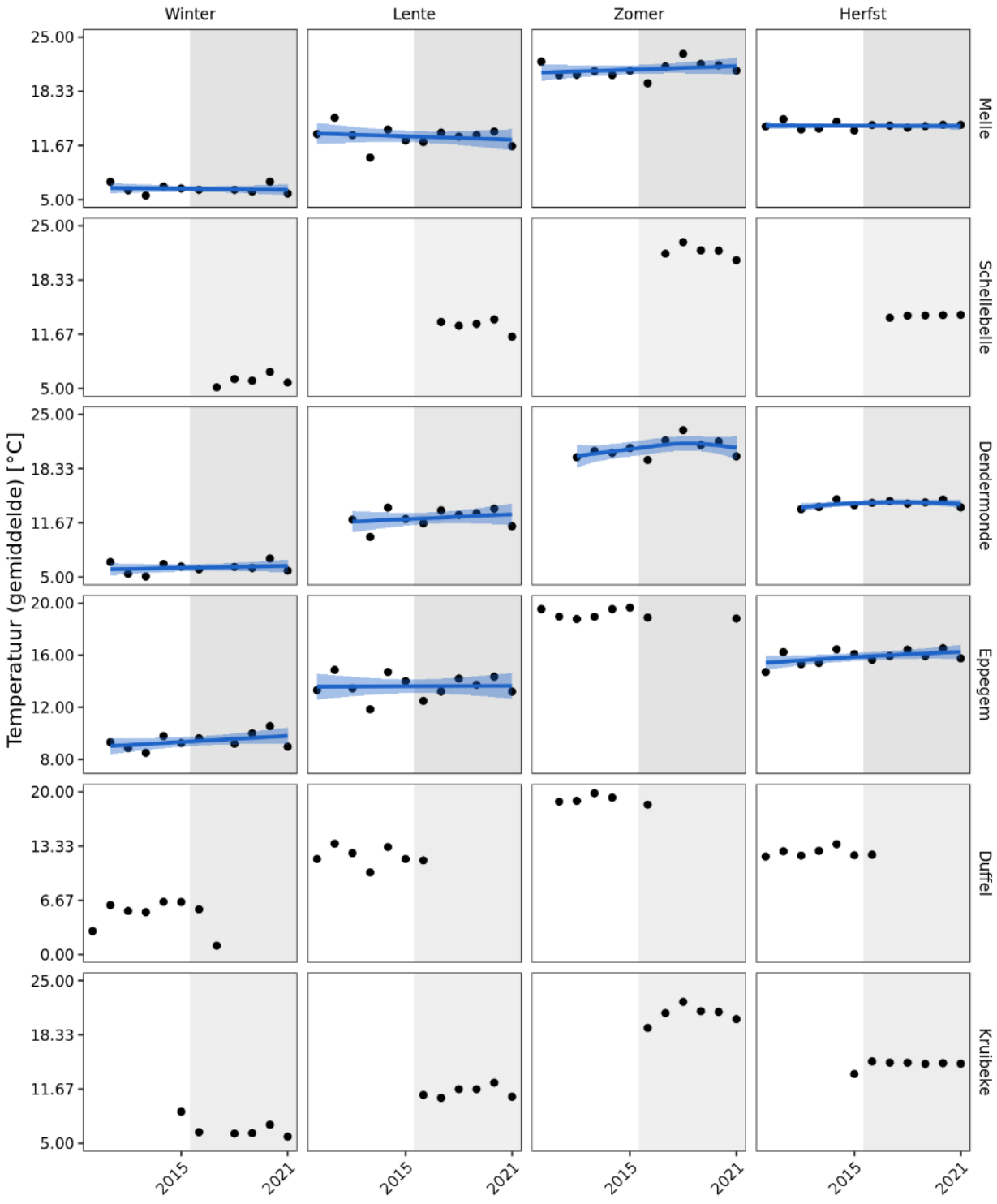
Kader 5-19 – Seizoensgemiddelde watertemperatuur op de *boundaries*

Ook voor de stations die buiten het estuarium vallen, zijn de resultaten variërend (zie Figuur 5-28). De verschillende meetstations tonen allen een gelijkaardig seizoenaal patroon, met de hoogste temperaturen in de zomer. In alle meetstations blijft de gemiddelde temperatuur het hele jaar door lager dan 25 °C.



Figuur 5-28: Seizoensgemiddelde watertemperatuur die geobserveerd werd in de verschillende meetstations aan de grenzen van het Schelde-estuarium.

De continue meetposten vullen de periodieke metingen d.m.v. langsvaarten aan door zowel overdag als doorheen de nacht de watertemperatuur te meten. De hoogste watertemperatuur die tijdens de periode *2016-2021* op deze locaties gemeten worden, zijn zowel hoger als lager dan de hoogste temperaturen die tijdens de periode 2010-2015 zijn gemeten. Bovendien wordt op meerdere stations een maximum waargenomen dat hoger is dan de toetswaarde van 25 °C. Een visuele weergave van deze station-specifieke resultaten is voorzien in Figuur 5-29.



Figuur 5-29: Gemiddelde watertemperatuur die gemeten werd in de verschillende continue meetstations in het Schelde-estuarium, weergegeven per seizoen.

5.6.4.2. Winterminimum

Data

De volgende datafiches worden gebruikt voor het analyseren van de rekenparameter *Winterminimum*:

- S-FC-N-001 – Saliniteit, temperatuur, geleidbaarheid (continu)
- S-FC-N-004 – Temperatuur (periodiek)
- S-FC-V-003 – Temperatuur – Continu
- S-FC-V-004 – Temperatuur – Periodiek

De volgende gegevensreeksen werden geselecteerd voor de periodieke gegevens:

- MWTL chemical monitoring network Westerschelde
- OMES: Monitoring fysical-chemical water quality in the Zeeschelde
- VMM: Surface water monitoring network of the Flemish Environment Agency

Voor de continue data wordt gebruik gemaakt van de gegevensreeks:

- Flanders Hydraulics Research: Continuous monitoring of water temperature in the Scheldt estuary
- MWTL physical monitoring network Westerschelde

Definitie

Winterminima worden geregistreerd omdat ze nuttig zijn bij het verklaren van gewijzigde dichtheden van bepaalde organismen (bijv. exoten) na een strenge of zwakke winter. Strenge winters kunnen bovendien ook een invloed uitoefenen op de voedselbeschikbaarheid voor (en bijgevolg de aanwezigheid van) vogels.

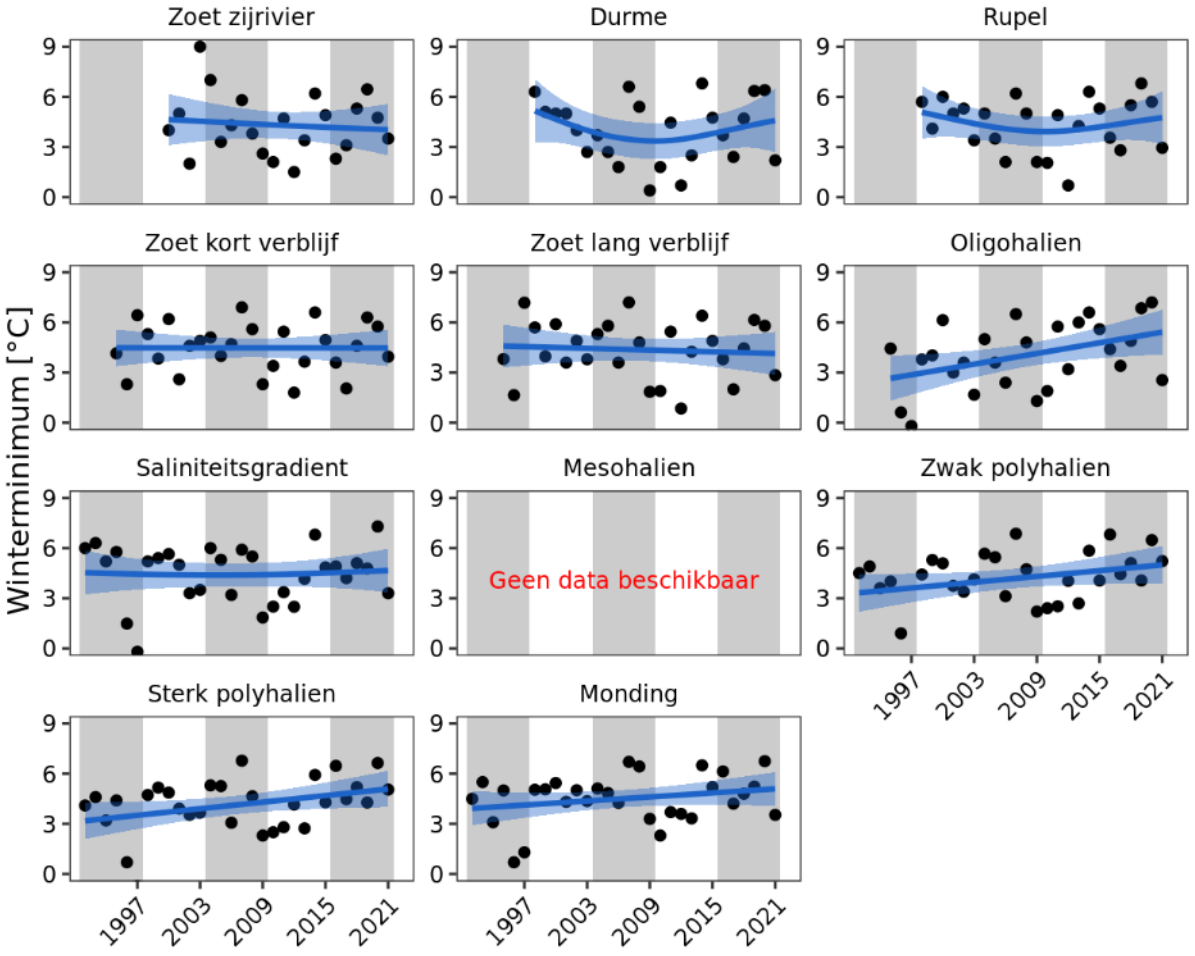
Methodiek

Na de selectie van de relevante gegevensreeksen, worden de stations toegewezen aan de geassocieerde segmenten (niveau 4) en zones (niveau 3). Vervolgens worden enkel de observaties uit de winterperiode geselecteerd, gevolgd door het afleiden van de minimale watertemperatuur per segment (Zeeschelde) of per zone (Westerschelde). Dit resultaat wordt gerapporteerd en vergeleken met de resultaten van de voorbije jaren.

Analyse

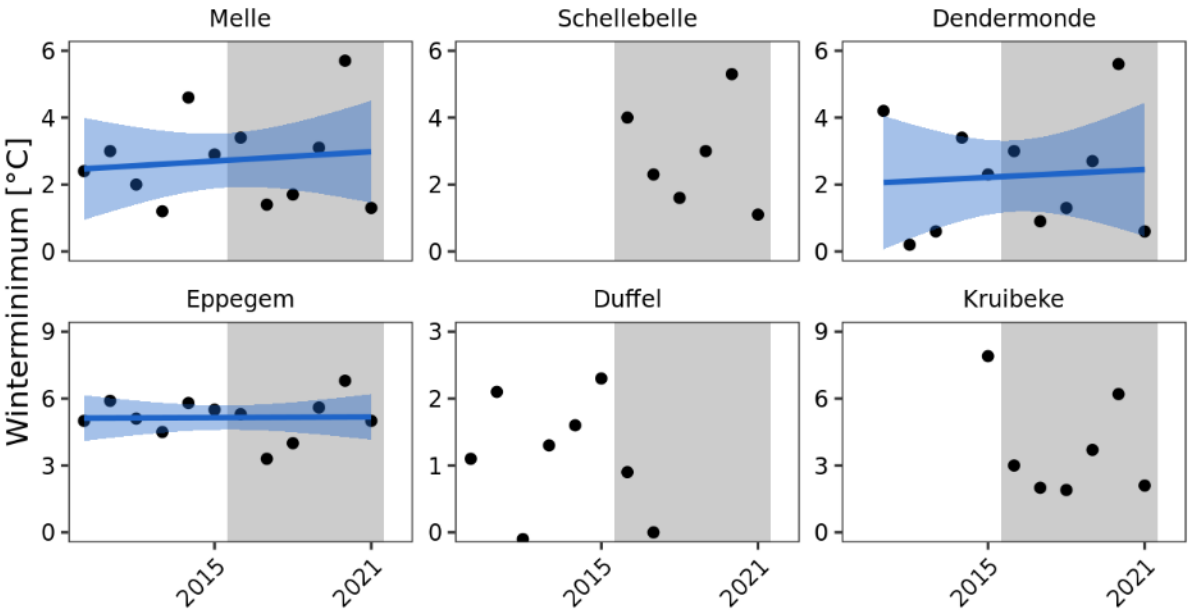
De winterminima kunnen voor het merendeel van de stations bepaald worden voor de periode *2016-2021*. Enkel voor de zone *Mesohalien* zijn er geen gegevens beschikbaar voor de periode *2016-2021* (noch voor periode *2010-2015*).

De resultaten voor het winterminimum variëren tussen de zones, met voornamelijk toenames (zones *Zoet, korte verblijftijd* en *Oligohalien*) van de winterminima in de tijd. Een temporeel overzicht van de winterminima in de verschillende zones wordt gegeven in Figuur 5-30.



Figuur 5-30: Laagste watertemperatuur in de winterperiode, afgeleid in de verschillende zones (niveau 3) van het Schelde-estuarium.

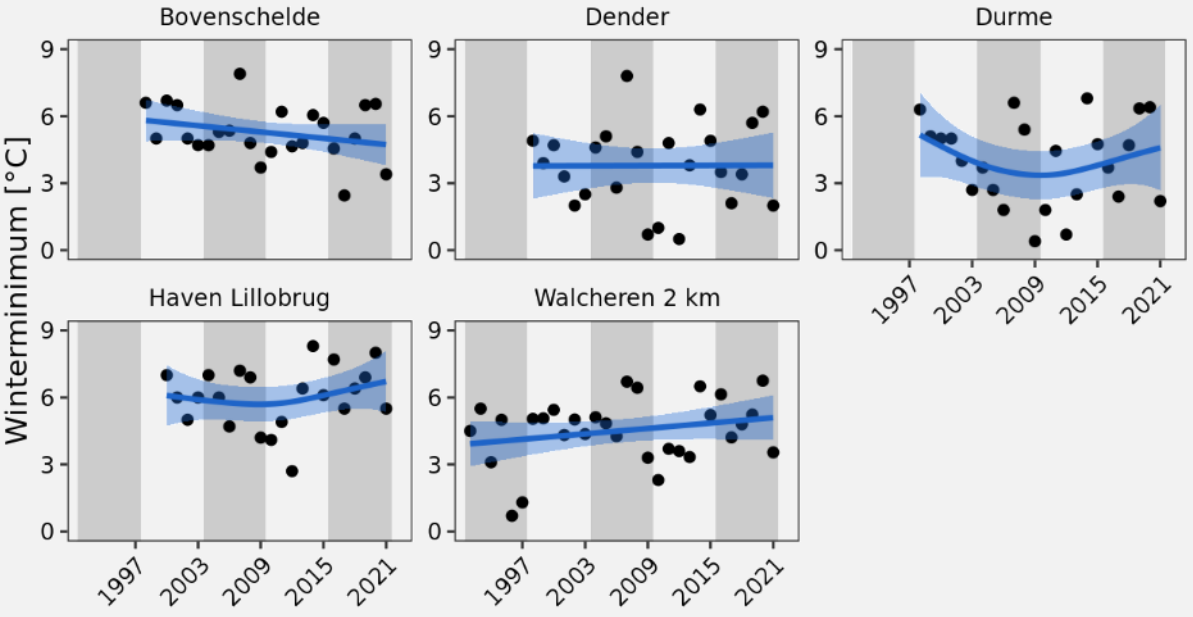
Een gelijkaardig resultaat wordt bekomen door te kijken naar de continue meetstations, doch deze laten toe om de eerdere resultaten verder te verfijnen. De periodieke langsvaarten hebben hiervoor namelijk een relatief ruwe resolutie. Ook op de continue meetstations lijkt er een toename van het winterminimum te zijn in de periode *2016-2021* in vergelijking met de periode *2010-2015*, voor zover hiervoor voldoende data beschikbaar zijn.



Figuur 5-31: Laagste watertemperatuur in de winterperiode, afgeleid op de verschillende continue meetstations van het Schelde-estuarium.

Kader 5-20 – Winterminimum watertemperatuur op de *boundaries*

Ook voor de stations die buiten het estuarium vallen, zijn de resultaten variërend (zie Figuur 5-32). De verschillende meetstations tonen zowel afnames (*Bovenschelde*) als toenames (*Dender*, *Haven Lillobrug*) in de periode *2016-2021*.



Figuur 5-32: Laagste watertemperatuur in de winterperiode, afgeleid in de verschillende meetstations aan de grenzen van het Schelde-estuarium.

5.6.4.3. Eerste maal 12°C

Data

De volgende datafiches worden gebruikt voor het analyseren van de rekenparameter *Watertemperatuur*:

- S-FC-N-001 – Saliniteit, temperatuur, geleidbaarheid (continu)
- S-FC-N-004 – Temperatuur (periodiek)
- S-FC-V-003 – Temperatuur – Continu
- S-FC-V-004 – Temperatuur – Periodiek

De volgende gegevensreeksen werden geselecteerd voor de periodieke gegevens:

- MWTL chemical monitoring network Westerschelde
- OMES: Monitoring fysical-chemical water quality in the Zeeschelde
- VMM: Surface water monitoring network of the Flemish Environment Agency

Voor de continue data wordt gebruik gemaakt van de gegevensreeks:

- Flanders Hydraulics Research: Continuous monitoring of water temperature in the Scheldt estuary
- MWTL physical monitoring network Westerschelde

Definitie

Strenge winters of opwarming van het ecosysteem hebben ook een invloed op de start van het voortplantingsseizoen. De eerste dag van het jaar dat de watertemperatuur 12 °C overschrijdt, is hiervoor een goede maat.

Methodiek

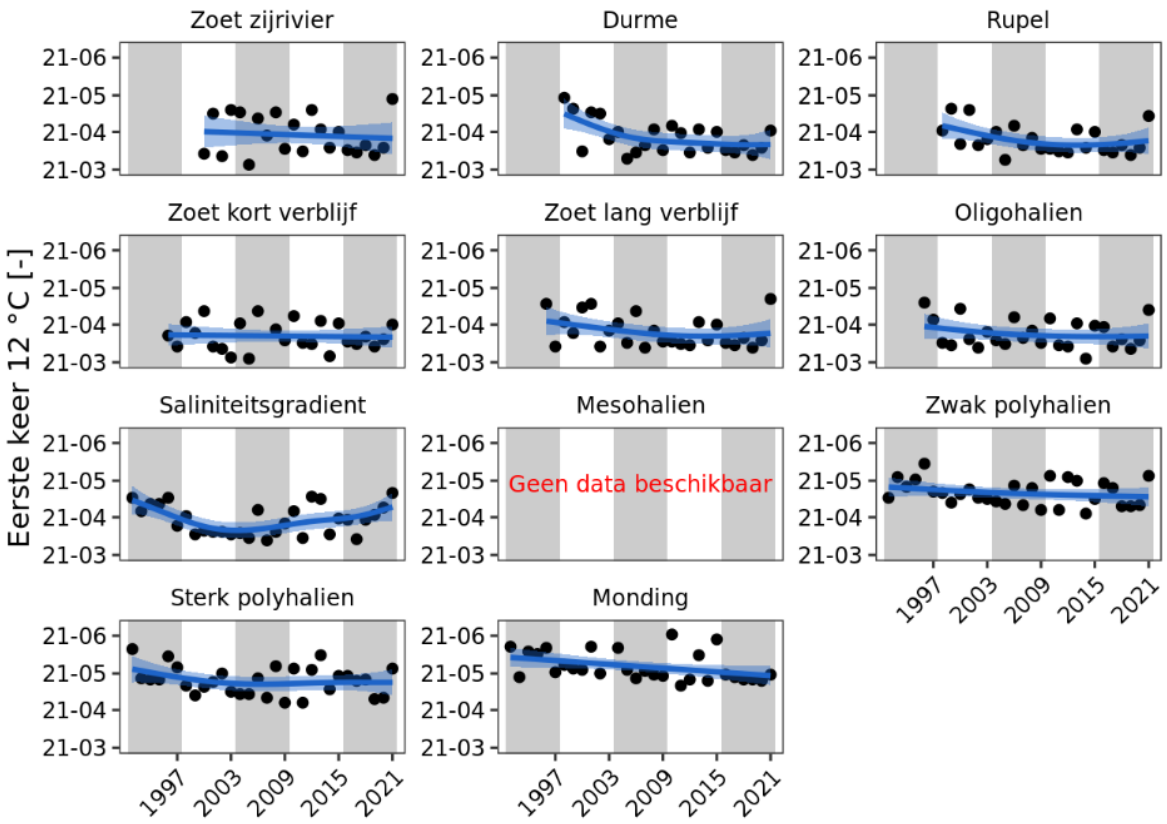
Na de selectie van de relevante gegevensreeksen. worden de stations toegewezen aan de geassocieerde segmenten (niveau 4) en zones (niveau 3). Vervolgens worden enkel de observaties waarvan de watertemperatuur hoger is dan 12 °C geselecteerd, gevolgd door het afleiden van de minimale datum per segment (Zeeschelde) of per zone (Westerschelde). Dit resultaat wordt gerapporteerd en vergeleken met de resultaten van de voorbije jaren.

Analyse

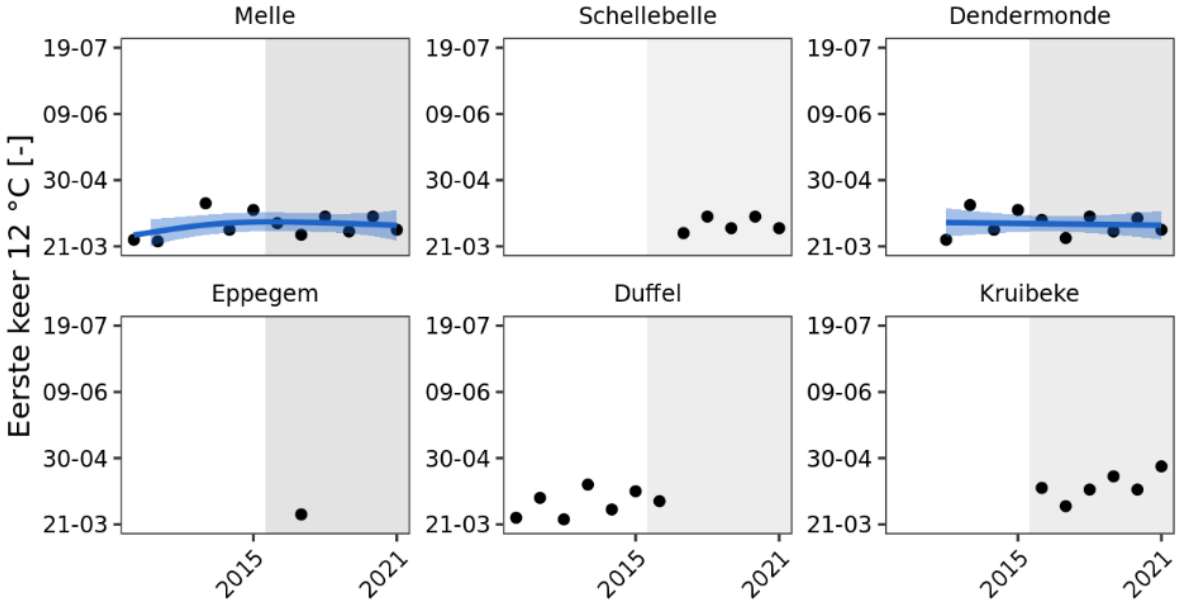
De eerste keer van het jaar dat de watertemperatuur 12 °C overschrijdt, kan voor het merendeel van de stations bepaald worden voor de periode *2016-2021*. Enkel voor de zone *Mesohalien* zijn er geen gegevens beschikbaar voor de periode *2016-2021* (noch voor de periode *2010-2015*).

De resultaten voor de eerste overschrijding van 12 °C variëren tussen de zones, met zowel eerdere (bijv. zone *Zoet zijrivier*) als latere (zone *Saliniteitsgradiënt*) overschrijdingen ten opzichte van de periode *2010-2015*. Een temporeel overzicht van de eerste keer van het jaar dat de watertemperatuur 12 °C overschrijdt in de verschillende zones wordt gegeven in Figuur 5-33 en aangevuld met de resultaten van de meetstations aan de grenzen van het estuarium (Kader 5-21).

Een gelijkaardig resultaat wordt bekomen door te kijken naar de continue meetstations, doch deze laten toe om de eerdere resultaten verder te verfijnen. De periodieke langsvaarten hebben hiervoor namelijk een relatief ruwe resolutie. Ook op de continue meetstations lijkt de eerste overschrijding van 12 °C in de periode *2016-2021* later in het jaar te vallen dan in de periode *2010-2015*.



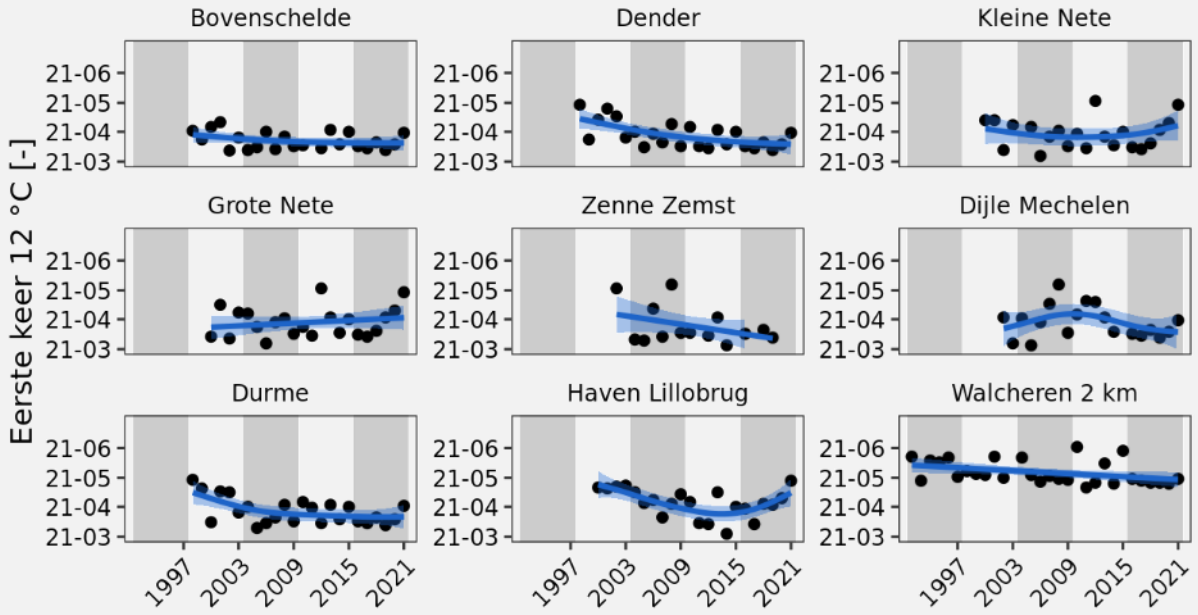
Figuur 5-33: Eerste keer van het jaar dat de waterkolom warmer wordt dan 12 °C, afgeleid in de verschillende zones (niveau 3) van het Schelde-estuarium. De dag wordt weergegeven op de y-as.



Figuur 5-34: Eerste keer 12 °C voor continue data.

Kader 5-21 – Eerste keer 12 °C op de *boundaries*

Ook voor de stations die buiten het estuarium vallen, zijn de resultaten variërend (zie Figuur 5-35). De verschillende meetstations tonen allen een gelijkaardig moment voor de eerste overschrijding van 12 °C in de periode *2016-2021*. Enkel voor het meetstation *Walcheren 2 km* gebeurt dit duidelijk later dan in de overige meetstations. Verder valt ook op dat de eerste keer dat 12 °C wordt gemeten de laatste jaren in meerdere meetstations later in het jaar valt dan gedurende de voorgaande periodes (bijv. *Grote Nete*, *Kleine Nete*, *Haven Lillobrug*).



Figuur 5-35: Eerste keer van het jaar dat de waterkolom warmer wordt dan 12 °C, afgeleid in de verschillende meetstations aan de grenzen van het Schelde-estuarium. De dag wordt weergegeven op de y-as.

5.6.5. Zuurtegraad

Data

De volgende datafiches worden gebruikt voor het analyseren van de rekenparameter *Zuurtegraad*:

- S-FC-N-008 – pH (periodiek)
- S-FC-V-008 – pH – Periodiek

De volgende gegevensreeksen werden geselecteerd voor de periodieke gegevens:

- MWTL chemical monitoring network Westerschelde
- OMES: Monitoring fysical-chemical water quality in the Zeeschelde
- VMM: Surface water monitoring network of the Flemish Environment Agency

Definitie

Organismen worden gekarakteriseerd door het verkiezen van een optimale pH-range, waarbij elke afwijking de stofwisseling negatief kan beïnvloeden. Bovendien zorgt een verlaagde pH voor een verhoogde oplosbaarheid van meerdere metalen, hetgeen tot toxische omstandigheden kan leiden. De bestaande zone-specifieke milieukwaliteitsnormen zijn relatief ruim geformuleerd, waardoor ecologisch relevante veranderingen in de pH nauwelijks opgepikt zullen worden. Voor de opvolging van de pH wordt

er dan ook geopteerd voor het bepalen van de variatie, gebruik makend van Vergelijking 5.17. De variatie van de pH wordt beschouwd in elke zone (Zeeschelde en Westerschelde).

$$variatie(\%) = \frac{4 \cdot s_x}{\bar{x}} \cdot 100\% \qquad (5.17)$$

Met $\bar{x}$ de gemiddelde pH op jaarbasis (-) en s_x de standaarddeviatie op de gemiddelde pH op jaarbasis (-).

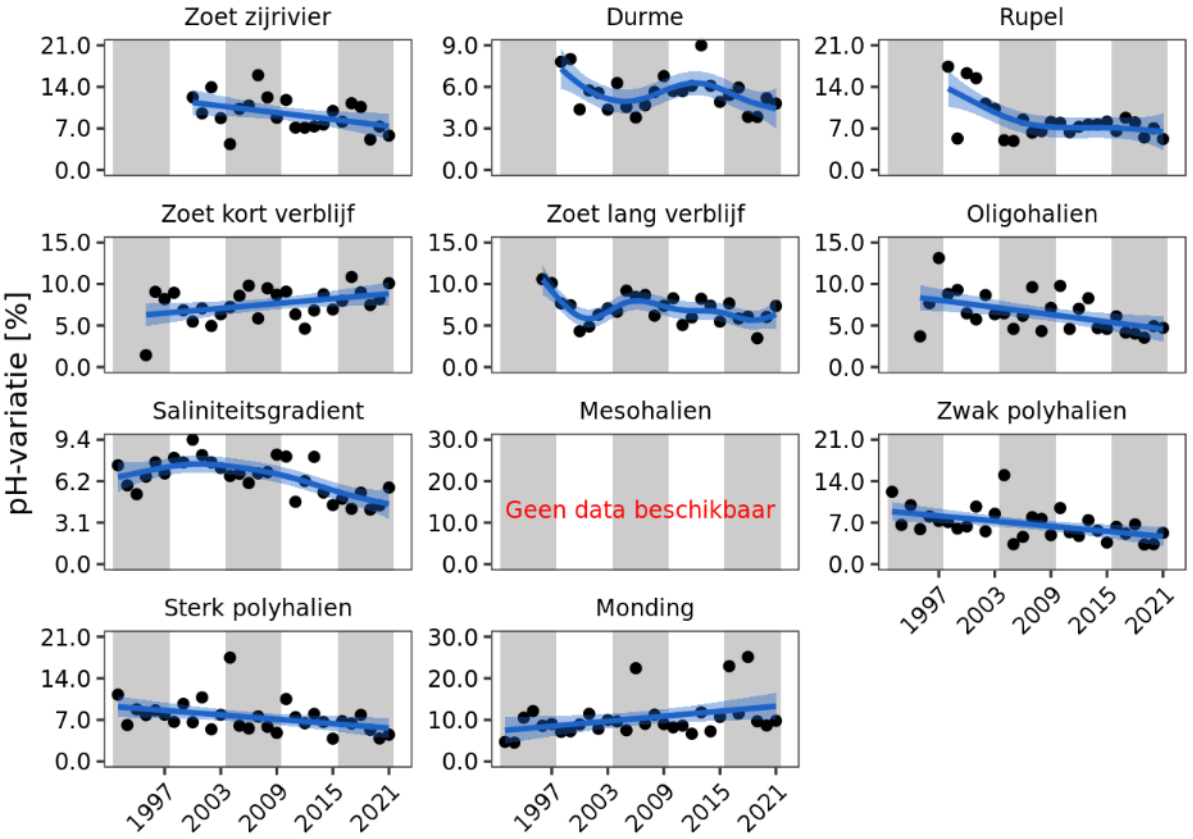
Methodiek

Na de selectie van de relevante gegevensreeksen, worden de stations toegewezen aan de geassocieerde segmenten (niveau 4) en zones (niveau 3). Vervolgens wordt er per zone (Zeeschelde en Westerschelde) bepaald wat de jaarlijkse variatie in pH-gehalte bedraagt door middel van Vergelijking 5.17. Dit resultaat wordt vervolgens vergeleken met de resultaten van de voorbije jaren. Hiervoor wordt stapsgewijs gewerkt, namelijk: (1) bepalen gemiddelde pH per station per maand, (2) bepalen gemiddelde pH per station per jaar, (3) bepalen gemiddelde pH (en standaarddeviatie) per zone per jaar, en (4) bepalen van de variatie per zone per jaar.

Analyse

De variatie in de pH kunnen voor het merendeel van de stations bepaald worden voor de periode *2016-2021*. Enkel voor de zone *Mesohalien* zijn er geen gegevens beschikbaar voor de periode *2016-2021* (noch voor de periode *2010-2015*).

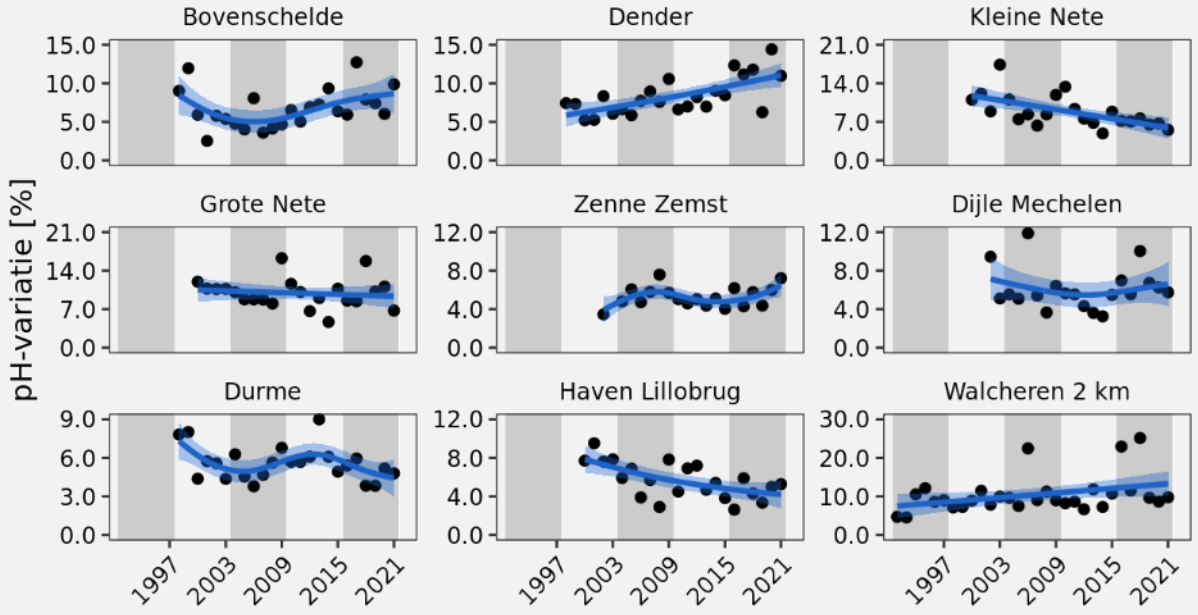
De resultaten variëren tussen de zones, met voornamelijk afnames (bijv. zones *Durme* en *Saliniteitsgradiënt*) en enkele toenames (bijv. zone *Zoet kort verblijf*) van de variatie in de zuurtegraad. Een temporeel overzicht van de jaarlijkse variatie in de verschillende zones wordt gegeven in Figuur 5-36 en aangevuld met de resultaten van de stations nabij de grenzen van het estuarium (Kader 5-22).



Figuur 5-36: Variatie van de pH, afgeleid in de verschillende zones (niveau 3) van het Schelde-estuarium.

Kader 5-22 – Variatie van de pH op de *boundaries*

Ook voor de stations die buiten het estuarium vallen, zijn de resultaten variërend (Figuur 5-37). Alle meetstations tonen hierbij een gelijkaardige variatie in de zuurtegraad in de periode *2016-2021*, aangevuld met lichte toenames in *Bovenschelde* en *Kleine Nete*, en lichte afnames in *Grote Nete* en *Haven Lillobrug*.



Figuur 5-37: Variatie in de zuurtegraad die afgeleid werden in de verschillende meetstations aan de grenzen van het Schelde-estuarium. De schommelingen worden weergegeven als jaarlijkse variatie, volgens Vergelijking 5.17.

5.6.6. Particulaire organische koolstof (POC)

Data

De volgende datafiches worden gebruikt voor het analyseren van de rekenparameter *POC*:

- S-FC-N-024 – DOC – POC – PN
- S-FC-V-024 – DIC – POC – TC – DOC Periodiek

De volgende gegevensreeksen werden geselecteerd voor de periodieke gegevens:

- MWTL chemical monitoring network Westerschelde
- OMES: Examination of the plankton and organic matter in the flemish part of the Scheldt estuary
- OMES: Monitoring the carbon cycle in the flemish part of the Scheldt estuary

Definitie

De parameter *POC* omvat alle koolstof in suspensie die van organische origine is en omvat daardoor enerzijds autochtone organische koolstof (o.a. fytoplankton) en anderzijds allochtone organische koolstof (o.a. van terrestrische oorsprong). De aanwezigheid van POC heeft een belangrijke invloed op de ontwikkeling van de voedselketen in het estuarium. Zo maken het zoöplankton en het macrozoöbenthos gebruik van het POC als voedingsbron, terwijl een toename in POC het heersende

lichtklimaat en de geassocieerde primaire productie negatief kan beïnvloeden. Bijgevolg wordt POC als verklarende parameter aangewend in een aantal verhaallijnen uit de communicatie-indicator *Ecologie* en wordt deze binnen de communicatie-indicator *Waterkwaliteit* geanalyseerd. Deze analyse maakt gebruik van jaargemiddeldes die per zone (niveau 3) weergegeven worden.

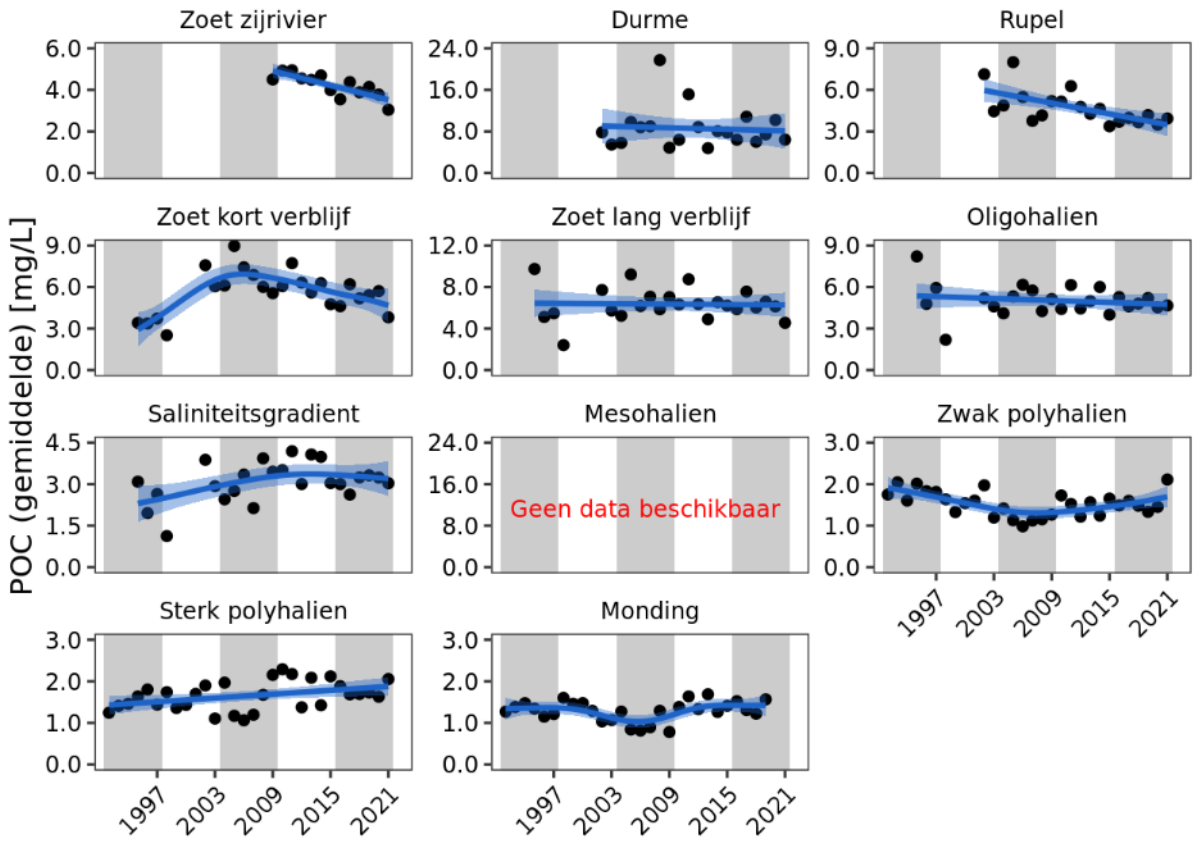
Methodiek

Na de selectie van de relevante gegevensreeksen, worden de stations toegewezen aan de geassocieerde segmenten (niveau 4) en zones (niveau 3). Vervolgens wordt er per zone (Zeeschelde & Westerschelde) bepaald wat de gemiddelde POC-concentratie is die in een periode van 6 jaar gemeten is. Hiervoor wordt stapsgewijs gewerkt, namelijk: (1) bepalen gemiddelde concentratie per station per maand, (2) bepalen gemiddelde concentratie per station per jaar, (3) bepalen gemiddelde concentratie per segment per jaar, (4) bepalen gemiddelde concentratie per zone per jaar, en (5) bepalen gemiddelde concentratie per zone per periode. Dit resultaat wordt vervolgens vergeleken met de resultaten van de voorbije jaren.

Analyse

De gemiddelde concentratie POC kan voor het merendeel van de stations bepaald worden voor de periode *2016-2021*. Enkel voor de zone *Mesohalien* zijn er geen gegevens beschikbaar voor de periode *2016-2021* (noch voor de voorgaande periodes).

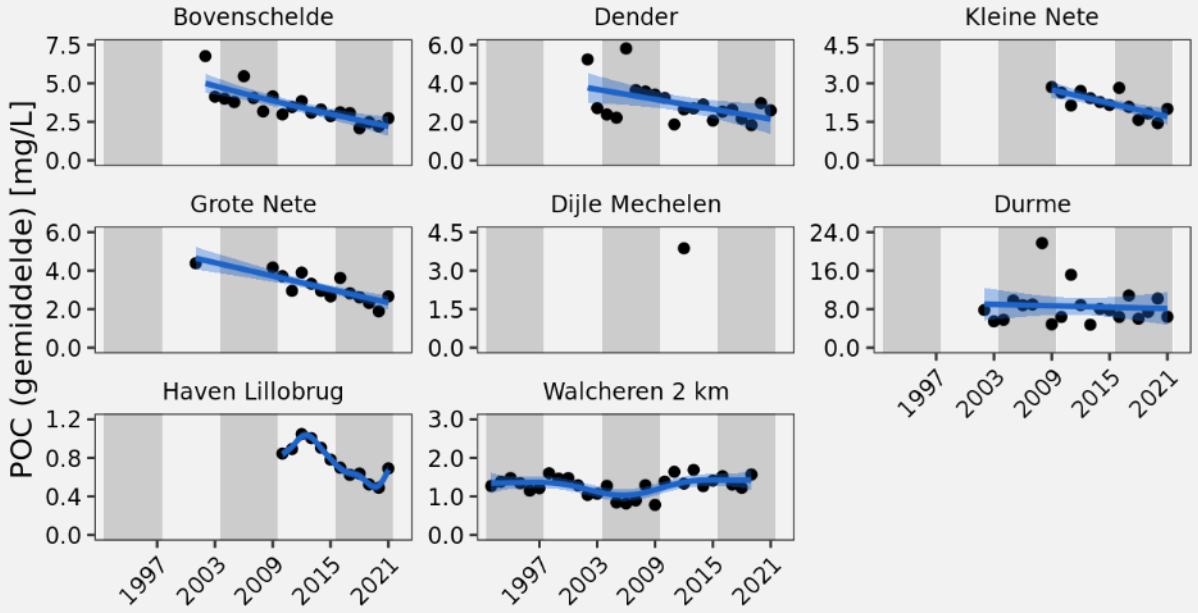
De resultaten variëren tussen de verschillende zones, met zowel afnames (bijv. in de zones *Rupel* en *Zoet, korte verblijftijd*) en toenames (bijv. in de polyhaliene zones) van de gemiddelde POC-concentratie ten opzichte van de periode *2010-2015*. Een overzicht van de bekomen gemiddeldes wordt gegeven in Figuur 5-38 en aangevuld met de resultaten van de stations nabij de grenzen van het estuarium (Kader 5-23).



Figuur 5-38: Gemiddelde concentratie aan POC die afgeleid werd in de verschillende zones van het Schelde-estuarium. Gemiddeldes zijn berekend per jaar.

Kader 5-23 – Gemiddelde POC-concentratie op de *boundaries*

Voor de stations die buiten het estuarium vallen, zijn de resultaten relatief gelijklopend (zie Figuur 5-39). In de verschillende meetstations kan een afname worden waargenomen, waarbij de meetstations *Bovenschelde* en *Grote Nete* de hoogste POC-concentratie tonen van alle stations in het estuarium in de periode *2016-2021*.



Figuur 5-39: Gemiddelde concentratie aan POC die afgeleid werd in de verschillende meetstations aan de grenzen van het Schelde-estuarium. Gemiddeldes zijn berekend per jaar.

5.6.7. Nutriëntverhoudingen

Data

De volgende datafiches worden gebruikt voor het analyseren van de rekenparameter *Nutriëntverhoudingen*:

- S-FC-N-013 – Nutriënten
- S-FC-V-013 – Nutriënten

De volgende gegevensreeksen werden geselecteerd voor de periodieke gegevens:

- MWTL chemical monitoring network Westerschelde
- OMES: Monitoring fysical-chemical water quality in the Zeeschelde
- VMM: Surface water monitoring network of the Flemish Environment Agency

Definitie

De verhoudingen van de belangrijkste nutriënten (stikstof, fosfor, silicium) in het pelagiale systeem hebben invloed op de samenstelling van de fytoplanktongemeenschap. Zo geldt voor diatomeeën een optimale verhouding van 16:16:1 voor N:Si:P (de Redfield ratio), terwijl de kans op cyanobacteriënbloei toeneemt als de N:P-verhouding afneemt (Sharp, 2001; Pick en Lean, 1987; Smith, 1983). Bijgevolg

worden de molaire nutriëntverhoudingen **N:Si** en **N:P** als verklarende parameter aangewend voor de *Primaire productie*. Deze analyse maakt gebruik van maandgemiddeldes die per zone (niveau 3) weergegeven worden.

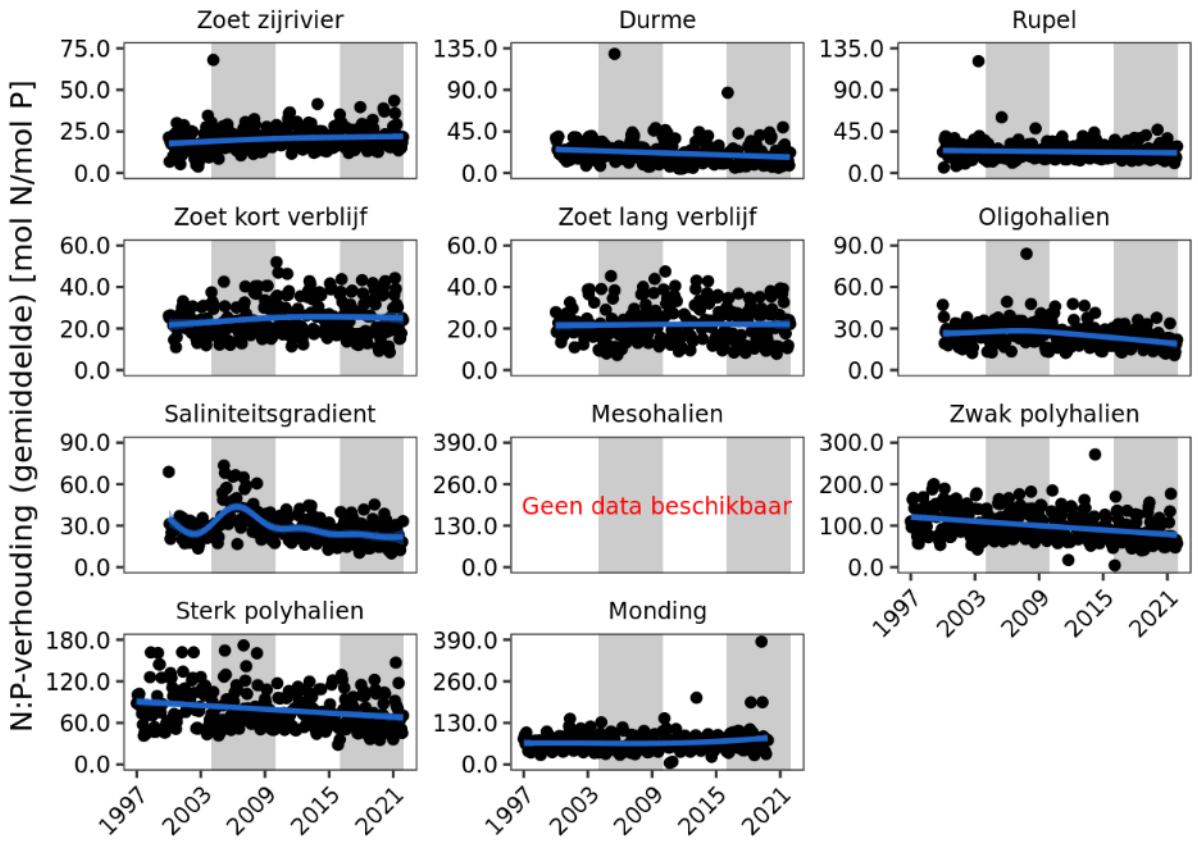
Methodiek

De parameter *Nutriëntverhoudingen* is een samengestelde parameter, gebaseerd op de stikstof-, fosfor- en siliciumconcentratie. De individuele gegevensreeksen worden samengebracht op basis van het meetstation (naam & coördinaten) en het moment van observatie (datum & tijd), waarna een schatting van de parameter wordt gemaakt. De relevante meetstations worden toegewezen aan de geassocieerde segmenten (niveau 4) en zones (niveau 3). Vervolgens wordt er per zone (Zeeschelde & Westerschelde) bepaald wat de gemiddelde maandelijkse verhouding is. Hiervoor wordt stapsgewijs gewerkt, namelijk: (1) bepalen gemiddelde verhouding per station per maand, (2) bepalen gemiddelde verhouding per segment per maand, en (3) bepalen gemiddelde verhouding per zone per maand. Dit resultaat wordt vervolgens vergeleken met de resultaten van de voorbije maanden.

Analyse

De nutriëntverhoudingen kunnen voor het merendeel van de stations bepaald worden voor de periode *2016-2021*. Enkel voor de zone *Mesohalien* zijn er geen gegevens beschikbaar voor de periode *2016-2021* (noch voor de voorgaande periodes).

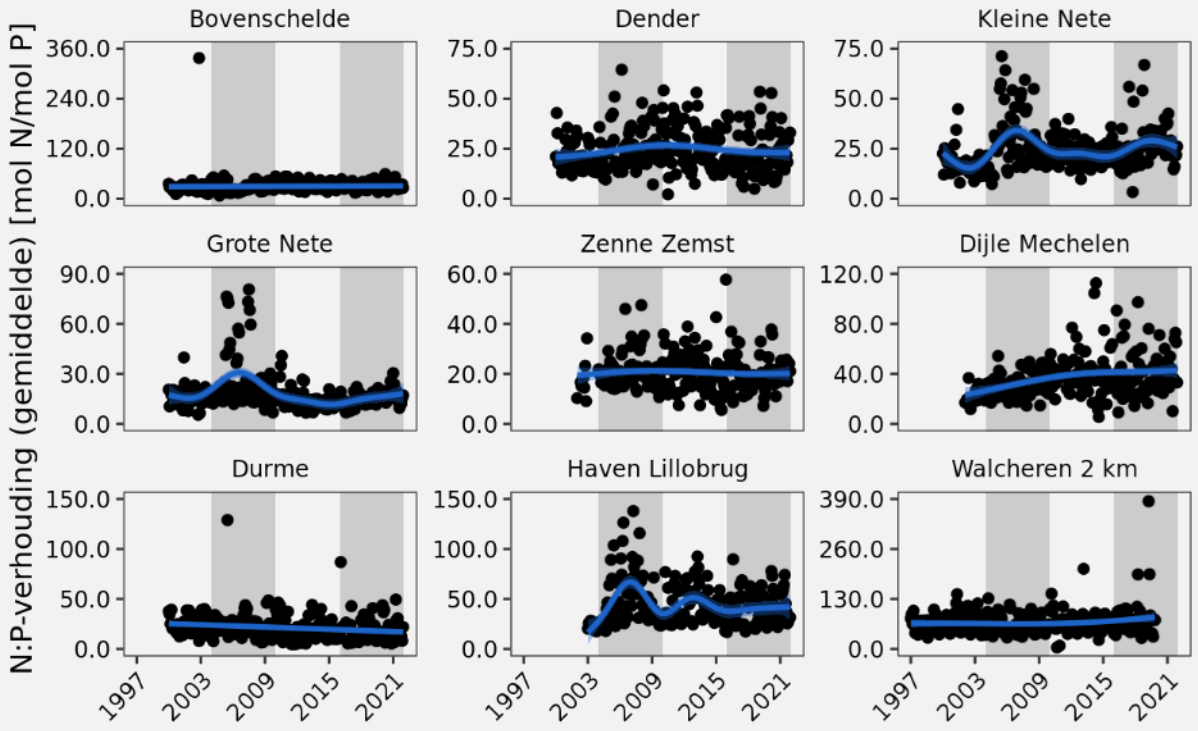
De resultaten variëren tussen de verschillende zones, met zowel afnames (bijv. in de zones *Oligohalien* en *Zwak polyhalien*) en toenames (bijv. in de zone *Zoet, korte verblijftijd*) van de molaire N:P-verhouding ten opzichte van de periode *2010-2015*. Een overzicht van de bekomen gemiddeldes wordt gegeven in Figuur 5-40 en aangevuld met de resultaten van de stations nabij de grenzen van het estuarium (Kader 5-24).



Figuur 5-40: Gemiddelde verhouding van stikstof tegenover fosfor die afgeleid werd in de verschillende zones van het Schelde-estuarium. Gemiddeldes zijn berekend per maand.

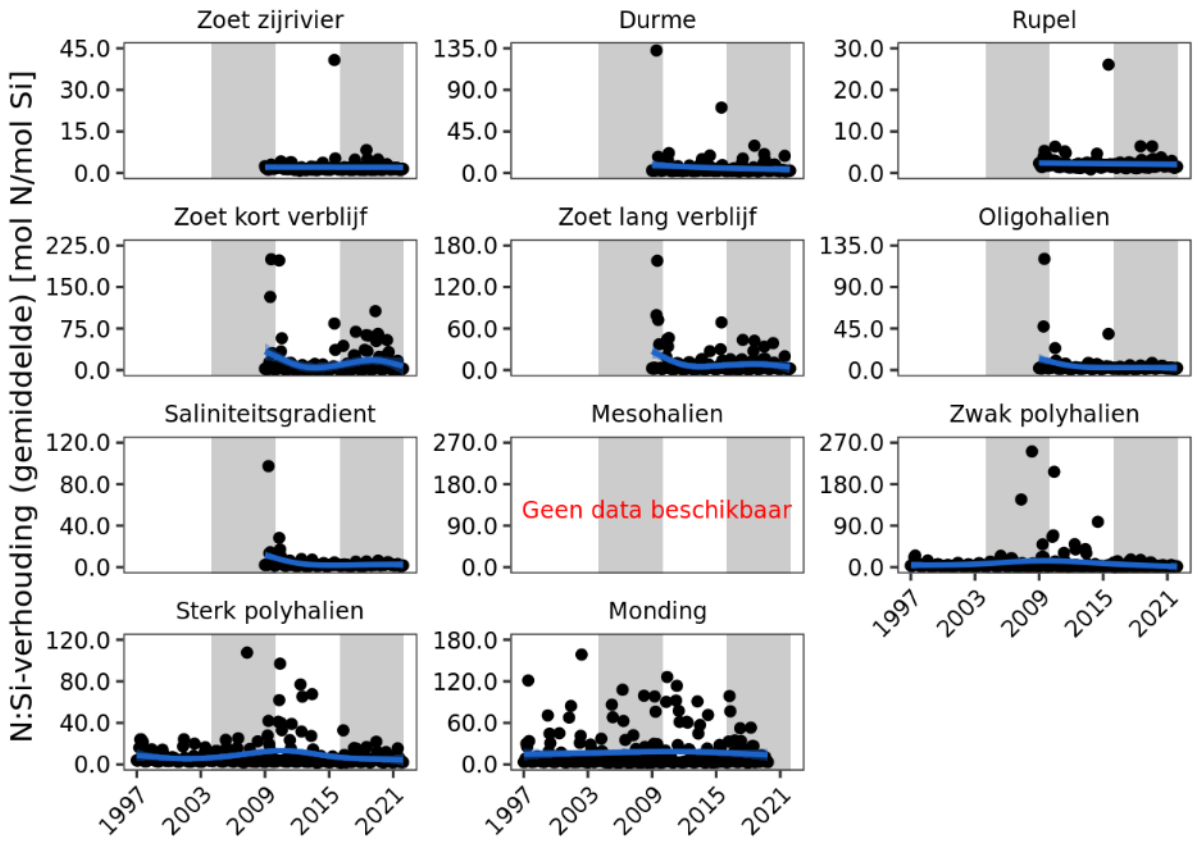
Kader 5-24 – N:P-verhouding op de *boundaries*

Ook voor de stations die buiten het estuarium vallen, zijn de resultaten variërend (zie Figuur 5-41). Het meetstation *Dijle Mechelen* toont hierbij de hoogste koolstofzuurstofvraag van alle stations in het estuarium in de periode *2016-2021*.



Figuur 5-41: Gemiddelde verhouding van stikstof tegenover fosfor die afgeleid werd in de verschillende meetstations aan de grenzen van het Schelde-estuarium. Gemiddeldes zijn berekend per maand.

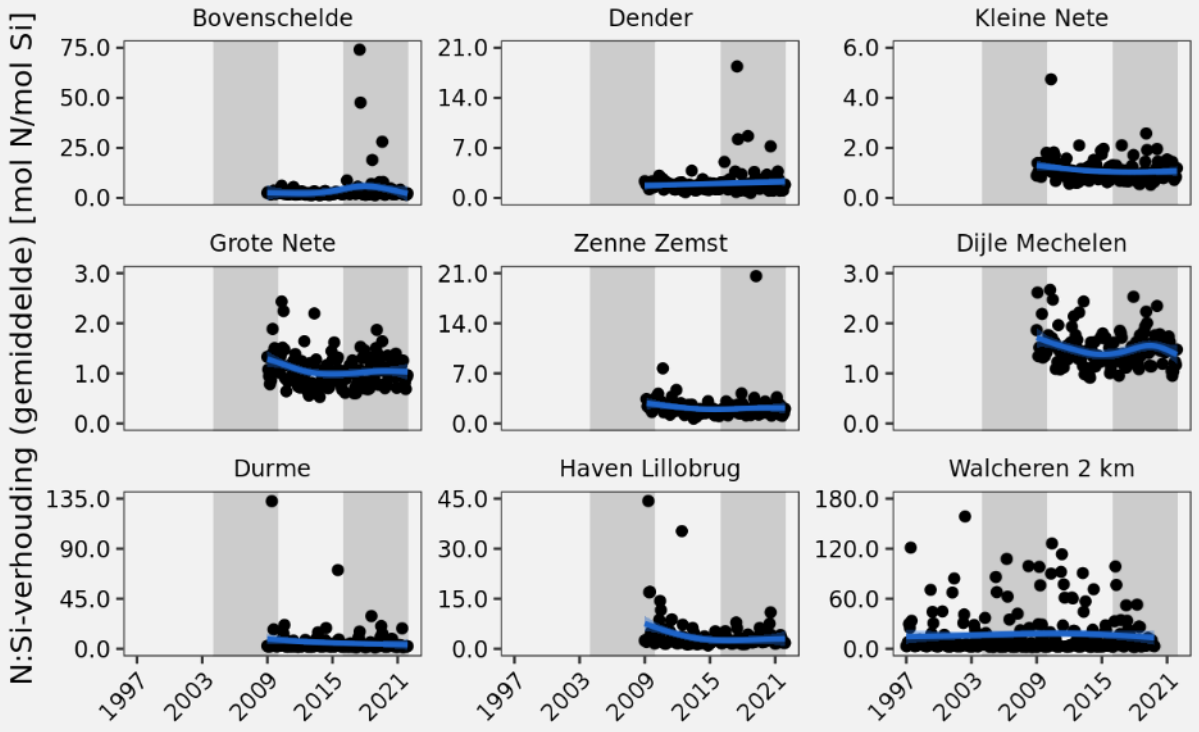
Ook voor de molaire N:Si-verhouding variëren de resultaten tussen de verschillende zones, met zowel afnames (bijv. in de zones *Oligohalien* en *Zwak polyhalien*) en toenames (bijv. in de zone *Rupel*) ten opzichte van de periode *2010-2015*. Een overzicht van de bekomen gemiddeldes wordt gegeven in Figuur 5-42 en aangevuld met de resultaten van de stations nabij de grenzen van het estuarium (Kader 5-25).



Figuur 5-42: Gemiddelde verhouding van stikstof tegenover silicium die afgeleid werd in de verschillende zones van het Schelde-estuarium. Gemiddeldes zijn berekend per maand.

Kader 5-25 – N:Si-verhouding op de *boundaries*

Over de stations die buiten het estuarium vallen, kan weinig gezegd worden over het historisch verloop van de N:Si-verhouding door het gebrek aan metingen van silicium. Enkel voor het station *Walcheren 2 km* zijn er metingen van zowel stikstof als silicium voorhanden. Voor de meeste stations wordt er wel een lichte afname van de het maandgemiddelde in de periode *2016-2021* ten opzichte van de periode *2010-2015* waargenomen (zie Figuur 5-43).



Figuur 5-43: Gemiddelde verhouding van stikstof tegenover silicium die afgeleid werd in de verschillende meetstations aan de grenzen van het Schelde-estuarium. Gemiddeldes zijn berekend per maand.

5.6.8. Verblijftijd

Zie hydrodynamiek, Sectie 3.7.1.

5.6.9. Getijasymmetrie

Zie hydrodynamiek, Sectie 3.7.2.

5.6.10. Relatieve getijslag

Zie hydrodynamiek, Sectie 3.7.3.

5.6.11. Chlorofyl *a*

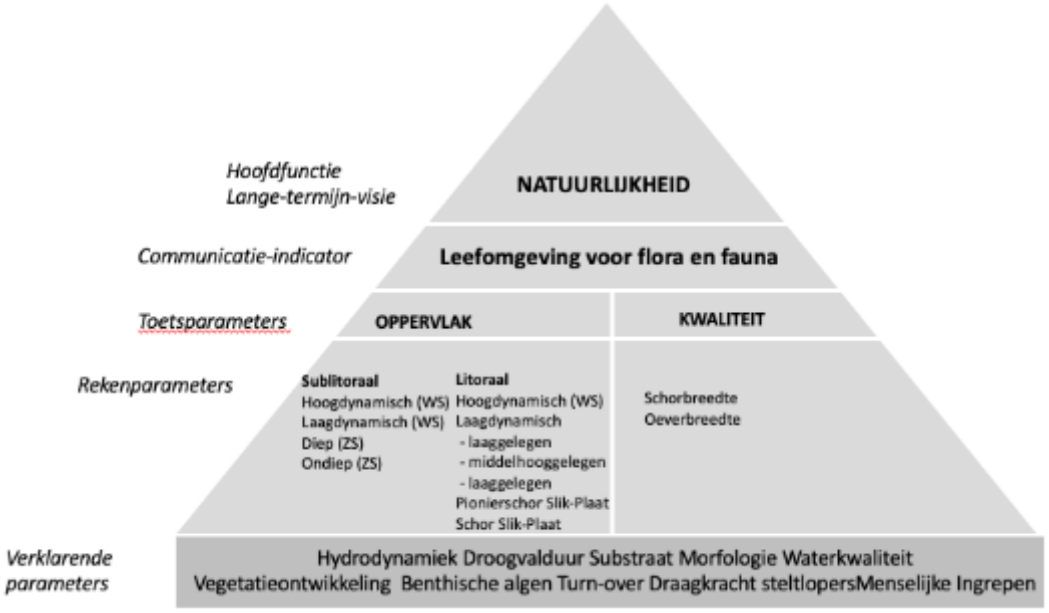
Zie Ecologie, Sectie 7.3.5.1.

6. Leefomgeving voor flora en fauna

6.1. Inleiding

De Westerschelde is een meergeulensysteem met verschillende fysische kenmerken. De variatie in deze fysische systeemkenmerken resulteert in een grote diversiteit aan habitats met een diversiteit in soorten. De Zeeschelde is in essentie een één-geulsysteem, hoewel hier en daar vroeger wel kleine nevengeulen en platen voorkwamen (Van Braeckel *et al.*, 2006), met verschillende habitats.

De leefomgeving voor flora en fauna van het Schelde-estuarium wordt gekenmerkt door drie grote gradiënten: een oost-west gradiënt van volledig zoet naar volledig zout, een verticale gradiënt van het diepste punt van de geul tot het hoogste deel van het schor en een interne gradiënt van een cyclische variatie in habitat turn-over en schordynamiek. De habitats en hun kenmerken zijn de resultante van enerzijds de bestaande morfo- en hydrodynamiek en anderzijds van de aanwezigheid van flora en fauna. Zo speelt de schorvegetatie een rol bij het invangen van sediment en het afremmen van de erosie. Anderzijds is het Schelde-estuarium continu onderhevig aan veranderingen door menselijk ingrijpen, zoals het uitbaggeren van de vaargeul en plaatrandbestortingen. Deze ingrepen zijn weer van invloed op de morfo- en hydrodynamiek en de daaruit resulterende habitats.



Figuur 6-1: Weergave Communicatie-indicator Leefomgeving voor flora en fauna.

Figuur 6-1 geeft de communicatie-indicator *Leefomgeving* weer, zoals deze is opgenomen in de Evaluatiemethodiek Schelde-estuarium (Consortium Schelde in Beeld, 2022). Voor de evaluatie van de *Leefomgeving* is het uitgangspunt dat een natuurlijk functionerend Schelde-estuarium aanwezig is, waarvan de oppervlakte aan verschillende habitats evenwichtig verdeeld is, het aanwezige laagdynamisch habitat van voldoende kwaliteit is en er sprake is van stabiliteit van habitats. Op een locatie mag niet te vaak een overgang van het ene habitat naar het andere habitat optreden, omdat hierdoor de kwaliteit wordt aangetast. De indicator *Leefomgeving* bestaat uit twee toetsparameters: oppervlak en kwaliteit.

Voor deze toetsparameters zijn rekenparameters gedefinieerd, waarbij voor iedere rekenparameter zo mogelijk een kwantitatief criterium is afgeleid in de vorm van een exacte waarde of een trendontwikkeling. Op het laagste niveau van de communicatie-indicator worden de verklarende parameters weergegeven, die bijdragen aan het begrijpen van de waargenomen ontwikkelingen en de onderliggende systeemverklaring.

Per rekenparameter komen de volgende zaken aan de orde:

- Data: welke gegevens waren beschikbaar en welke zijn gebruikt. Dit laatste wordt alleen beschreven indien niet alle gegevens zijn gebruikt.
- Definitie: korte beschrijving van de kenmerken van de rekenparameter en hoe de trend of waarde van de rekenparameter beoordeeld moet worden. Dit laatste is ontleend aan de Evaluatiemethodiek (Consortium Schelde in Beeld, 2022).
- Methodiek: korte beschrijving van hoe de rekenparameter berekend is.
- Analyse: korte beschrijving van de waargenomen ontwikkelingen en de beoordeling.

Om de kans op overstromingen in het gebied van de Zeeschelde te verkleinen wordt door de Vlaamse overheid het Sigmaplan gerealiseerd, waarbij speciaal ingerichte gecontroleerde overstromingsgebieden worden gerealiseerd, die de pieken in hoogwaterstanden moeten opvangen. Daarnaast moet het Sigmaplan ook de typische riviernatuur herstellen. In het geactualiseerde Sigmaplan is de nadruk nog meer komen te liggen op ruimte voor de rivier. Hiervoor zijn ook gecontroleerde getijdegebieden (GGG's) gerealiseerd, die met vloed deels vollopen en met laagwater weer leegstromen. In deze gebieden ontstaan ook mogelijkheden voor estuariene natuur. In hoofdstuk 8 wordt nader op de Sigmagebieden ingegaan.

6.2. Toetsparameter Oppervlak

Bij de toetsparameter *Oppervlak* wordt op basis van de ecotopenkaarten de waargenomen ontwikkeling van de verschillende onderscheiden ecotopen vergeleken met de gewenste ontwikkeling. De gewenste ontwikkeling kan uitgedrukt worden als gewenste trend, maar ook kan een criterium negatief geformuleerd zijn als ongewenste trend. Voor een aantal ecotopen van de Zeeschelde wordt een oppervlaktecriterium gehanteerd. Wordt niet aan een criterium voldaan dan is er sprake van een negatieve evaluatie. Indien er wel aan wordt voldaan is er sprake van een positieve evaluatie. Een negatief criterium wordt positief beoordeeld indien niet aan het criterium wordt voldaan.

Er wordt onderscheid gemaakt tussen sublitorale en litorale ecotopen. In de Westerschelde wordt onderscheid gemaakt in de rekenparameters hoogdynamisch en laagdynamisch sublitoraal en bij de Zeeschelde in diep en ondiep water. Diep water heeft bij laagwater een diepte van meer dan 2 m. Het litoraal in de Westerschelde wordt opgesplitst in hoogdynamisch en laagdynamisch litoraal, waarbij het laatste ecotoop nog weer kan worden opgesplitst in laaggelegen, middelhooggelegen en hooggelegen

litoraal. Voor de Zeeschelde wordt vanaf 2001 onderscheid gemaakt in de verschillende litorale hoogtezones.
Voor de Westerschelde wordt binnen de begroeide delen onderscheid gemaakt tussen pioniervegetatie en schorvegetatie. Bij de Zeeschelde wordt conform de evaluatiemethodiek geen onderscheid gemaakt tussen deze vegetaties.

Voor alle berekeningen zijn de ecotopenkaarten gebruikt. Hierbij zijn de delen meegenomen die binnen de begrenzing van de ruimtelijke indeling van het estuarium vallen. Met name bij de Zeeschelde is door de realisatie van de Sigmagebieden de gekarteerde oppervlakte uitgebreid. Hierbij dient opgemerkt te worden dat in de Zeeschelde van de zones *Sterke saliniteitsgradiënt* en het meest stroomafwaartse deel van het *Oligohalien* aanzienlijk vaker ecoptopenkaarten zijn gemaakt dan van de overige delen van de Zeeschelde. Tabel 6-1 geeft een overzicht van de beschikbaarheid van ecotopenkaarten van zowel Zeeschelde als Westerschelde. Bij Vlissingen viel een klein deel buiten de begrenzing van de Westerschelde. Dit deel is niet meegenomen. Bronhouders van de ecotoopkaarten zijn het INBO voor de Zeeschelde en RWS voor de Westerschelde.

Tabel 6-1: Overzicht van de beschikbaarheid van ecotopenkaarten. (*) Onvolledige dekking van de ecotopenkartering; alleen Sterke saliniteitsgradiënt (zone 4) en compartiment 13 van de zone Oligohalien (zone 5) zijn gekarteerd.

Zeeschelde		Westerschelde
Saliniteitsgradiënt/Oligohalien	Overige delen	
2001	2001	1996
2010	2010	2001
2012*		2004
2013	2013	2008
2014*		2010
2015*		2011
2016	2016	2012
2017*		2015
2018*		2016
2019	2019	2018
2020*		2020

6.2.1. Diep en ondiep water (Zeeschelde)

Data

Het volgende datafiche wordt gebruikt voor het analyseren van de rekenparameter *Sublitoraal Diep en Ondiep Zeeschelde*:

- S-DH-V-004 – Ecotopen

Voor beschikbaarheid gegevens zie Tabel 6-1.

Definitie

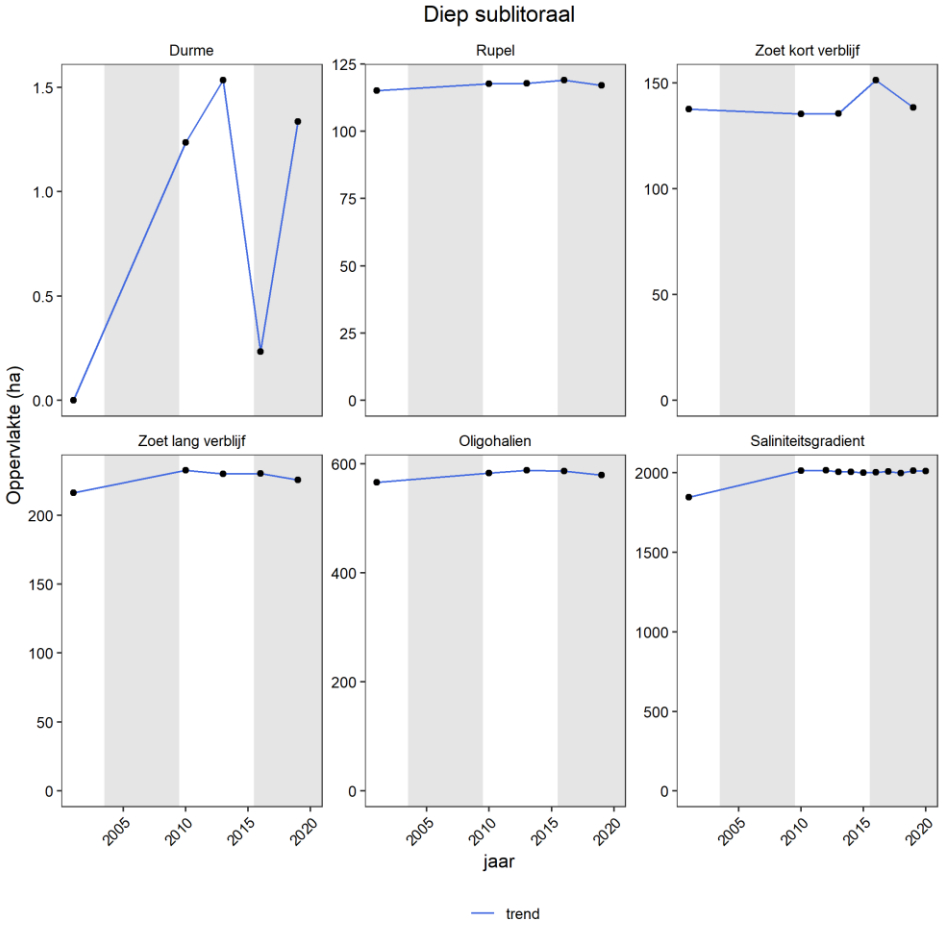
Ondiep water in de Zeeschelde wordt gedefinieerd als de oppervlakte van de zone van de gemiddelde laagwaterlijn tot 2 m beneden de gemiddelde laagwaterlijn, matig diep water bestaat uit de zone tussen 2 en 5 m beneden LW30 en diep water omvat alles beneden 5 m LW30 (Van Ryckegem *et al*., 2018). Matig diep en diep water worden conform de Evaluatiemethodiek gezamenlijk als diep water genomen.

Methodiek

In de Evaluatiemethodiek wordt voor de oppervlakte ondiep water in de verschillende zones van de Zeeschelde een gewenst minimumareaal aangegeven: *Sterke saliniteitsgradiënt* 540 ha, *Oligohalien* 150 ha, *Zoet lange verblijftijd* 120 ha en *Zoet korte verblijftijd* 60 ha. Diep en matig diep water zijn geen doelhabitat voor de Zeeschelde. Hiervoor is geen minimumareaal afgeleid. Een toename van diep water, combinatie van diep en matig diep water, ten koste van ondiep water per zone is ongewenst.

Analyse

Figuur 6-2 geeft de ontwikkeling van de oppervlakte diep water in de verschillende zones van de Zeeschelde.



Figuur 6-2: Ontwikkeling van de oppervlakte diep water in de verschillende zones van de Zeeschelde.

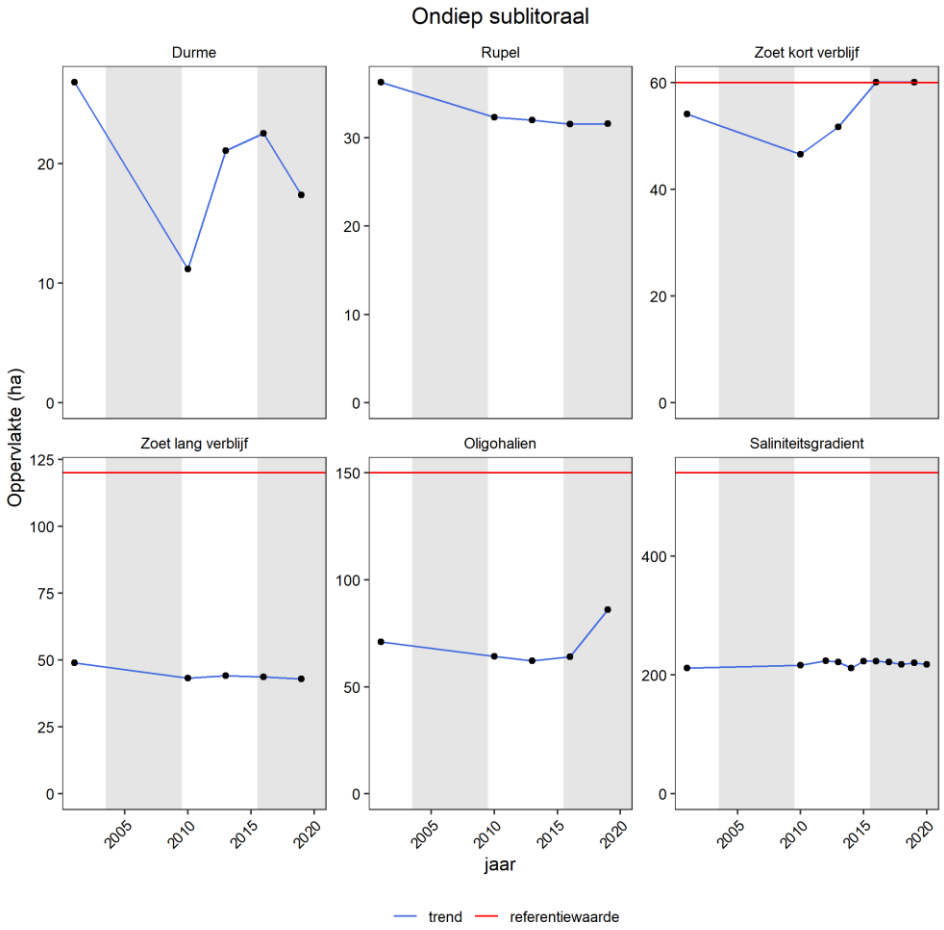
Hieronder worden de belangrijkste ontwikkelingen weergegeven:

- In de zones *Rupel*, *Oligohalien* en de Sterke *saliniteitsgradiënt* blijft de oppervlakte diep water stabiel. De verandering is minder dan 1% van de oppervlakte diep water ten opzichte van de periode van de T2015. Wel is in alle drie zones sprake van een zeer kleine afname van één tot enkele ha's.
- In de *Durme* zijn relatief grote verschillen in de oppervlakte diep water in de periode van de T2015 en de T2021. In 2013 bedraagt de oppervlakte diep water ongeveer 1,5 ha om vervolgens

af te nemen tot 0,2 ha in 2016 en vervolgens weer te stijgen tot 1,3 ha. Gemiddeld neemt de oppervlakte diep water in de periode van de T2015 af van 1,4 ha naar 0,8 ha in de periode van de T2021.

- In de zone *Zoet korte verblijftijd* neemt de oppervlakte diep water toe van gemiddeld 135 ha in de T2015 naar 145 ha in de T2021.
- In de zone *Zoet lange verblijftijd* neemt de gemiddelde oppervlakte diep water licht af van 231 ha in de T2015 naar 228 ha in de T2021.

Figuur 6-3 geeft een overzicht van de ontwikkeling van de oppervlakte ondiep water in de verschillende zones van de Zeeschelde.



Figuur 6-3: Ontwikkeling van de oppervlakte ondiep water in de verschillende zones van de Zeeschelde.

Hieronder worden de belangrijkste ontwikkelingen weergegeven:

- Alleen in de zone *Zoet korte verblijftijd* voldoet de oppervlakte ondiep water aan het gewenst minimumareaal. Ten opzichte van de T2015 is de oppervlakte ondiep water met ongeveer 11 ha toegenomen.
- In de overige zones waarvoor een gewenst minimumareaal is aangegeven bedraagt de oppervlakte ondiep water minder dan de helft van het gewenste areaal. Voor de *Durme* en de *Rupel* is geen gewenst minimumareaal aangegeven.

- In de *Durme* neemt in de periode 2016-2021 de oppervlakte eerst iets toe en vervolgens af. Gemiddeld is de oppervlakte ondiep water in de periode van de T2021 ongeveer 3,8 ha groter dan in de periode van de T2015.
- In de *Rupel*, en de zones *Zoet lange verblijftijd* en *Sterke saliniteitsgradiënt* is de oppervlakte ondiep water ongeveer gelijk gebleven.
- Alleen in de zone *Oligohalien* is de oppervlakte ondiep water duidelijk toegenomen van gemiddeld 63,2 ha in de T2015 naar 75,1 ha in de T2021.

Voor het ecotoop diep water wordt in alle zones de situatie als gunstig beoordeeld, omdat of de situatie stabiel is (geen toename) of dat er wel sprake is van een toename in oppervlakte, maar dat dit niet gaat ten koste van de oppervlakte ondiep water (zone *Zoet korte verblijftijd*).
Voor het ecotoop ondiep water voldoet alleen de zone *Zoet korte verblijftijd* aan het gevraagde minimumareaal. Wel neemt de gemiddelde oppervlakte ondiep water in de *Durme* toe met 3,8 ha in T2021 ten opzichte van de situatie in de T2015. In de *Rupel* is er meer dan 1% afname in de oppervlakte ondiep water, maar dit wordt niet veroorzaakt door een toename van de oppervlakte diep water. In de zones *Zoet lange verblijftijd* en *Sterke saliniteitsgradiënt* is de oppervlakte ondiep water stabiel.

6.2.2. Hoogdynamisch en laagdynamisch sublitoraal (Westerschelde)

Data
Het volgende datafiche wordt gebruikt voor het analyseren van de rekenparameters *Hoogdynamisch en Laagdynamisch sublitoraal Westerschelde*:

- S-DH-N-004 – Ecotopenkaart

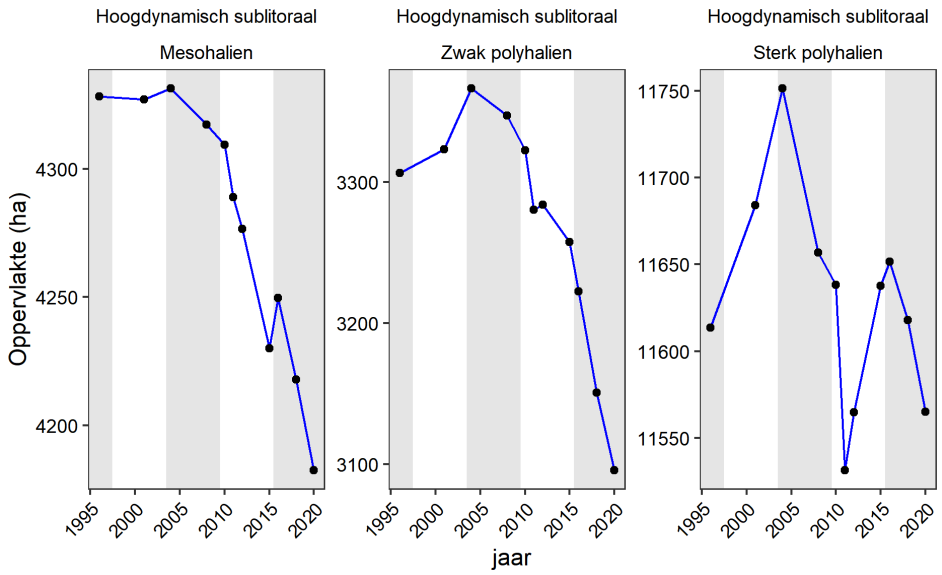
Voor beschikbaarheid gegevens zie Tabel 6-1.

Definitie
In het sublitoraal van de Westerschelde wordt onderscheid gemaakt tussen hoogdynamisch en laagdynamisch sublitoraal. In de ecotopenkaarten wordt als indeling gehanteerd dat gebieden met een stroomsnelheid boven de 0,8 m/s hoogdynamisch zijn en gebieden met een lagere stroomsnelheid laagdynamisch. Het laagdynamisch sublitoraal is ecologisch gezien het belangrijkste sublitorale habitat. Deze zone herbergt een grote diversiteit aan macrofauna, heeft een hoge productiviteit en kan een rol als kinderkamer vervullen voor vissen. Het laagdynamisch litoraal op de overgang van sublitoraal naar litoraal is van specifiek belang voor soorten die met het tij migreren, zoals jonge vis en hyperbenthos. Het hoogdynamisch litoraal op deze overgang is door de aan hoge stroomsnelheden gerelateerde dynamiek veel minder aantrekkelijk als leefgebied voor benthos, hyperbenthos en vissen.

Methodiek
Er is geen exacte waarde afgeleid voor het gewenste oppervlak hoogdynamisch sublitoraal. Binnen een zone mag het hoogdynamisch sublitoraal niet toenemen ten koste van laagdynamisch gebied. Ook voor het gewenste areaal laagdynamisch sublitoraal per zone is geen referentiewaarde beschikbaar. Een toename van het laagdynamisch sublitoraal is wenselijk; een afname wordt als negatief beoordeeld. Voor zowel de oppervlakte hoogdynamisch sublitoraal als de oppervlakte laagdynamisch sublitoraal wordt de trend bepaald op basis van de ecotopenkaarten.

Analyse

Figuur 6-4 geeft een overzicht van de ontwikkeling van de oppervlakte hoogdynamisch sublitoraal in de verschillende zones van de Westerschelde.



Figuur 6-4: Ontwikkeling van de oppervlakte hoogdynamisch sublitoraal in de verschillende zones van de Westerschelde.

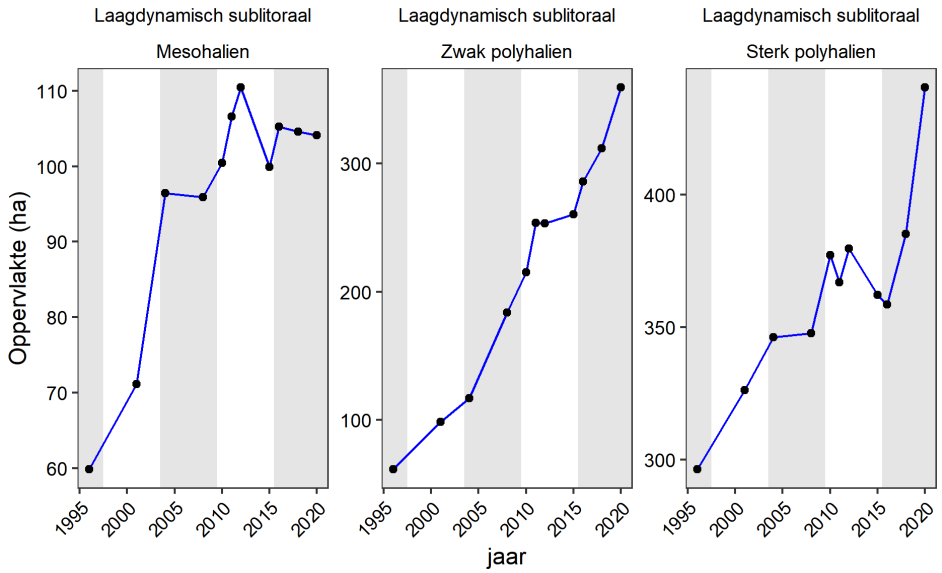
De belangrijkste ontwikkelingen kunnen als volgt samengevat worden:

- In de zones *Mesohalien* en *Zwak polyhalien* zet de in de T2015 geconstateerde afname van de oppervlakte hoogdynamisch sublitoraal zich voort.
- In het *Sterk polyhalien* vond in de periode 2011-2015 na een aanvankelijke afname van de oppervlakte hoogdynamisch sublitoraal weer een toename plaats, maar na 2016 heeft er weer een afname plaatsgevonden van de oppervlakte hoogdynamisch sublitoraal. Gemiddeld is de oppervlakte in de periode van de T2021 11.611 ha tegenover 11.593 in de periode in de T2015. Deze verandering is minder dan 0,2% en kan als minimaal worden beschouwd.

Figuur 6-5 geeft een overzicht van de ontwikkeling van de oppervlakte laagdynamisch sublitoraal in de verschillende zones van de Westerschelde. Hieronder worden de belangrijkste ontwikkelingen weergegeven:

- In het *Mesohalien* is er weliswaar eerst een kleine toename van de oppervlakte laagdynamisch sublitoraal ten opzichte van de ecotopenkaart van 2015, maar bij vergelijking van de gemiddelde oppervlakte in de periode T2015 tenopzichte van de situatie in de T2021 is er sprake van een afname van 0,3 ha. Dit is een afname van ongeveer 0,3 %, zodat in feite sprake is van een stabiele situatie.
- In de zones *Zwak* en *Sterk polyhalien* neemt de oppervlakte laagdynamisch sublitoraal toe.

Qua beoordeling moet de afname van de oppervlakte hoogdynamisch sublitoraal in het *Mesohalien* en het *Zwak polyhalien* als gunstig wordt beoordeeld, omdat er geen sprake is van een toename ten koste van de oppervlakte laagdynamisch sublitoraal. In het *Sterk polyhalien* is de ontwikkeling in de periode 2015-2020 eveneens gunstig. Weliswaar heeft er bij vergelijking met de periode 2010-2015 er een toename van de oppervlakte hoogdynamisch sublitoraal plaatsgevonden, maar dit wordt niet weerspiegeld in een afname van de oppervlakte laagdynamisch sublitoraal, zodat deze ontwikkeling niet als negatief moet worden beoordeeld.



Figuur 6-5: Ontwikkeling van de oppervlakte laagdynamisch sublitoraal in de verschillende zones van de Westerschelde.

In het *Mesohalien* treedt een minimale afname van de oppervlakte laagdynamisch sublitoraal op van 0,7 ha ten opzichte van de T2015, maar dit wordt niet veroorzaakt door een toename van het hoogdynamisch sublitoraal. Gezien de oppervlakte van dit habitattype, 104 ha, kan deze verandering als verwaarloosbaar worden beschouwd. Aangezien voor een positieve beoordeling een toename van het habitattype wordt gewenst, moet deze ontwikkeling als neutraal worden beoordeeld. In het *Zwak* en *Sterk polyhalien* kan de toename van de oppervlakte laagdynamisch sublitoraal als positief worden beoordeeld.

6.2.3. Litoraal (Zeeschelde)

Data

Het volgende datafiche wordt gebruikt voor het analyseren van de rekenparameter *Litoraal Zeeschelde*:

- S-DH-V-004 – Ecotopen

Voor beschikbaarheid gegevens zie Tabel 6-1.

Definitie

Onder het litoraal vallen alle ecotopen die met laagwater droogvallen en die geen begroeiing hebben. In de oudste ecotopenkaarten werd geen onderscheid gemaakt tussen laag, middelhoog en hoog litoraal. Vanaf 2001 is dit onderscheid wel in de ecotopenkaarten gemaakt.

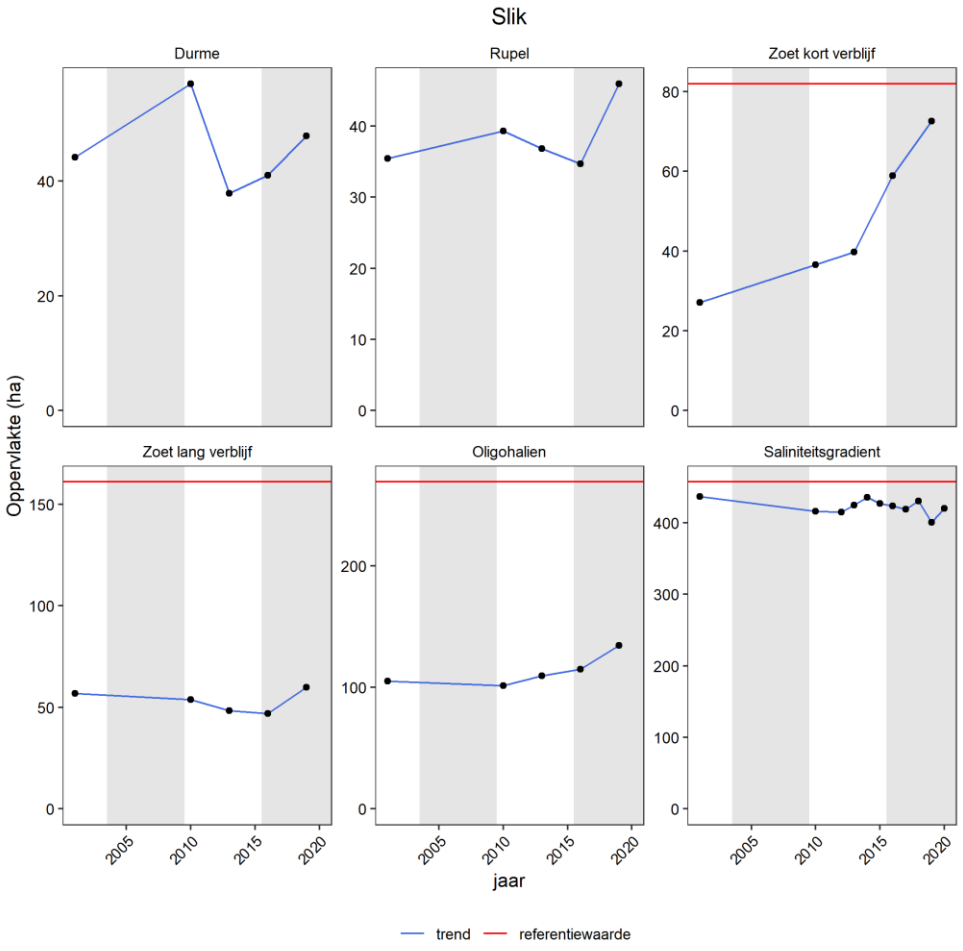
Methodiek

Als het gewenste minimum oppervlakte slik in de verschillende zones van de Zeeschelde gelden de volgende waarden: *Zoet korte verblijftijd* 82 ha, *Zoet lange verblijftijd* 161 ha, *Oligohaliene zone* 269 ha en Sterke saliniteitsgradiënt 457 ha. Voor de *Durme* en de *Rupel* zijn geen gewenste minimum-oppervlakten gegeven.

Analyse

Figuur 6-6 geeft een overzicht van de ontwikkeling van de oppervlakte slik in de verschillende zones van de Zeeschelde. Hieronder worden de belangrijkste ontwikkelingen weergegeven:

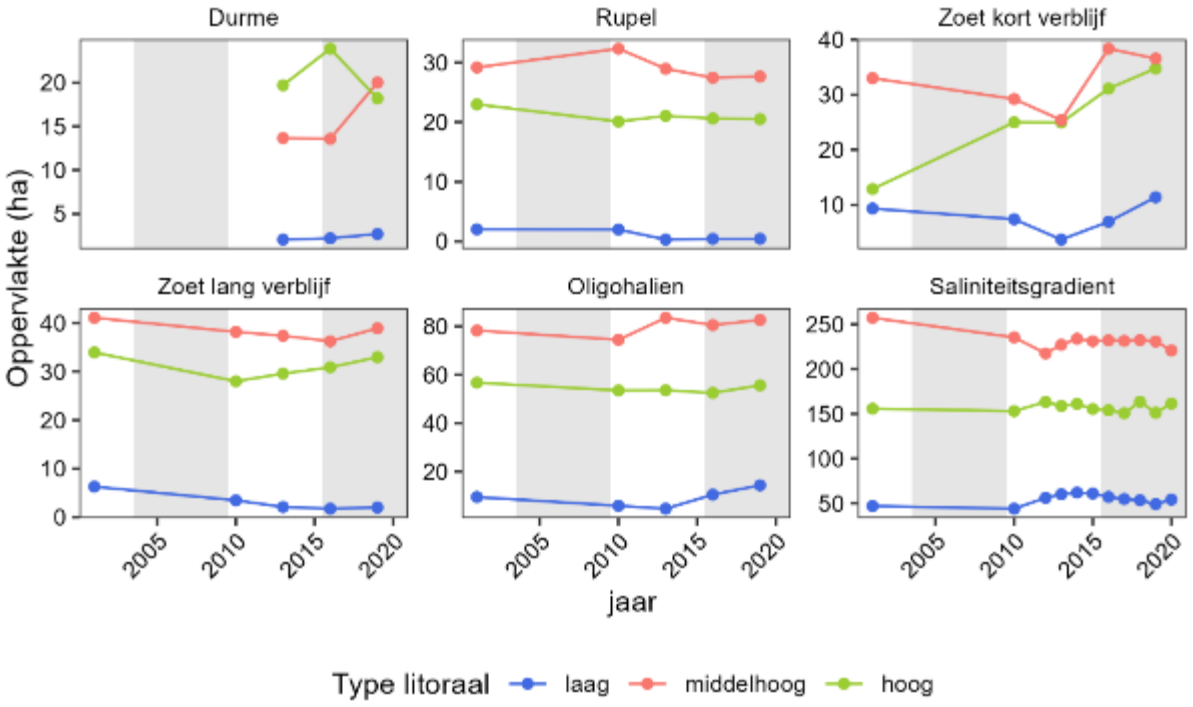
- In geen enkele zone wordt het gewenste minimumareaal slik gehaald. In de zones *Zoet lange verblijftijd* en *Oligohalien* is dit minder dan de helft van het gewenste areaal, in de zones *Zoet korte verblijftijd* en in de *Sterke saliniteitsgradiënt* bedraagt dit resp. ruim 80 en 90%.
- In de *Durme* neemt de oppervlakte litoraal ten opzichte van de ecotopenkaart van 2013 weer toe, maar gemiddeld is de oppervlakte ten opzichte van de T2015 ongeveer 3 ha lager in de T2021. In de *Rupel* neemt ten opzichte van de T2015 de gemiddelde oppervlakte litoraal toe met 2 ha. Voor deze twee zones is echter geen minimumareaal opgegeven.
- Ook in de zones *Zoet korte verblijftijd*, *Zoet lange verblijftijd* en *Oligohalien* is sprake van een lichte toename van de oppervlakte litoraal ten opzichte van de T2015.
- In de zone *Sterke saliniteitsgradiënt* neemt de oppervlakte litoraal ten opzichte van de T2015 met ongeveer 5 ha af: dit is iets meer dan 1% van de totale oppervlakte.



Figuur 6-6: Ontwikkeling van de oppervlakte droogvallend slik in de verschillende zones van de Zeeschelde.

In geen enkele zone voldoet de oppervlakte slik aan het mininumareaal, zodat voor alle zones sprake is van een negatieve beoordeling. De *Durme* en de *Rupel* worden niet beoordeeld, omdat hiervoor geen minimumareaal is opgegeven.

Figuur 6-7 geeft de ontwikkeling van de verschillende hoogtezones van het slik in de Zeeschelde. De oppervlakte laag-litoraal is zeer gering ten opzichte van de hoogtezones middelhoog en hoog litoraal. Over het algemeen zijn er geen duidelijke ontwikkelingen. In de *Durme* neemt in de periode 2016-2019 de oppervlakte middelhoog litoraal toe en de oppervlakte hoog-litoraal af. In de zone *Zoet korte verblijftijd* neemt de oppervlakte van alle hoogtezones toe ten opzichte van de T2015.



Figuur 6-7 Ontwikkeling van de oppervlakte van de verschillende hoogtezones van het droogvallend slik van de Zeeschelde gebaseerd op de ecotopenkaarten.

6.2.4. Hoogdynamisch en laagdynamisch litoraal (Westerschelde)

Data

Het volgende datafiche wordt gebruikt voor het analyseren van de rekenparameters *Hoogdynamisch en Laagdynamisch litoraal Westerschelde*:

- S-DH-N-004 – Ecotopenkaart

Voor beschikbaarheid gegevens zie Tabel 6-1.

Definitie

De dynamiek in het litoraal is bepalend voor de indeling als hoog- of laagdynamisch gebied. In de Westerschelde wordt dit afgeleid uit de geomorfologische klassen op de geomorfologische kaarten en dit wordt overgenomen op de ecotopenkaarten van Rijkswaterstaat.
In de Westerschelde wordt op de ecotopenkaarten onderscheid gemaakt tussen laagdynamisch laaggelegen, middelhooggelegen en hooggelegen litoraal. Deze indeling is gebaseerd op de

droogvalduurkaart. De droogvalduur wordt bepaald aan de hand van het getij en de hoogteligging van het litorale gebied. Hieronder wordt de indeling weergegeven.

Droogvalduur	Ecotoop
< 25% van de tijd	Laaggelegen litoraal
Tussen de 25 en 75% van de tijd	Middelhoogggelegen litoraal
>75% van de tijd	Hooggelegen litoraal

Methodiek

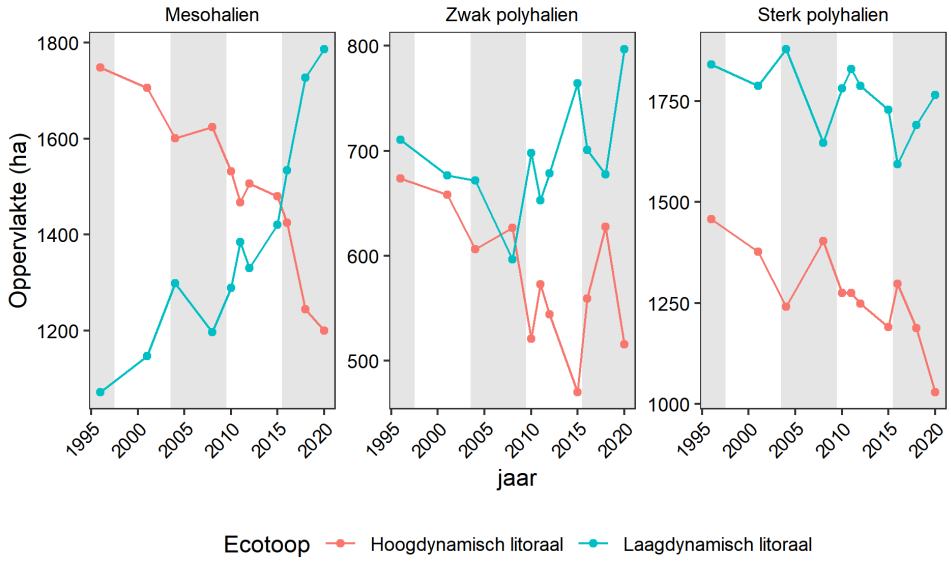
In het hoogdynamisch litoraal is de dynamiek zodanig dat voor veel soorten bodemfauna hier geen geschikte leefomstandigheden zijn zoals die er bijvoorbeeld wel zijn in het laagdynamisch litoraal. Slikgebonden watervogels zijn dan ook voor het foerageren met name aangewezen op de laag-dynamische gebieden.
Voor de hoogdynamische zones is geen exacte referentiewaarde afgeleid. Het hoogdynamische litoraal binnen een zone mag niet toenemen ten koste van laagdynamisch litoraal. Ook voor het laagdynamische litoraal in de Westerschelde is geen exacte referentiewaarde afgeleid. Er wordt dan ook uitgegaan van een trendanalyse. Op basis van de historische ontwikkeling en de ecologische waarde van deze habitats wordt gesteld dat een toename van het laagdynamisch litoraal (laag, midden en hoog litoraal gecombineerd) gewenst is.
Door onderscheid te maken tussen laaggelegen, middelhooggelegen en hooggelegen litoraal wordt inzicht verkregen over de verhouding van de verschillende zones ten opzichte van elkaar. Een sterke afname van het laaggelegen litoraal kan wijzen op een verhoogde dynamiek of erosie, terwijl een afname van de hooggelegen zone veroorzaakt kan worden door een uitbreiding van de schorvegetatie.

Analyse

Figuur 6-8 geeft een overzicht van de ontwikkeling van de oppervlakte hoogdynamisch en laagdynamisch slik in de verschillende zones van de Westerschelde.

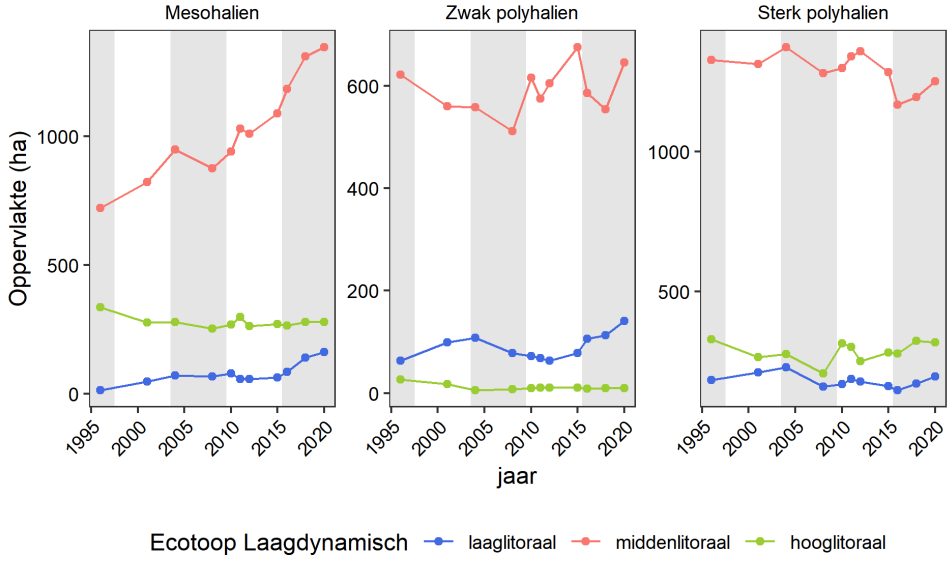
Hieronder worden de belangrijkste ontwikkelingen samengevat:

- In het *Mesohalien* en het *Sterk polyhalien* heeft de al in de T2015 geconstateerde afname van het hoogdynamisch litoraal zich voortgezet. In het *Mesohalien* is de oppervlakte met gemiddeld 200 ha (-14%) afgenomen, terwijl in het *Sterk polyhalien* de afname ongeveer 75 ha (-6%) bedraagt.
- In de zone *Zwak polyhalien* is het beeld wisselend. In 2016 en 2018 is er eerst een toename van het hoogdynamische litoraal ten opzichte van de ecotopenkaart uit 2015, maar de ecotopenkaart van 2020 laat weer een afname zien. Ten opzichte van de vorige verslagperiode (T2015) heeft er gemiddeld wel een toename van de oppervlakte hoogdynamisch litoraal in deze zone plaatsgevonden met 40 ha (+7,7%).
- In het *Mesohalien* vindt een duidelijke toename van het laagdynamisch litoraal plaats met 326 ha (+24%).



Figuur 6-8: Ontwikkeling van de oppervlakte hoog- en laagdynamisch litoraal in de verschillende zones van de Westerschelde.

- In het *Zwak polyhalien* vindt aanvankelijk een duidelijke afname van het laagdynamisch litoraal plaats ten opzichte van de ecotopenkaart uit 2015, maar in 2020 is dit areaal weer toegenomen. Indien de periode 2016-2020 wordt vergeleken met de periode 2010-2015 is er gemiddeld een toename van 26 ha (+3,8%) van het areaal laagdynamisch litoraal.
- In het *Sterk polyhalien* heeft in de periode 2016-2020 aanvankelijk een afname plaatsgevonden van het laagdynamisch litoraal en daarna weer een toename. Bij vergelijking met de vorige verslagperiode (T2015) is de gemiddelde oppervlakte laagdynamisch litoraal met 98 ha (-5,5%) afgenomen. Dit gaat echter niet samen met een toename van de oppervlakte hoogdynamisch litoraal.



Figuur 6-9: Ontwikkeling van de verschillende droogvalduurzones die onderscheiden kunnen worden in het laagdynamisch litoraal in de verschillende zones van de Westerschelde.

Figuur 6-9 geeft de ontwikkeling van de verschillende onderscheiden droogvalduurzones in het laagdynamisch litoraal.

De belangrijkste ontwikkelingen worden hieronder samengevat:

- In het *Mesohalien* nemen het laaggelegen en het middelhooggelegen litoraal in de T2021-periode met resp. 128 en 262 ha toe ten opzichte van de T2015. Het hooggelegen laag-dynamisch litoraal neemt met 1 ha af, maar deze verandering is minimaal ten opzichte van het totaal van 271 ha laagdynamisch hooglitoraal.
- In het *Zwak polyhalien* neemt in de periode van de T2021 de oppervlakte laaggelegen dynamisch slik met 50 ha toe, de oppervlakte middelhoog gelegen slik met 22 ha af en de oppervlakte hooggelegen slik gemiddeld met 1 ha af. Hier lijkt een verlaging te hebben plaatsgevonden.
- In het *Sterk polyhalien* neemt bij vergelijking van de gemiddelde waarden van de T2015 met die van de T2021 de oppervlakte van laaggelegen en middelhooggelegen laagdynamisch litoraal met resp. 2 en 119 ha af, terwijl het laagdynamisch hooggelegen litoraal met 19 ha toeneemt. Hier lijkt het hogere deel van het litoraal gemiddeld steiler te zijn geworden.

Als criteria worden gehanteerd dat de oppervlakte hoogdynamisch litoraal niet mag toenemen ten koste van het laagdynamisch litoraal en dat een toename van het laagdynamisch litoraal gewenst is.
Voor alle drie de zones geldt dat de er geen toename van hoogdynamisch litoraal ten koste van laagdynamisch litoraal heeft plaatsgevonden, zodat dat aspect positief geëvalueerd wordt. In het *Zwak polyhalien* is weliswaar de oppervlakte hoogdynamisch litoraal toegenomen, maar dit is niet ten koste gegaan van het laagdynamisch litoraal. In het *Sterk polyhalien* is er een afname van het laaggdynamisch litoraal; dit wordt negatief geëvalueerd. In de twee andere zones neemt dit ecotoop toe, zodat dit positief wordt geëvalueerd.

Wanneer binnen het laagdynamisch slik wordt gekeken, valt op dat in het *Mesohalien* de twee laagstgelegen zones toenemen, in het *Zwak polyhalien* alleen de zone laaggelegen litoraal, terwijl het middelhooggelegen litoraal neemt af; er treedt een verlaging op. In het *Sterk polyhalien* neemt alleen het hooggelegen litoraal in oppervlakte toeneemt en de andere zones juist af: hier treedt een verlaging op.

6.2.5. Pionierschor Slik-Plaat

Bij dit onderdeel wordt onderscheid gemaakt tussen pionierschor op slikken en pionierschor op platen. Slikken zijn gebieden die grenzen aan dijken en platen liggen geïsoleerd in de Westerschelde, zoals bijvoorbeeld de Hooge Platen.

Data

Het volgende datafiche wordt gebruikt voor het analyseren van de rekenparameters *Pionierschor op slikken en platen Westerschelde*:

- S-DH-N-004 – Ecotopenkaart

Voor beschikbaarheid gegevens zie Tabel 6-1.

Definitie

De pioniervegetaties van de Westerschelde bestaan uit biezen, kolonisatoren, zeekraalvegetaties en slijkgrasvegetaties en kunnen afgeleid worden uit de ecotopenkaarten. De pionierzone heeft een vegetatiebedekking van 2-50% (Paree, 2017). Er wordt onderscheid gemaakt tussen pioniervegetaties

op de slikken en op de platen. Voor slikken en platen wordt hier gebruik gemaakt van een vaste begrenzing zoals gedefinieerd in Schrijver (2020).

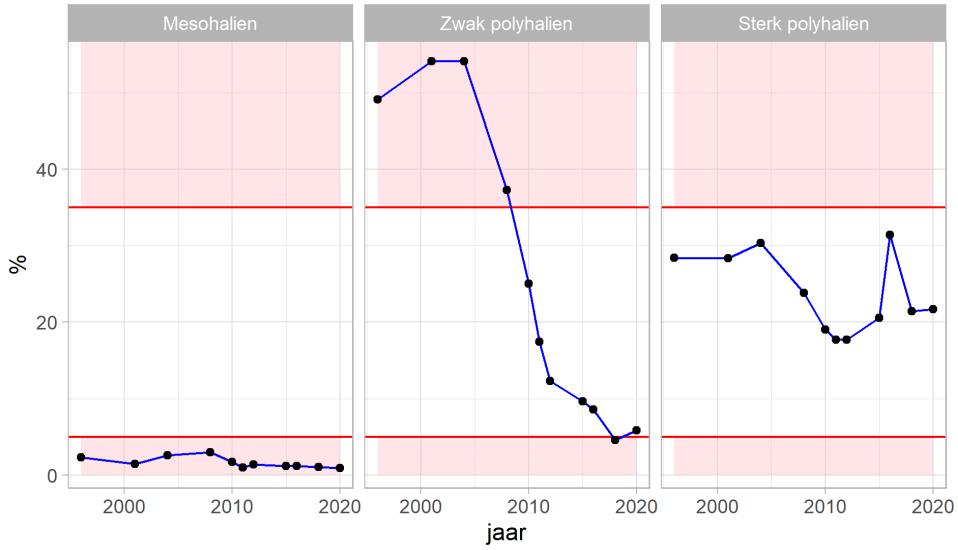
Methodiek

De gewenste oppervlakte aan pioniervegetaties op de slikken heeft een aandeel tussen 5 – 35% van het totale schoroppervlak per zone. Een aandeel boven 35% of beneden 5% wijst op een onevenwichtige schorontwikkeling. Een groot oppervlak pionierschor in een zone kan wijzen op een groot aandeel laagdynamisch habitat, bijvoorbeeld na een ontpoldering.

Pionierschor op de platen wordt gezien als een ongunstige ontwikkeling, aangezien dit veelal het gevolg is van het hoger en droger worden van de platen. De platen vormen een belangrijk foerageergebied voor watervogels, omdat hier weinig verstoring plaatsvindt. Het hoger en droger worden van platen is vaak een indicatie van een ongunstige ontwikkeling. Een versnelde toename van de oppervlakte pioniervegetatie op de platen is daarom niet gewenst.

Analyse

Figuur 6-10 geeft de ontwikkeling van het aandeel pioniervegetatie in de totale schorbegroeiing op de slikken in de verschillende zones van de Westerschelde.



Figuur 6-10: Ontwikkeling van het aandeel pioniervegetatie op de slikken ten opzichte van de totale begroeide oppervlakte van de slikken per zone in de Westerschelde. Met rode lijnen zijn de kritische waarden van 5 en 35% aangegeven. De rode vlakken geven de ongewenste situaties aan.

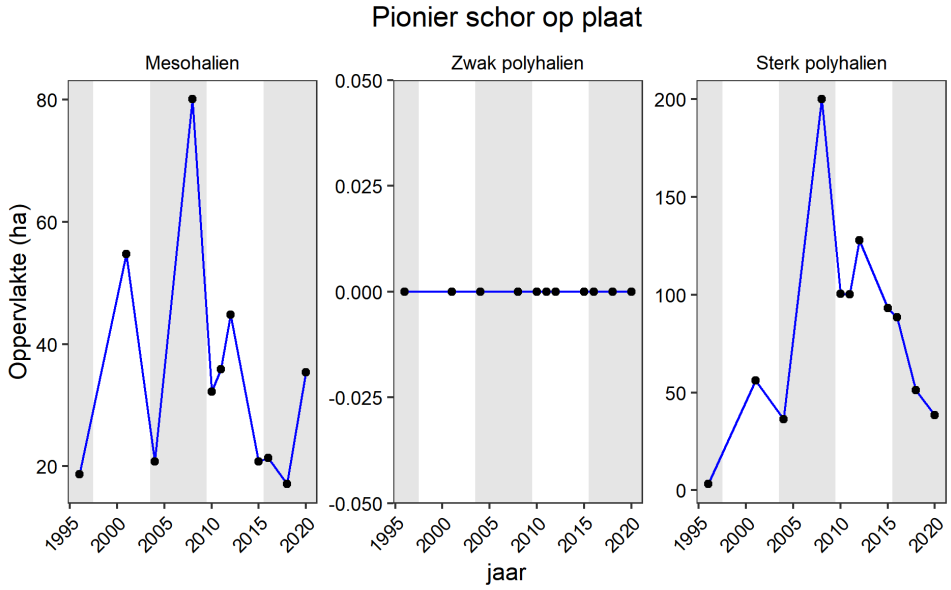
De belangrijkste ontwikkelingen staan hieronder weergegeven:

- In het *Mesohalien* is het aandeel pioniervegetatie op de slikken kleiner dan 5% en dit lijkt nog steeds af te nemen.
- In het *Zwak polyhalien* is het aandeel pioniervegetatie sinds 1996 zeer sterk afgenomen. Aanvankelijk lag dit vlak na de eeuwwisseling boven de 50% om vervolgens af te nemen tot ongeveer 10% aan het einde van de verslagperiode van de T2015. In de periode 2016-2020 is het aandeel verder afgenomen en ligt nu gemiddeld net boven de 5%. Een verdere afname is ongewenst.

- In het *Sterk polyhalien* ligt het aandeel van de pioniervegetatie op de slikken tussen 20-30%.

Figuur 6-11 laat de ontwikkeling van de oppervlakte pioniervegetatie op de platen zien per zone. De belangrijkste ontwikkelingen zijn:

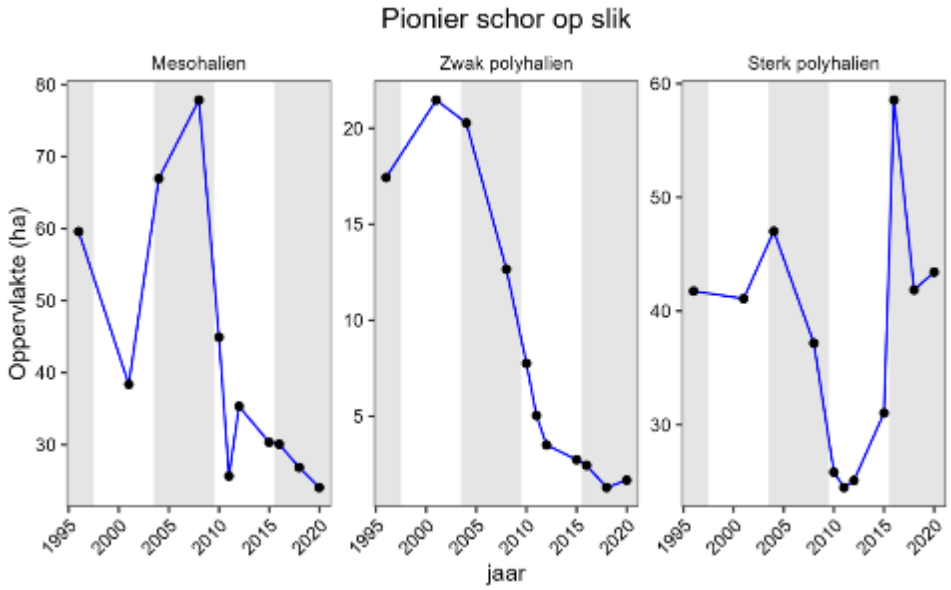
- In het *Mesohalien* is de oppervlakte pioniervegetatie tussen 1995 en 2008 aanvankelijk zeer sterk toegenomen van ongeveer 20 naar 80 ha, waarna een afname volgde tot ongeveer 20 ha in 2015. In 2020 is er weer een toename tot rond de 35 ha. Gemiddeld is de oppervlakte pioniervegetatie op de platen afgenomen van rond 35 ha in de T2015 naar 25 ha in de verslagperiode van de T2021.
- In het *Zwak polyhalien* ontbreekt pioniervegetatie op de platen.
- In het *Sterk polyhalien* is er vanaf 1995 ook een sterke toename van de oppervlakte pioniervegetatie op de platen van bijna geen vegetatie tot een piek van 200 ha in 2008. Hierna vindt een duidelijke afname plaats die zich in de periode 2016-2020 voortzet.



Figuur 6-11: Ontwikkeling van de oppervlakte pioniervegetatie op de platen in de verschillende zones van de Westerschelde.

De ontwikkeling van pioniervegetatie op de slikken staat wergegeven in Figuur 6-12. In het *Mesohalien* is er een piek in de T2009, maar daarna is de oppervlakte pioniervegetatie sterk afgenomen. In het *Zwak polyhalien* is alleen pioniervegetatie op de slikken aanwezig, zodat de ontwikkeling in Figuur 6-10 en Figuur 6-12 sterk overeenkomen. In het *Sterk polyhalien* is er in de T2021 een toename van de pioniervegetatie op de slikken ten opzichte van de T2015.

De ontwikkeling van het aandeel pioniervegetatie op de slikken moet in het *Mesohalien* als ongunstig worden beoordeeld, omdat het aandeel minder dan 5% is. In het *Zwak polyhalien* is het aandeel nog gunstig, maar het aandeel mag niet verder afnemen. In het *Sterk polyhalien* wordt het aandeel van de pioniervegetatie op de slikken als positief beoordeeld.
De oppervlakte pioniervegetatie op de platen wordt voor de T2021 ten opzichte van de periode T2015 als positief beoordeeld voor alle zones, maar hierbij dient wel opgemerkt te worden dat in het *Mesohalien* er in de periode 2018 – 2020 sprake is van een duidelijke toename. Als deze zich voorzet kan bij een toekomstige evaluatie de beoordeling negatief zijn.



Figuur 6-12: Ontwikkeling van de oppervlakte pioniervegetatie op de slikken in de verschillende zones van de Westerschelde.

6.2.6. Schor Slik-Plaat

In het kader van de Kaderrichtlijn Water (KRW) zijn eisen geformuleerd ten aanzien van de oppervlakte schorvegetatie in de Westerschelde en de gehele Zeeschelde en voor de afzonderlijke zones van de Zeeschelde. De oppervlakte vegetatie kan bepaald worden op basis van zowel de ecotopenkaart als van de vegetatiekaart. Aangezien bij de ecotopenkaart ook de schorkreken tot het schor worden gerekend (Paree, 2017), is in overleg met de begeleidingscommissie ervoor gekozen om de oppervlakte schor te baseren op de vegetatiekaart. Dit vormt een onderdeel van paragraaf 7.2. In de voorliggende paragraaf wordt ingegaan op de ontwikkeling van het habitattype schor op de slikken en de platen op basis van de ecotopenkaart van de Westerschelde.

Data

Het volgende datafiche wordt gebruikt voor het analyseren van de rekenparameters *Schor op slikken en platen Westerschelde*:

- S-DH-N-004 – Ecotopenkaart

Voor beschikbaarheid gegevens zie Tabel 6-2.

Definitie

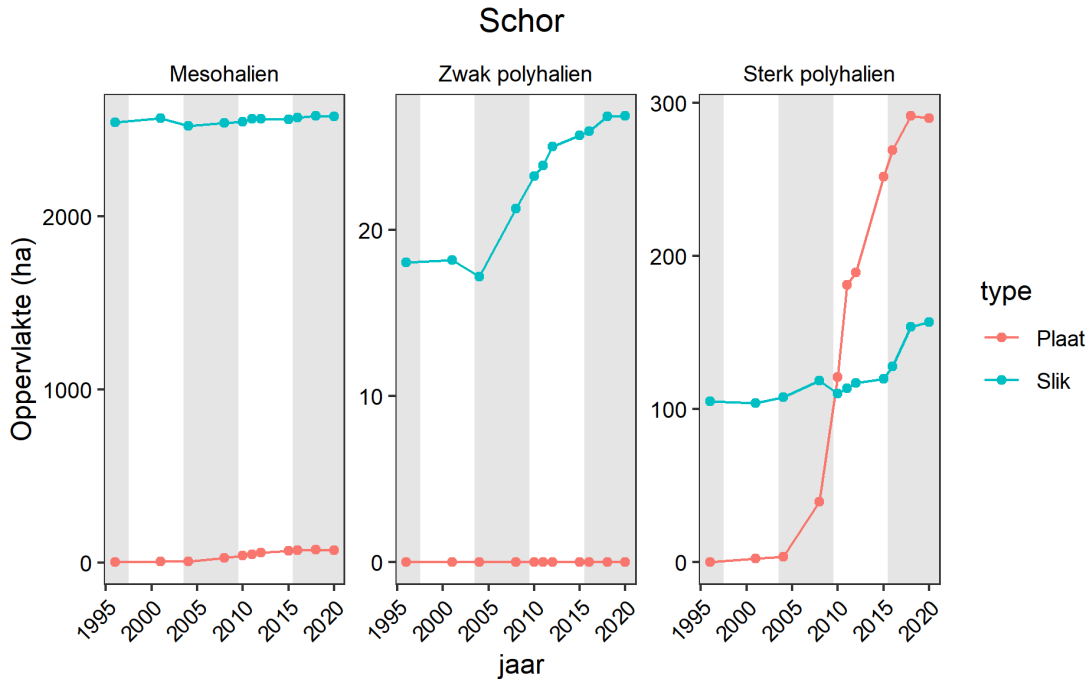
De schorvegetaties zijn de begroeide gebieden die alleen bij hoge waterstanden worden overstroomd en die niet tot pioniervegetaties worden gerekend. Voor de slikken is een afname van de oppervlakte schorvegetatie onwenselijk, terwijl op de platen de ontwikkeling van schorvegetaties ongewenst is, omdat dit betekent dat de platen hoger en droger worden en daardoor minder geschikt worden als foerageergebied voor slikgebonden watervogels. Voor slikken en platen wordt hier gebruik gemaakt van een vaste begrenzing zoals gedefinieerd in Schrijver (2020).

Methodiek

Voor het bepalen van de exact gewenste oppervlakte schorvegetatie per zone dient bekend te zijn bij welke verdeling van schor op platen en slikken het systeem ecologisch goed functioneert. Aangezien een exacte referentiewaarde per zone niet beschikbaar is, wordt een trendanalyse gebruikt. Het afnemen van het schorhabitat op slikken wordt binnen een zone als ongewenst beschouwd. Het toenemen van het areaal schorren op platen wordt eveneens als ongewenst beschouwd.

Analyse

De ontwikkeling van de oppervlakte schorvegetatie op slikken en platen staat weergegeven in Figuur 6-13. Tussen de gebieden bestaan er duidelijke verschillen.



Figuur 6-13: Ontwikkeling van de oppervlakte schorvegetatie op de slikken en platen in de verschillende zones van de Westerschelde.

De ontwikkelingen worden hieronder samengevat:

- In het *Mesohalien* is de oppervlakte schorvegetatie zowel op de slikken als op de platen stabiel in de periode 2016-2020. Wel is ten opzichte van de T2015 de oppervlakte schorvegetatie op de platen gemiddeld iets toegenomen.
- In het *Zwak polyhalien* is de oppervlakte schorvegetatie op de platen gelijk gebleven (ontbrekend), terwijl deze op de slikken is toegenomen.
- In het *Sterk polyhalien* is de oppervlakte schorvegetatie zowel op de platen als op de slikken toegenomen. Op de platen is de toename minder sterk dan in de periode van de T2015, maar er is nog steeds sprake van een toename. De oppervlakte schorvegetatie op de slikken was in de periode van de T2015 redelijk stabiel, maar in de periode van de T2021 is er wel sprake van een toename.

Volgens de beoordelingscriteria mag de oppervlakte schorvegetatie op de platen niet toenemen. Voor zowel het *Mesohalien* als het *Sterk polyhalien* is dit echter wel het geval, waarbij opgemerkt dient te

worden dat in het *Mesohalien* er vooral een toename van de gemiddelde oppervlakte was ten opzichte van de situatie in de T2015. Voor beide zones is de evaluatie negatief. In de zone *Zwak polyhalien* ontbreekt schor op de platen, zodat dit positief wordt beoordeeld.

Voor alle zones is er geen achteruitgang in de oppervlakte schorvegetaties op de slikken, zodat voor alle zones dit aspect als positief kan worden beoordeeld.

6.2.7. Conclusie en evaluatie toetsparameter oppervlak

De uitkomsten van de beoordelingscriteria ten aanzien van de toetsparameter *Oppervlakte* worden samengevat in Tabel 6-2.

Tabel 6-2: Samenvatting van de evaluatie van de rekenparameter Oppervlakte van de Communicatie-indicator Leefomgeving. Groen: evaluatie positief; rood: evaluatie negatie, wit: evaluatie neutraal. Bij de Zeeschelde is ook de afwijking van de gewenste oppervlakte in ha/% aangegeven. 77/64 = 77 ha te weinig ten opzichte van de gewenste oppervlakte en het aandeel is 64% te weinig.

parameter	specificatie	Zeeschelde						Westerschelde		
		Durme	Rupel	Zoet kort verblijf	Zoet lang verblijf	Olihgohalien	Saliniteitsgradiënt	Mesohalien	Zwak polyhalien	Sterk polyhalien
Diep water (ZS)										
Ondiep water (ZS)		+	-	0/0	77/64	75/50	320/59			
Hoogdynamisch sublitoraal (WS)										
Laagdynamisch sublitoraal (WS)										
Litoraal		-	+	16/20	108/67	144/54	38/8			
Hoogdynamisch litoraal										
Laagdynamisch litoraal										
Pionierschor	slikken: oppervlakteaandeel									
	slikken trend									
	platen									
Schor	slikken									
	platen									

6.3. Toetsparameter Kwaliteit

6.3.1. Inleiding

De kwaliteit van het habitat wordt bepaald door de structuur (abiotische kwaliteit) en de aanwezigheid van verschillende organismen (biologische kwaliteit). De structurele kwaliteit van het habitat wordt voornamelijk beïnvloed door de fysische processen die zich afspelen in het estuarium. De biologische

kwaliteit wordt bepaald door de diversiteit van aanwezige soorten en de aanwezigheid en beschikbaarheid van voedsel voor hogere trofische niveaus.

De kwaliteit van het habitat wordt dus bepaald door de aanwezige hydrodynamiek, de morfologie van het habitat, de aanwezigheid van hoogtegradiënten, de spreiding in droogvalduur, de ruimte voor en de aanwezigheid van zonering, en de diversiteit en biomassa van de aanwezige flora en fauna voor hogere trofische niveaus. De kwaliteit van het habitat is gebaat bij geleidelijke overgangen in vorm, ligging en hoogtegradiënten (Dyer *et al*., 2000; Brys *et al*., 2005). Daarnaast wordt de samenstelling en productiviteit van de aanwezige levensgemeenschappen mede gestuurd door de saliniteit, sediment-samenstelling van een habitat en de dynamiek ter plaatse. In hoogdynamische zones is de biodiversiteit en de biomassa van de aanwezig macrozoöbenthos aanzienlijk lager dan in vergelijkbare laag-dynamische hoogtezones (Craeymeersch en Ysebaert, 2020).

De focus van deze toetsparameter ligt op de abiotische kwaliteit, aangezien de biotische aspecten onderdeel vormen van de integrale analyse in de communicatie-indicator Ecologie.

Voor het goed functioneren van het schorhabitat is er een minimale breedte nodig, zodat de verschillende kenmerkende onderdelen van het habitat, zoals de verschillende hoogte- en vegetatiezones, maar ook kreken en prielen naast elkaar kunnen bestaan. Voor het Schelde-estuarium wordt aangenomen wordt dat de minimale breedte van een schor 75 tot 100 m is. Deze waarde is ontleend aan waarnemingen aan de Zeeschelde en toegepast op de Westerschelde. Bij deze breedte is er voldoende ruimte voor de aanwezigheid van een kreek. Schorren die smaller zijn dan 75-100 m tonen een steiler profiel en zijn vaak onderhevig aan erosieprocessen (Piesschaert *et al*., 2008). Voor de Westerschelde is een nadere onderbouwing van de minimumbreedte voor aanwezigheid van kreken, de verschillende hoogtezones en pionierschor gewenst.

DE natuurlijke schordynamiek bestaat uit verschillende fasen: (a) de vestiging van pioniervegetaties op een hooggelegen slik, (b) de ontwikkeling daarvan tot een schor en (c) de geleidelijke erosie van het schor door (klif)erosie. Een voldoende brede oever is noodzakelijk voor de sedimentatie op het slik, zodanig dat de vestiging van pioniervegetatie mogelijk is en voor verdere ontwikkeling van het schor. Voor een duurzame schorontwikkeling dient de totale oeverbreedte aan minimale eisen te voldoen. Dit is voor de Zeeschelde door Adriaensens *et al.* (2005) per compartiment gedefinieerd.

6.3.2. Schorbreedte

Data

De volgende datafiches worden gebruikt voor het analyseren van de rekenparameters *Schorbreedte Zeeschelde en Schorbreedte Westerschelde*:

- S-DH-V-004 – Ecotopen
- S-DH-N-004 – Ecotopenkaart

Voor beschikbaarheid gegevens zie Tabel 6-1.

Definitie

Voor een goed functionerend schorhabitat is er een minimale breedte nodig, zodat de verschillende kenmerkende onderdelen van het habitat, zoals de verschillende hoogte- en vegetatiezones, maar ook kreken en prielen naast elkaar kunnen bestaan. Op basis van waarnemingen aan de Zeeschelde wordt aangenomen wordt dat de minimale breedte van een schor 75 tot 100 m is in het Schelde-estuarium.

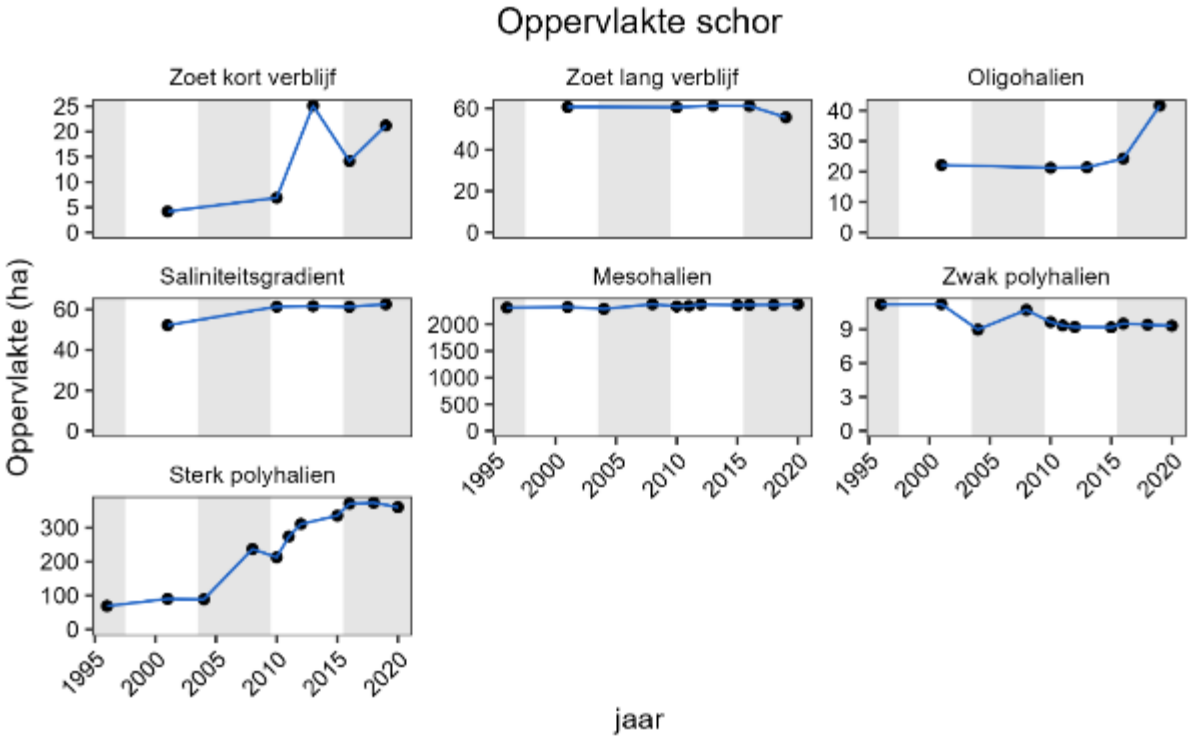
Aangenomen wordt dat dit ook van toepassing is voor de Westerschelde. Bij een schorbreedte minder dan 75-100 m is vaak sprake van een steiler profiel en zijn deze schorren vaak onderhevig aan erosieprocessen.

Methodiek

Op basis van de ecotopenkaarten wordt bepaald per compartiment waar de schorbreedte 75 m of meer is. Vervolgens wordt de oppervlakte schor berekend die hierbij hoort. De ontwikkeling van de oppervlakte schor met een breedte van 75 m of meer kan vervolgens in de tijd grafisch worden weergegeven per zone. Een afname van de oppervlakte schorhabitat van 75 m breedte of meer wordt binnen een zone als ongewenst beschouwd. Een toename van het areaal wordt positief beoordeeld.

Analyse

De analyse van de schorbreedte heeft eerst per compartiment plaatsgevonden. Vervolgens is per zone de oppervlakte van het schor dat een breedte heeft van minstens 75 m in Figuur 6-14 tegen de tijd uitgezet.



Figuur 6-14: Overzicht van de ontwikkeling van de oppervlakte schor, die een breedte heeft van minstens 75 m, per zone in de Zeeschelde.

De belangrijkste ontwikkelingen worden hieronder kort besproken. Aangegeven wordt de verandering in de oppervlakte in ha van schor met een breedte van 75 m ten opzichte van de situatie tijdens de T2015:

- In de zone *Zoet korte verblijftijd* is de oppervlakte per ecotoopkartering sterk wisselend. Vergelijking van de gemiddelde waarden van de T2015 met die van de T2021 laat een lichte toename zien van 16 ha naar 17,7 ha.

- In *Zoet lange verblijftijd* is de situatie gemiddeld licht afnemend ten opzichte van de situatie tijdens de T2015: van gemiddeld 60,92 ha naar 58,44 ha.
- In de zone *Oligohalien* is sprake van een toename van 21 ha in de T2015 naar 42 ha in 2019 (T2021).
- In de *Saliniteitsgradiënt* en het *Zwak polyhalien* is sprake van een stabiele situatie.
- In het *Mesohalien* neemt de oppervlakte van het schor met een breedte van minstens 75 m toe van gemiddeld 2.353 ha tijdens de T2015 naar gemiddeld 2.370 ha tijdens de T2021.
- Het *Sterk polyhalien* laat de grootste verandering zien. Hier neemt ten opzichte van de T2015 de oppervlakte toe van 265 ha naar 359 ha.

In de zones *Zoet korte verblijftijd*, *Oligohalien*, *Mesohalien* en *Sterk polyhalien* is sprake van een toename van de oppervlakte schor met een breedte van minstens 75 m. In de zones *Saliniteitsgradiënt* en *Zwak polyhalien* is sprake van een stabiele situatie, zodat alle genoemde zones positief worden geëvalueerd. In de zone *Zoet lange verblijftijd* vindt een lichte afname plaats, zodat voor deze zone de evaluatie negatief is.

6.3.3. Oeverbreedte

Data

De volgende datafiches worden gebruikt voor het analyseren van de rekenparameters *Oeverbreedte Zeeschelde* en *Oeverbreedte Westerschelde*:

- S-DH-V-004 – Ecotopen
- S-DH-N-004 – Ecotopenkaart

Voor beschikbaarheid gegevens zie Tabel 6-1.

Definitie

De minimale oeverbreedte benodigd voor een goed functionerende schorvegetatie in de Zeeschelde is ontleend aan de instandhoudingsdoelstellingen (zie Adriaensen *et al*., 2005). Dit betreft een sommatie van de voorgeschreven slik- en schorbreedte. Deze staan weergegeven in Tabel 6-3.

Tabel 6-3: Voorgeschreven minimale oeverbreedte in de Zeeschelde (gebaseerd op Adriaensens et al., 2005).

OMES-segment	Oeverbreedte (m)	OMES-segment	Oeverbreedte (m)
9	464,25	15	224,43
10	319,30	16	213,47
11	313,24	17	200,89
12	260,85	18	185,24
13	245,31	19	172,77
14	229,86		

Voor de Westerschelde wordt uitgegaan van veel bredere oeverzones van 1 tot 2 km. Deze breedte is gebaseerd op de vuistregel dat schorgebieden in de Westerschelde hiermee voldoende ruimte hebben voor zowel opbouwprocessen als voor afbraak van de schorontwikkeling (mond. med. D. de Jong). De aanwezigheid van geulen en geulrelicten kan de potentiële ontwikkeling van schor beperken.

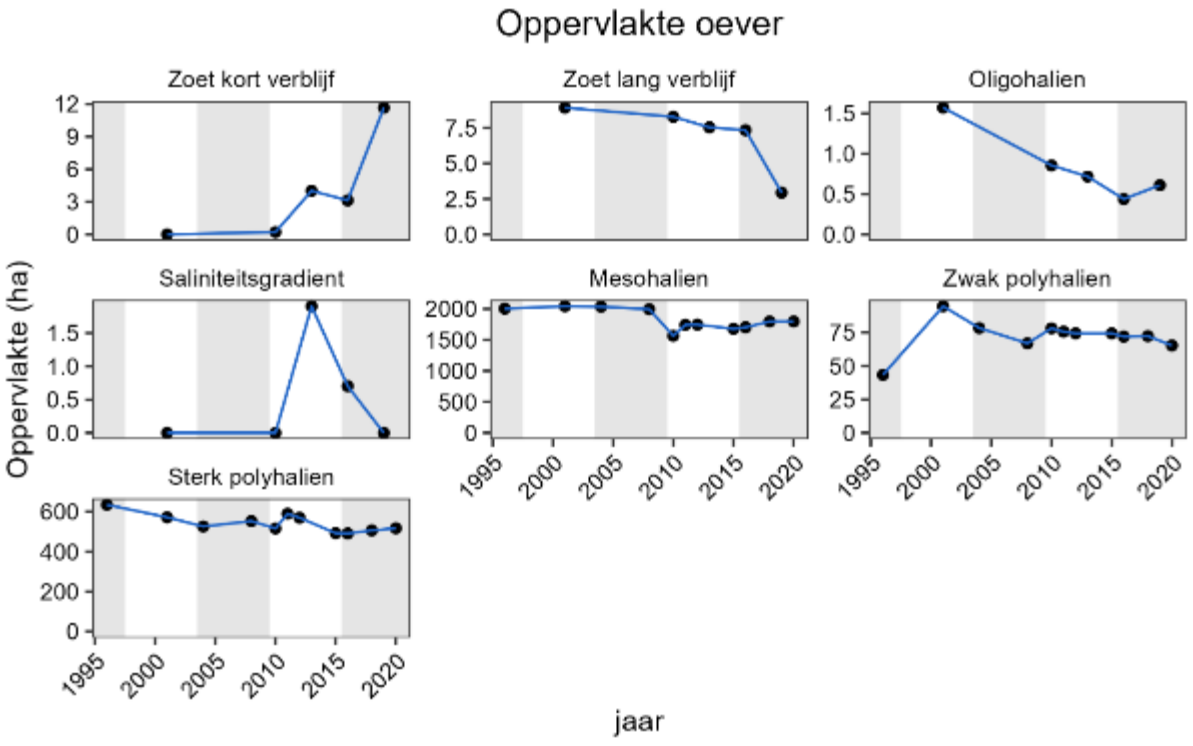
Methodiek

Op basis van de ecotopenkaarten wordt de oeverbreedte bepaald per OMES-segment. Indien de oeverbreedte aan de eis voldoet van Tabel 6-3 wordt het areaal hierachter berekend. Per zone wordt Voor de Westerschelde wordt een minimale breedte van 1000 m aangehouden.

Het areaal van de oeverzone, die minstens aan de referentiewaarde voldoet, wordt uitgezet tegen de tijd. Hieruit kan afgeleid worden of het areaal toe- of afneemt. Een toename wordt positief geëvalueerd en een afname negatief.

Analyse

Aangezien per compartiment een eis aan de oeverbreedte is gesteld, is eerst per compartiment de oppervlakte oever berekend, die voldoet aan de per compartiment gestelde eis van de minimale oeverbreedte (zie Bijlage D). Vervolgens zijn de berekende oppervlakten per compartiment per zone opgeteld, zodat een vereenvoudigde weergave mogelijk is (Figuur 6-15).



Figuur 6-15: Ontwikkeling van de oppervlakte oever dat voldoet aan de eis voor de oeverbreedte per compartiment.

De belangrijkste ontwikkelingen in de oeverbreedte worden hieronder per zone besproken:

- In de zone *Zoet korte verblijftijd* heeft een duidelijke toename van de oeverbreedte plaatsgevonden.
- In de zone *Zoet lange verblijftijd* heeft juist een afname plaatsgevonden.
- De zone *Oligohalien* laat op de lange termijn een lichte afname zien. Bij vergelijking met de T2015 heeft er ten opzichte van de ecotopenkaart van 2013 een afname plaatsgevonden.

- De *Saliniteitsgradiënt* laat eerst een hele kleine toename zien en daarna een vrijwel even grote afname. Gezien de kleine oppervlakte die bij de veranderingen is betrokken, kan de situatie als stabiel worden beschouwd.
- In het Mesohalien is de situatie stabiel, terwijl er in het *Zwak polyhalien* sprake is van een kleine afname en in het *Sterk polyhalien* van een duidelijke afname ten opzichte van de T2015.

Alleen in de zone *Zoet korte verblijftijd* wordt de ontwikkeling positief beoordeeld. In de *Saliniteits-gradiënt* en het *Mesohalien* is de situatie stabiel en in de zones *Zoet lange verblijftijd*, *Oligohalien*, *Zwak polyhalien* en *Sterk polyhalien* is sprake van een afname van de zones met voldoende oeverbreedte, zodat de situatie hier negatief wordt geëvalueerd.

6.3.4. Conclusies kwaliteit Leefgebied

Tabel 6-4 geeft een samenvatting van de beoordeling van de rekenparameters schorbreedte en oeverbreedte per zone.

Tabel 6-4: Beoordeling kwaliteit Leefgebied voor schorbreedte en oeverbreedte. Rood = negatieve evaluatie, groen = positieve evaluatie, geen kleur = neutraal.

	Zeeschelde				Westerschelde		
	Zoet korte verblijftijd	Zoet lange verblijftijd	Oligohalien	Saliniteits-gradiënt	Mesohalien	Zwak polyhalien	Sterk polyhalien
Schorbreedte							
Oeverbreedte							

6.4. Verklarende parameters

6.4.1. Droogvalduur

De droogvalduur is de tijd dat een intergetijdengebied droog ligt. Dit is de resultante van de getijslag en de hoogteligging van de locatie. De droogvalduur wordt in paragraaf 4.4.2. besproken.

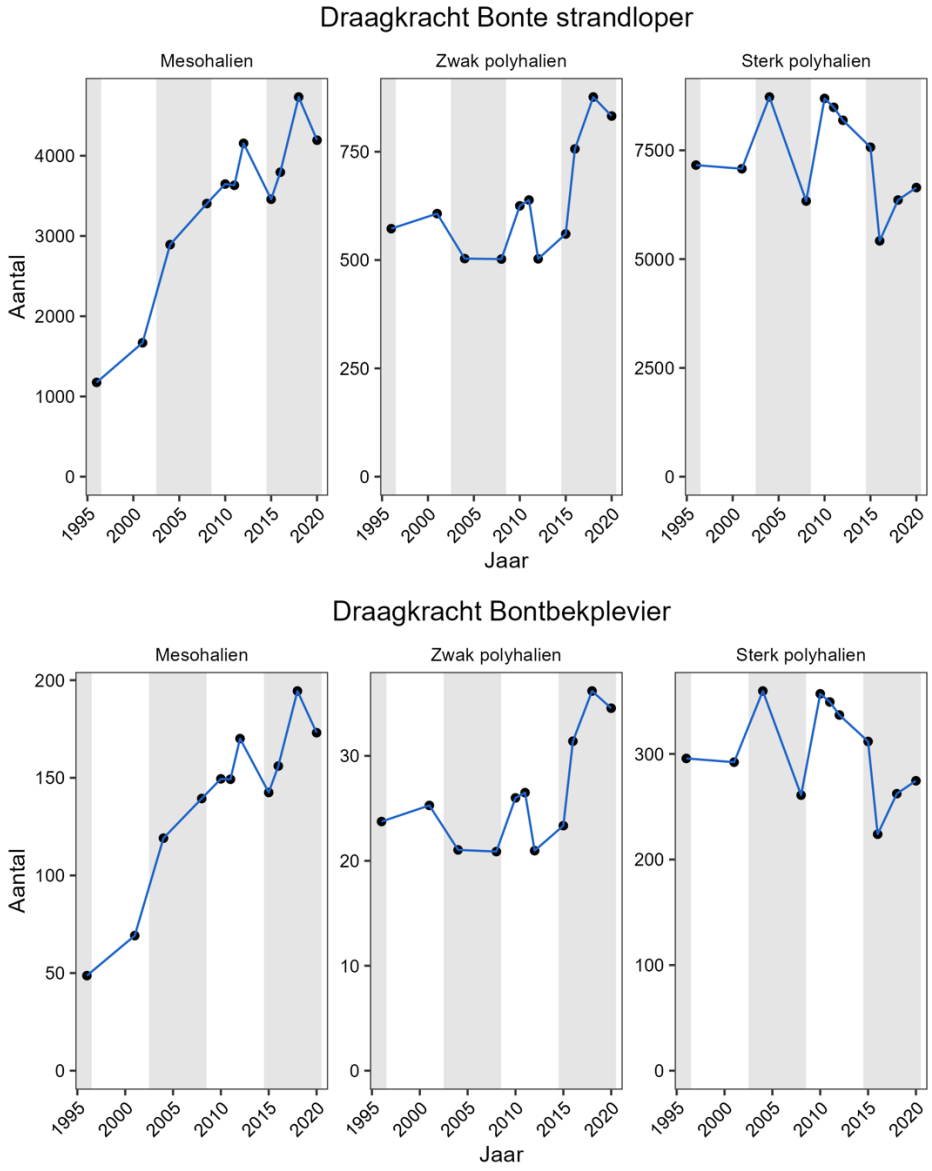
6.4.2. Draagkracht voor steltlopers

Het onderzoek van Vanoverbeke & Van Ryckegem (2015) heeft laten zien dat in het *Sterk* en *Zwak polyhaliene* deel van de Westerschelde de draagkracht voor een aantal steltlopersoorten voorspeld kan worden op basis van relevante fysische habitatkenmerken zoals de oppervlakte laagdynamisch habitat en de spreiding in droogvalduur. Voor het Mesohaliene deel van de Westerschelde waren geen gegevens beschikbaar om deze relatie te onderzoeken.

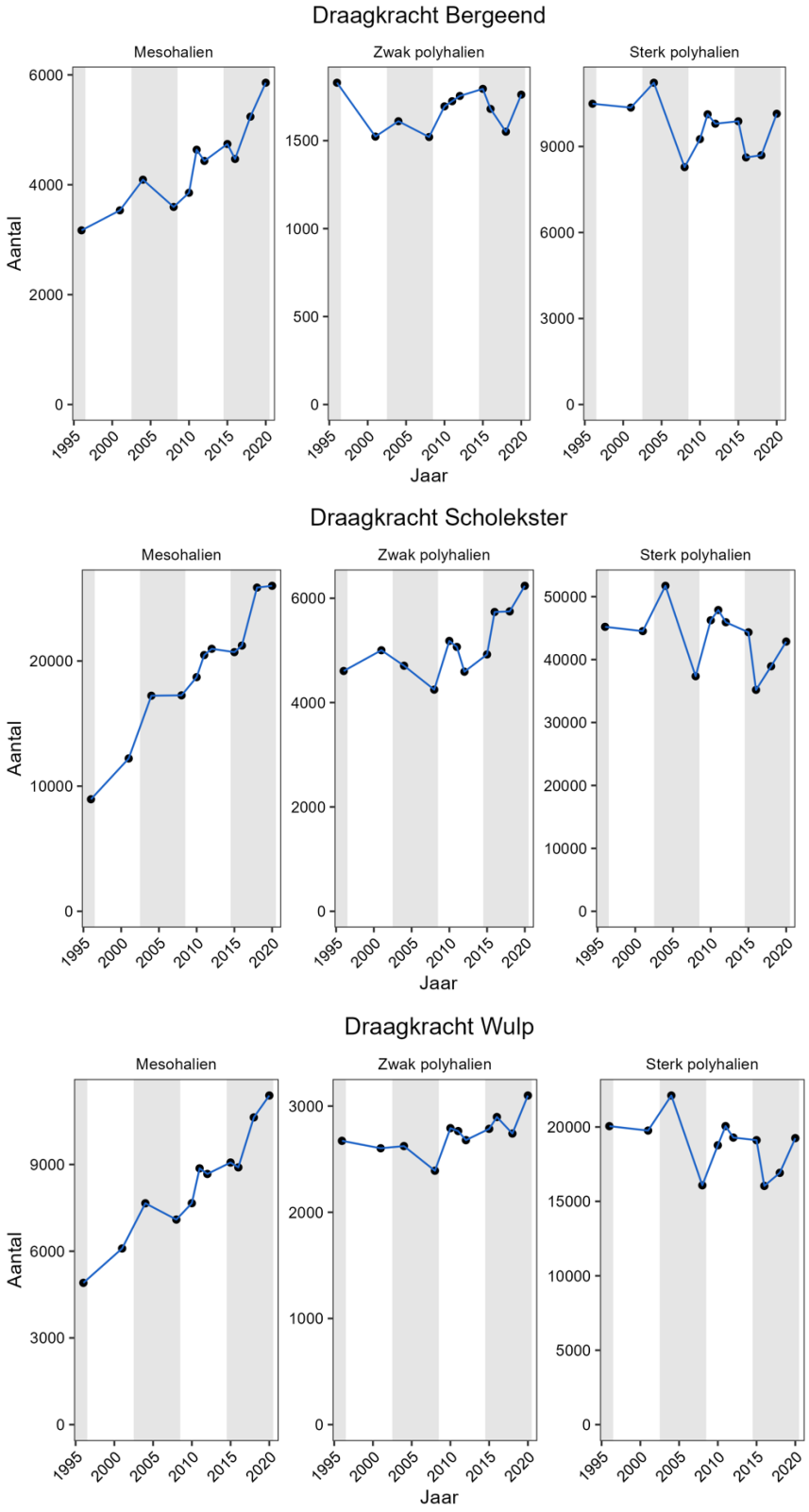
Aangezien vooral de kleine steltlopersoorten (<0,5 kg) gevoelig zijn voor de spreiding in droogvalduren, focust deze verklarende parameter vooral op drieteenstrandloper, bontbekplevier en bonte strandloper. De abundatie van de grotere steltlopers en ook van de bergeend hangt hoofdzakelijk samen met de oppervlakte laagdynamisch gebied, wat in feite aan bod komt onder de toetsparameter Oppervlak. Door de door Vanoverbeke & Van Ryckegem (2015) berekende relaties toe te passen op alle slikken en platen in de *Sterk* en *Zwak polyhaliene* delen van de Westerschelde, kan de verwachte abundantie op basis van fysische habitatkenmerken berekend worden.

Figuur 6-16 geeft voor de twee van de genoemde kleine steltlopers de berekende draagkracht voor de de Westerschelde, waarbij de gevonden relaties ook zijn toegepast op het intergetijdengebied in het

Mesohalien. Daarnaast wordt eveneens voor bergeend, scholekster en wulp, drie soorten die gemiddeld een gewicht boven 0,5 kg hebben, de verwachte aantallen berekend (Figuur 6-17). Vervolgens vindt een vergelijking plaats van de gemiddelde berekende draakkracht per zone voor de T2015 en de T2021.



Figuur 6-16: Berekende draagkracht van de drie zones van de Westerschelde voor bonte strandloper en bontbekplevier op basis van de relatie tussen vogelaantallen en relevante fysische habitatkenmerken. De figuur voor drieteenstrandloper is qua patroon identiek maar verschilt in aantallen.



Figuur 6-17: Draagkrachtberekening Westerschelde voor bergeend, scholekster en wulp per zone.

Bij de kleine steltlopers is het patroon bij bonte strandloper en bontbekplever exact hetzelfde, alleen de aantallen verschillen. Bij de grote slikgebonden soorten zijn er wel kleine verschillen in draagkracht, die met name in het *Zwak polyhalien* zichtbaar zijn.

Wanneer de gemiddelde waarden voor de T2015 en de T2021 wordt gekeken, neemt voor alle soorten in het *Mesohalien* de draagkracht toe (Tabel 6-5). Dit geldt ook voor bijna alle soorten in het *Zwak polyhalien* behalve voor de bergeend, waarvoor de draagkracht afneemt. In het *Sterk polyhalien* gaat voor de bergeend en de wulp de draagkracht vooruit, maar voor de overige soorten gaat de draagkracht achteruit. Voor de kleine steltlopers is dit 23% en voor bergeend 4%. Voor de overige steltlopers varieert dit van 10-21%, waarbij de draagkracht met name voor de kleinere steltlopers achteruit gaat. In het evaluatierapport zal een vergelijking van de uitkomsten conform de berekeningen in Vanoverbeke & Van Ryckegem (2015) en daadwerkelijk waargenomen aantallen in dezelfde periode plaatsvinden.

Tabel 6-5: Berekende draagkracht voor negen vogelsoorten in de Westerschelde. Hiervoor is de vergelijking gebruikt, die voor het Sterk en Zwak polyhalien is opgesteld door Vanoverbeke & Van Ryckegem (2015) voor het aantal van een soort en de fysische kenmerken van het gebied. Deze relaties zijn ook toegepast voor het Mesohalien.

Soort	Mesohalien		Zwak polyhalien		Sterk polyhalien		Totaal	
	T2015	T2021	T2015	T2021	T2015	T2021	T2015	T2021
Bergeend	4.308	5.076	1.724	1.697	9.725	9.334	15.757	16.107
Bontbekplevier	156	167	24	31	348	268	528	466
Bonte strandloper	3.811	4.045	589	756	8.457	6.498	12.857	11.299
Drieteenstrandloper	386	411	60	77	858	661	1.304	1.148
Rosse grutto	590	667	118	143	1.358	1.115	2.065	1.925
Scholekster	20.051	23.454	4.947	5.661	46.991	40.334	71.689	69.449
Tureluur	2.177	2.364	365	461	4.902	3.849	7.444	6.673
Wulp	8.400	9.996	2.745	2.881	19.378	17.381	30.519	30.708
Zilverplevier	471	522	86	106	1.073	860	1.630	1.488
Totaal	40.350	46.702	10.658	11.813	93.090	80.300	143.793	139.263

6.4.3. Substraat

De bodemsamenstelling wordt besproken in paragraaf 4.2.3.

6.4.4. Waterkwaliteit

De waterkwaliteit is een Communicatie-indicator die besproken wordt in hoofdstuk 5.

6.4.5. Vegetatieontwikkeling

De vegetatie is een rekenparameter van de Communicatie-indicator *Ecologie*. In paragraaf 7.2 staan de resultaten van de analyse van deze rekenparameter weergegeven.

6.4.6. Benthische algen

De productie en biomassa van de benthische algen zijn een rekenparameter van de Communicatie-indicator Ecologie. De resultaten van de analyse staan weergegeven in resp. paragraaf 7.3.2.3 en 7.3.2.4.

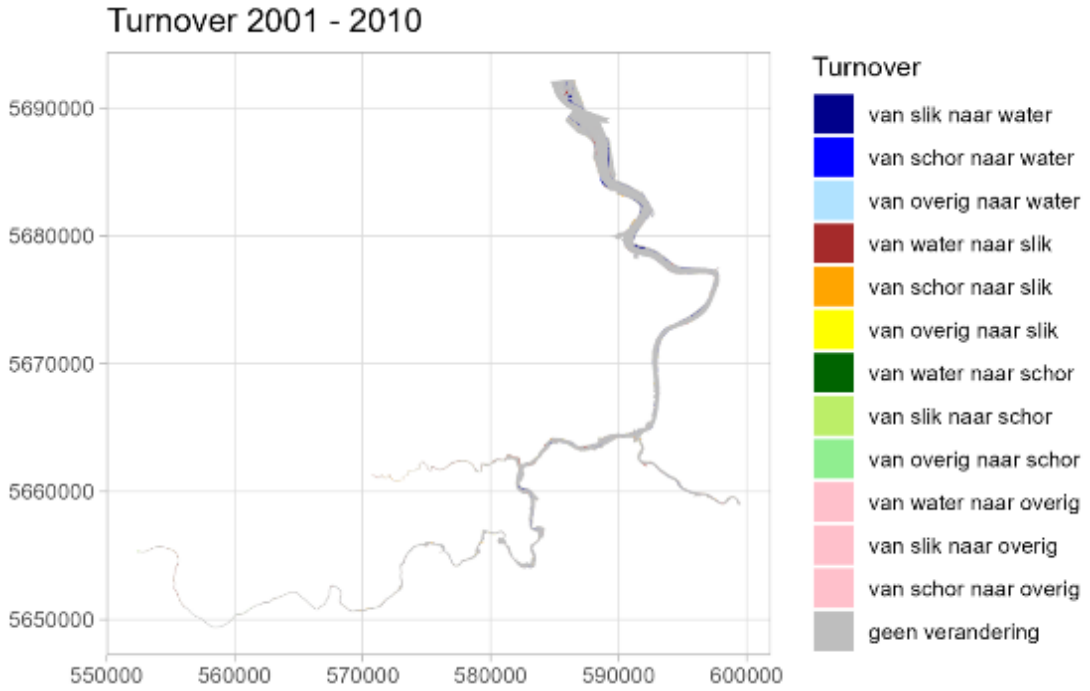
6.4.7. Turn-Over

De turn-over is de overgang van het ene ecotoop naar een ander ecotoop bij de vergelijking van twee opeenvolgende ecotopenkaarten. Een overgang kan veroorzaakt worden door processen als erosie en sedimentatie. Bij erosie neemt vaak de dynamiek toe en kan een laagdynamisch ecotoop overgaan in een hoogdynamisch ecotoop. Dit kan gevolgen hebben voor de geschiktheid als leefgebied voor macrofauna en daarmee indirect de geschiktheid van een gebied als foerageergebied voor vissen of vogels beïnvloeden. Bij sedimentatie neemt veelal de dynamiek af waardoor de aangevoerde zwevende stof kan sedimenteren en het maaiveld verhoogd wordt.

Door twee opeenvolgende ecotopenkaarten te vergelijken wordt inzichtelijk waar veranderingen zijn opgetreden. Ecotopenkaarten kunnen op verschillende niveaus met elkaar vergeleken worden, waarbij het ook mogelijk is om overgangen in hoogtezones, bijvoorbeeld naar middelhooggelegen laagdynamisch slik naar hooggelegen laagdynamisch slik, in beeld te brengen, maar hier kijken we voor de Westerschelde vooral naar de overgangen van hoogdynamische milieus naar laagdynamische milieus en omgekeerd, omdat hier veelal veranderingen in stroomsnelheid optreden, die op hun beurt weer van invloed zijn op het ecologisch functioneren van deze locaties. In de Zeeschelde ligt de nadruk op de overgang van water naar slik en omgekeerd en op de overgang van schor naar slik en omgekeerd.

6.4.7.1. Zeeschelde

De turn-over op basis van de ecotopenkaarten van 2001 en 2010 staat weergegeven in Figuur 6-18. Door de schaal van het gebied zijn de veranderingen niet goed zichtbaar. De overige kaarten met turn-over staan dan ook in Bijlage E weergegeven

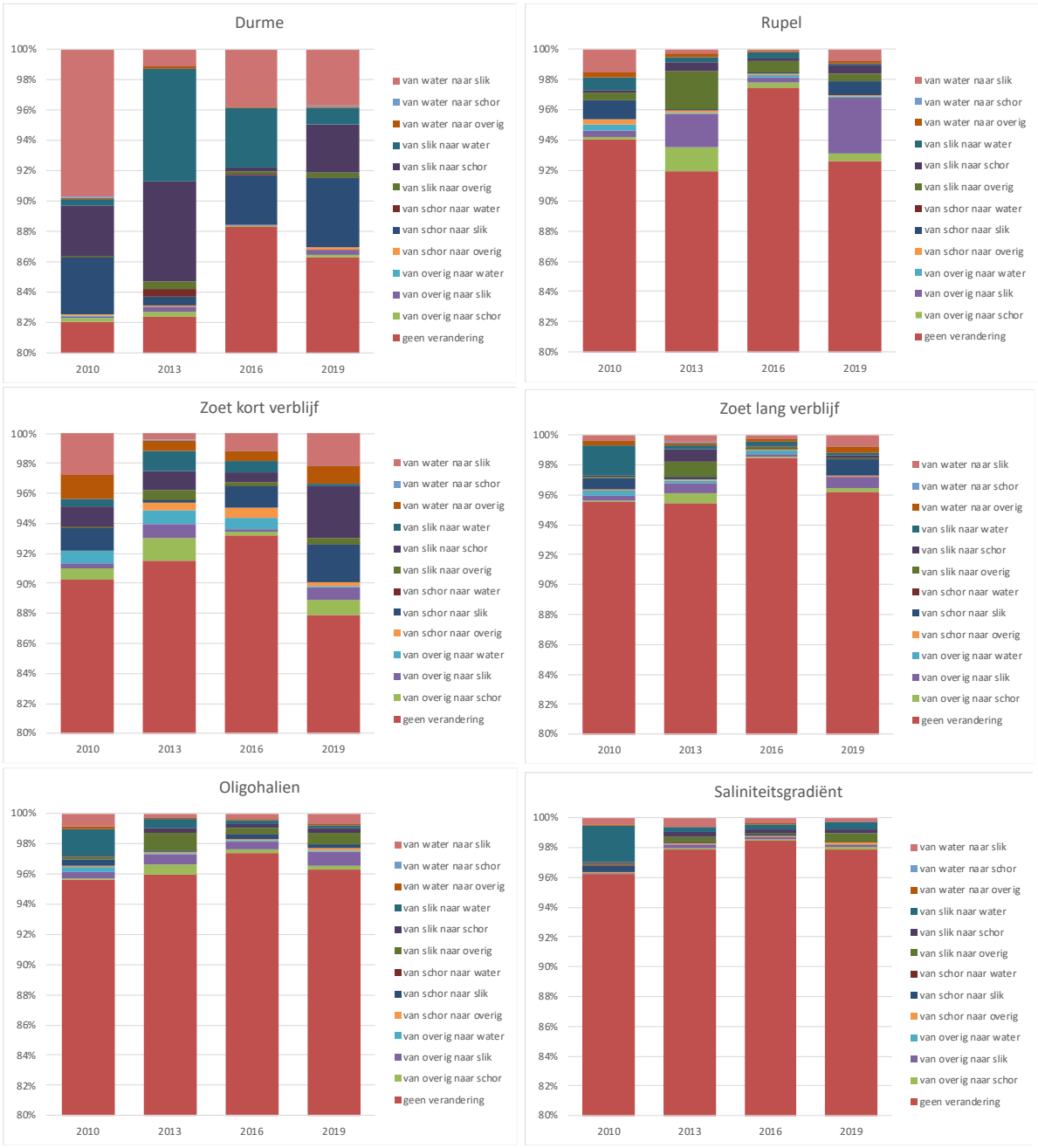


Figuur 6-18: Turnover bij vergelijking van twee opeenvolgende ecotopenkaarten in de Zeeschelde. Laag = laagdynamisch litoraal, hoog = hoogdynamisch litoraal, overig = alle andere ecotopen.

Figuur 6-19 geeft aan welk deel van de totale oppervlakte in de periode van twee opeenvolgende ecotopenkaarten is overgegaan in een ander ecotoop. Het grootste deel van het gebied is ongewijzigd, maar uit de figuur komt naar voren dat de turn-over in de *Durme* relatief hoog is: 12-18% van de oppervlakte verandert tussen twee ecotoopkaarten van ecotoop. In de zone *Zoet korte verblijftijd* is dit rond de 10%, in de *Rupel* 6-8% en de overige gebieden 4% of minder. Wel komt uit alle gebieden naar voren dat in de periode 2013-2016 de turn-over relatief laag is, terwijl deze periode even lang als de voorgaande periode is en de volgende periode. Per gebied zijn wel verschillen te onderscheiden. Hierop zal in het evaluatierapport dieper in worden gegaan.

Zoals al eerder is aangegeven is de oppervlakte van een deel van de gebieden ook gewijzigd en dit komt terug in de oppervlakte die de ecotopenkaarten beslaan. Dit wordt in

Tabel 6-6 samengevat. Kleine verschillen zoals bij de *Durme* zullen veroorzaakt zijn door verschillen in de gekarteerde oppervlakte, maar bij de zone *Saliniteitsgradiënt* zullen deze wel veroorzaakt zijn door een vergroting van het gekarteerde gebied. De verandering in de gekarteerde oppervlakte zal ook door kunnen werken in de veranderingen in de oppervlakte van de verschillende typen ecotopen.



Figuur 6-19: Turnover in procenten per zone bij vergelijking van twee opeenvolgende ecotopenkaarten in de Zeeschelde.

Tabel 6-6: Gekarteerde oppervlakte in ha per zone op basis van de ecotopenkaart van de Zeeschelde en het verschil in ha tussen twee opeenvolgende ecotopenkaarten.

Deelgebied	Oppervlakte ecotopenkaart in ha					Verschil opeenvolgende ecotopenkaarten in ha			
	2001	2010	2013	2016	2019	2001-2010	2010-2013	2013-2016	2016-2019
Durme	157	154	153	152	151	-3	0	-2	-1
Rupel	247	246	246	246	247	-1	0	0	+1
Zoet kort verblijf	324	337	381	434	444	+13	+44	+54	+10
Zoet lang verblijf	538	549	548	546	546	+10	-1	-2	0
Oligohalien	903	903	928	964	1.113	0	+25	+36	+148
Saliniteitsgradiënt	2.725	2.885	2.902	2.904	2.903	+158	+16	+3	-1

6.4.7.2. Westerschelde

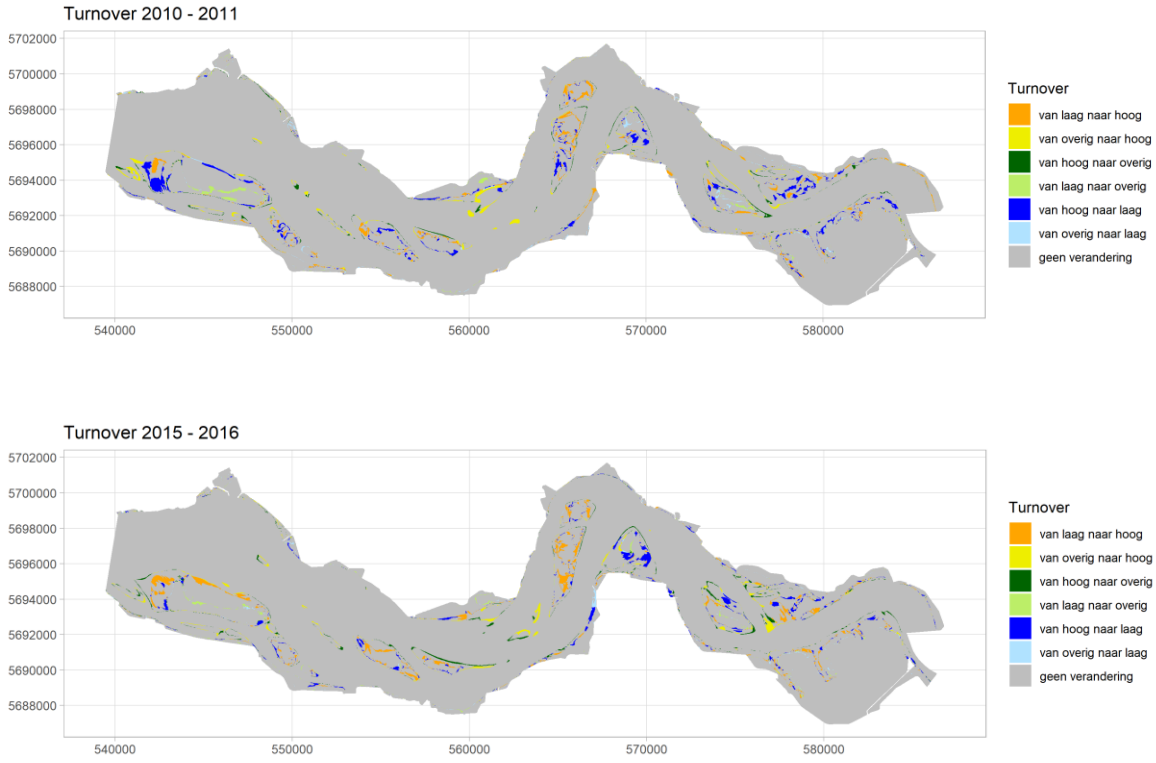
Figuur 6-20 laat de verschilkaart zien van twee opeenvolgende sets ecopenkaarten, waarbij de nadruk ligt op de overgang van hoogdynamisch litoraal naar laagdynamisch litoraal en overige ecotopen en omgekeerd. De vergelijking van de ecotopenkaarten 2010-2011 laat zien dat er relatief veel blauw op de kaart is: hoogdynamisch litoraal is veranderd in laagdynamisch litoraal, terwijl bij vergelijking van de ecotopenkaarten van 2015 met die van 2016 er juist veel laagdynamisch litoraal wordt omgezet in hoogdynamisch litoraal. Een overzicht van de verschilkaarten wordt gegeven in Bijlage E.

Het percentage van het areaal dat op twee opeenvolgende ecotopenkaarten verandert varieert van 4-10% (Figuur 6-21). Voor een belangrijk deel wordt dit bepaald door de tijd tussen twee opeenvolgende kaarten. De verschilkaart tussen 1996-2001 laat de grootste verandering zien en de verschilkaart tussen twee opeenvolgende jaren de kleinste. Een deel van de ecotopen verandert vermoedelijk weer terug.

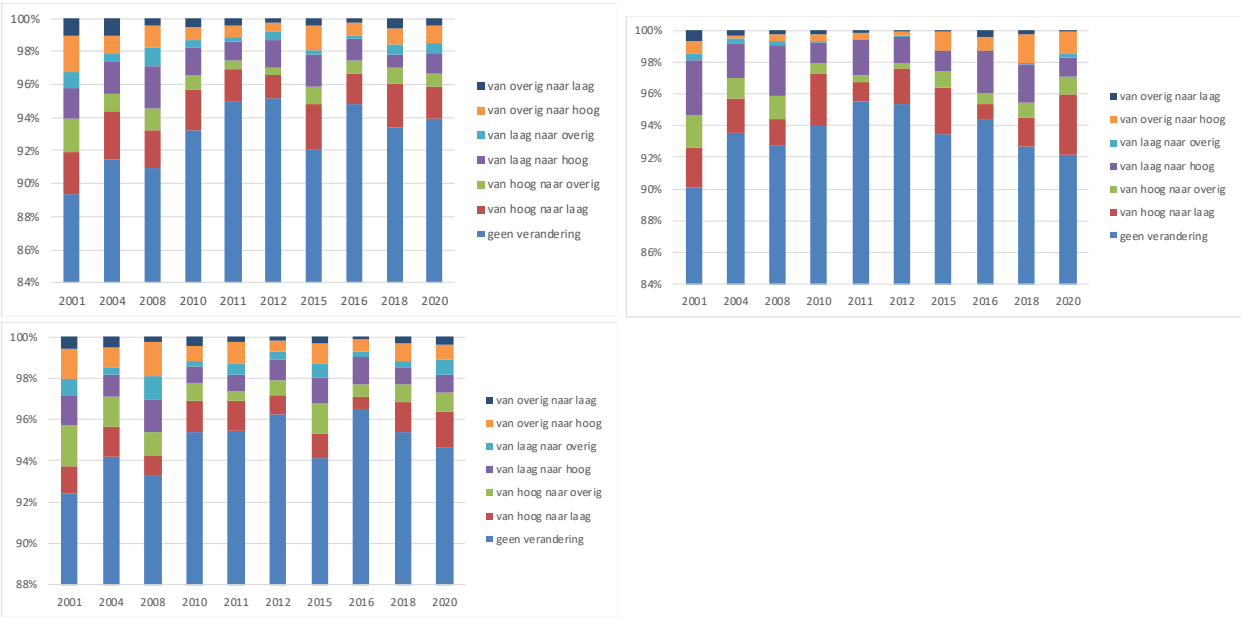
Figuur 6-22 geeft het verloop van de omzetting van ecotopen in de tijd. In het *Mesohalien* hebben het hoogdynamisch en het laagdynamisch litoraal het grootste aandeel in ha in de omzetting, waarbij de omzetting van hoogdynamisch in laagdynamisch litoraal stabiel blijft, maar de omzetting van laagdynamisch litoraal in hoogdynamisch litoraal afneemt. Dit wordt ook weerspiegeld in een groei van het laagdynamisch litoraal ten koste van het hoogdynamisch litoraal (Figuur 6-8).

Ook in het *Zwak polyhalien* vindt de grootste omzetting van ecotopen in het hoog- en laagdynamisch litoraal plaats. Opvallend is dat de omzetting van hoogdynamisch litoraal in laagdynamisch litoraal en omgekeerd elkaar afwisselen. Er lijkt een soort cyclische beweging op te treden. Van 1996-2011 is er een geleidelijk afname van de omzetting van hoogdynamisch litoraal naar overig, maar vanaf 2012 vindt er de omgekeerde omzetting plaats.

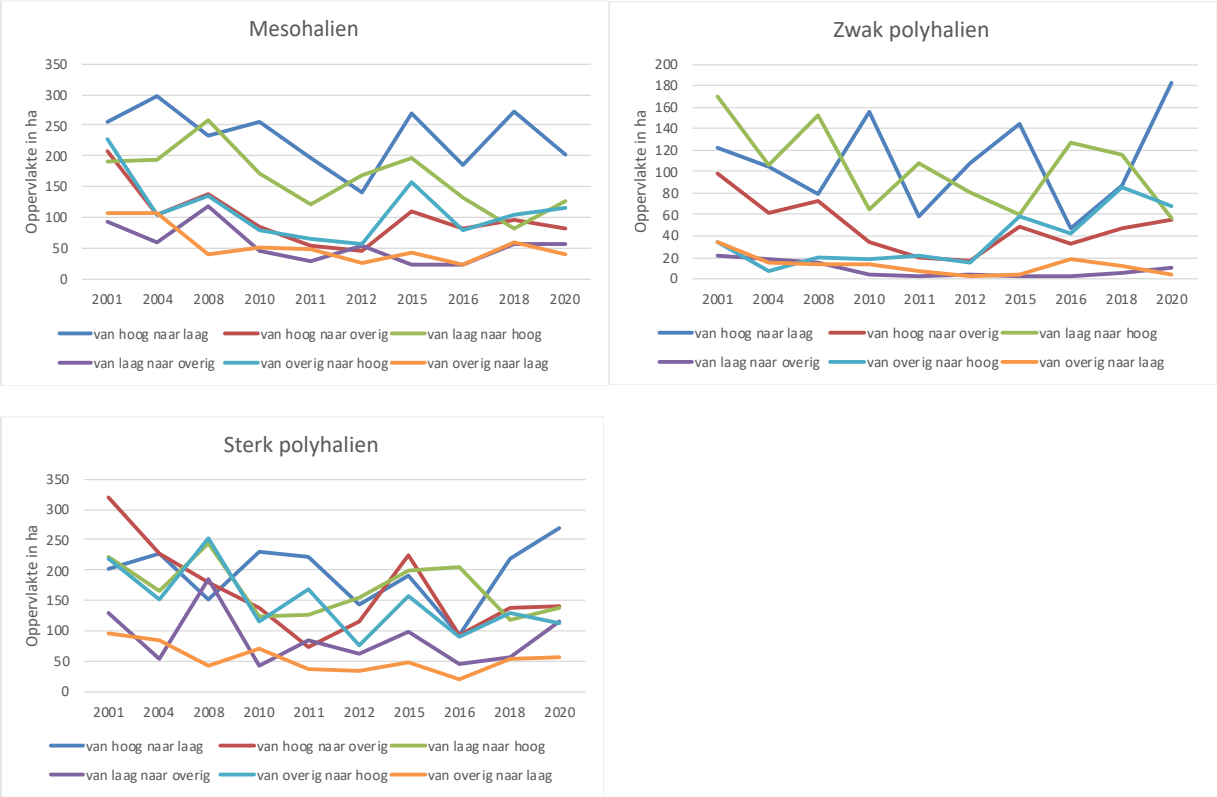
In het *Sterk polyhalien* vinden er niet alleen veel omzetting van hoogdynamisch litoraal naar laagdynamisch litoraal plaats en omgekeerd maar ook naar overig en weer terug. Alleen de omzetting van overig naar laagdynamisch litoraal is relatief beperkt. Dit beeld weerspiegelt de grote veranderingen die met name op de Hooge Platen hebben plaatsgevonden.



Figuur 6-20: Turnover bij vergelijking van twee opeenvolgende ecotopenkaarten in de Westerschelde. Laag = laagdynamisch litoraal, hoog = hoogdynamisch litoraal, overig = alle andere ecotopen.



Figuur 6-21: Turnover in % bij vergelijking van twee opeenvolgende ecotopenkaarten in de Westerschelde. Laag = laagdynamisch litoraal, hoog = hoogdynamisch litoraal, overig = alle andere ecotopen. Linksboven Mesohalien, rechtsboven Zwak polyhalien en beneden Sterk polyhalien.



Figuur 6-22: Turnover in ha bij vergelijking van twee opeenvolgende ecotopenkaarten in de Westerschelde. Laag = laagdynamisch litoraal, hoog = hoogdynamisch litoraal, overig = alle andere ecotopen.

6.4.8. Menselijke activiteiten

Verschillende menselijke activiteiten kunnen een tijdelijk of permanent effect hebben op de omgeving. Een plaatrandbestorting zal kort na de ingreep vrijwel geen bodemdieren bevatten, maar na een aantal jaren zal de bodemfauna zich herstellen en vergelijkbaar worden in samenstelling met gebieden met een vergelijkbaar substraat, hoogteligging en dynamiek. Bij het aanbrengen van geulwandverdediging wordt vaak systeemvreemd materiaal gebruikt, waardoor veranderingen permanent zullen zijn. Relatief recent uitgevoerde ingrepen kunnen dan ook een verklaring zijn voor veranderingen in de ecologische kwaliteit van (deel)gebieden. Hoofdstuk 8 geeft een overzicht van de relevante menselijke ingrepen in het Schelde-estuarium.

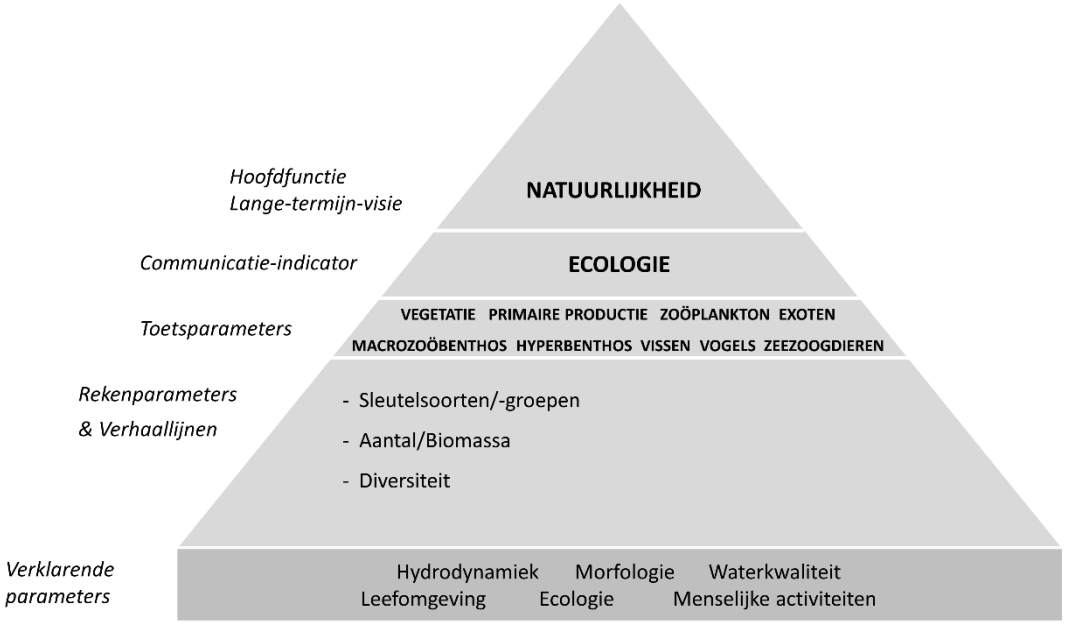
7. Ecologie

7.1. Inleiding

7.1.1. Algemeen

De communicatie-indicator *Ecologie* omvat de analyse van het luik "Diversiteit soorten" uit de systeemmonitoring MONEOS, waarbij de focus ligt op het opvolgen van veranderingen en verschuivingen binnen functionele groepen. Het zoeken van potentiële verklaringen voor deze veranderingen in de onderliggende sturende abiotische factoren, wordt gestuurd door de groep-specifieke verhaallijnen en vormen een belangrijke basis voor het Evaluatierapport.

De biotiek van het Schelde-estuarium is een complex samenspel van trofische groepen, waardoor binnen de communicatie-indicator *Ecologie* de volgende toetsparameters worden geïdentificeerd: (1) *Vegetatie*, (2) *Primaire productie*, (3) *Zoöplankton*, (4) *Macrozoöbenthos*, (5) *Hyperbenthos*, (6) *Vissen*, (7) *Vogels* en (8) *Zeezoogdieren* (Figuur 7-1). Deze toetsparameters worden ook in deze volgorde doorheen dit hoofdstuk behandeld, waarbij aandacht gegeven wordt aan (1) specifieke soorten en groepen (met toetscriterium) en (2) relevante rekenparameters voor de groep-specifieke verhaallijnen (zonder toetscriterium). Daarnaast wordt er binnen elke trofische groep ook aandacht gegeven aan de waargenomen exoten, hetgeen per individuele toetsparameter wordt besproken en finaal samengevat wordt in de toetsparameter *Exoten* (Figuur 7-1).



Figuur 7-1: Schematische weergave van de Communicatie-indicator Ecologie. De verklarende parameters worden vrij algemeen weergegeven, aangezien het totaalpakket aan parameters binnen deze communicatie-indicatoren een invloed kan uitoefenen op de beschouwde toetsparameters.

De bovenstaande benadering toont aan dat de benadering voor de toetsparameter *Exoten* afwijkt van de overige toetsparameters, aangezien de benodigde analyses binnen de groep-specifieke toetsparameters worden uitgevoerd. Hiermee wordt evenwel het stramien van de voorgaande hoofdstukken gevolgd, waarin analyses thematisch gegroepeerd en behandeld worden. De finale toetsing gebeurt evenwel nog steeds binnen de toetsparameter *Exoten* zelf. Het blijft hierbij wel nog steeds belangrijk om duidelijk af te lijnen wat er verstaan wordt onder de term *Exoten* en welke analyses hiervoor voorzien worden.

Exoten zijn soorten die door toedoen van menselijk handelen in een nieuwe omgeving worden geïntroduceerd (EU, 2014). Met andere woorden, soorten die door natuurlijke migratie in een nieuwe omgeving terechtkomen (zogenaamde 'verschuivers') worden hier niet als effectieve exoten beschouwd. De bewustwording dat exoten zich kunnen vestigen in het Schelde-estuarium en tot een verstoring van de lokale gemeenschap kunnen leiden, heeft er dan ook toe geleid dat er verschillende lijsten met exoten werden opgesteld. Logischerwijs varieert de inhoud van deze lijsten in functie van de beschouwde geografische regio, resulterend in specifieke lijsten voor Europa, België en Nederland.

Voor de analyse van de aanwezige exoten wordt er hier een onderscheid gemaakt tussen twee grote groepen: (1) *Invasieve exoten* en (2) *Overige exoten* (zie Bijlage F.4). Deze indeling is gebaseerd op bestaande lijsten, waarbij de Europese regulering (de lijst van *Union Concern*) als basis wordt gebruikt voor de groep *Invasieve exoten*. Deze groep is vervolgens aangevuld worden met regio-specifieke lijsten, namelijk (1) de zwarte lijst, (2) de te-volgen lijst en (3) de aandachtlijst voor België en (4) de soorten die een nationaal gecoördineerde aanpak verdienen voor Nederland. Uitheemse soorten die niet op deze lijsten voorkomen, worden onderverdeeld in de groep *Overige exoten*, waarbij opgemerkt dient te worden dat deze dynamisch van aard is. Finaal wordt er voor de toetsparameter *Exoten* gekeken naar de volgende rekenparameters: *Aantal invasieve soorten*, *Fractie invasieve soorten* en *Soort-specifieke evoluties*. Deze rekenparameters worden beschouwd per saliniteitszone (niveau 3), waarbij een toename ten opzichte van de voorgaande T-periode tot een negatieve beoordeling leidt.

Ondanks het ietwat afwijkende karakter van de toetsparameter *Exoten*, is het hoofdstuk omtrent de communicatie-indicator *Ecologie* opgebouwd volgens de piramide. Er zijn aparte secties voorzien voor de toetsparameter *Vegetatie* (Sectie 7.2), *Primaire productie* (Sectie 7.2), *Zoöplankton* (Sectie 7.4), *Macrozoöbenthos* (Sectie 7.5), *Hyperbenthos* (Sectie 7.6), *Vissen* (Sectie 7.7), *Vogels* (Sectie 7.8), *Zeezoogdieren* (Sectie 7.9) en *Exoten* (Sectie 7.10). Er is evenwel geen aanvullende sectie die de verklarende parameters behandelt, gezien deze reeds thematisch zijn behandeld binnen de overige communicatie-indicatoren of binnen de *Ecologie*-toetsparameters zelf. Binnen deze secties worden de verschillende rekenparameters in aparte subsecties behandeld, waarbinnen aandacht wordt gegeven aan (1) de beschikbare data, (2) de definitie van de parameter, (3) de methodiek voor de analyse en (4) de resultaten van de uitgevoerde analyses. Het hoofdstuk streeft ernaar om op een beknopte wijze de status en ontwikkelingen binnen de communicatie-indicator te beschrijven, maar verwijst ook naar de bijlages (zie Bijlage F.4) voor additionele informatie met betrekking tot databeschikbaarheid en aanvullende grafische weergaves.

Kader 7-1 – Kanttekeningen bij de communicatie-indicator *Ecologie*

- Het doel van de analyses gerelateerd aan de verhaallijnen richt zich voornamelijk op het observeren van veranderingen in de biotiek (bijv. biomassa, diversiteit) en tracht deze veranderingen te verklaren met behulp van veranderingen in de onderliggende sturende variabelen. Op basis hiervan kan getracht worden om uitspraken te doen over (1) het functioneren van het estuarium in brede zin en (2) de invloed van menselijke activiteiten in het bijzonder. De verhaallijnen vormen zo een soort routekaart door de data, waarbij ruimte gelaten wordt voor interpretatie en nuance. Deze uitspraken zullen in het Evaluatierapport behandeld worden, terwijl hier enkel de data zelf besproken en geanalyseerd wordt.

- Natuurlijke gemeenschappen zijn continu onderhevig aan verandering, waardoor het opvolgen van specifieke soorten individueel (de zogenaamde 'sleutelsoorten') en/of als groep (de 'sleutelgroepen') een indicatie kan geven van onderliggende veranderingen of verschuivingen in het systeem. In sommige gevallen kan het namelijk waardevoller en indicatiever zijn om sleutelgroepen te beoordelen in plaats van individuele soorten (bijv. op basis van voedselvoorkeur). Ondanks dit onderscheid wordt doorheen dit rapport de term 'sleutelsoorten' als overkoepelende term gehanteerd. Bovendien wordt dit begrip hier in de nauwe zin gehanteerd en wordt er voornamelijk gewerkt met soorten (of groepen) die zijn opgenomen in bepaalde richtlijnen. Zo zijn soorten met specifieke instandhoudingsdoelstellingen vanuit de aanwijzing als Natura2000-gebied opgenomen als sleutelsoorten.

- Exoten kunnen in strikte zin bijdragen aan de diversiteit. Zo draagt de Japanse oester (*Magallana gigas*, vroeger *Crassostrea gigas*) bij aan substraatontwikkeling voor mosselen in de Waddenzee, inclusief op plaatsen waar deze mosselen vroeger niet voorkwamen. Aan de andere kant kunnen exoten, waaronder ook voornoemde Japanse oester, concurreren met inheemse soorten om voedsel of ruimte en kan de onstuimige groei van een populatie exoten leiden tot het verdwijnen van deze inheemse organismen. Het blijft evenwel onvoldoende duidelijk en weinig waarschijnlijk dat een gemeenschap met veel exoten, hoewel ze misschien eenzelfde diversiteit vertoont, ook dezelfde functies kan vervullen als de oorspronkelijke inheemse populatie. Daarom wordt de vestiging van exoten in het systeem doorgaans beschouwd als ongewenst.

- Met betrekking tot de exoten dient een belangrijk verschil gemaakt te worden met soorten die hun natuurlijk verspreidingsgebied veranderen en zo in het Schelde-estuarium belanden (en later terug verdwijnen). Door de opwarming van het klimaat kunnen bijvoorbeeld meer zuidelijke soorten nu ook hier gedijen. Deze soorten, die we hier verschuivers noemen, zullen in principe niet als exoot beschouwd worden, tenzij ze een sterk invasief karakter hebben.

7.2. Toetsparameter Vegetatie

Onder vegetatie verstaan we de macrofyten die groeien op de schorren in het estuarium. Er bestaan weliswaar ook macrofyten die leven in de waterkolom zelf, maar in het Schelde-estuarium ontbreekt deze groep vrijwel geheel. Ook macroalgen groeien voornamelijk in de waterkolom, maar deze sluiten thematisch beter aan bij het fytoplankton en fytobenthos uit de toetsparameter *Primaire productie* (zie Sectie 7.3).

Macrofyten vormen de structurerende levensvorm op de schorren van het Schelde-estuarium. De soortensamenstelling en productie bepalen in belangrijke mate het belang en de functie van de schorren in het ecosyteem. Hierbij spelen het areaal van de schorren (en vegetatietypes), de structurele habitatkwaliteit (topografische index, connectiviteit) en de biologische habitatkwaliteit (vegetatie-diversiteit en de verdeling van de vegetatiezones of ecotopen) een rol.

Schorren hebben een belangrijke rol in het functioneren van een estuarium, voornamelijk als leefgebied c.q. ecotoop, als zuiveringsmechanisme, leverancier van silicium, en als foerageer-, rust- en broedgebied. De richtinggevende hypothesen over het ontstaan en de evolutie van het areaal schorvegetatie gaan in op de relatie tussen waterbeweging, sedimentaanbod en aangroei of erosie van schorren. Aanname is dat voor de vestiging van schorvegetatie er gedurende één (of meer) jaren een *window of opportunity* moet zijn. Na de blijvende komst van vegetatie zullen de planten zelf hun leefgebied vergroten, in het bijzonder door de invang van sediment. Dan ontstaat een niet-lineair proces, dat op enkele platen (bijvoorbeeld de Plaat van Walsoorden) goed zichtbaar is. Er loopt ook gericht onderzoek naar de situatie in het Schelde-estuarium, waarbij gekeken wordt naar veerkracht van schorgebieden.

Een belangrijk aspect aan schorvorming is dat er sprake is van een dynamisch proces, waardoor er ruimte moet zijn voor verandering in het ecosysteem. Schorren in het Schelde-estuarium zouden zich in de ideale situatie moeten kunnen ontwikkelen en weer afkalven, zodat er dynamiek ontstaat. Het voorkomen van pioniersvegetaties bijvoorbeeld, geeft aan dat het natuurlijke proces van schorvorming plaatsvindt. Daarom is het van cruciaal belang dat bij een eventuele beoordeling niet alles te veel binnen strakke grenzen wordt vastgelegd. In de Nederlandse Kaderrichtlijn Water (KRW)-maatlatten zijn er ruime grenzen voor slechts enkele vegetatiezones vastgelegd. In de Natura 2000-maatlatten geldt voor de pioniervegetatie met zeekraal een uitbreidingsopgave en voor zilt grasland buitendijks zowel een uitbreidingsopgave als een kwaliteitsverbetering. Hierdoor conflicteren de KRW-maatlatten voor deze habitattypen niet met de Natura 2000-maatlatten. Binnen de evaluatiemethodiek moet er dus ruimte zijn voor dynamiek en veranderingen, omdat dit de essentie van een schorsysteem is.

Vanuit de KRW worden de Westerschelde en Zeeschelde op verschillende wijzen beoordeeld: waar de Westerschelde als geheel wordt beoordeeld, wordt de Zeeschelde op drie niveaus beoordeeld (Zeeschelde als geheel, per saliniteitszone en elk individueel schor).

De evaluatie van de toetsparameter vegetatie wordt daarom ingevuld met oppervlakte schor (aantal/biomassa), diversiteit schorvegetatie en sleutelsoorten/-vegetaties.

- De Westerschelde wordt beoordeeld op oppervlakte schor, waarbij minimaal 2.300 ha schor aanwezig moet zijn, waarvan minimaal 500 ha in het midden en westen van het waterlichaam moet liggen (zone 1 en 2).
- De Zeeschelde wordt op oppervlakte schor, maar ook op breedte van het schor beoordeeld. De achterliggende gedachte is dat er voldoende ruimte moet zijn voor alle processen van schorvorming en -afslag.

- Diversiteit: in de Westerschelde moet het aandeel van elke vegetatiezone (pioniervegetatie, laag, middelhoog en hoog schor) 5-35% van de totale oppervlakte schor bedragen, waarbij de climaxvegetatie maximaal 50% van de totale oppervlakte hoog schor mag zijn. In de Zeeschelde wordt gebruik gemaakt van de Shannon-index voor vegetatie-eenheden (pionier, ruigte, riet, struweel- en bos).
- De sleutelsoorten/-vegetatietypen worden gebruikt voor een verdiepingsslag van de kwalitatieve analyse. Daarbij worden vooraf geselecteerde sleutelsoorten of sleutelvegetaties geëvalueerd die een indicatieve waarde hebben voor een bepaald deel van het ecosysteem en/of een bepaalde waarde hebben als habitat of als voedselbron voor fauna.

7.2.1. Oppervlakte schor

Data

Het volgende datafiche wordt gebruikt voor het analyseren van de rekenparameter *Oppervlakte Schor Zeeschelde*:

- S-DH-V-004 – Ecotopen

Het volgende datafiche wordt gebruikt voor het analyseren van de rekenparameter *Oppervlakte Schor Westerschelde*:

- S-DH-N-003 – Vegetatiekartering

Definitie

Binnen de KRW wordt voor het gewenste schoroppervlak in de Zeeschelde en de getijdezijrivieren uitgegaan van 7.512 ha (Maximaal Ecologisch Potentieel; MEP) tot 2.392 ha (Goed Ecologisch Potentieel; GEP; Brys et al., 2005). De instandhoudingsindicatoren gaan uit van een toename van 1.500 ha schor in 2030 t.o.v. 2001 in de Zeeschelde (Adriaensen *et al*., 2005).

Voor de kwantiteit van de schorvegetatie in de Zeeschelde gelden de volgende criteria, die zijn opgesteld door Maris *et al*. (2013) ten behoeve van de evaluatiemethodiek en die voor de uniformiteit ook zijn overgenomen voor de KRW:

- Sterke saliniteitsgradiënt: 500 ha (Maris *et al.,* 2013)[24];
- Oligohalien: 280 ha;
- Zoet, Lange verblijftijd: 210 ha;
- Zoet, Korte verblijftijd: 110 ha;
- Rupelbekken:
  - Rupel: 160 ha;
  - Dijle & Zenne: 148 ha,
  - Grote & Kleine Nete: 195 ha;
- Durme: 69 ha.

De beoordeling vindt dus plaats op niveau 3, maar voor het Rupelbekken vindt de beoordeling plaats op niveau 4.

[24] In Maris *et al.* (2014) werd ten onrechte een oppervlakte van 920 ha genoemd. De correcte bron is Maris *et al.* (2013) (schrift. med. Van Ryckegem, INBO).

Voor de Westerschelde wordt oorspronkelijk in de KRW 3.100 ha (MEP) tot 2.300 ha (GEP) als het gewenste schoroppervlak genoemd, waarvan minimaal 500 ha ten westen van Hansweert moet liggen (Dijkema *et al.*, 2005; De Jong, 2007). In het meest recente beoordelingsdocument van de KRW wordt alleen de eis van 2.300 ha schor voor de gehele Westerschelde nog genoemd (STOWA, 2018) en ontbreekt de eis van 500 ha schor ten westen van Hansweert. In de evaluatiemethodiek wordt deze eis toch gehandhaafd, omdat hierdoor een evenwichtiger verdeling van de schoroppervlakte over de Westerschelde ontstaat.

Methodiek

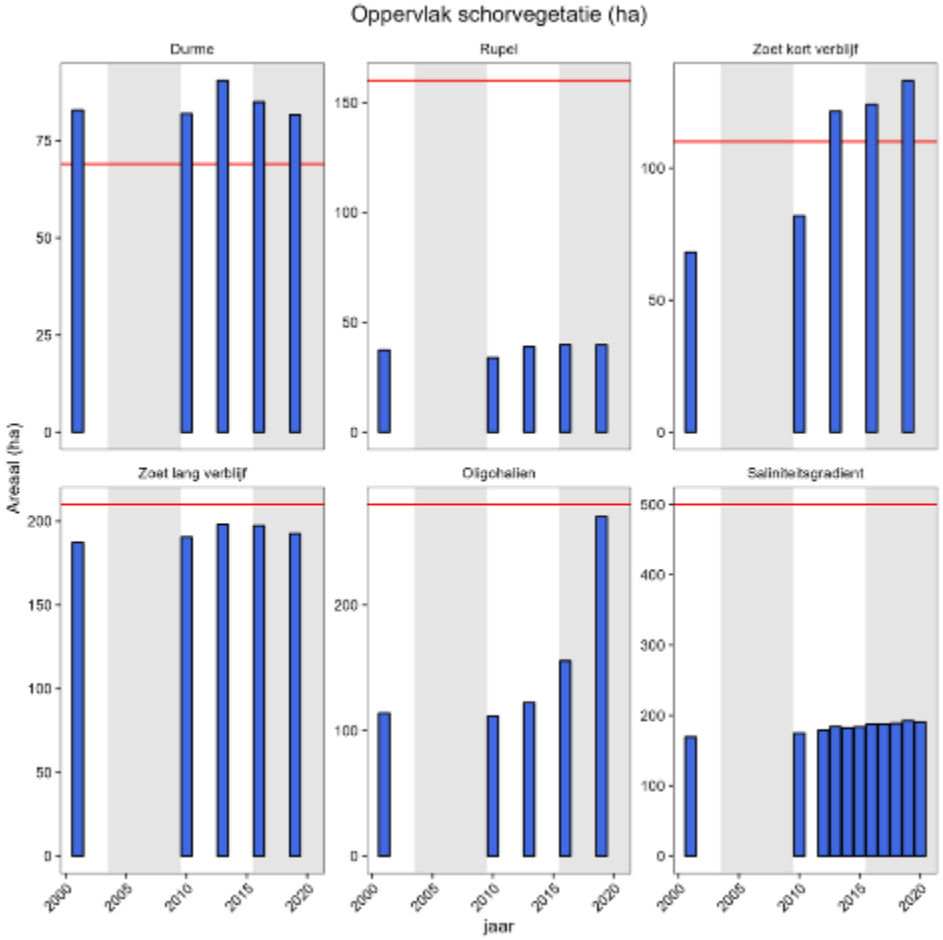
Voor de Zeeschelde is een vegetatiekaart gemaakt in 2013 (die is gebruikt voor de T2015) en in 2019. De vegetatiekaart 2019 is echter nog niet in afgeronde vorm beschikbaar. Wel is een conceptkaart aangeleverd maar die is niet volledig voor het gehele gebied en daarmee kan dus geen totale oppervlakte berekend worden. Daarom is voor dit doel gebruik gemaakt van de ecotopenkaart (Memo 20-10-2022 Boudewijn *et al*.). Van de ecotopenkaarten zijn alleen de jaren gebruikt waarin het volledige areaal is gekarteerd. Voor de zoete zijrivieren (Dijle, Zenne, Grote & Kleine Nete) is in geen enkel jaar een volledige ecotopenkaart beschikbaar. Voor deze gebieden wordt daarom geen analyse van schoroppervlakte uitgevoerd.

Voor de Westerschelde zijn op basis van de vegetatiekaarten alle delen met een vegetatie gesommeerd; dus alle delen die op vegetatiekaarten niet aangemerkt zijn als 'onbegroeid' of als 'prepionierzone' (bedekking minder dan 5%). Hiermee wordt ook aangesloten bij de beoordeling voor de KRW (R. Jentink, RWS).

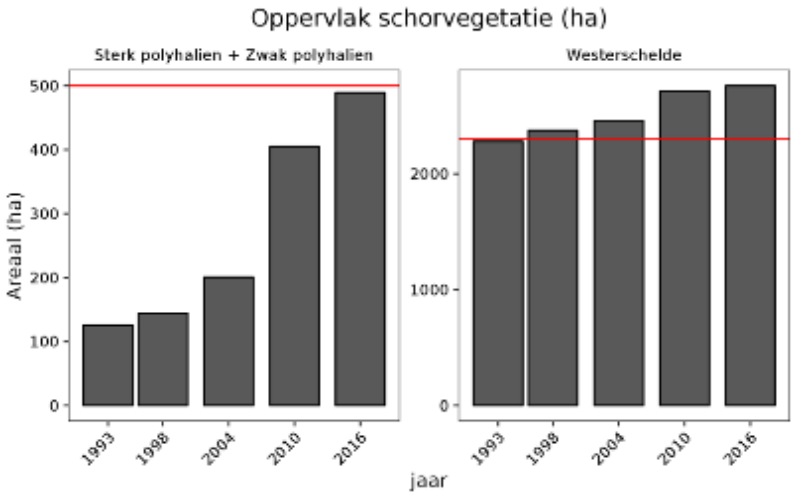
Analyse

De ontwikkeling van de schorvegetatie in de Zeeschelde wordt per zone weergegeven in Figuur 7-2. Tevens zijn per zone de kwantiteitseisen aan de oppervlakte schor per zone weergegeven. Alleen in de *Durme* en in de zone *Zoet korte verblijftijd* wordt aan de kwantiteitseis voldaan. In het *Oligohalien* is er een duidelijke toename van de oppervlakte schorvegetatie. In de overige zones is de oppervlakte schorvegetatie stabiel en ligt deze beneden de kwantiteitseis.

De ontwikkeling van de oppervlakte schorvegetatie in de Westerschelde wordt weergegeven in Figuur 7-3, waarbij ook aangegeven wordt hoeveel hectaren schor ten westen van Hansweert voorkomen. De totaaloppervlakte schorvegetatie in de Westerschelde kent een positieve evaluatie. Het schorareaal in het westelijke deel voldoet nog net niet aan de doelen (Figuur 7-3). Net als in de T2015 is deze laatste beoordeling nog negatief voor het westelijke deel.



Figuur 7-2: Oppervlakte schorvegetatie in de verschillende zones van de Zeeschelde. De rode lijn geeft de ondergrens voor een positieve evaluatie aan.



Figuur 7-3: Oppervlakte schorvegetatie in het westelijke deel van de Westerschelde (links) en in de Westerschelde als geheel. De rode lijn geeft de ondergrens voor een positieve evaluatie aan.

7.2.2. Kwaliteit vegetatie

Data

Het volgende datafiche wordt gebruikt voor het analyseren van de rekenparameter *Kwaliteit vegetatie Zeeschelde*:

- S-DH-V-003 – Vegetatiekartering

Het volgende datafiche wordt gebruikt voor het analyseren van de rekenparameter *Kwaliteit vegetatie Westerschelde*:

- S-DH-N-003 – Vegetatiekartering

Definitie

Voor de berekening van kwaliteit wordt zoveel mogelijk aangesloten bij de criteria van de KRW, maar de kwaliteit van schorvegetaties volgens de KRW wordt in Nederland en Vlaanderen op verschillende wijzen berekend. Wel wordt bij beide beoordelingswijzen gekeken naar de verhouding van de verschillende vegetatiezones.

In de Zeeschelde wordt hiervoor de Shannon-index gebruikt. Voor de Zeeschelde hebben Brys *et al*. (2005) een koppeling gemaakt tussen de waarden van de Shannon-index en de beoordeling in het kader van de KRW. Dit wordt gebruikt voor de beoordeling van de kwaliteit in de zones van de Zeeschelde.

In de Westerschelde dienen de verschillende vegetatiezones binnen een bepaalde bandbreedte te liggen: er is sprake van een evenwichtige verhouding als het aandeel van iedere vegetatiezone (pionier, laag, midden, hoog+strandkweek) minimaal 5% en maximaal 35% van het totaal schorareaal is en dat het aandeel climaxvegetatie maximaal de helft is van de zone hoog+strandkweek (zie STOWA, 2018).

Methodiek

Om de beoordelingswijzen deels op elkaar af te stemmen en toch aan te sluiten bij de KRW-beoordeling van de waterlichamen wordt eerst de Shannon-index berekend voor de Zeeschelde en vervolgens de beoordeling van de KRW toegepast waarbij gebruik wordt gemaakt van het werk van Brys *et al.* (2005).

Berekening Shannon-index

Omdat de Shannon-index uitsluitend is gebaseerd op verhoudingen, moet deze voor de verschillende jaren gebaseerd zijn op hetzelfde areaal. Gebieden die in één van de jaren niet zijn gekarteerd vervallen dus voor de analyse. De vegetatiekaart Zeeschelde 2019 is nog niet compleet beschikbaar. Voor de delen die wel beschikbaar zijn is per Scheldezone bepaald of het areaal voldoende representatief is om de kwaliteit van vegetatie mee te beoordelen. Voor de zones *Saliniteitsgradiënt*, *Oligohalien* en *Zoet Lange Verblijftijd* is circa de helft van het areaal ook voor 2019 beschikbaar en is de Shannon-index berekend (binnen het voor 2019 beschikbare areaal). Daarnaast is de Shannon-index voor alle Scheldezones berekend tot en met 2013 (meest recente complete vegetatiekaart).

In de Zeeschelde wordt onderscheid gemaakt tussen brakwaterschorren en zoetwaterschorren. De zone *Sterke saliniteitsgradiënt* bevat brakwaterschorren en de overige zones zoetwaterschorren. In de brakwaterschorren worden drie vegetatiezones onderscheiden: pionier, kruiden en riet. De vegetatie-typen worden op het niveau van de formaties in deze drie zones ingedeeld. De Shannon-index wordt berekend op basis van de oppervlakte van deze drie zones. Bij de zoetwaterschorren wordt nog een vierde vegetatiezone onderscheiden: struweel-bosvegetaties. De Shannon-index wordt hier berekend

over de oppervlakte van deze vier zones. Een afname van de Shannon-index is een indicatie dat er een verschuiving heeft plaatsgevonden in de gewenste evenwichtige verdeling van de verschillende vegetatiezones in het waterlichaam.

Beoordeling kwaliteit schorvegetaties

Voor de Zeeschelde hebben Brys *et al.* (2005) voor de zones *Sterke saliniteitsgradiënt*, *Oligo-halien+Rupel*, *Zoet lange verblijftijd, Zoet korte verblijftijd* en *Durme* een beoordeling gemaakt conform de KRW op basis van de vegetatiekwaliteit berekend met de Shannon-index. Hierbij wordt onderscheid gemaakt tussen zones met brakwaterschorren en zones met zoetwaterschorren. In de zone *Sterke saliniteitsgradiënt* komen alleen brakwaterschorren voor en in de overige zones zoetwaterschorren. Bij de zoetwaterschorren worden vier vegetatiezones onderscheiden: pionier, kruiden, riet en struweel/ bosvegetaties en bij de brakwaterschorren ontbreekt de zone struweel/bosvegetaties. Tabel 7-1 geeft een overzicht van de EKR-waardering op basis van de Shannon-index.

Tabel 7-1: Grenzen voor de EKR-waardering schorkwaliteit in de Zeeschelde conform de criteria van de KRW voor zoetwaterschorren (4 vegetatiezones) en brakwaterschorren (3 vegetatiezones) op basis van de Shannon-index (Brys et al., 2005).

Waardering	EKR	Zoetwaterschorren Shannon-index	Brakwaterschorren Shannon-index
zeer goed	1	1,4	1,2
goed	>0,75	>1,2	>0,9
matig	>0,50	>1,05	>0,6
slecht	>0,25	>0,8	>0,3
zeer slecht	<0,25	<0,8	<0,3

Bij een goede kwaliteit van de schorren in een zone is sprake van een positieve evaluatie voor die zone en bij een matige kwaliteit of lager is sprake van een negatieve evaluatie.

In de Westerschelde dient het aandeel van iedere zone (pionier, laag, midden, hoog+strandkweek) minimaal 5% en maximaal 35% van het totale schorareaal te zijn, en het aandeel climaxvegetatie mag maximaal de helft zijn van de zone hoog+strandkweek (zie STOWA, 2018). Op deze wijze kan per zone en 'per climax-vegetatie', indien aan de specifieke voorwaarde wordt voldaan, 'een punt worden gescoord'. Anders krijgt de beoordeling de waarde '0'. Op basis van het aantal gescoorde punten wordt de waardering vastgesteld. In de Westerschelde kunnen maximaal 5 punten worden gescoord (Tabel 7-2). De referentiesituatie heeft een Ecologische KwaliteitsRatio (EKR) van 1; de EKR drukt de afstand tot de referentie uit. Er is sprake van een positieve beoordeling indien de schorkwaliteit in de Westerschelde goed of zeer goed is, terwijl een negatieve beoordeling wordt verkregen indien de schorkwaliteit matig of lager is.

Tabel 7-2: Beoordeling waardering schorkwaliteit in de Westerschelde conform de criteria van de KRW (STOWA, 2018). EKR = Ecologische Kwaliteitsratio: dit drukt de afstand uit tot de referentie (EKR = 1).

Waardering	Schorkwaliteit	EKR
zeer goed	5	0,8-1,0
goed	4	0,6-0,8
matig	3	0,4-0,6
ontoereikend	2	0,2-0,4
slecht	1	>0,2

Ontbrekende gegevens Zeeschelde

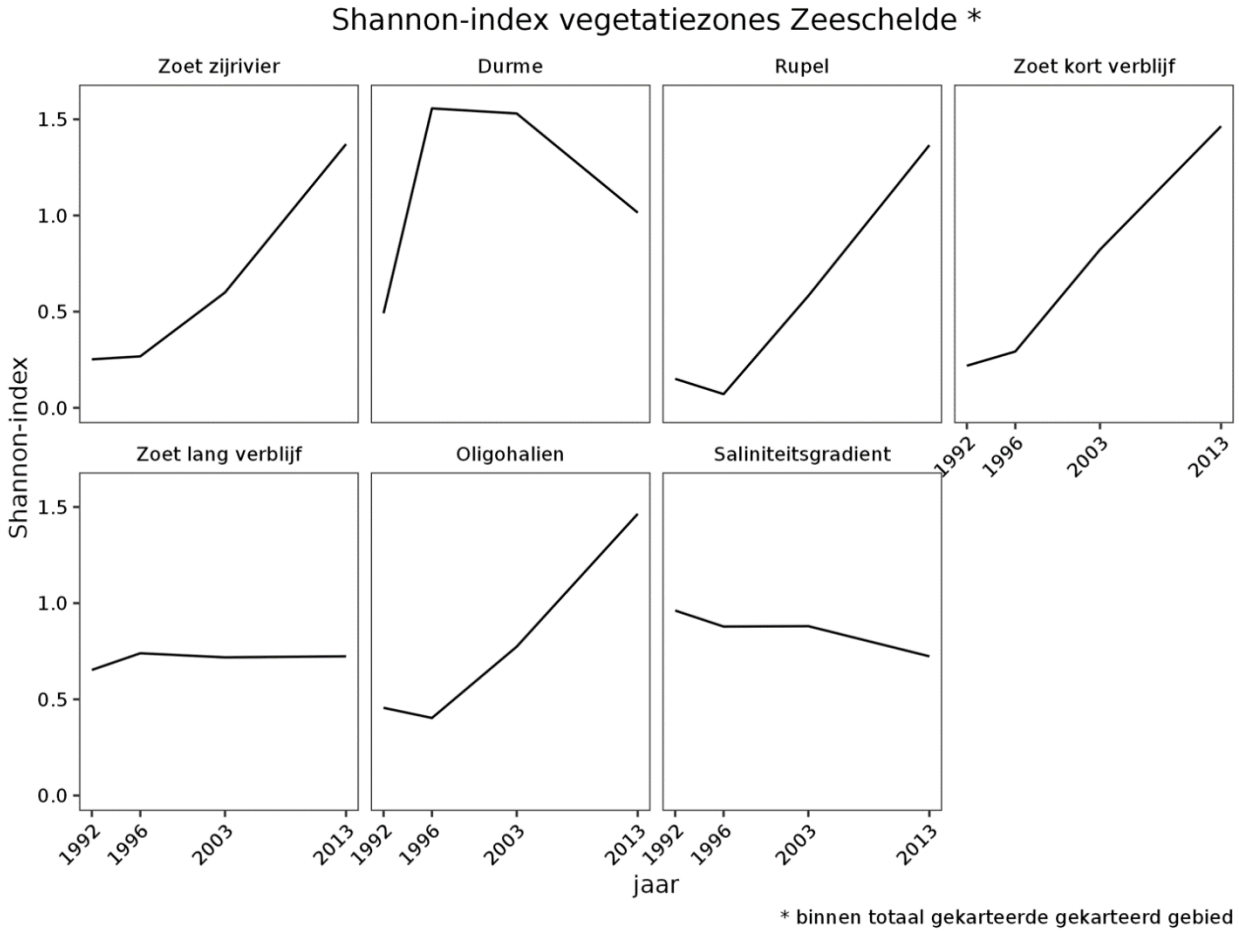
Zoals eerder aangegeven ontbreekt een complete vegetatiekaart voor de Zeeschelde uit 2019. Daarom is de Shannon-index berekend voor alle zones op basis van de ontwikkeling van vegetatietypen tot en met 2013, op basis van het areaal dat in alle jaren is gekarteerd (1992, 1996, 2003 en 2013).

Voor de zones *Saliniteitsgradiënt*, *Oligohalien* en *Zoet Lange Verblijftijd* was een aanzienlijk deel van het areaal ook voor 2019 in gekarteerde vorm beschikbaar (*ca.* 50% van het areaal). Voor de overige zones was minder dan 10% van het geheel in gekarteerde vorm beschikbaar en heeft een analyse van data tot en met 2019 weinig zin. Voor de zones *Saliniteitsgradiënt*, *Oligohalien* en *Zoet Lange Verblijftijd* is daarom de Shannon-index een tweede keer berekend, op basis van het gereduceerde areaal dat in alle jaren gekarteerd is. Als de grafieken in de eerste en tweede berekening voor de periode 1992-2013 hetzelfde patroon laten zien, dan is dit areaal representatief genoeg om ook uitspraken te kunnen doen over de evaluatie van 2019.

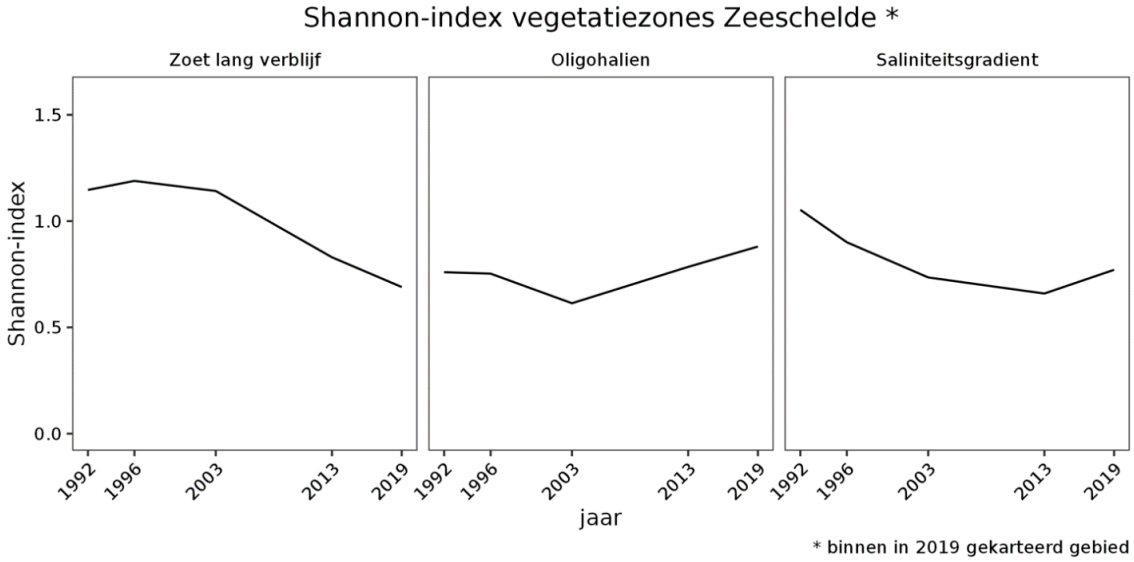
Analyse

Voor de Zeeschelde zien we voor de zones *Zoet zijrivier*, *Rupel*, *Zoet korte verblijftijd* en *Oligohalien* een sterke en gestage toename van de Shannon-index (Figuur 7-4) en dus ook een verbetering in de beoordeling. De KRW-score was in 1992 nog zeer slecht tot slecht en in 2013 goed tot zeer goed. Voor de *Durme* was de KRW-beoordeling reeds in 1996 en 2003 zeer goed; maar in 2013 was deze iets afgenomen tot goed (Shannon-index 1,01). Voor de zone *Zoet lange verblijftijd* is de beoordeling zeer slecht zonder duidelijke trend en voor de zone *Sterke saliniteitsgradiënt* is de beoordeling geleidelijk afgenomen van goed in 1992 naar matig in 2013. De evaluatie in 2013 valt dus voor de zones *Zoet lange verblijftijd* en *Sterke saliniteitsgradiënt* negatief uit en voor alle andere zones positief.

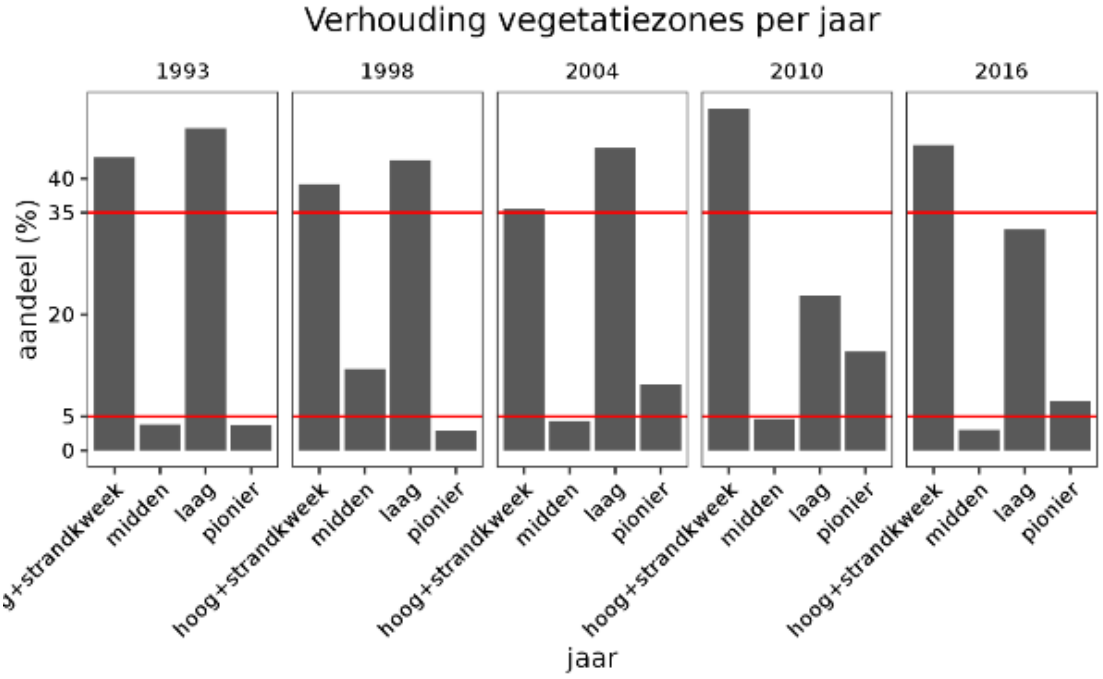
Als we de grafieken voor de periode tot 2019 beschouwen (Figuur 7-5), die gebaseerd zijn op een deel van de schorvegetaties in deze zones, dan valt onmiddellijk op dat de trend voor de periode 1992-2013 voor de zones *Oligohalien* en *Zoet lange verblijftijd* afwijkt van de trend in Figuur 7-4. Dat maakt deze beperkte datasets te onbetrouwbaar om uitspraken te doen over 2019. Voor de zone *Sterke saliniteitsgradiënt* is de trend 1992-2013 wel vergelijkbaar met die in Figuur 7-4; dit betreft dus mogelijk wel een representatief areaal. We zien dat de afnemende trend in *Saliniteitsgradiënt* in 2019 wordt doorbroken, maar dat de beoordeling in de klasse matig blijft. De voorlopige gegevens van 2019 geven dus geen aanleiding de evaluatie van 2013 bij te stellen.



Figuur 7-4: Shannon-index van de vegetatiezones in de verschillende zones van de Zeeschelde voor de periode 1992-2013.

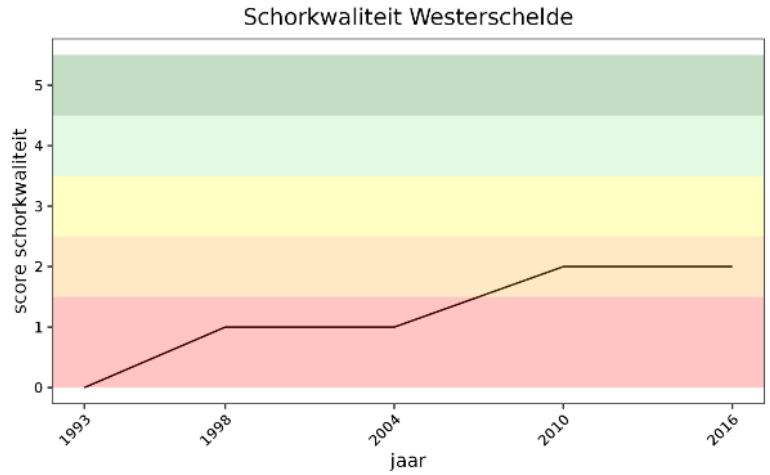


Figuur 7-5: Shannon-index voor de Zeeschelde voor de periode 1992-2019, uitsluitend van de zones waarvoor een aanzienlijk deel van het areaal gekarteerd en uitgewerkt was (ongeveer 50%).



Figuur 7-6: Verhouding tussen vegetatiezones in de Westerschelde in de vijf karteringsjaren. De rode lijnen geven de grenzen van een positieve evaluatie aan; voor elke zone die tussen de grenzen ligt wordt dus één punt gescoord.

De verhouding tussen de schorzones in de Westerschelde is behoorlijk scheef (Figuur 7-6); de zones hoog schor+strandkweek en laag schor nemen samen het overgrote deel van het areaal in en de zones pionier en middelhoog schor beslaan een gering deel van het areaal. Met name tijdens de laatste twee karteringen is er sprake van een iets evenwichtigere verdeling tussen laag schor en pionier. De score is geleidelijk toegenomen van 0 naar 2 punten, maar scoort daarmee nog steeds als ontoereikend op de KRW-maatlat en dus is de evaluatie negatief. Zonder een afname van de door strandkweek gedomineerde vegetatiezone is een positieve evaluatie nauwelijks mogelijk. Figuur 7-7 geeft het verloop van de schorkwaliteit van de Westerschelde.



Figuur 7-7: Beoordeling van de schorkwaliteit in de Westerschelde, op basis van de vegetatiezones in Figuur 7-6.

7.2.3. Sleutelsoorten/-vegetaties

Data

De volgende datafiches worden gebruikt voor het analyseren van de rekenparameter *Kwaliteit vegetatie Zeeschelde*:

- S-DH-V-003 – Vegetatiekartering
- S-DS-V-001 – Hogere planten

Het volgende datafiches wordt gebruikt voor het analyseren van de rekenparameter *Kwaliteit vegetatie Westerschelde*:

- S-DH-N-003 – Vegetatiekartering

Definitie

De sleutelsoorten/-vegetatietypen worden gebruikt voor een verdiepingsslag van de kwalitatieve analyse. Hierbij beperken we ons tot soorten/vegetaties die een indicatieve waarde hebben voor een bepaald deel van het ecosysteem en/of een bepaalde waarde hebben als habitat of voedselbron voor fauna. Zo wordt een toename van soorten/vegetaties, die als ongewenst worden beschouwd, als negatief beoordeeld en van soorten/vegetaties die vanuit de verhaallijn als gewenst worden beoordeeld, juist als positief. De volgende indicatorsoorten/vegetatietypen zijn geselecteerd:

Zeeschelde

Reuzenbalsemien:	Indicator voor verruiging: de oppervlakte hiervan mag niet verder toenemen. Een afname kan een indicatie zijn voor toenemende zoutinvloed (Van Ryckegem *et al.*, 2020).
Grote brandnetel:	Indicator voor verruiging en verdroging: de oppervlakte hiervan mag niet verder toenemen.
Zilt grasland:	Soortenrijke vegetatie; een aantal zeldzame soorten komt juist voor in dit ecotoop. Een toename van dit ecotoop is dan ook gewenst.
Wilg	Een afname kan een indicatie zijn voor toenemende zoutinvloed (Van Ryckegem *et al.*, 2020).
Driekantige bies	Indicator voor pioniervegetatie in zoet dynamisch slikmilieu (zoetwater-getijdengebied): een toename is gewenst.
Rode en blauwe watereprijs	Soorten van spaarzaam begroeide oevers van kreken en geulen, maar ook voorkomend als pionierssoorten op onbegroeide en schaars begroeide delen (in GGG's): een toename is gewenst.

Westerschelde

Riet:	Indicator voor verzoeting (geringere invloed zout): ongewenst.
Strandkweek:	Indicator voor verruiging hoog schor: een toename van strandkweek is ongewenst.
Zeekraal:	pionier en voedselbron herbivore watervogels. Ook is zeekraal een indicator voor nieuwe schorvorming, hetgeen als positief moet worden beoordeeld, omdat er dan voldoende dynamiek is voor de vorming van nieuw schor.

Methodiek

Voor de Zeeschelde wordt voor de analyse gebruik gemaakt van de vegetatiekaarten en van permanente kwadraten (pq's; op vaste locaties). De pq's hebben om meerdere redenen hun beperkingen. In de loop der jaren hebben in een aantal zones grote verschuivingen in pq's plaats gevonden (pq's vervallen en nieuwe toegevoegd), hetgeen potentieel grote invloed heeft op de uitkomsten. Driekantige bies komt niet voor in de pq's en rode – en blauwe watereprijs worden slechts beperkt aangetroffen. Daarnaast worden de vegetatiekaarten gebruikt, waarmee de ontwikkeling van de vegetatie-eenheden, waarin de genoemde indicatorsoorten voorkomen, in beeld kan worden gebracht.

Aangezien voor de Zeeschelde met vaste pq's wordt gewerkt kan de evaluatie op zoneniveau (niveau 3) plaatsvinden. Ook voor soorten waarvan het voorkomen gebaseerd wordt op de vegetatiekaart, is het mogelijk om de ruimtelijke ontwikkeling te koppelen aan de zones.

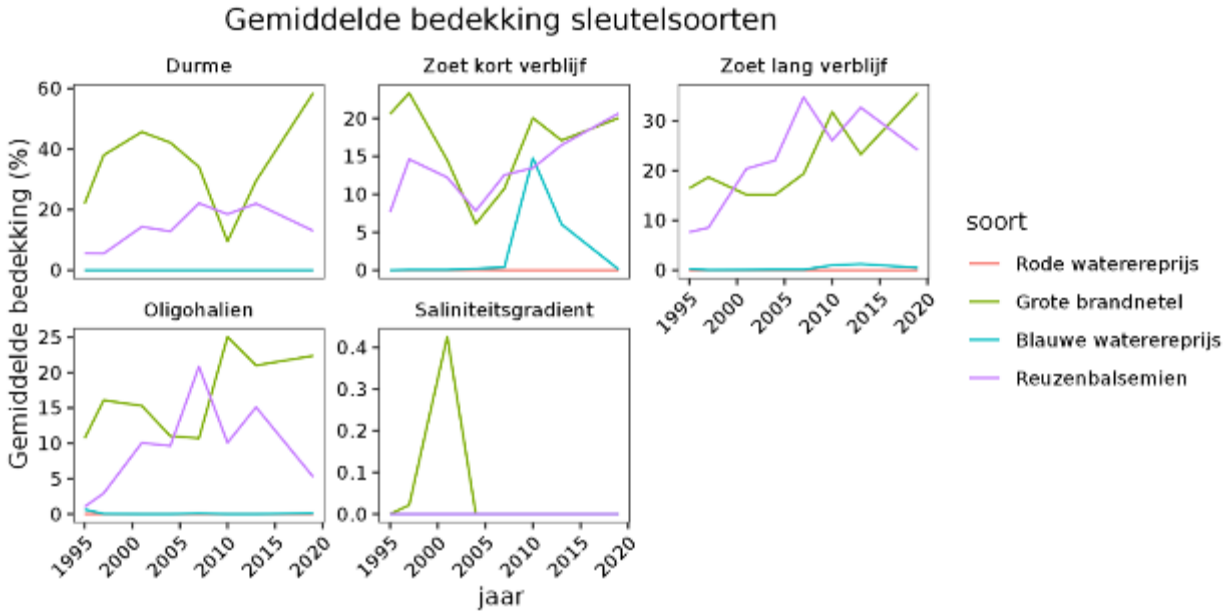
Indien er door ontpoldering of door de realisatie van GGG's grote oppervlakten natuur bijkomen, kan dit van invloed zijn op de evaluatie. Het is dan noodzakelijk om twee evaluatieslagen te maken. De eerste slag richt zich op een vergelijking met de T2015, waarbij dezelfde gebiedsbegrenzing wordt aangehouden en bij de tweede rekenslag wordt uitgegaan van de nieuwe gebiedsbegrenzing. De eerste vergelijking geeft inzicht in de ontwikkeling van indicatorsoorten zonder toevoeging van nieuwe gebieden (de "enge" vergelijking) en de tweede vergelijking geeft inzicht in het effect van het toevoegen van extra gebieden (de "ruime" vergelijking). Aangezien de vegetatiekaart van 2019 nog niet in volledige vorm beschikbaar is, is de tweede vergelijking achterwege gebleven.

Voor de Westerschelde wordt de gemiddelde opname per vegetatietype berekend, gebruikmakend van de totale set opnames per vegetatietype uit de Westerschelde (dus van alle jaren samen). De opnames worden geacht representatief te zijn voor het vegetatietype (methodische eis SALT-kartering) en in de praktijk blijken ze samen een goed gemiddeld beeld te geven (mond. med. D. de Jong). De bedekkingspercentages per soort uit deze gemiddelde opnames zijn vervolgens vermenigvuldigd met de oppervlaktes van de vegetatietypes in de verschillende jaren en de resulterende oppervlaktes per soort zijn gesommeerd. Feitelijk wordt hierdoor een gewogen gemiddelde ontwikkeling berekend van de vegetaties waarin de sleutelsoorten voorkomen.

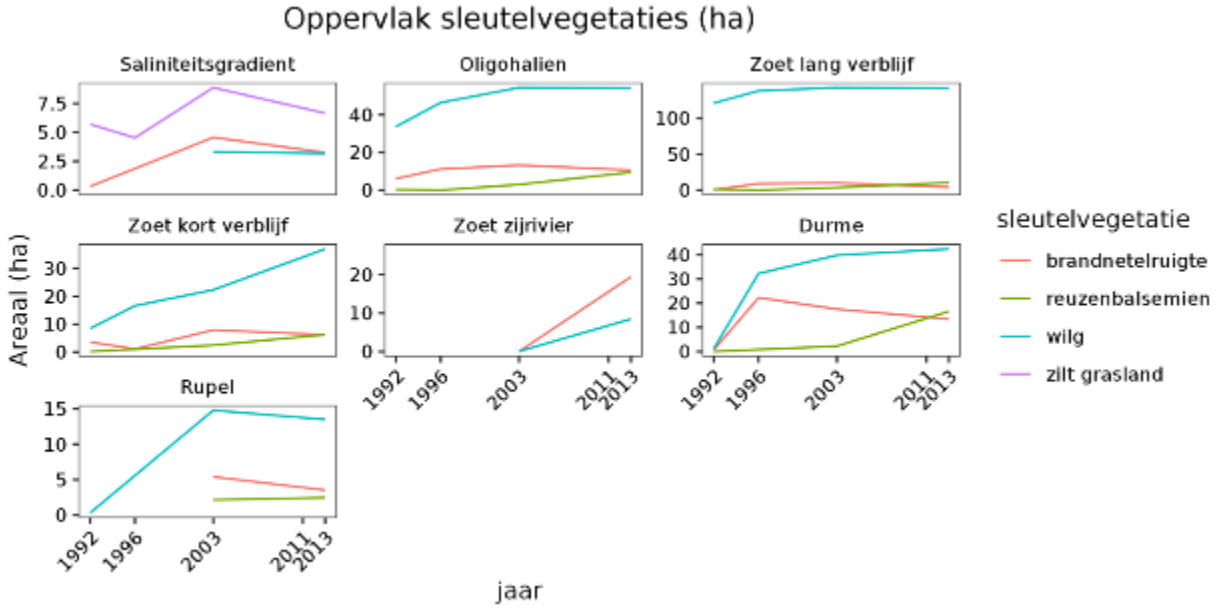
Analyse

Figuur 7-8 geeft de ontwikkeling van sleutelsoorten op basis van de opnamen in de pq's. Rode watereprijs ontbreekt in de pq's, terwijl blauwe watereprijs in de zone *Zoet korte verblijftijd* rond 2010 een duidelijke piek heeft en geleidelijk daarna weer verdwijnt. Ook in de zone *Zoet lange verblijftijd* heeft de soort in dezelfde periode een veel kleinere, tijdelijke piek.

Het patroon van de grote brandnetel is per zone sterk verschillend. In de *Durme* is sprake van een duidelijke toename, terwijl er in de zone *Zoet lange verblijftijd* een kleine toename is. In de zone *Zoet korte verblijftijd* is er gemiddeld een lichte toename en in het *Oligohalien* sprake van een min of meer stabiele situatie. In de zone *Saliniteitsgradiënt* was sprake van een (kleine) piek net na de eeuwwisseling, maar daarna is de grote brandnetel weer verdwenen. De reuzenbalsemien neemt toe in de zone *Zoet korte verblijftijd*, af in de *Durme* en de zones *Zoet lange verblijftijd* en in het *Oligohalien*. In de zone *Saliniteitsgradiënt* ontbreekt de soort.



Figuur 7-8: Ontwikkeling van de sleutelsoorten in de permanente kwadraten in de Zeeschelde

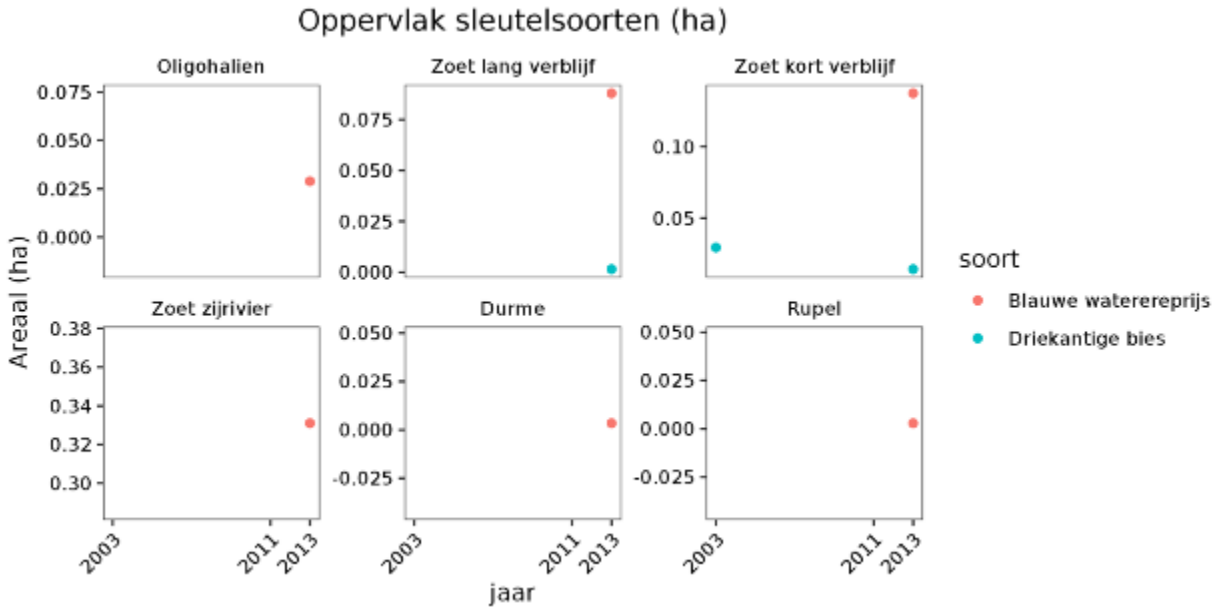


Figuur 7-9: Ontwikkeling van de sleutelsoorten in de vegetatiekaarten in de Zeeschelde

Figuur 7-9 laat de ontwikkeling zien op basis van vegetatiekaarten, maar hierbij moet opgemerkt worden dat geen gebruik gemaakt kon worden van de vegetatiekaart van 2019. Aangezien de gegevens niet dezelfde periode beslaan is een vergelijking met de patronen in Figuur 7-8 niet goed mogelijk. De brandnetelruigte lijkt in de meeste zones licht af te nemen behalve in de zone *Zoet zijrivier*, maar hier ontbreken pq's. Dit patroon wijkt af van dat in Figuur 7-8. Daarin is in de meeste zones de brandnetelruigte stabiel of toenemend. De reuzenbalsemienvegetatie lijkt in de meeste zones licht toe te nemen. Alleen in de zone *Saliniteitsgradiënt* ontbreekt de soort. Dit is dus vergelijkbaar met de ontwikkelingen in Figuur 7-8 tot 2013. De oppervlakte wilgen lijkt in veel zones zijn maximum bereikt

te hebben. Alleen in de zones *Zoet korte verblijftijd* en *Zoet zijrivier* is sprake van een toename. Het zilt grasland komt alleen voor in de zone Saliniteitsgradiënt. De oppervlakte lijkt hier af te nemen.

Het voorkomen van Blauwe watereprijs, rode watereprijs en driekantige bies in 2003, 2011 en 2013 is weergegeven in Figuur 7-10. Rode watereprijs is niet aangetroffen en driekantige bies te weinig voor een betrouwbare evaluatie. Blauwe watereprijs is iets meer aangetroffen, maar alleen in 2013. Er lijkt dus sprake van een toename, maar de toename is zo opvallend dat hier mogelijk sprake is van een methodisch artefact. De evaluatie voor deze soorten kan niet worden uitgevoerd; de gegevens zijn daarvoor niet toereikend.



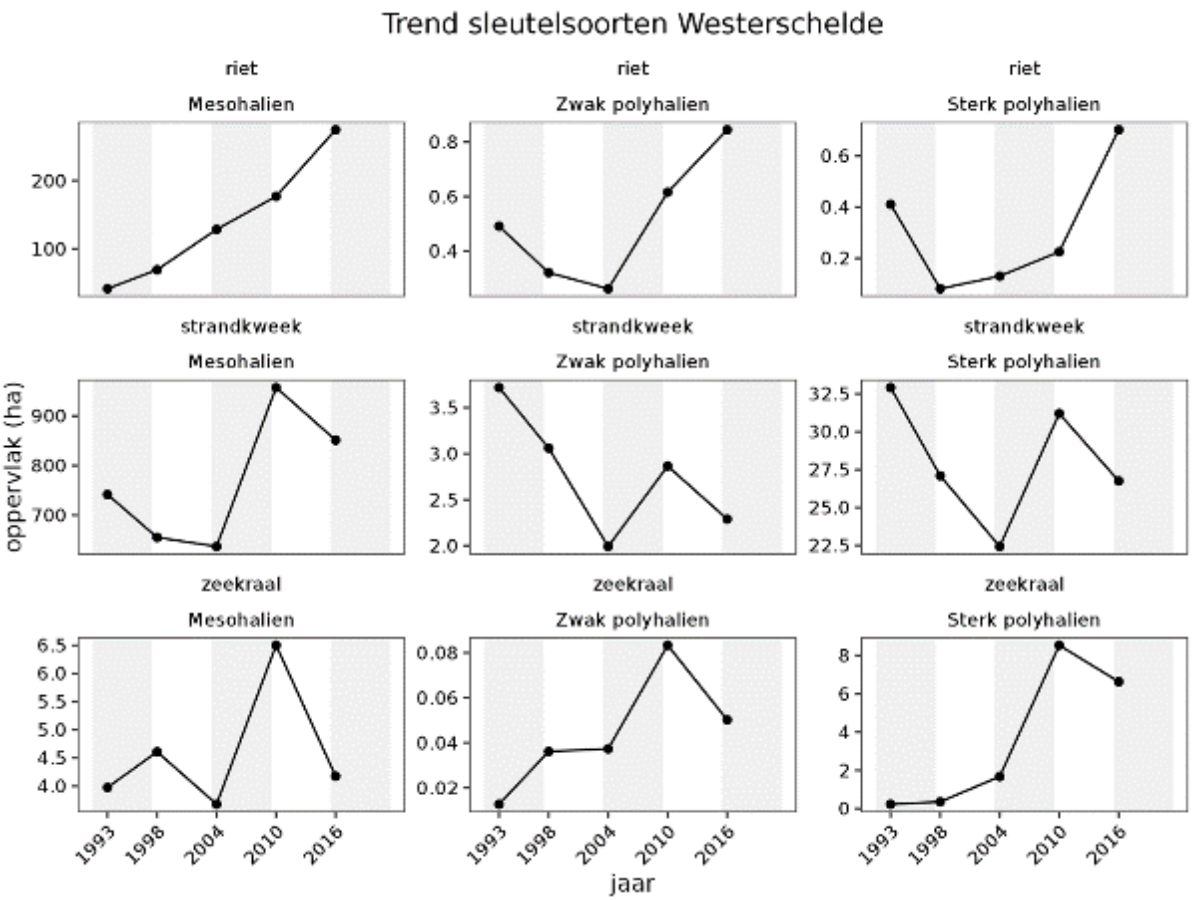
Figuur 7-10: Ontwikkeling van sleutelsoorten driekantige bies, blauwe watereprijs en rode watereprijs in de Zeeschelde.

Westerschelde

De sleutelsoort riet komt vooral voor in het *Mesohalien* (dat vooral uit het schor van Saeftinge bestaat) en vertoont daar een sterke toename over de jaren. Deze toename is ook reëel (mond. med. J. Reitsma & G. Hoefsloot, karteerders in 2016). In de beide polyhaliene zones nam riet na 1993 eerst af, om de laatste twee karteerjaren weer sterk toe te nemen. De evaluatie is dan ook negatief.

De sleutelsoort strandkweek heeft in alle drie de zones hetzelfde patroon: een afname tussen 1993 en 2004, vervolgens een toename in 2010 en in 2016 weer een afname. Aangezien strandkweek niet mag toenemen is de evaluatie voor alle drie de zones ten opzichte van de T2015 positief.

Bij zeekraal lijkt 2010 een afwijkend jaar, waarbij de soort erg veel voorkomt. Gezien over de gehele periode (1993-2016) neemt de soort in alle zones toe; hoewel slechts beperkt in het *Mesohalien*. Wanneer de T2021 wordt vergeleken met de T2015 is de evaluatie voor alle drie de zones negatief.



Figuur 7-11: Ontwikkeling van de sleutelsoorten in de Westerschelde

7.2.4. Exoten

Data

Het volgende datafiche wordt gebruikt voor het analyseren van de rekenparameter *Exoten vegetatie Zeeschelde*:

- S-DS-V-001 – Hogere planten

Het volgende datafiche wordt gebruikt voor het analyseren van de rekenparameter *Exoten vegetatie Westerschelde*:

- S-DH-N-003 – Vegetatiekartering

Methodiek

Voor de Zeeschelde wordt gebruik gemaakt van permanente kwadraten (pq's). In Vlaanderen wordt de vegetatie beschreven volgens de Frans-Zwitserse methode (Schaminée *et al.*, 1995), waarmee per soort de abundantie in pq's wordt weergegeven in combinatie met de algehele vegetatiebedekking. Per zone wordt de gemiddelde bedekking van een exoot in de pq's berekend. De kwadraten zijn aanvankelijk om de drie jaren opgenomen. Na 2013 wordt dit zes-jaarlijks gedaan.

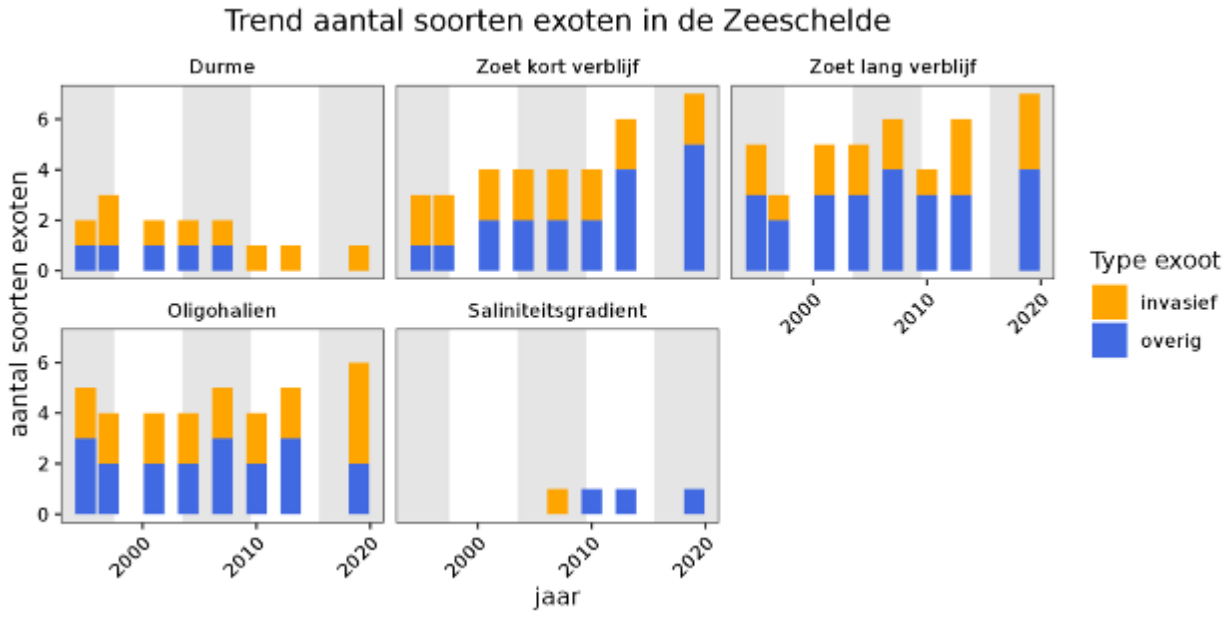
In Nederland worden geen vegetatieopnames op vaste locaties verricht. Er vinden echter bij iedere kartering (iedere zes jaren) veldvalidaties plaats door middel van een groot aantal vegetatieopnames die representatief zijn voor specifieke vegetatietypes. Opnames worden verricht volgens vaste coderingen waarbij per soort de abundantie wordt weergegeven. Aangezien de opnamen per vegetatiekartering op een andere plaats kunnen liggen is het niet mogelijk het voorkomen van exoten per zone te berekenen, maar wordt dit gedaan voor de gehele Westerschelde.

De volgende gegevens worden gepresenteerd:

- Aantal exoten per zone, waarbij onderscheid gemaakt wordt tussen invasieve exoten en overige exoten;
- Het aandeel van de invasieve exoten als fractie van het totale aantal organismen;
- Het aantalsverloop van de invasieve exoten als gemiddelde bedekking in vegetatie-opnamen.

Analyse

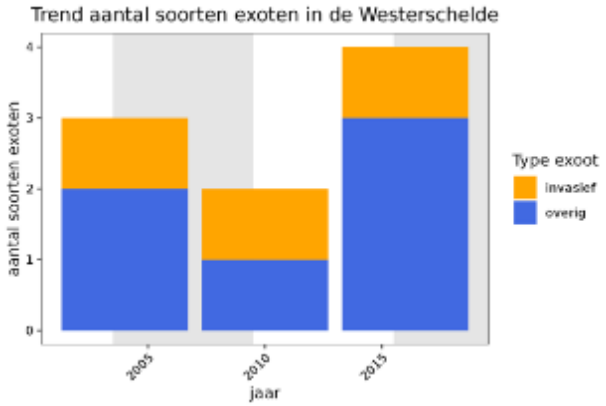
De ontwikkeling van het aantal exoten in de verschillende zones staat weergegeven in Figuur 7-12, waarbij onderscheid is gemaakt tussen invasieve exoten en overige exoten. In drie van de vijf zones is sprake van een toename van het aantal exoten. In de *Durme* en de zone *Saliniteitsgradiënt* is de situatie stabiel. In de zone *Zoet korte verblijftijd* blijft het aantal invasieve exoten stabiel, maar neemt het aantal overige exoten toe. Dit geldt ook voor de zone Zoet lange verblijftijd. In het *Oligohalien* is juist het aantal invasieve exoten toegenomen, terwijl het aantal overige exoten met één is afgenomen. De ontwikkeling in het *Oligohalien* wordt als negatief beoordeeld en in de overige zones als positief.



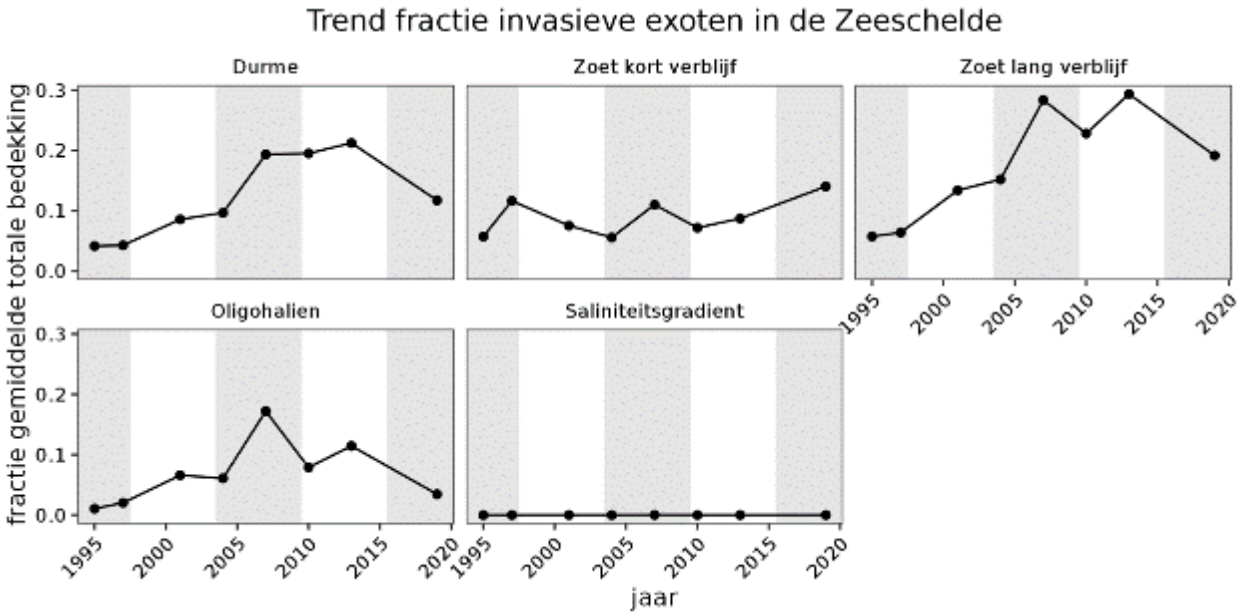
Figuur 7-12: Ontwikkeling van het aantal exoten per zone in de Zeeschelde op basis van de vegetatieopnamen in de permanente kwadraten. Er is onderscheid gemaakt tussen invasieve exoten en overige exoten.

Figuur 7-13 geeft de ontwikkeling van de exoten in de Westerschelde weer. Hierbij wordt geen overzicht per zone weergegeven, omdat hier geen vaste locaties voor de vegetatieopnamen worden gehanteerd. Er is slechts één invasieve exoot aanwezig: bezemkruiskruid. Deze soort is in alle drie de perioden aanwezig. Wel is in de T2021 bij vergelijking met de T2015 het aantal overige exoten gestegen van één

soort naar drie soorten. Aangezien het aantal invasieve exoten niet is toegenomen, is de beoordeling positief.



Figuur 7-13: Ontwikkeling van het aantal exoten per zone in de Westerschelde op basis van de vegetatieopnamen in de permanente kwadraten. Er is onderscheid gemaakt tussen invasieve exoten en overige exoten

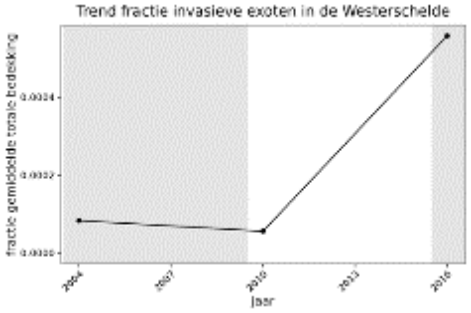


Figuur 7-14 Fractie bedekking invasieve exoten in de totale bedekking van de vegetatie in de permanente quadraten in de verschillende zones van de Zeeschelde.

Figuur 7-14 geeft de gemiddelde fractie van de bedekking van de invasieve exoten weer ten opzichte van de totale vegetatiebedekking in de permanente quadraten van de Zeeschelde. Met uitzondering van de zone *Zoet korte verblijftijd* neemt in alle zones de fractie van de invasieve exoten af. Behalve in de zone *Zoet korte verblijftijd* die een negatieve beoordeling krijgt, is in alle overige zones de beoordeling positief, omdat de bedekking door invasieve exoten afneemt of gelijk blijft (*Saliniteitsgradiënt*).

De ontwikkeling van de fractie invasieve exoten in de totale vegetatiebedekking in de vegetatieopnamen in Westerschelde staat in Figuur 7-15. De bedekking door invasieve exoten stijgt van 0,01 % naar bijna 0,06 %. Relatief gezien is dit een flinke toename, maar absoluut gezien is dit aandeel nog zeer gering.

Toch wordt deze ontwikkeling als negatief beoordeeld, omdat het de ontwikkeling van een invasieve exoot betreft.



Figuur 7-15 Fractie bedekking invasieve exoten in de totale bedekking van de vegetatie in de opnamen voor de vegetatiekartering van de Westerschelde.

Tabel 7-3:Overzicht van het voorkomen van (invasieve) exoten in de Zeeschelde en Westerschelde op basis van de beschikbare vegetatie-opnamen. X = soort komt voor, (x) = soort kwam in het verleden voor.

Invasieve exoten	Durme	Zoet korte verblijftijd	Zoet lange verblijftijd	Oligohalien	Saliniteits-gradiënt	Westerschelde
Bezemkruiskruid					(1)	1
Japanse duizendknoop			1	1		
Reuzenbalsemien	1	1	1	1		
Vlinderstruik				1		
Zwart tandzaad	(1)	1	1	1		
totaal	1	2	3	4	0	1
Niet-invasieve exoten						
Amerikaantje			1	1		
Beklierde basterdwederik				1		
Canadapopulier		1	1	1		
Canadese fijnstraal		1	1			
Driebloemige nachtschade						1
Duitse dot	1	1	1	1		
Engels slijkgras						1
Goudknopje					1	1
Grauwe abeel		1	1	1		
Harig knopkruid		1				
Italiaans raaigras		1				
Kalmoes		1	1			
Kleine varkenskers		1				
Leverbloempje			1	1		
Okkernoot			1			
Pijlkruidkers						1
Sneeuwbes		1				
totaal	1	9	8	6	1	4

Tabel 7-3 geeft een overzicht van de waargenomen exoten, waarbij onderscheid is gemaakt tussen invasieve en niet-invasieve exoten. Van de invasieve exoten komt de reuzenbalsemien in de Zeeschelde voor in vier van de vijf zones waarvan vegetatie-opnamen beschikbaar zijn. Alleen in de zone *Saliniteitsgradiënt* ontbreekt de soort. Zwart tandzaad kent vrijwel een vergelijkbare verspreiding, maar komt tegenwoordig niet meer in de opnamen van de *Durme* voor. De Japanse duizendknoop, een zeer moeilijk te bestrijden exoot, komt voor in de zones Zoet lange verblijftijd en in het *Oligohalien*. De

vlinderstruik is alleen in het *Oligohalien* aangetroffen. Het bezemkruiskruid werd gedurende de T2009 in de zone Saliniteitsgradiënt aangetroffen, maar ontbreekt sindsdien. Het bezemkruiskruid wordt in de periode van de T2021 wel in de opnamen van de Westerschelde aangetroffen.

7.2.5. Conclusies vegetatie

Het ontbreken van een volledige vegetatiekaart van de Zeeschelde uit 2019 maakt het niet goed mogelijk om harde conclusies te trekken voor dit gebied. Door gebruik te maken van ecotopenkaarten kan wel iets gezegd worden over de ontwikkeling van de oppervlakte schorvegetaties in de verschillende zones. In de *Durme* en in de zone *Zoet korte verblijftijd* voldoet de oppervlakte schor aan de kwantiteitseis voor de desbetreffende zone. In de overige zones is de oppervlakte schor geringer dan de gewenste oppervlakte. Alleen in de zone *Oligohalien* vindt er wel een sterke toename plaats door het meenemen van aangesloten Sigmagebieden.

In de Westerschelde wordt aan de oppervlakte-eis van minstens 2.300 ha schor voldaan. De oppervlakte schor ten westen van Hansweert is weliswaar toegenomen, maar voldoet (nog) niet aan de oppervlakte-eis van 500 ha.

De onvolledige vegetatiekaart van de Zeeschelde uit 2019 maakt het niet goed mogelijk om de kwaliteit te beoordelen. Alleen voor de zone *Saliniteitsgradiënt* is een beoordeling mogelijk: de kwaliteit is matig en dit wordt negatief beoordeeld. In de Westerschelde wordt de kwaliteit van de schorvegetatie als ontoereikend beoordeeld, omdat twee vegetatiezones domineren en de twee andere grotendeels ontbreken, terwijl in de hoge kwelderzone meer dan 50% gedomineerd wordt door strandkweek.

Voor de Zeeschelde kan het voorkomen van sleutelsoorten beoordeeld worden op basis van permanente kwadraten en op basis van vegetatiekaarten. Op basis van de pq's worden zowel rode als blauwe watereprijs als negatief beoordeeld omdat ze niet voorkomen of achteruitgaan. De grote brandnetel neemt sterk toe in de *Durme*, licht toe in de zones *Zoet lange verblijftijd* en *Zoet korte verblijftijd* en is min of meer stabiel in zone *Oligohalien*. Aangezien in de zone *Olgohalien* op langere termijn nog geen sprake is van een afname, wordt dit toch negatief beoordeeld. De toename in de andere zones wordt negatief beoordeeld. De reuzenbalsemien lijkt met uitzondering van de zone *Zoet korte verblijftijd* overal af te nemen, terwijl de soort ontbreekt in de zone *Saliniteitsgradiënt*.
Door het ontbreken van een recente vegetatiekaart in een beoordeling op basis van vegetaties niet mogelijk.

In de Westerschelde neemt riet in alle zones toe, en strandkweek en zeekraal nemen ten opzichte van de T2015 in alle zones af. Voor strandkweek wordt dit als positief beoordeeld en voor zeekraal als negatief.

Ten aanzien van de exoten wordt alleen de situatie in de zone *Zoet korte verblijftijd* negatief beoordeeld ten aanzien van het aantal invasieve exoten en het aandeel van de invasieve exoten in de vegetatiebedekking, omdat beide toenemen. In de overige zones van de Zeeschelde en in de Westerschelde blijven beide stabiel of nemen af, zodat hiervoor de beoordeling positief is. Tabel 7-4 geeft een overzicht van de beoordelingen.

Tabel 7-4: Beoordeling vegetatie Zeeschelde en Westerschelde. Rood is een negatieve evaluatie en groen een positieve evaluatie. – en ? = evaluatie niet mogelijk.

Zone	Durme	Rupel	Zoet kort	Zoet lang	Oligohalien	Sal.gradiënt	alle zones	mesohalien	Zwak Pol.	Sterk Pol.
Oppervlakte										
Oppervlakte zone <> eis										
≥2300 ha										
≥500 ha west Hansweert										
Kwaliteit	?	?	?	?	?					
Sleutelsoorten										
rode watereneprijs										
blauwe watereneprijs										
grote brandnetel		-								
reuzenbalsemien		-								
riet										
strandkweek										
zeekraal										
Exoten										
aantal invasieve exoten		-								
fractie invasieve exoten		-								

7.3. Toetsparameter Primaire productie

De primaire productie vormt de basis van een ecosysteem omdat het zorgt voor de input van organisch materiaal via fotosynthese en de opname van nutriënten. Hiermee bepaalt de primaire productie in belangrijke mate de grenzen van de draagkracht, waarbij een hoge primaire productie kan leiden tot zowel positieve als negatieve effecten. In het Schelde-estuarium wordt de primaire productie voornamelijk voorzien door algen, waarbij een onderscheid gemaakt kan worden tussen het fytobenthos (benthische algen op de bodem) en het fytoplankton (pelagische algen in de waterkolom). Begrazing door hogere trofische niveaus, waaronder het zoöplankton (zie Sectie 7.4) en het macrozoöbenthos (zie Sectie 7.5), zorgt er namelijk voor dat de opgeslagen energie aan (top)predatoren beschikbaar wordt gesteld. De bijdrage van het (micro)fytobenthos blijft evenwel sterk afhankelijk van de beschikbare intertidale oppervlakte die ingenomen kan worden.

Door de snelle *turnover* en de grote fluctuaties in de samenstelling van de gemeenschap zijn veranderingen in de primaire productie niet altijd zichtbaar in grote veranderingen in de biomassa (in (g C)/m^3), waardoor het belangrijk is om ook de productie (in (g C)/m^2/d) te meten. De verhouding van deze productie ten opzichte van de biomassa (P:B) geeft dan weer informatie over de productiviteit van het aanwezige plankton en is een indicatie van hoe goed het plankton begraasd wordt. Zo kan een lage gemiddelde P:B ratio duiden op (1) een sterke limitatie (van nutriënten of licht) of (2) langzaam groeiende soorten, welke vaak minder goed voedsel vormen voor zoöplankton.

Volgens de werkwijze binnen dit hoofdstuk dienen een aantal sleutelsoorten en/of -groepen geselecteerd te worden, waarvan de temporele trends worden geanalyseerd. Deze trends kunnen echter niet ondubbelzinnig beoordeeld worden, aangezien de algengemeenschap afhankelijk is van verschillende abiotische en biotische factoren. Zo kan een daling van een bepaalde sleutelsoort of –groep als negatief beschouwd worden indien deze daling het gevolg is van een achteruitgang van de waterkwaliteit. Echter, als de daling wordt veroorzaakt door een betere doorstroming in de voedselketen ten gevolge van toegenomen begrazing, dan kan dit wel positief zijn. Een kwantitatieve beoordeling van algensoorten of –groepen is daarom niet aan de orde, met uitzondering van ongewenste soorten en plaagalgen. Bijgevolg worden voor deze toetsparameter de volgende rekenparameters gehanteerd: *P:B-verhouding fytoplankton* (Sectie 7.3.1), *Phaeocystis* (Sectie 7.3.2), *Cyanobacteriën* (Sectie 7.3.3) en *Algal Genus Pollution Index* (Sectie 7.3.4). Additionele beschrijvende en verklarende parameters voor de ecologische verhaallijnen worden behandeld in Sectie 7.3.5.

7.3.1. P:B-verhouding fytoplankton

Data

De volgende datafiches worden gebruikt voor het analyseren van de rekenparameter *P:B-verhouding fytoplankton*:

- S-EF-V-001 – Pelagische primaire productie

De volgende gegevensreeksen werden geselecteerd voor de periodieke gegevens:

- OMES: Monitoring the primary production in the flemish part of the Scheldt estuary

Definitie

De primaire productie wordt weergegeven door de P:B-verhouding, waarvoor gebruik gemaakt wordt van het aanwezige chlorofyl *a* in de waterkolom (geïntegreerd over de diepte) als proxy voor de algenbiomassa (in (g C)/(µg Chl *a*)/d).

In afwachting wordt elke stijging van de gemiddelde P:B-verhouding van de voorbije 6 jaar ten opzichte van de voorgaande periode, positief geëvalueerd. Bij deze berekeningen wordt enkel de periode met potentieel sterke primaire productie in het zomerhalfjaar (april tot en met september) beschouwd. De bovengrens wordt gelegd op het 6-jarig gemiddelde gedurende de periode 2010-2015 (i.e. de T2015-periode) en wordt beschouwd in elke zone (Zeeschelde en Westerschelde).

Methodiek

Na de selectie van de relevante gegevensreeksen, worden de stations toegewezen aan de geassocieerde segmenten (niveau 4) en zones (niveau 3). Vervolgens wordt er per zone (Zeeschelde & Westerschelde) bepaald wat de gemiddelde P:B-verhouding is die in een periode van 6 jaar gemeten is. Hiervoor wordt stapsgewijs gewerkt, namelijk: (1) bepalen gemiddelde verhouding per station per maand, (2) bepalen gemiddelde verhouding per segment per maand, (3) bepalen gemiddelde verhouding per zone per maand, en (4) bepalen gemiddelde verhouding per zone per periode. Dit resultaat wordt vervolgens vergeleken met de resultaten van de voorbije periodes.

Analyse

De gemiddelde P:B-verhouding kan voor het merendeel van de stations in de Zeeschelde bepaald worden voor de periode *2016-2021*. Enkel voor de zone *Durme* en de zones in de Westerschelde (inclusief Monding) zijn er geen gegevens beschikbaar voor de periode *2016-2021* (noch voor de voorgaande periodes). Ook voor de stations aan de grenzen van het estuarium zijn er geen gegevens beschikbaar, met uitzondering van het station *Dijle Mechelen* (enkel metingen in de periode 2019-2021). Daarnaast dient opgemerkt te worden dat er tot en met 2014 twee methodes werden gehanteerd om de P:B-verhouding in de Zeeschelde af te leiden. In de beschikbare data wordt er geen onderscheid gemaakt tussen beide methodes, hetgeen tot een artificiële breuk kan leiden tussen de resultaten in de periode *2010-2015* en *2016-2021*.

De resultaten vertonen grotendeels dezelfde trend in de verschillende zones, met afnames van de gemiddelde P:B-verhouding ten opzichte van de periode *2010-2015*. Deze afnames vinden plaats in de Zeeschelde en zijn in de periode *2016-2021* van dezelfde grootteorde als de P:B-verhouding in de Zijrivieren. Een overzicht van de bekomen gemiddeldes wordt gegeven in Tabel 7-5.

Tabel 7-5: Gemiddelde P:B-verhouding (in (g C)/(µg Chl a)/d) die afgeleid werd in de verschillende zones (Zeeschelde en Westerschelde) in het Schelde-estuarium. Gemiddeldes zijn berekend per periode van zes jaar. Merk op dat de parameter tot en met 2014 via twee methodes bepaald werd, hetgeen kan bijdragen aan een eventueel verschil tussen de beschouwde tijdsperiodes.

Zone	2004-2009	2010-2015	2016-2021
Zijrivieren			
Zoet zijrivier	-	-	0,120
Durme	-	-	-
Rupel	-	-	0,124

Zone	2004-2009	2010-2015	2016-2021
Zeeschelde			
Zoet kort verblijf	-	18,409	0,213
Zoet lang verblijf	-	8,564	0,159
Oligohalien	-	3,249	0,101
Saliniteitsgradiënt	-	2,937	1,067
Westerschelde			
Mesohalien	-	-	-
Zwak polyhalien	-	-	-
Sterk polyhalien	-	-	-
Monding			
Monding	-	-	-

7.3.2. Rekenparameter *Phaeocystis*

Data

De volgende datafiches worden gebruikt voor het analyseren van de rekenparameter *Phaeocystis*:

- S-DS-N-009 – Fytoplankton
- S-DS-V-009 – Fytoplankton

De volgende gegevensreeksen werden geselecteerd voor de periodieke gegevens:

- MWTL biological monitoring network Westerschelde: Phytoplankton
- OMES: Monitoring phytoplankton in the Zeeschelde

Definitie

Vanaf bepaalde concentraties kan *Phaeocystis* als een (mariene) plaagsoort omschreven worden en nadelige effecten hebben op het ecosysteem. Zo is er vanaf een cellendichtheid van meer dan 4 x 10^6 cellen per liter sprake van problematische *Phaeocystis* bloei, waardoor een maandelijkse opvolging in het zomerhalfjaar (april tot en met september) doorheen de Westerschelde wordt voorgeschreven. De bovengrens wordt bijgevolg gelegd op 4 x 10^6 cellen per liter en wordt beschouwd in elke zone (Westerschelde).

Methodiek

Na de selectie van de relevante gegevensreeksen, worden de stations toegewezen aan de geassocieerde segmenten (niveau 4) en zones (niveau 3). Vervolgens wordt er per zone (Westerschelde) bepaald wat de maximale dichtheid is die in een periode van 6 jaar gemeten is. Voor de Zeeschelde kunnen deze analyses ook uitgevoerd worden, zonder dat een specifieke toetswaarde voorhanden is.

Analyse

De maximale dichtheid van *Phaeocystis* kan voor het merendeel van de stations bepaald worden voor de periode *2016-2021*. Enkel voor de zones in de Zeeschelde (en de Zijrivieren) zijn er geen gegevens beschikbaar voor de periode *2016-2021* (noch voor de voorgaande periodes), met uitzondering van de zone *Sterke saliniteitsgradiënt*. Ook voor de stations aan de grenzen van het estuarium zijn er geen

gegevens beschikbaar, met uitzondering van het station *Walcheren 2 km* en het station *Haven Lillobrug* (enkel metingen in het jaar 2006).

De resultaten variëren tussen de verschillende zones, met afnames (zone *Sterke saliniteitsgradiënt*) en toenames (zone *Monding*) van de maximale dichtheid van *Phaeocystis* ten opzichte van de periode *2010-2015*. Net zoals in de voorgaande periodes, wordt in de periode *2016-2021* in elke beschouwde zone van de Westerschelde en Monding een overschrijding van de toetswaarde ($4 \cdot 10^6$ cellen/L) waargenomen. Een overzicht van de bekomen maxima wordt gegeven in Tabel 7-6.

Tabel 7-6: Maximale dichtheid van Phaeocystis *(in 10^6 cellen/L) die afgeleid werd in de verschillende zones (Zeeschelde en Westerschelde) in het Schelde-estuarium. Maxima zijn berekend per periode van zes jaar.*

Zone	2004-2009	2010-2015	2016-2021
Zeeschelde			
Zoet kort verblijf	-	-	-
Zoet lang verblijf	-	-	-
Oligohalien	-	-	-
Saliniteitsgradiënt	0,47	0,10	0,05
Westerschelde			
Mesohalien	-	-	-
Zwak polyhalien	7,93	9,23	11,25
Sterk polyhalien	36,30	53,56	36,25
Monding			
Monding	26,67	27,97	39,00

7.3.3. Rekenparameter Cyanobacteriën

Data

De volgende datafiches worden gebruikt voor het analyseren van de rekenparameter *Cyanobacteriën*:

- S-DS-N-009 – Fytoplankton
- S-DS-V-009 – Fytoplankton

De volgende gegevensreeksen werden geselecteerd voor de periodieke gegevens:

- MWTL biological monitoring network Westerschelde: Phytoplankton
- OMES: Monitoring phytoplankton in the Zeeschelde

Definitie

Cyanobacteriën kunnen toxines uitscheiden die schadelijk zijn voor zowel het ecosysteem als de volksgezondheid. Problemen voor de mens (recreatie) of vee (drinkwater) kunnen reeds optreden bij een cellendichtheid van 2×10^7 cellen per liter, waardoor een nauwe opvolging opportuun is. Voor de opvolging van temporele trends op langere termijn worden dan weer maandgemiddeldes gebruikt. De bovengrens wordt bijgevolg gelegd op 2×10^7 cellen per liter (of 2×10^4 cellen per mL) en wordt beschouwd in elke zone (Zeeschelde en Westerschelde, met focus op brakke en zoete wateren).

Methodiek

Na de selectie van de relevante gegevensreeksen, worden de stations toegewezen aan de geassocieerde segmenten (niveau 4) en zones (niveau 3). Vervolgens wordt er per zone (Zeeschelde en Westerschelde) bepaald wat de maximale dichtheid is die in een periode van 6 jaar gemeten is. Hiervoor wordt stapsgewijs gewerkt, namelijk: (1) bepalen gemiddelde dichtheid per station per maand, (2) bepalen gemiddelde dichtheid per segment per maand, (3) bepalen gemiddelde dichtheid per zone per maand, en (4) bepalen maximale dichtheid per zone per periode. Dit resultaat wordt vervolgens vergeleken met de resultaten van de voorbije periodes.

Analyse

De maximale dichtheid van de cyanobacteriën kan voor het merendeel van de stations bepaald worden voor de periode *2016-2021*. Enkel voor de zones *Mesohalien*, *Sterk polyhalien* en *Monding* zijn er geen gegevens beschikbaar voor de periode *2016-2021* (noch voor de voorgaande periodes). Bovendien zijn er voor de zones in de Zeeschelde slechts gegevens beschikbaar tot en met 2019.

De resultaten vertonen een gelijkaardige trend voor de verschillende zones, met voornamelijk afnames van de maximale dichtheid van de cyanobacteriën ten opzichte van de periode *2010-2015*. Enkel in de zone *Rupel* wordt een hogere dichtheid in de periode *2016-2021* (ten opzichte van de periode *2010-2015*) waargenomen, met een maximale dichtheid die hoger ligt dan het voorgeschreven criterium. De zones die in de periode *2010-2015* niet aan het criterium voldeden, vertonen in de periode *2016-2021* geen enkele overschrijding van de toetswaarde ($20 \cdot 10^3$ cellen/mL). Een overzicht van de bekomen maxima wordt gegeven in Tabel 7-7.

*Tabel 7-7: Maximale dichtheid van cyanobacteriën (in 10^3 cellen/mL) die afgeleid werd in de verschillende zones (Zeeschelde en Westerschelde) in het Schelde-estuarium. Maxima zijn berekend per periode van zes jaar. *: De volledige periode 2016-2021 wordt beschouwd, maar voor de Zijrivieren en Zeeschelde zijn er slechts metingen tot en met 2019.*

Zone	2004-2009	2010-2015	2016-2021*
Zijrivieren			
Zoet zijrivier	0,02	10,43	3,97
Durme	0,48	15,84	0,92
Rupel	0,05	8,34	27,77
Zeeschelde			
Zoet kort verblijf	0,17	24,84	5,61
Zoet lang verblijf	0,14	5,36	3,05
Oligohalien	0,07	9,53	0,63
Saliniteitsgradiënt	17,39	56,67	2,02
Westerschelde			
Mesohalien	-	-	-
Zwak polyhalien	3,38	4,56	6,44
Sterk polyhalien	-	-	-
Monding			
Monding	-	-	-

7.3.4. Algal genus pollution index

Data

De volgende datafiches worden gebruikt voor het analyseren van de rekenparameter *Algal Genus Pollution Index*:

- S-DS-N-009 – Fytoplankton
- S-DS-V-009 – Fytoplankton

De volgende gegevensreeksen werden geselecteerd voor de periodieke gegevens:

- MWTL biological monitoring network Westerschelde: Phytoplankton
- OMES: Monitoring phytoplankton in the Zeeschelde

Definitie

De *Algal genus pollution index* geeft een indicatie van de mate van organische verrijking en bevat hiervoor een aantal "sleutelgenera" (Palmer, 1969). De index scoort het voorkomen van een 20-tal genera in de fytoplanktongemeenschap, elk met een specifieke waarde (Tabel 7-8). Per monster worden de genera-specifieke scores opgeteld, waardoor men een index-score voor de beschouwde gemeenschap verkrijgt.

Tabel 7-8: Overzicht ingesloten genera in de 'Algal genus pollution index' volgens Palmer (1969). Voor ieder genus wordt de bijbehorende waarde vermeld.

Genus	Waarde	Genus	Waarde
Anacystis	1	*Micractinium*	1
Ankistridesmus	2	*Navicula*	3
Chyamydomonas	4	*Nitzschia*	3
Chlorella	3	*Oscillatoria*	5
Closterium	1	*Pandorina*	1
Cyclotella	1	*Phacus*	2
Euglena	5	*Phormidium*	1
Gomphonema	1	*Scenedesmus*	4
Lepocinclis	1	*Stigeoclonium*	2
Melosira	1	*Synedra*	2

Indicatief kan worden gesteld dat een finale score hoger dan 20 aangeeft dat er sprake is van ernstige organische verrijking, terwijl een score van 15 tot en met 19 aangeeft dat er wellicht sprake is van organische verrijking. De bovengrens wordt gelegd op het 6-jarig gemiddelde gedurende de periode 2004-2009 (i.e. de T2009-periode) en wordt beschouwd in elke zone (Zeeschelde en Westerschelde).

Methodiek

Na de selectie van de relevante gegevensreeksen, worden de soort-specifieke scores toegekend en de soorten zonder score verwijderd. Vervolgens wordt de index-waarde afgeleid per staal (i.e. per station en per meting) en worden de stations toegewezen aan de geassocieerde segmenten (niveau 4) en zones (niveau 3). Finaal wordt er per zone (Zeeschelde en Westerschelde) bepaald wat de gemiddelde index-score is die in een periode van 6 jaar gemeten is. Hiervoor wordt stapsgewijs gewerkt, namelijk: (1) bepalen gemiddelde verhouding per station per maand, (2) bepalen gemiddelde verhouding per segment

per maand, (3) bepalen gemiddelde verhouding per zone per maand, en (4) bepalen gemiddelde verhouding per zone per periode. Dit resultaat wordt vervolgens vergeleken met de resultaten van de voorbije periodes.

Analyse

De gemiddelde indexwaarde kan voor het merendeel van de stations bepaald worden voor de periode *2016-2021*. Enkel voor de zone *Mesohalien* zijn er geen gegevens beschikbaar voor de periodes *2004-2009* en *2010-2015*.

De resultaten vertonen een gelijkaardige trend voor de verschillende zones, met voornamelijk afnames van de gemiddelde indexwaarde ten opzichte van de periode *2010-2015*. In de zones *Zoet, lange verblijftijd* en *Oligohalien* ligt de gemiddelde indexwaarde wel nog hoger dan de waarnemingen uit de periode *2004-2009*. Een overzicht van de bekomen maxima wordt gegeven in Tabel 7-9.

*Tabel 7-9: Gemiddelde Genus Pollution Index die afgeleid werd in de verschillende zones (Zeeschelde en Westerschelde) in het Schelde-estuarium. Gemiddeldes zijn berekend per periode van zes jaar. *: De volledige periode 2016-2021 wordt beschouwd, maar voor de Zijrivieren en Zeeschelde zijn er slechts metingen tot en met 2019.*

Zone	2004-2009	2010-2015	2016-2021*
Zijrivieren			
Zoet zijrivier	10,66	13,11	9,11
Durme	7,80	10,00	7,60
Rupel	9,56	11,22	9,42
Zeeschelde			
Zoet kort verblijf	9,10	9,35	6,59
Zoet lang verblijf	7,54	8,96	7,96
Oligohalien	7,66	10,64	9,42
Saliniteitsgradiënt	7,17	5,99	4,65
Westerschelde			
Mesohalien	-	-	-
Zwak polyhalien	4,48	2,85	1,48
Sterk polyhalien	3,83	3,45	2,00
Monding			
Monding	3,36	3,07	2,50

7.3.5. Additionele parameters voor de verhaallijn *Primaire productie*

De verhaallijn *Primaire productie* start vanuit drie groepen: (1) fytoplankton, (2) fytobenthos en (3) macroalgen. Elk van deze groepen draagt bij aan de totale hoeveelheid biomassa die geproduceerd wordt via fotosynthese, waarbij het relatieve aandeel duidelijk verschilt. Zo kan gesteld worden dat fytoplankton de grootste bijdrage levert aan de totale primaire productie in het Schelde-estuarium, terwijl fytobenthos voornamelijk in de intergetijdengebieden een belangrijke bijdrage levert. Het aandeel van macroalgen doorheen het estuarium wordt als relatief klein geschat (Brys et al., 2005; Van der Molen et al., 2018). Hierdoor wordt enkel aandacht besteed aan de deelverhaallijnen *Fytoplankton* en *Fytobenthos*, met een focus op biomassa (Sectie 7.3.5.1 en Sectie 7.3.5.2), diversiteit (Sectie 7.3.5.3) en primaire productie (Sectie 7.3.5.4).

De algengemeenschap is ook een essentiële schakel in de energieproductie en -voorziening naar de hogere trofische niveaus. Hierdoor geeft de samenstelling van de gemeenschap een indicatie van (1) de kwaliteit van het estuarium als habitat en (2) de kwaliteit van de algen als voedselbron. Het inzicht in algen is dan ook cruciaal om de relaties met hogere trofische niveaus (bijv. zoöplankton, macrozoöbenthos en vissen) te doorgronden. Om de analyses van de hogere trofische niveaus te ondersteunen, worden nog een aantal additionele parameters geanalyseerd: *Diatomeeën* (Sectie 7.3.5.5) en *Verhouding kiezelwieren/groenwieren* (Sectie 7.3.5.6). Finaal wordt er ook nog gekeken naar de aanwezigheid van *exoten* (Sectie 7.3.5.7).

7.3.5.1. Biomassa fytoplankton (chlorofyl *a*)

Data

De volgende datafiches worden gebruikt voor het analyseren van de rekenparameter *Chlorofyl a (fytoplankton)*:

- S-FC-N-012 – Chlorofyl (periodiek)
- S-FC-V-012 – Chlorophyl a – Periodiek

De volgende gegevensreeksen werden geselecteerd voor de periodieke gegevens:

- MWTL chemical monitoring network Westerschelde
- OMES: Examination of the plankton and organic matter in the flemish part of the Scheldt estuary
- OMES: Monitoring fysical-chemical water quality in the Zeeschelde
- OMES: Monitoring the primary production in the flemish part of the Scheldt estuary
- VMM: Surface water monitoring network of the Flemish Environment Agency

Definitie

De biomassa wordt weergegeven als de hoeveelheid chlorofyl *a* per zone (niveau 3) en per maand.

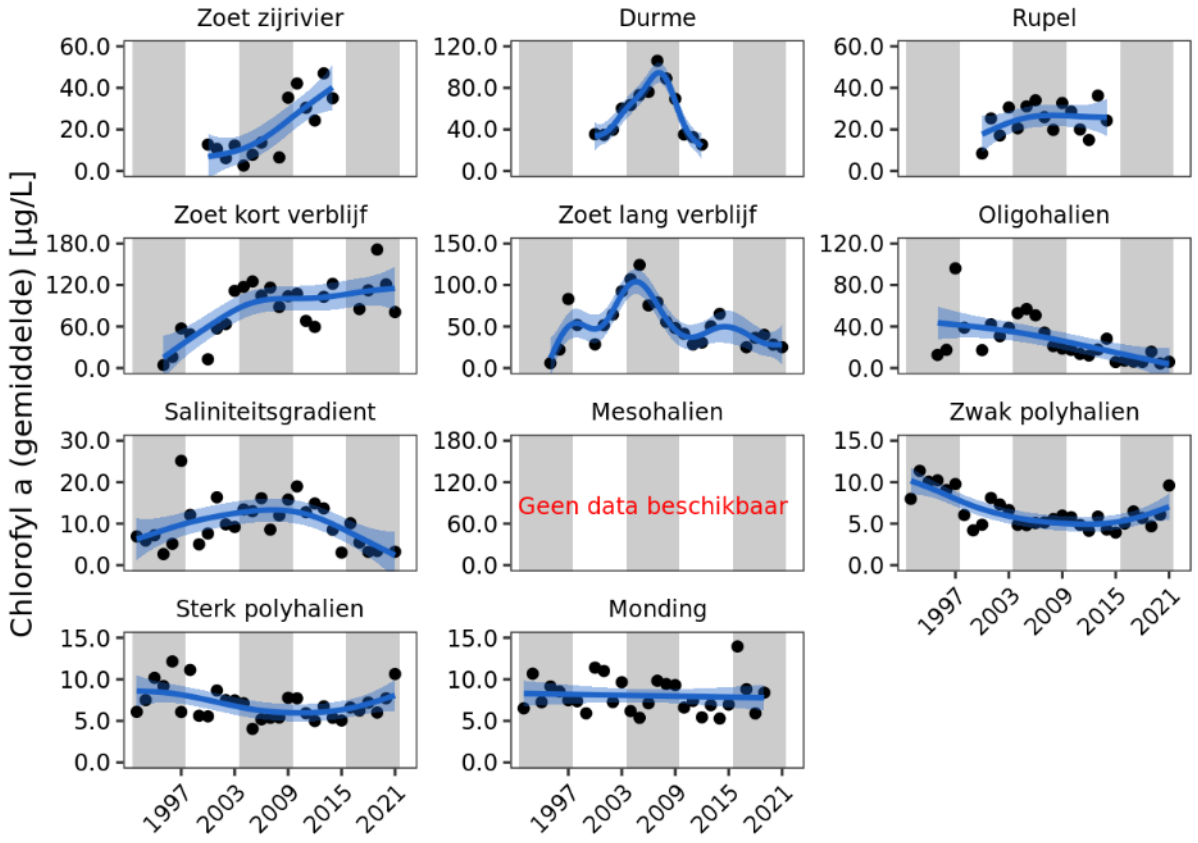
Methodiek

Na de selectie van de relevante gegevensreeksen, worden de stations toegewezen aan de geassocieerde segmenten (niveau 4) en zones (niveau 3). Vervolgens wordt er per zone (Zeeschelde en Westerschelde) bepaald wat de gemiddelde concentratie aan chlorofyl *a* is die maandelijks gemeten is. Hiervoor wordt stapsgewijs gewerkt, namelijk: (1) bepalen gemiddelde concentratie per station per maand, (2) bepalen gemiddelde concentratie per segment per maand, en (3) bepalen gemiddelde concentratie per zone per maand. Dit resultaat wordt vervolgens vergeleken met de resultaten van de voorbije jaren.

Analyse

De gemiddelde concentratie van chlorofyl *a* kan voor het merendeel van de zones (Zeeschelde en Westerschelde) bepaald worden voor de periode *2016-2021*. Enkel voor de Zijrivieren (zones *Durme* en *Rupel*) en de zone *Mesohalien* zijn er geen gegevens beschikbaar voor de periode *2016-2021* (noch voor de voorgaande periodes in de zone *Mesohalien*).

De resultaten variëren tussen de verschillende zones, met zowel lichte toenames (zones *Zoet kort verblijf*, *Zwak polyhalien* en *Sterk polyhalien*) als lichte afnames (zones *Zoet lang verblijf* en *Oligohalien*) in de voorbij zes jaar en ten opzichte van de voorgaande jaren. Een overzicht van de bekomen biomassa wordt gegeven in Figuur 7-16.



Figuur 7-16: Verloop van de gemiddelde concentratie van chlorofyl a (in µg/L) die afgeleid werd in de verschillende zones van het Schelde-estuarium.

7.3.5.2. Biomassa fytobenthos (chlorofyl *a*)

Data

De volgende datafiches worden gebruikt voor het analyseren van de rekenparameter *Chlorofyl a (fytobenthos)*:

- S-EF-N-002 – Bentische primaire productie
- S-FC-V-012 – Chlorophyl a – Periodiek

De volgende gegevensreeksen werden geselecteerd voor de periodieke gegevens:

- MWTL chemical monitoring network Westerschelde
- OMES: Monitoring phytoplankton in the Zeeschelde

Definitie

De biomassa wordt weergegeven als de hoeveelheid chlorofyl *a* per zone (niveau 3) en per maand.

Methodiek

Na de selectie van de relevante gegevensreeksen, worden de stations toegewezen aan de geassocieerde segmenten (niveau 4) en zones (niveau 3). Vervolgens wordt er per zone (Zeeschelde en Westerschelde) bepaald wat de gemiddelde concentratie aan chlorofyl *a* is die maandelijks gemeten is. Hiervoor wordt stapsgewijs gewerkt, namelijk: (1) bepalen gemiddelde concentratie per station per maand, (2) bepalen gemiddelde concentratie per segment per maand, en (3) bepalen gemiddelde concentratie per zone per maand. Dit resultaat wordt vervolgens vergeleken met de resultaten van de voorbije jaren.

Analyse

Voor de analyse van het fytobenthos zijn er gegevens beschikbaar van verschillende locaties in de Zeeschelde en Westerschelde. In de Zeeschelde zijn er voor het jaar 2017 gegevens beschikbaar voor vijf verschillende meetstations: Appels, Ballooi, Punt van Melsele (Boerenschans), Grens 1 (Groot Buitenschoor, modderoppervlak) en Grens 2 (Groot Buitenschoor, zandoppervlak). In de Westerschelde zijn er tot het jaar 2014 gegevens beschikbaar voor een uitgebreid aantal locaties (bijv. Platen van Ossenisse, Platen van Valkenisse, Saeftinge, Rug van Baarland). Er zijn dus onvoldoende gegevens om een temporele analyse van de concentratie chlorofyl *a* (als proxy voor de biomassa van het fytobenthos) uit te voeren voor de periode *2016-2021* en deze te vergelijken met de voorgaande jaren.

7.3.5.3. Diversiteit fytoplankton

Data

De volgende datafiches worden gebruikt voor het analyseren van de rekenparameter *Diversiteit fytoplankton*:

- S-DS-N-009 – Fytoplankton
- S-DS-V-009 – Fytoplankton

De volgende gegevensreeksen werden geselecteerd voor de periodieke gegevens:

- MWTL biological monitoring network Westerschelde: Phytoplankton
- OMES: Monitoring phytoplankton in the Zeeschelde

Definitie

De diversiteit wordt bepaald door middel van de Shannon-index op klasse-niveau en wordt weergegeven per zone (niveau 3) en per maand.

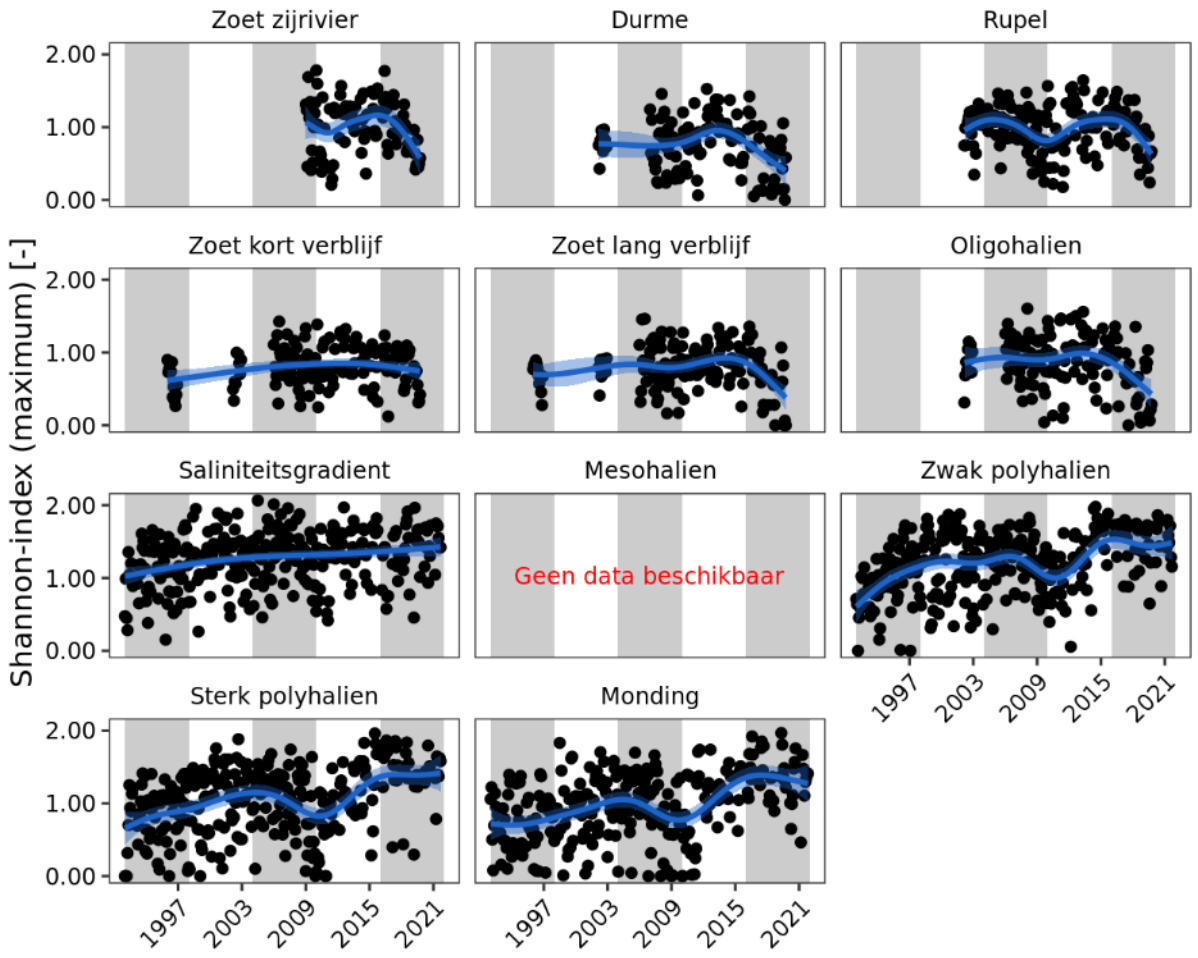
Methodiek

Na de selectie van de relevante gegevensreeksen, wordt de klasse-specifieke verdeling per monster afgeleid en als basis gebruikt voor het bepalen van de Shannon-index. Vervolgens worden de stations toegewezen aan de geassocieerde segmenten (niveau 4) en zones (niveau 3) en wordt er per zone (Zeeschelde en Westerschelde) bepaald wat de gemiddelde index-waarde is die maandelijks gemeten is. Hiervoor wordt stapsgewijs gewerkt, namelijk: (1) bepalen gemiddelde index per station per maand, (2) bepalen gemiddelde index per segment per maand, en (3) bepalen gemiddelde index per zone per maand. Dit resultaat wordt vervolgens vergeleken met de resultaten van de voorbije jaren.

Analyse

De maximale Shannon-index kan voor alle zones (Zeeschelde en Westerschelde) bepaald worden voor de periode *2016-2021*. Enkel voor de zone *Mesohalien* zijn er geen historische gegevens beschikbaar voor de voorgaande periodes (voor 2020). Ook zijn er voor de zones in de Zijrivieren en in de Zeeschelde geen gegevens beschikbaar voor de jaren 2020 en 2021.

De resultaten variëren tussen de verschillende zones, met zowel lichte toenames (zones *Saliniteitsgradiënt* en *Sterk polyhalien*) als afnames (zones *Rupel*, *Zoet kort verblijf, Zoet lang verblijf* en *Oligohalien*) van de diversiteitsindex in de voorbij zes jaar en ten opzichte van de voorgaande jaren. Een overzicht van de bekomen index wordt gegeven in Figuur 7-17.



Figuur 7-17: Verloop van de maximale Shannon-index die afgeleid werd in de verschillende zones van het Schelde-estuarium.

7.3.5.4. P:B verhouding (micro)fytobenthos

Data

De volgende datafiches worden gebruikt voor het analyseren van de rekenparameter *P:B-verhouding microfytobenthos*:

- S-EF-V-002 – Benthische primaire productie

De volgende gegevensreeksen werden geselecteerd voor de periodieke gegevens:

- OMES: Monitoring the primary production in the flemish part of the Scheldt estuary

Definitie

De P:B-verhouding geeft de primaire productie van het (micro)fytobenthos weer ten opzichte van de biomassa. De P:B-verhouding wordt enkel voor het (micro)fytobenthos weergegeven per zone (niveau 3) en per maand.

Methodiek

Na de selectie van de relevante gegevensreeksen, worden de stations toegewezen aan de geassocieerde segmenten (niveau 4) en zones (niveau 3). Vervolgens wordt er per zone (Zeeschelde & Westerschelde) bepaald wat de gemiddelde P:B-verhouding is die maandelijks gemeten is. Hiervoor wordt stapsgewijs gewerkt, namelijk: (1) bepalen gemiddelde verhouding per station per maand, (2) bepalen gemiddelde verhouding per segment per maand, en (3) bepalen gemiddelde verhouding per zone per maand. Dit resultaat wordt vervolgens vergeleken met de resultaten van de voorbije jaren.

Analyse

Voor de analyse van de productiviteit van het fytobenthos zijn er gegevens beschikbaar van vijf verschillende meetstations in de Zeeschelde: Appels, Ballooi, Punt van Melsele (Boerenschans), Grens 1 (Groot Buitenschoor, modderoppervlak) en Grens 2 (Groot Buitenschoor, zandoppervlak). In de Westerschelde zijn er ook reeds metingen van de productiviteit van het fytobenthos uitgevoerd, maar hiervoor is nog geen langdurige monitoringsinspanning voor geïmplementeerd. Er zijn dus onvoldoende gegevens om een temporele analyse van de productiviteit van het fytobenthos uit te voeren voor de periode *2016-2021* en deze te vergelijken met de voorgaande jaren.

7.3.5.5. Diatomeeën

Data

De volgende datafiches worden gebruikt voor het analyseren van de rekenparameter *Cyanobacteriën*:

- S-DS-N-009 – Fytoplankton
- S-DS-V-009 – Fytoplankton

De volgende gegevensreeksen werden geselecteerd voor de periodieke gegevens:

- MWTL biological monitoring network Westerschelde: Phytoplankton
- OMES: Monitoring phytoplankton in the Zeeschelde

Definitie

De diatomeeën (ook gekend als kiezelwieren) spelen een significante rol spelen in de nutriëntopname in het pelagiale voedselweb en de fixatie van nutriënten uit de waterkolom naar het sediment. Bovendien worden diatomeeën door het merendeel van de copepoden geprefereerd als hoogwaardige voedselbron, waardoor hun aanwezigheid mee de energiedoorstroming van de primaire producenten naar de hogere trofische niveaus. Bijgevolg wordt de biomassa aan diatomeeën geanalyseerd per Scheldezone (niveau 3), met weergave van de temporele trend op maandbasis.

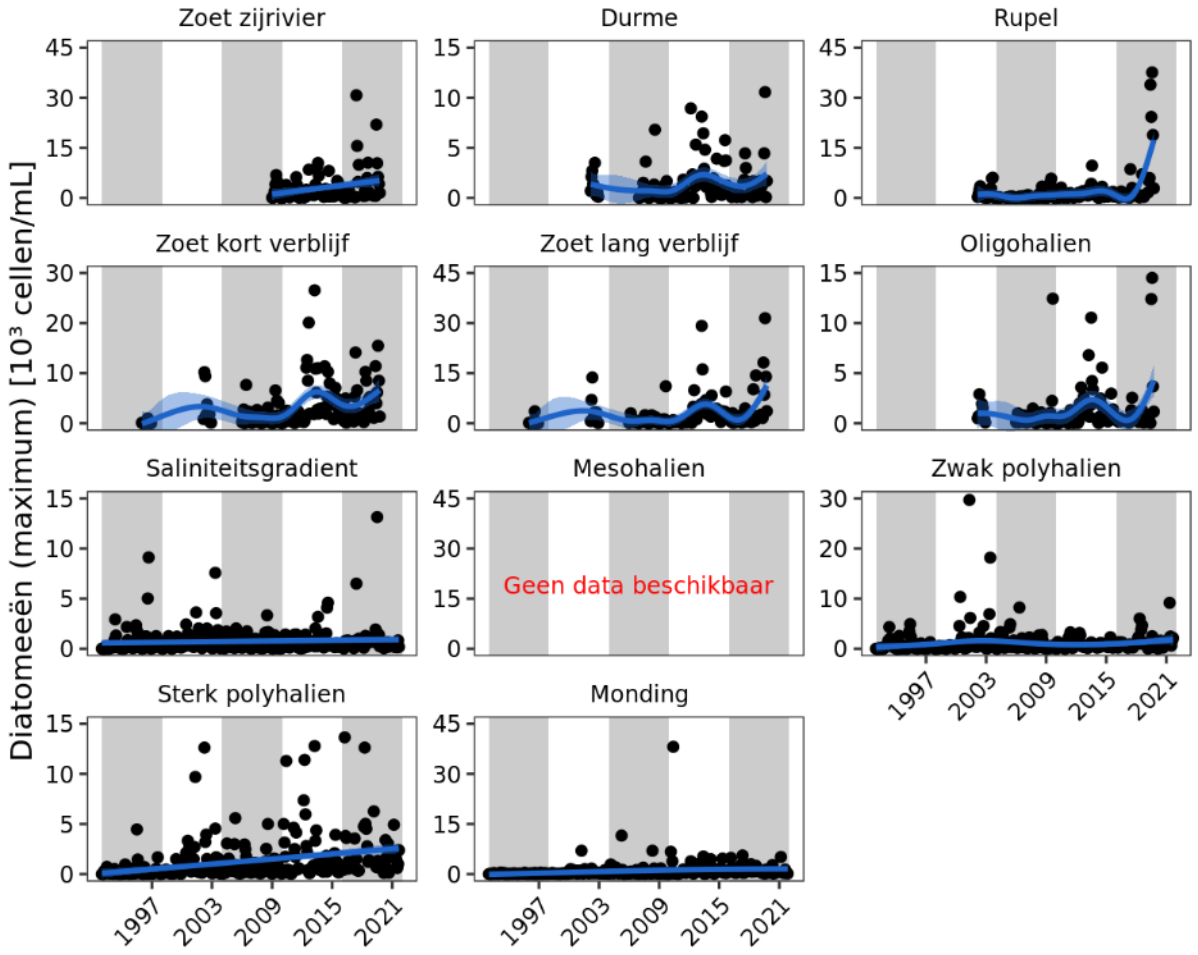
Methodiek

Na de selectie van de relevante gegevensreeksen, worden de stations toegewezen aan de geassocieerde segmenten (niveau 4) en zones (niveau 3). Vervolgens wordt er per zone (Zeeschelde en Westerschelde) bepaald wat de gemiddelde dichtheid aan diatomeeën is die maandelijks gemeten is. Hiervoor wordt stapsgewijs gewerkt, namelijk: (1) bepalen gemiddelde dichtheid per station per maand, (2) bepalen gemiddelde dichtheid per segment per maand, en (3) bepalen gemiddelde dichtheid per zone per maand. Dit resultaat wordt vervolgens vergeleken met de resultaten van de voorbije jaren.

Analyse

De gemiddelde dichtheid van de diatomeeën kan voor het merendeel van de zones (Zeeschelde en Westerschelde) bepaald worden voor de periode *2016-2021*. Enkel voor de zone *Mesohalien* zijn er geen historische gegevens beschikbaar voor de voorgaande periodes. Ook zijn er voor de zones in de Zijrivieren en in de Zeeschelde geen gegevens beschikbaar voor de jaren 2020 en 2021.

De resultaten variëren tussen de verschillende zones, met zowel toenames (zones *Zoet kort verblijf*, *Zwak polyhalien* en *Sterk polyhalien*) als afnames (zones *Salinitieitsgradiënt* en *Monding*) in de voorbij zes jaar en ten opzichte van de voorgaande jaren. Een overzicht van de bekomen dichtheid van de diatomeeën wordt gegeven in Figuur 7-18.



Figuur 7-18: Verloop van de gemiddelde dichtheid van de diatomeeën (in 10^3 cellen/mL) die afgeleid werd in de verschillende zones van het Schelde-estuarium.

7.3.5.6. Verhouding kiezelwieren/groenwieren

Data

De volgende datafiches worden gebruikt voor het analyseren van de rekenparameter *Cyanobacteriën*:

- S-DS-N-009 – Fytoplankton
- S-DS-V-009 – Fytoplankton

De volgende gegevensreeksen werden geselecteerd voor de periodieke gegevens:

- MWTL biological monitoring network Westerschelde: Phytoplankton
- OMES: Monitoring phytoplankton in the Zeeschelde

Definitie

De doorstroming van energie naar hogere trofische niveaus (onder andere naar zoöplankton, macrozoöbenthos en vissen) wordt bepaald door de begraasbaarheid van de aanwezige algen. Zo zijn diatomeeën kwalitatiever als voedselbron en eenvoudiger te begrazen dan groenalgen, waardoor een dominantie van groenalgen over diatomeeën kan leiden tot een verminderde efficiëntie van de doorstroming van energie. Bijgevolg wordt de verhouding van kiezelwieren ten opzichte van groenwieren geanalyseerd per Scheldezone (niveau 3), met weergave van de temporele trend op maandbasis.

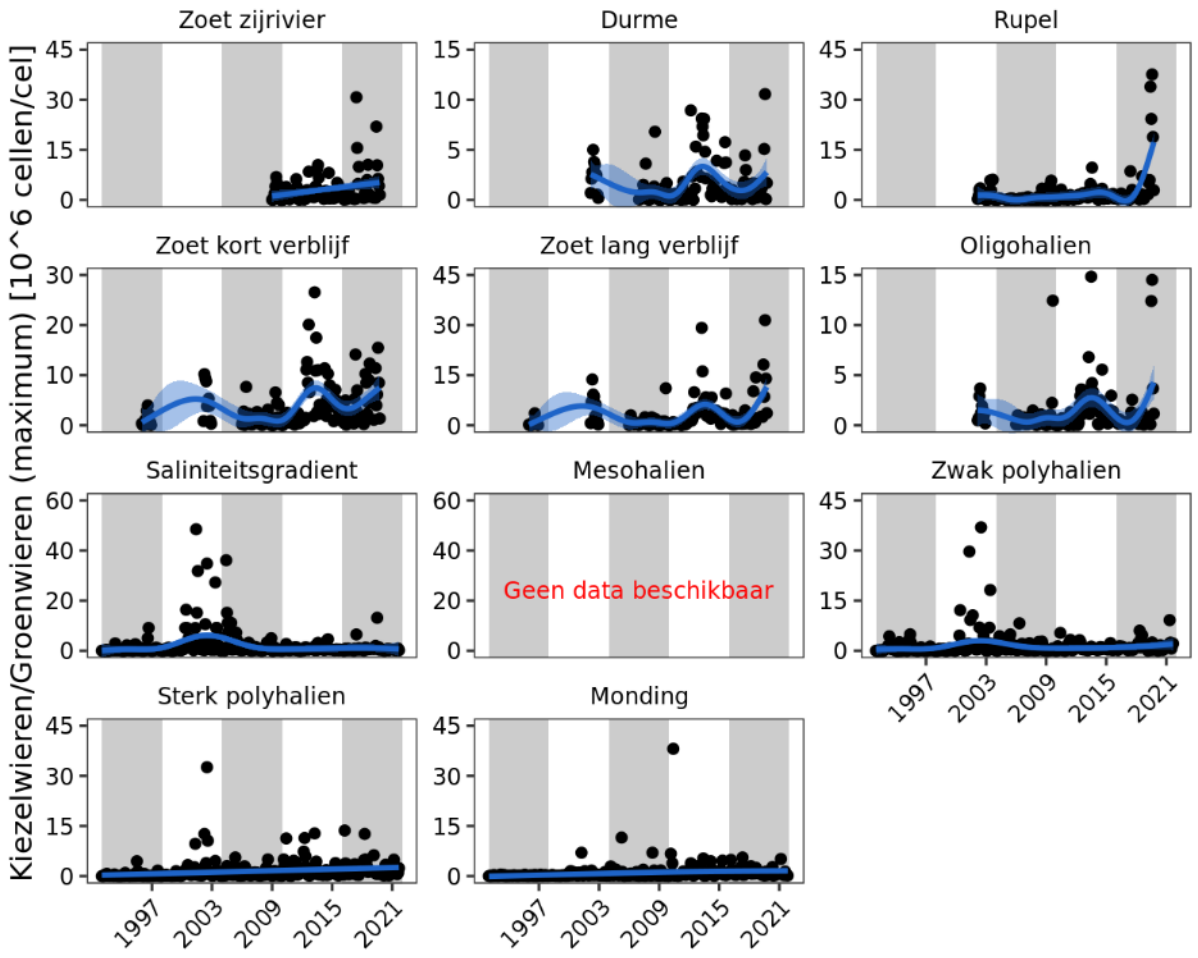
Methodiek

Na de selectie van de relevante gegevensreeksen en het bepalen van de verhouding van kiezelwieren ten opzichte van groenwieren, worden de stations toegewezen aan de geassocieerde segmenten (niveau 4) en zones (niveau 3). Vervolgens wordt er per zone (Zeeschelde en Westerschelde) bepaald wat de gemiddelde verhouding is die maandelijks gemeten is. Hiervoor wordt stapsgewijs gewerkt, namelijk: (1) bepalen gemiddelde verhouding per station per maand, (2) bepalen gemiddelde verhouding per segment per maand, en (3) bepalen gemiddelde verhouding per zone per maand. Dit resultaat wordt vervolgens vergeleken met de resultaten van de voorbije jaren.

Analyse

De verhouding van de diatomeeën ten opzichte van de groenwieren kan voor het merendeel van de zones (Zeeschelde en Westerschelde) bepaald worden voor de periode *2016-2021*. Enkel voor de zone *Mesohalien* zijn er geen historische gegevens beschikbaar voor de voorgaande periodes. Ook zijn er voor de zones in de Zijrivieren en in de Zeeschelde geen gegevens beschikbaar voor de jaren 2020 en 2021.

De resultaten variëren tussen de verschillende zones, met zowel toenames (zones *Zwak polyhalien* en *Sterk polyhalien*) als lichte afnames (zone *Monding*) in de voorbij zes jaar en ten opzichte van de voorgaande jaren. Een overzicht van de bekomen verhoudingen van de diatomeeën ten opzichte van de groenwieren wordt gegeven in Figuur 7-19.



Figuur 7-19: Verloop van de maandelijkse verhouding van de diatomeeën ten opzichte van de groenwieren (in 10^6 cellen/cel) die afgeleid werd in de verschillende zones van het Schelde-estuarium.

7.3.5.7. Invasieve en overige exoten

Data

De volgende datafiches worden gebruikt voor het analyseren van de rekenparameters *Invasieve exoten* en *Overige exoten*:

- S-DS-N-009 – Fytoplankton
- S-DS-V-009 – Fytoplankton

De volgende gegevensreeksen werden geselecteerd voor de periodieke gegevens:

- MWTL biological monitoring network Westerschelde: Phytoplankton
- OMES: Monitoring phytoplankton in the Zeeschelde

Definitie

De aanwezigheid van exoten kan verstorend werken op de functionaliteit en diversiteit van de beschouwde (en daarvan afhankelijke) soortgroepen. Er wordt een onderscheid gemaakt tussen *invasieve exoten* (waarvan de negatieve impact gekend is) en *overige exoten* (waarvan de impact nog onvoldoende gekend is of waarvan de impact eerder beperkt is). Een opvolging van het aantal soorten dat als exoot beschouwd wordt, kan een verklaring bieden voor patronen die binnen de soortgroepen worden waargenomen. Het aantal unieke soorten wordt absoluut bepaald en aangevuld met (1) de fractie die deze exoten innemen in de fytoplanktongemeenschap (op basis van abundantie) en (2) een soort-specifiek overzicht. Analyses en weergaves worden uitgevoerd per zone (niveau 3) en per jaar.

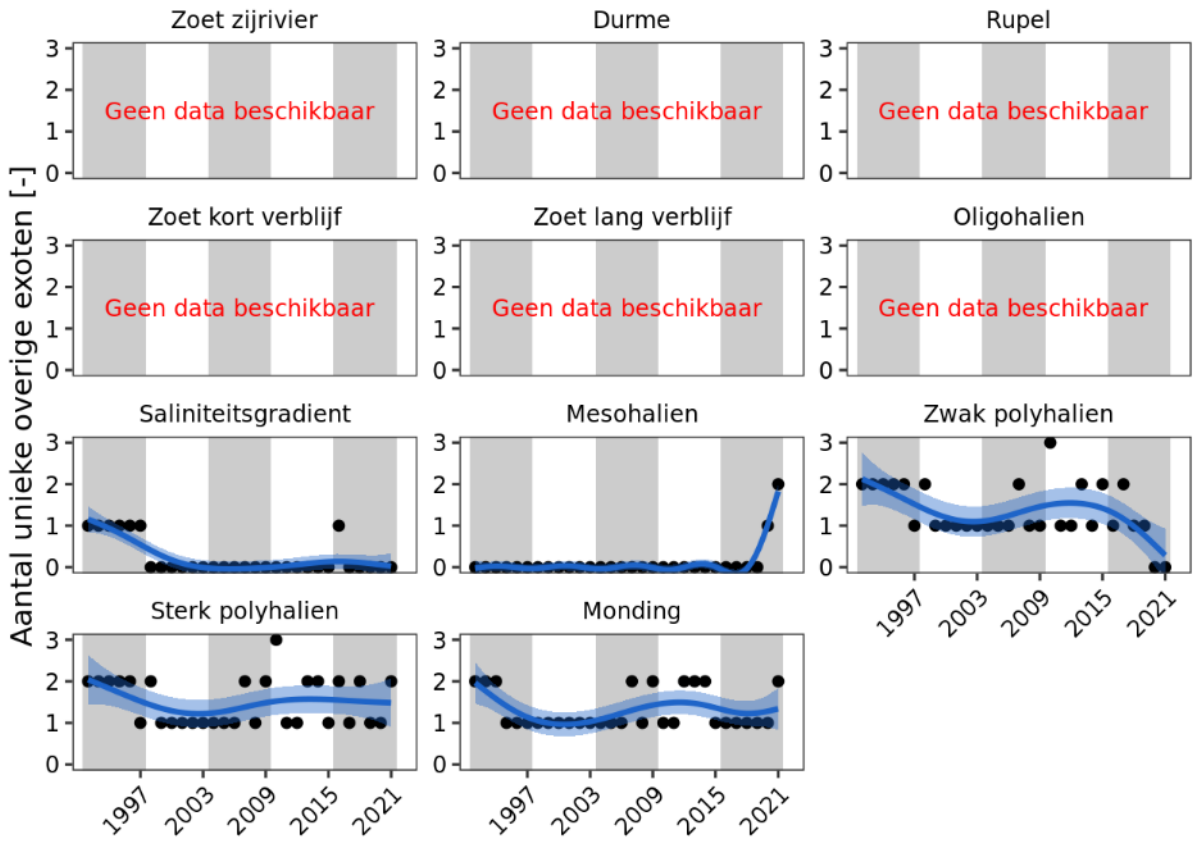
Methodiek

Na de selectie van de relevante gegevensreeksen, worden de stations toegewezen aan de geassocieerde segmenten (niveau 4) en zones (niveau 3). Vervolgens wordt er per zone (Zeeschelde & Westerschelde) bepaald wat het aantal unieke exoten is dat in een jaar gemeten is, met onderscheid tussen *invasieve* en *overige* exoten.

Analyse

Het fytoplankton wordt gekenmerkt door de afwezigheid van exoten die als invasief worden beschouwd. Hiervoor kunnen dus geen analyses uitgevoerd worden.

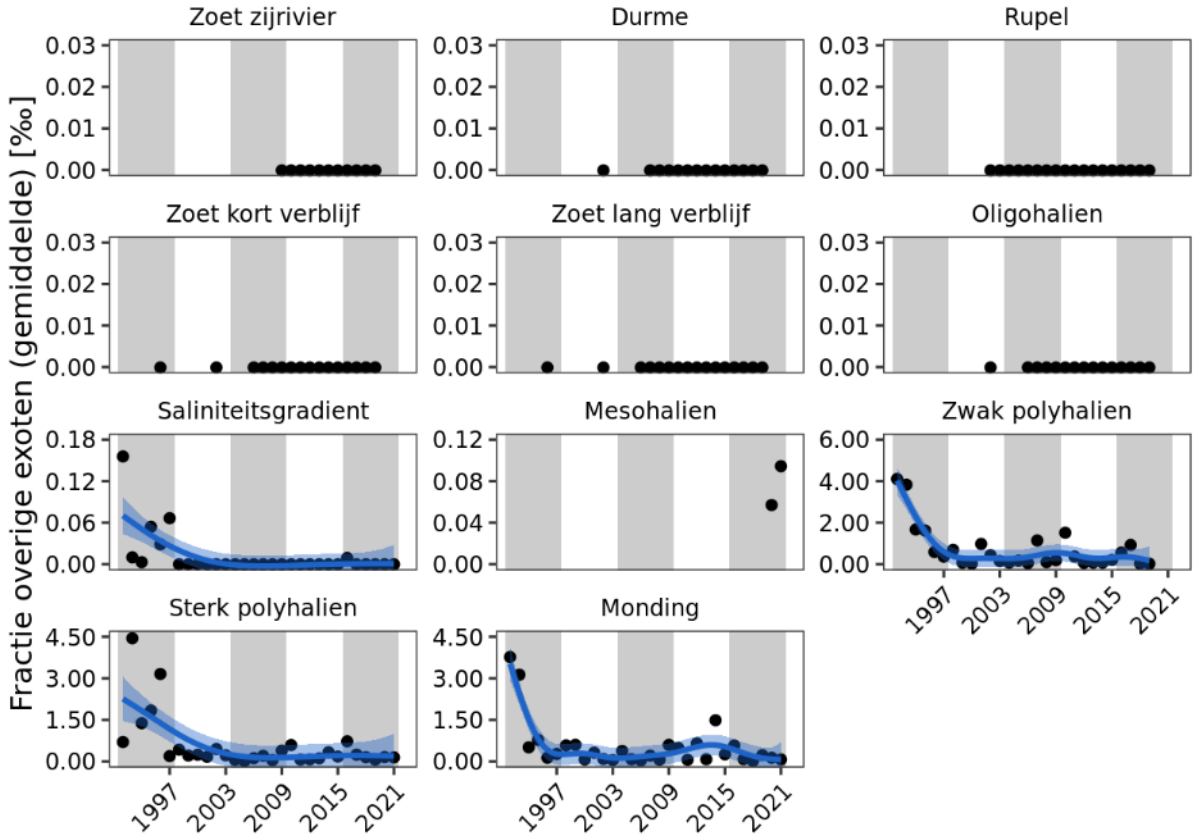
Ondanks het ontbreken van effectieve invasieve exoten, zijn er binnen het fytoplankton wel degelijk exoten aanwezig: *Coscinodiscus wailesii*, *Mediopyxis helysia*, *Odontella sinensis* en *Thalassiosira punctigera*. Deze worden evenwel (nog) niet als invasief beschouwd, maar worden in deze analyse wel meegenomen. Zo worden voornamelijk de zones stroomafwaarts (vanaf de zone *Sterke saliniteitsgradiënt*) gekenmerkt door de aanwezigheid van exoten in de voorbije zes jaar. De resultaten variëren tussen de zones, met zowel afnames (zone *Zwak polyhalien*) als toenames (zone *Mesohalien*) van het absoluut aantal exoten. Hierbij dient evenwel vermeld te worden dat het relatief lage aantal exoten ertoe leidt dat het al dan niet waarnemen van een enkele soort de afgeleide *smoother* kan beïnvloeden. Op basis van de resultaten kan er wel gesteld worden dat er in de zones met hoger zoutgehalte (*Zwak polyhalien*, *Sterk polyhalien* en *Monding*) consistent exoten worden waargenomen, terwijl dit in de overige zones eerder een uitzondering is. Een overzicht van het absoluut aantal overige exoten wordt gegeven in Figuur 7-20.



Figuur 7-20: Verloop van het absoluut aantal overige exoten binnen het fytoplankton dat waargenomen werd in de verschillende zones van het Schelde-estuarium.

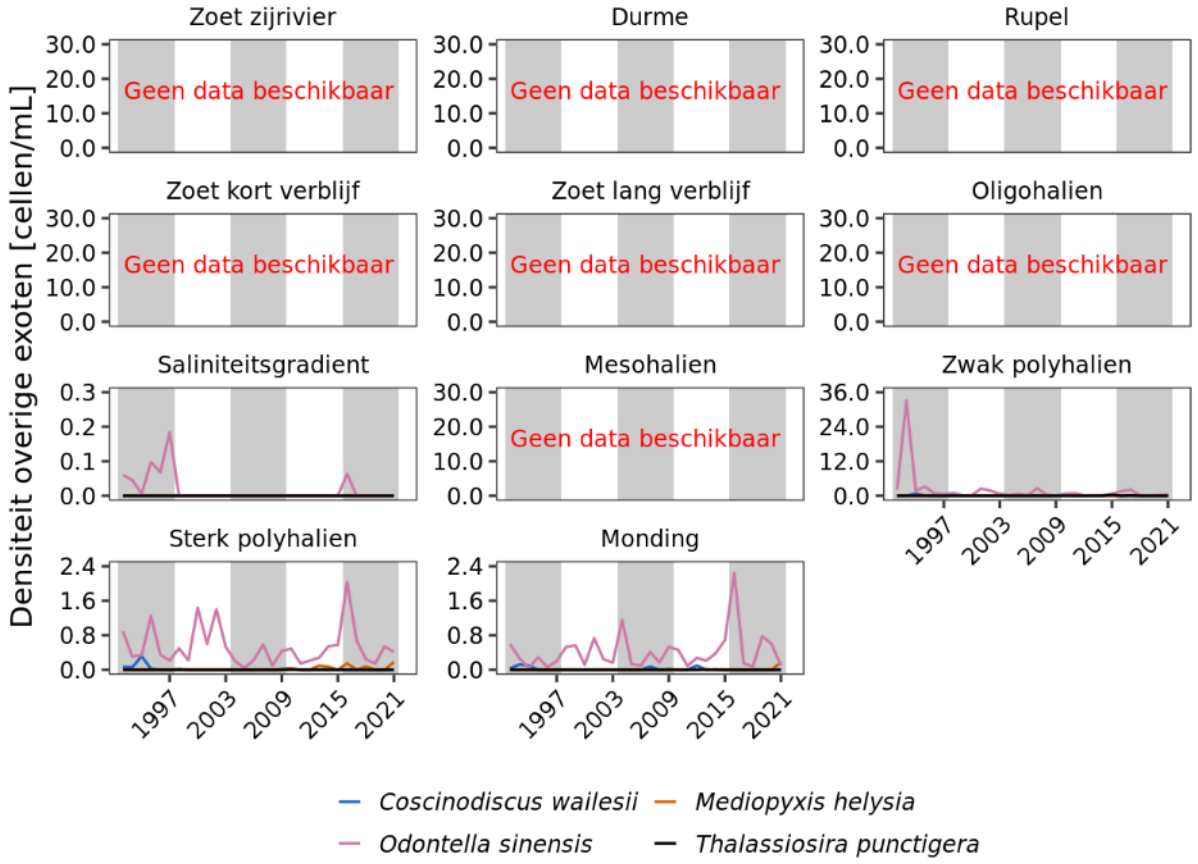
Het absolute aantal soorten dat als (overige) exoot beschouwd wordt, kan verder aangevuld worden met de fractie van de gemeenschap die door deze exoten wordt ingenomen. Een enkele exoot lijkt namelijk geen groot probleem te zijn voor het estuarium, maar wanneer deze een sterk invasief karakter heeft en de gemeenschap nagenoeg volledig domineert, dan kan dit wel tot problemen leiden.

De gemiddelde fractie die de overige exoten innemen in de volledige fytoplanktongemeenschap kan voor het merendeel van de stations (en zones) bepaald worden. Enkel voor de zone *Mesohalien* zijn er enkel gegevens van de laatste twee jaren (2020 en 2021). De gemiddelde fractie die de overige exoten in de fytoplanktongemeenschap innemen, blijkt relatief laag te zijn (nagenoeg steeds kleiner dan 1 ‰). De analyses vertonen wel een duidelijke variatie tussen opeenvolgende jaren, maar een rechtlijnige toe- of afname van deze fractie wordt niet waargenomen. Een overzicht van het verloop van deze fracties ingenomen door de overige exoten wordt gegeven in Figuur 7-21.



Figuur 7-21: Verloop van de gemiddelde fractie van de fytoplanktongemeenschap die de overige exoten innemen in de verschillende zones van het Schelde-estuarium.

De analyses met betrekking tot het absoluut aantal overige exoten toonde reeds aan dat er relatief weinig exoten binnen de fytoplanktongemeenschap waargenomen worden. Specifiek werden de volgende soorten reeds in het Schelde-estuarium geïdentificeerd: *Coscinodiscus wailesii*, *Mediopyxis helysia*, *Odontella sinensis* en *Thalassiosira punctigera*. Van deze vier blijkt voornamelijk *O. sinensis* een grotere fractie van de fytoplanktongemeenschap in te nemen, met jaarlijkse gemiddelde dichtheden die soms hoger liggen dan 2000 individuen per liter. Ook *M. helysia* en *T. punctigera* worden in de laatste zes jaar waargenomen, terwijl de aanwezigheid van *C. wailesii* niet meer wordt gerapporteerd. Een overzicht van het verloop van de soort-specifieke dichtheid voor de overige exoten wordt gegeven in Figuur 7-22.



Figuur 7-22: Verloop van de soort-specifieke dichtheid van de overige exoten die binnen het fytoplankton werden waargenomen in de verschillende zones van het Schelde-estuarium.

7.4. Toetsparameter Zoöplankton

Zoöplankton is een parapluterm voor protisten en diersoorten die zich niet onafhankelijk in de waterkolom kunnen voortbewegen. Voor hun verspreiding zijn ze dus onderhevig aan de dominante waterstromingen in een systeem. Een opdeling van het zoöplankton in subcategorieën kan uitgevoerd worden op basis van (1) de levenscyclus en (2) de grootte. De eerste benadering hanteert een onderscheid tussen soorten die gedurende hun hele leven tot het plankton behoren (het holoplankton) en soorten die slechts een deel van hun leven tot het plankton behoren (het meroplankton). Het holoplankton omvat onder andere de copepoden, rotiferen, ciliaten en heterotrofe flagellaten, terwijl het meroplankton de adulte stadia van kwallen (met een vastzittend larvaal stadium) en de larvale stadia van kreeftachtigen, schelpdieren, borstelwormen en meerdere vissen omvat. De tweede benadering maakt een onderscheid tussen (1) microzoöplankton (< 200 µm), (2) mesozoöplankton (200 µm – 20 mm) en (3) macrozoöplankton (> 20 mm). Het merendeel van het zoöplankton wordt beschouwd als primaire consumenten, aangevuld met enkele predatoren (bijv. kwallen).

Er wordt verwacht dat een verbetering van de waterkwaliteit en van de energiedoorstroming leidt tot een toename in de zoöplanktonbiomassa. Ook de aanwezigheid van de copepode *Eurytemora affinis* wordt verwacht toe te nemen door deze verbetering. *E. affinis* speelt in het brakke deel van het estuarium reeds een belangrijke rol en kan zeer goed omgaan met fluctuaties in zoutgehalte (Driessen *et al.*, 2018), waardoor het een goede indicator is voor de veranderende waterkwaliteit. Niet enkel de aanwezigheid van *E. affinis* geeft een indicatie van de waterkwaliteit, ook de verhoudingen van overige zoöplanktongroepen kan hiervoor aangewend worden. Zo leidt een toename in nutriënten tot een stijging van de verhoudingen 'Cladocera-Calanoida' en 'Cyclopoida-Calanoida' (Ejsmont-Karabin en Karabin, 2013). Bijgevolg worden voor deze toetsparameter de volgende rekenparameters gehanteerd: *Jaarmaximum totale biomassa* (Sectie 7.4.1), *Jaarmaximum* Eurytemora affinis (Sectie 7.4.2), *Verhouding Cladocera-Calanoida* (Sectie 7.4.3) en *Verhouding Cyclopoida-Calanoida* (Sectie 7.4.4). Additionele beschrijvende en verklarende parameters voor de ecologische verhaallijnen worden behandeld in Sectie 7.4.5.

Kader 7-2 – Kanttekeningen bij de toetsparameter *Zoöplankton*

- In de Zeeschelde behoort de zoöplanktonmonitoring sinds halfweg de jaren negentig tot de standaard monitoring, terwijl bemonstering in de Westerschelde slechts relatief recent werd ingevoerd. Echter, gegevens omtrent het voorkomen van kwallen zijn relatief beperkt, ondanks de impact die deze organismen kunnen hebben op het micro- en mesozoöplankton. Kwallen kunnen in bepaalde tijden van het voorjaar namelijk in hoge aantallen voorkomen en een enorme predatiedruk uitoefenen op het mesozoöplankton. Deze waarnemingen zijn evenwel sterk anekdotisch en er is weinig systematisch onderzoek beschikbaar over de rol van deze diergroep in het functioneren van het Schelde-ecosysteem, waardoor deze niet mee opgenomen zijn in de analyses.

- De data wordt aangeleverd in de vorm van de waargenomen densiteit (aantal individuen per volume-eenheid). Dit zorgt ervoor dat het bepalen van de zoöplanktonbiomassa steunt op een omzetting naar een natgewicht per volume-eenheid door middel van een omrekentabel met gemiddelde soortelijke gewichten. Voor deze omrekening zijn omrekentabellen uit de voorgaande T-rapportages gehanteerd.

7.4.1. Jaarmaximum totale biomassa

Data

De volgende datafiches worden gebruikt voor het analyseren van de rekenparameter *Jaarmaximum totale biomassa*:

- S-EF-N-003 – Pelagische secundaire productie
- S-EF-V-003 – Pelagische secundaire productie

De volgende gegevensreeksen worden geselecteerd voor de periodieke gegevens:

- OMES: Monitoring zooplankton in the Zeeschelde
- MWTL biological monitoring network Westerschelde: Mesozooplankton

Definitie

De totale zoöplanktonbiomassa is een indicator van de waterkwaliteit en de geassocieerde doorstroming van energie doorheen het systeem. De maximale zoöplanktonbiomassa geeft dan ook een indicatie van de efficiëntie van de energiedoorstroming en de beschikbaarheid van voedsel voor de hogere trofische niveaus. Een toename kan evenwel ook veroorzaakt worden door een achteruitgang in het aantal predatoren, maar verwacht wordt dat dit signaal dan elders wordt opgepikt (bijv. bij de vissen). De ondergrens wordt gelegd op het 6-jarig gemiddelde van de waargenomen jaarmaxima (in natgewicht) gedurende de periode 2004-2009 (i.e. de T2009-periode) en wordt beschouwd in elke zone (Zeeschelde en Westerschelde).

Methodiek

Na de selectie van de relevante gegevensreeksen, worden de stations toegewezen aan de geassocieerde segmenten (niveau 4) en zones (niveau 3). Vervolgens worden de densiteiten door middel van soortelijke gewichten en een algemene conversiefactor van 5 (g natgewicht / g drooggewicht) omgezet naar natgewichten en wordt er per zone (Zeeschelde & Westerschelde) bepaald wat de gemiddelde jaarlijkse maximale zoöplanktonbiomassa is die in een periode van 6 jaar gemeten is. Dit resultaat wordt vervolgens vergeleken met de resultaten van de voorbije periodes.

Analyse

De gemiddelde jaarmaxima kunnen voor het merendeel van de zones in de Zeeschelde bepaald worden voor de periode *2016-2021*. Voor de zones in de Westerschelde zijn er voor de meeste meetstations geen gepaste gegevens beschikbaar voor de periode *2016-2021*, met uitzondering van de zone *Sterk polyhalien*.

De resultaten vertonen grotendeels dezelfde trend in de verschillende zones, met afnames van de gemiddelde jaarmaxima ten opzichte van de periode *2004-2009*. Deze afnames komen in alle zones voor en zijn voornamelijk in de stroomopwaartse zones (*Zoet, korte verblijftijd*) en de zijrivieren (*Durme*, en *Rupel*) opmerkelijk (nagenoeg een halvering van het gemiddelde jaarmaximum in de periode *2004-2009*). Bijgevolg voldoet enkel de zone *Zoet zijrivier* aan het opgestelde criterium dat er geen afname van het jaarmaximum mag zijn ten opzicht van de periode *2004-2009*. Ten opzichte van de periode *2010-2015* kunnen er zowel toenames (zones *Zoet, lange verblijftijd* en *Oligohalien*) als afnames (zones *Rupel* en *Saliniteitsgradiënt*) waargenomen worden. Een overzicht van de bekomen gemiddeldes wordt gegeven in Tabel 7-10.

Tabel 7-10: Gemiddelde jaarmaximum aan zoöplanktonbiomassa (mg/m³) die afgeleid werd in de verschillende zones (Zeeschelde en Westerschelde) in het Schelde-estuarium. Gemiddeldes zijn berekend per periode van zes jaar.

Zone	2004-2009	2010-2015	2016-2021
Zijrivieren			
Zoet zijrivier	532,12	618,78	541,49
Durme	3037,97	3737,53	1684,07
Rupel	552,36	264,67	210,84
Zeeschelde			
Zoet kort verblijf	6431,85	2485,97	3819,10
Zoet lang verblijf	4786,85	1218,01	1306,90
Oligohalien	1238,40	703,81	900,51
Saliniteitsgradient	315,48	453,10	255,70
Westerschelde			
Mesohalien	-	85,70	-
Zwak polyhalien	-	-	-
Sterk polyhalien	-	359,48	4,51
Monding			
Monding	-	960,82	-

7.4.2. Jaarmaximum *Eurytemora affinis*

Data

De volgende datafiches worden gebruikt voor het analyseren van de rekenparameter *Jaarmaximum totale biomassa*:

- S-EF-N-003 – Pelagische secundaire productie
- S-EF-V-003 – Pelagische secundaire productie

De volgende gegevensreeksen worden geselecteerd voor de periodieke gegevens:

- OMES: Monitoring zooplankton in the Zeeschelde
- MWTL biological monitoring network Westerschelde: Mesozooplankton

Definitie

Analoog aan de totale zoöplanktonbiomassa is ook de copepode *Eurytemora affinis* een indicator van de waterkwaliteit en de geassocieerde doorstroming van energie doorheen het systeem. De maximale biomassa geeft dan ook een indicatie van de efficiëntie van de energiedoorstroming en de beschikbaarheid van voedsel voor de hogere trofische niveaus. De ondergrens wordt gelegd op het 6-jarig gemiddelde van de waargenomen jaarmaxima (in natgewicht) gedurende de periode 2004-2009 (i.e. de T2009-periode) en wordt beschouwd in de zones *Oligohalien*, *Zoet, lange verblijftijd*, *Zoet, korte verblijftijd*, *Rupel* en *Durme*.

Methodiek

Na de selectie van de relevante gegevensreeksen, worden de stations toegewezen aan de geassocieerde segmenten (niveau 4) en zones (niveau 3). Vervolgens wordt er per zone (Zeeschelde & Westerschelde) bepaald wat de gemiddelde jaarlijkse densiteit is die in een periode van 6 jaar gemeten is. Dit resultaat wordt vervolgens vergeleken met de resultaten van de voorbije periodes.

Analyse

De gemiddelde jaarmaxima aan *Eurytemora affinis* kunnen voor het merendeel van de zones in de Zeeschelde bepaald worden voor de periode *2016-2021*. Voor de zones in de Westerschelde zijn er geen meetstations met waarnemingen van *E. affinis* beschikbaar voor de periode *2016-2021*.

De resultaten vertonen zowel toenames (zones *Zoet zijrivier* en *Zoet, korte verblijftijd*) als afnames (zones *Durme* en *Saliniteitsgradiënt*) van de gemiddelde jaarmaxima ten opzichte van de periode *2004-2009*. Bijgevolg voldoen enkele zones niet aan het criterium dat er geen afname mag zijn van het jaarmaximum van *E. affinis*. Ten opzichte van de periode *2010-2015* zijn er bovendien nog andere zones die een afname van het jaarmaximum vertonen (zones *Zoet, korte verblijftijd* en *Oligohalien*), ondanks een toename ten opzichte van de periode *2004-2009*. Een overzicht van de bekomen gemiddeldes wordt gegeven in Tabel 7-11.

Tabel 7-11: Gemiddelde jaarmaximum aan Eurytemora affinis *(in 1000 ind/m³) die afgeleid werd in de verschillende zones (Zeeschelde en Westerschelde) in het Schelde-estuarium. Gemiddeldes zijn berekend per periode van zes jaar.*

Zone	2004-2009	2010-2015	2016-2021
Zijrivieren			
Zoet zijrivier	12,10	11,77	19,75
Durme	54,43	38,91	21,84
Rupel	5,23	10,30	6,69
Zeeschelde			
Zoet kort verblijf	10,68	37,07	33,16
Zoet lang verblijf	21,92	29,07	15,38
Oligohalien	14,01	22,06	20,82
Saliniteitsgradient	12,37	21,24	6,29
Westerschelde			
Mesohalien	-	1,23	-
Zwak polyhalien	-	-	-
Sterk polyhalien	-	-	-
Monding			
Monding	-	-	-

7.4.3. Verhouding Cladocera-Calanoida

Data

De volgende datafiches worden gebruikt voor het analyseren van de rekenparameter *Jaarmaximum totale biomassa*:

- S-EF-N-003 – Pelagische secundaire productie
- S-EF-V-003 – Pelagische secundaire productie

De volgende gegevensreeksen worden geselecteerd voor de periodieke gegevens:

- OMES: Monitoring zooplankton in the Zeeschelde
- MWTL biological monitoring network Westerschelde: Mesozooplankton

Definitie

Verhoudingen geven een indicatie van de eutrofiëringsgraad van het systeem en de eventuele aanwezigheid van toxische stoffen. Deze verhoudingen kunnen dan ook ingezet worden als indicator voor de trofische condities. Hiervoor wordt per jaar en per zone (niveau 3) de gemiddelde dichtheid aan Cladocera en Calanoida bepaald, waarna de verhouding op basis van de gemiddelden wordt berekend. De ondergrens wordt gelegd op het 6-jarig gemiddelde van de afgeleide verhouding gedurende de periode 2004-2009 (i.e. de T2009-periode) en wordt beschouwd in elke zone (Zeeschelde en Westerschelde).

Methodiek

Na de selectie van de relevante gegevensreeksen, worden de stations toegewezen aan de geassocieerde segmenten (niveau 4) en zones (niveau 3). Vervolgens wordt er per zone (Zeeschelde & Westerschelde) bepaald wat de gemiddelde verhouding van Cladocera versus Calanoida is die in een periode van 6 jaar gemeten is. Hiervoor wordt stapsgewijs gewerkt, namelijk: (1) bepalen gemiddelde verhouding per station per maand, (2) bepalen gemiddelde verhouding per segment per maand, (3) bepalen gemiddelde verhouding per zone per maand, en (4) bepalen gemiddelde verhouding per zone per periode. Dit resultaat wordt vervolgens vergeleken met de resultaten van de voorbije periodes.

Analyse

De gemiddelde verhouding van Cladocera versus Calanoida kan voor het merendeel van de stations in de Zeeschelde bepaald worden voor de periode *2016-2021*. Voor de stations in de Westerschelde zijn er geen gegevens beschikbaar voor de periode *2016-2021*, met uitzondering van de zone *Sterk polyhalien*.

De resultaten vertonen voornamelijk een afname van de dominantie door Cladocera ten opzichte van de Calanoida. In de zones *Zoet zijrivier* en *Zoet, kort verblijf* worden in de periode *2016-2021* wel nog een verhoogde dominantie door Cladocera waargenomen (ten opzichte van de periode *2004-2009*), maar in alle overige zones ligt deze verhouding beduidend lager. Vooral in de zijrivieren (zones *Durme* en *Rupel*) is deze verhouding duidelijk lager in de periode *2016-2021* ten opzichte van de periode *2004-2009*, maar vertoont deze wel een gelijkaardige grootteorde als in de periode *2010-2015*. Een overzicht van de bekomen gemiddeldes wordt gegeven in Tabel 7-12.

Tabel 7-12: Gemiddelde verhouding van Cladocera versus Calanoida die afgeleid werd in de verschillende zones (Zeeschelde en Westerschelde) in het Schelde-estuarium. Gemiddeldes zijn berekend per periode van zes jaar.

Zone	2004-2009	2010-2015	2016-2021
Zijrivieren			
Zoet zijrivier	1,18	2,69	1,93
Durme	17,81	5,31	5,55
Rupel	5,38	1,67	1,00
Zeeschelde			
Zoet kort verblijf	19,24	10,01	25,34
Zoet lang verblijf	4,20	2,23	3,11
Oligohalien	3,51	1,11	0,28
Saliniteitsgradient	0,39	0,25	0,15
Westerschelde			
Mesohalien	-	0	-
Zwak polyhalien	-	-	-
Sterk polyhalien	-	0,73	0
Monding			
Monding	-	0,13	-

7.4.4. Verhouding Cyclopoida-Calanoida

Data

De volgende datafiches worden gebruikt voor het analyseren van de rekenparameter *Jaarmaximum totale biomassa*:

- S-EF-N-003 – Pelagische secundaire productie
- S-EF-V-003 – Pelagische secundaire productie

De volgende gegevensreeksen worden geselecteerd voor de periodieke gegevens:

- OMES: Monitoring zooplankton in the Zeeschelde
- MWTL biological monitoring network Westerschelde: Mesozooplankton

Definitie

Verhoudingen geven een indicatie van de eutrofiëringsgraad van het systeem en de eventuele aanwezigheid van toxische stoffen. Deze verhoudingen kunnen dan ook ingezet worden als indicator voor de trofische condities. Hiervoor wordt per jaar en per zone (niveau 3) de gemiddelde dichtheid aan Cyclopoida en Calanoida bepaald, waarna de verhouding op basis van de gemiddelden wordt berekend. De ondergrens wordt gelegd op het 6-jarig gemiddelde van de afgeleide verhouding gedurende de periode 2004-2009 (i.e. de T2009-periode) en wordt beschouwd in elke zone (Zeeschelde en Westerschelde).

Methodiek

Na de selectie van de relevante gegevensreeksen, worden de stations toegewezen aan de geassocieerde segmenten (niveau 4) en zones (niveau 3). Vervolgens wordt er per zone (Zeeschelde & Westerschelde) bepaald wat de gemiddelde verhouding van Cyclopoida versus Calanoida is die in een periode van 6 jaar

gemeten is. Hiervoor wordt stapsgewijs gewerkt, namelijk: (1) bepalen gemiddelde verhouding per station per maand, (2) bepalen gemiddelde verhouding per segment per maand, (3) bepalen gemiddelde verhouding per zone per maand, en (4) bepalen gemiddelde verhouding per zone per periode. Dit resultaat wordt vervolgens vergeleken met de resultaten van de voorbije periodes.

Analyse

De gemiddelde verhouding van Cyclopoida versus Calanoida kan voor het merendeel van de stations in de Zeeschelde bepaald worden voor de periode *2016-2021*. Voor de stations in de Westerschelde zijn er geen gegevens beschikbaar voor de periode *2016-2021*, met uitzondering van de zone *Sterk polyhalien*.

De resultaten vertonen voornamelijk een afname van de verhouding van Cyclopoida ten opzichte van de Calanoida. In de zones *Zoet, kort verblijf* en *Zoet, lang verblijf* wordt in de periode *2016-2021* wel nog een dominantie door Cyclopoida waargenomen, doch deze ligt lager dan in de periode *2004-2009*. De uitgesproken dominantie die in de periode *2004-2009* wordt waargenomen, blijkt niet meer aanwezig in de periodes *2010-2015* en *2016-2021*. Enkel in de zone *Sterke saliniteitsgradiënt* ligt de verhouding in de periode *2016-2021* hoger dan in de periode *2004-2009*. Een overzicht van de bekomen gemiddeldes wordt gegeven in Tabel 7-13.

Tabel 7-13: Gemiddelde verhouding van Cyclopoida versus Calanoida die afgeleid werd in de verschillende zones (Zeeschelde en Westerschelde) in het Schelde-estuarium. Gemiddeldes zijn berekend per periode van zes jaar.

Zone	2004-2009	2010-2015	2016-2021
Zijrivieren			
Zoet zijrivier	0,83	0,79	0,81
Durme	4,21	0,31	0,38
Rupel	1,85	0,39	0,23
Zeeschelde			
Zoet kort verblijf	9,44	1,93	2,60
Zoet lang verblijf	1,93	0,85	1,10
Oligohalien	2,77	0,14	0,07
Saliniteitsgradient	0,34	0,11	0,66
Westerschelde			
Mesohalien	-	0,47	-
Zwak polyhalien	-	-	-
Sterk polyhalien	-	3,15	0
Monding			
Monding	-	4,91	-

7.4.5. Additionele parameters voor de verhaallijn *Zoöplankton*

De verhaallijn *Zoöplankton* start vanuit drie groepen: (1) microzoöplankton, (2) mesozoöplankton en (3) macrozoöplankton. Elk van deze groepen draagt bij aan de totale zoöplanktonbiomassa via begrazing van micro-organismen (fytoplankton, bacteriën) of door de opname van gesuspendeerd particulair organisch materiaal (detritus). Het zoöplankton vormt hierdoor de link tussen de primaire producenten (fytoplankton) en de hogere trofische niveaus (hyperbenthos, vissen) (Langenberg, 2010), waardoor het een essentiële parameter binnen het ecosysteem is. Deze trofische verbinding gebeurt direct via het mesozoöplankton (copepoden, cladoceren) en indirect via het microzoöplankton (rotiferen, ciliaten, heterotrofe flagellaten). De efficiëntie van deze graasactiviteit wordt evenwel beïnvloed door de samenstelling van het fytoplankton en de fytoplankton/detritus-verhouding (Gasparini *et al.*, 1999). Door de beperkte hoeveelheid consistente data voor het macrozoöplankton wordt er voor de verdere bespreking van de verhaallijn *Zoöplankton* enkel aandacht besteed aan de biomassa en diversiteit voor de deelverhaallijnen *Mesozoöplankton* (respectievelijk Sectie 7.4.5.1 en Sectie 7.4.5.2) en *Microzoöplankton* (respectievelijk Sectie 7.4.5.3 en Sectie 7.4.5.4). Finaal wordt er ook nog gekeken naar de aanwezigheid van *exoten* (Sectie 7.4.5.5).

7.4.5.1. Totale biomassa mesozoöplankton

Data

De volgende datafiches worden gebruikt voor het analyseren van de rekenparameter *totale biomassa mesozoöplankton*:

- S-EF-N-003 – Pelagische secundaire productie
- S-EF-V-003 – Pelagische secundaire productie

De volgende gegevensreeksen worden geselecteerd voor de periodieke gegevens:

- OMES: Monitoring zooplankton in the Zeeschelde
- MWTL biological monitoring network Westerschelde: Mesozooplankton

Definitie

De totale zoöplanktonbiomassa is een indicator van de waterkwaliteit en de geassocieerde doorstroming van energie doorheen het systeem. Deze parameter werkt aanvullend op de rekenparameter *Jaarmaximum totale biomassa* (Sectie 7.4.1) en laat toe om het verloop van de biomassa van het mesozoöplankton op maandelijkse resolutie op te volgen. De biomassa wordt dan ook weergegeven als de totale biomassa per zone (niveau 3) en per maand.

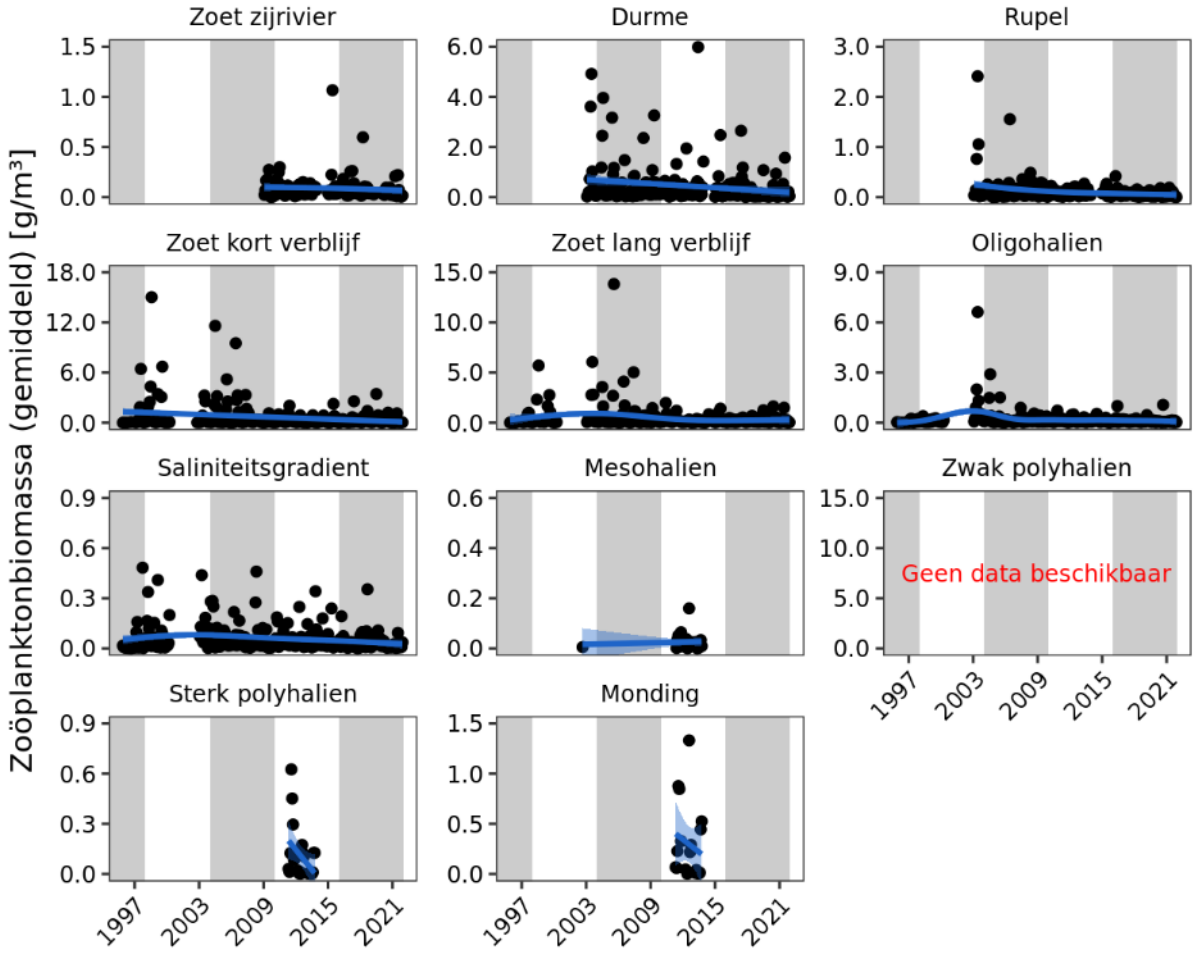
Methodiek

Na de selectie van de relevante gegevensreeksen, worden de stations toegewezen aan de geassocieerde segmenten (niveau 4) en zones (niveau 3). Vervolgens worden de densiteiten door middel van soortelijke gewichten en een algemene conversiefactor van 5 (g natgewicht / g drooggewicht) omgezet naar natgewichten en wordt er per zone (Zeeschelde & Westerschelde) bepaald wat de gemiddelde zoöplanktonbiomassa is die maandelijks gemeten is. Dit resultaat wordt vervolgens vergeleken met de resultaten van de voorbije jaren.

Analyse

De totale mesozoöplanktonbiomassa kan voor het merendeel van de zones in de Zeeschelde bepaald worden voor de periode *2016-2021*. Voor de zones in de Westerschelde zijn er nauwelijks gegevens beschikbaar voor de periode *2016-2021*, met uitzondering van de zone *Sterk polyhalien*.

De resultaten vertonen grotendeels dezelfde trend in de verschillende zones, met een stabiel verloop van de totale biomassa ten opzichte van de periodes *2010-2015* en *2004-2009*. De frequentie van de pieken in de biomassa lijkt evenwel voor verschillende zones af te nemen in de tijd, met nauwelijks duidelijke pieken in de periode *2016-2021*. Enkel in de zone *Durme* kunnen nog een paar pieken waargenomen worden, maar ook deze zijn beperkter ten opzichte van de voorgaande periodes. Een overzicht van de bekomen biomassa wordt gegeven in Figuur 7-23.



Figuur 7-23: Verloop van de maandelijkse zoöplanktonbiomassa die afgeleid werd in de verschillende zones van het Schelde-estuarium.

7.4.5.2. Diversiteit mesozoöplankton

Data

De volgende datafiches worden gebruikt voor het analyseren van de rekenparameter *Jaarmaximum totale biomassa*:

- S-EF-N-003 – Pelagische secundaire productie
- S-EF-V-003 – Pelagische secundaire productie

De volgende gegevensreeksen worden geselecteerd voor de periodieke gegevens:

- OMES: Monitoring zooplankton in the Zeeschelde
- MWTL biological monitoring network Westerschelde: Mesozooplankton

Definitie

De diversiteit wordt bepaald door middel van de Shannon-index op orde-niveau en wordt weergegeven per zone (niveau 3) en per maand.

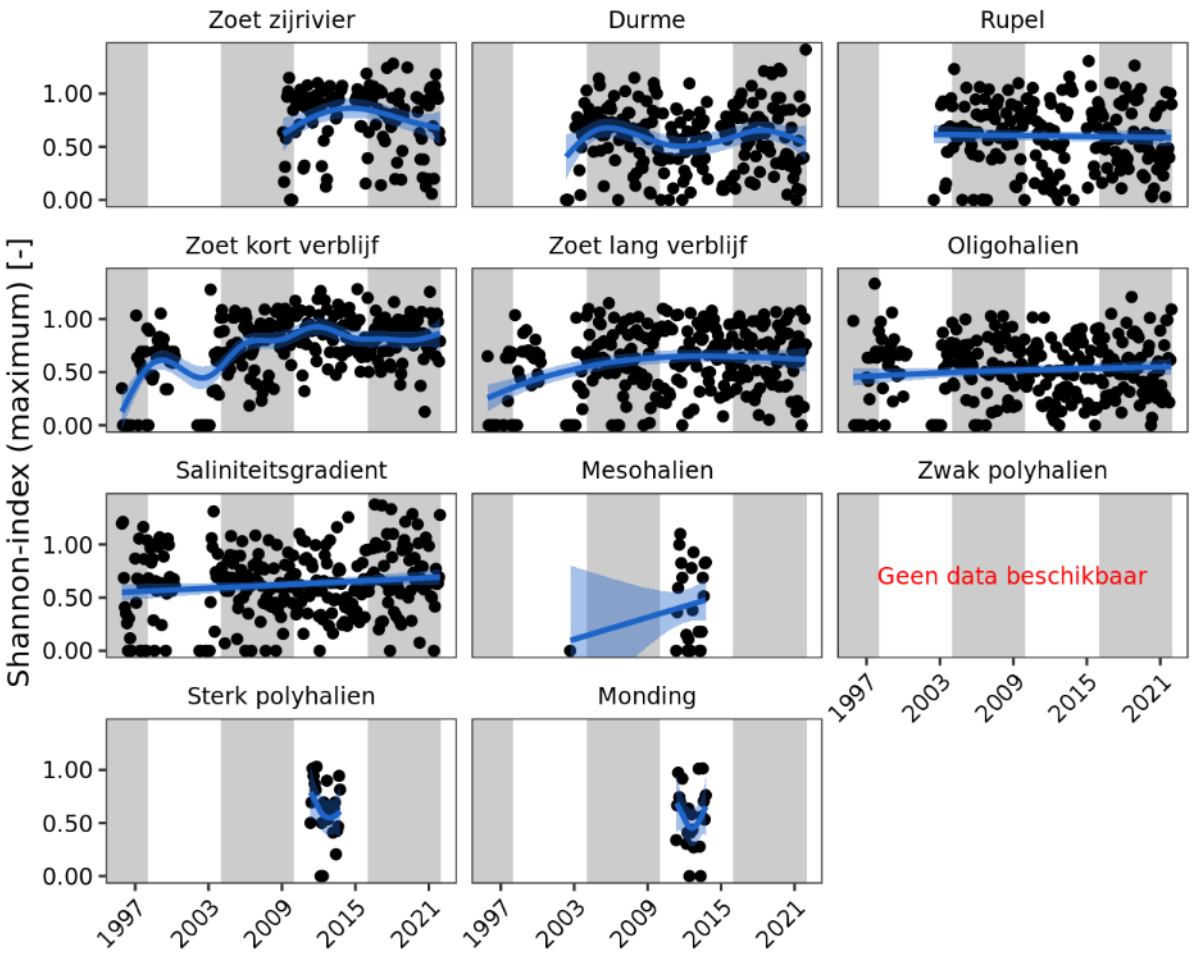
Methodiek

Na de selectie van de relevante gegevensreeksen, wordt de orde-specifieke verdeling per monster afgeleid en als basis gebruikt voor het bepalen van de Shannon-index. Vervolgens worden de stations toegewezen aan de geassocieerde segmenten (niveau 4) en zones (niveau 3) en wordt er per zone (Zeeschelde en Westerschelde) bepaald wat de gemiddelde index-waarde is die maandelijks gemeten is. Hiervoor wordt stapsgewijs gewerkt, namelijk: (1) bepalen gemiddelde index per station per maand, (2) bepalen gemiddelde index per segment per maand, en (3) bepalen gemiddelde index per zone per maand. Dit resultaat wordt vervolgens vergeleken met de resultaten van de voorbije jaren.

Analyse

De diversiteit van het mesozoöplankton kan voor het merendeel van de zones in de Zeeschelde bepaald worden voor de periode *2016-2021*.

De resultaten vertonen grotendeels dezelfde trend in de verschillende zones, met nauwelijks toenames van de Shannon-index ten opzichte van de periodes *2010-2015* en *2004-2009*. Een overzicht van de bekomen index-waarden wordt gegeven in Figuur 7-24.



Figuur 7-24: Verloop van de Shannon-index van de mesozoöplanktongemeenschap die afgeleid werd in de verschillende zones van het Schelde-estuarium.

7.4.5.3. Totale biomassa microzoöplankton

Data

De volgende datafiches worden gebruikt voor het analyseren van de rekenparameter *Jaarmaximum totale biomassa*:

- S-EF-N-003 – Pelagische secundaire productie
- S-EF-V-003 – Pelagische secundaire productie

De volgende gegevensreeksen worden geselecteerd voor de periodieke gegevens:

- OMES: Monitoring zooplankton in the Zeeschelde
- MWTL biological monitoring network Westerschelde: Mesozooplankton

Definitie

De diversiteit voorziet een verdere detaillering van voormelde biomassa door een opdeling op orde-niveau uit te voeren. De diversiteit wordt weergegeven als de totale biomassa (natgewicht) per orde, per zone (niveau 3) en per maand.

Methodiek

Na de selectie van de relevante gegevensreeksen, worden de stations toegewezen aan de geassocieerde segmenten (niveau 4) en zones (niveau 3). Vervolgens worden de densiteiten door middel van soortelijke gewichten omgezet naar natgewichten en wordt er per zone (Zeeschelde & Westerschelde) bepaald wat de gemiddelde zoöplanktonbiomassa is die maandelijks gemeten is. Dit resultaat wordt vervolgens vergeleken met de resultaten van de voorbije jaren.

Analyse

Het microzoöplankton wordt slechts in beperkte mate bemonsterd. Bovendien is er voor de meeste microzoöplanktonsoorten geen informatie omtrent het soortelijk gewicht beschikbaar. Bijgevolg kan de biomassa van het microzoöplankton niet afgeleid worden.

7.4.5.4. Diversiteit microzoöplankton

Data

De volgende datafiches worden gebruikt voor het analyseren van de rekenparameter *Jaarmaximum totale biomassa*:

- S-EF-N-003 – Pelagische secundaire productie
- S-EF-V-003 – Pelagische secundaire productie

De volgende gegevensreeksen worden geselecteerd voor de periodieke gegevens:

- OMES: Monitoring zooplankton in the Zeeschelde
- MWTL biological monitoring network Westerschelde: Mesozooplankton

Definitie

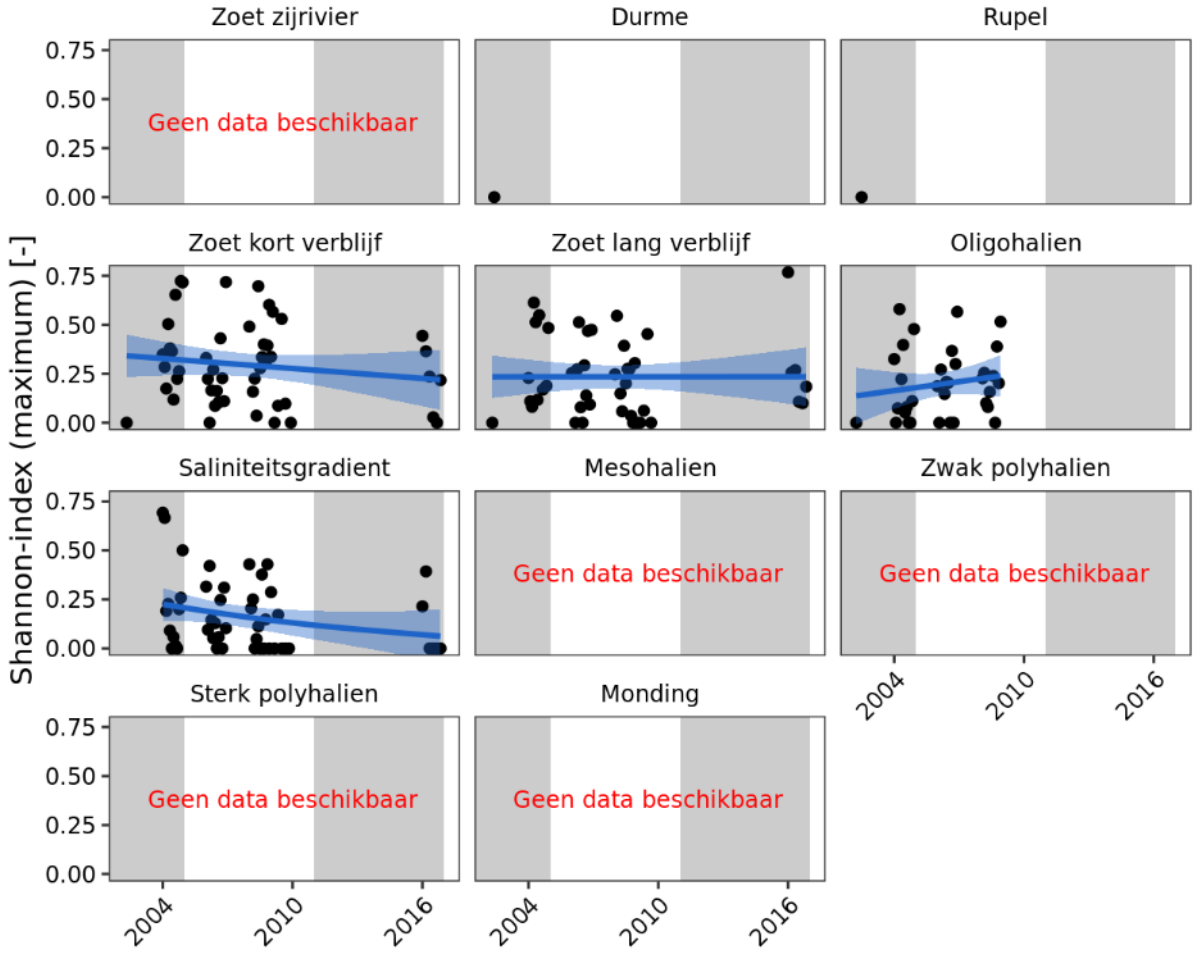
De diversiteit wordt bepaald door middel van de Shannon-index op orde-niveau en wordt weergegeven per zone (niveau 3) en per maand.

Methodiek

Na de selectie van de relevante gegevensreeksen, wordt de orde-specifieke verdeling per monster afgeleid en als basis gebruikt voor het bepalen van de Shannon-index. Vervolgens worden de stations toegewezen aan de geassocieerde segmenten (niveau 4) en zones (niveau 3) en wordt er per zone (Zeeschelde en Westerschelde) bepaald wat de gemiddelde index-waarde is die maandelijks gemeten is. Hiervoor wordt stapsgewijs gewerkt, namelijk: (1) bepalen gemiddelde index per station per maand, (2) bepalen gemiddelde index per segment per maand, en (3) bepalen gemiddelde index per zone per maand. Dit resultaat wordt vervolgens vergeleken met de resultaten van de voorbije jaren.

Analyse

De diversiteit van het microzoöplankton kan slechts voor een beperkt aantal stations bepaald worden voor de periode *2016-2021*. Door het beperkt aantal observaties kunnen er geen algemene uitspraken gedaan worden omtrent de afgeleide trends. Een overzicht van de bekomen index-waarden wordt gegeven in Figuur 7-25, terwijl er voor de stations nabij de grenzen van het estuarium onvoldoende observaties zijn om weer te geven.



Figuur 7-25: Verloop van de Shannon-index van de microzoöplanktongemeenschap die afgeleid werd in de verschillende zones van het Schelde-estuarium.

7.4.5.5. Invasieve en overige exoten

Data

De volgende datafiches worden gebruikt voor het analyseren van de rekenparameter *Jaarmaximum totale biomassa*:

- S-EF-N-003 – Pelagische secundaire productie
- S-EF-V-003 – Pelagische secundaire productie

De volgende gegevensreeksen worden geselecteerd voor de periodieke gegevens:

- OMES: Monitoring zooplankton in the Zeeschelde
- MWTL biological monitoring network Westerschelde: Mesozooplankton

Definitie

De aanwezigheid van exoten kan verstorend werken op de functionaliteit en diversiteit van de beschouwde (en daarvan afhankelijke) soortgroepen. Er wordt een onderscheid gemaakt tussen *invasieve exoten* (waarvan de negatieve impact gekend is) en *overige exoten* (waarvan de impact nog onvoldoende gekend is of waarvan de impact eerder beperkt is). Een opvolging van het aantal soorten dat als exoot beschouwd wordt, kan een verklaring bieden voor patronen die binnen de soortgroepen worden waargenomen. Het aantal soorten wordt zowel absoluut als relatief bepaald en wordt weergegeven per zone (niveau 3) en per jaar. Een soort-specifiek overzicht wordt toegevoegd als verdere ondersteuning van deze verklarende parameter.

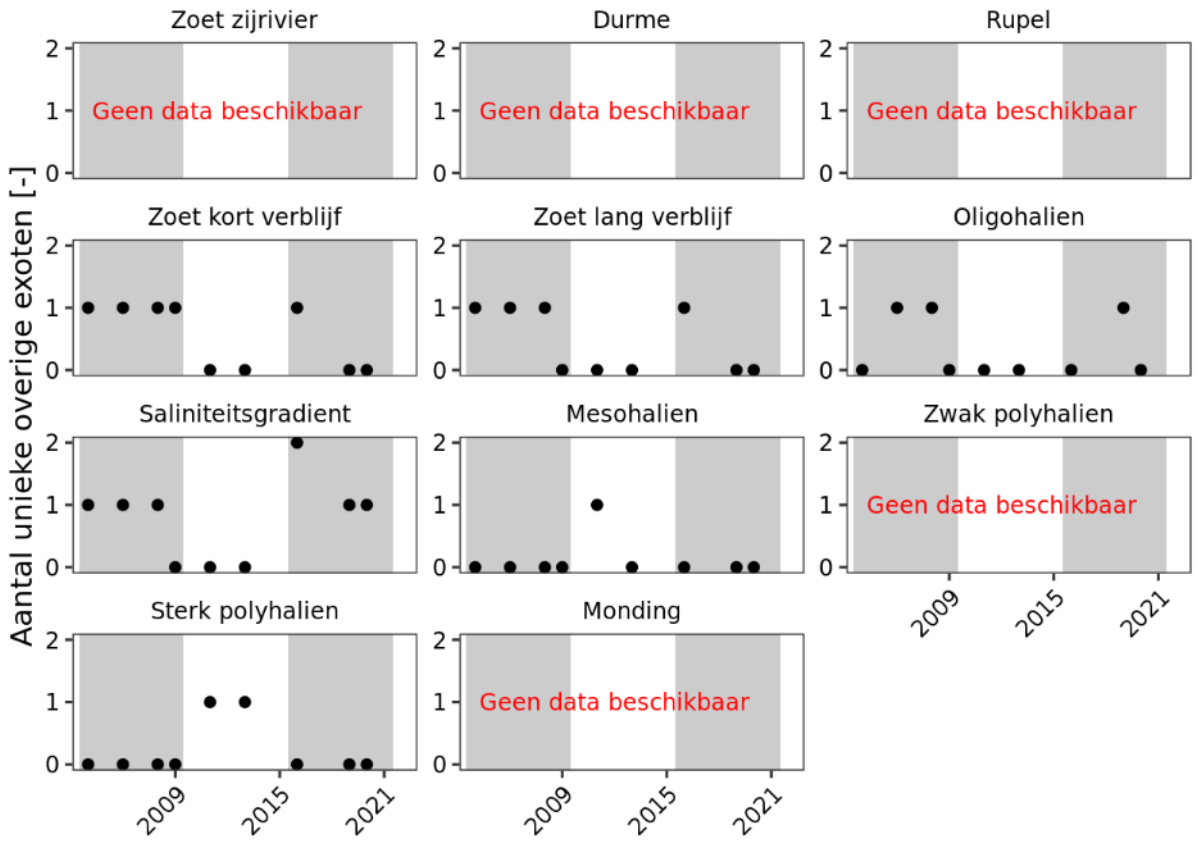
Methodiek

Na de selectie van de relevante gegevensreeksen, worden de stations toegewezen aan de geassocieerde segmenten (niveau 4) en zones (niveau 3). Vervolgens wordt er per zone (Zeeschelde & Westerschelde) bepaald wat het aantal unieke exoten is dat in een jaar gemeten is, met onderscheid tussen *invasieve* en *overige* exoten.

Analyse

Het (meso)zoöplankton wordt gekenmerkt door de afwezigheid van exoten die als invasief worden beschouwd. Hiervoor kunnen dus geen analyses uitgevoerd worden.

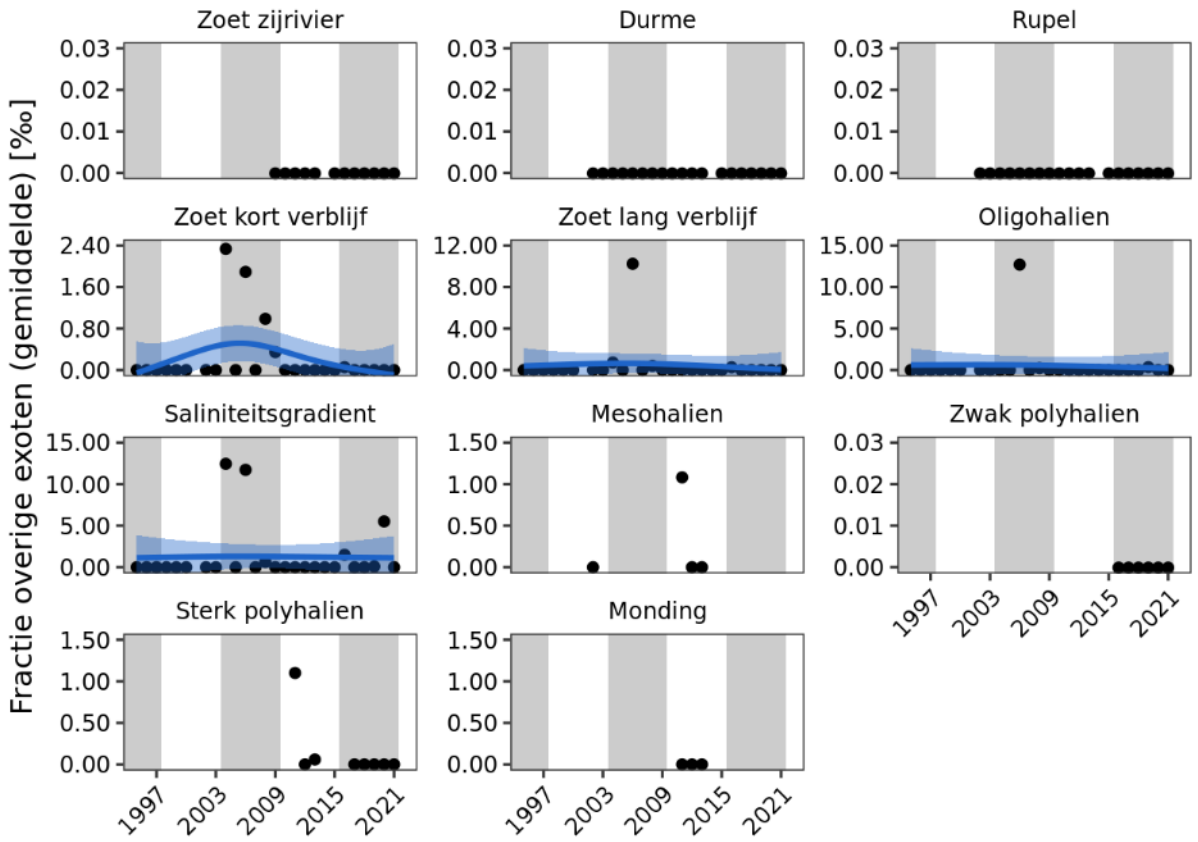
Ondanks het ontbreken van effectieve invasieve exoten, zijn er binnen het zoöplankton wel degelijk exoten aanwezig: *Keratella tropica* en *Pseudodiaptomus marinus*. Deze worden evenwel (nog) niet als invasief beschouwd, maar worden in deze analyse wel meegenomen. Zo worden voornamelijk de zones stroomafwaarts (vanaf de zone *Oligohalien*) gekenmerkt door de aanwezigheid van *P. diaptomus* in de voorbije zes jaar, terwijl de zones stroomopwaarts (tot en met de zone *Sterke saliniteitsgradiënt*) voornamelijk gekenmerkt worden door de aanwezigheid van *K. tropica*. De resultaten variëren tussen de zones, zonder het vertonen van duidelijke toe- of afnames. Op basis van de resultaten kan er wel gesteld worden dat er zowel in de Zeeschelde als in de Westerschelde consistent exoten worden waargenomen. Een overzicht van het absoluut aantal overige exoten wordt gegeven in Figuur 7-26.



Figuur 7-26: Verloop van het absoluut aantal overige exoten binnen het zoöplankton dat waargenomen werd in de verschillende zones van het Schelde-estuarium.

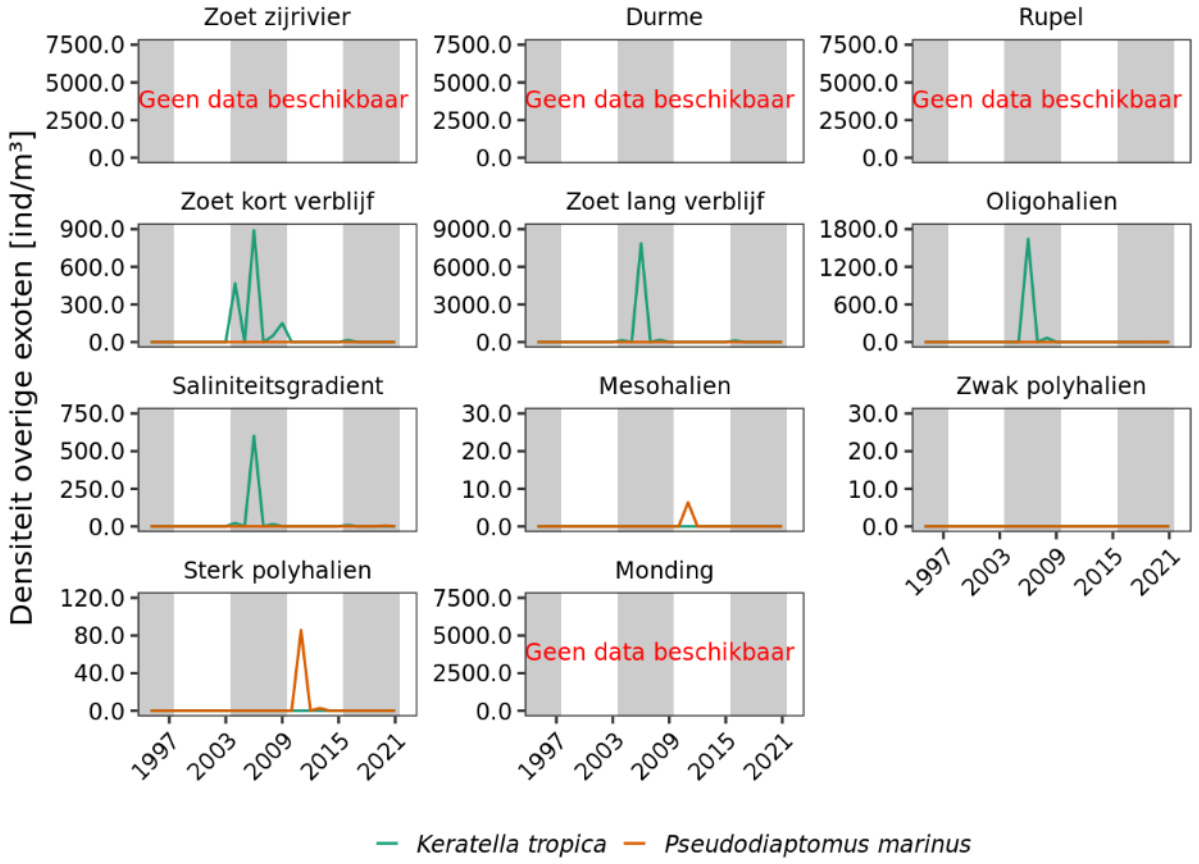
Het absolute aantal soorten dat als (overige) exoot beschouwd wordt, kan verder aangevuld worden met de fractie van de gemeenschap die door deze exoten wordt ingenomen. Een enkele exoot lijkt namelijk geen groot probleem te zijn voor het estuarium, maar wanneer deze een sterk invasief karakter heeft en de gemeenschap nagenoeg volledig domineert, dan kan dit wel tot problemen leiden.

De gemiddelde fractie die de overige exoten innemen in de volledige zoöplanktongemeenschap kan voor het merendeel van de stations (en zones) bepaald worden. Enkel voor de zones in de Westerschelde zijn de gegevens minder consistent beschikbaar (bijv. ontbreken recente gegevens in zones *Zwak polyhalien* en *Monding*). De gemiddelde fractie die de overige exoten in de zoöplanktongemeenschap innemen, blijkt in de periode *2016-2021* relatief laag te zijn (nagenoeg steeds kleiner dan 1,5 ‰). In de voorgaande periodes loopt dit op tot bijna 15 ‰, maar ook dan dragen de overige exoten relatief beperkt bij tot de volledige zoöplanktongemeenschap. De analyses tonen aan dat het waarnemen van relatief hoge fracties eerder uitzonderlijk is, waarbij een rechtlijnige toe- of afname niet wordt waargenomen. Een overzicht van het verloop van deze fracties ingenomen door de overige exoten wordt gegeven in Figuur 7-27.



Figuur 7-27: Verloop van de gemiddelde fractie van de zoöplanktongemeenschap die de overige exoten innemen in de verschillende zones van het Schelde-estuarium.

De analyses met betrekking tot het absoluut aantal overige exoten toonde reeds aan dat er relatief weinig exoten binnen de zoöplanktongemeenschap waargenomen worden. Specifiek werden de volgende soorten reeds in het Schelde-estuarium geïdentificeerd: *Keratella tropica* en *Pseudodiaptomus marinus*. Van deze twee blijkt voornamelijk *K. tropica* een grotere fractie van de zoöplanktongemeenschap in de Zeeschelde in te nemen, terwijl *P. marinus* grotere dichtheden vertoonde in de Westerschelde. Voor beide soorten worden de hoogste dichtheden evenwel waargenomen in de voorgaande periodes (*K. tropica* in *2004-2009* en *P. marinus* in de periode *2010-2015*), met slechts een beperkte aanwezigheid in de periode *2016-2021*. Een overzicht van het verloop van de soort-specifieke dichtheid voor de overige exoten binnen het zoöplankton wordt gegeven in Figuur 7-28.



Figuur 7-28: Verloop van de soort-specifieke dichtheid van de overige exoten die binnen het zoöplankton werden waargenomen in de verschillende zones van het Schelde-estuarium.

7.5. Toetsparameter Macrozoöbenthos

Tot het macrozoöbenthos behoren de dieren die in of op de bodem van watersystemen leven en groter zijn dan 1 mm. Het macrozoöbenthos is talrijk genoeg om statistisch gezien goed te kunnen worden bemonsterd met een beperkt aantal monsters, soortenrijk genoeg om informatief te zijn over de toestand van het systeem en groot genoeg om redelijk makkelijk identificeerbaar te zijn. Omdat de meeste bodemdieren bovendien weinig mobiel zijn (zeker over grotere afstanden of alleen in een jog levensstadium), zijn zij een goede indicator voor de toestand van het systeem ter plaatse. De meeste bodemdieren behoren tot de fyla Annelida (wormen), Mollusca (schelpdieren en slakken) en Arthropoda. In de Zeeschelde komen met name Oligochaeta (wormen), Amphipoda (vlokreeften), Arthropoda (garnaalachtigen) en larven van Diptera (vliegen- en muggenlarven) voor.

Data

De volgende datafiches worden gebruikt voor het analyseren van de rekenparameters:

- S-DS-N-002 – Macrobenthos (Westerschelde): de MWTL Macrozoöbenthos monitoring in de Westerschelde.
- S-DS-V-002 - Macrobenthos (Zeeschelde): de MONEOS Macrozoöbenthos monitoring in de Zeeschelde.
- 'S-DS-N-010 – Schelpdierbestanden' (Westerschelde)

De MONEOS-monitoring in de Zeeschelde wordt sinds 2008 volgens een random stratified methode uitgevoerd. Elk jaar worden 210 stalen genomen die random verdeeld zijn binnen fysiotopen. Deze stalen worden gebruikt voor het determineren van alle individuen en het bepalen van de biomassa. Oligochaeten worden als één taxon gerekend. Elke drie jaar (2008, 2011, 2014, 2017, 2020) worden extra stalen genomen waarbij 50 Oligochaetae tot op het laagst mogelijk taxonomisch niveau worden gedetermineerd. De rapportage hierover vindt steeds drie jaar later plaats. Voor de soortenrijkdom en Shannon-index van de Zeeschelde wordt enkel gebruik gemaakt van deze jaren.

De MWTL-monitoring (Monitoring Waterstaatkundige Toestand des Lands) in de Westerschelde wordt jaarlijks uitgevoerd in de Westerschelde. Op 200 locaties, verdeeld over 12 ecotopen, worden met boxcore of steekbuis monsters genomen. Van elke locatie worden de aanwezige organismen gedetermineerd en de biomassa's bepaald. Voor 2008 lagen de locaties vast, sinds 2009 wordt ecotoopgericht gemonsterd, waarbij een random stratified methode wordt aangehouden. Voor de monsterpunten van voor 2009 zijn tijdens de T2015 op basis van ecotoopkaarten en locatiegegevens alsnog ecotoopgegevens toegevoegd. Deze indeling is tijdens deze analyse opnieuw gebruikt.

De beoordeling van de Toetsparameter Macrozoöbenthos vindt op verschillende manieren plaats:

- Beoordeling ontwikkeling abundantie en biomassa. Voor elk van de zones in het litoraal en sublitoraal mag de abundantie en biomassa benthos niet afnemen ten opzichte van de T2015.
- Beoordeling diversiteit. Per zone mag de soortenrijkdom en Shannon-index niet afnemen ten opzichte van de T2015.
- Beoordeling sleutelsoorten (kokkels, mosselen). Er dient minimaal 4 miljoen kg versgewicht aan kokkels aanwezig te zijn in de gehele Westerschelde voor een positieve beoordeling. Voor mosselen geldt dat de gemiddelde biomassa per periode van zes jaar in de gehele Westerschelde niet mag afnemen ten opzichte van de biomassa tijdens de T2015 en de T2009 perioden.
- Minimale biomassa Zeeschelde (30 ton), evenredig verdeeld over de zones van de Zeeschelde.

- Beoordeling exoten. Het aantal soorten exoten mag niet toenemen, en de fractie invasieve exoten ten opzichte van de totale biomassa mag niet toenemen.

7.5.1. Abundantie/Biomassa

Definitie

De abundantie en biomassa per oppervlakte-eenheid worden beïnvloed door onder andere waterkwaliteit en voedselaanbod. Een afname in abundantie en biomassa wordt vaak gezien als een afname in ecologische kwaliteit, omdat er enerzijds een verminderde energiedoorstroming vanuit onderliggend trofisch niveau is en anderzijds er minder voedselaanbod is voor hogere trofische niveaus. Daarom wordt een afname in abundantie en biomassa binnen deze beoordeling als negatief beoordeeld.

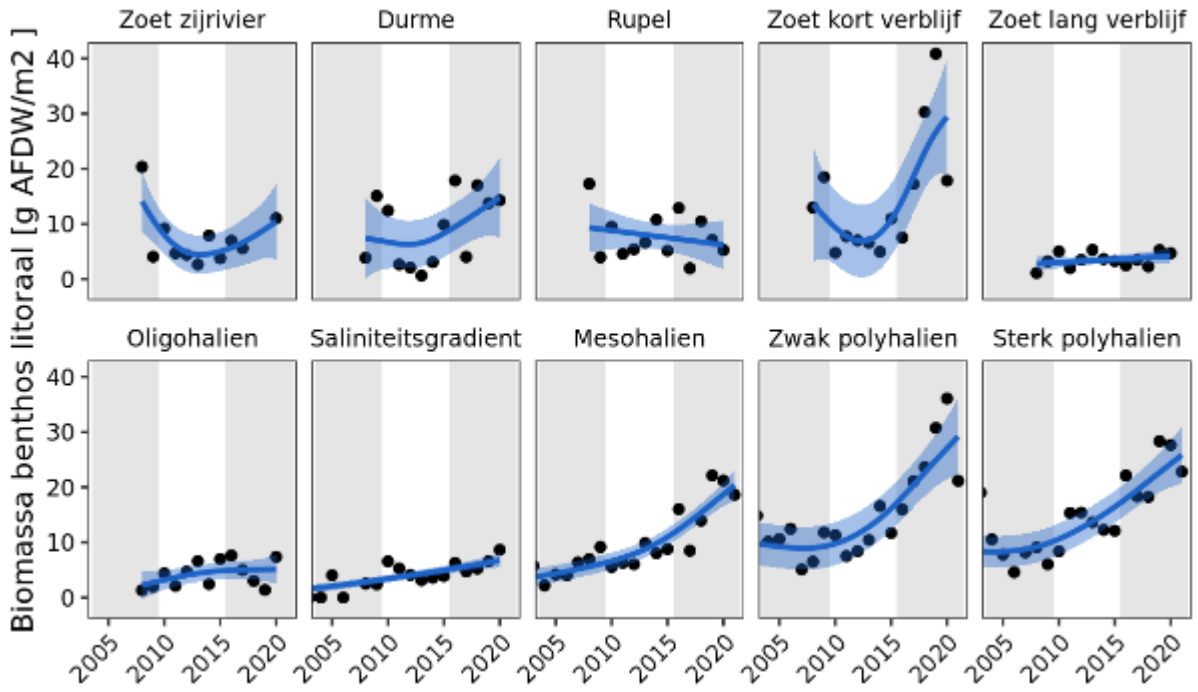
Methodiek

De abundantie en de biomassa van het gehele macrozoöbenthos per oppervlakte-eenheid worden in zowel het litoraal als sublitoraal per zone (niveau 3) bepaald. De biomassa en abundantie van het gehele macrozoöbenthos per vierkante meter in het sublitoraal en litoraal per zone wordt jaarlijks vastgesteld door de MWTL- en MONEOS-monitoring in respectievelijk de Westerschelde en Zeeschelde. Voor de Westerschelde wordt eerst een gemiddelde biomassa per ecotoop berekend, waarna de grootte van het ecotoop wordt gebruikt als weegfactor in het berekenen van de gemiddelde biomassa per zone.

7.5.1.1. Biomassa (g AFDW) per m²

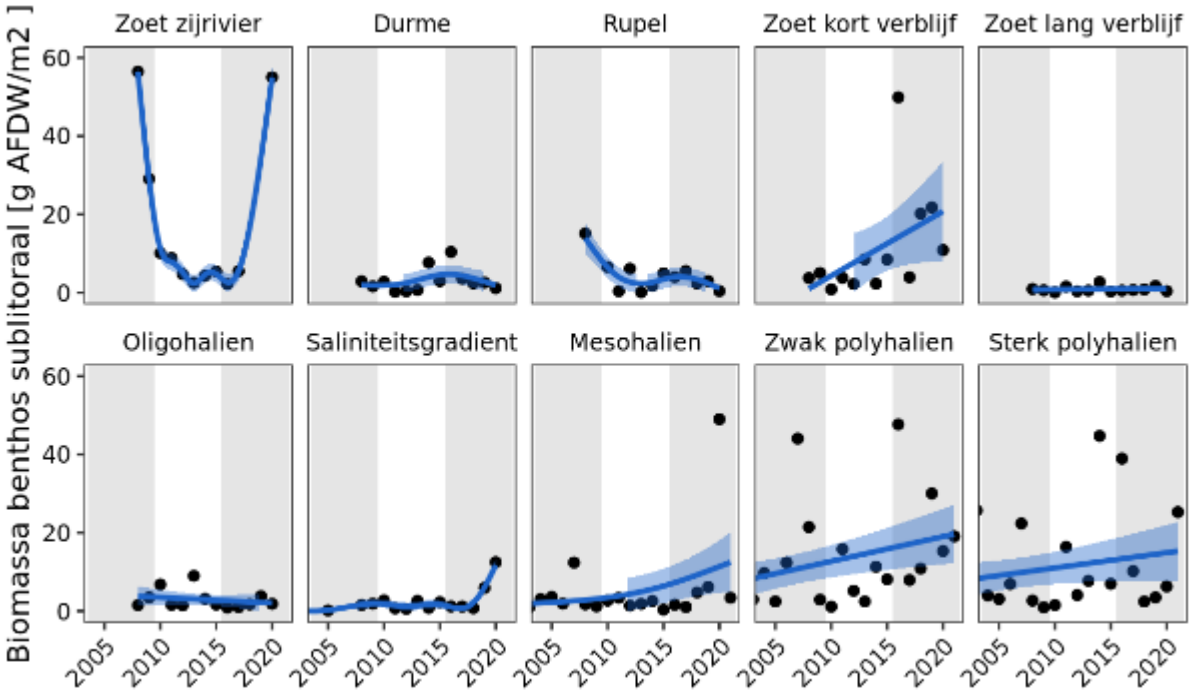
De biomassa per oppervlakte-eenheid is een kwaliteitsindicator voor het macrozoöbenthos. Hogere waarden zijn een indicatie voor betere leefomstandigheden voor benthische soorten, en een indicatie voor voedselbeschikbaarheid voor hogere trofische niveaus. Voor een positieve beoordeling mag de gemiddelde biomassa per zone niet afnemen ten opzichte van de T2015.

Voor de zone *Zoet zijrivier* was voor de T2021 van drie jaren data beschikbaar. Ten opzichte van de T2015 was er sprake van een lichte stijging in de gemiddelde litorale biomassa, veroorzaakt door relatief hoge waarden in 2020. In de litorale delen van de *Durme* was een toename in biomassa zichtbaar en in de *Rupel* juist een lichte afname. In de zone *Zoet korte verblijftijd* is tussen 2016 en 2020 de biomassa substantieel toegenomen. In de *Zone lange verblijftijd* is bomassa stabiel gebleven. In de zone *Oligohalien* is in de periode T2021 sprake van een afname in biomassa, die zich na 2016 heeft ingezet. Opvallend is dat in de vier zones met zoutinvloeden (*Saliniteitsgradiënt*, *Mesohalien*, *Zwak polyhalien* en *Sterk polyhalien*) de biomassa's in het litoraal gestaag licht tot substantieel zijn toegenomen. Dit komt met name door een sterke stijging tijdens de periode van de T2021.



Figuur 7-29: Ontwikkeling van de biomassa van het macrozoöbenthos (g asvrij drooggewicht per m^2) in het litoraal van de tien zones van het Schelde-estuarium. Punten geven de gemiddelde waarden weer. De blauwe lijn is een GAM smooth curve (k=10). De grijs-wit-grijs zonering geeft de tijdspannes van respectievelijk de T2009, T2015 en T2021 weer.

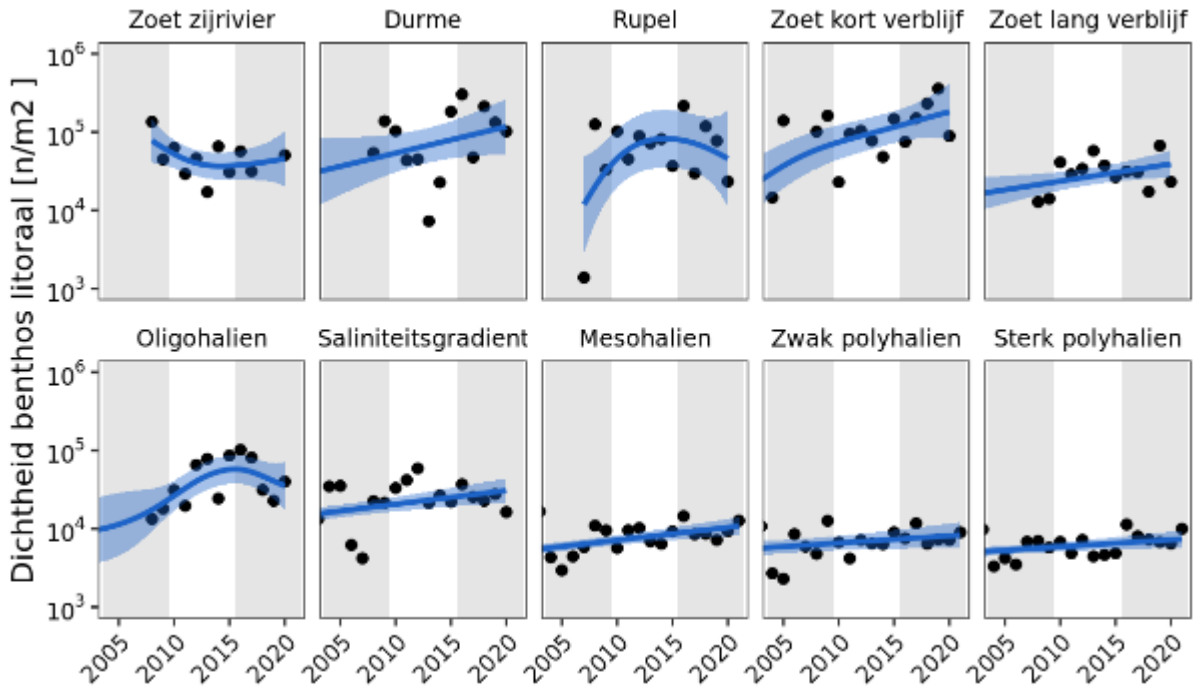
De trends in biomassa's in het litoraal zijn vergelijkbaar met die in het sublitoraal in dezelfde zones. Opvallend is dat in de zone *Zoet zijrivier* in 2008 en 2020 extreem hoge sublitorale biomassa's werden gemeten. In 2008 werd dit veroorzaakt door 2 locaties waarbij veel Tubificidae werden aangetroffen (250 g/m^2), in 2020 is het hoge jaargemiddelde veroorzaakt door een locatie waar een hoge biomassa van de Aziatische korfmossel *Corbicula fluminea* (670 g/m^2) werd gevonden. In de Durme en de *Rupel* was sprake van een lichte afname in de sublitorale biomassa's, in de zone *Zoet korte verblijftijd* was juist sprake van een toename. De laagste gemiddelde biomassa's werden in de zones *Zoet lange verblijftijd* en het *Oligohalien* vastgesteld. Ten opzichte van de periode T2015 was de biomassa in het *Oligohalien* licht afgenomen in de T2021. In de vier zones met zoutinvloeden was er sprake van een toename in de sublitorale biomassa's. In de zone *Saliniteitsgradiënt* was dit het gevolg van hoge biomassa's in 2019 en 2020, in de drie zones van de Westerschelde lijkt sprake van een langdurig stijgende trend maar varieert de biomassa per jaar aanzienlijk.



Figuur 7-30: Ontwikkeling van de gemiddelde biomassa van het macrozoöbenthos (g AFDW/m^2) in het sublitoraal van de tien zones in het Schelde-estuarium. Punten geven de gemiddelde waarden weer. De blauwe lijn is een GAM smooth curve (k=10). De grijs-wit-grijs zonering geeft de tijdspannes van respectievelijk de T2009, T2015 en T2015 weer.

7.5.1.2. Dichtheid

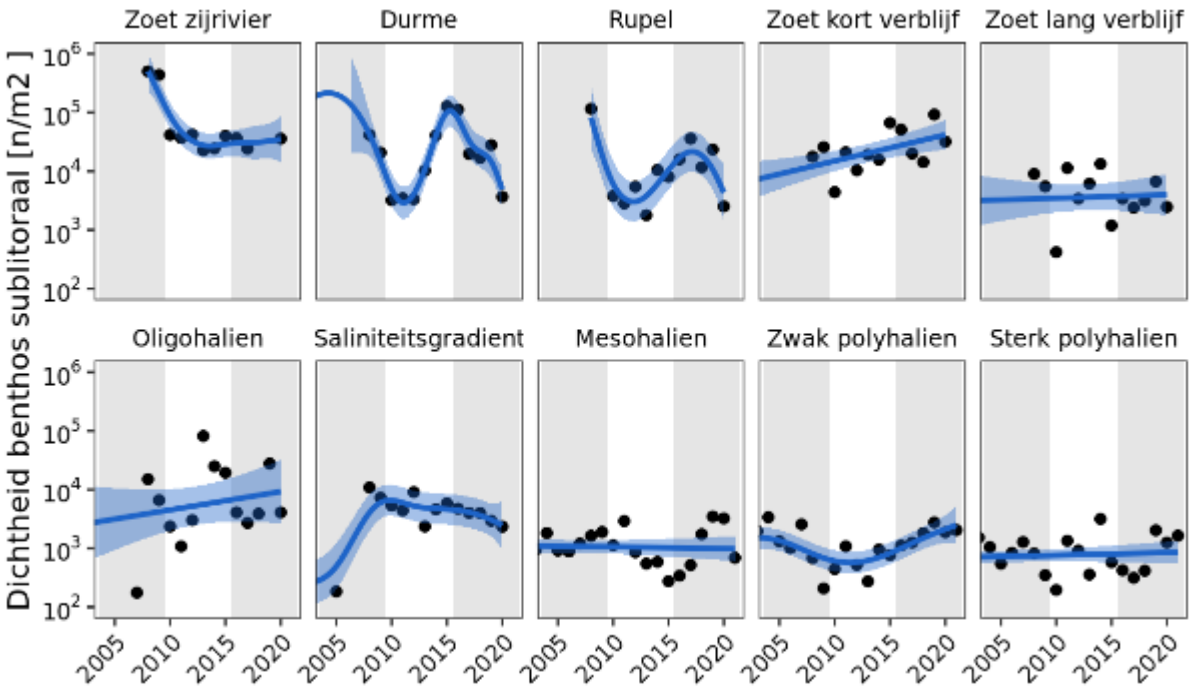
De dichtheid per oppervlakte-eenheid is een kwaliteitsindicator voor het macrozoöbenthos. Hogere waarden zijn een indicatie voor betere leefomstandigheden voor benthische soorten. Voor een positieve beoordeling mag de gemiddelde dichtheid per zone niet afnemen ten opzichte van de T2015.



Figuur 7-31: Ontwikkeling van de gemiddelde benthosdichtheid (n/m²) in het litoraal. Zwarte punten zijn gemiddelde jaarwaarden, de blauwe lijn is een GAM-smooth curve (k=10). Let op, de schaal van de y-as is logaritmisch.

In het litoraal is in geen enkele zone sprake van een substantiële afname van de litorale benthosdichtheden. Dichtheden in de zones *Zoet zijrivier*, *Rupel* en *Oligohalien* waren stabiel ten opzichte van de T2015, maar voor de laatste twee zones is wel sprake van een afnemende trend in de periode 2018-2020. In alle andere zones was sprake van een toename van de dichtheden. In de zoute zones was de toename in dichtheden minder sterk dan de toename in biomassa, wat indiceert dat de toename in biomassa voornamelijk veroorzaakt is door een toename van de grotere (schelp)dieren.

In het sublitoraal waren de trends in dichtheden grilliger. In de *Durme* en *Rupel* was er tijdens de T2015 sprake van een toename in de sublitorale dichtheden en tijdens de T2021 van een afname. Netto bleef de gemiddelde dichtheid in beide gebieden gelijk. In de zones *Zoet korte verblijftijd*, Oligohalien en *Zwak polyhalien* zijn de dichtheden in het sublitoraal toegenomen tijdens de periode T2021 in vergelijking met de periode T2015. In het geval van het *Zwak polyhalien* was deze toename een herstel richting dichtheden rond 2005. Ook in het *Mesohalien* was er sprake van een golfbeweging in de dichtheden: tijdens de T2015 was sprake van een afname en tijdens de T2021 van een toename. Door een lagere gemiddelde sublitorale dichtheid in de periode van de T2021 ten opzichte van de die in de periode T2015 was er geen sprake van een duidelijke trend in de zone *Sterk poyhalien*. In de zone *Saliniteitsgradiënt* was wel sprake van een afname in de sublitorale dichtheid ten opzichte van die in de T2015.



Figuur 7-32: Ontwikkeling van de gemiddelde benthosdichtheid (n/m²) in het sublitoraal. Zwarte punten zijn gemiddelde jaarwaarden, de blauwe lijn is een GAM-smooth curve (k=10). Let op, de schaal van de y-as is logaritmisch.

7.5.2. Diversiteit

Data

Voor de diversiteitsanalyses zijn dezelfde datasets gebruikt als voor de hiervoor besproken analyses. Voor de zones in de Zeeschelde is enkel gebruik gemaakt van de jaren waarin Oligochaeten tot een zo laag mogelijk taxonomisch niveau zijn gedetermineerd. Dit zijn de jaren 2008, 2011, 2014, 2017 en 2020.

Definitie

Een soortenrijk systeem wordt gezien als robuuster, terwijl een systeem waarin één soort domineert van lagere kwaliteit is. Daarom wordt binnen de toetsparameter Macrozoöbenthos gekeken naar het aantal soorten en de Shannon-index voor het bepalen van de relatieve dominantie van soorten. Daarnaast zijn voor de Westerschelde de sleutelsoorten kokkel en mossel opgenomen. Beide spelen een belangrijke rol in het voedselweb van de Westerschelde, en zijn daarom als kwaliteitsparameters toegevoegd. Hierbij wordt een afname in biomassa als negatief beoordeeld.

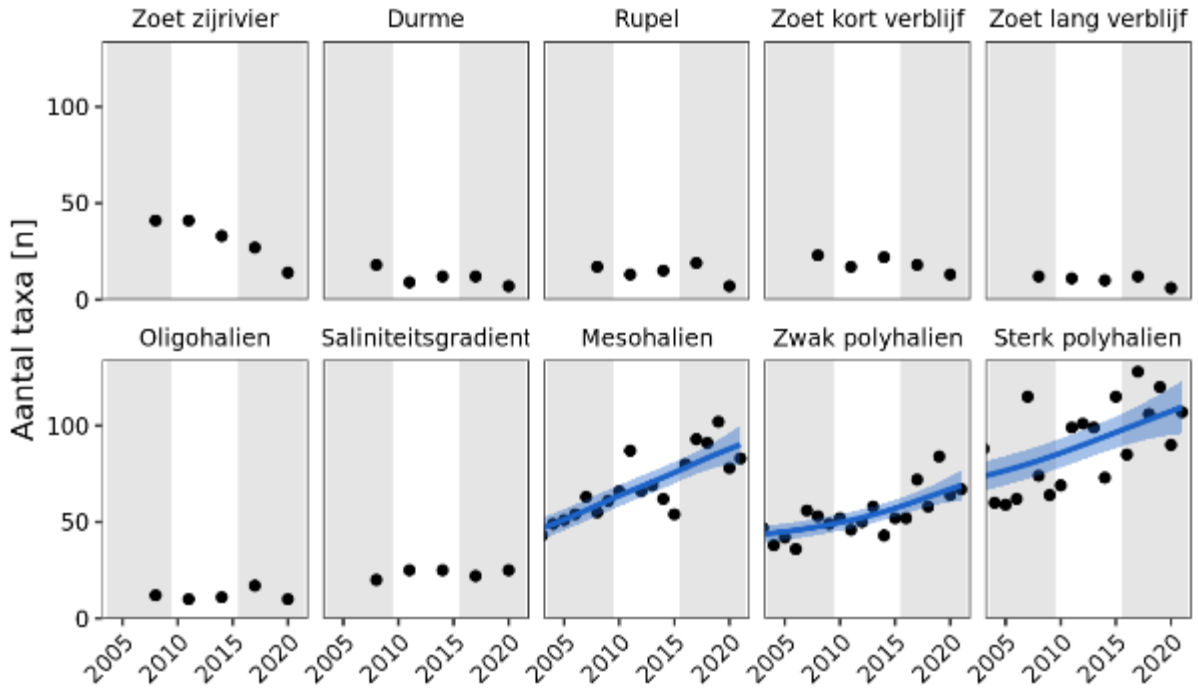
Methodiek

Het totaal aantal soorten per deelgebied per zone (litoraal en sublitoraal) is een indicator voor de soortenrijkdom. Dit totaal aantal soorten per deelgebied per zone wordt bepaald door het aantal soorten (of taxa) te tellen. Deze waarde mag voor een goede beoordeling niet afnemen tussen 2016-2021 (T2021) ten opzichte van de vorige beoordeling (T2015) en de langere termijn (T2009).

De Shannon-index wordt gebruikt om inzicht te krijgen in het relatieve voorkomen van soorten. De waarde van de Shannon-index is hoog als meerdere soorten een vergelijkbare abundantie hebben, de index is laag als één soort dominant is. Voor deze rekenparameter wordt de Shannon-index berekend op basis van de abundantie (aantal per m^2) van alle soorten (of taxa) van het macrozoöbenthos. Dit wordt per deelgebied per zone (litoraal en sublitoraal) berekend. Deze Shannon-index mag niet significant afnemen ten opzichte van de vorige beoordelingsperiode.

7.5.2.1. Aantal soorten

Omdat voor de zones in de Zeeschelde slechts vijf waarden beschikbaar zijn, is het niet mogelijk om een smooth-trend te fitten. Ook zijn er per tijdsperiode slechts twee waarden beschikbaar, waardoor eventuele ontwikkelingen minder duidelijk zijn. In de zone *Zoet zijrivier* lijkt er sinds 2008 sprake te zijn van een afname in het aantal taxa. In alle zones van de Zeeschelde behalve in de zone *Saliniteitsgradiënt* was het aantal taxa in 2020 laag, waardoor de trend negatief lijkt te zijn. Omdat het gaat om slechts één datapunt, is dit echter niet met zekerheid vast te stellen. Het aantal taxa in de zone *Saliniteitsgradiënt* lijkt gelijk te zijn gebleven ten opzichte van de eerdere perioden. In de Westerschelde-zones is sprake van een substantiële toename van het aantal taxa, een trend die al tijdens de T2009 is ingezet. Dit wordt voornamelijk veroorzaakt door de introductie van exoten in het gebied.

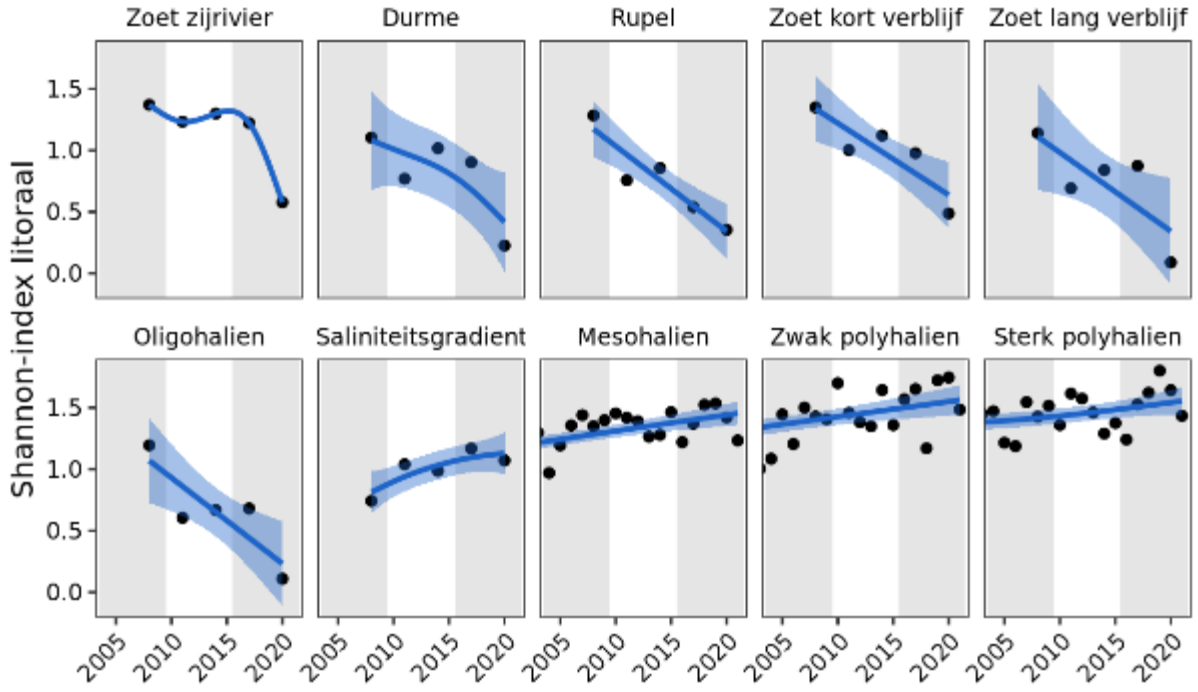


Figuur 7-33: Ontwikkeling van de totale aantallen taxa van macrozoöbenthos per zone. Voor de Zeeschelde en Zijrivieren is enkel gebruik gemaakt van de jaren waarin de Oligochaeta op soort zijn gedetermineerd.

7.5.2.2. Shannon-index

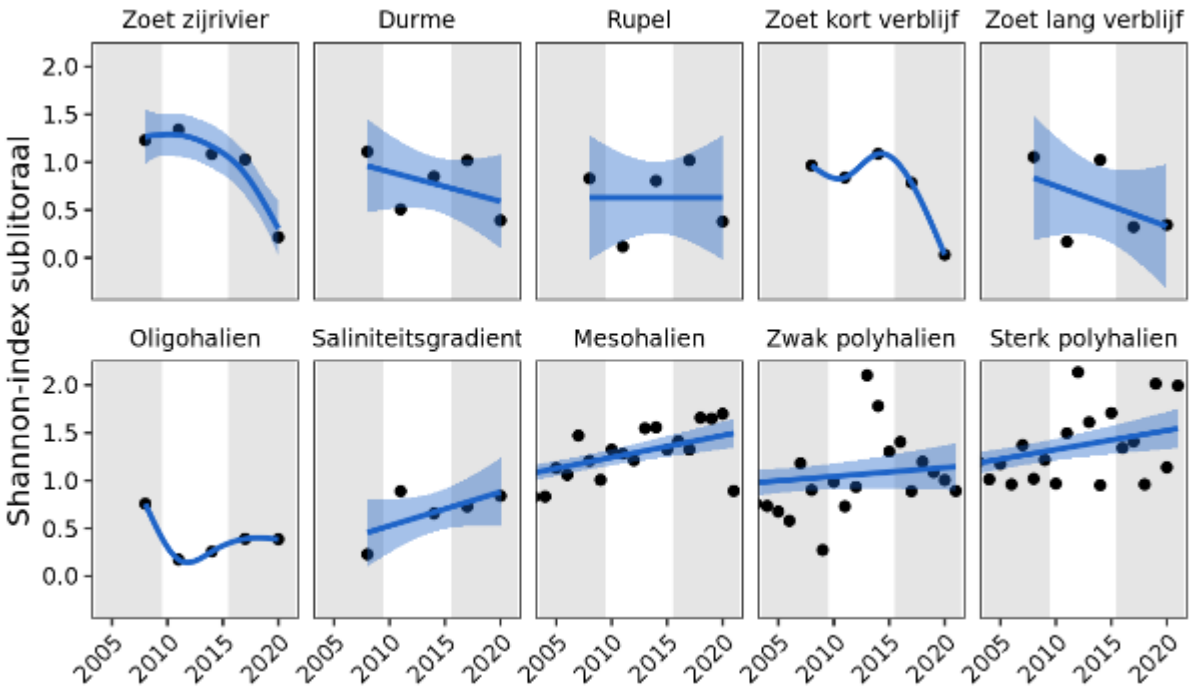
De Shannon-index wordt gebruikt om inzicht te krijgen in het relatieve voorkomen van soorten. De Shannon-index wordt berekend op basis van de dichtheid per soort (of taxon) per locatie. Net als voor

de paragraaf diversiteit zijn voor de Vlaamse zones slechts vijf jaren beschikbaar. In de zones van de Zeeschelde, uitgezonderd de zone *Saliniteitsgradiënt*, is sprake van een afname in de Shannon-index in het litoraal. Dit betekent dat de diversiteit in deze zones is afgenomen. In de zones met zoutinvloeden is de Shannon-index in het litoraal juist toegenomen. De diversiteit in deze gebieden is dus toegenomen ten opzichte van de T2015 en daarvoor, en/of dominante soorten zijn in dichtheden afgenomen.



Figuur 7-34: Ontwikkeling van de Shannon-index (dichtheid) voor het macrozoöbenthos per zone in het litoraal. Zwarte punten zijn gemiddelde jaarwaarden, de blauwe lijn is een GAM-smooth curve (k=5).

In het sublitoraal is het verschil tussen de zoete en zoute zones minder sterk. In de zone *Oligohalien* lijkt er tijdens de T2021 sprake te zijn van een stabilisatie van de Shannon-index, in de andere zoete zones is er sprake van een afname. In de zoute zones is de sublitorale Shannon-index toegenomen. Wel is er in de zones *Zwak* en *Sterk polyhalien* meer variatie tussen jaren dan in het litoraal.



Figuur 7-35: Ontwikkeling van de Shannon-index (dichtheid) van het macrozoöbenthos per zone in het sublitoraal. Zwarte punten zijn gemiddelde jaarwaardes, de blauwe lijn is een GAM-smooth curve (k=5).

7.5.3. Sleutelsoorten

Voor de Westerschelde wordt gewerkt met sleutelsoorten. Dit zijn de kokkel en de mossel. Beide soorten zijn belangrijke links met zowel lagere als hogere trofische niveaus en zijn daarom een goede indicatie voor de draagkracht en het ecologisch functioneren van de Westerschelde. Er dient minimaal 4 miljoen kg versgewicht aan kokkels aanwezig te zijn in de gehele Westerschelde voor een positieve beoordeling. Voor mosselen geldt dat de gemiddelde biomassa per periode van zes jaar in de gehele Westerschelde niet mag afnemen ten opzichte van de biomassa tijdens de T2015 en de T2009 perioden.

Voor de Zeeschelde worden geen sleutelsoorten beoordeeld. Wel is er een minimale biomassa per zone vereist. Deze minimale biomassa per zone is afgeleid uit de minimale biomassavereiste voor de gehele Zeeschelde (30 ton), waarbij het relatieve aandeel intergetijdengebied per zone is gebruikt als factor om de gewenste minimumbiomassa per zone te berekenen.

7.5.3.1. Kokkel (*Cerastoderma edule*)

Data

Het volgende datafiche wordt gebruikt voor het analyseren van de rekenparameter:

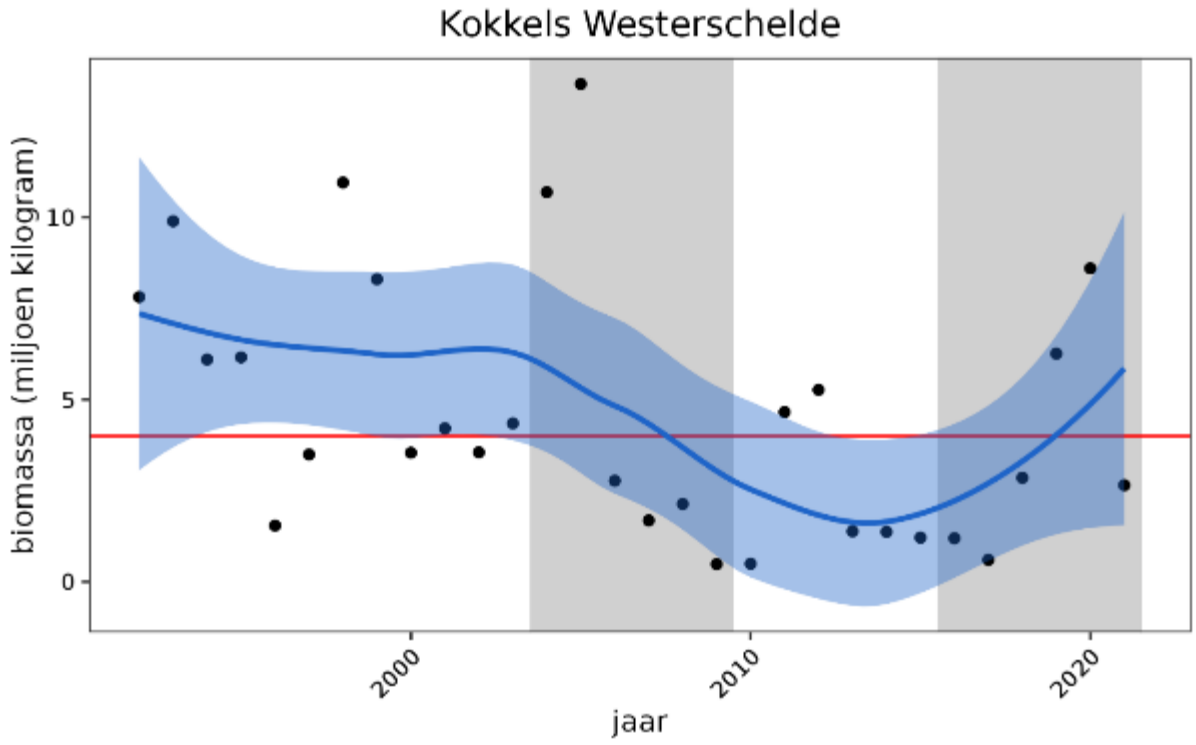
- 'S-DS-N-010 – Schelpdierbestanden' (Westerschelde)

De data uit dit fiche is afkomstig uit de dataset Wettelijke Onderzoekstaken (WOT) Schelpdierbestanden. Deze monitoring wordt jaarlijks door Wageningen Marine Research (WMR) uitgevoerd in opdracht van het Nederlandse Ministerie voor Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit (LNV). Jaarlijks wordt in de

litorale gebieden van de Westerschelde met een kleine happer (kokkelschepje) vanuit een kleine boot op ongeveer 270 locaties monsters genomen en onderzocht. Alle dieren (behalve vissen, garnalen en wormen) worden gedetermineerd.

Analyse

Na een afname in de kokkelbiomassa in de perioden T2009 en T2015 lijkt er een voorzichtig herstel te zijn ingezet. Tijdens de T2009 was er gemiddeld 5,2 *10^6 kg kokkels, tijdens de T2015 2,3 *10^6 kg, en tijdens de T2021 was er gemiddeld 3,6 *10^6 kg gedurende de periode. Dit is onvoldoende om aan de eis van 4 miljoen kg versgewicht te voldoen. Wel is er sprake van een toename in de biomassa, dus dit is een positieve ontwikkeling.



Figuur 7-36: Ontwikkeling van de totale biomassa van kokkels in versgewicht in de Westerschelde.

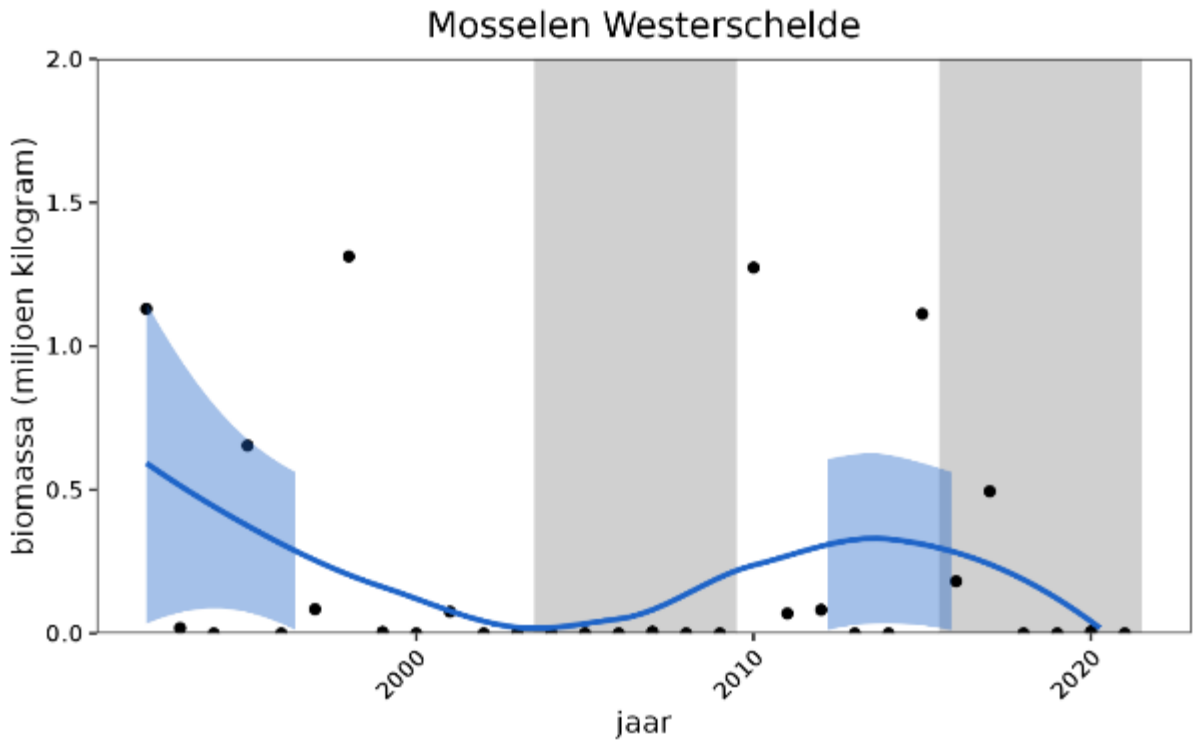
7.5.3.2. Mossel (*Mytilus edulis*)

Data

De dataset die gebruikt is voor de mosselbiomassa is dezelfde als die gebruikt is voor de kokkelbiomassa. Dit zijn dus gegevens van de litorale delen van de Westerschelde.

Analyse

In de dataset Schelpdierbestanden blijken voornamelijk nulwaarnemingen te zitten voor de mossel. Hoewel er gemengde mossel- en oesterbanken in het litoraal en sublitoraal aanwezig zijn, blijkt de huidige monitoring deze niet adequaat te bemonsteren. Daarom is geen uitspraak te doen over een eventuele toe- of afname van de biomassa van mosselen in de Westerschelde.



Figuur 7-37: Ontwikkeling van de totale biomassa mosselen in de Westerschelde. Zwarte punten geven de totale biomassa per jaar (miljoen kilogram versgewicht), de blauwe lijn is een GAM smooth curve (k=10). De grijs-wit-grijs zonering geeft de tijdspannes van respectievelijk de T2009, T2015 en T2021 weer.

7.5.3.3. Minimum biomassa Zeeschelde

Data

De dataset die gebruikt is voor de totale biomassa is dezelfde als die gebruikt is voor de andere Zeeschelde benthos-analyses (MONEOS).

Definitie

Voor de Zeeschelde worden geen sleutelsoorten beoordeeld. Wel is er een minimale biomassa in het litoraal per zone vereist (Tabel 7-14). Deze minimale biomassa per zone is afgeleid uit de nagestreefde biomassa voor de gehele Zeeschelde: 30 ton, waarbij uitgaande van een vergelijkbare biomassa per vierkante meter in het litoraal in alle zones het areaal intergetijdengebied per zone is gebruikt als factor om de gewenste biomassa per zone te berekenen.

Tabel 7-14 Overzicht van de minimale biomassa van het benthos in het litoraal (ton asvrij drooggewicht – AFDW) per zone.

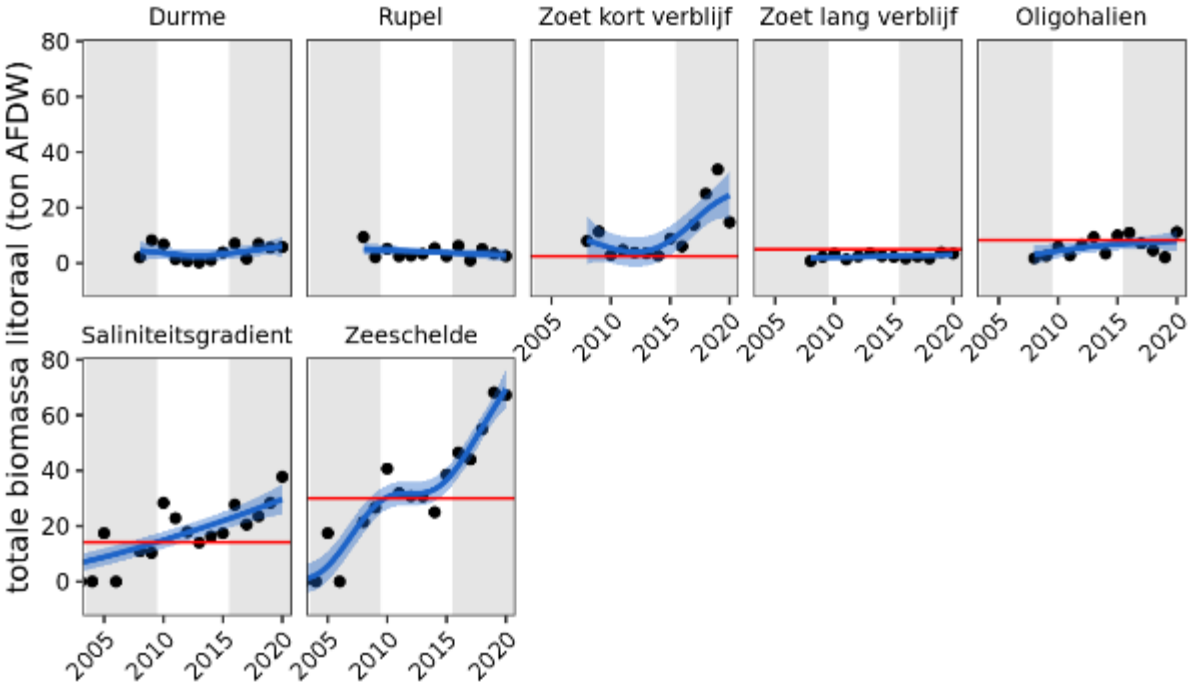
Zone	Areaal intergetijdengebied (in ha)	Gewenste biomassa per zone (ton AFDW)
Sterke saliniteitsgradiënt	457	14,2
Oligohalien	269	8,3
Zoet lange verblijftijd	161	5,0
Zoet korte verblijftijd	82	2,5
Zeeschelde totaal	969	30

Methodiek

Per zone is eerst de gemiddelde biomassa (asvrijdrooggewicht/m^2) berekend. Vervolgens is dit vermenigvuldigd met de oppervlakte van het litoraal in die zone.

Analyse

De totale benthos-biomassa in het litoraal van de Zeeschelde is in de periode T2021 toegenomen komt ruim boven de 3 ton uit. Dit is een gevolg van een substantiële toename in de zones *Zoet korte verblijftijd* en de *Saliniteitsgradiënt*. De andere zones bleven tijdens de T2021 onder hun doel.



Figuur 7-38 Ontwikkeling van de totale litorale benthosbiomassa in de Zeeschelde-zones. Punten geven de totale biomassa (in ton AFDW) per jaar weer, de blauwe lijn is een GAM smooth curve (k=10). De grijs-wit-grijs zonering geeft de tijdspannes van respectievelijk de T2009, T2015 en T2021 weer.

7.5.3.4. Exoten

Data

De volgende datafiches worden gebruikt voor het analyseren van de rekenparameter Exoten macrozoöbenthos Zeeschelde en Westerschelde:

- 'S-DS-N-002 - Macrobenthos (Westerschelde)
- 'S-DS-V-002 - Macrobenthos' (Zeeschelde)

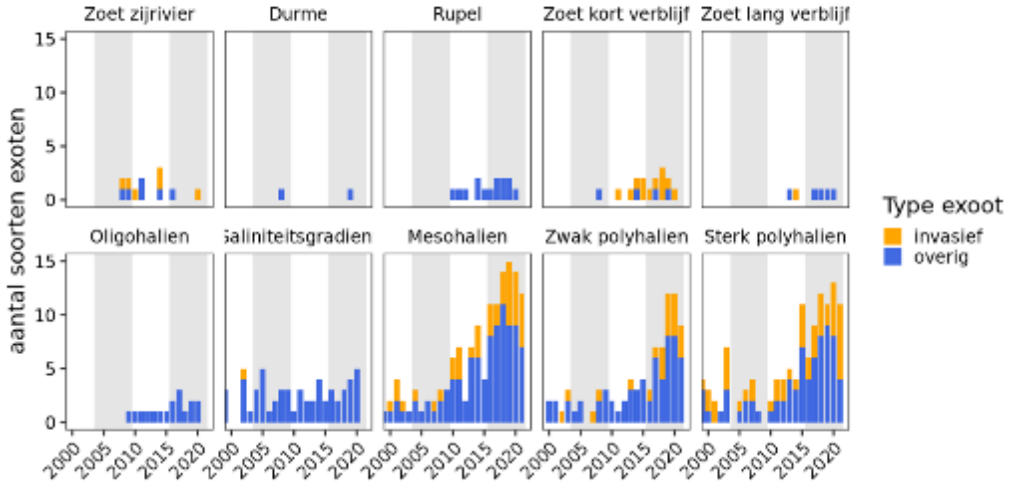
Methodiek

Per zone is het aantal exoten berekend, onderscheid is gemaakt tussen invasieve en niet-invasieve exoten. Vervolgens is de fractie van het aantal invasieve exoten berekend in biomassa per zone.

Een toename van het aantal soorten invasieve exoten wordt als negatief beoordeeld en het gelijk blijven of een afname als positief. Een toename van de fractie invasieve exoten in de totale dichtheid van het benthos wordt als negatief beoordeeld en een afname als positief.

Analyse

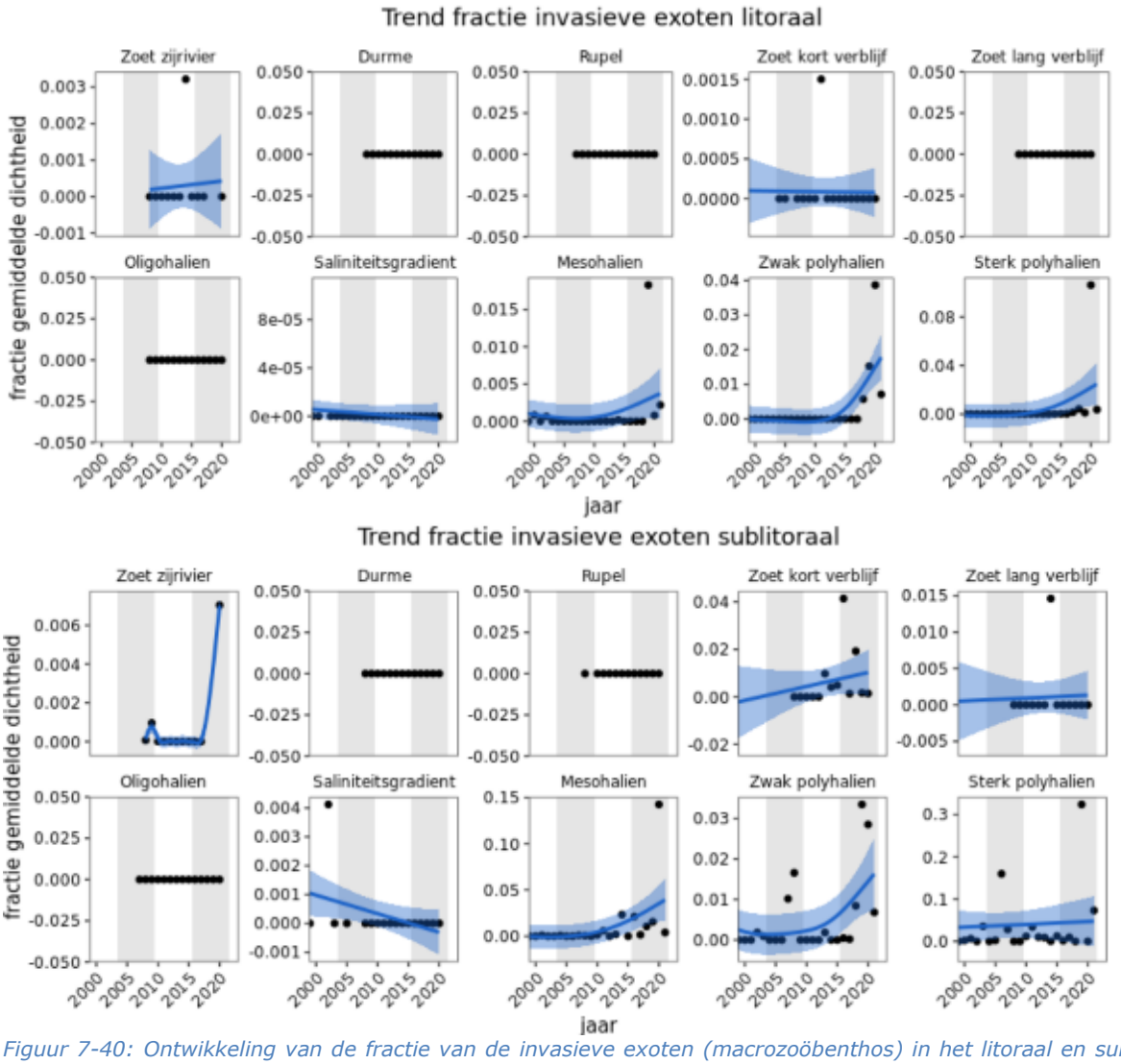
Sinds 2015 zijn er 17 nieuwe exoten bijgekomen in het Schelde-estuarium, waarvan vijf invasief. Dit zijn *Eriocheir sinensis*, *Mulinia lateralis* (beide 2018), *Sinelobus vanhaareni* (2019), *Ericthonius didymus* en *Pseudopolydora paucibranchiata* (beide 2021). Omdat tijdens de T2015 enkel gebruik gemaakt kon worden van data tot en met 2013 is in deze analyse ook de invasieve *Ruditapes philippinarum* (2015) een nieuwe exoot.



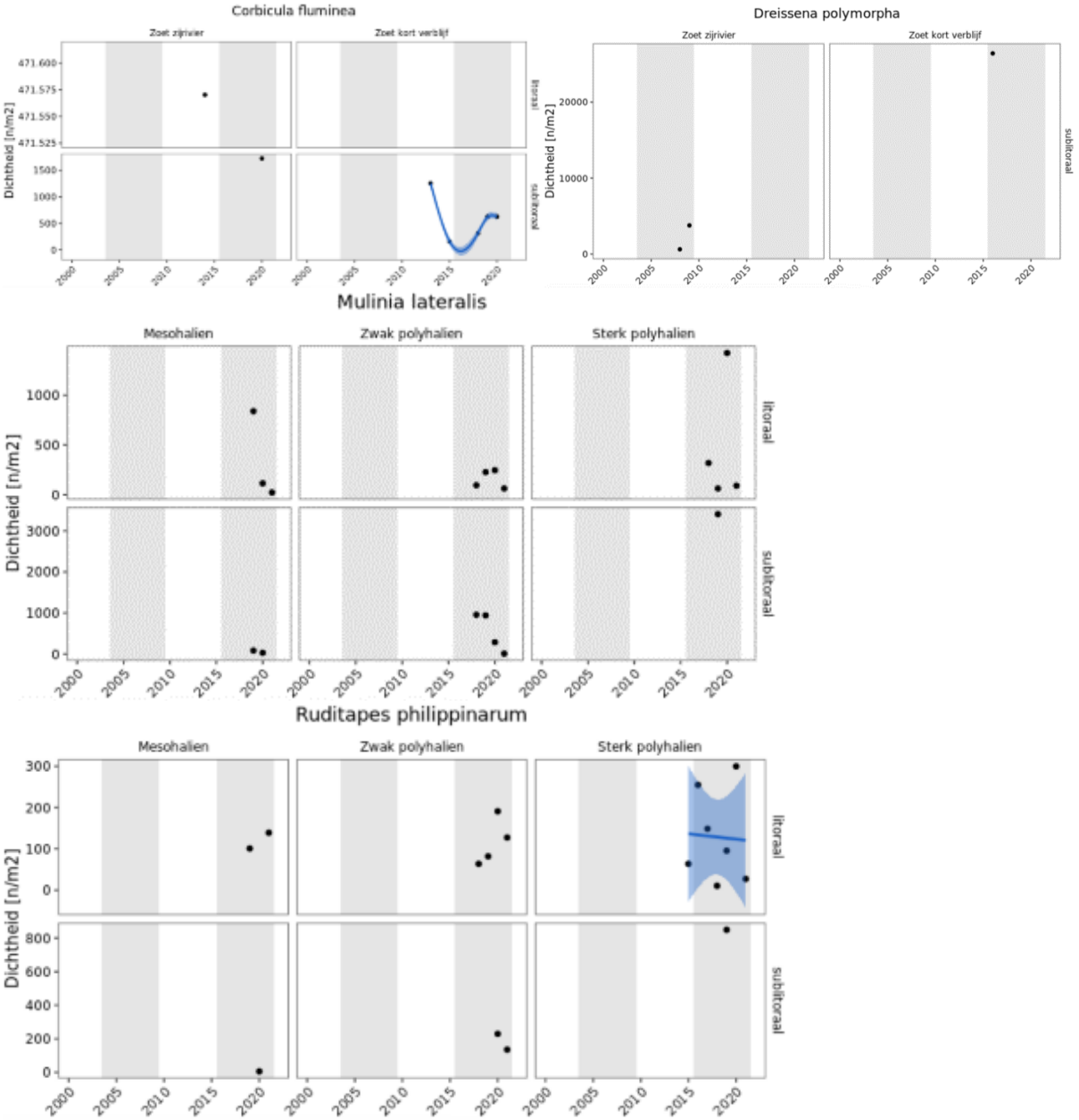
Figuur 7-39: Ontwikkeling van het aantal soorten exoten (macrozoöbenthos) per zone. Er is onderscheid gemaakt tussen invasieve exoten en overige exoten.

Het aantal exoten in het macrozoöbenthos is hoger in de gebieden met zoutinvloeden (Figuur 7-39). In de zones *Saliniteitsgradiënt*, *Mesohalien*, *Zwak polyhalien* en *Sterk polyhalien* is het aantal exoten substantieel toegenomen tijdens de T2021. Dit zijn vooral overige exoten, maar ook het aantal invasieve exoten is toegenomen. In deze vier zones wordt de situatie daarom als negatief beoordeeld.
Het aandeel invasieve exoten in de totale dichtheid is toegenomen in het litoraal in het *Mesohalien*, *Zwak polyhalien* en *Sterk polyhalien* (Figuur 7-40). In het sublitoraal was er een eenmalige toename in

Zoet zijrivier (vanwege het voorkomen van *Corbicula fluminea*), een lichte toename in *Zoet korte verblijftijd* vanwege het eenmalig hoge aantal *Dreissena polymorpha (*driehoeksmossel*)*, en een toename in het *Mesohalien* en *Zwak polyhalien*. Omdat er in de zoete zones slechts een of enkele exoten voorkwamen, zijn er geen duidelijke toe- of afnames te herkennen. In de Westerschelde komen meer invasieve exoten voor. Tijdens de T2021 zijn voornamelijk de invasieve exoten *Ruditapes philippinarum* (Filippijnse tapijtschelp) en *Mulinia lateralis* (Amerikaanse strandschelp) toegenomen. Daarnaast komt sinds 2019 de (voorlopig) niet-invasieve brakwaterkorfschelp (*Potamocorbula amurensis)* voor in het estuarium, en is deze tussen 2019 en 2021 sterk in aantallen en biomassa toegenomen in de zones *Saliniteitsgradiënt* en het *Mesohalien*.



Figuur 7-40: Ontwikkeling van de fractie van de invasieve exoten (macrozoöbenthos) in het litoraal en sublitoraal uitgedrukt als fractie van de gemiddelde dichtheid in de verschillende zones van het Schelde-estuarium. Let op, de y-assen verschillen!



Figuur 7-41: Ontwikkeling van de dichtheid van diverse invasieve exoten (macrozoöbenthos) in het litoraal en sublitoraal.

Tabel 7-15: Overzicht van het voorkomen van (invasieve) exoten in de Zeeschelde en Westerschelde. Per voorkomende soort is de gemiddelde dichtheid per m^2 weergegeven. Rood geeft aan dat de dichtheid is toegenomen (ongewenst) en groen dat de dichtheid is afgenomen (gewenst).

Soort	Zoet zijrivier		Durme		Rupel		Zoet kort verblijf		Zoet lang verblijf		Oligohalien		Saliniteits-gradient		Mesohalien		Zwak polyhalien		Sterk polyhalien	
Invasieve exoten	T2015	T2021	T2015	T2021	T2015	T2021	T2015	T2021	T2015	T2021	T2015	T2021	T2015	T2021	T2015	T2021	T2015	T2021	T2015	T2021
Branchiura sowerbyi	199						755	314	341											
Corbicula fluminea	79	864					354	251												
Crepidula fornicata															1			0.62	1.7	2.3
Dreissena polymorpha	1991							5282												
Ensis leei																0.07	0.54	3.1	2.5	6.9
Ericthonius didymus																				43
Eriocheir sinensis								63								0.18				
Ficopomatus enigmaticus																				0.71
Magallana gigas															1	29		2.4	1.7	1.1
Melita nitida															4.4	27		1.2		4.6
Mulinia lateralis																38		168		373
Petricolaria pholadiformis															4.1	7.7		1.4	59	1.5
Pseudopolydora paucibranchiata																2.5				1.2
Rhithropanopeus harrisii															0.13					
Ruditapes philippinarum																8.3		51	0.76	93
Sinelobus vanhaareni																0.4				
Overige exoten																				
Alitta virens																	5.3		2.1	0.51
Ammothea hilgendorfi																1.5		2.3		1
Amphibalanus improvisus														628				0.34		
Boccardiella ligerica						555						964		410		0.15				
Branchiodrilus hortensis	23																			
Corophium multisetosum				629												4.1		1.6		
Cryptorchestia cavimana																				
Gammarus tigrinus		314			252															
Grandidierella japonica																2.7		4.2		0.51
Heleobia charruana														140						
Hemigrapsus takanoi															0.12	3		1.8		0.51
Incisocalliope aestuarius													10		0.51	14	0.13	5.6	0.31	1.1
Jassa marmorata																				1.2
Marenzelleria neglecta					1037	713		63		524	584	789	137	908	5.7	8.5			0.15	
Marenzelleria viridis															19	2.2			2.7	
Microphthalmus similis																				16
Monocorophium acherusicum																17		0.62	272	1.2
Mya arenaria													8		30	68	2102	643	14	27
Mytilicola orientalis																		0.46		
Neomysis americana																11		10		11
Palaemon macrodactylus															1.4	0.26				
Paranais frici	1554				632	91	126	209				299								
Potamocorbula amurensis														145		284		28		37
Streblospio benedicti													1342	1021	84	0.74	104	0.98	50	6.9
Syllidia armata																0.09			0.53	1.5
Syllis gracilis																			27	
Synidotea laevidorsalis																				
Synidotea laticauda														31	0.14	2.8				
Theora lubrica																				1.5
Yoldia limatula																				0.44
Zeuxo holdichi																0.91				0.62

7.5.4. Samenvattend overzicht

Tabel 7-16: Overzicht van de scores per rekenparameter. Groen betekent positieve beoordeling, rood betekent dat de beoordeling negatief is, oranje betekent weinig data maar negatieve trend, geel betekent dat er onvoldoende data is om een trend te kunnen vaststellen. L = litoraal en S = sublitoraal.

	Zoet zij		Durme		Rupel		Zoet kort		Zoet lang		Oligohalien		Saliniteit		Mesohalien		Zwak poly		Sterk poly	
	L	S	L	S	L	S	L	S	L	S	L	S	L	S	L	S	L	S	L	S
Biomassa																				
Dichtheid																				
Soorten																				
Shannon																				
Kokkel																				
Mossel																				
Totaal biom																				
Aantal inv. Exoten																				
Fractie inv. Exoten																				

7.6. Toetsparameter Hyperbenthos

De hyperbenthos-gemeenschap is een belangrijke predator van de macrozoöbenthos-gemeenschap en wordt zelf weer gegeten door vissen en vogels. Hierdoor is hyperbenthos een belangrijke schakel in het voedselweb. Voor een goede weerspiegeling van de hyperbenthische gemeenschap wordt gekeken naar kwantiteit (abundantie en biomassa) en kwaliteit (diversiteit). Te veel krabben ("verkrabbing") wordt gezien als verstoring van een ecosysteem, te veel garnalen kan duiden op overbevissing. Hoe veel "te veel" is, is op dit moment onbekend voor de Zeeschelde en Westerschelde.

Data

De volgende datafiches worden gebruikt voor het analyseren van deze rekenparameter:

- S-DS-V-003 - Hyperbenthos (Zeeschelde)
- S-DS-N-004 – Vissen (Westerschelde)

De hyperbenthosdataset van de Zeeschelde is een gerichte monitoring die in 2013 in het kader van MONEOS is gestart. Op vijf locaties wordt maandelijks van april tot oktober met een net met een maaswijdte van 1 mm en met een cirkelvormige opening met een diameter van 50 cm langs de laagwaterlijn een transect van 2 x 100 m bemonsterd. Naar schatting wordt hierbij een watervolume van 40 m^3 bemonsterd. Alle organismen groter dan 1 mm worden tot op soort gedetermineerd en de asvrij drooggewichten worden bepaald. De hyperbenthosdataset voor de Westerschelde is bijvangst van de Demersal Young Fish Survey (DYFS). Op dertig locaties in het sublitoraal wordt jaarlijks met een boomkor (breedte 3 m, maaswijdte 35 mm) met een lage vissnelheid een trek van 15 minuten gemaakt. Daarna wordt de hele vangst (of een steekproef) gedetermineerd en gemeten. Dichtheden van krabben en garnalen kunnen uit deze dataset gebruikt worden om langjarige trends te bepalen. De dataset is echter geen indicatie voor de gehele hyperbenthos-gemeenschap in de Westerschelde, omdat de maaswijdte groot is (35 mm).

De beoordeling van de Toetsparameter *Hyperbenthos* vindt op verschillende manieren plaats:

- Beoordeling ontwikkeling abundantie en biomassa. Voor elk van de zones in het litoraal en sublitoraal mag de abundantie en biomassa hyperbenthos niet meer dan 25% af- of toenemen ten opzichte van de T2015.
- Beoordeling diversiteit. Per zone mag de soortenrijkdom en Shannon-index niet afnemen ten opzichte van de T2015.
- Beoordeling exoten. Het aantal soorten exoten mag niet toenemen, en de fractie invasieve exoten ten opzichte van de totale abundantie mag niet toenemen.

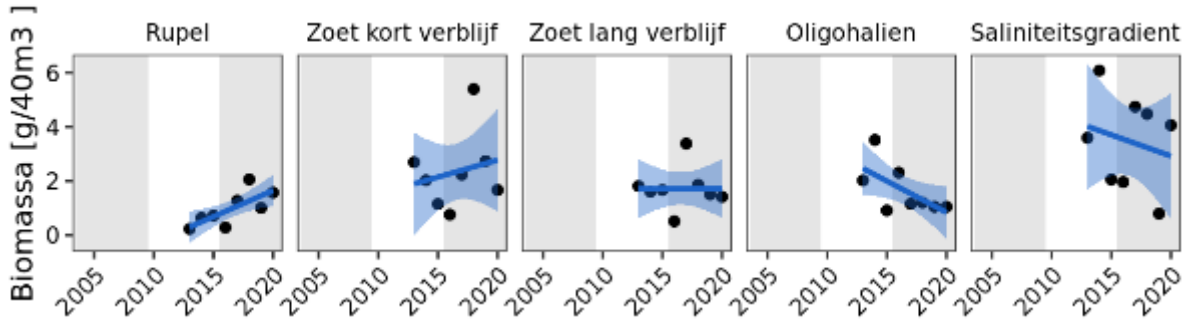
7.6.1. Aantal/Biomassa

Methodiek

De abundantie en biomassa per oppervlakte-eenheid worden beïnvloed door onder andere waterkwaliteit en voedselaanbod. Een afname in abundantie en biomassa wordt vaak gezien als een afname in ecologische kwaliteit, omdat er enerzijds een verminderde energiedoorstroming vanuit onderliggend trofisch niveau is en anderzijds er minder voedselaanbod is voor hogere trofische niveaus. Daarom wordt een afname in abundantie en biomassa binnen deze beoordeling als negatief beoordeeld. Een drastische toename kan echter ook een teken zijn van verschuivingen in het ecosysteem. Daarom wordt een substantiële toename binnen de evaluatieperiode (≥25%) als ongunstig beoordeeld.

7.6.1.1. Biomassa

In de Zeeschelde wordt hyperbenthos sinds 2013 gemonitord. Daardoor waren tijdens de T2015 weinig jaren beschikbaar, waardoor een vergelijking tussen T2015 en T2021 lastig is. De gemiddelde biomassa gedurende de T2021 was 133% hoger in de *Rupel*, 31% hoger in de zone *Zoet korte verblijftijd* en 2% hoger in de zone *Zoet lange verblijftijd*. In de zone *Oligohalien* was er een afname van 37%, in de zone *Saliniteitsgradiënt* een afname van 18%. Enkel de ontwikkelingen in de zones *Zoet lange verblijftijd* en *Saliniteitsgradiënt* vallen binnen de marge van 25% toe- of afname. Voor de Westerschelde zijn geen biomassa-gegevens beschikbaar.



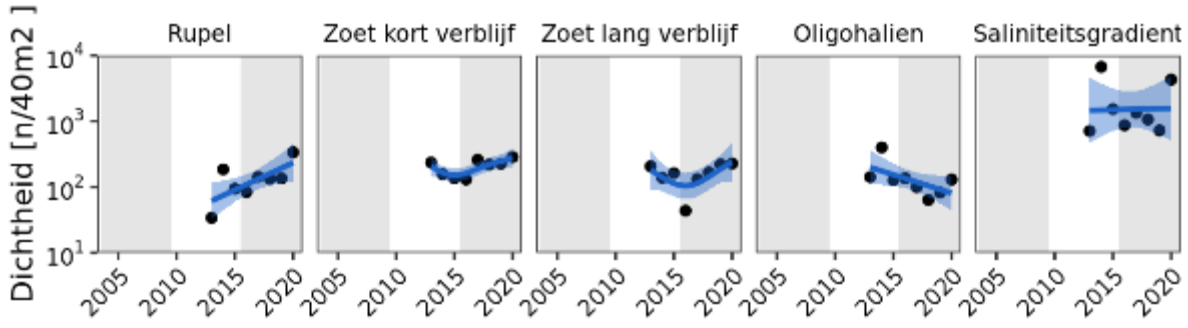
Figuur 7-42: Ontwikkeling van de biomassa van het hyperbenthos in de bemonsterde zones in de Zeeschelde. Zwarte punten zijn jaargemiddelden (g/40 m³), de blauwe lijn is een gefitte GAM-smooth-curve (k=5).

Tabel 7-17: Gemiddelde biomassa (g/40m³) van het hyperbenthos in de bemonsterde zones van de Zeeschelde tijdens de T2015 en de T2021, en procentuele toe- of afname.

Zone	T2015	T2021	Toename %
Rupel	0,53	1,24	133
Zoet kort verblijf	1,96	2,56	31
Zoet lang verblijf	1,70	1,74	2
Oligohalien	2,15	1,35	-37
Saliniteitsgradient	3,91	3,21	-18

7.6.1.2. Dichtheid

De dichtheid van het hyperbenthos was het hoogst in de zone *Saliniteitsgradiënt*. Ten opzichte van de periode T2015 is er in alle zones behalve de zone *Zoet lange verblijftijd* sprake van een substantiële toe- of afname. Omdat deze meetreeks is begonnen in 2013, is een daadwerkelijke trend nog moeilijk vast te stellen. De hoogste dichtheden zijn aangetroffen in de zone *Saliniteitsgradiënt*, de sterkste toename in dichtheden vindt plaats in de *Rupel*. Ten opzichte van de T2015 is enkel in de zone *Zoet Lang verblijf* de totale hyperbenthosdichtheid minder dan 25% toe- of afgenomen. De andere gebieden worden dus negatief beoordeeld.

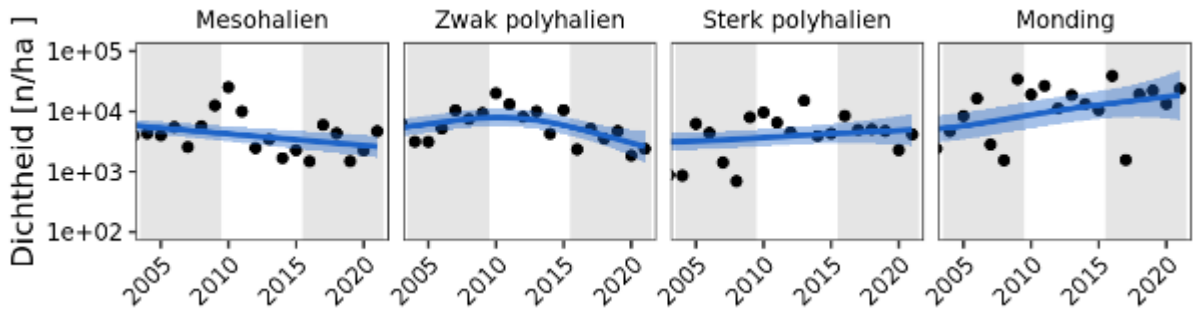


Figuur 7-43: Ontwikkeling van de dichtheid van het hyperbenthos in de bemonsterde zones in de Zeeschelde. Zwarte punten zijn jaargemiddelden (n/ 40 m^3), de blauwe lijn is een GAM-smooth-curve (k=5).

Tabel 7-18: Gemiddelde dichtheid (n/40m^3) van het hyperbenthos in de bemonsterde zones van de Zeeschelde tijdens de T2015 en de T2021, en de procentuele toe- of afname.

Zone	T2015	T2021	Toename %
Rupel	104	166	59
Zoet kort verblijf	176	224	28
Zoet lang verblijf	169	158	-7
Oligohalien	223	102	-54
Saliniteitsgradient	2987	1661	-44

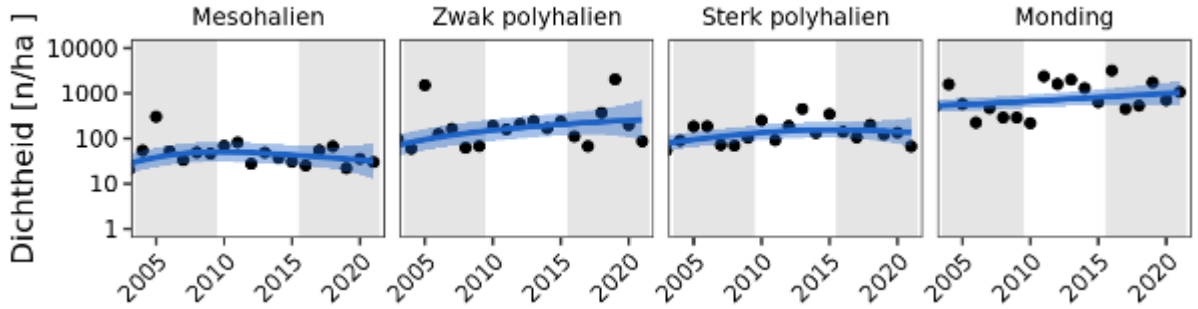
In het sublitoraal van de Westerschelde zijn de dichtheden van garnalen afgenomen in de zones *Mesohalien* en *Zwak polyhalien*. De afname in het *Mesohalien* is al eerder ingezet, in de periode 2009-2011 waren de dichtheden garnalen bijzonder hoog. Ook in het *Zwak polyhalien* is de afname een doorzetting van een trend die al eerder ingezet was. In het *Sterk polyhalien* was er geen sterke toe- of afname. In de *Monding* was er geen sterke toe- of aanname ten opzichte van de T2015, maar zijn de dichtheden wel toegenomen ten opzichte van de T2009. Gemiddeld over de gehele T2021 periode zijn de dichtheden in alle gebieden afgenomen ten opzichte van het gemiddelde van de T2015 periode. Slechts in de *Monding* is de dichtheid met minder dan 25% afgenomen. Daarom scoren de andere gebieden negatief.



Figuur 7-44: Ontwikkeling van de dichtheid garnalen in de bemonsterde zones in de Westerschelde. Zwarte punten zijn jaargemiddelden (n/ha), de blauwe lijn is een GAM-smooth-curve (k=10).

Krabben komen op basis van de DFS in lage dichtheden in de Westerschelde voor. In het Mesohalien was sprake van een lichte afname in de krabbendichtheden ten opzichte van de situatie in T2015. In

het *Zwak polyhalien* en in de *Monding* was er een toename. In het Sterk polyhalien en de Monding zijn de dichtheden krabben afgenomen bij vergelijking van de T2015 met de T2021. De gemiddelde dichtheid tijdens de gehele T2021 periode was enkel in het Mesohalien niet meer dan 25% toe- of afgenomen. Daarom scoren de andere gebieden negatief.



Figuur 7-45 Ontwikkeling van de dichtheid krabben in de bemonsterde zones in de Westerschelde. Zwarte punten zijn jaargemiddelden (n/ha), de blauwe lijn is een GAM-smooth-curve (k=10).

Tabel 7-19: Gemiddelde dichtheid (n/ha) tijdens de T2015 en de T2021, en procentuele toe- of afname. Rood betekent een negatieve beoordeling, groen betekent een positieve beoordeling.

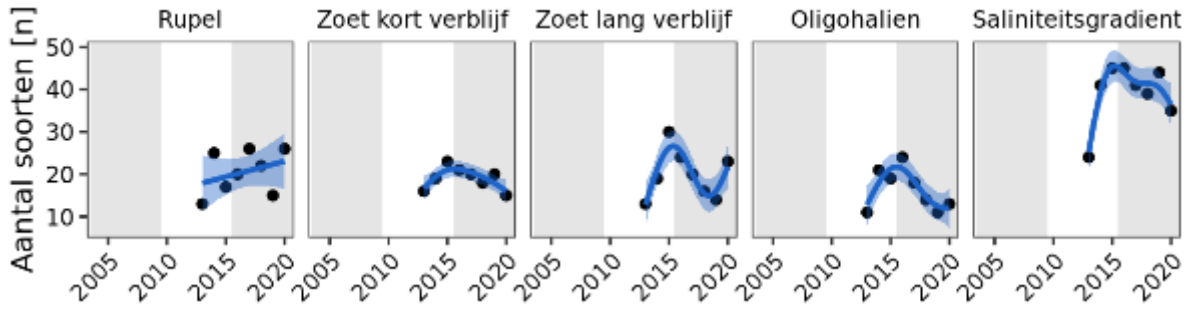
	Garnalen (*10^3)			Krabben		
Zone	T2015	T2021	Toename %	T2015	T2021	Toename %
Mesohalien	7,5	3,7	-50	49	42	-15
Zwak polyhalien	11	3,5	-68	202	552	172
Sterk polyhalien	7,3	4,2	-42	244	126	-48
Monding	16,5	16,0	-3	1355	900	-34

7.6.2. Diversiteit

Het aantal soorten is een indicator voor de soortenrijkdom en mag voor een goede beoordeling niet afnemen tussen 2016-2021 ten opzichte van de vorige beoordeling (T2015) en de langere termijn. Deze parameter wordt per zone (niveau 3) berekend, omdat de resolutie mogelijk anders te laag wordt. De Shannon-index wordt gebruikt om inzicht te krijgen in het relatieve voorkomen van soorten. De Shannon-index is hoog als meerdere soorten een vergelijkbare abundantie hebben, de index is laag als één soort dominant is. De Shannon-index (berekend op basis van abundantie) mag niet significant afnemen ten opzichte van de vorige beoordelingsperiode.

7.6.2.1. Aantal soorten

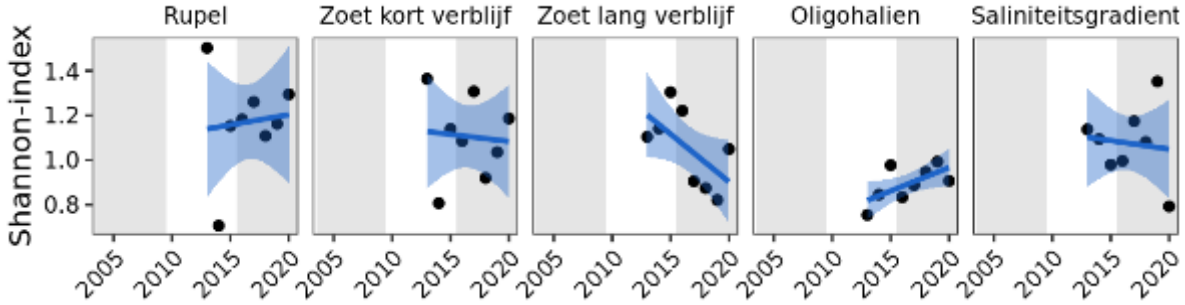
Het aantal soorten was het hoogst in de zone *Saliniteitsgradiënt*. In de *Rupel* is sprake van een lichte toename in het aantal soorten. In de zone *Zoet korte verblijftijd* is er na een toename in de T2015 sprake van een afname in de T2021. In de zone *Zoet lange verblijftijd* vertoont het aantal soorten een golfbeweging, waardoor na een aanvankelijke toename en vervolgens een afname na 2015 er in 2020 weer een toename te zien was. In de zone *Oligohalien* was tijdens de T2015 sprake van een toename en in de T2021 nam het aantal soorten weer af. In de zone *Saliniteitsgradiënt* werden in 2013 substantieel minder soorten waargenomen dan in de jaren daarna. Dit is een gevolg van een aantal missende metingen in 2013 (Van Ryckegem *et al*., 2022). Na 2016 is er sprake van een lichte afname in het aantal soorten.



Figuur 7-46: Ontwikkeling van het aantal soorten hyperbenthos in de bemonsterde zones in de Zeeschelde.

7.6.2.2. Shannon-index

De Shannon-index is toegenomen in de *Rupel* en de zone *Oligohalien*, en afgenomen in zone *Zoet lange verblijftijd*. In de zones *Zoet korte verblijftijd* en *Saliniteitsgradiënt* is sprake van een lichte afname maar is de spreiding te groot en het aantal jaren te klein om met zekerheid een afname te kunnen vaststellen.



Figuur 7-47: Ontwikkeling van de Shannon-index (op basis van dichtheid) van het hyperbenthos in de bemonsterde zones in de Zeeschelde.

7.6.3. Exoten

Data

Het volgende datafiche wordt gebruikt voor het analyseren van de rekenparameter Exoten macrozoöbenthos Zeeschelde en Westerschelde:

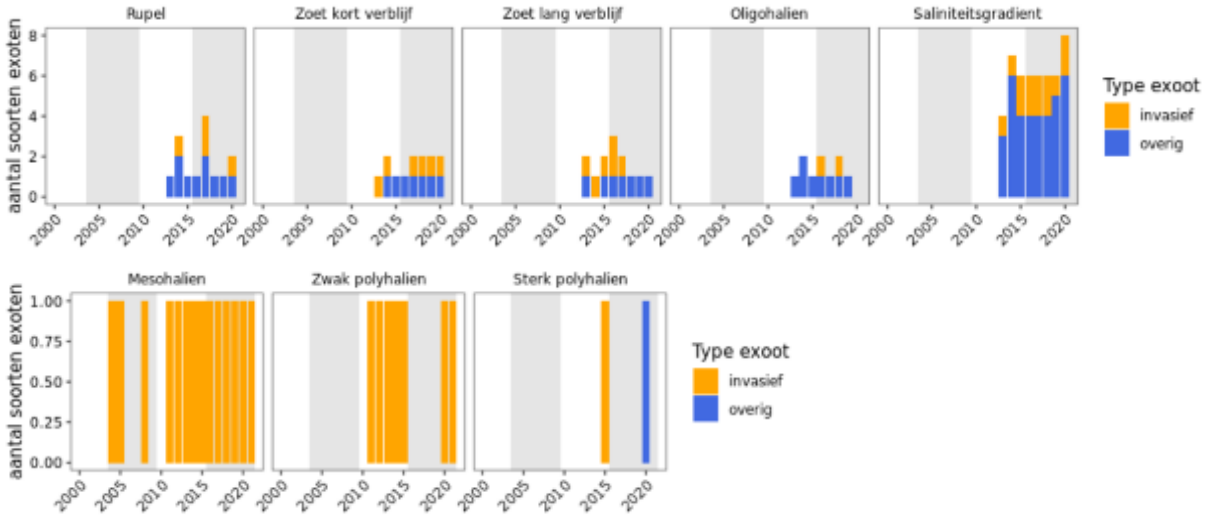
- S-DS-N-004 – Vissen
- S-DS-V-003 – Hyperbenthos

Methodiek

Per zone is het aantal exoten berekend, waarbij onderscheid is gemaakt tussen invasieve en niet-invasieve exoten. Vervolgens is voor de invasieve exoten de fractie van het aantal invasieve exoten berekend in de gemiddelde dichtheid per zone.
Een toename van het aantal soorten invasieve exoten wordt als negatief beoordeeld en het gelijk blijven of een afname als positief. Een toename van de fractie invasieve exoten in de totale dichtheid van het hyperbenthos wordt als negatief beoordeeld en een afname als positief.

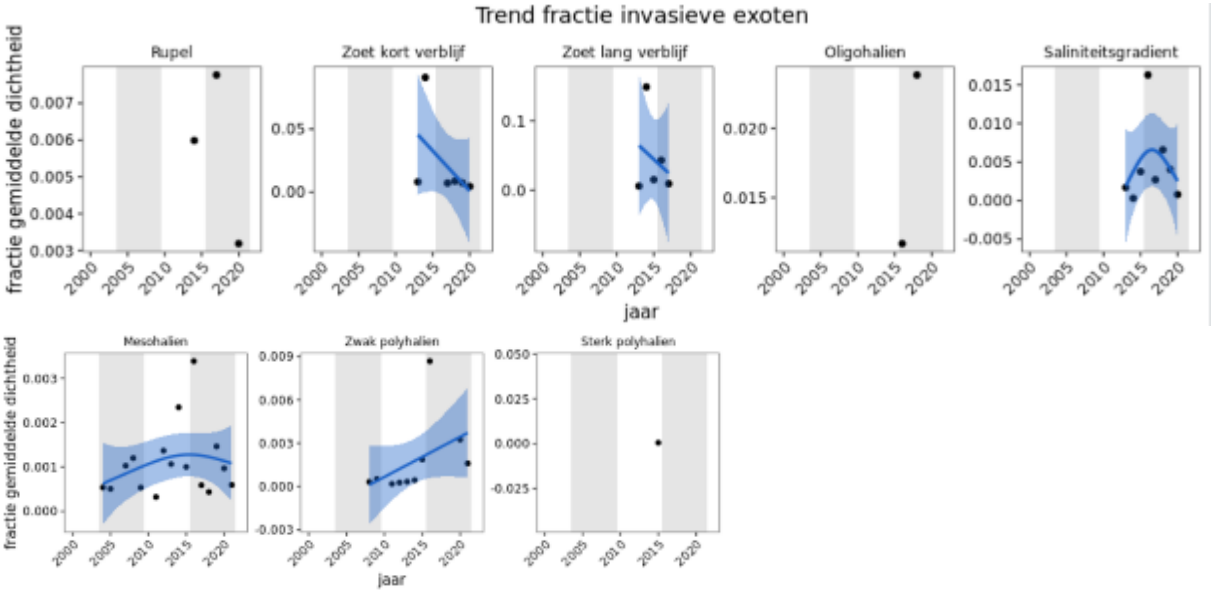
Analyse

Evenals bij het benthos neemt het aantal exoten in het hyperbenthos toe bij een toenemende zoutconcentratie in de Zeeschelde. Het grootste gedeelte van de exoten zijn niet-invasieve exoten. De invasieve exoten in het zoete deel van de Zeeschelde zijn de Kaspische slijkgarnaal (*Chelicorophium curvispinum*), de Chinese wolhandkrab (*Eriocheir sinensis*), Kaspische aasgarnaal (*Hemimysis anomala*), en de Amerikaanse vlokreeft (*Crangonyx pseudogracilis*). In de *Saliniteitsgradiënt* komt naast de wolhandkrab ook de invasieve elegante honingvlokreeft (*Melita nitida*) voor. Vanwege de andere methodiek zijn de gegevens voor de Zeeschelde niet goed vergelijkbaar met die van de Westerschelde. In de Westerschelde is slechts één invasieve exoot aangetroffen, de Chinese wolhandkrab. Deze is in het *Mesohalien* vrijwel elk jaar aangetroffen, in het *Zwak polyhalien* tijdens de T2021 enkel in 2020 en 2021, en in het *Sterk polyhalien* enkel in 2015. In het *Sterk polyhalien* is in 2020 daarnaast de blauwe zwemkrab (*Callinectes sapidus*) aangetroffen.

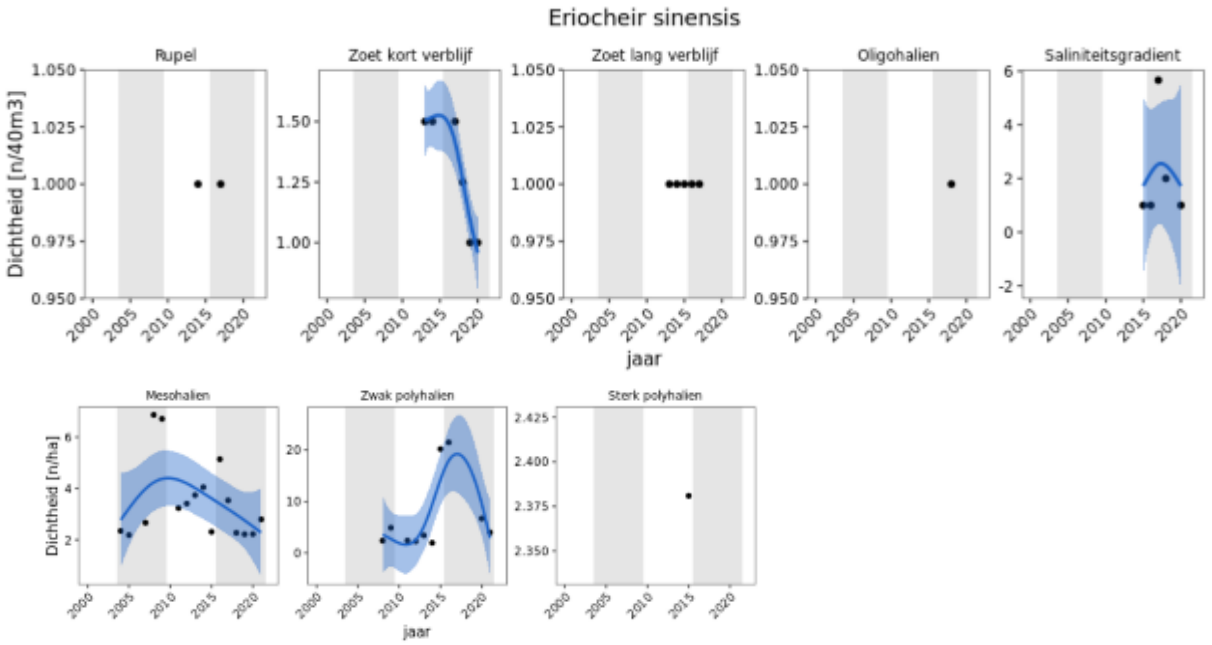


Figuur 7-48: Ontwikkeling van het aantal soorten exoten (hyperbenthos) per zone. Er is onderscheid gemaakt tussen invasieve exoten en overige exoten.

Omdat er relatief weinig jaren beschikbaar zijn en niet in elk jaar invasieve exoten zijn aangetroffen, is voor de Rupel en het *Oligohalien* geen trend in de fractie invasieve exoten te bepalen. In het geval van het *Oligohalien* zijn er in de T2015 geen invasieve exoten aangetroffen en tijdens de T2021 wel, waardoor de beoordeling negatief is. Ook voor de *Rupel* is de gemiddelde fractie invasieve exoten hoger tijdens de T2021 dan tijdens de T2015. In de zone *Zoet korte verblijftijd* is er vanwege een hoge waarde in 2014 sprake van een afnemende trend in de relatieve dichtheid van invasieve exoten. In Saliniteitsgradiënt was er een toename tijdens de T2015 en een afname tijdens de T2021, waardoor er netto geen verschil was. In het *Mesohalien* is de fractie invasieve exoten stabiel gebleven, in het *Zwak polyhalien* was er sprake van een substantiële toename. Dit komt vooral door het hoge aantal wolhandkrabben dat in 2020 gevangen is.



Figuur 7-49: Ontwikkeling van de fractie van de invasieve exoten (hyperbenthos) uitgedrukt als fractie van de gemiddelde dichtheid in de verschillende zones van het Schelde-estuarium. Let op, de y-assen verschillen!



Figuur 7-50: Ontwikkeling van de dichtheid van de Chinese wolhandkrab in het Schelde-estuarium. Let op, de y-assen verschillen!

De dichtheid van de wolhandkrab is sterk afgenomen in de zone *Zoet korte verblijftijd*. Dit houdt mogelijk verband met het actieve beheer van wolhandkrabben, waarbij vang-goten worden ingezet om deze soort mee te bestrijden. In *Zoet lange verblijftijd* is de dichtheid van wolhandkrabben gelijk gebleven. In het *Oligohalien* zijn wolhandkrabben slechts aangetroffen in 2017. In *Saliniteitsgradiënt* zijn wolhandkrabben niet aangetroffen in de T2015, wel tijdens de T2021. Opgemerkt dient te worden dat de hyperbenthos-methodiek waarschijnlijk geen volledig beeld geeft van de wolhandkrab-populatie,

en dat de gegevens van de vang-goten hier een beter beeld van kunnen geven. Wel i duidelijk dat de wolhandkrab nog steeds aanwezig is in het Schelde-estuarium.

In het *Mesohalien* is de dichtheid van de Chinese wolhandkrab afgenomen in vergelijking met de T2015. Hier lijkt sprake van een langjarige trend. In het *Zwak polyhalien* zijn in 2015 en 2016 hoge aantallen gevangen, waardoor de dichtheid toe is genomen ten opzichte van de T2015. Deze dichtheden staan echter in geen verhouding tot de totale dichtheid aan hyperbenthos in deze zone. Ook lijkt er geen sprake van een langjarige trend.

Tabel 7-20: Overzicht van het voorkomen van (invasieve) exoten in de Zeeschelde en Westerschelde. De gemiddelde dichtheid per 40 m³ is weergegeven. Rood geeft aan dat de dichtheid is toegenomen (ongewenst) en groen dat de dichtheid is afgenomen (gewenst).

Soort	Rupel		Zoet kort verblijf		Zoet lang verblijf		Oligohalien		Saliniteits-gradient		Mesohalien		Zwak polyhalien		Sterk polyhalien	
Invasieve exoten	T2015	T2021	T2015	T2021	T2015	T2021	T2015	T2021	T2015	T2021	T2015	T2021	T2015	T2021	T2015	T2021
Chelicorophium curvispinum		0.25				0.25										
Crangonyx pseudogracilis								0.5								
Eriocheir sinensis	1	0.25	1.5	1.2	1	0.75		0.5	0.083	0.66	3.3	3	6	10	2.4	0
Hemimysis anomala		0.5														
Melita nitida									2.83	5.5						
Overige exoten																
Ampithoe valida										0.07						
Callynectes sapidus																9.4
Cryptorchestia cavimana							0.17	0	0.02	0						
Gammarus tigrinus	2.3	16	4.3	12	5.4	4.3	3	1.5	0.22	0.77						
Grandidierella japonica										1						
Hemigrapsus sanguineus														4.4		17
Incisocalliope aestuarius									0.29	1.7						
Neomysis americana		0.05							98	8.8						
Palaemon macrodactylus	0.11	0					1.3	0	0.078	0.033						
Synidotea laticauda									7.4	4.6						

7.6.4. Samenvattend overzicht

Tabel 7-21 presenteert voor het hyperbenthos een samenvattend overzicht van de beoordeling per rekenparameter.

Tabel 7-21: Overzicht van de scores per rekenparameter. Groen betekent goed, rood betekent dat de waarde niet voldoet.

	Rupel	Zoet kort	Zoet lang	Oligohalien	Saliniteit	Mesohalien	Zwak poly	Sterk poly
Biomassa								
Dichtheid								
Soorten								
Shannon								
Garnalen								
Krabben								
Aantal inv. Exoten								
Fractie inv. Exoten								

7.7. Toetsparameter Vissen

Vissen spelen een cruciale rol binnen het voedselweb van het Schelde-estuarium en worden gekenmerkt door een sterke diversiteit (RWS2007; Adriaenssens et al., 2002; Calle et al., 2020). Het aanbod aan vis in het estuarium bepaalt mede de draagkracht van het estuarium voor soorten uit de Habitatrichtlijn (bijv. de gewone zeehond en de bruinvis) en uit de Vogelrichtlijn (bijv. zwartkopmeeuw, grote stern, visdief, dwergstern en fuut) (LNV, 2006). De centrale rol in het voedselweb in combinatie met de gevoeligheid voor veranderingen in de kwaliteit van de leefomgeving en de afhankelijkheid van meerdere aspecten van het estuarium, maken van vissen een geschikte toetsparameter.

Het aanbod aan vis bepaalt daarnaast ook het rendement van de estuariene visserij en deels van de visserij in de Noordzee voor soorten waarvan juvenielen in het estuarium opgroeien (kraamkamerfunctie van het estuarium). Vissoorten die ten minste een gedeelte van hun levenscyclus in het Schelde-estuarium volbrengen en van commercieel belang zijn, zijn onder andere spiering, haring, bot, sprot, schol, paling, tong, schar en zeebaars (Breine, 2009; Werkgroep Westerschelde, 2000).

Het estuarium is een complex getij-gedreven systeem met belangrijke longitudinale, transversale, seizoenale en dagelijkse variaties in omgevingscondities, waarbinnen visgemeenschappen leven. Verschillen in habitatvereisten, gedrag, voedings- en reproductievereisten tussen vissoorten en binnen vissoorten (o.a. doorheen de levenscyclus) zijn dan ook zeer uitgesproken, en gaan gepaard met spatiotemporele variaties in aanwezigheden over meerdere spatiale en temporele schalen. Naast de variatie in omgevingscondities en visaantallen, is het ook belangrijk om de variatie die te wijten is aan de meetmethode niet te verwaarlozen. Het gebruik van verschillende vangstmethoden in verschillende zones van het estuarium, soort-specifieke vangstefficiëntie en spatiotemporele variatie in bemonsteringsinvestering voegen bijkomende onzekerheid aan de data toe. Ondanks de vermelde moeilijkheden blijft het noodzakelijk om een goed inzicht te krijgen in de toestand van de visgemeenschappen van het estuarium. Om het ecologisch functioneren te begrijpen is het aangewezen om soorten samen te brengen in zinvolle functionele groepen die zoveel mogelijk van deze diversiteit/variatie omkaderen (Tabel 7-22).

Tabel 7-22: Overzicht vissoorten met vermelding van de wetenschappelijke naam, Nederlandstalige naam, dieet en saliniteitsvoorkeur. Soorten die beschouwd worden als een sleutelsoort zijn aangegeven met een X.

Soort (wet. naam)	Soort (Ned. naam)	Dieet	Saliniteitsvoorkeur	Sleutelsoort
Abramis brama	brasem	benthivoor	zoetwater	X
Acipenser sturio	Europese steur	omnivoor	diadroom	
Agonus cataphractus	harnasmannetje	benthivoor	estuarien resident	
Alburnus alburnus	alver	planktivoor	zoetwater	
Alosa alosa	elft	omnivoor	diadroom	X
Alosa fallax	fint	omnivoor	diadroom	X
Ammodytes tobianus	zandspiering	planktivoor	estuarien resident	
Anguilla anguilla	paling	omnivoor	diadroom	X
Aphia minuta	glasgrondel	planktivoor	estuarien resident	X
Atherina presbyter	koornaarvis	omnivoor	mariene migrant	
Barbus barbus	barbeel	omnivoor	zoetwater	
Belone belone	geep	piscivoor	mariene migrant	

Soort (wet. naam)	Soort (Ned. naam)	Dieet	Saliniteitsvoorkeur	Sleutelsoort
Blicca bjoerkna	kolblei	omnivoor	zoetwater	X
Carassius auratus gibelio	giebel	omnivoor	zoetwater	
Carassius carassius	kroeskarper	omnivoor	zoetwater	
Chelidonichthys lucerna	rode poon	omnivoor	mariene migrant	
Chelon labrosus	diklipharder	omnivoor	mariene migrant	
Chondrostoma nasus	sneep	benthivoor	zoetwater	
Ciliata mustela	vijfdradige meun	benthivoor	mariene migrant	
Clupea harengus	haring	planktivoor	mariene migrant	X
Cobitis taenia	kleine modderkruiper	benthivoor	zoetwater	
Coregonus oxyrhynchus	noordzeehouting	omnivoor	estuarien resident	
Cottus gobio	riverdonderpad	benthivoor	zoetwater	
Cyclopterus lumpus	snotolf	omnivoor	mariene migrant	
Cyprinus carpio	karper	omnivoor	zoetwater	
Dasyatis pastinaca	pijlstaartrog	benthivoor	mariene migrant	
Dicentrarchus labrax	zeebaars	omnivoor	mariene migrant	X
Echiichthys vipera	kleine pieterman	omnivoor	mariene migrant	
Engraulis encrasicolus	ansjovis	planktivoor	mariene migrant	
Esox lucius	snoek	omnivoor	zoetwater	
Gadus morhua	kabeljauw	omnivoor	mariene migrant	
Gasterosteus aculeatus	driedoornige stekelbaars	omnivoor	diadroom	
Gobio gobio	riviergrondel	omnivoor	zoetwater	
Gymnocephalus cernuus	pos	benthivoor	zoetwater	X
Lampetra fluviatilis	rivierprik	piscivoor	diadroom	X
Lampetra planeri	beekprik	piscivoor	zoetwater	
Leucaspius delineatus	vetje	benthivoor	zoetwater	
Leuciscus cephalus	kopvoorn	omnivoor	zoetwater	
Leuciscus idus	winde	omnivoor	zoetwater	
Leuciscus leuciscus	serpeling	benthivoor	zoetwater	
Limanda limanda	schar	omnivoor	mariene migrant	
Liparis liparis	slakdolf	benthivoor	estuarien resident	X
Liza ramada	dunlipharder	omnivoor	diadroom	
Lota lota	kwabaal	piscivoor	zoetwater	
Merlangius merlangus	wijting	omnivoor	mariene migrant	X
Misgurnus fossilis	grote modderkruiper	benthivoor	zoetwater	
Myoxocephalus scorpius	zeedonderpad	omnivoor	estuarien resident	X
Osmerus eperlanus	spiering	omnivoor	diadroom	X
Perca fluviatilis	baars	piscivoor	zoetwater	
Petromyzon marinus	zeeprik	piscivoor	diadroom	X
Pholis gunnellus	botervis	benthivoor	estuarien resident	
Phoxinus phoxinus	elrits	omnivoor	estuarien resident	

Soort (wet. naam)	Soort (Ned. naam)	Dieet	Saliniteitsvoorkeur	Sleutelsoort
Platichthys flesus	bot	omnivoor	diadroom	X
Pleuronectes platessa	schol	benthivoor	mariene migrant	X
Pomatoschistus microps	brakwatergrondel	benthivoor	estuarien resident	X
Pomatoschistus minutus	dikkopje	benthivoor	estuarien resident	X
Pungitius pungitius	tiendoornige stekelbaars	benthivoor	zoetwater	X
Raja clavata	stekelrog	omnivoor	mariene migrant	
Raniceps raninus	vorskwab	omnivoor	estuarien resident	
Rhodeus sericeus	bittervoorn	omnivoor	zoetwater	X
Rutilus rutilus	blankvoorn	omnivoor	zoetwater	X
Salmo trutta trutta	zeeforel	omnivoor	diadroom	
Sander lucioperca	snoekbaars	omnivoor	zoetwater	X
Scardinius erythrophthalmus	ruisvoorn	omnivoor	zoetwater	
Scophthalmus maximus	tarbot	piscivoor	mariene migrant	
Silurus glanis	Europese meerval	omnivoor	zoetwater	X
Solea solea	tong	benthivoor	mariene migrant	
Spinachia spinachia	zeestekelbaars	omnivoor	estuarien resident	
Sprattus sprattus	sprot	planktivoor	mariene migrant	
Squalius cephalus	kopvoorn	omnivoor	zoetwater	
Syngnathus acus	grote zeenaald	omnivoor	estuarien resident	
Syngnathus rostellatus	kleine zeenaald	omnivoor	estuarien resident	
Syngnathus typhile	trompetterzeenaald	planktivoor	estuarien resident	
Tinca tinca	zeelt	omnivoor	zoetwater	
Trachinus draco	grote pieterman	omnivoor	mariene migrant	
Trisopterus luscus	steenbolk	omnivoor	mariene migrant	
Zoarces viviparus	puitaal	benthivoor	estuarien resident	X

In overeenstemming met de Kaderrichtlijn Water (KRW) en de voorgaande evaluatiemethodiek (Maris *et al.*, 2014), wordt een eerste indeling gemaakt op basis van de saliniteitsvoorkeur. Aangezien de saliniteitsgradiënt in het estuarium een uitgesproken longitudinaal karakter heeft, komt deze indeling overeen met de verschillende Scheldezones. In overeenstemming met de evaluatie van de andere trofische groepen, gebeurt een tweede indeling op vlak van het dieet van de vissen met als doel om de energiedoorstroming tussen de trofische groepen optimaal te kunnen analyseren. Vissen worden evenwel gekenmerkt door opportunistisch foerageergedrag dat bovendien sterk afhankelijk is van het levensstadium, waardoor deze indeling niet evident is.

De beoordeling van de toetsparameter Vissen berust op volgende criteria:

- Per bemonsteringsmethode worden de trends in jaargemiddelde aantallen en biomassa van de verschillende functionele groepen geanalyseerd. Soorten die door meerdere methodes bemonsterd worden, dienen enkel voor de meest relevante methode meegenomen te worden. Doordat paling bv. eerder met fuiken dan met de ankerkuil gevangen wordt, is het zinvoller om te werken met fuikvangsten voor deze soort. Voor soorten waarvoor dit niet eenduidig af te lijnen is, worden beide technieken meegenomen. De jaargemiddelde biomassa en aantallen

mogen voor een positieve beoordeling niet dalen en worden in elke Scheldezone (niveau 3) beoordeeld t.o.v. de voorgaande T-periode (hier T2015).

- Per bemonsteringsmethode worden de trends in Shannon-index (op basis van de jaargemiddelde aantallen) van de verschillende functionele groepen geanalyseerd. Soorten die door meerdere methodes bemonsterd worden, dienen enkel voor de meest relevante methode meegenomen te worden. Voor soorten waarvoor dit niet eenduidig af te lijnen is, worden beide technieken meegenomen. De Shannon-index (op basis van de jaargemiddelde aantallen) mag voor een positieve beoordeling niet dalen en wordt in elke Scheldezone (niveau 3) beoordeeld t.o.v. de voorgaande T-periode (hier T2015).
- De keuze van de sleutelsoorten is tot stand gekomen door het beschouwen van juridische (status), ecologische en methodologische criteria en de relevantie voor het begrijpen van het ecologisch functioneren (verhaallijnen). Het spreekt voor zich dat er voornamelijk veel overlap is tussen de criteria, maar dat er zich soms ook conflicten voordoen. De kleine modderkruiper bijvoorbeeld is een Natura-2000-doelsoort (juridisch), maar wordt niet gevangen met de beschikbare technieken (methodologisch). Deze soort wordt daarom niet meegenomen als sleutelsoort. De trends in de sleutelsoorten mogen voor een positieve beoordeling niet dalen en worden per Scheldezone (niveau 3) beoordeeld.

Data

De volgende datafiches worden gebruikt voor het analyseren van de rekenparameters:

- S-DS-N-004 – Vissen (Westerschelde)
- S-DS-V-004a - Vissen (KRW) (Zeeschelde)

7.7.1. Aantal/biomassa van de functionele groepen

Definitie

Trends in de aantallen en biomassa van de functionele groepen (saliniteitsvoorkeur + dieet) worden weergegeven per zone (niveau 3) en per jaar. De trends mogen voor een positieve beoordeling niet dalen (t.o.v. T2015) en worden per zone (niveau 3) beoordeeld.

Methodiek

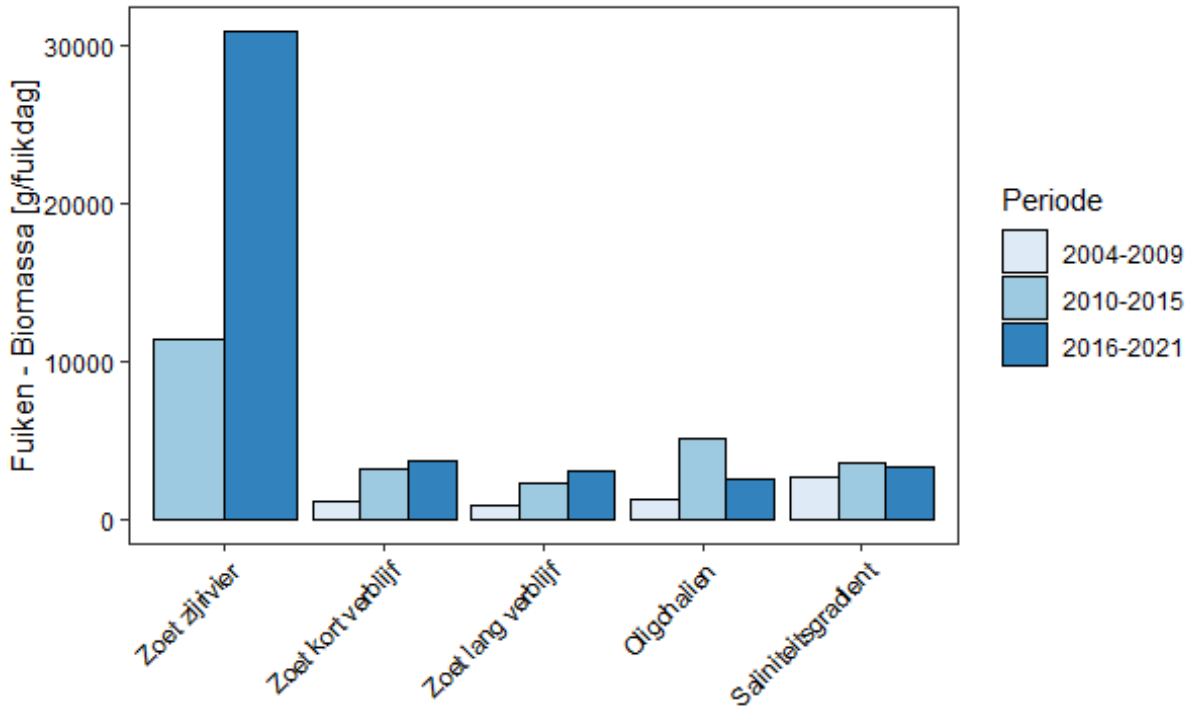
Per functionele groep worden de aantallen en biomassa (1) uitgemiddeld per station per maand. Daarop worden deze gemiddelde waarden per station en per maand verder geaggregeerd op basis van het gemiddelde zodat eerst (2) gemiddelde waarden per station per jaar en uiteindelijk (3) gemiddelde waarden per zone (niveau 3) per jaar worden bekomen.

Zeeschelde

Zeeschelde - Fuiken

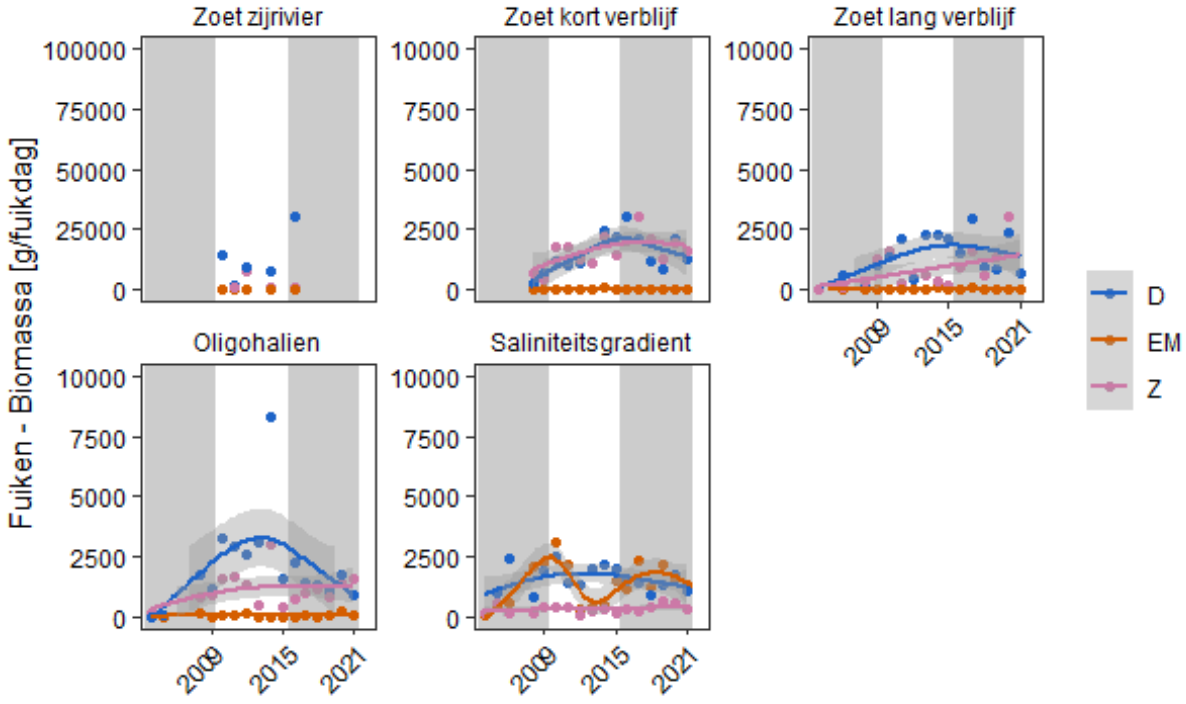
Zeeschelde - Fuiken - Biomassa

In vergelijking met de voorgaande T-periode is er een daling in fuikvangstbiomassa voor de oligohaliene zone en de saliniteitsgradient en een stijging voor de zoete zones (zoet kort verblijf, zoet lang verblijf en zoet zijrivier) (Figuur 7-51).



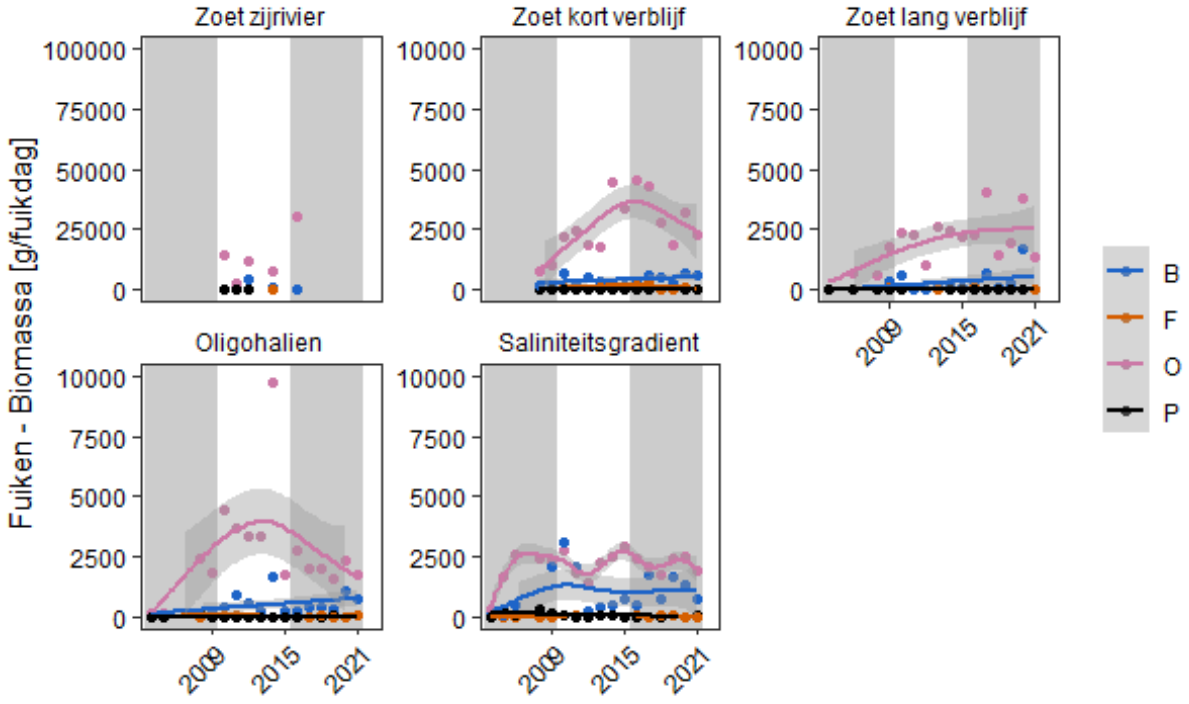
Figuur 7-51: Gemiddelde biomassa van fuikvangsten van vissen voor de verschillende zones in de Zeeschelde van het Schelde-estuarium. Gemiddeldes zijn berekend per periode van zes jaar.

Voor de diadrome soorten is er een algemeen lichte daling in biomassa (Figuur 7-52), maar grote jaarlijkse variatie. Voor de estuariene soorten en mariene migranten is de biomassa relatief laag ten opzichte van de andere groepen. Voor de zoetwatersoorten is er een algemeen lichte stijging in biomassa behalve voor zoet kort verblijf.



Figuur 7-52: Gemiddelde jaarlijkse biomassa van fuikvangsten van vissen met verschillende saliniteitsvoorkeuren (D: diadrome soorten, EM: estuariene soorten en mariene migranten, Z: zoetwatersoorten) voor de verschillende zones in de Zeeschelde van het Schelde-estuarium. Punten geven de gemiddelde waarden weer. De lijnen zijn afzonderlijke GAM smooth curves (k=10). De grijs-wit-grijs zonering geeft de tijdspannes van respectievelijk de T2009, T2015 en T2021 weer.

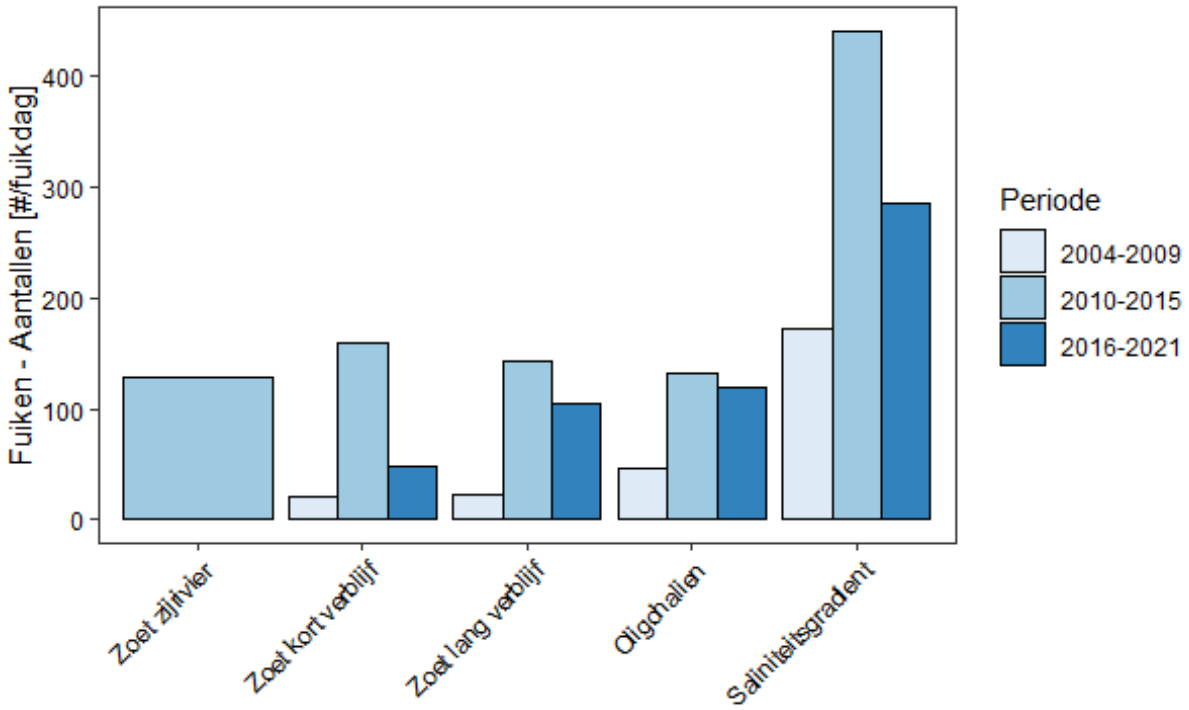
Voor de benthivore soorten is er een lichte stijging in de biomassa (Figuur 7-53). Voor de piscivore soorten is er een relatief lage biomassa ten opzichte van de andere groepen. Voor de omnivore soorten is er een lichte stijging in de biomassa behalve voor oligohaliene zone en zoet kort verblijf. Voor de planktivore soorten is de biomassa relatief laag ten opzichte van de andere groepen.



Figuur 7-53: Gemiddelde jaarlijkse biomassa van fuikvangsten van vissen met verschillende diëten (B: benthivoor, F: piscivoor, O: omnivoor, P: planktivoor) voor de verschillende zones in de Zeeschelde van het Schelde-estuarium. Punten geven de gemiddelde waarden weer. De lijnen zijn afzonderlijke GAM smooth curves (k=10). De grijs-wit-grijs zonering geeft de tijdspannes van respectievelijk de T2009, T2015 en T2021 weer.

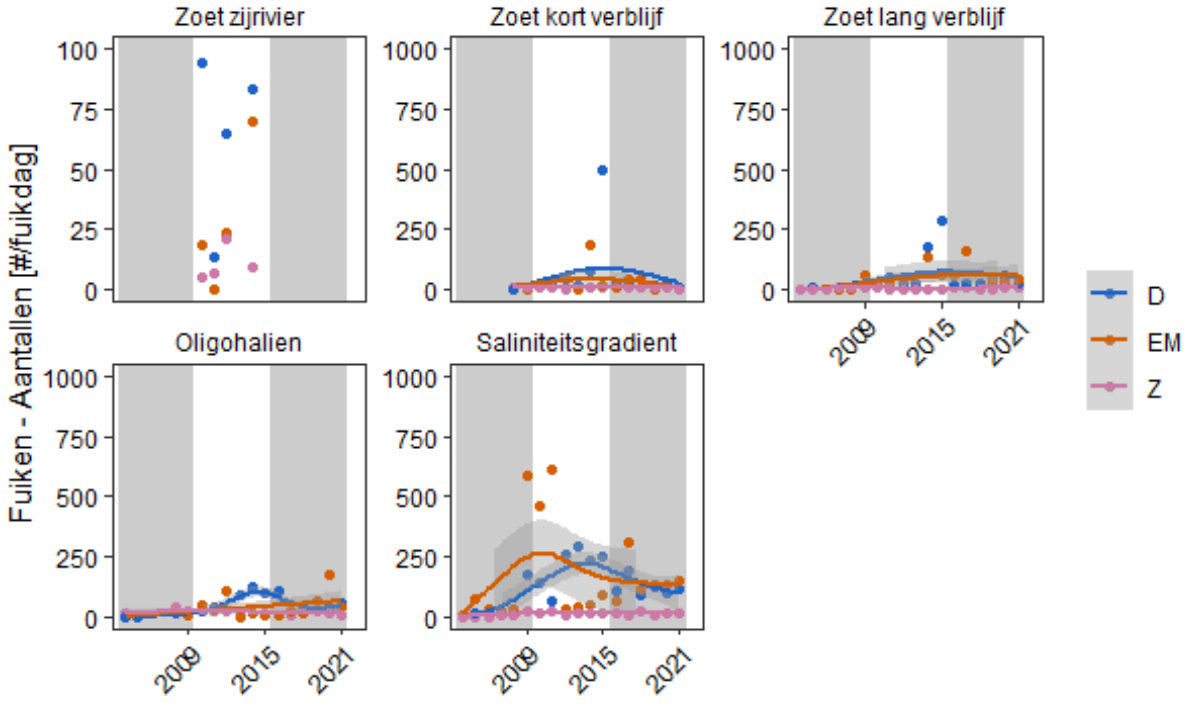
Zeeschelde - Fuiken - Aantallen

In vergelijking met de voorgaande T-periode is er een daling in fuikvangstaantallen voor alle zones van de Zeeschelde (Figuur 7-54).



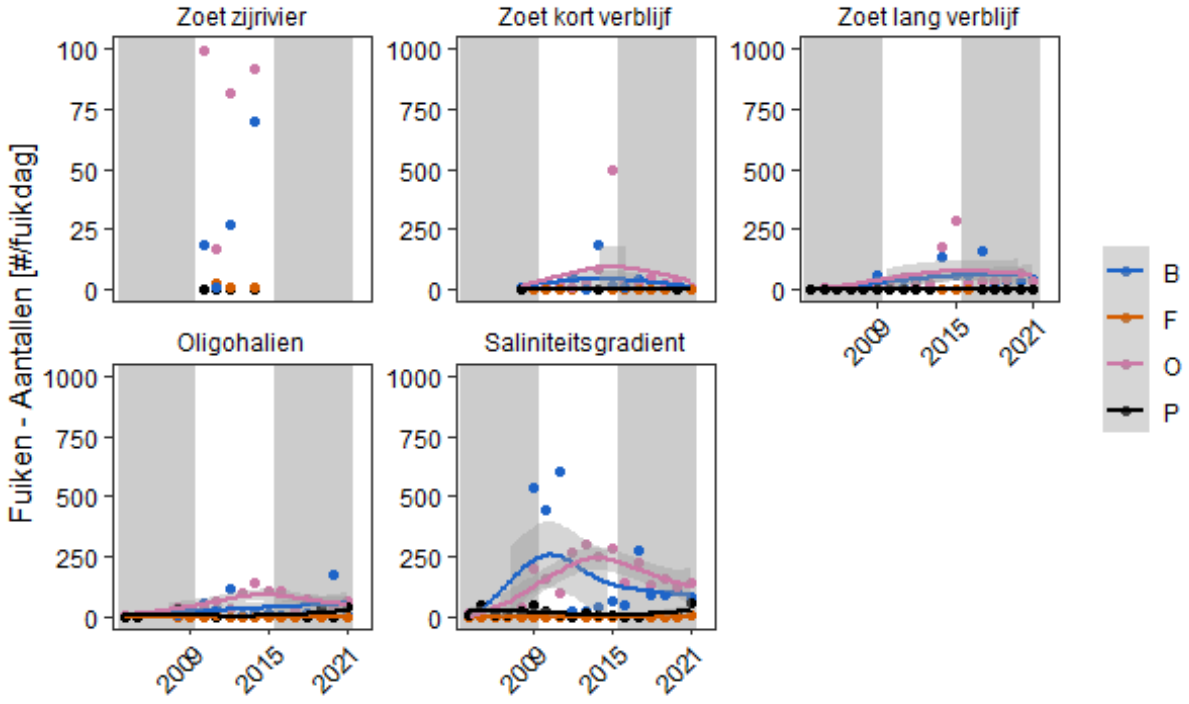
Figuur 7-54: Gemiddelde aantallen van fuikvangsten van vissen voor de verschillende zones in de Zeeschelde van het Schelde-estuarium. Gemiddeldes zijn berekend per periode van zes jaar.

Voor de diadrome vissen is er een algemeen lichte daling in aantallen (Figuur 7-55), maar grote jaarlijkse variatie. Voor de estuariene soorten en mariene migranten is er een algemeen lichte daling in aantallen behalve voor de oligohaliene zone. Voor de zoetwatersoorten zijn de aantallen relatief laag ten opzichte van de andere groepen.



Figuur 7-55: Gemiddelde jaarlijkse aantallen van fuikvangsten van vissen met verschillende saliniteitsvoorkeuren (D: diadrome soorten, EM: estuariene soorten en mariene migranten, Z: zoetwatersoorten) voor de verschillende zones in de Zeeschelde van het Schelde-estuarium. Punten geven de gemiddelde waarden weer. De lijnen zijn afzonderlijke GAM smooth curves (k=10). De grijs-wit-grijs zonering geeft de tijdspannes van respectievelijk de T2009, T2015 en T2021 weer.

Voor de benthivore soorten is er een lichte daling in de aantallen behalve voor de oligohaliene zone (Figuur 7-56). Voor de piscivore soorten is er een relatief laag aantal ten opzichte van de andere groepen. Voor de omnivore soorten is er een lichte daling in de aantallen behalve voor de oligohaliene zone. Voor de planktivore soorten zijn de aantallen relatief laag ten opzichte van de andere groepen.

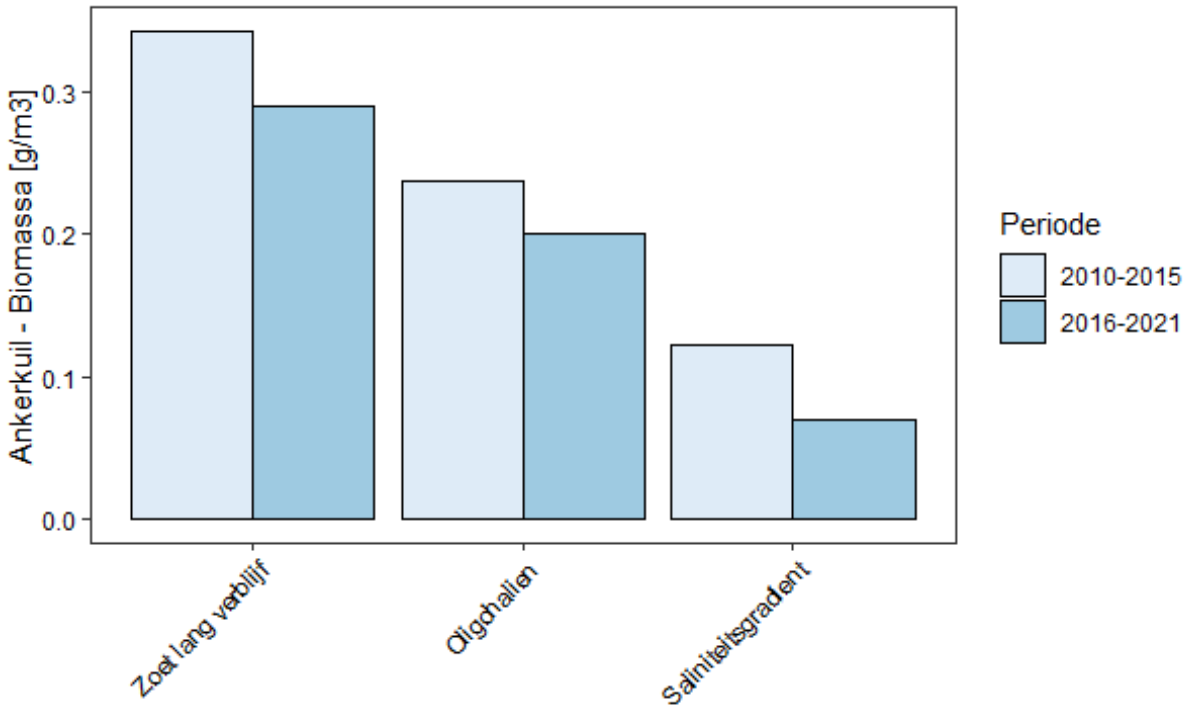


Figuur 7-56: Gemiddelde jaarlijkse aantallen van fuikvangsten van vissen met verschillende diëten (B: benthivoor, F: piscivoor, O: omnivoor, P: planktivoor) voor de verschillende zones in de Zeeschelde van het Schelde-estuarium. Punten geven de gemiddelde waarden weer. De lijnen zijn afzonderlijke GAM smooth curves (k=10). De grijs-wit-grijs zonering geeft de tijdspannes van respectievelijk de T2009, T2015 en T2021 weer.

Zeeschelde - Ankerkuil

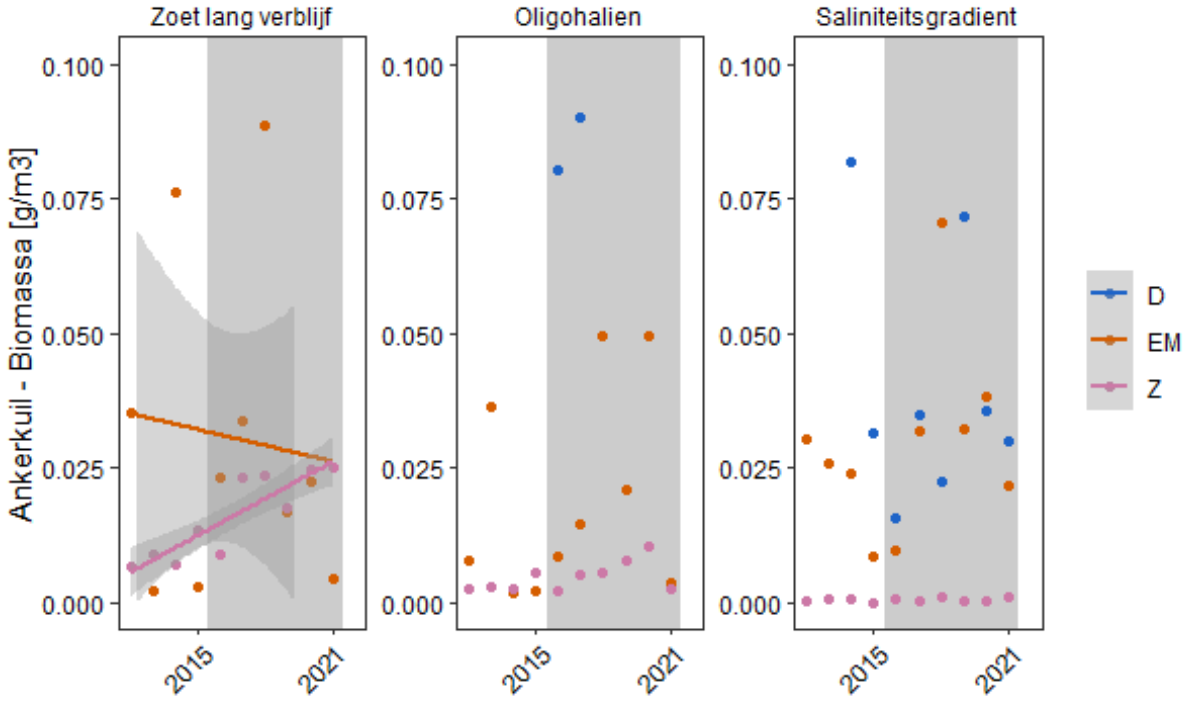
Zeeschelde - Ankerkuil - Biomassa

In vergelijking met de voorgaande T-periode is er een daling in ankerkuilbiomassa en ankerkuilaantallen voor alle bemonsterde zones van de Zeeschelde (Figuur 7-57).



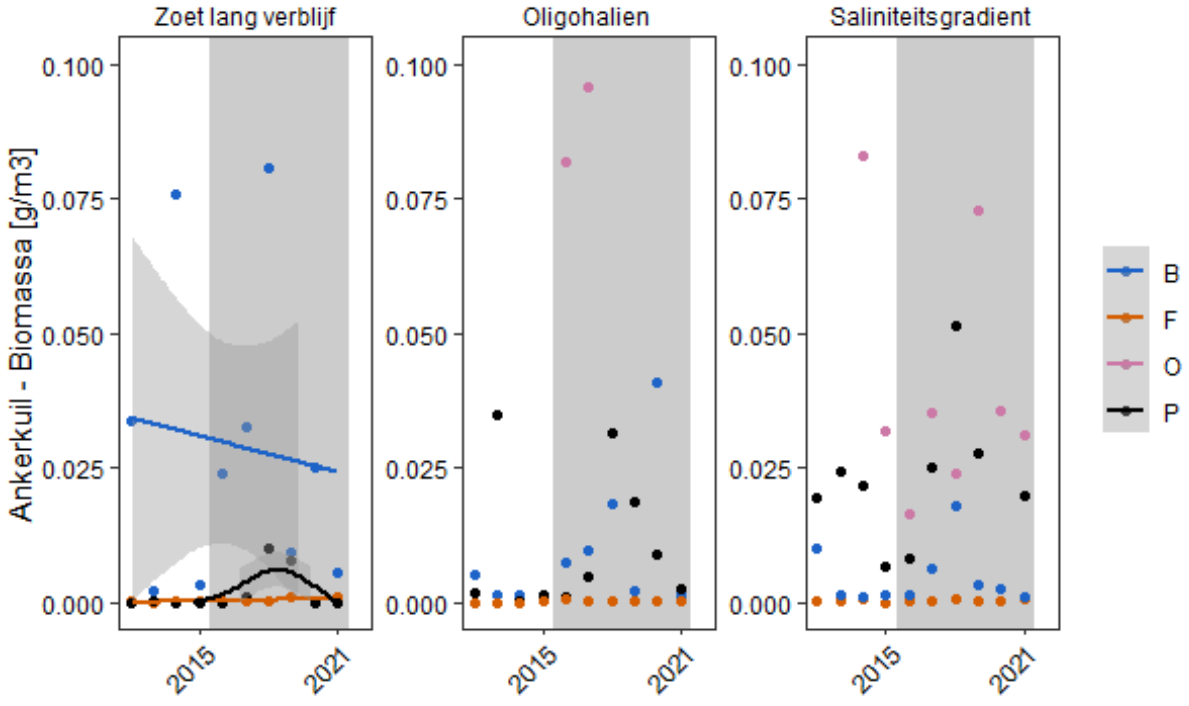
Figuur 7-57: Gemiddelde biomassa van ankerkuilvangsten van vissen voor de verschillende zones in de Zeeschelde van het Schelde-estuarium. Gemiddeldes zijn berekend per periode van zes jaar.

Voor de oligohaliene zone en saliniteitsgradient zijn er geen duidelijke trends. Voor het zoet lang verblijf is er een stijgende trend in zoetwatersoorten en licht dalende trend in estuarien residente soorten en mariene migranten (Figuur 7-58).



Figuur 7-58: Gemiddelde jaarlijkse biomassa van ankerkuilvangsten van vissen met verschillende saliniteitsvoorkeuren (D: diadrome soorten, EM: estuariene soorten en mariene migranten, Z: zoetwatersoorten) voor de verschillende zones in de Zeeschelde van het Schelde-estuarium. Punten geven de gemiddelde waarden weer. De lijnen zijn afzonderlijke GAM smooth curves (k=10). De grijs-wit-grijs zonering geeft de tijdspannes van respectievelijk de T2009, T2015 en T2021 weer.

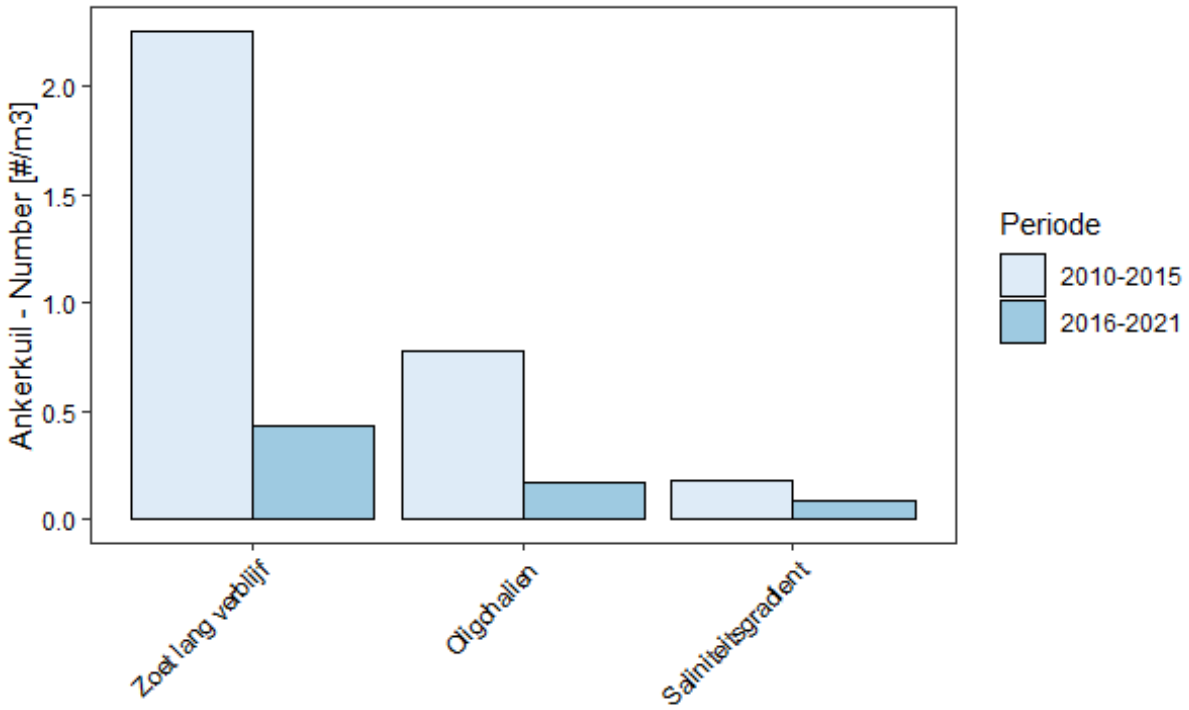
Voor de oligohaliene zone en saliniteitsgradient zijn er geen duidelijke trends. Voor het zoet lang verblijf is er een dalende trend in benthivoren (Figuur 7-59).



Figuur 7-59: Gemiddelde jaarlijkse biomassa van ankerkuilvangsten van vissen met verschillende diëten (B: benthivoor, F: piscivoor, O: omnivoor, P: planktivoor) voor de verschillende zones in de Zeeschelde van het Schelde-estuarium. Punten geven de gemiddelde waarden weer. De lijnen zijn afzonderlijke GAM smooth curves (k=10). De grijs-wit-grijs zonering geeft de tijdspannes van respectievelijk de T2009, T2015 en T2021 weer.

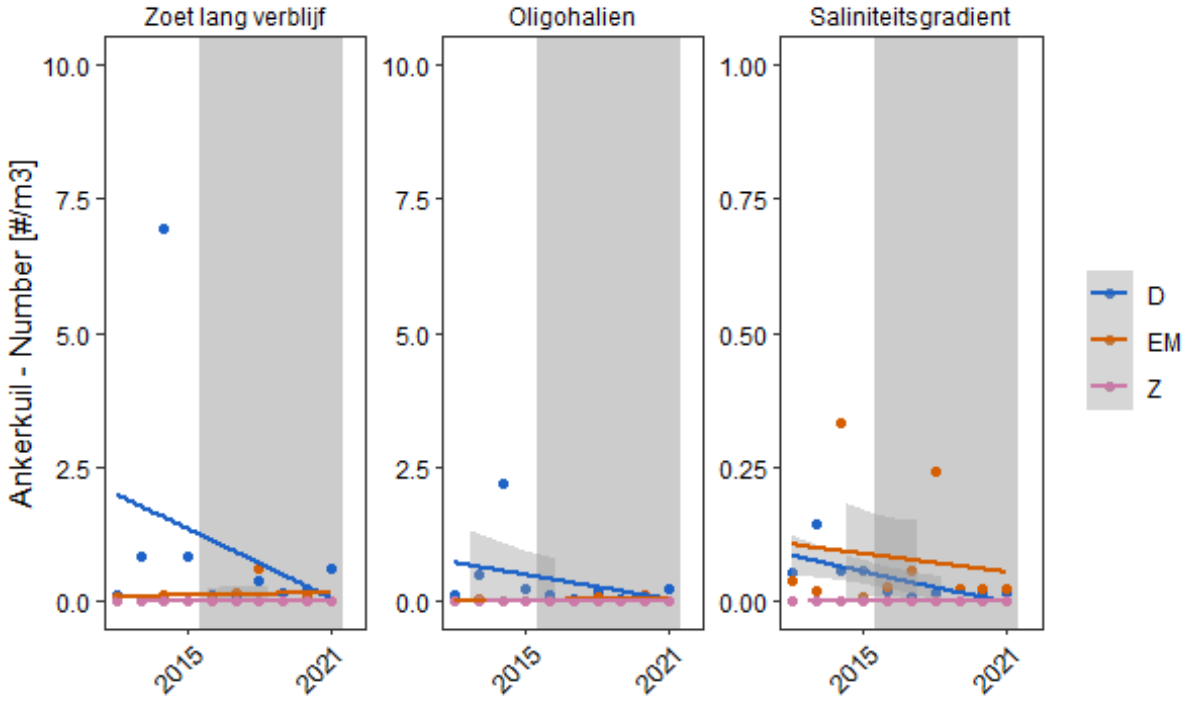
Zeeschelde - Ankerkuil - Aantallen

In vergelijking met de voorgaande T-periode is er een daling in ankerkuilaantallen voor alle bemonsterde zones van de Zeeschelde (Figuur 7-60).



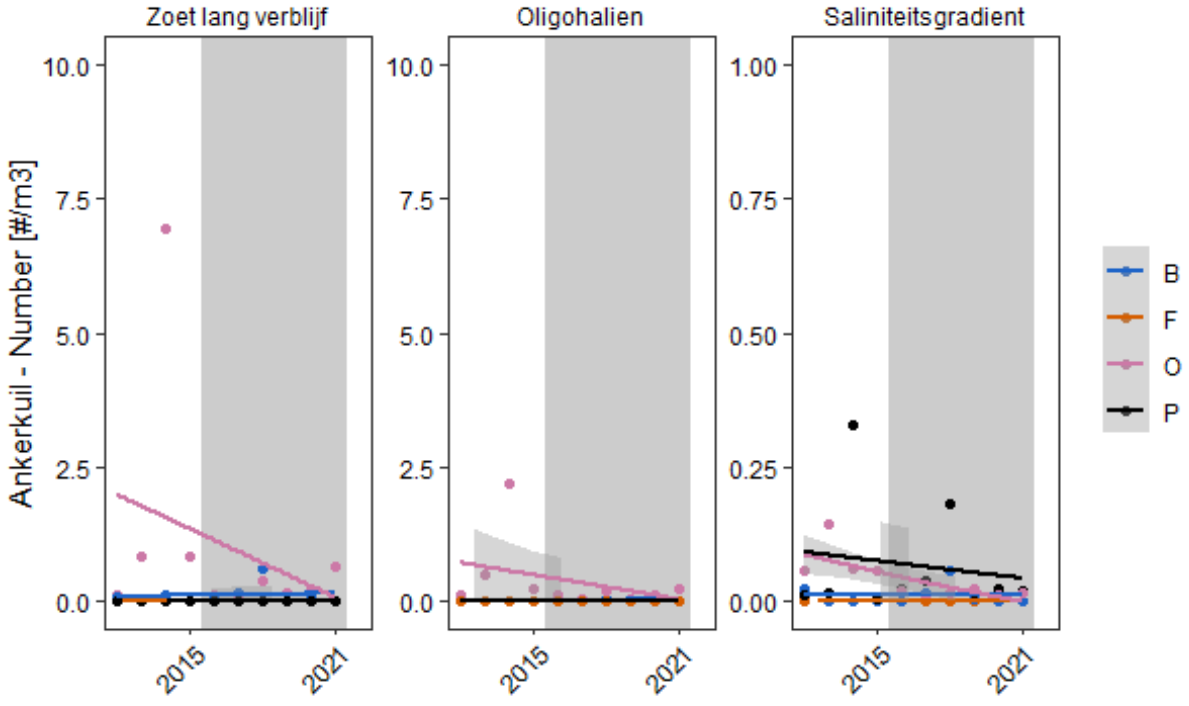
Figuur 7-60: Gemiddelde aantallen van ankerkuilvangsten van vissen voor de verschillende zones in de Zeeschelde van het Schelde-estuarium. Gemiddeldes zijn berekend per periode van zes jaar.

Voor alle zones is er een daling in diadrome soorten. Voor de saliniteitsgradiënt is er ook een daling in estuarien residente soorten en mariene migranten (Figuur 7-61).



Figuur 7-61: Gemiddelde jaarlijkse aantallen van ankerkuilvangsten van vissen met verschillende saliniteitsvoorkeuren (D: diadrome soorten, EM: estuariene soorten en mariene migranten, Z: zoetwatersoorten) voor de verschillende zones in de Zeeschelde van het Schelde-estuarium. Punten geven de gemiddelde waarden weer. De lijnen zijn afzonderlijke GAM smooth curves (k=10). De grijs-wit-grijs zonering geeft de tijdspannes van respectievelijk de T2009, T2015 en T2021 weer.

Voor alle zones is er een daling in omnivore soorten (Figuur 7-62).



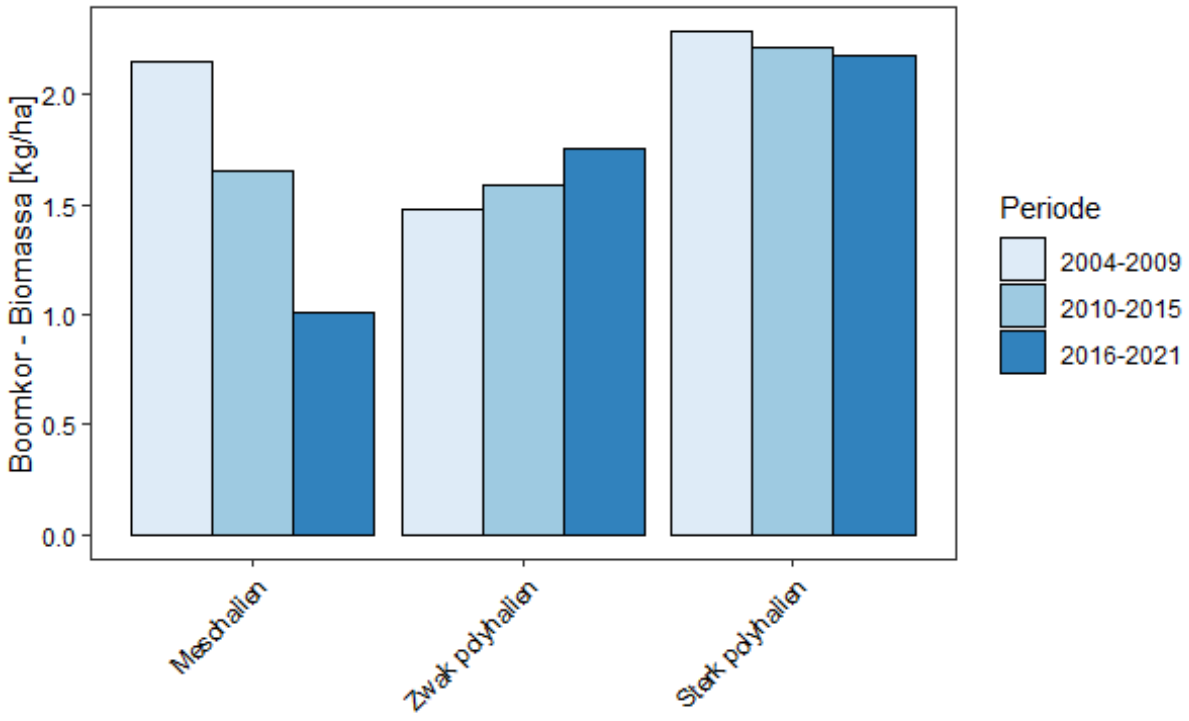
Figuur 7-62: Gemiddelde jaarlijkse aantallen van ankerkuilvangsten van vissen met verschillende diëten (B: benthivoor, F: piscivoor, O: omnivoor, P: planktivoor) voor de verschillende zones in de Zeeschelde van het Schelde-estuarium. Punten geven de gemiddelde waarden weer. De lijnen zijn afzonderlijke GAM smooth curves (k=10). De grijs-wit-grijs zonering geeft de tijdspannes van respectievelijk de T2009, T2015 en T2021 weer.

Westerschelde

Westerschelde - Boomkor

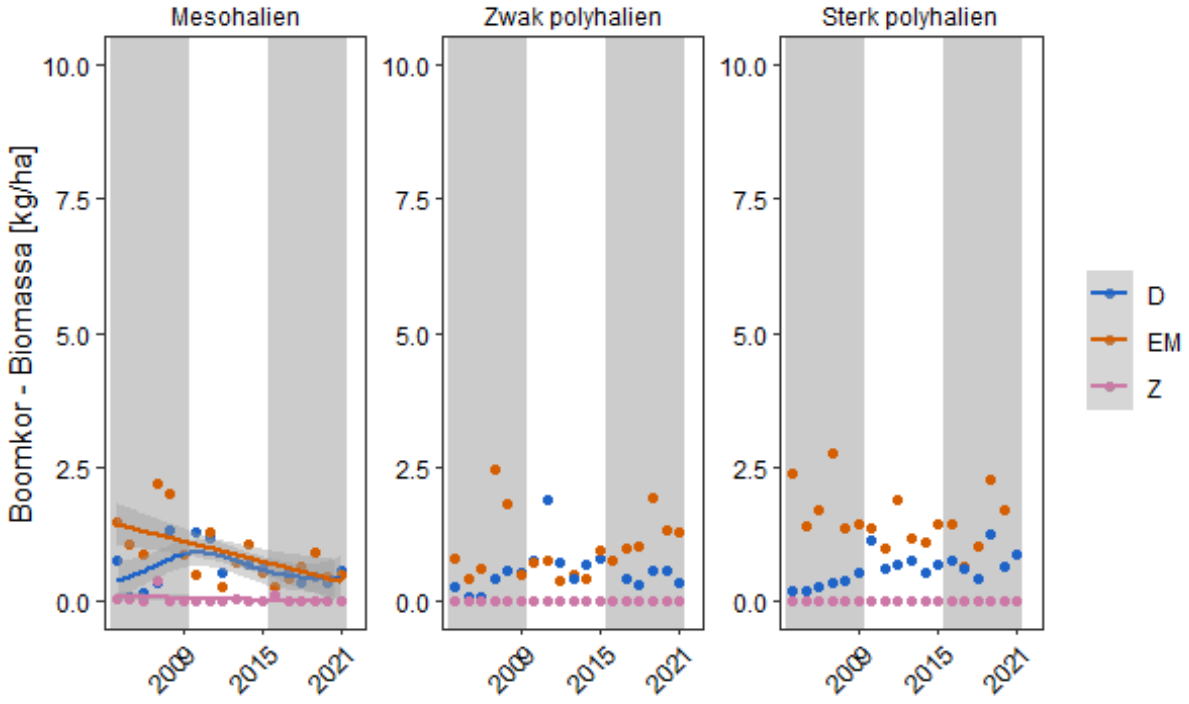
Westerschelde - Boomkor - Biomassa

In vergelijking met de voorgaande T-periode is er een daling in boomkorbiomassa voor de mesohaliene zone en een stijging voor de sterk polyhaliene en zwak polyhaliene zone (Figuur 7-63).



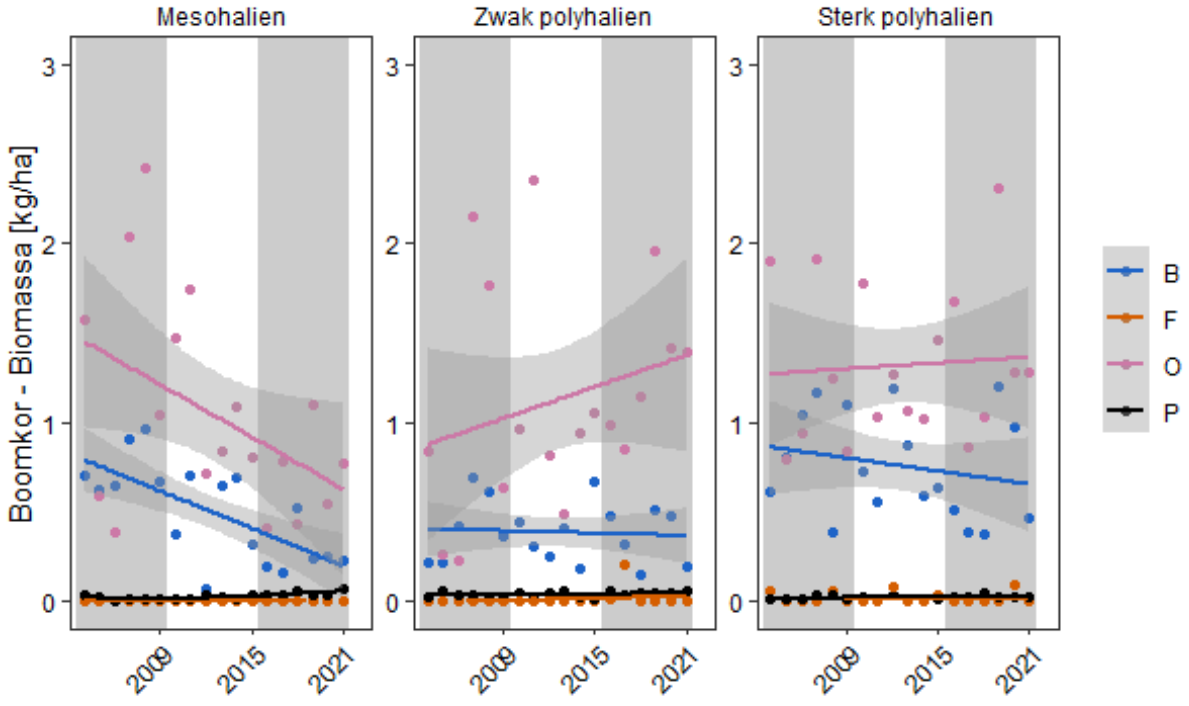
Figuur 7-63: Gemiddelde biomassa van boomkorvangsten van vissen voor de verschillende zones in de Zeeschelde van het Schelde-estuarium. Gemiddeldes zijn berekend per periode van zes jaar.

Voor de zwak en sterk polyhaliene zones zijn er geen duidelijke trends. Voor de mesohaliene zone is er een dalende trend in diadrome soorten en estuariene residente soorten en mariene migranten (Figuur 7-64).



Figuur 7-64: Gemiddelde jaarlijkse biomassa van boomkorvangsten van vissen met verschillende saliniteitsvoorkeuren (D: diadrome soorten, EM: estuariene soorten en mariene migranten, Z: zoetwatersoorten) voor de verschillende zones in de Westerschelde van het Schelde-estuarium. Punten geven de gemiddelde waarden weer. De lijnen zijn afzonderlijke GAM smooth curves (k=10). De grijs-wit-grijs zonering geeft de tijdspannes van respectievelijk de T2009, T2015 en T2021 weer.

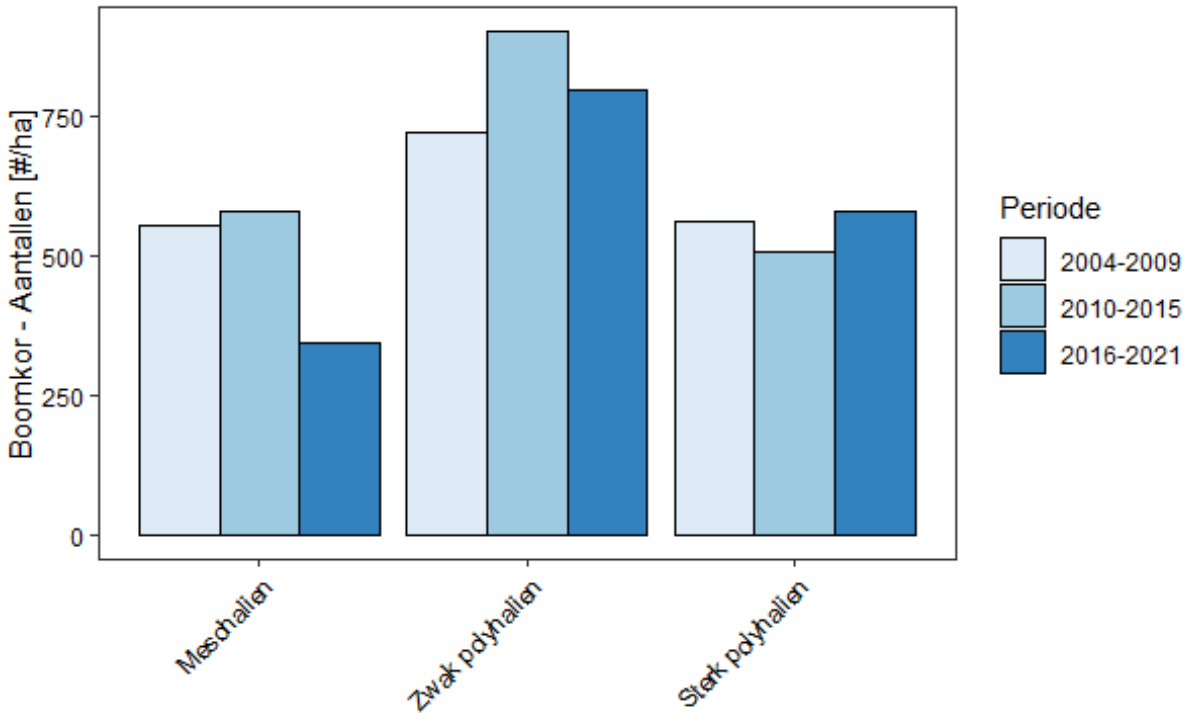
Voor de mesohaliene zone is er een daling in omnivore en planktivore soorten. Voor de zwak polyhaliene zone is er een stijging in omnivore soorten. Voor de sterk polyhaliene zone is er een stijging in omnivore soorten en daling in benthivore soorten (Figuur 7-65).



Figuur 7-65: Gemiddelde jaarlijkse biomassa van boomkorvangsten van vissen met verschillende diëten (B: benthivoor, F: piscivoor, O: omnivoor, P: planktivoor) voor de verschillende zones in de Westerschelde van het Schelde-estuarium. Punten geven de gemiddelde waarden weer. De lijnen zijn afzonderlijke GAM smooth curves (k=10). De grijs-wit-grijs zonering geeft de tijdspannes van respectievelijk de T2009, T2015 en T2021 weer.

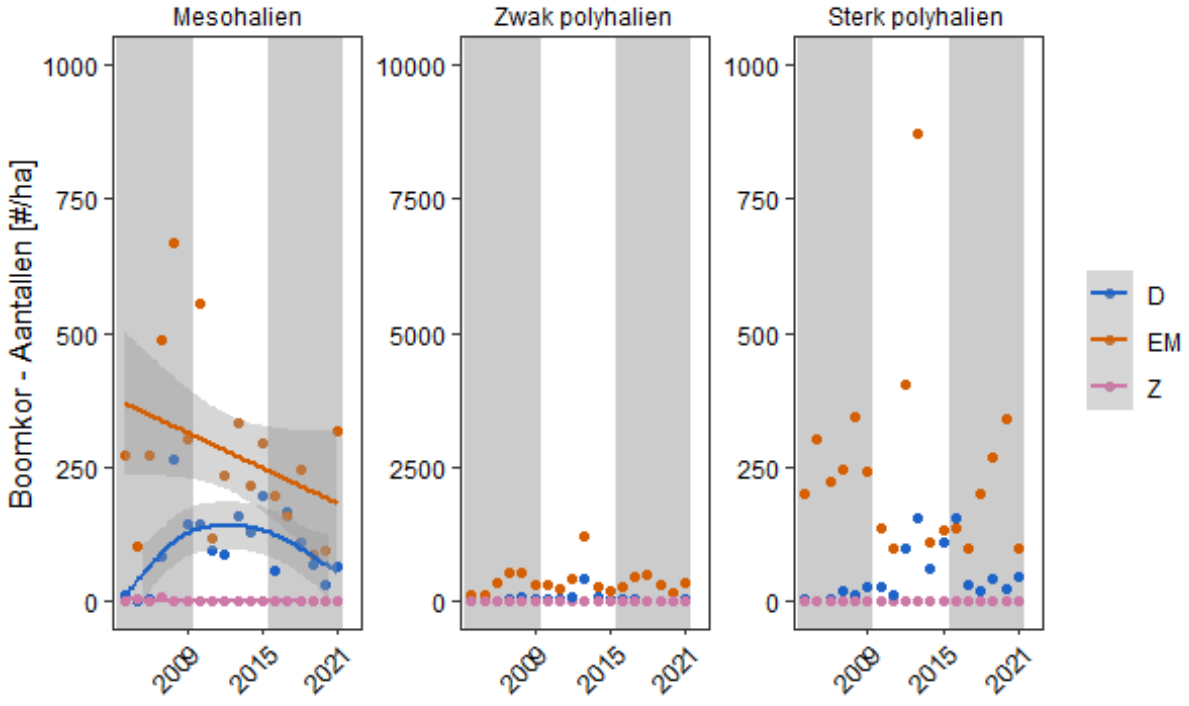
Westerschelde - Boomkor - Aantallen

In vergelijking met de voorgaande T-periode is er een daling in boomkoraantallen voor de mesohaliene en zwak polyhaliene zone en een stijging voor de sterk polyhaliene zone (Figuur 7-66).



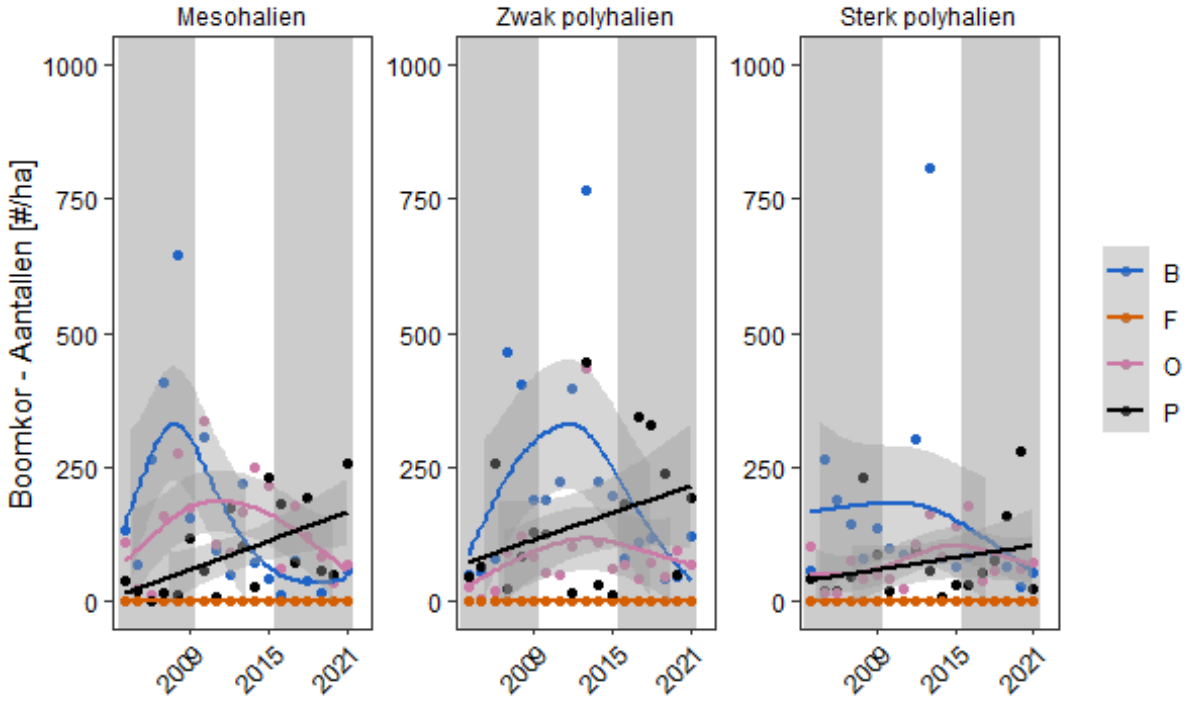
Figuur 7-66: Gemiddelde aantallen van boomkorvangsten van vissen voor de verschillende zones in de Zeeschelde van het Schelde-estuarium. Gemiddeldes zijn berekend per periode van zes jaar. Punten geven de gemiddelde waarden weer. De lijnen zijn afzonderlijke GAM smooth curves (k=10). De grijs-wit-grijs zonering geeft de tijdspannes van respectievelijk de T2009, T2015 en T2021 weer.

Voor de zwak en sterk polyhaliene zones zijn er geen duidelijke trends. Voor de mesohaliene zone is er een dalende trend in diadrome soorten en estuariene residente soorten en mariene migranten (Figuur 7-67).



Figuur 7-67: Gemiddelde jaarlijkse aantallen van boomkorvangsten van vissen met verschillende saliniteitsvoorkeuren (D: diadrome soorten, EM: estuariene soorten en mariene migranten, Z: zoetwatersoorten) voor de verschillende zones in de Westerschelde van het Schelde-estuarium. Punten geven de gemiddelde waarden weer. De lijnen zijn afzonderlijke GAM smooth curves (k=10). De grijs-wit-grijs zonering geeft de tijdspannes van respectievelijk de T2009, T2015 en T2021 weer.

Gelijkaardige trends in type dieet worden waargenomen over de verschillende zones. De benthivore soorten dalen, terwijl de omnivore en planktivore soorten stijgen (Figuur 7-68).

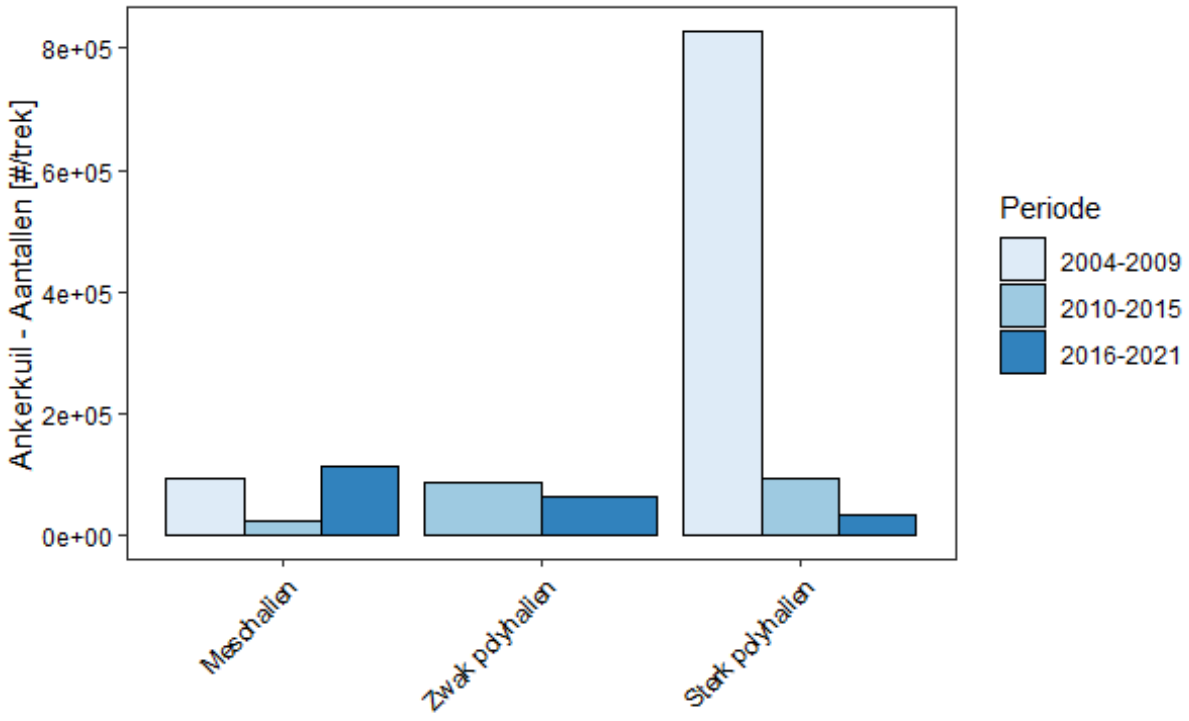


Figuur 7-68: Gemiddelde jaarlijkse aantallen van boomkorvangsten van vissen met verschillende diëten (B: benthivoor, F: piscivoor, O: omnivoor, P: planktivoor) voor de verschillende zones in de Westerschelde van het Schelde-estuarium. Punten geven de gemiddelde waarden weer. De lijnen zijn afzonderlijke GAM smooth curves (k=10). De grijs-wit-grijs zonering geeft de tijdspannes van respectievelijk de T2009, T2015 en T2021 weer.

Westerschelde - Ankerkuil

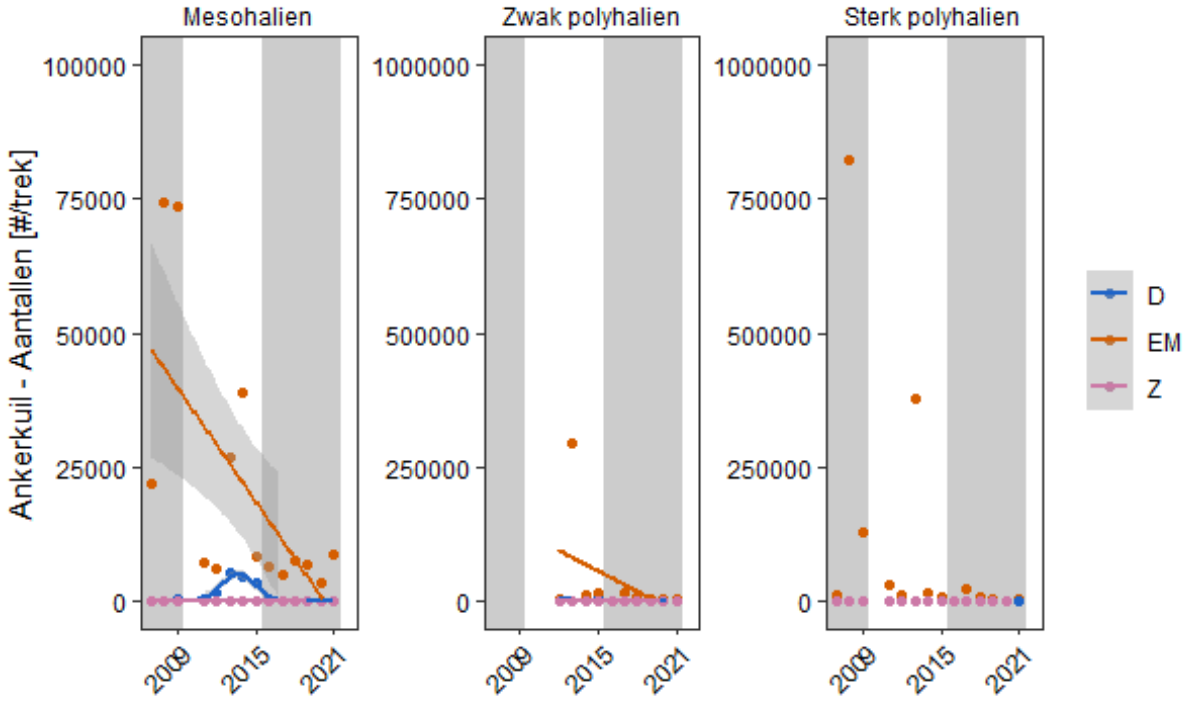
Westerschelde - Ankerkuil - Aantallen

In vergelijking met de voorgaande T-periode is er een daling in ankerkuilaantallen voor de zwak polyhaliene en sterk polyhaliene zone en een stijging voor de mesohaliene zone (Figuur 7-69).



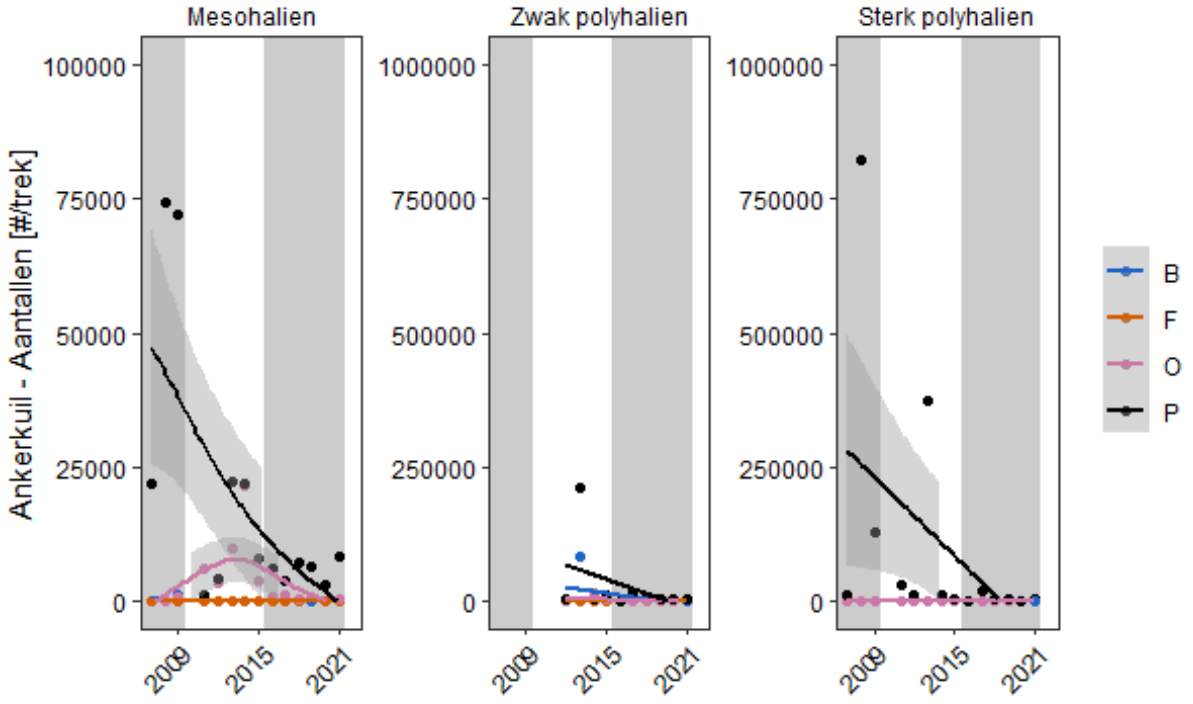
Figuur 7-69: Gemiddelde aantallen van ankerkuilvangsten van vissen voor de verschillende zones in de Zeeschelde van het Schelde-estuarium. Gemiddeldes zijn berekend per periode van zes jaar.

Voor de mesohaliene en zwak polyhaliene zone is er een daling in estuarien residente soorten en mariene migranten (Figuur 7-70).



Figuur 7-70: Gemiddelde jaarlijkse aantallen van ankerkuilvangsten van vissen met verschillende saliniteitsvoorkeuren (D: diadrome soorten, E: estuariene soorten, M: mariene migranten, Z: zoetwatersoorten) voor de verschillende zones in de Westerschelde van het Schelde-estuarium. Punten geven de gemiddelde waarden weer. De lijnen zijn afzonderlijke GAM smooth curves (k=10). De grijs-wit-grijs zonering geeft de tijdspannes van respectievelijk de T2009, T2015 en T2021 weer.

Voor alle zones is er een daling in planktivore soorten (Figuur 7-71).



Figuur 7-71: Gemiddelde jaarlijkse aantallen van ankerkuilvangsten van vissen met verschillende diëten (B: benthivoor, F: piscivoor, O: omnivoor, P: planktivoor) voor de verschillende zones in de Westerschelde van het Schelde-estuarium. Punten geven de gemiddelde waarden weer. De lijnen zijn afzonderlijke GAM smooth curves (k=10). De grijs-wit-grijs zonering geeft de tijdspannes van respectievelijk de T2009, T2015 en T2021 weer.

7.7.2. Sleutelsoorten

Definitie

Het doel van het interpreteren van de trends in de aantallen en biomassa van de sleutelsoorten is om inzicht te verkrijgen in het functioneren van het ecosysteem. De selectie van de sleutelsoorten was aanvankelijk louter gebaseerd op de IHDs maar trends in deze soorten geven niet noodzakelijk inzicht in het functioneren van het systeem. Daarenboven is de meetbaarheid (i.e. vangstefficiëntie) van sommige van deze soorten beperkt waardoor er geen kwantitatieve evaluatie mogelijk is. Om deze reden werd vertrokken van de oorspronkelijke lijst en werden soorten toegevoegd of verwijderd op basis van de meetbaarheid (i.e. vangstefficiëntie), aandeel in de vissamenstelling, verdeling in de ruimte (link met de saliniteitsvoorkeur) en dieet. De trends in aantallen en biomassa van de sleutelsoorten wordt voorgesteld per zone (niveau 3) op jaarbasis.

Methodiek

Per sleutelsoort worden de aantallen en biomassa uitgemiddeld per station per maand. Daarop worden deze gemiddelde waarden per station en per maand verder geaggregeerd op basis van het gemiddelde zodat (1) gemiddelde waarden per station per jaar en uiteindelijk (2) gemiddelde waarden per zone (niveau 3) per jaar worden bekomen. De zes-jaarlijkse gemiddelden in sleutelsoorten mogen voor een positieve beoordeling niet dalen (ten opzichte van T2015) en wordt per zone (niveau 3) beoordeeld. Er wordt voor elke soort gebruik gemaakt van de meest relevante monitoringmethode.

Zeeschelde

Zeeschelde - Fuiken

Zeeschelde - Fuiken - Biomassa

Europese meerval (*Silurus glanis*), schol (*Pleuronectes platessa*) en puitaal (*Zoarces viviparus)* zijn de enige soorten die een stijging vertonen over de hele Zeeschelde ten opzichte van de voorgaande T-periode. Brakwatergrondel (*Pomatoschistus microps)*, spiering (*Osmerus eperlanus*), bot (*Platichthys flesus*) en blankvoorn (*Rutilus rutilus*) zijn de enige soorten die een daling vertonen over de hele Zeeschelde ten opzichte van de voorgaande T-periode (Tabel 7-23).

Tabel 7-23: Beoordeling van de biomassa (g/fuikdag) van fuikvangsten van vissen voor de verschillende zones in de Zeeschelde van het Schelde-estuarium. Gemiddeldes zijn berekend per periode van zes jaar. De beoordeling is positief (+) indien er geen daling is in 2016-2021 t.o.v. 2010-2015, negatief (-) indien er wel een daling is en neutraal (0) wanneer de soort nooit geobserveerd is gedurende de voorbije 12 jaar.

Soort	Zoet zijrivier	Zoet kort verblijf	Zoet lang verblijf	Oligohalien	Saliniteitsgradient
Abramis brama	–	+	+	–	–
Alosa fallax	0	+	+	–	–
Anguilla anguilla	+	+	–	–	+
Blicca bjoerkna	–	–	+	–	+
Clupea harengus	0	–	–	+	–
Dicentrarchus labrax	–	–	–	–	+
Gymnocephalus cernuus	+	–	+	–	+
Lampetra fluviatilis	–	+	0	–	–
Liparis liparis	0	0	0	0	–
Merlangius merlangus	0	–	0	–	+
Myoxocephalus scorpius	0	0	0	0	–
Osmerus eperlanus	–	–	–	–	–
Petromyzon marinus	0	–	0	0	0
Platichthys flesus	–	–	–	–	–
Pleuronectes platessa	0	0	0	0	+
Pomatoschistus microps	–	–	–	–	–
Pomatoschistus minutus	–	+	+	+	+
Pungitius pungitius	–	–	+	–	+
Rutilus rutilus	–	–	–	–	–
Sander lucioperca	–	+	+	+	+
Silurus glanis	+	+	+	+	+
Zoarces viviparus	0	0	0	+	+

Zeeschelde - Fuiken - Aantallen

Verschillende soorten zoals wijting (*Merlangius merlangus*), schol (*Pleuronectes platessa*), dikkopje (*Pomatoschistus minutus*), snoekbaars (*Sander lucioperca*), Europese meerval (*Silurus glanis*) en puitaal (*Zoarces viviparus)* vertonen een stijging in de hele Zeeschelde ten opzichte van de voorgaande T-

periode. Andere soorten zoals paling (*Anguilla anguilla*), spiering (*Osmerus eperlanus*) en blankvoorn (*Rutilus rutilus*) vertonen een daling in de hele Zeeschelde (Tabel 7-24).

Tabel 7-24: Beoordeling van de aantallen (#/fuikdag) van fuikvangsten van vissen voor de verschillende zones in de Zeeschelde van het Schelde-estuarium. Gemiddeldes zijn berekend per periode van zes jaar. De beoordeling is positief (+) indien er geen daling is in 2016-2021 t.o.v. 2010-2015, negatief (-) indien er wel een daling is en neutraal (0) wanneer de soort nooit geobserveerd is gedurende de voorbije 12 jaar.

Soort	Zoet zijrivier	Zoet kort verblijf	Zoet lang verblijf	Oligohalien	Saliniteitsgradient
Abramis brama	0	–	+	–	+
Alosa fallax	0	+	+	–	+
Anguilla anguilla	0	–	–	–	–
Blicca bjoerkna	0	–	+	–	–
Clupea harengus	0	–	–	+	+
Dicentrarchus labrax	0	–	–	–	+
Gymnocephalus cernuus	0	+	+	–	+
Lampetra fluviatilis	0	+	0	+	–
Liparis liparis	0	0	0	0	–
Merlangius merlangus	0	0	0	0	+
Myoxocephalus scorpius	0	0	0	0	–
Osmerus eperlanus	0	–	–	–	–
Petromyzon marinus	0	–	0	0	0
Platichthys flesus	0	–	–	+	–
Pleuronectes platessa	0	0	0	0	+
Pomatoschistus microps	0	–	+	–	–
Pomatoschistus minutus	0	+	+	+	+
Pungitius pungitius	0	–	+	–	+
Rutilus rutilus	0	–	–	–	–
Sander lucioperca	0	+	+	+	+
Silurus glanis	0	+	+	+	+
Zoarces viviparus	0	0	0	+	+

Zeeschelde- Ankerkuil

Zeeschelde - Ankerkuil - Biomassa

Spiering (*Osmerus eperlanus*) is de enige soort die een daling vertoont over de hele Zeeschelde ten opzichte van de voorgaande T-periode. Alle andere soorten vertonen een stijging (Tabel 7-25).

Tabel 7-25: Beoordeling van de biomassa (g/m³) van ankerkuilvangsten van vissen voor de verschillende zones in de Zeeschelde van het Schelde-estuarium. Gemiddeldes zijn berekend per periode van zes jaar. De beoordeling is positief (+) indien er geen daling is in 2016-2021 t.o.v. 2010-2015, negatief (-) indien er wel een daling is en neutraal (0) wanneer de soort nooit geobserveerd is gedurende de voorbije 12 jaar.

Soort	Zoet lang verblijf	Oligohalien	Saliniteitsgradient
Abramis brama	+	+	+
Alosa fallax	+	+	+
Anguilla anguilla	+	+	+
Aphia minuta	0	+	+
Blicca bjoerkna	+	+	+
Clupea harengus	+	+	+
Dicentrarchus labrax	+	+	+
Lampetra fluviatilis	+	+	+
Liparis liparis	0	0	+
Merlangius merlangus	0	+	+
Myoxocephalus scorpius	0	0	+
Osmerus eperlanus	–	–	–
Petromyzon marinus	+	+	+
Platichthys flesus	+	+	+
Pleuronectes platessa	0	0	+
Pomatoschistus microps	+	+	+
Pomatoschistus minutus	+	+	+
Pungitius pungitius	+	+	+
Rutilus rutilus	+	+	+
Sander lucioperca	+	+	+
Silurus glanis	0	+	0

Zeeschelde - Ankerkuil - Aantallen

Spiering (*Osmerus eperlanus*) is de enige soort die een daling vertoont over de hele Zeeschelde ten opzichte van de voorgaande T-periode. Alle andere soorten vertonen een stijging, met uitzondering van haring (*Clupea harengus*) die een daling vertoont in de saliniteitsgradiënt (Tabel 7-26).

Tabel 7-26: Beoordeling van de aantallen (#/m³) van ankerkuilvangsten van vissen voor de verschillende zones in de Zeeschelde van het Schelde-estuarium. Gemiddeldes zijn berekend per periode van zes jaar. De beoordeling is positief (+) indien er geen daling is in 2016-2021 t.o.v. 2010-2015, negatief (-) indien er wel een daling is en neutraal (0) wanneer de soort nooit geobserveerd is gedurende de voorbije 12 jaar.

Soort	Zoet lang verblijf	Oligohalien	Saliniteitsgradient
Abramis brama	+	+	+
Alosa fallax	+	+	+
Anguilla anguilla	+	+	+
Aphia minuta	0	+	+
Blicca bjoerkna	+	+	+
Clupea harengus	+	+	–
Dicentrarchus labrax	+	+	+
Lampetra fluviatilis	+	+	+
Liparis liparis	0	0	+
Merlangius merlangus	0	+	+

Soort	Zoet lang verblijf	Oligohalien	Saliniteitsgradient
Myoxocephalus scorpius	0	0	+
Osmerus eperlanus	–	–	–
Petromyzon marinus	+	+	+
Platichthys flesus	+	+	+
Pleuronectes platessa	0	0	+
Pomatoschistus microps	+	+	+
Pomatoschistus minutus	+	+	+
Pungitius pungitius	+	+	+
Rutilus rutilus	+	+	+
Sander lucioperca	+	+	+
Silurus glanis	0	+	0

Westerschelde

Westerschelde - Boomkor

Westerschelde - Boomkor - Biomassa

Clupea harengus (haring), *Dicentrarchus labrax* (zeebaars) en *Pomatoschistus microps* (brakwatergrondel) zijn de enige soorten die een stijging vertonen over de hele Westerschelde ten opzichte van de voorgaande T-periode. *Myoxocephalus scorpius (*gewone zeedonderpad*)*, *Osmerus eperlanus (*spiering*)*, en *Platichthys platessa* (bot) zijn de enige soorten die een daling vertonen over de hele Westerschelde ten opzichte van de voorgaande T-periode (Tabel 7-27).

Tabel 7-27: Beoordeling van de biomassa (kg/ha) van boomkorvangsten van vissen voor de verschillende zones in de Westerschelde van het Schelde-estuarium. Gemiddeldes zijn berekend per periode van zes jaar. De beoordeling is positief (+) indien er geen daling is in 2016-2021 t.o.v. 2010-2015, negatief (-) indien er wel een daling is en neutraal (0) wanneer de soort nooit geobserveerd is gedurende de voorbije 12 jaar.

Soort	Mesohalien	Zwak polyhalien	Sterk polyhalien
Alosa fallax	+	+	+
Anguilla anguilla	+	–	–
Clupea harengus	+	+	+
Dicentrarchus labrax	+	+	+
Lampetra fluviatilis	0	+	0
Merlangius merlangus	+	–	+
Myoxocephalus scorpius	–	–	–
Osmerus eperlanus	–	–	–
Platichthys flesus	–	–	+
Pleuronectes platessa	–	–	–
Pomatoschistus microps	+	+	+
Pomatoschistus minutus	+	–	–
Rutilus rutilus	+	0	0
Sander lucioperca	+	0	0
Zoarces viviparus	–	+	–

Westerschelde - Boomkor - Aantallen

*Clupea harengus (*haring*)* en *Pomatoschistus microps* (brakwatergrondel) zijn de enige soorten die een stijging vertonen over de hele Westerschelde ten opzichte van de voorgaande T-periode. *Alosa fallax (*fint*)*, *Osmerus eperlanus (*spiering*)*, *Platichthys flesus (*bot*)*, *Pleuronectus platessa (*schol*)* en *Pomatoschistus minutus (*dikkopje*)* zijn de enige soorten die een daling vertonen over de hele Westerschelde ten opzichte van de voorgaande T- rapportage (Tabel 7-28).

Tabel 7-28: Beoordeling van de aantallen (#/ha) van boomkorvangsten van vissen voor de verschillende zones in de Westerschelde van het Schelde-estuarium. Gemiddeldes zijn berekend per periode van zes jaar. De beoordeling is positief (+) indien er geen daling is in 2016-2021 t.o.v. 2010-2015, negatief (-) indien er wel een daling is en neutraal (0) wanneer de soort nooit geobserveerd is gedurende de voorbije 12 jaar.

Soort	Mesohalien	Zwak polyhalien	Sterk polyhalien
Alosa fallax	–	–	–
Anguilla anguilla	+	–	–
Clupea harengus	+	+	+
Dicentrarchus labrax	–	+	+
Lampetra fluviatilis	0	+	0
Merlangius merlangus	+	–	+
Myoxocephalus scorpius	–	–	–
Osmerus eperlanus	–	–	–
Platichthys flesus	–	–	–
Pleuronectes platessa	–	–	–
Pomatoschistus microps	+	+	+
Pomatoschistus minutus	–	–	–
Rutilus rutilus	+	0	0
Sander lucioperca	–	0	0
Zoarces viviparus	–	–	–

Westerschelde - Ankerkuil

Westerschelde - Ankerkuil - Aantallen

Aphia minuta (glasgrondel), Clupea harengus (haring), Lampetra fluviatilis (rivierprik), Osmerus eperlanus (spiering), Platichthys flesus (schol), Platichthys platessa (bot), Pomatoschistus microps (brakwatergrondel) en Pomatoschistus minutus (dikkopje) zijn de enige soorten die een daling vertonen over de hele Westerschelde ten opzichte van de voorgaande T-periode (Tabel 7-29).

Tabel 7-29: Beoordeling van de aantallen (#/trek) van ankerkuilvangsten van vissen voor de verschillende zones in de Westerschelde van het Schelde-estuarium. Gemiddeldes zijn berekend per periode van zes jaar. De beoordeling is positief (+) indien er geen daling is in 2016-2021 t.o.v. 2010-2015, negatief (-) indien er wel een daling is en neutraal (0) wanneer de soort nooit geobserveerd is gedurende de voorbije 12 jaar.

Soort	Mesohalien	Sterk polyhalien	Zwak polyhalien
Abramis brama	–	0	0
Alosa fallax	–	+	–
Anguilla anguilla	–	+	–
Aphia minuta	–	–	–
Clupea harengus	–	–	–
Dicentrarchus labrax	+	–	–
Lampetra fluviatilis	–	–	–

Soort	Mesohalien	Sterk polyhalien	Zwak polyhalien
Merlangius merlangus	–	+	–
Myoxocephalus scorpius	–	–	+
Osmerus eperlanus	–	–	–
Petromyzon marinus	+	0	0
Platichthys flesus	–	–	–
Pleuronectes platessa	–	–	–
Pomatoschistus microps	–	–	–
Pomatoschistus minutus	–	–	–
Sander lucioperca	–	0	–
Zoarces viviparus	0	+	0

7.7.3. Diversiteit

Definitie

De diversiteit wordt bepaald door middel van de Shannon-index. Trends in de Shannon-index worden weergegeven per zone (niveau 3) en per jaar.

Methodiek

De Shannon index wordt bepaald op de gemiddelde jaarlijkse aantallen per soort en per zone.

Analyse

Zeeschelde

Zeeschelde - Fuiken

Zeeschelde - Fuiken - Biomassa

In sommige zones stijgt de diversiteit terwijl in andere zones de diversiteit daalt (Tabel 7-30).

Tabel 7-30: Gemiddelde Shannon-index van biomassa van fuikvangsten van vissen voor de verschillende zones in de Zeeschelde van het Schelde-estuarium. Gemiddeldes zijn berekend per periode van zes jaar. De beoordeling is positief (+) indien er geen daling is in 2016-2021 t.o.v. 2010-2015 en negatief (-) indien er wel een daling is.

Zone	2004-2009	2010-2015	2016-2021	review
Zoet kort verblijf	2,87	2,95	2,65	–
Zoet lang verblijf	2,33	1,81	2,59	+
Oligohalien	2,56	2,07	2,32	+
Saliniteitsgradient	3,28	2,81	3,01	+
Zoet zijrivier	NA	1,52	0,28	–

Zeeschelde - Fuiken - Aantallen

In sommige zones stijgt de diversiteit terwijl in andere zones de diversiteit daalt (Tabel 7-31).

Tabel 7-31: Gemiddelde Shannon-index van aantallen van fuikvangsten van vissen voor de verschillende zones in de Zeeschelde van het Schelde-estuarium. Gemiddeldes zijn berekend per periode van zes jaar. De beoordeling is positief (+) indien er geen daling is in 2016-2021 t.o.v. 2010-2015 en negatief (-) indien er wel een daling is.

Zone	2004-2009	2010-2015	2016-2021	review
Zoet kort verblijf	2,97	1,75	3,06	+
Zoet lang verblijf	2,33	1,70	2,07	+
Oligohalien	3,22	3,00	2,94	–
Saliniteitsgradient	2,63	2,34	2,78	+
Zoet zijrivier	NA	2,48	NA	NA

Zeeschelde - Ankerkuil

Zeeschelde - Ankerkuil - Biomassa

In alle bemonsterde zones van de Zeeschelde stijgt de diversiteit (Tabel 7-32).

Tabel 7-32: Gemiddelde Shannon-index van biomassa van ankerkuilvangsten van vissen voor de verschillende zones in de Zeeschelde van het Schelde-estuarium. Gemiddeldes zijn berekend per periode van zes jaar. De beoordeling is positief (+) indien er geen daling is in 2016-2021 t.o.v. 2010-2015 en negatief (-) indien er wel een daling is.

Zone	2010-2015	2016-2021	review
Zoet lang verblijf	0,80	1,21	+
Oligohalien	0,57	1,10	+
Saliniteitsgradient	1,13	1,95	+

Zeeschelde - Ankerkuil - Aantallen

In alle bemonsterde zones van de Zeeschelde stijgt de diversiteit (Tabel 7-33).

Tabel 7-33: Gemiddelde Shannon-index van aantallen van ankerkuilvangsten van vissen voor de verschillende zones in de Zeeschelde van het Schelde-estuarium. Gemiddeldes zijn berekend per periode van zes jaar. De beoordeling is positief (+) indien er geen daling is in 2016-2021 t.o.v. 2010-2015 en negatief (-) indien er wel een daling is

Zone	2010-2015	2016-2021	review
Zoet lang verblijf	0,22	1,26	+
Oligohalien	0,19	1,38	+
Saliniteitsgradient	1,38	1,85	+

Westerschelde

Westerschelde - Boomkor

Westerschelde - Boomkor - Biomassa

In sommige zones stijgt de diversiteit terwijl in andere zones de diversiteit daalt (Tabel 7-34).

Tabel 7-34: Gemiddelde Shannon-index van biomassa van boomkorvangsten van vissen voor de verschillende zones in de Westerschelde van het Schelde-estuarium. Gemiddeldes zijn berekend per periode van zes jaar. De beoordeling is positief (+) indien er geen daling is in 2016-2021 t.o.v. 2010-2015 en negatief (-) indien er wel een daling is.

Zone	2004-2009	2010-2015	2016-2021	review
Mesohalien	3,04	2,70	2,78	+
Zwak polyhalien	3,27	2,78	2,42	–
Sterk polyhalien	3,21	3,06	2,68	–

Westerschelde - Boomkor - Aantallen
In alle bemonsterde zones van de Westerschelde daalt de diversiteit (Tabel 7-35).

Tabel 7-35: Gemiddelde Shannon-index van aantallen van boomkorvangsten van vissen voor de verschillende zones in de Westerschelde van het Schelde-estuarium. Gemiddeldes zijn berekend per periode van zes jaar. De beoordeling is positief (+) indien er geen daling is in 2016-2021 t.o.v. 2010-2015 en negatief (-) indien er wel een daling is.

Zone	2004-2009	2010-2015	2016-2021	review
Mesohalien	2,65	3,12	2,53	–
Zwak polyhalien	2,46	2,72	2,26	–
Sterk polyhalien	2,69	3,19	2,73	–

Westerschelde - Ankerkuil

Westerschelde - Ankerkuil - Aantallen
In alle bemonsterde zones van de Westerschelde daalt de diversiteit (Tabel 7-36).

Tabel 7-36: Gemiddelde Shannon-index van aantallen van ankerkuilvangsten van vissen voor de verschillende zones in de Westerschelde van het Schelde-estuarium. Gemiddeldes zijn berekend per periode van zes jaar. De beoordeling is positief (+) indien er geen daling is in 2016-2021 t.o.v. 2010-2015 en negatief (-) indien er wel een daling is.

Zone	2004-2009	2010-2015	2016-2021	review
Mesohalien	1,73	2,33	0,33	–
Zwak polyhalien	NA	1,16	0,30	–
Sterk polyhalien	0,89	1,27	1,09	–

7.7.4. Additionele parameters voor de verhaallijn *Vissen*

Data

De volgende datafiches worden gebruikt:

- S-DS-N-004 – Vissen (Westerschelde)
- S-DS-V-004a - Vissen (KRW) (Zeeschelde)

7.7.4.1. Aantal/biomassa van de inheemse soorten, invasieve exotische soorten en overige exotische soorten

Definitie

Trends in de aantallen en biomassa van de verschillende soortengroepen (inheemse soorten, invasieve exoten en overige exoten) worden weergegeven per zone (niveau 3) en per jaar.

Methodiek

Per soortengroep worden de aantallen en biomassa (1) uitgemiddeld per station per maand. Daarop worden deze gemiddelde waarden per station en per maand verder geaggregeerd op basis van het gemiddelde zodat eerst (2) gemiddelde waarden per station per jaar en uiteindelijk (3) gemiddelde waarden per zone (niveau 3) per jaar worden bekomen.

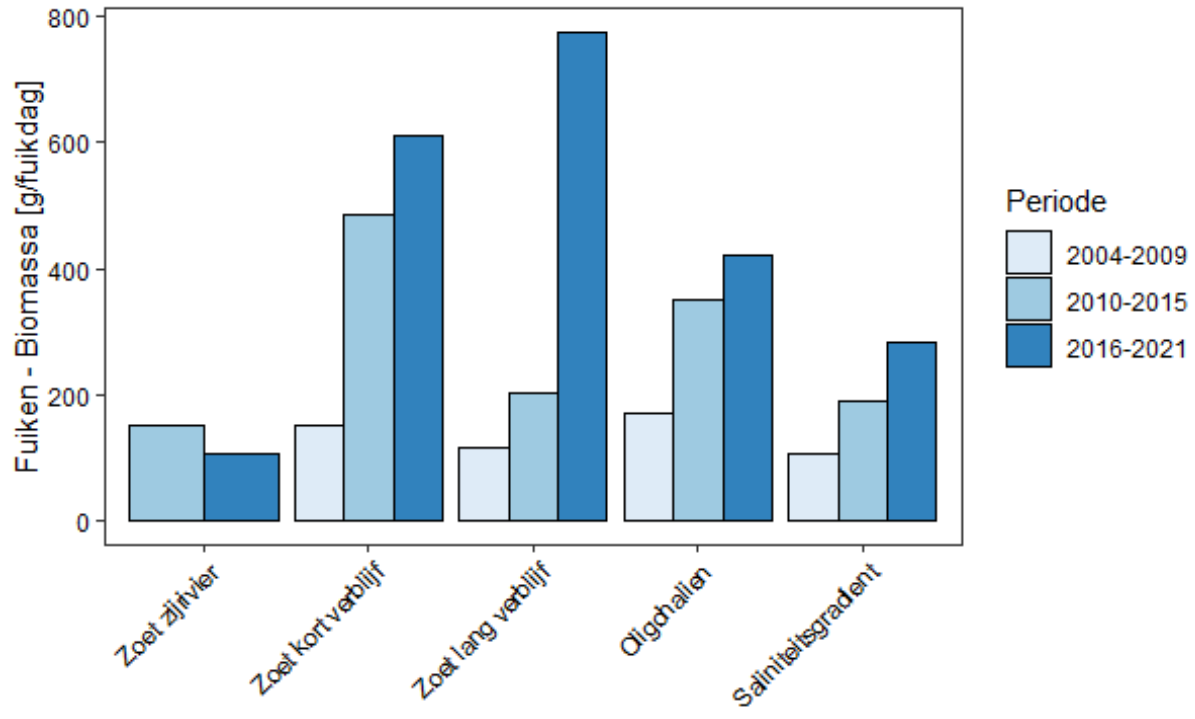
Analyse

Zeeschelde

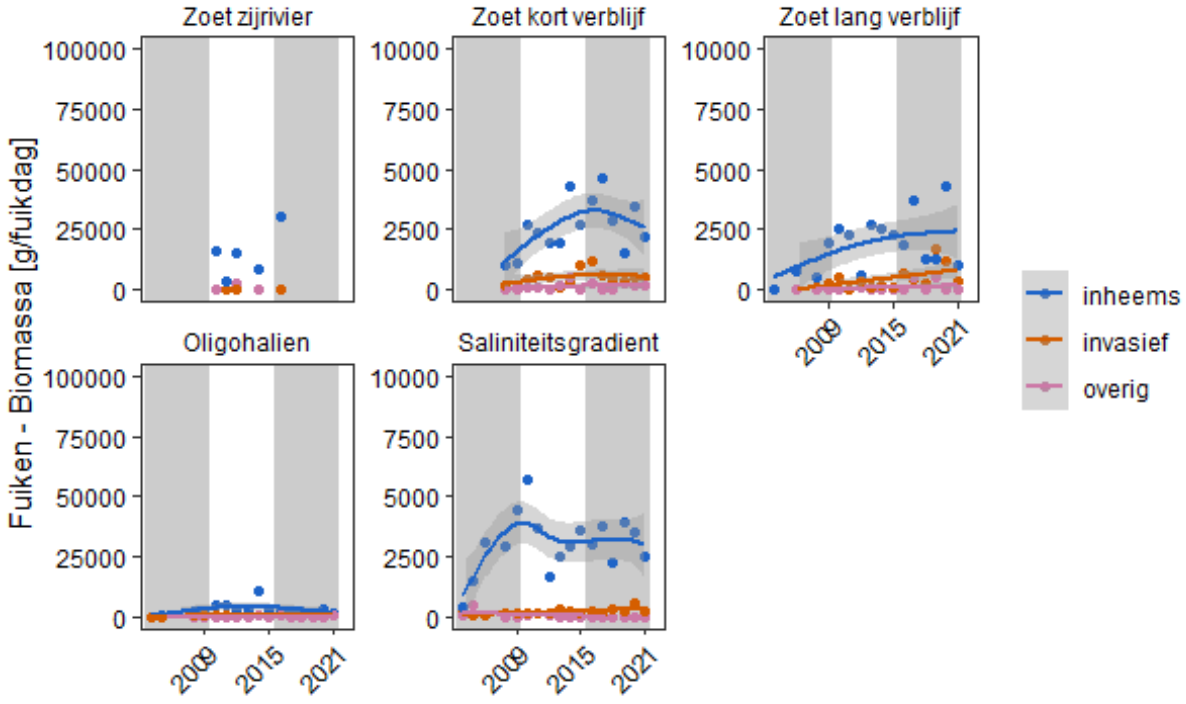
Zeeschelde - Fuiken

Zeeschelde - Fuiken - Biomassa

In vergelijking met de voorgaande T-periode is er een stijging in de fuikvangst-biomassa van de invasieve exoten voor alle zones behalve zoet zijrivier (Figuur 7-72 en Figuur 7-73).



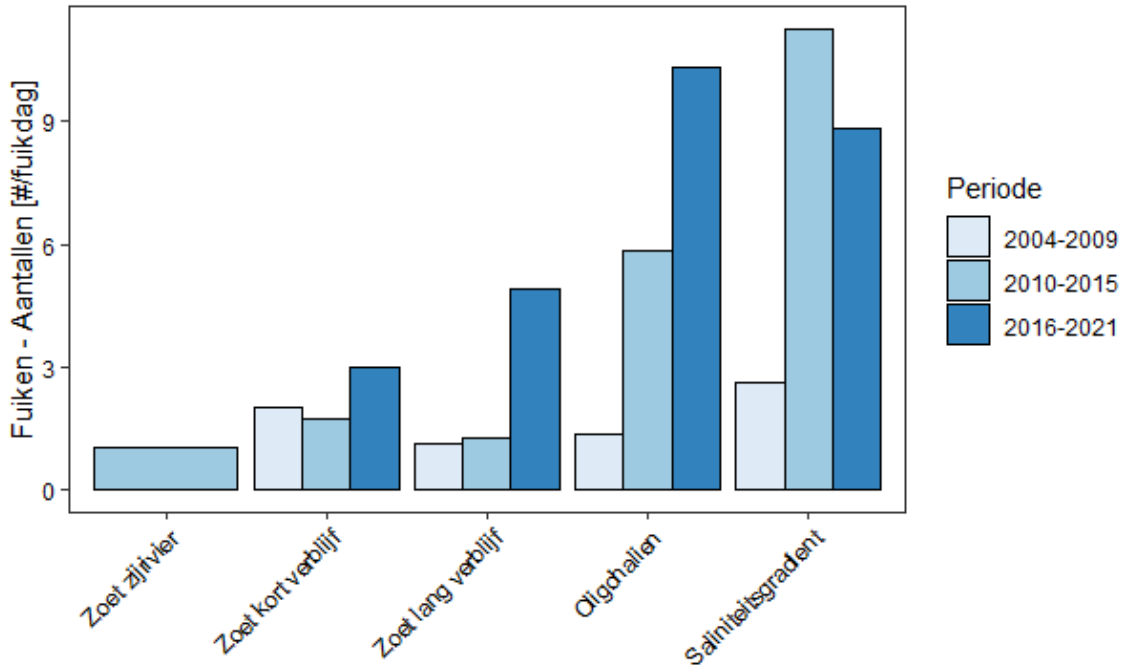
Figuur 7-72: Gemiddelde biomassa van fuikvangsten van invasieve exoten (vissen) voor de verschillende zones in de Zeeschelde van het Schelde-estuarium. Gemiddeldes zijn berekend per periode van zes jaar.



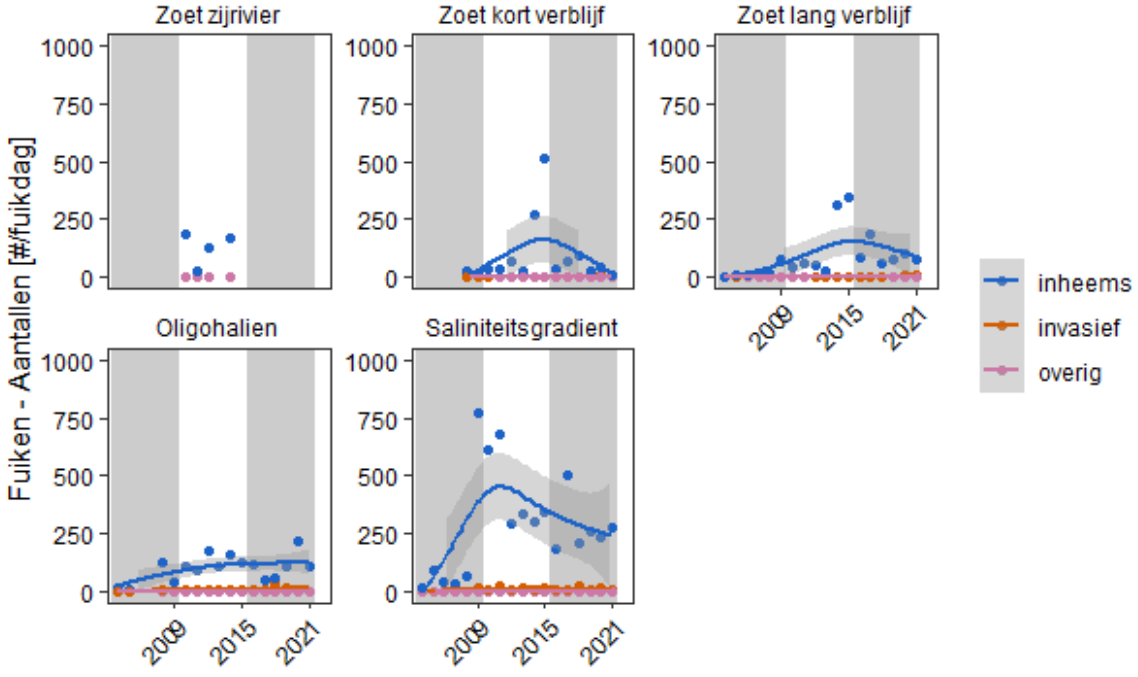
Figuur 7-73: Gemiddelde jaarlijkse biomassa van fuikvangsten van vissen voor de verschillende zones in de Zeeschelde van het Schelde-estuarium. Een onderscheid wordt gemaakt tussen inheemse soorten, invasieve exoten en overige exoten. Punten geven de gemiddelde waarden weer. De lijnen zijn afzonderlijke GAM smooth curves (k=10). De grijs-wit-grijs zonering geeft de tijdspannes van respectievelijk de T2009, T2015 en T2021 weer.

Zeeschelde - Fuiken - Aantallen

In vergelijking met de voorgaande T-periode is er een stijging in de fuikvangst-aantallen van de invasieve exoten voor alle zones behalve zoet zijrivier en saliniteitsgradient (Figuur 7-74 en Figuur 7-75).



Figuur 7-74: Gemiddelde aantallen van fuikvangsten van invasieve exoten (vissen) voor de verschillende zones in de Zeeschelde van het Schelde-estuarium. Gemiddeldes zijn berekend per periode van zes jaar.



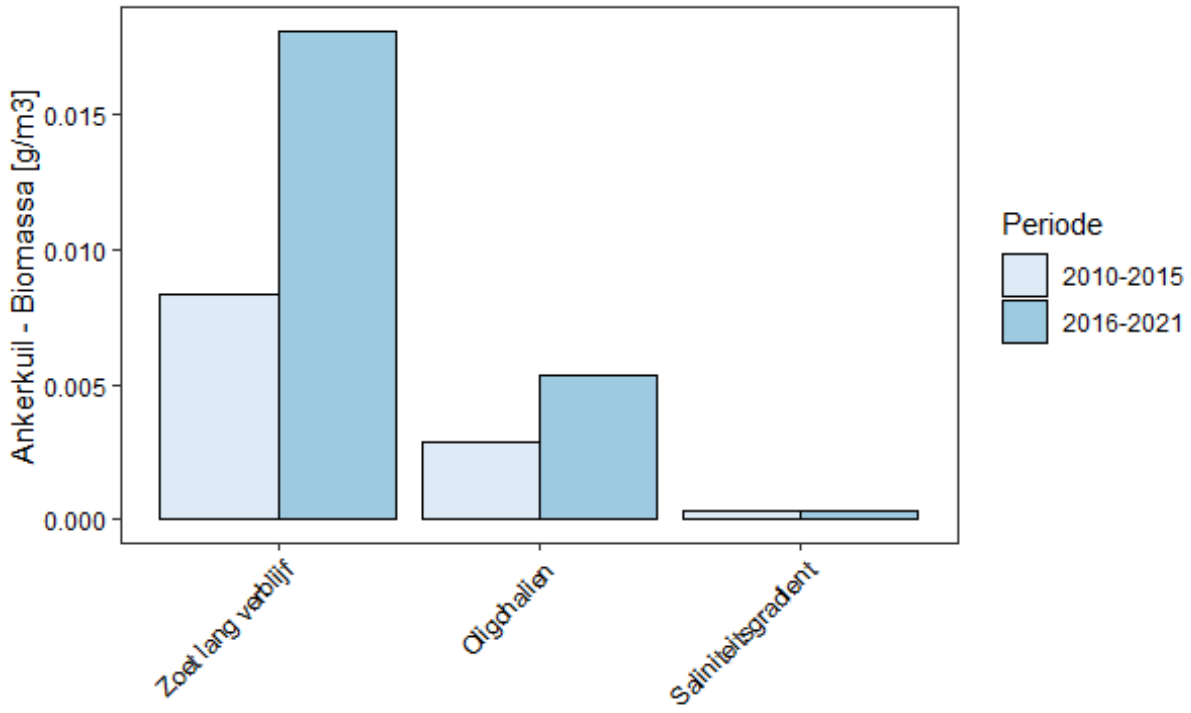
Figuur 7-75: Gemiddelde jaarlijkse aantallen van fuikvangsten van vissen voor de verschillende zones in de Zeeschelde van het Schelde-estuarium. Een onderscheid wordt gemaakt tussen inheemse soorten, invasieve exoten en overige exoten. Punten geven de gemiddelde waarden weer. De lijnen zijn afzonderlijke GAM smooth curves (k=10). De grijs-wit-grijs zonering geeft de tijdspannes van respectievelijk de T2009, T2015 en T2021 weer.

Zeeschelde - Ankerkuil

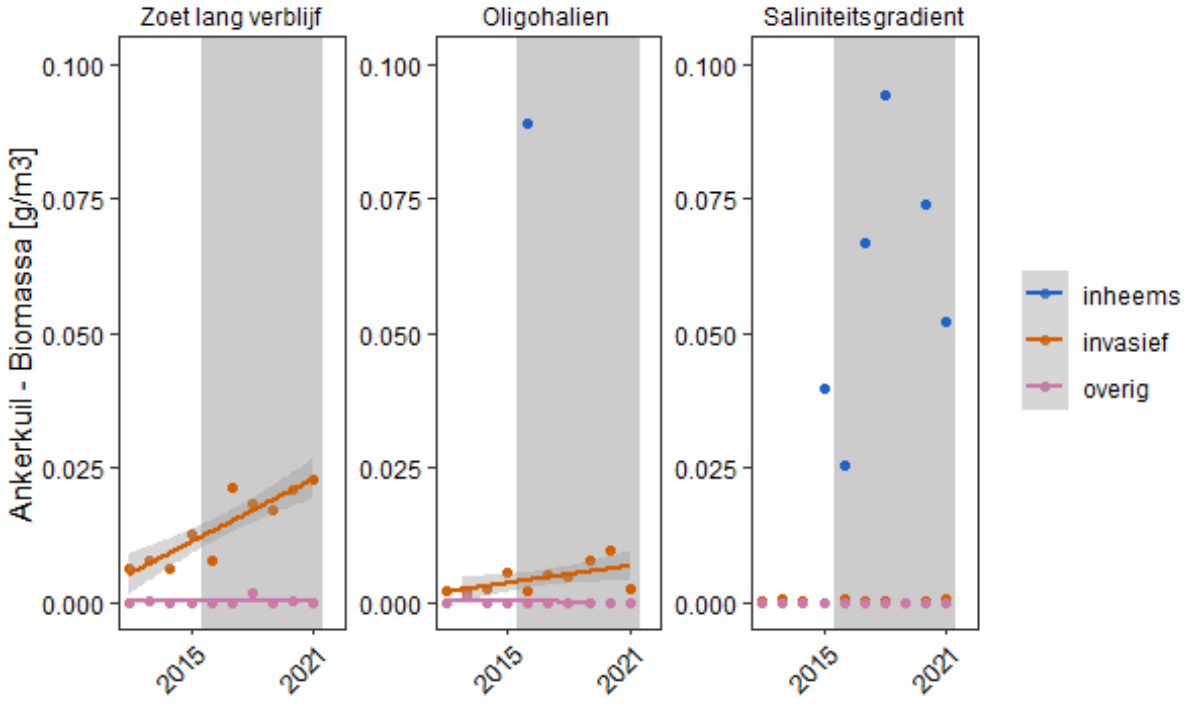
Zeeschelde - Ankerkuil - Biomassa

In vergelijking met de voorgaande T-periode is er een daling in ankerkuilbiomassa voor alle bemonsterde zones van de Zeeschelde (Figuur 7-76 en Figuur 7-77).

In vergelijking met de voorgaande T-periode is er een stijging in de ankerkuil-biomassa van de invasieve exoten voor alle zones.



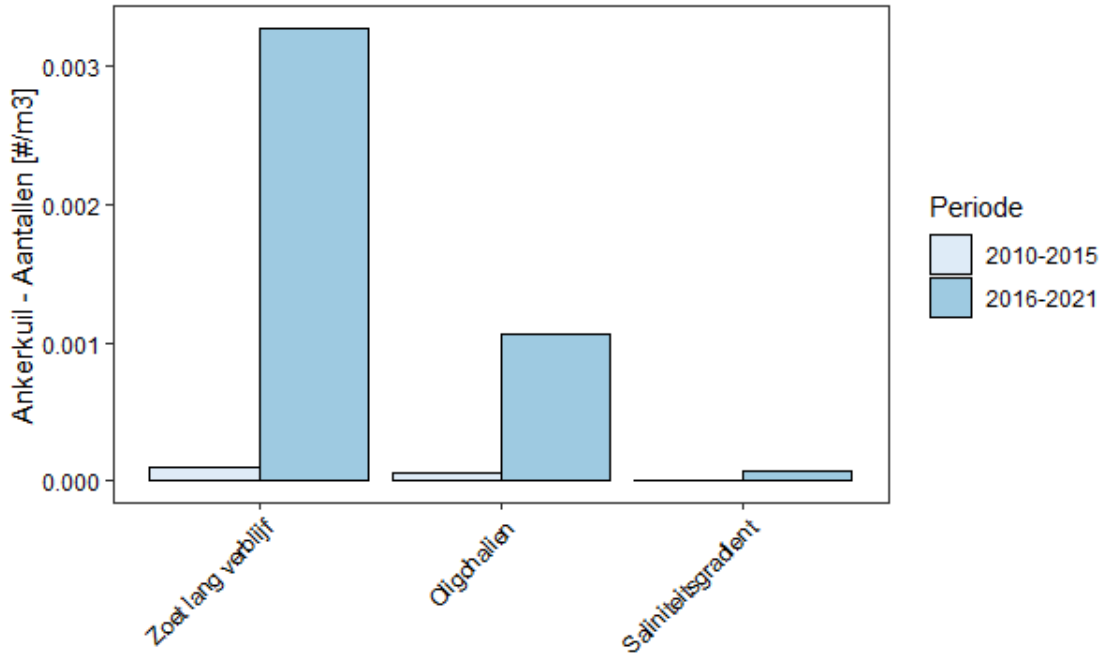
Figuur 7-76: Gemiddelde biomassa van ankerkuilvangsten van invasieve exoten (vissen) voor de verschillende zones in de Zeeschelde van het Schelde-estuarium. Gemiddeldes zijn berekend per periode van zes jaar.



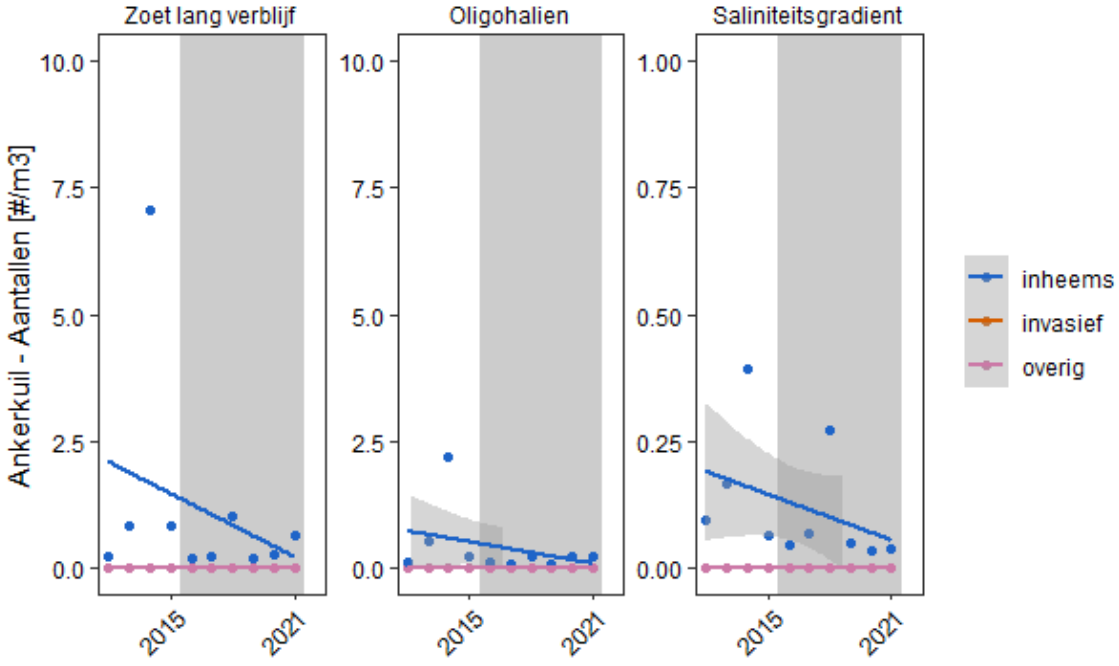
Figuur 7-77: Gemiddelde jaarlijkse biomassa van fuikvangsten van vissen voor de verschillende zones in de Zeeschelde van het Schelde-estuarium. Een onderscheid wordt gemaakt tussen inheemse soorten, invasieve exoten en overige exoten. Punten geven de gemiddelde waarden weer. De lijnen zijn afzonderlijke GAM smooth curves (k=10). De grijs-wit-grijs zonering geeft de tijdspannes van respectievelijk de T2009, T2015 en T2021 weer.

Zeeschelde - Ankerkuil - Aantallen

In vergelijking met de voorgaande T-periode is er een stijging in de ankerkuil-aantallen van de invasieve exoten voor alle zones (Figuur 7-78 en Figuur 7-79).



Figuur 7-78: Gemiddelde aantallen van ankerkuilvangsten van invasieve exoten (vissen) voor de verschillende zones in de Zeeschelde van het Schelde-estuarium. Gemiddeldes zijn berekend per periode van zes jaar.



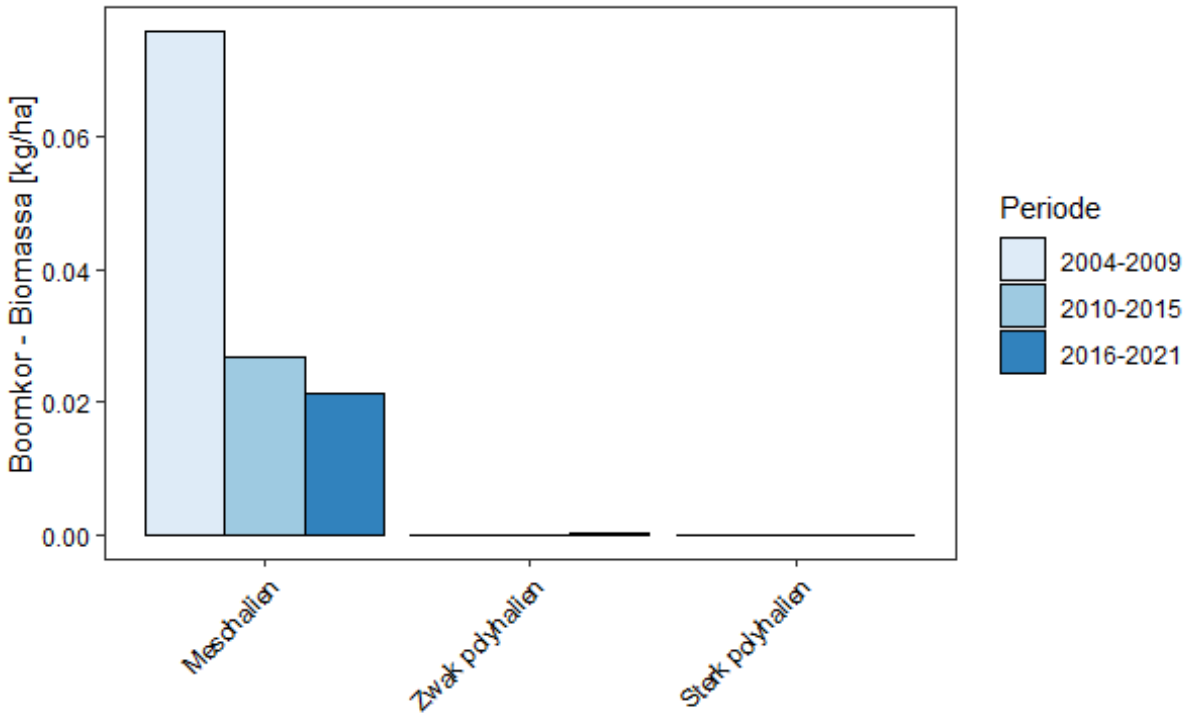
Figuur 7-79: Gemiddelde jaarlijkse aantallen van ankerkuilvangsten van vissen voor de verschillende zones in de Zeeschelde van het Schelde-estuarium. Een onderscheid wordt gemaakt tussen inheemse soorten, invasieve exoten en overige exoten. Punten geven de gemiddelde waarden weer. De lijnen zijn afzonderlijke GAM smooth curves (k=10). De grijs-wit-grijs zonering geeft de tijdspannes van respectievelijk de T2009, T2015 en T2021 weer.

Westerschelde

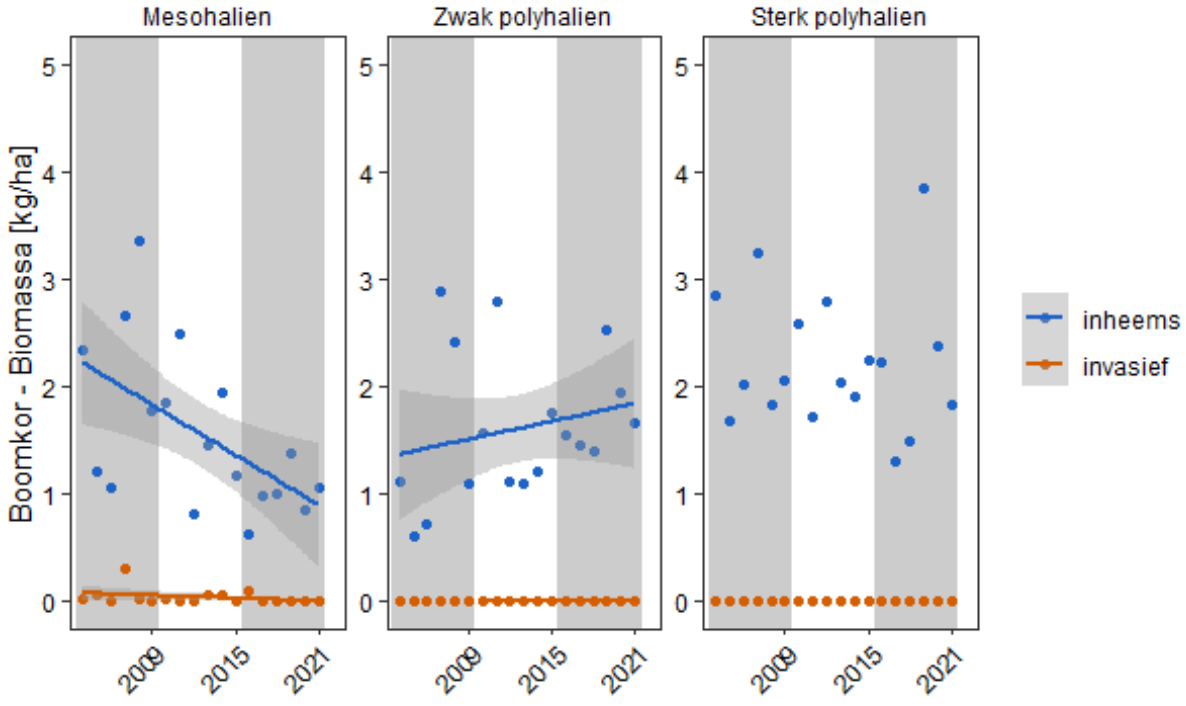
Westerschelde - Boomkor

Westerschelde - Boomkor - Biomassa

In vergelijking met de voorgaande T-periode is er een daling in boomkorbiomassa voor de mesohaliene zone en een stijging voor de sterk polyhaliene en zwak polyhaliene zone (Figuur 7-80 en Figuur 7-81).



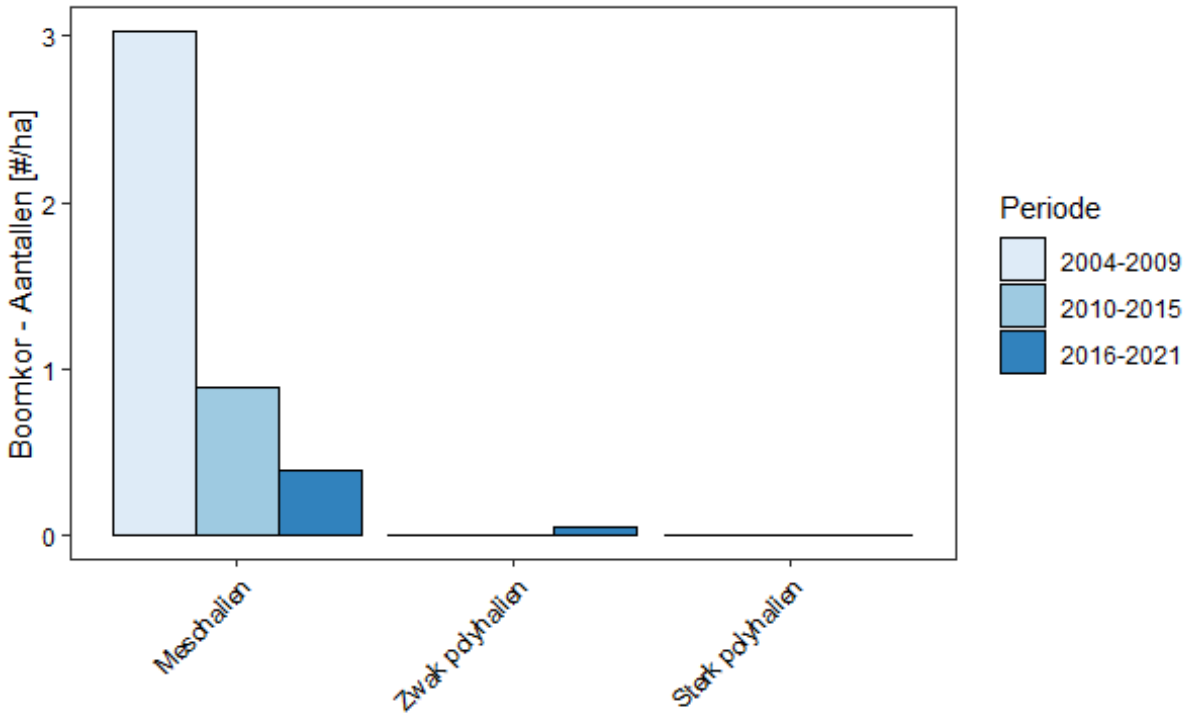
Figuur 7-80: Gemiddelde biomassa van boomkorvangsten van invasieve exoten (vissen) voor de verschillende zones in de Zeeschelde van het Schelde-estuarium. Gemiddeldes zijn berekend per periode van zes jaar.



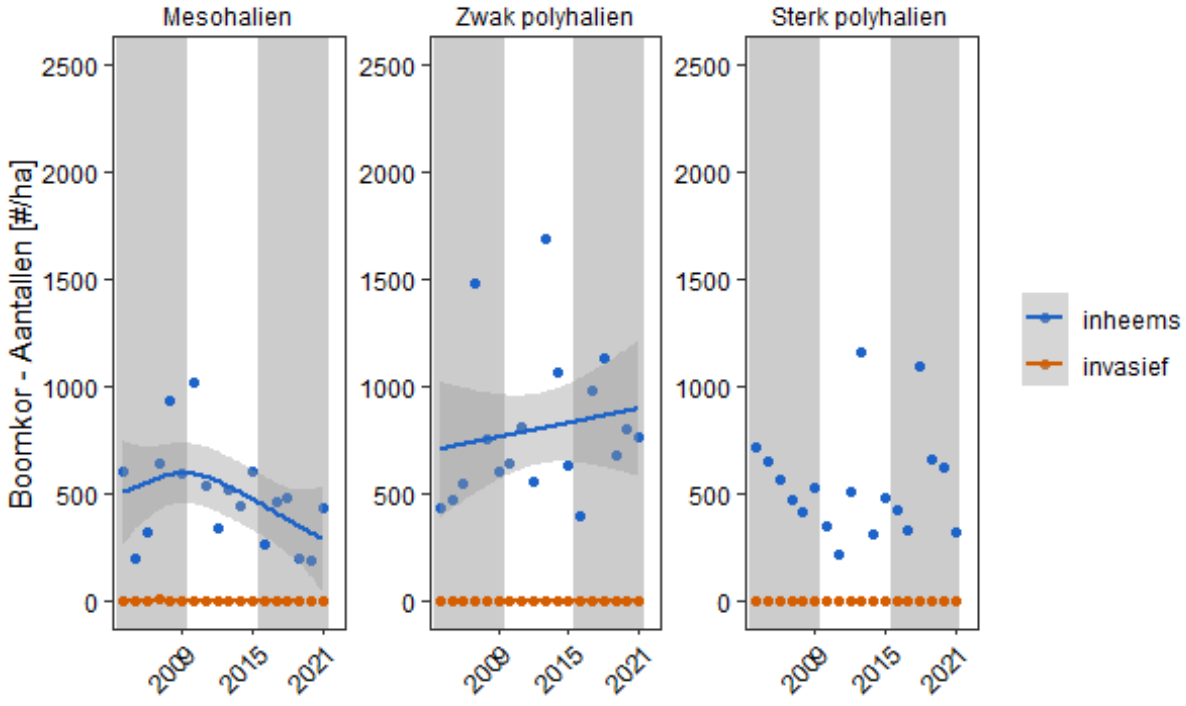
Figuur 7-81: Gemiddelde jaarlijkse biomassa van boomkorvangsten van vissen voor de verschillende zones in de Zeeschelde van het Schelde-estuarium. Een onderscheid wordt gemaakt tussen inheemse soorten, invasieve exoten en overige exoten. Punten geven de gemiddelde waarden weer. De lijnen zijn afzonderlijke GAM smooth curves (k=10). De grijs-wit-grijs zonering geeft de tijdspannes van respectievelijk de T2009, T2015 en T2021 weer.

Westerschelde - Boomkor - Aantallen

In vergelijking met de voorgaande T-periode is er een daling in boomkorbiomassa voor de mesohaliene en zwak polyhaliene zone en een stijging voor de zwak polyhaliene zone (Figuur 7-82 en Figuur 7-83).



Figuur 7-82: Gemiddelde aantallen van boomkorvangsten van invasieve exoten (vissen) voor de verschillende zones in de Zeeschelde van het Schelde-estuarium. Gemiddeldes zijn berekend per periode van zes jaar.

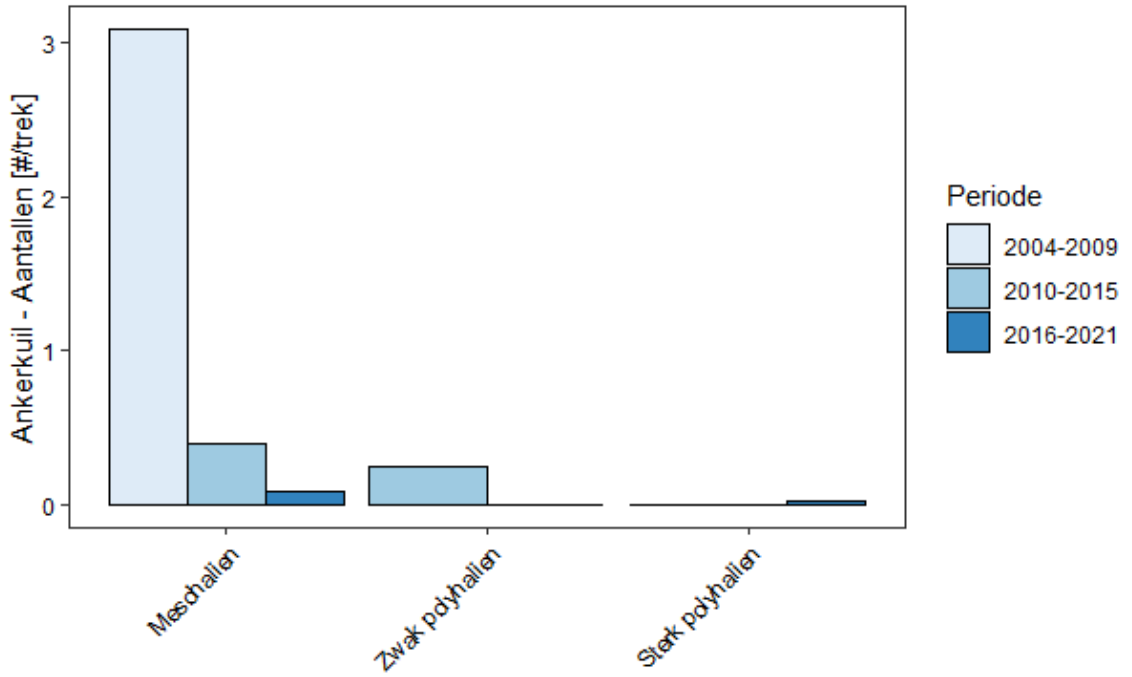


Figuur 7-83: Gemiddelde jaarlijkse aantallen van boomkorvangsten van vissen voor de verschillende zones in de Zeeschelde van het Schelde-estuarium. Een onderscheid wordt gemaakt tussen inheemse soorten, invasieve exoten en overige exoten. Punten geven de gemiddelde waarden weer. De lijnen zijn afzonderlijke GAM smooth curves (k=10). De grijs-wit-grijs zonering geeft de tijdspannes van respectievelijk de T2009, T2015 en T2021 weer.

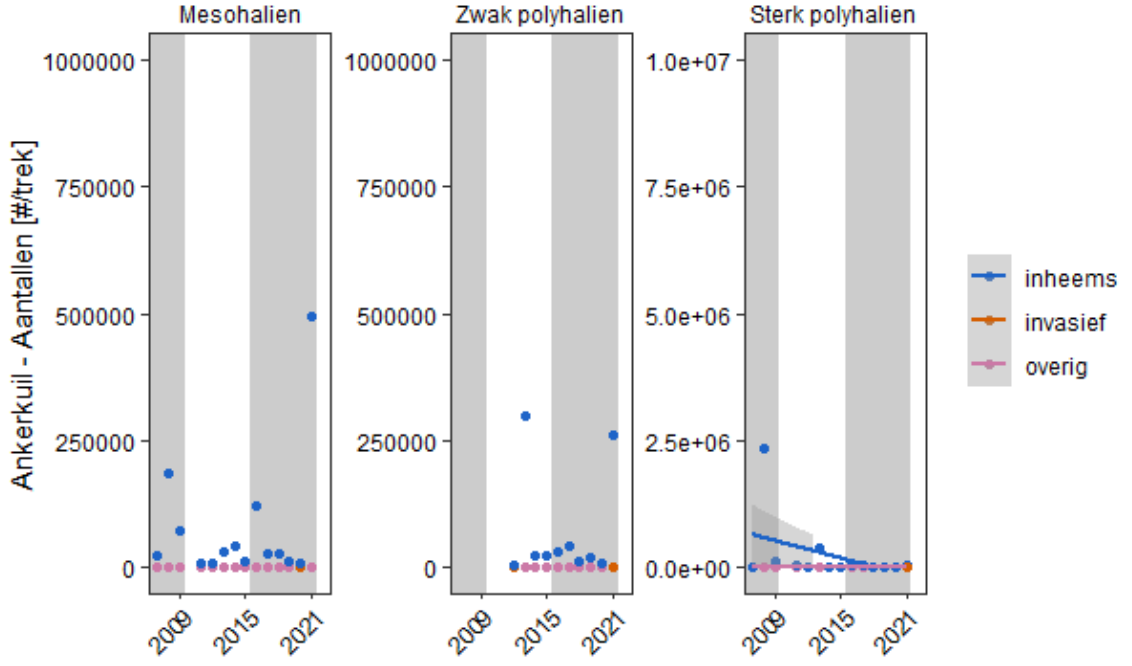
Westerschelde - Ankerkuil

Westerschelde - Ankerkuil - Aantallen

In vergelijking met de voorgaande T-periode is er een daling in de ankerkuil-aantallen van de mesohaliene zone (Figuur 7-84 en Figuur 7-85).



Figuur 7-84: Gemiddelde aantallen van ankerkuilvangsten van invasieve exoten (vissen) voor de verschillende zones in de Zeeschelde van het Schelde-estuarium. Gemiddeldes zijn berekend per periode van zes jaar.



Figuur 7-85: Gemiddelde jaarlijkse aantallen van ankerkuilvangsten van vissen voor de verschillende zones in de Zeeschelde van het Schelde-estuarium. Een onderscheid wordt gemaakt tussen inheemse soorten, invasieve exoten en overige exoten. Punten geven de gemiddelde waarden weer. De lijnen zijn afzonderlijke GAM smooth curves (k=10). De grijs-wit-grijs zonering geeft de tijdspannes van respectievelijk de T2009, T2015 en T2021 weer.

7.7.4.2. Exotische soorten

Analyse

Zeeschelde

Zeeschelde - Fuiken

Zeeschelde - Fuiken - Biomassa

Invasieve soorten namen toe in sommige zones en namen af in andere zones. Snoekbaars (*Sander lucioperca*) (Tabel 7-37) vertoonde voor de meeste zones (behalve zoet zijrivier) een stijging.

Tabel 7-37: Beoordeling van de biomassa (g/fuikdag) van fuikvangsten van invasieve vissen voor de verschillende zones in de Zeeschelde van het Schelde-estuarium. Gemiddeldes zijn berekend per periode van zes jaar. De beoordeling is negatief (-) indien er geen daling is in 2016-2021 t.o.v. 2010-2015, positief (+) indien er wel een daling is en neutraal (0) wanneer de soort nooit geobserveerd is gedurende de voorbije 12 jaar.

Soort	Zoet zijrivier	Zoet lang verblijf	Oligohalien	Zoet kort verblijf	Saliniteitsgradient
Acipenser baerii	0	–	0	0	0
Ameiurus nebulosus	0	0	+	0	0
Carassius gibelio	+	–	–	+	+
Faxonius limosus	0	0	0	–	+
Lepomis gibbosus	0	0	+	–	+
Neogobius melanostomus	–	–	+	–	+
Pseudorasbora parva	0	–	+	–	+
Sander lucioperca	+	–	–	–	–

Zeeschelde - Fuiken - Aantallen

Invasieve soorten namen toe in sommige zones en namen af in andere zones. Snoekbaars (*Sander lucioperca*) (Tabel 7-38) vertoonde voor de meeste zones (behalve zoet zijrivier) een stijging.

Tabel 7-38: Beoordeling van de aantallen (#/fuikdag) van fuikvangsten van vissen voor de verschillende zones in de Zeeschelde van het Schelde-estuarium. Gemiddeldes zijn berekend per periode van zes jaar. De beoordeling is negatief (-) indien er geen daling is in 2016-2021 t.o.v. 2010-2015, positief (+) indien er wel een daling is en neutraal (0) wanneer de soort nooit geobserveerd is gedurende de voorbije 12 jaar.

Soort	Zoet zijrivier	Zoet lang verblijf	Oligohalien	Zoet kort verblijf	Saliniteitsgradient
Acipenser baerii	0	–	0	0	0
Ameiurus nebulosus	0	0	+	0	0
Carassius gibelio	0	–	+	–	–
Faxonius limosus	0	0	+	–	+
Lepomis gibbosus	0	0	+	–	–
Neogobius melanostomus	0	–	–	–	+
Pseudorasbora parva	0	–	+	–	+
Sander lucioperca	0	–	–	–	–

Zeeschelde - Ankerkuil

Zeeschelde - Ankerkuil - Biomassa

Invasieve soorten nemen toe in alle zones (Tabel 7-39).

Tabel 7-39: Beoordeling van de biomassa (g/m³) van ankerkuilvangsten van vissen voor de verschillende zones in de Zeeschelde van het Schelde-estuarium. Gemiddeldes zijn berekend per periode van zes jaar. De beoordeling is negatief (-) indien er geen daling is in 2016-2021 t.o.v. 2010-2015, positief (+) indien er wel een daling is en neutraal (0) wanneer de soort nooit geobserveerd is gedurende de voorbije 12 jaar.

Soort	Oligohalien	Saliniteitsgradient
Carassius gibelio	–	0
Lepomis gibbosus	–	0
Neogobius melanostomus	–	–
Oncorhynchus mykiss	–	0
Pseudorasbora parva	–	–
Sander lucioperca	–	–

Zeeschelde - Ankerkuil - Aantallen

Invasieve soorten nemen toe in alle zones (Tabel 7-40).

Tabel 7-40: Beoordeling van de aantallen (#/m3) van ankerkuilvangsten van vissen voor de verschillende zones in de Zeeschelde van het Schelde-estuarium. Gemiddeldes zijn berekend per periode van zes jaar. De beoordeling is negatief (-) indien er geen daling is in 2016-2021 t.o.v. 2010-2015, positief (+) indien er wel een daling is en neutraal (0) wanneer de soort nooit geobserveerd is gedurende de voorbije 12 jaar.

Soort	Oligohalien	Saliniteitsgradient
Carassius gibelio	–	0
Lepomis gibbosus	–	0
Neogobius melanostomus	–	–
Oncorhynchus mykiss	–	0
Pseudorasbora parva	–	–
Sander lucioperca	–	–

Westerschelde

Westerschelde - Boomkor

Westerschelde - Boomkor - Biomassa

Invasieve soorten nemen toe in alle zones (Tabel 7-41).

Tabel 7-41: Beoordeling van de biomassa (kg/ha) van boomkorvangsten van vissen voor de verschillende zones in de Westerschelde van het Schelde-estuarium. Gemiddeldes zijn berekend per periode van zes jaar. De beoordeling is negatief (-) indien er geen daling is in 2016-2021 t.o.v. 2010-2015, positief (+) indien er wel een daling is en neutraal (0) wanneer de soort nooit geobserveerd is gedurende de voorbije 12 jaar.

Soort	Mesohalien	Zwak polyhalien
Neogobius melanostomus	–	–
Sander lucioperca	–	0

Westerschelde - Boomkor - Aantallen
Invasieve soorten nemen toe in alle zones (Tabel 7-42).

Tabel 7-42: Beoordeling van de aantallen (#/ha) van boomkorvangsten van vissen voor de verschillende zones in de Westerschelde van het Schelde-estuarium. Gemiddeldes zijn berekend per periode van zes jaar. De beoordeling is negatief (-)indien er geen daling is in 2016-2021 t.o.v. 2010-2015, positief (+) indien er wel een daling is en neutraal (0) wanneer de soort nooit geobserveerd is gedurende de voorbije 12 jaar.

Soort	Mesohalien	Zwak polyhalien
Neogobius melanostomus	–	–
Sander lucioperca	+	0

Westerschelde - Ankerkuil

Westerschelde - Ankerkuil - Aantallen
Invasieve soorten namen toe in sommige zones en namen af in andere zones. Snoekbaars (*Sander lucioperca*) (Tabel 7-43) vertoonde voor de meeste zones een daling.

Tabel 7-43: Beoordeling van de aantallen (#/trek) van ankerkuilvangsten van vissen voor de verschillende zones in de Westerschelde van het Schelde-estuarium. Gemiddeldes zijn berekend per periode van zes jaar. De beoordeling is negatief (-)indien er geen daling is in 2016-2021 t.o.v. 2010-2015, positief (+) indien er wel een daling is en neutraal (0) wanneer de soort nooit geobserveerd is gedurende de voorbije 12 jaar.

Soort	Mesohalien	Zwak polyhalien	Sterk polyhalien
Neogobius melanostomus	0	0	–
Sander lucioperca	+	+	0

7.7.4.3. Diversiteit m.b.t. uitheemse soorten

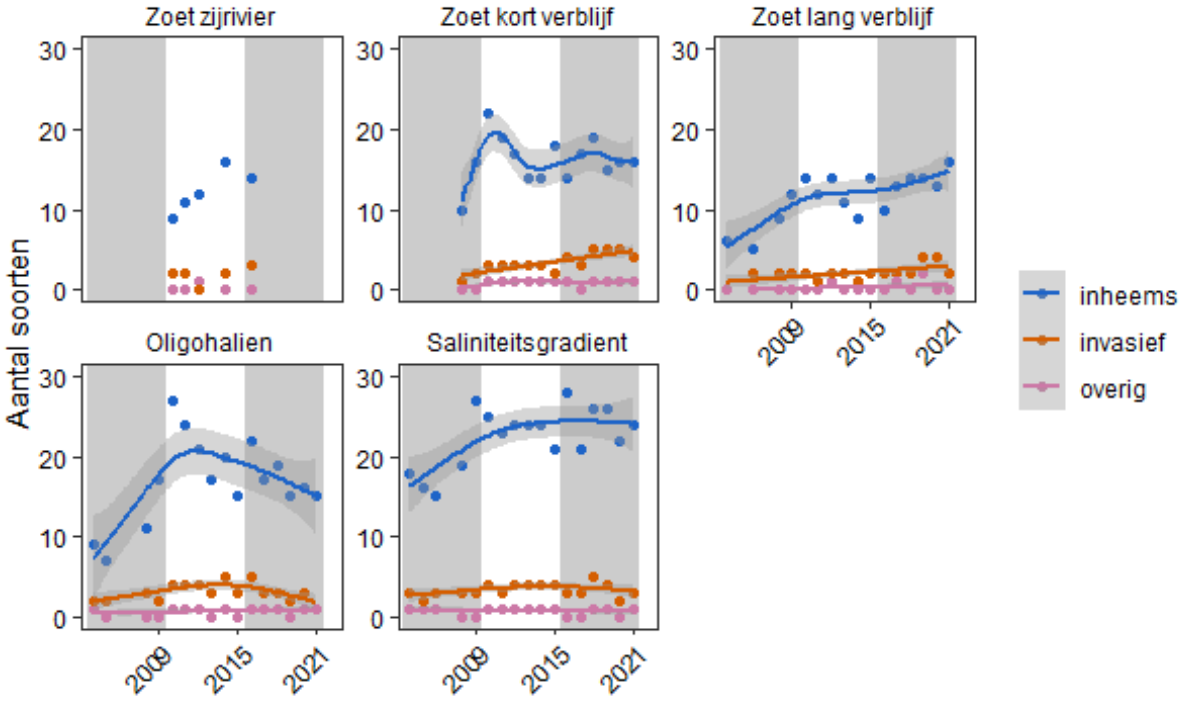
Analyse

Zeeschelde

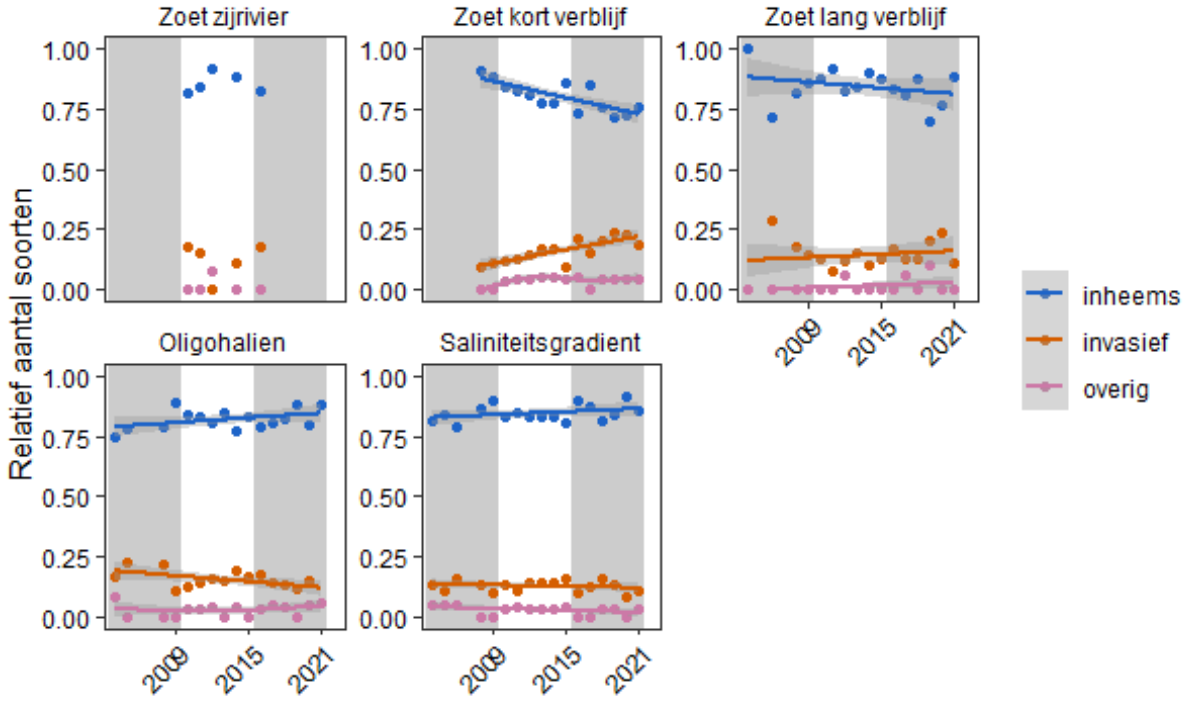
Zeeschelde - Fuiken
Het aantal invasieve soorten is gestegen voor elke zone van de Zeeschelde (Tabel 7-44).

Tabel 7-44: Aantal invasieve exoten in de fuikvangsten van vissen voor de verschillende zones in de Zeeschelde van het Schelde-estuarium. Gemiddeldes zijn berekend per periode van zes jaar. De beoordeling is negatief (-) indien er geen daling is in 2016-2021 t.o.v. 2010-2015 en positief (+) indien er wel een daling is.

Zone	Groep	2004-2009	2010-2015	2016-2021	review
Zoet zijrivier	invasief	NA	2	3	–
Zoet kort verblijf	invasief	2	3	5	–
Zoet lang verblijf	invasief	2	2	4	–
Oligohalien	invasief	3	5	5	–
Saliniteitsgradient	invasief	3	4	5	–



Figuur 7-86: Gemiddelde jaarlijkse soortenaantallen van fuikvangsten van vissen voor de verschillende zones in de Zeeschelde van het Schelde-estuarium. Een onderscheid wordt gemaakt tussen inheemse soorten, invasieve exoten en overige exoten. Punten geven de gemiddelde waarden weer. De lijnen zijn afzonderlijke GAM smooth curves (k=10). De grijs-wit-grijs zonering geeft de tijdspannes van respectievelijk de T2009, T2015 en T2021 weer.



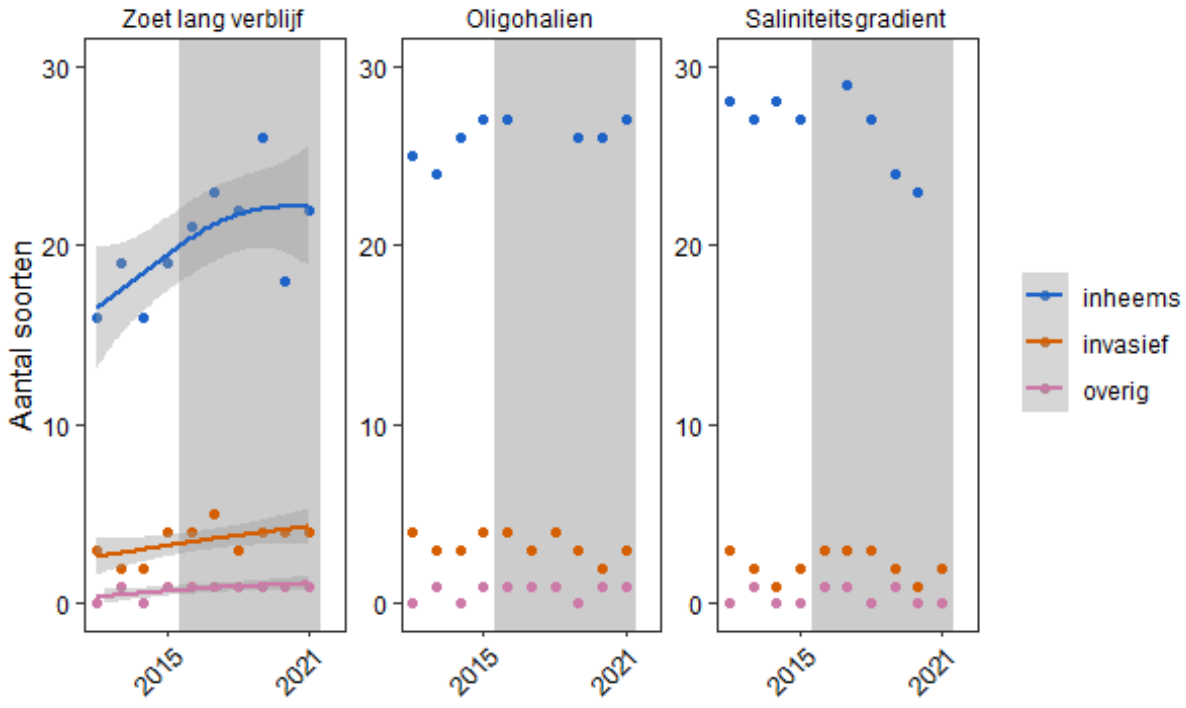
Figuur 7-87: Gemiddelde jaarlijkse relatieve soortenaantallen van fuikvangsten van vissen voor de verschillende zones in de Zeeschelde van het Schelde-estuarium. Een onderscheid wordt gemaakt tussen inheemse soorten, invasieve exoten en overige exoten. Punten geven de gemiddelde waarden weer. De lijnen zijn afzonderlijke GAM smooth curves (k=10). De grijs-wit-grijs zonering geeft de tijdspannes van respectievelijk de T2009, T2015 en T2021 weer.

Zeeschelde - Ankerkuil

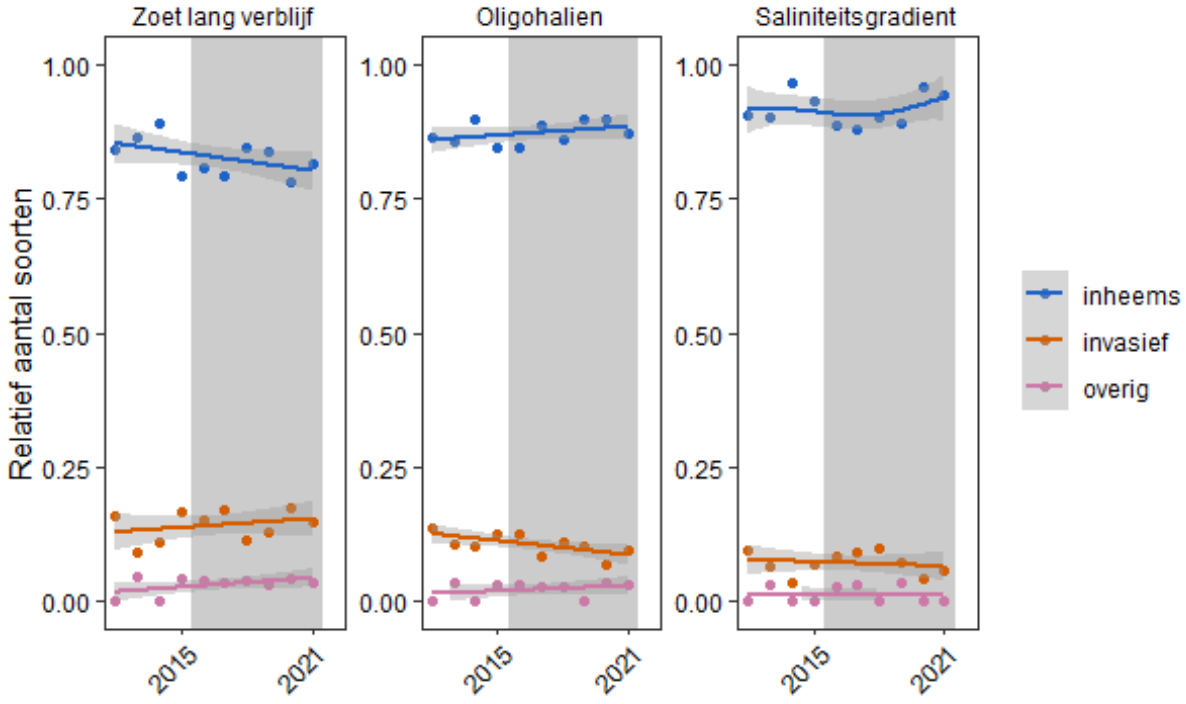
Het aantal invasieve soorten is gestegen voor elke zone van de Zeeschelde (Tabel 7-45).

Tabel 7-45: Aantal invasieve exoten in de ankerkuilvangsten van vissen voor de verschillende zones in de Zeeschelde van het Schelde-estuarium. Gemiddeldes zijn berekend per periode van zes jaar. De beoordeling is negatief (-) indien er geen daling is in 2016-2021 t.o.v. 2010-2015 en positief (+) indien er wel een daling is.

Zone	Groep	2010-2015	2016-2021	review
Oligohalien	invasief	4	4	–
Saliniteitsgradient	invasief	3	3	–



Figuur 7-88: Gemiddelde jaarlijkse soortenaantallen van ankerkuilvangsten van vissen voor de verschillende zones in de Zeeschelde van het Schelde-estuarium. Een onderscheid wordt gemaakt tussen inheemse soorten, invasieve exoten en overige exoten. Punten geven de gemiddelde waarden weer. De lijnen zijn afzonderlijke GAM smooth curves (k=10). De grijs-wit-grijs zonering geeft de tijdspannes van respectievelijk de T2009, T2015 en T2021 weer.



Figuur 7-89: Gemiddelde jaarlijkse relatieve soortenaantallen van ankerkuilvangsten van vissen voor de verschillende zones in de Zeeschelde van het Schelde-estuarium. Een onderscheid wordt gemaakt tussen inheemse soorten, invasieve exoten en overige exoten. Punten geven de gemiddelde waarden weer. De lijnen zijn afzonderlijke GAM smooth curves (k=10). De grijs-wit-grijs zonering geeft de tijdspannes van respectievelijk de T2009, T2015 en T2021 weer.

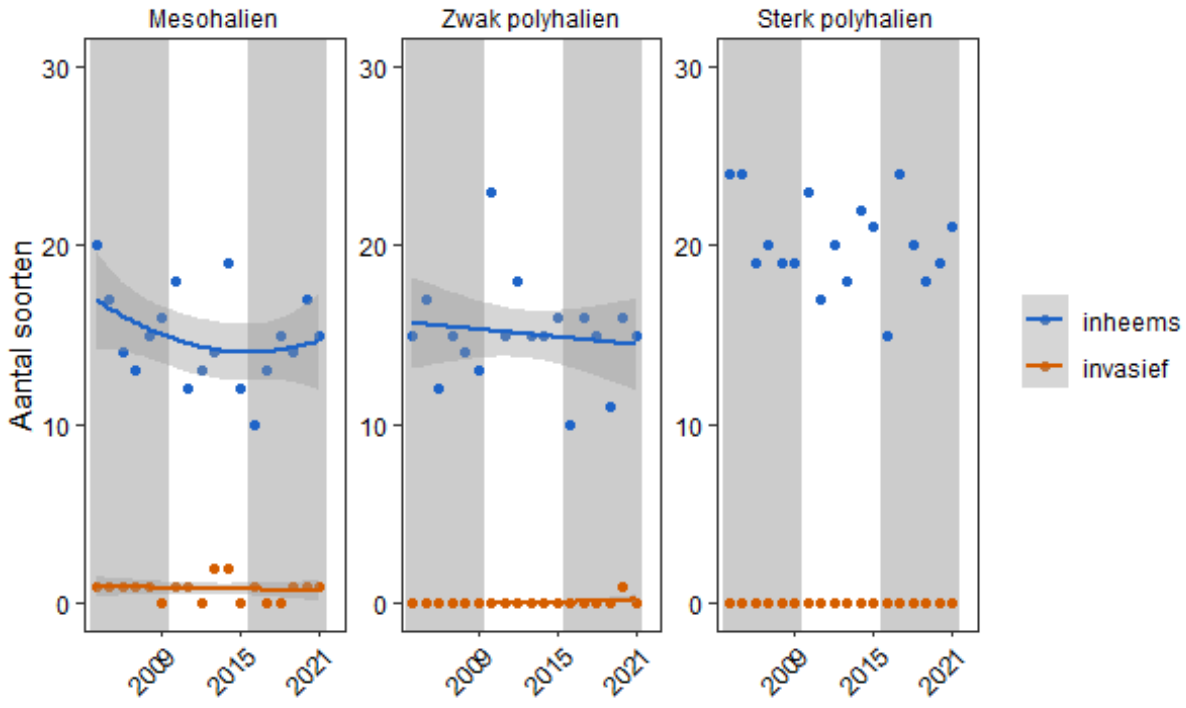
Westerschelde

Westerschelde - Boomkor

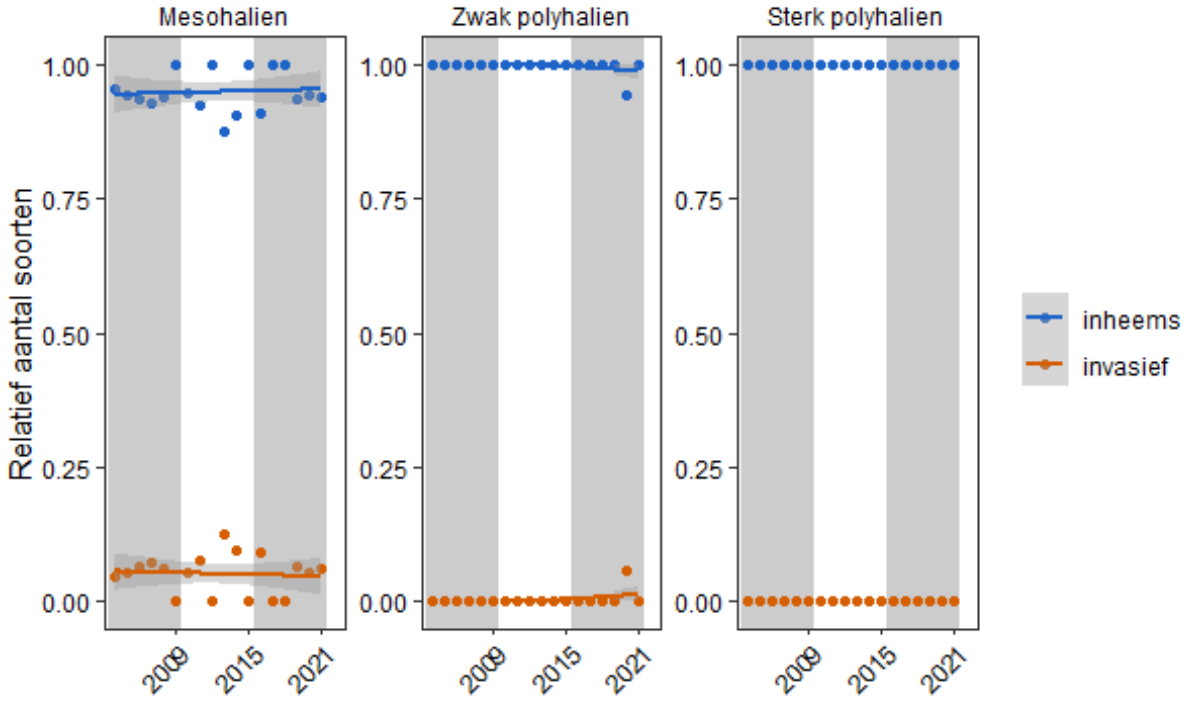
Het aantal invasieve soorten is gestegen voor de zwak polyhaliene zone en gedaald voor de mesohaliene zone (Tabel 7-46).

Tabel 7-46: Aantal invasieve exoten in de boomkorvangsten van vissen voor de verschillende zones in de Westerschelde van het Schelde-estuarium. Gemiddeldes zijn berekend per periode van zes jaar. De beoordeling is negatief (-) indien er geen daling is in 2016-2021 t.o.v. 2010-2015 en positief (+) indien er wel een daling is.

Zone	Groep	2004-2009	2010-2015	2016-2021	review
Mesohalien	invasief	1	2	1	+
Zwak polyhalien	invasief	0	0	1	–
Sterk polyhalien	invasief	0	0	0	–



Figuur 7-90: Gemiddelde jaarlijkse soortenaantallen van boomkorvangsten van vissen voor de verschillende zones in de Westerschelde van het Schelde-estuarium. Een onderscheid wordt gemaakt tussen inheemse soorten, invasieve exoten en overige exoten. Punten geven de gemiddelde waarden weer. De lijnen zijn afzonderlijke GAM smooth curves (k=10). De grijs-wit-grijs zonering geeft de tijdspannes van respectievelijk de T2009, T2015 en T2021 weer.



Figuur 7-91: Gemiddelde jaarlijkse relatieve soortenaantallen van boomkorvangsten van vissen voor de verschillende zones in de Westerschelde van het Schelde-estuarium. Een onderscheid wordt gemaakt tussen inheemse soorten, invasieve exoten en overige exoten. Punten geven de gemiddelde waarden weer. De lijnen zijn afzonderlijke GAM smooth curves (k=10). De grijs-wit-grijs zonering geeft de tijdspannes van respectievelijk de T2009, T2015 en T2021 weer.

Westerschelde - Ankerkuil

Het aantal invasieve soorten is gestegen voor de zwak polyhaliene zone (Tabel 7-47).

Tabel 7-47: Aantal invasieve exoten in de ankerkuilvangsten van vissen voor de verschillende zones in de Westerschelde van het Schelde-estuarium. Gemiddeldes zijn berekend per periode van zes jaar. De beoordeling is negatief (-) indien er geen daling is in 2016-2021 t.o.v. 2010-2015 en positief (+) indien er wel een daling is.

Zone	Groep	2004-2009	2010-2015	2016-2021	review
Mesohalien	invasief	1	1	1	–
Zwak polyhalien	invasief	NA	1	0	+
Sterk polyhalien	invasief	0	0	1	–

7.8. Toetsparameter Vogels

Estuaria zijn vanwege hun voedselrijkdom cruciale habitats voor doortrekkende en overwinterende eenden, ganzen en steltlopers. Daarnaast vormen estuaria door hun dynamiek ook het broedgebied van typische kustbroedvogels, die aangepast zijn aan het broeden in veelal hoogdynamische milieus, waar over het algemeen weinig grondpredatoren aanwezig zijn. Het Schelde-estuarium is een belangrijk gebied voor vogels, waar veel soorten een deel van het jaar of zelfs het hele jaar van afhankelijk zijn (Van der Winden *et al.,* 2017). Veel soorten in het Schelde-estuarium laten echter een afname zien, waarvan de onderliggende oorzaken soms lokaal (o.a. verstoring of verandering voedselaanbod) en soms extern zijn; o.a. effecten klimaatverandering waardoor trekvogels elders overwinteren (Hornman *et al.,* 2022). Vogels worden daarom gezien als belangrijke indicatoren voor het functioneren van een ecosysteem. Voor het duiden van ontwikkelingen in de vogelpopulatie is het van belang om breder te kijken dan alleen naar lokale ontwikkelingen; bijvoorbeeld ook naar die van binnendijkse gebieden en voor trekvogels ook naar ontwikkelingen in vergelijkbare systemen zoals de (Nederlandse) Waddenzee of zelfs op *flyway* niveau. Daarnaast is er spreiding van voorkomen in tijd (seizoenpatronen voor met name trekvogels) en ruimte, waardoor men er ook bedacht op moet zijn dat de ontwikkelingen in de aantallen van de verschillende soorten ook door factoren buiten het Schelde-estuarium kunnen worden bepaald.

Voor broedvogels hebben de laatste decennia ook aanzienlijke veranderingen plaatsgevonden. Langs de Zeeschelde zijn Sigmagebieden gerealiseerd, waardoor de beschikbare oppervlakte estuariene milieus is toegenomen met daarin ook mogelijkheden voor diverse soorten broedvogels. Ook langs de Westerschelde hebben veranderingen plaatsgevonden zoals de realisatie van Waterdunen en de ontpoldering bij Perkpolder. Dit soort ingrepen kan van grote invloed zijn op de beschikbaarheid van geschikte, dynamische milieus voor kustbroedvogels. Bij de interpretatie van de gegevens moet met dit soort ontwikkelingen rekening worden gehouden.

De beoordeling van de Toetsparameter *Vogels* vindt op verschillende manieren plaats:

- Beoordeling ontwikkeling sleutelsoorten. Dit zijn broedvogels en niet-broedvogels met een instandhoudingsdoel voor de Zeeschelde, en broedvogels en niet-broedvogels met een instandhoudingsdoel voor het Natura 2000-gebied Westerschelde & Saeftinghe. De aantallen en ontwikkeling worden vergeleken met het geformuleerde instandhoudingsdoel.
- Met behulp van de standaard-index worden zowel verschuivingen in aantallen van individuele soorten als verschuivingen in de verhoudingen tussen soorten zichtbaar gemaakt. Voor de index wordt alleen gebruik gemaakt van niet-broedvogelsoorten met een instandhoudingsdoel.
- Daarnaast wordt voor deze soorten een trend berekend, waarbij gekeken wordt naar de ontwikkeling op lange termijn (1991-heden) en op korte termijn (de laatste jaren van de evaluatieperiode).

Tevens is het mogelijk om indexcijfers per voedselgroep te berekenen waarbij de gezamenlijke index wordt berekend van vogelsoorten die dezelfde voedselbron benutten. Deze kan gebruikt worden om de ontwikkeling hiervan te vergelijken met de ontwikkeling van de voedselbron die door deze vogelgroep benut wordt. Hierbij kan gedacht worden aan schelpdiereters, wormeneters etc. Deze exercitie zal plaatsvinden in het Evaluatierapport.

Tabel 7-48 geeft een overzicht van de telprogramma's van zowel broed- als niet-broedvogels in Zeeschelde en Westerschelde.

Tabel 7-48: Overzicht van de data van broedvogels en niet-broedvogels die in de Zeeschelde en Westerschelde verzameld worden. De kustbroedvogeldata zijn afkomstig uit het MWTL-programma van RWS, de gegevens van bruine kiekendief en blauwborst zijn afkomstig van vrijwilligers van Het Zeeuwsche Landschap, de niet-broedvogelgegevens worden verzameld in het kader van het MWTL-programma van RWS en bewerkt door Sovon Vogelonderzoek Nederland. De vogelgegevens van de Zeeschelde worden beschikbaar gesteld door het INBO.

Gebied	Groep	Type	Gebieds-dekkend	Kwaliteit	Sinds	Interval
Zeeschelde	Broedvogels met instandhoudingsdoel	Inventarisatie	Nee	±	1995 - heden	Jaarlijks
Zeeschelde	Niet-broedvogels	Laagwatertelling Antwerpen-grens	Ja	+	1991 - heden	maandelijks: aanvankelijk winterhalfjaar vanaf 1993 jaarrond meeuwen vanaf 1999
		Laagwatertelling Gent-Antwerpen	Ja	+	1991-zomer 1991	maandelijks: aanvankelijk winterhalfjaar vanaf 1993 jaarrond meeuwen vanaf 1999
		Laagwatertelling Gent-Antwerpen	Ja	+	zomer 1991 - zomer 2019	Maandelijks: aanvankelijk winterhalfjaar vanaf 1993 jaarrond
		Laagwatertelling Gent-Antwerpen	Ja	+	zomer 2019 - heden	Maandelijks in het winterhalfjaar en in het zomerhalfjaar alleen in juni
		Laagwatertelling Sigmagebieden	Ja	+	1991 - heden	maandelijks alleen winterhalfjaar
Westerschelde	Kustbroedvogels	Inventarisatie	Ja	+	1979 - heden	Jaarlijks
	bruine kiekendief	Inventarisatie	Ja	+	1991 - heden	Bijna jaarlijks
	blauwborst	Inventarisatie	Ja	+	1997 - heden	interval 6-9 jaar
Westerschelde	Niet-broedvogels	Hoogwatertelling	Ja	+	1978 - 2013	Maandelijks: meeuwen alleen in januari
Westerschelde	Niet-broedvogels	Hoogwatertelling	Nee	±	2013 - heden	Maandelijks: in maart, april, juni, juli, september en oktober alleen steekrpoef Meeuwen in januari, vanaf 2017 volledig

7.8.1. Sleutelsoorten/groepen

Sleutelsoorten zijn broedvogels en niet-broedvogels waarvoor een instandhoudingsdoel (IHD) is geformuleerd voor het Natura 2000-gebied Zeeschelde + zijrivieren of het Natura 2000-gebied Westerschelde & Saeftinghe. Hieronder worden deze groepen op niveau 2 (Zeeschelde en Westerschelde) besproken.

7.8.1.1. Sleutelsoorten broedvogels Zeeschelde

Data

Het volgende datafiche wordt gebruikt voor het analyseren van de rekenparameter *Sleutelsoorten broedvogels Zeeschelde*:

- S-DS-V-006 – Broedvogels

Tabel 7-48 geeft een overzicht van de beschikbare gegevens. Overzichten van broedvogelgegevens uit de gebieden langs de Zeeschelde zijn in de MONEOS-rapportages van het INBO opgenomen. Oudere gegevens zijn afkomstig uit verslagen en de Broedvogeldatabank. Recente gegevens zijn afkomstig uit diverse bronnen en uit onderzoek van het INBO. Voor een aantal soorten worden waarnemingen uit waarnemingen.be geïnterpreteerd volgens de criteria in Van Dijk & Boele (2011) en in het overzicht opgenomen (Van Ryckegem *et al*., 2020).

Definitie

Voor de Zeeschelde werden initieel IHD's afgeleid, die een veel ruimer gebied omvatten dan enkel het buitendijkse estuariene deel dat binnen deze Evaluatiemethodiek wordt gehanteerd. Zo werden IHD's geformuleerd voor soorten die weinig of geen relatie hebben met het estuariene functioneren. In overleg met gebiedsdeskundigen (INBO) zijn naast kluut en tureluur, die een duidelijke binding hebben met het estuariene deel, een aantal minder zeldzame soorten als blauwborst, dodaars, rietzanger, slobeend en zomertaling geselecteerd, die een duidelijke binding hebben met de moerasgebieden langs de estuariene delen van de Zeeschelde, die met name in de Sigmagebieden te vinden zijn. Daarnaast is ook de scholekster geselecteerd, die een binding heeft met zowel het estuariene gebied als met de aanwezige graslandgebieden. Hiervoor zijn de instandhoudingsdoelen genoemd in Van Ryckegem *et al.* (2020) overgenomen. Voor het doen van uitspraken is de inventarisatie van kluut en tureluur en vermoedelijk ook zomertaling voldoende betrouwbaar. Voor de andere soorten is vooral de trend in de goed geïnventariseerde gebieden belangrijk, aangezien een gebiedsdekkende monitoring van de laatste soorten niet haalbaar is (mond. med. G. Van Ryckegem, INBO).

Methodiek

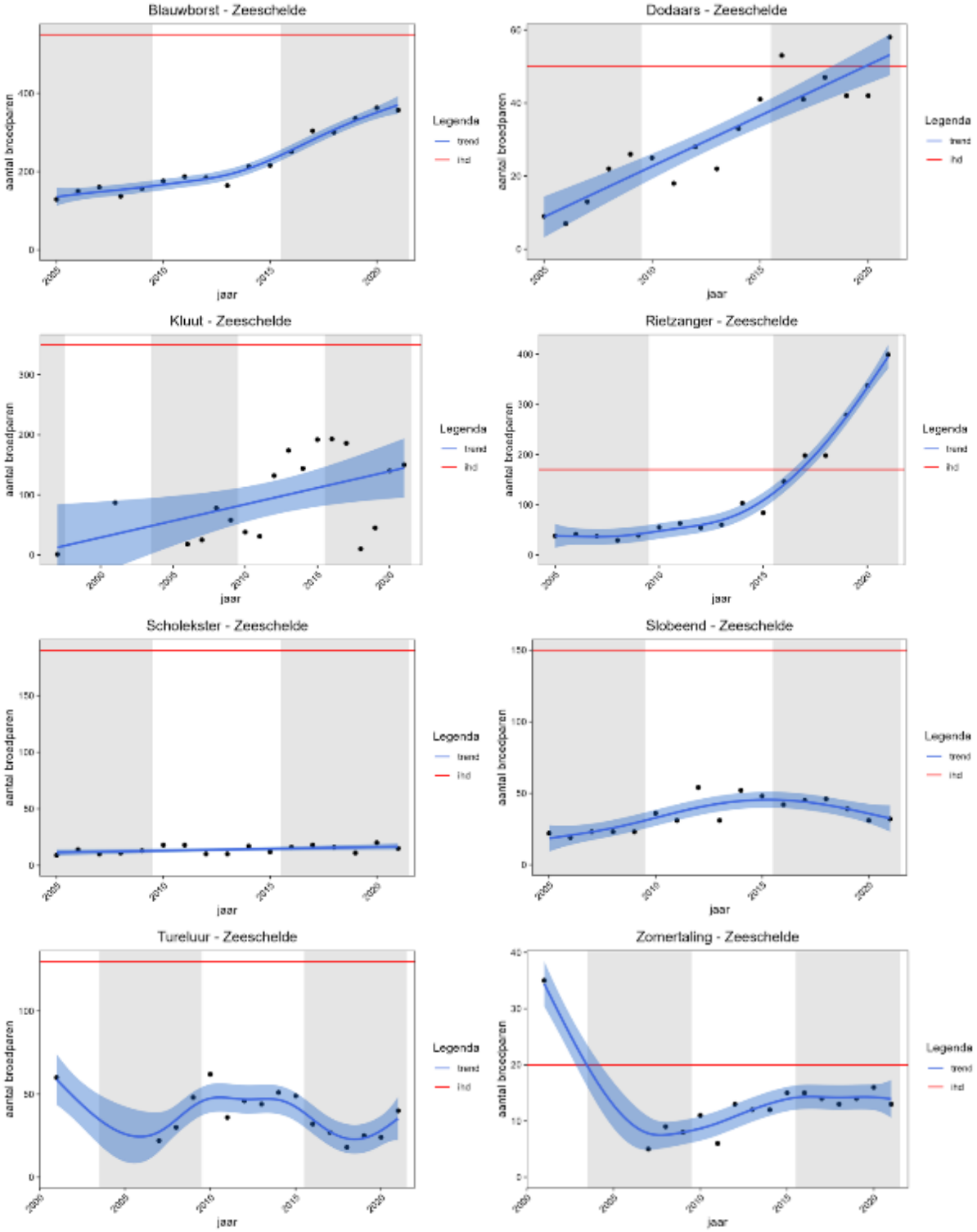
De vergelijking van de aantallen broedvogels van een soort met het instandhoudingsdoel (Tabel 7-49) vindt jaarlijks plaats. Er is sprake van een positieve evaluatie wanneer door alle soorten in drie van de zes jaren het instandhoudingsdoel wordt bereikt. Wanneer twee of meer soorten in minder dan drie jaren de streefdoelen behalen, volgt een negatieve evaluatie. De beoordeling wordt uitgevoerd op de schaal van de Zeeschelde (niveau 2). Er is voor de Zeeschelde ook sprake van een positieve beoordeling voor een soort wanneer de aantallen niet worden gehaald, maar er wel een positieve trend is.

Tabel 7-49: Sleutelsoorten broedvogels met criteria voor het aantal broedparen in de Zeeschelde (niveau 2). De criteria zijn ontleend aan Van Ryckegem et al. (2021). Hierbij is onderscheid gemaakt tussen estuariene soorten en de overige soorten, die meer aan moeras gebonden zijn.

Soort	Estuariene soorten	Overige soorten
Blauwborst		550
Dodaars		50
Kluut	350	
Rietzanger		170
Scholekster		190
Slobeend		150
Tureluur	160	
Zomertaling		20

Analyse

Figuur 7-92 laat de ontwikkeling zien van de broedvogels met een IHD voor de Zeeschelde. Blauwborst, dodaars, rietzanger en kluut laten een toenemende trend zien, waarbij de rietzanger in de periode van de T2021 in de meeste jaren boven zijn instandhoudingsdoel zit, de dodaars in enkele jaren en de overige soorten er altijd beneden. De ontwikkeling van de overige soorten is stabiel of negatief.



Figuur 7-92: Ontwikkeling van het aantal broedparen van soorten met een instandhoudingsdoel voor de Zeeschelde. De rode lijn geeft het instandhoudingsdoel weer.

Tabel 7-50 geeft een overzicht van de ontwikkeling van broedvogels met een instandhoudingsdoel in de Zeeschelde met de bijbehorende beoordeling. Alleen de rietzanger blijkt in minstens drie van de zes jaar het instandhoudingsdoel te overschrijden, terwijl voor de dodaars dit in twee van de zes jaren het geval is. De overige soorten zitten alle jaren beneden het instandhoudingsdoel.
Zoals hiervoor al is aangegeven blijkt de trend van blauwborst, dodaars, kluut en rietzanger positief te zijn. Slobeend en zomertaling hebben een negatieve trend en die van scholekster en tureluur is neutraal. Dit betekent dat ook blauwborst, dodaars en kluut op grond van hun trend een positieve eindbeoordeling krijgen. Als groep krijgen de broedvogels van de Zeeschelde echter een negatieve evaluatie, omdat meer dan twee soorten geen positieve evaluatie krijgen.

Tabel 7-50: Overzicht van de aantallen broedvogels met een instandhoudingsdoel (IHD) voor de Zeeschelde in de periode 2016-2021. Tevens is aangegeven of op basis van het aantal broedparen (in drie van de zes jaren boven het IHD) de beoordeling positief (groen) of negatief (rood) is. Tevens is de trend aangegeven (= = stijgend, 0 = neutraal, - = is negatief). Ook soorten met een stijgende trend krijgen een positieve eindbeoordeling.

Soort	ihd	2016	2017	2018	2019	2020	2021	op basis aantal broedvogels	trend lange termijn	soort eind-beoordeling
Blauwborst	550	251	304	300	335	363	357		+	
Dodaars	50	53	41	47	42	42	58		+	
Kluut	350	193	186	8	43	140	150		+	
Rietzanger	170	146	198	198	279	337	399		+	
Scholekster	190	16	18	16	11	20	15		0	
Slobeend	150	42	45	46	39	31	32		-	
Tureluur	60	32	27	18	25	24	40		-	
Zomertaling	20	15	14	13	14	15	13		0	
Eindbeoordeling totaal										

7.8.1.2. Sleutelsoorten broedvogels Westerschelde

Data

Het volgende datafiche wordt gebruikt voor het analyseren van de rekenparameter *Sleutelsoorten broedvogels Westerschelde*:

- S-DS-N-006 – Kustbroedvogels

De volgende gegevensreeksen werden geselecteerd voor de periodieke gegevens:

- Netwerk Ecologische Monitoring (Sovon, RWS, CBS, provincies) Kustbroedvogels met instandhoudingsdoel, bruine kiekendief.
- MWTL kustbroedvogelinventarisatie Westerschelde (RWS)
- Broedvogelonderzoek In Het Verdronken Land van Saeftinghe 2018 (Stichting Het Zeeuwse Landschap) blauwborst.

Tabel 7-48 geeft een overzicht van de beschikbare gegevens.

Definitie

Het Natura 2000-gebied *Westerschelde & Saeftinghe* is aangewezen voor negen soorten broedvogels. Het betreft zeven soorten kustbroedvogels (bontbekplevier, dwergstern, grote stern, kluut, strandplevier, visdief en zwartkopmeeuw), die een IHD voor de gehele Delta hebben (regiodoel). In het Beheerplan Westerschelde & Saeftinghe (Ministerie I&M, 2016) zijn op basis van de regiodoelstellingen

minimale doelaantallen geformuleerd, die gebaseerd zijn op de aantallen broedparen geteld in de periode 2007-2011 in het Natura 2000-gebied Westerschelde & Saeftinghe (Ministerie van I&M, 2016). Daarnaast is dit Natura 2000-gebied aangewezen voor de bruine kiekendief en de blauwborst, die meer in rietvelden op het brakke hoge schor voorkomen. Voor deze vogelsoorten zijn instandhoudingsdoelen (IHD's) opgesteld (Tabel 7-51, Ministerie van LNV, 2009).

Tabel 7-51: Sleutelsoorten broedvogels Westerschelde met het minimum doelaantal (kustbroedvogels) of het instandhoudingsdoel (overige soorten). Minimum doelaantal is de minimale bijdrage van het Natura 2000-gebied Westerschelde & Saeftinghe om het regiodoel voor de Deltagebied te realiseren.

Soort	Minimaal doelaantal	Soort	Instandhoudingsdoel
Bontbekplevier	28	Blauwborst	450
Dwergstern	226	Bruine kiekendief	20
Grote stern	3.866		
Kluut	203		
Strandplevier	23		
Visdief	1.410		
Zwartkopmeeuw	419		

Methodiek

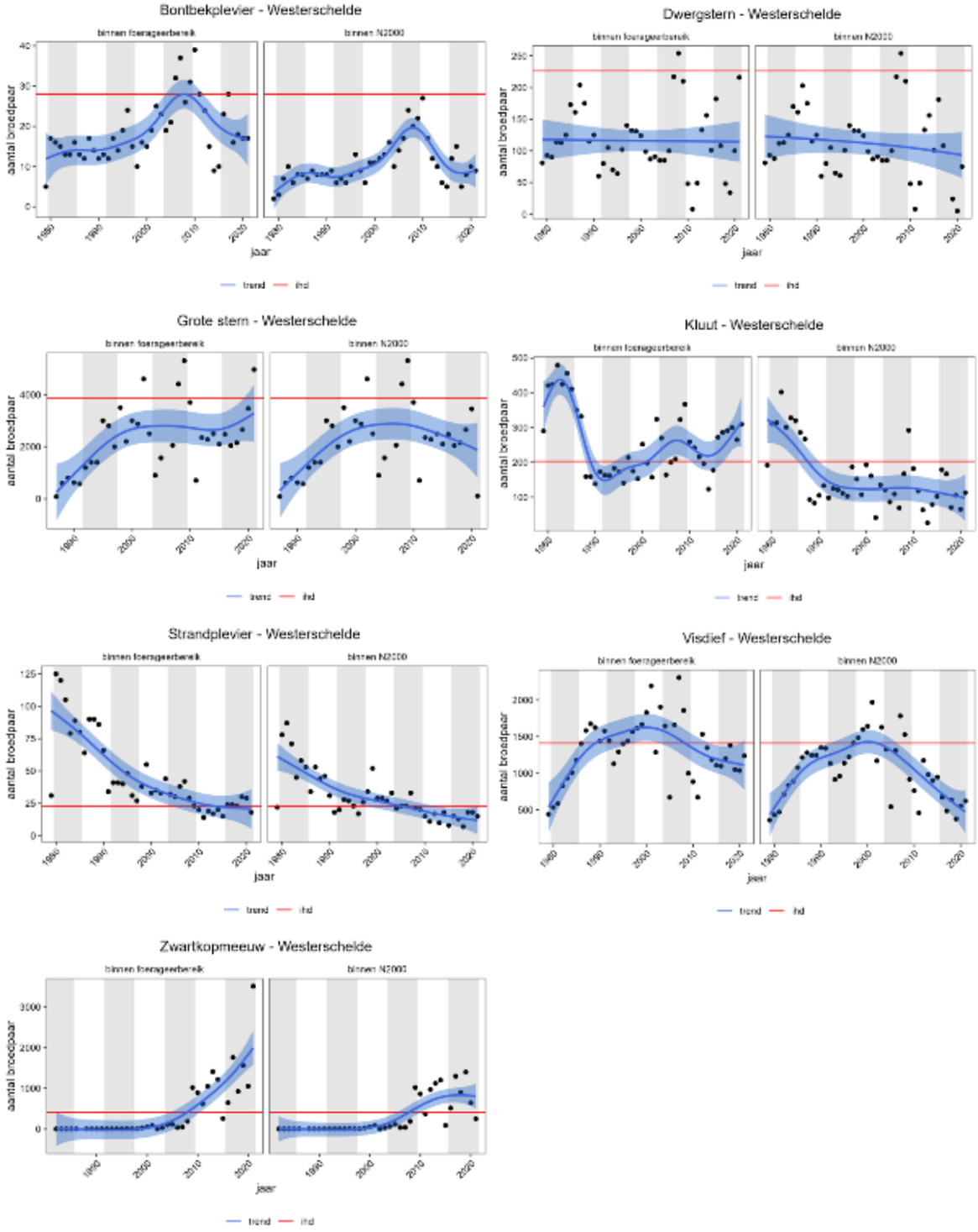
Er wordt jaarlijks een vergelijking uitgevoerd van de aantallen kustbroedvogels en de minimum doelaantallen. Voor de bruine kiekendief wordt het aantal broedvogels vergeleken met het instand-houdingsdoel. Het belangrijkste gebied voor de blauwborst, Saeftinghe, wordt slechts één keer in de 6-9 jaar geïnventariseerd, zodat voor deze soort geen jaarlijkse gegevens beschikbaar zijn. Er is sprake van een positieve evaluatie wanneer voor alle soorten in drie van de zes jaar de minimum doelaantallen of het instandhoudingsdoel worden bereikt. Wanneer twee of meer soorten in minder dan drie jaren de minimum doelaantallen of het instandhoudingsdoel behalen, volgt een negatieve evaluatie.

Voor de instandhoudingsdoelen ten aanzien van kustbroedvogels in het Natura 2000-gebied Westerschelde & Saeftinghe geldt dat alleen vogels die broeden binnen de begrenzing van het Natura 2000-gebied Westerschelde & Saeftinghe mogen worden meegeteld (mond. med. D. Bal, Ministerie LNV). Het natuurontwikkelingsgebied Waterdunen, dat binnendijks ligt en waar een gedempt zout getij aanwezig is, valt op dit moment buiten de begrenzing van het Natura 2000-gebied. Dit gebied is zeer aantrekkelijk voor kustbroedvogels en een groot deel van de dwergsterns en grote sterns, die oorspronkelijk op de Hooge Platen broedden, zijn hier vanaf 2021 tot broeden gekomen. Ook een deel van de visdieven is naar dit gebied uitgeweken. Aangezien voor deze sterns de Westerschelde nog steeds het belangrijkste foerageergebied is, is nog steeds sprake van een functionele relatie met de Westerschelde, terwijl volgens de Natura 2000-definitie deze vogels niet bij het Natura 2000-gebied mogen worden gerekend.
Er vinden dan ook twee berekeningen plaats. Bij de eerste berekening wordt de begrenzing van het Natura 2000-gebied aangehouden (enge begrenzing), terwijl bij de tweede berekening ook de aangeleverde gegevens van gebieden buiten de begrenzing van het Natura 2000-gebied worden meegenomen, waarvan de broedvogels in de Westerschelde foerageren (ruime begrenzing). De broedvogels van het Zwin, bij Westerschouwen en langs de Veerse Dam zijn buiten beschouwing gelaten.

Analyse

De ontwikkeling van de verschillende kustbroedvogelsoorten in het Natura 2000-gebied Westerschelde & Saeftinghe staat weergegeven in Figuur 7-93. Conform de definitie voor Natura 2000-gebieden dient

een broedlocatie binnen de begrenzing van het Natura 2000-gebied te liggen. Anders mag hij niet meegerekend worden.



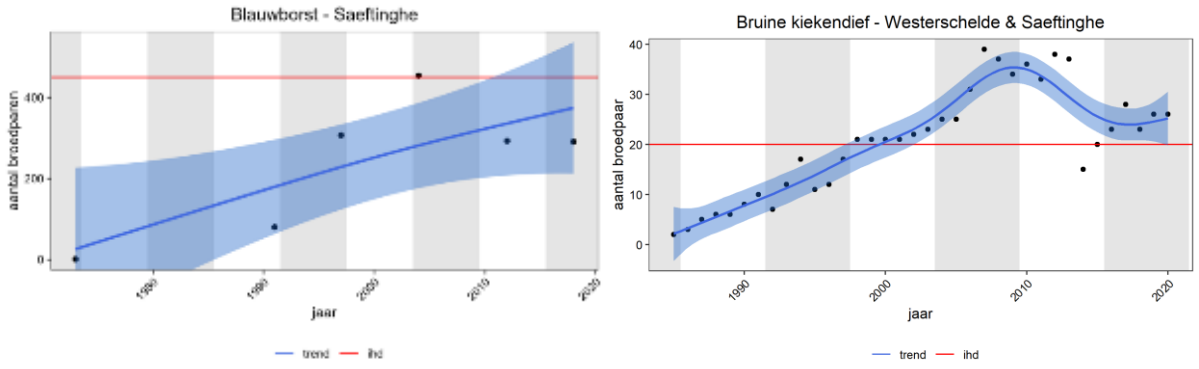
Figuur 7-93: Ontwikkeling van de aantallen kustbroedvogels in en rond het Natura 2000-gebied Westerschelde & Saeftinghe (links) en alleen binnen de begrenzing van het Natura 2000-gebied Westerschelde & Saeftinghe (rechts). De rode lijn geeft het minimum doelaantal voor de soort weer.

Met de aanleg van Waterdunen zijn veel kustbroedvogels gebruik gaan maken van dit gebied. Formeel broeden ze niet in het Natura 2000-gebied, maar zeker de sterns maken gebruik van het Natura 2000-gebied om te foerageren. Dit geldt bijvoorbeeld ook voor kustbroedvogels in de haven van Terneuzen. De soorten hebben dus wel een ecologische relatie met de Westerschelde. In Figuur 7-93 worden dan ook per soort twee deelfiguren gepresenteerd, waarbij het rechter figuur de broedvogels binnen de begrenzing van het Natura 2000-gebied aangeeft en het linker figuur de broedvogels die van de Westerschelde gebruik maken, maar soms buiten de begrenzing hun broedlocatie hebben.

In grote lijnen bevinden de aantallen van de meeste soorten kustbroedvogels zich beneden hun instandhoudingsdoel. Dit geldt zowel voor het Natura 2000-gebied als voor de ruimere begrenzing. Binnen het Natura 2000-gebied bereikt alleen de zwartkopmeeuw in de meeste jaren zijn instandhoudingsdoel, terwijl strandplevier en kluut dit alleen halen wanneer een ruimere omgeving wordt gehanteerd. Bontbekplevier, dwergstern, grote stern en visdief bevinden zich in de periode van de T2021 gemiddeld altijd onder hun instandhoudingsdoel. Aangezien Natura 2000-gebieden zijn aangewezen vanwege het voorkomen van belangrijke aantallen broedvogelsoorten binnen hun begrenzing, haalt alleen de zwartkopmeeuw het instandhoudingsdoel.

Voor de blauwborst is Saeftinghe verreweg het belangrijkste gebied. De aantallen in Figuur 7-94 hebben dan ook betrekking op de aantallen in Saeftinghe. Dit gebied wordt één keer in de 6-9 jaar geïnventariseerd, zodat het aantal data beperkt is. In het westelijke deel van de Westerschelde komen hooguit enkel tientallen broedparen voor (Meininger 2022), zodat het beeld een kleine onderschatting geeft, maar het instandhoudingsdoel van de blauwborst in de Westerschelde wordt niet gehaald. De soort wordt negatief geëvalueerd.

Van de bruine kiekendief zijn na 2015 in totaal zes tellingen beschikbaar. In alle jaren ligt het aantal broedparen boven het instandhoudingsdoel. De bruine kiekendief wordt dan ook positief geëvalueerd. Op basis van de begrenzing van het Natura 2000-gebied Westerschelde & Saeftinghe worden alleen de zwartkopmeeuw en de bruine kiekendief positief geëvalueerd, zodat de broedvogels met een instandhoudingsdoel/minimum doelaantal voor de Westerschelde in hun totaliteit negatief worden geëvalueerd. Tabel 7-52 geeft een overzicht van de aantallen broedvogels met een instandhoudingsdoel binnen de nauwe begrenzing van het Natura 2000-gebied.



Figuur 7-94: Ontwikkeling van de aantallen moerasvogels (blauwborst en bruine kiekendief) binnen de begrenzing van het Natura 2000-gebied Westerschelde & Saeftinghe. De rode lijn geeft het instandhoudingsdoel voor de soort weer.

Tabel 7-52: Vergelijking van de aantallen broedvogelsoorten binnen de begrenzing van het Natura 2000-gebied Westerschelde & Saeftinghe met de instandhoudingsdoelstellingen/minimum doelaantallen genoemd in het Beheerplan. Getallen tussen haakjes betreffen onvolledige tellingen. Groen = positieve evaluatie en rood = negatieve evaluatie. De aantallen zijn ontleend aan www.sovon.nl (Netwerk Ecologische Monitoring (Sovon, RWS, CBS, provincies).

Soort	ihd	2016	2017	2018	2019	2020	2021	beoordeling
Blauwborst	450	?	[340]	?	?	?	?	
Bontbekplevier	28	14	19	8	9	5	7	
Bruine kiekendief	20	[23]	[28]	[23]	[26]	[26]	[24]	
Dwergstern	226	181	108	0	24	5	75	
Grote stern	3.866	2.472	2.045	2.151	2.650	3.450	110	
Kluut	203	198	200	104	194	92	98	
Strandplevier	23	19	14	9	24	19	12	
Visdief	1.410	854	652	680	408	555	636	
Zwartkopmeeuw	419	516	1.305	902	1.402	647	269	

In 2021 is Waterdunen gereedgekomen en dit had een sterk aantrekkende werking op kustbroedvogels, maar ook al in de jaren ervoor maakten sommige kustbroedvogels al gebruik van het gebied, met name plevieren. Dwergstern en grote stern verhuisden in grote getalen van de Hooge Platen naar Waterdunen, waardoor ze als broedvogel buiten de begrenzing van het Natura 2000-gebied vielen. Ook zwartkopmeeuw en visdief verhuisden deels naar Waterdunen (Tabel 7-53). In Tabel 7-54 worden de aantallen kustbroedvogels binnen de ruime begrenzing van het Natura 2000-gebied aangegeven. Zowel kluut als strandplevier voldoen dan aan het gewenste aantal van het instandhoudingsdoel, terwijl dit voor bontbekplevier en grote stern voor een enkel jaar geldt.

Tabel 7-53: Overzicht van het aantal broedparen kustbroedvogels binnen de begrenzing van het Natura 2000-gebied Westerschelde & Saeftinghe en in Waterdunen in 2021 (Lilipaly & Sluijter 2022).

Soort	Westerschelde	Waterdunen	Soort	Westerschelde	Waterdunen
Bontbekplevier	7	2	Strandplevier	12	3
Dwergstern	75	141	Visdief	636	263
Grote stern	110	4.850	Zwartkopmeeuw	269	3.190
Kluut	98	29			

Tabel 7-54: Vergelijking van de aantallen kustbroedvogelsoorten binnen de ruime begrenzing van het Natura 2000-gebied Westerschelde & Saeftinghe met de instandhoudingsdoelstellingen/minimum doelaantallen genoemd in het Beheerplan. Groen = positieve evaluatie en rood = negatieve evaluatie. De ruime begrenzing omvat meer dan het Natura 2000-gebied en Waterdunen, zodat de aantallen voor enkele soorten hoger zijn dan de in tabel 7-18 genoemde aantallen.

		Natura 2000 ruime begrenzing						
Soort	ihd	2016	2017	2018	2019	2020	2021	beoordeling
Bontbekplevier	28	23	28	16	18	17	17	
Dwergstern	226	182	108	48	34	100	216	
Grote stern	3.866	2.472	2.045	2.151	2.650	3.465	4.960	
Kluut	203	272	286	291	300	265	310	
Strandplevier	23	24	24	23	30	29	18	
Visdief	1.410	1.099	1.199	1.382	1.052	1.039	1.239	
Zwartkopmeeuw	419	646	1.758	926	1.565	1.055	3.512	

Dit laat zien dat met natuurontwikkelingsprojecten de aantallen kustbroedvogels zowel versterkt kunnen worden door maatregelen binnen de begrenzing van het gebied als juist kunnen afnemen wanneer de maatregelen net buiten de begrenzing van het gebied worden genomen. In het geval van Waterdunen geldt dat de broedvogels buiten het Natura 2000-gebied broeden (en dus niet worden meegeteld), terwijl een deel van de vogels, met name sterns, nog steeds het Natura 2000-gebied gebruiken om te foerageren.

7.8.1.3. Sleutelsoorten niet-broedvogels Zeeschelde

Data

De volgende datafiches worden gebruikt voor het analyseren van de rekenparameter Sleutelsoorten niet-broedvogels Zeeschelde:

- S-DS-V-007– Laagwatertellingen
- S-DS-V-007b – Vogeltellingen zijrivieren

De volgende gegevensreeksen werden geselecteerd voor de periodieke gegevens:

- MONEOS watervogeltellingen (INBO)

Tabel 7-48 geeft een overzicht van de beschikbare gegevens.

Definitie

Voor de estuariene gebieden van de Zeeschelde en zijrivieren (*Rupel*, *Durme*, *Dijle* en *Zenne*) zijn instandhoudingsdoelen geformuleerd voor niet-broedvogels in het aanwijzingsbesluit. Deze zijn gebaseerd op gemiddelde aantallen uit gedefinieerde perioden voor elke soort. In het aanwijsbesluit zelf worden geen aantallen genoemd. De rapportage beperkt zich tot pijlstaart, wintertaling, krakeend, tafeleend en bergeend. De andere soorten zijn kleine zwaan, slobeend en kokmeeuw, maar deze soorten hebben een minder sterke connectie met de estuariene habitats (Van Ryckegem *et al.,* 2022).

Uit de periode 1991-heden zijn gegevens beschikbaar. Door Van Ryckegem *et al*. (2022) wordt voor de sleutelsoorten niet-broedvogels de periode 2009-heden als een stabiele periode beschouwd, omdat de grote aantalsveranderingen voor die tijd hebben plaatsgevonden. Er wordt in deze rapportage een trend berekend voor de periode 1991 – heden en voor de periode 2009 – heden. Dit is afwijkend van de methode beschreven in de Evaluatiemethodiek, waar aangegeven wordt dat de laatste zes jaren geëvalueerd moeten worden.

Methodiek

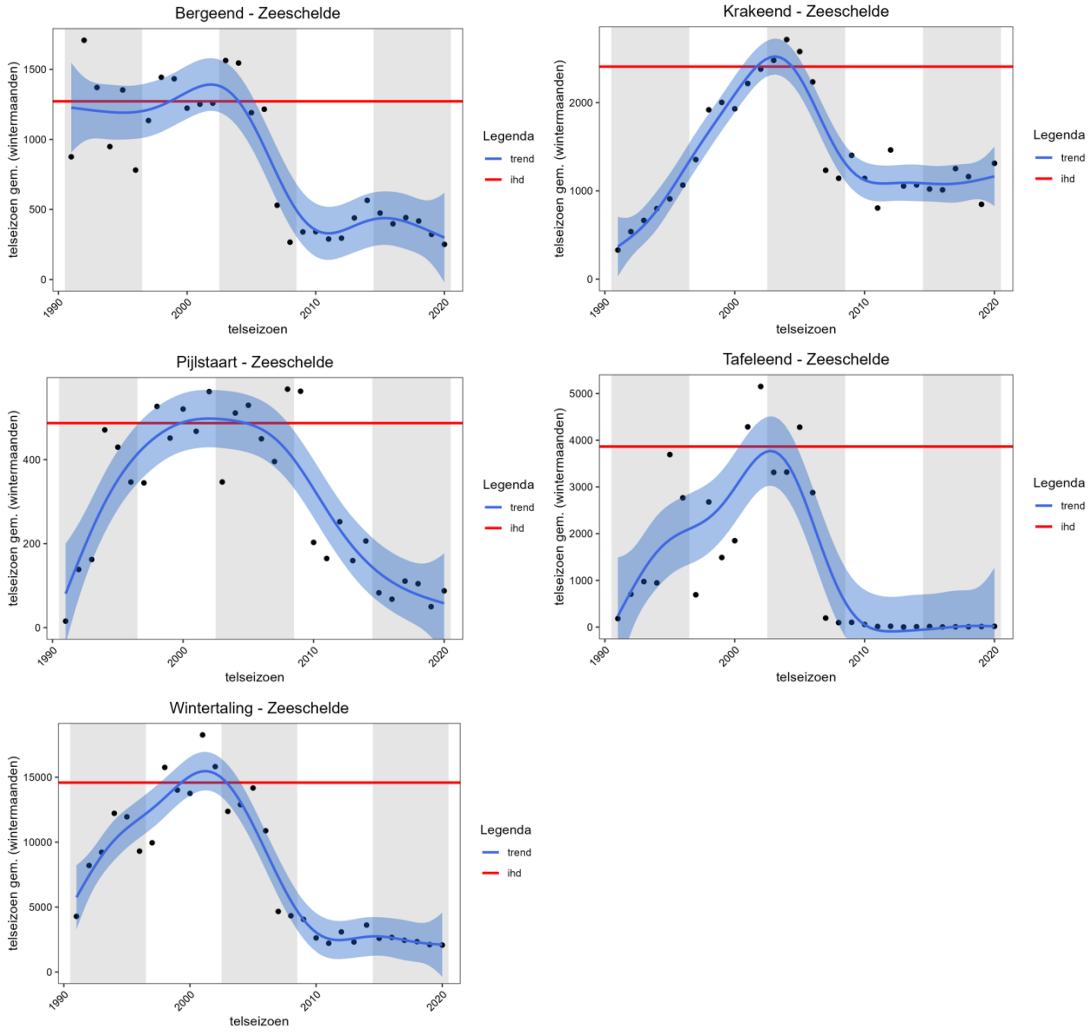
In het aanwijzingsbesluit voor de Zeeschelde en zijrivieren zijn geen aantallen niet-broedvogels gedefinieerd maar is de berekeningswijze aangegeven. Door Van Ryckegem *et al*. (2022) zijn conform de aangegeven berekeningswijze instandhoudingsdoelen op basis van het winterhalfjaargemiddelde berekend (Tabel 7-55). Deze waarden worden ook in dit rapport gehanteerd.
Voor vijf sleutelsoorten zijn de winterhalfjaargemiddelden berekend. In de periode van de T2021 (seizoen 2015/2016 – 2020/2021) dienen per soort in drie van de zes te evalueren seizoenen de aantallen te voldoen aan het IHD.

Tabel 7-55: Instandhoudingsdoelen van niet-broedvogels waarvoor de Zeeschelde+zijrivieren is aangewezen. De waarden van het instandhoudingsdoel zijn ontleend aan Van Ryckegem et al. (2022).

Soort	Instandhoudingsdoel
Bergeend	1.272
Krakeend	2.408
Pijlstaart	487
Tafeleend	3.864
Wintertaling	14.584

Analyse

Alle soorten met een instandhoudingsdoel laten een vergelijkbaar patroon zien. Tussen 1998-2005 zitten alle soorten op of boven hun instandhoudingsdoel om vervolgens sterk in aantal af te nemen tot ongeveer 2010 waarna een stabilisatie volgt (Figuur 7-95). Alleen bij de pijlstaart vindt de afname wat minder snel plaats, maar in tegenstelling tot de overige soorten is er (nog) geen sprake van stabilisatie.



Figuur 7-95: Aantalsverloop van niet-broedvogels met een instandhoudingsdoel (rode lijn) in de Zeeschelde.

Uit de periode 2015-2021 zijn zes winterhalfjaargemiddelden beschikbaar. Alle soorten zitten in deze periode ver onder hun instandhoudingsdoel. Tabel 7-56 vat dit samen. De niet-broedvogels in de Zeeschelde worden dan ook negatief geëvalueerd.

Tabel 7-56: Overzicht van het winterhalfjaargemiddelde van de niet-broedvogelsoorten met een instandhoudingsdoel (IHD) in de Zeeschelde. Rood = negatieve evaluatie, groen = positieve evaluatie.

Soort	ihd	2015/16	2016/17	2017/18	2018/19	2019/20	2020/21	Beoordeling
Bergeend	1.272	474	398	442	418	322	251	
Krakeend	2.408	1.021	1.012	1.252	1.162	848	1.312	
Pijlstaart	487	83	68	111	105	50	88	
Tafeleend	3.864	13	4	8	9	13	17	
Wintertaling	14.584	2.598	2.667	2.443	2.337	2.112	2.077	

Wanneer de trends op lange termijn en de korte termijn per niet-broedvogelsoort met een instandhoudingsdoel in de Zeeschelde worden berekend (tabel 7-22) blijkt geen enkele soort op lange noch op korte termijn een positieve trend te hebben. De trends moeten dan ook negatief geëvalueerd worden.

Tabel 7-57: Overzicht per niet-broedvogelsoort met een instandhoudingsdoel (IHD) van de trend op lange en korte termijn. -- = significante sterke afname van >5% per jaar, - = significante matige afname van <5% per jaar, 0 = stabiel, geen significante trend, ~ = onzeker, geen trend aantoonbaar.

Soort	IHD	Trend vanaf 1991	Trend vanaf 2009
Bergeend	1.272	-	~
Krakeend	2.408	0	0
Pijlstaart	487	~	--
Tafeleend	3.864	~	~
Wintertaling	14.584	-	-

7.8.1.4. Sleutelsoorten niet-broedvogels Westerschelde

Data

Het volgende datafiche wordt gebruikt voor het analyseren van de rekenparameter Sleutelsoorten niet-broedvogels Westerschelde:

- S-DS-N-007 – Hoogwatertellingen

De volgende gegevensreeksen werden geselecteerd voor de periodieke gegevens:

- MWTL watervogeltellingen Westerschelde (RWS)
- SOVON bewerkte watervogeltellingen MWTL

Tabel 7-48 geeft een overzicht van de beschikbare gegevens.

Definitie

Het Natura 2000-gebied Westerschelde & Saeftinghe is aangewezen voor een aantal niet-broedvogel-soorten. Voor deze vogelsoorten zijn instandhoudingsdoelen (IHD's) opgesteld (Tabel 7-58, Ministerie van LNV, 2009). De soorten niet-broedvogels met een instandhoudingsdoel zijn sleutelsoorten.

Tabel 7-58: Instandhoudingsdoelstellingen (IHD's) voor niet-broedvogelsoorten Natura 2000-gebied Westerschelde & Saeftinghe (bron: Ministerie van Infrastructuur en Milieu, 2016).

Soort	IHD	Soort	IHD	Soort	IHD
bergeend	4.500	kluut	540	steenloper	230
Bontbekplevier	430	kolgans	380	strandplevier	80
bonte strandloper	15.100	krakeend	20	tureluur	1.100
Drieteenstrandloper	1.000	lepelaar	30	wilde eend	11.700
fuut	100	middelste zaagbek	30	wintertaling	1.100
goudplevier	1.600	pijlstaart	1.400	wulp	2.500
grauwe gans	16.600	rosse grutto	1.200	zeearend*	2
groenpootruiter	90	scholekster	7.500	zilverplevier	1.500
kanoet	600	slechtvalk*	8	zwarte ruiter	270
kievit	4.100	slobeend	70		
kleine zilverreiger	40	smient	16.600		

* behoudsdoelstelling in de vorm van een jaarmaximum.

In de Evaluatiemethodiek (Schelde in Beeld, 2022) wordt aangegeven dat er evaluatie van de trend op zowel korte als lange termijn dient plaats te vinden. Als lange termijn wordt genoemd de periode 1991 – heden en als korte termijn de laatste zes jaren uit de evaluatiemethode. Een trend over een korte periode berekenen geeft een groter onbetrouwbaarheidsinterval. Door Sovon wordt voor de niet-broedvogelsoorten met een instandhoudingsdoel een korte en lange termijn trend berekend, waarbij de korte termijn trend de periode 2009 – heden beslaat. De beoordeling van de trends door Sovon sluit aan bij de beoordeling van trends die plaatsvinden voor de monitoringsprojecten in het kader van het Netwerk Ecologische Monitoring. Door deze beoordeling toe te passen is er een onafhankelijke statistische beoordeling van het verloop van de trends. Bovendien sluit dit goed aan bij de stabiele periode van de soorten met een instandhoudingsdoel voor de Zeeschelde (2009-heden, Van Ryckegem *et al*., 2022)

Methodiek

Voor de sleutelsoorten van de Westerschelde kunnen vanaf 2013 niet de daadwerkelijk met hoogwater getelde vogelaantallen gebruikt worden, omdat in maart, april, juni, juli, september en oktober alleen in steekproefgebieden geteld wordt. In de overige maanden wordt wel de gehele Westerschelde geteld. De telling omvat zowel de Westerschelde zelf (begrenzing Natura 2000-gebied) als de aangrenzende gebieden. De aantallen van vogels die in de Westerschelde foerageren maar daarbuiten op hoogwatervluchtplaatsen overtijen worden "overgeheveld" naar de Westerschelde, omdat ze hiervan ecologisch gezien afhankelijk zijn. Sovon Vogelonderzoek Nederland berekent op basis van de verzamelde gegevens via imputing gecorrigeerde gegevens op telvakniveau voor de gehele Westerschelde. Deze gegevens komen met een vertraging van 1,5-2 jaar beschikbaar. Op basis van de geïmpute gegevens worden per vogelsoort de seizoengemiddelden berekend van de seizoenen 2015/2016 – 2020/2021.
In de Evaluatiemethodiek wordt aangegeven dat in drie van de zes te evalueren seizoenen de aantallen dienen te voldoen aan de IHD, voordat sprake is van een positieve evaluatie voor een soort. Voor een positieve evaluatie van de niet-broedvogels van de Westerschelde mogen maximaal twee soorten een negatieve evaluatie hebben.

Voor de trends worden de trends overgenomen van https://stats.sovon.nl/stats/gebied/1000122. Per soort is sprake van een positieve evaluatie indien zowel de lange als de korte termijn trend niet negatief is. Voor een positieve evaluatie van de trend niet-broedvogels Westerschelde mogen maximaal twee soorten een negatieve evaluatie hebben.

Analyse

De figuren van de aantalsontwikkeling van de niet-broedvogelsoorten met een instandhoudingsdoel in de Westerschelde staan weergegeven in Bijlage F.3.1. Tabel 7-59 laat zien voor welke soorten niet-broedvogels met een instandhoudingsdoel voor de Westerschelde in de seizoenen 2015/16-2020/21 het seizoengemiddelde minimaal in drie van de zes telseizoenen boven het instandhoudingsdoel ligt.

Tabel 7-59: Overzicht van het seizoengemiddelde van de niet-broedvogelsoorten met een instandhoudingsdoel (IHD) in de Westerschelde in de periode 2015/16 -2020/21. Er is sprake van een positieve beoordeling indien het seizoengemiddelde van een soort in drie van de zes seizoenen boven het instandhoudingsdoel zit. Rood = negatieve evaluatie, groen = positieve evaluatie. De aantallen zijn ontleend aan www.sovon.nl (Netwerk Ecologische Monitoring (Sovon, RWS, CBS, provincies).

Soort	ihd	2015/16	2016/17	2017/18	2018/19	2019/20	2020/21	beoordeling
Bergeend	4.500	7.573	7.733	8.456	11.708	9.115	6.862	
Bontbekplevier	430	255	429	357	276	352	353	
Bonte strandloper	15.100	6.630	10.584	12.564	11.829	10.586	16.772	
Drieteenstrandloper	1.000	619	1.164	1.415	1.271	976	1.350	
Fuut	100	52	52	41	77	52	52	
Goudplevier	1.600	180	207	144	114	111	197	
Grauwe gans	16.600	5.862	7.766	5.732	5.924	5.758	6.141	
Groenpootruiter	90	41	64	40	28	70	95	
Kanoet	600	257	1.476	896	1.163	888	1.154	
Kievit	4.100	2.649	1.358	1.421	1.034	1.527	1.083	
Kleine zilverreiger	40	79	85	57	46	45	66	
Kluut	540	393	586	543	626	451	393	
Kolgans	380	392	274	224	117	166	94	
Krakeend	40	63	69	92	68	103	145	
Lepelaar	30	170	162	208	219	165	208	
Middelste zaagbek	30	6	10	9	12	12	11	
Pijlstaart	1.400	811	796	1.062	1.419	588	673	
Rosse grutto	1.200	555	508	787	627	462	796	
Scholekster	7.500	6.445	6.503	6.904	7.587	9.964	8.818	
Slechtvalk	8	12	16	13	14	16	12	
Slobeend	70	180	156	145	85	158	143	
Smient	16.600	6.622	8.897	5.552	4.535	4.343	6.924	
Steenloper	230	132	212	242	187	222	241	
Strandplevier	80	8	4	5	4	12	8	
Tureluur	1.100	513	795	764	710	839	825	
Wilde eend	11.700	5.517	6.863	5.314	6.658	4.618	4.579	
Wintertaling	1.100	1.086	1.744	1.142	1.209	850	1.016	
Wulp	2.500	3.130	3.666	3.741	3.778	3.523	3.437	
Zeearend	2	3	2	1	2	1	2	
Zilverplevier	1.500	1.542	1.485	1.565	1.351	1.483	1.574	
Zwarte ruiter	270	85	58	38	46	58	70	

Bij veertien soorten met een instandhoudingsdoel is in drie telseizoenen het seizoengemiddelde gelijk of hoger dan het instandhoudingsdoel, bij zeventien soorten is dit niet het geval.

Tabel 7-60: Overzicht van het seizoengemiddelde van de niet-broedvogelsoorten met een instandhoudingsdoel (IHD) in de Westerschelde per periode van zes telseizoenen. Per periode is aangegeven of een soort aan het criterium voldoet; in drie telseizoen hoger dan of gelijk aan het instandhoudingsdoel. De eerste periode omvat slechts vier telseizoenen. Groen = positieve evaluatie, geel = mogelijk positieve evaluatie na toevoegen tellingen uit de seizoenen 1985/1986 en 1986/1987 aan de eerste periode. De niet gemarkeerde waarden krijgen een negatieve evaluatie. Bron: Netwerk Ecologische Monitoring, Sovon, provincies & CBS, www.sovon.nl.

Soort	ihd	1985-1991	1991-1997	1997-2003	2003-2009	2009-2015	2015-2021
Bergeend	4500	2.380	2.680	4.102	5.328	7.297	8.575
Bontbekplevier	430	699	438	494	440	380	337
Bonte strandloper	15100	11.578	11.518	13.638	13.872	11.216	11.494
Drieteenstrandloper	1000	487	391	835	1.228	1.117	1.133
Fuut	100	128	185	114	60	44	54
Goudplevier	1600	1.395	943	1.381	1.240	343	159
Grauwe gans	16600	4.327	9.139	17.083	13.011	8.282	6.197
Groenpootruiter	90	39	56	89	72	57	56
Kanoet	600	929	765	660	1.334	1.210	972
Kievit	4100	1.825	1.907	3.441	4.512	2.398	1.512
Kleine zilverreiger	40	0	4	24	74	57	65
Kluut	540	373	456	486	614	449	499
Kolgans	380	1.242	638	542	464	652	211
Krakeend	40	6	13	34	35	58	90
Lepelaar	30	5	10	35	41	134	189
Middelste zaagbek	30	61	66	39	12	10	10
Pijlstaart	1400	608	759	1.599	760	897	892
Rosse grutto	1200	1.255	1.135	1.192	977	826	623
Scholekster	7500	8.054	11.301	9.042	8.395	6.834	7.704
Slechtvalk	8	1	7	8	13	14	14
Slobeend	70	40	31	57	67	81	145
Smient	16600	7.504	12.316	17.117	11.240	7.304	6.146
Steenloper	230	362	275	305	201	156	206
Strandplevier	80	158	83	60	20	10	7
Tureluur	1100	933	842	1.049	918	723	741
Wilde eend	11700	7.304	7.523	10.650	9.011	7.257	5.592
Wintertaling	1100	558	575	939	655	907	1.175
Wulp	2500	2.547	2.335	2.443	3.101	3.466	3.546
Zeearend	2	0	1	1	0	1	2
Zilverplevier	1500	1.805	2.240	1.496	2.090	1.550	1.500
Zwarte ruiter	270	212	263	272	183	87	59
Soorten: n > ihd	10	8-16	8	15	13	12	14

Tabel 7-60 geeft per periode van zes telseizoenen aan welke niet-broedvogelsoorten in een periode voldoen aan het criterium dat in drie van de zes telseizoenen het seizoengemiddelde gelijk of hoger is dan het instandhoudingsdoel. In geen enkele periode blijken dan alle soorten aan het criterium te

voldoen. Voor de periode 1985-1991 zijn slechts van vier jaren beschikbaar, zodat er 8-16 soorten zijn ie aan het instandhoudingsdoel kunnen voldoen. Indien het gemiddelde boven het instandhoudingsdoel ligt, wordt waarschijnlijk wel aan het IHD voldaan. Dit betekent dat bontbekplevier, fuut en wulp waarschijnlijk wel aan het IHD zullen voldoen, waardoor in totaal 11 soorten in de periode 1985-1991 aan het IHD voldoen. In de periode 1997-2003 voldoen 15 soorten aan het criterium, in de volgende periode 13 soorten en in de periode van de T2015 12 soorten en in de periode van de T2021 14 soorten. Ten opzichte van de T2015 is het aantal soorten met een positieve evaluatie iets toegenomen.

Tabel 7-60 laat ook zien dat er verschillen zijn in de ontwikkelingen in de aantallen van de verschillende soorten in de Westerschelde. De seizoengemiddelden van bontbekplevier, kanoet, kolgans, scholekster en zilverplevier liggen vrijwel in alle perioden van zes jaren boven het instandhoudingsdoel. Fuut, middelste zaagbek, steenloper en strandplevier zitten over het algemeen boven het instandhoudingsdoel in de eerste drie perioden maar niet er na. Voor bergeend, drieteenstrandloper, kleine zilverreiger, kluut, krakeend, lepelaar, slechtvalk, slobeend en wulp geldt juist het omgekeerde: deze soorten overschrijden vooral in de laatste drie perioden regelmatig het instandhoudingsdoel. Hier zal in het evaluatierapport nader op in worden gegaan.

Tabel 7-61: Overzicht per niet-broedvogelsoort met een instandhoudingsdoel (IHD) van de trend op lange en korte termijn. -- = significante sterke afname van >5% per jaar, - = significante matige afname van <5% per jaar, 0 = stabiel, geen significante trend, ~ = onzeker, geen trend aantoonbaar, ++ = significante matige toename van <5% per jaar, ++ = significant sterke toename van >5% per jaar. De trends zijn ontleend aan wwww.sovon.nl (Netwerk Ecologische Monitoring (Sovon, RWS, CBS, provincies).

Soort	ihd	Trend sinds start	Trend sinds 2009	beoordeling	Soort	ihd	Trend sinds start	Trend sinds 2009	beoordeling
Bergeend	4.500	+	+		Pijlstaart	1.400	0	~	
Bontbekplevier	430	-	-		Rosse grutto	1.200	-	-	
Bonte strandloper	15.100	0	0		Scholekster	7.500	+	+	
Drieteenstrandloper	1.000	+	0		Slechtvalk	8	+	0	
Fuut	100	-	0		Slobeend	70	+	+	
Goudplevier	1.600	-	--		Smient	16.600	0	-	
Grauwe gans	16.600	+	-		Steenloper	230	-	~	
Groenpootruiter	90	+	0		Strandplevier	80	--	--	
Kanoet	600	0	0		Tureluur	1.100	0	0	
Kievit	4.100	0	-		Wilde eend	11.700	-	-	
Kleine zilverreiger	40	++	0		Wintertaling	1.100	+	+	
Kluut	540	0	0		Wulp	2.500	+	0	
Kolgans	380	-	--		Zeearend	2	+	+	
Krakeend	40	++	+		Zilverplevier	1.500	0	0	
Lepelaar	30	++	+		Zwarte ruiter	270	-	-	
Middelste zaagbek	30	-	~						

Tabel 7-61 geeft een overzicht van de trends op lange en korte termijn van de niet-broedvogelsoorten met een instandhoudingsdoel voor de Westerschelde. Deze tabel geeft voor enkele soorten een iets ander beeld dan Tabel 7-59. Zo is de trend sinds 2009 van bonte strandloper, fuut, groenpootruiter en tureluur niet negatief, maar voor deze soorten geldt dat het seizoengemiddelde in de periode van de T2021 niet in drie van de zes seizoenen boven het instandhoudingdoel is.

Aangezien er voor 14 van de 31 soorten de trend op korte termijn, lange termijn of beide negatief is, wordt de ontwikkeling van de trend negatief geëvalueerd.

7.8.2. Index vogels

Inleiding

Om de ontwikkeling van een vogelsoort weer te geven wordt vaak gebruik gemaakt van een index. Hierbij wordt het aantal in een basisjaar als referentie gebruikt en op 100% gesteld. De verandering in aantallen in navolgende jaren wordt weergegeven als procentuele afwijking ten opzichte van het basisjaar: een toename van aantallen met 30% levert een indexwaarde van 130% op en een afname van 30% een indexwaarde van 70%. Dit maakt het mogelijk om de ontwikkeling van soorten die sterk verschillen in aantallen grafisch met elkaar te vergelijken. Daarnaast wordt ook vaak gebruik gemaakt van een index waarin de indexen van verschillende vogelsoorten gecombineerd worden. Een hiervoor veel gebruikte index is de Living Planet Index (LPI). Deze index laat zowel veranderingen in aantallen zien van individuele soorten als verschuivingen in de verhouding tussen soorten. Hierbij weegt een weinig talrijke soort even zwaar als een zeer talrijke soort. De naam LPI-index wordt gebruikt om de stand van zaken aan te geven van grotere ecosystemen, waarbij ook verschillende trofische groepen organismen zijn betrokken. In de voorliggende index zijn alleen vogels betrokken, zodat we hier verder zullen spreken van een Multi Species Index = MSI. Deze index geeft dus een indicatie of er verschuivingen in de verhouding tussen soorten heeft plaatsgevonden en of de totaalaantallen veranderd zijn. Een toename van de index geeft een evenwichtiger verhouding tussen soorten aan, een toename van de aantallen of een combinatie van beide. Een negatieve waarde geeft een omgekeerde ontwikkeling aan.

Er worden drie indexwaarden berekend:

- Een indexwaarde per niet-broedvogelsoort met een instandhoudingsdoel.
- Een MSI-indexwaarde op basis van de gecombineerde indexwaarden.
- Een MSI-indexwaarde per voedselgroep voor de Westerschelde. Bij de Zeeschelde vallen alle soorten binnen dezelfde voedselgroep, zodat deze MSI-indexwaarde in feite al berekend is.

7.8.2.1. Indexwaarde per niet-broedvogelsoort Zeeschelde

Data

De volgende datafiches worden gebruikt voor het analyseren van de rekenparameter Indexwaarde *Sleutelsoorten niet-broedvogels Zeeschelde*:

- S-DS-V-007– Hoogwatertellingen
- S-DS-V-007b – Vogeltellingen zijrivieren

De volgende gegevensreeksen werden geselecteerd voor de periodieke gegevens:

- MONEOS watervogeltellingen (INBO)

Tabel 7-48 geeft een overzicht van de beschikbare gegevens.

Definitie

Voor de vijf soorten met een instandhoudingsdoel (pijlstaart, krakeend, wilde eend, wintertaling en bergeend) wordt de index berekend op basis van het winterhalfjaargemiddelde met 1991 als referentieseizoen (oktober 1991-maart 1992). Vervolgens wordt per seizoen de relatieve verandering ten opzichte van het referentieseizoen berekend.

Op basis van de individuele indexen van de niet-broedvogelsoorten met een instandhoudingsdoel wordt de MSI-index berekend. Een toenemende trend wijst op een positieve verandering en een afnemende waarde op een negatieve verandering.

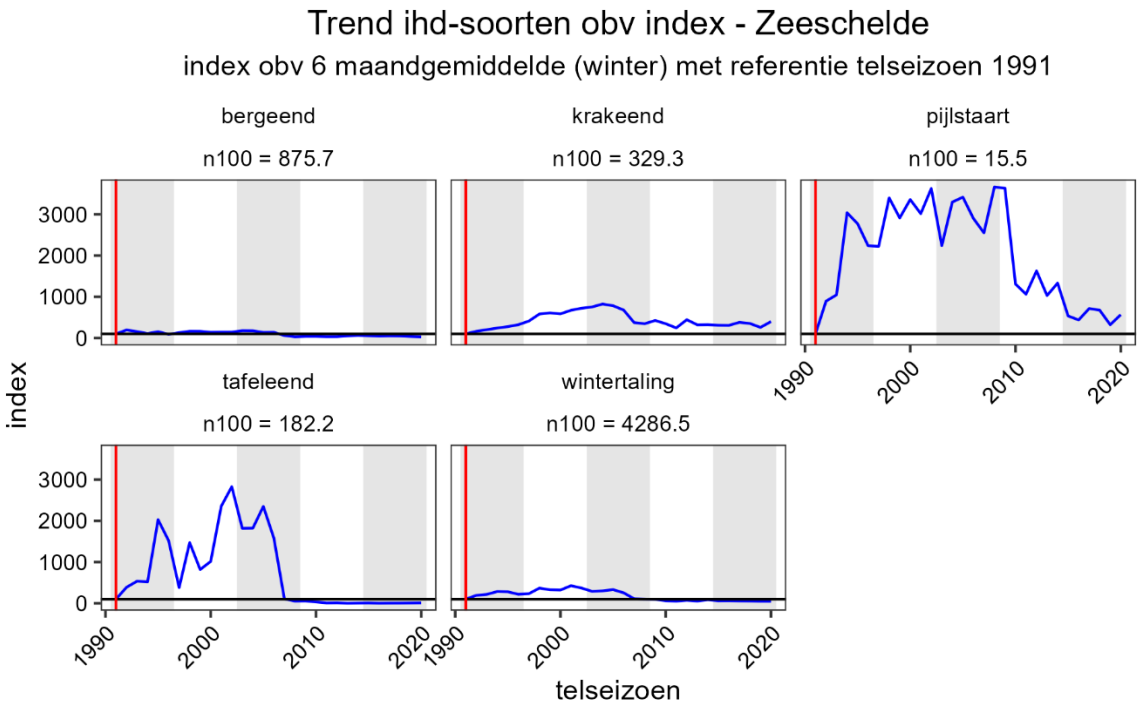
Methode

Voor de soorten met een instandhoudingsdoel wordt het gemiddelde aantal vogels berekend voor de gehele Zeeschelde inclusief zijrivieren voor de periode oktober 1991 – maart 1992 (seizoen 1991: winterhalfjaargemiddelde). Dit aantal wordt op 100% gesteld: indexwaarde 100. Vervolgens wordt voor ieder navolgend seizoen het winterhalfjaargemiddelde berekend. De procentuele verandering ten opzichte van het referentieseizoen wordt berekend en dit is de indexwaarde voor het desbetreffende seizoen.

Voor de vijf niet-broedvogelsoorten met een instandhoudingsdoel voor de Zeeschelde wordt per jaar een Multi Species Indexwaarde berekend. Hierbij wordt 1991 weer op 100% gesteld. De berekening vindt plaats op niveau 2. De indexen zijn per jaar meetkundig gemiddeld. Meetkundig middelen betekent dat een halvering van de populatiegrootte van een soort wordt gecompenseerd door de verdubbeling van die van een andere soort. Een toenemende trend wijst op een positieve verandering en een afnemende waarde op een negatieve verandering.

Analyse

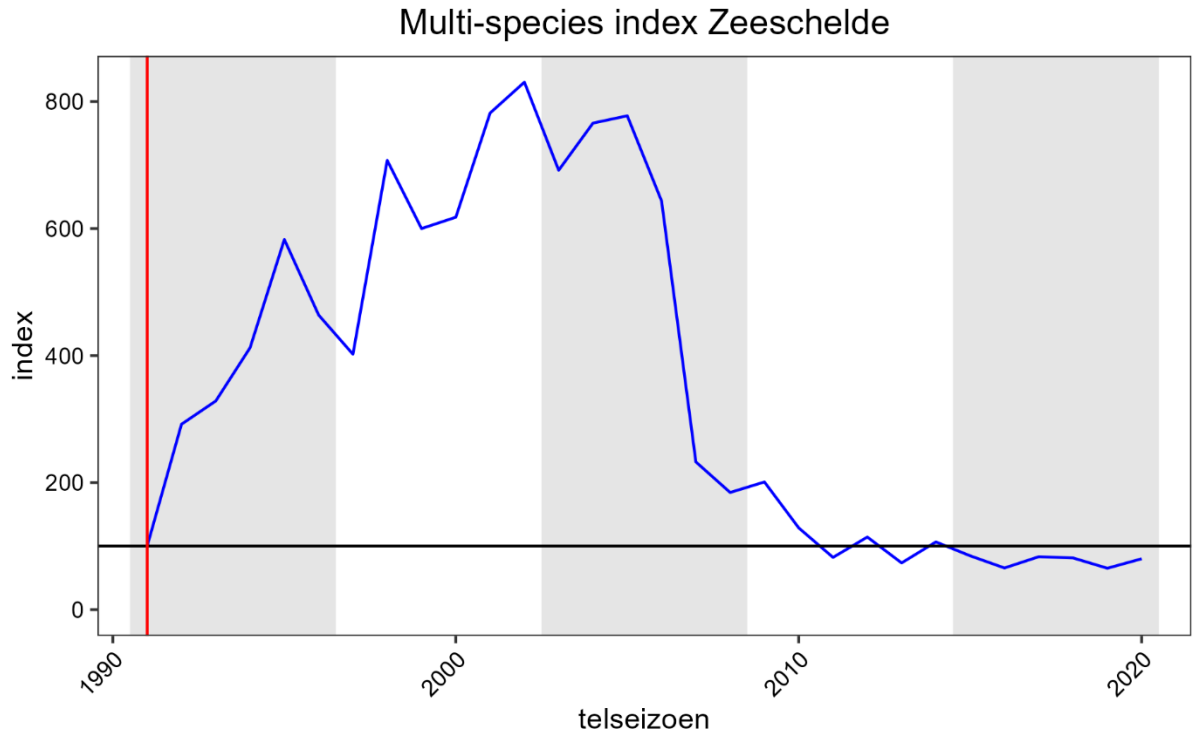
Het verloop van de indexwaarde van de individuele soorten met een instandhoudingsdoel, gebaseerd op het winterhalfjaargemiddelde, voor de Zeeschelde staat weergegeven in Figuur 7-96. Hierbij is 1991 als referentieseizoen genomen.



Figuur 7-96: Berekening van de index van vogelsoorten met een instandhoudingsdoel in de Zeeschelde op basis van het winterhalfjaargemiddelde. 1991 is als referentiejaar genomen (index = 100).

De index van de bergeend is in de loop der jaren relatief weinig veranderd. Vanaf 2007 bevindt de index zich onder het referentiejaar. De wintertaling was verreweg de talrijkste soort. De index is weliswaar tijdelijk toegenomen in de periode 1991-2005, maar veel minder sterk dan bij krakeend, pijlstaart en tafeleend. Vanaf ongeveer 2009 is de indexwaarde lager dan die van het referentiejaar. De tafeleend en pijlstaart laten de sterkste toename van de indexwaarde zien na 1991. Vanaf 2008 bevindt de indexwaarde van de tafeleend zich beneden de indexwaarde in het referentiejaar. De indexwaarde van de pijlstaart blijft hoog tot het seizoen 2010 om daarna geleidelijk af te namen. Nog steeds is de indexwaarde duidelijk boven die van het referentiejaar. De index van de krakeend laat aanvankelijk ook een toename zien, maar die is veel minder sterk dan bij de pijlstaart en de tafeleend. Ook na 2006 neemt de indexwaarde af, maar deze blijft hoger dan in het referentiejaar. Dit zal samenhangen met de toenemende trend van deze soort in zowel Vlaanderen als West-Europa (Devos & Onkelinkx 2013).

De Multi Species index gebaseerd op de vijf soorten met een instandhoudingsdoel laat vanaf 1991 een sterke stijging zien om in seizoen 2002 een piek te bereiken om vervolgens vanaf seizoen 2005 sterk af te nemen (Figuur 7-97). Vanaf het seizoen 2011 ligt de indexwaarde beneden de waarde in het indexjaar. Dit laat zien dat in de Zeeschelde rond de seizoenen 2005 en 2006 grote veranderingen hebben plaatsgevonden, waardoor de niet-broedvogelsamenstelling ingrijpend gewijzigd is.



Figuur 7-97: De MSI berekend op basis van de indexwaarde van niet-broedvogelsoorten met een instandhoudingsdoel voor de Zeeschelde.

Een positieve waarde ten opzichte van het referentiejaar geeft aan dat de diversiteit is toegenomen, gebaseerd op zowel de verhouding tussen de soorten als de aantallen van de soorten. Vanaf het seizoen 2011 duikt de MSI onder de waarde van het referentiejaar en hij blijft in het daaropvolgende seizoenen daaronder. Deze trend moet als ongunstig worden beoordeeld.
Er is geen indexberekening per voedselgroep gemaakt, omdat alle soorten met een instandhoudingsdoel tot de groep omnivoren behoren.

7.8.3. Indexwaarde per niet-broedvogelsoort Westerschelde

Data

Het volgende datafiche wordt gebruikt voor het analyseren van de rekenparameter *Sleutelsoorten niet-broedvogels Westerschelde*:

- S-DS-N-007 – Hoogwatertellingen

De volgende gegevensreeksen werden geselecteerd voor de periodieke gegevens:

- MWTL watervogeltellingen Westerschelde (RWS)
- SOVON bewerkte watervogeltellingen MWTL

Tabel 7-48 geeft een overzicht van de beschikbare gegevens. Tot maart 2013 wordt gebruik gemaakt van de oorspronkelijke telgegevens en vanaf maart 2013 wordt gebruik gemaakt van de geïmpute gegevens.

Definitie

Voor de niet-broedvogelsoorten met een instandhoudingsdoel (zie Tabel 7-58) wordt de index berekend op basis van het seizoengemiddelde met 1991 als referentiejaar (juli 1991 – juni 1992). Vervolgens wordt per seizoen de relatieve verandering ten opzichte van het referentieseizoen berekend. Voor een positieve trend mag de trend op basis van de jaarlijks berekende index niet significant afnemen voor zowel de korte als de lange termijn trend. De trendberekening vindt plaats op niveau 2.

Op basis van de individuele indexen van de niet-broedvogelsoorten met een instandhoudingsdoel wordt de MSI-index berekend. Een toenemende trend wijst op een positieve verandering en een afnemende waarde op een negatieve verandering.

Methode

Voor de soorten met een instandhoudingsdoel wordt het gemiddelde aantal vogels berekend voor de gehele Westerschelde voor de periode juli 1991 – juni 1992 (seizoen 1991: seizoengemiddelde). Dit aantal wordt op 100% gesteld: indexwaarde 100. Vervolgens wordt voor ieder navolgend seizoen het seizoengemiddelde berekend. De procentuele verandering ten opzichte van het referentieseizoen wordt berekend en dit is de indexwaarde voor het desbetreffende seizoen.

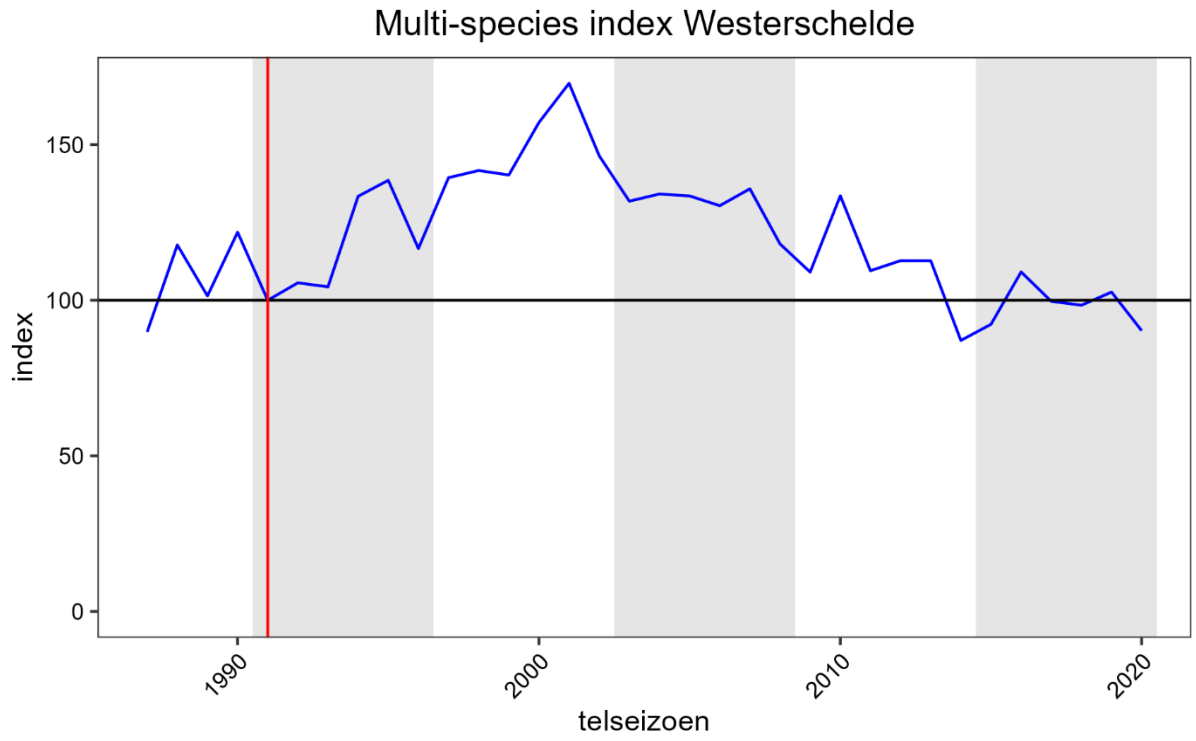
De zeearend en de slechtvalk hebben weliswaar een instandhoudingsdoel, maar kwamen in het referentieseizoen niet of nauwelijks voor, zodat hiervoor geen betrouwbare indexwaarde is te berekenen. Ook de kleine zilverreiger kwam in het referentiejaar niet voor, zodat hiervoor ook geen referentiewaarde is berekend.

Voor de niet-broedvogelsoorten met een instandhoudingsdoel voor de Westerschelde wordt per jaar een Multi Species Indexwaarde berekend. Hierbij wordt 1991 weer op 100% gesteld. De berekening vindt plaats op niveau 2. De indexen zijn per jaar geometrisch gemiddeld.

Analyse

De index van de individuele soorten met een instandhoudingsdoel voor de Westerschelde is weergegeven in Bijlage F.3.2. Per soort kan het verloop van de index sterk verschillen. Sommige soorten hebben een stijgende index (bergeend) terwijl andere soorten juist een dalende indexwaarde

hebben. Opmerkelijk is dat meerdere soorten tussen 2000-2005 een piek in de indexwaarde hebben.
De ontwikkeling van de MSI wordt weergegeven in Figuur 7-98. Vanaf 1991 treedt er een geleidelijke toename op tot 2002, waarna de indexwaarde geleidelijk daalt tot 2014. Daarna beweegt de MSI zich rond de waarde van het referentiejaar. Ten opzichte van de T2015 is de MSI gemiddeld genomen achteruitgegaan. De evaluatie is dus negatief.

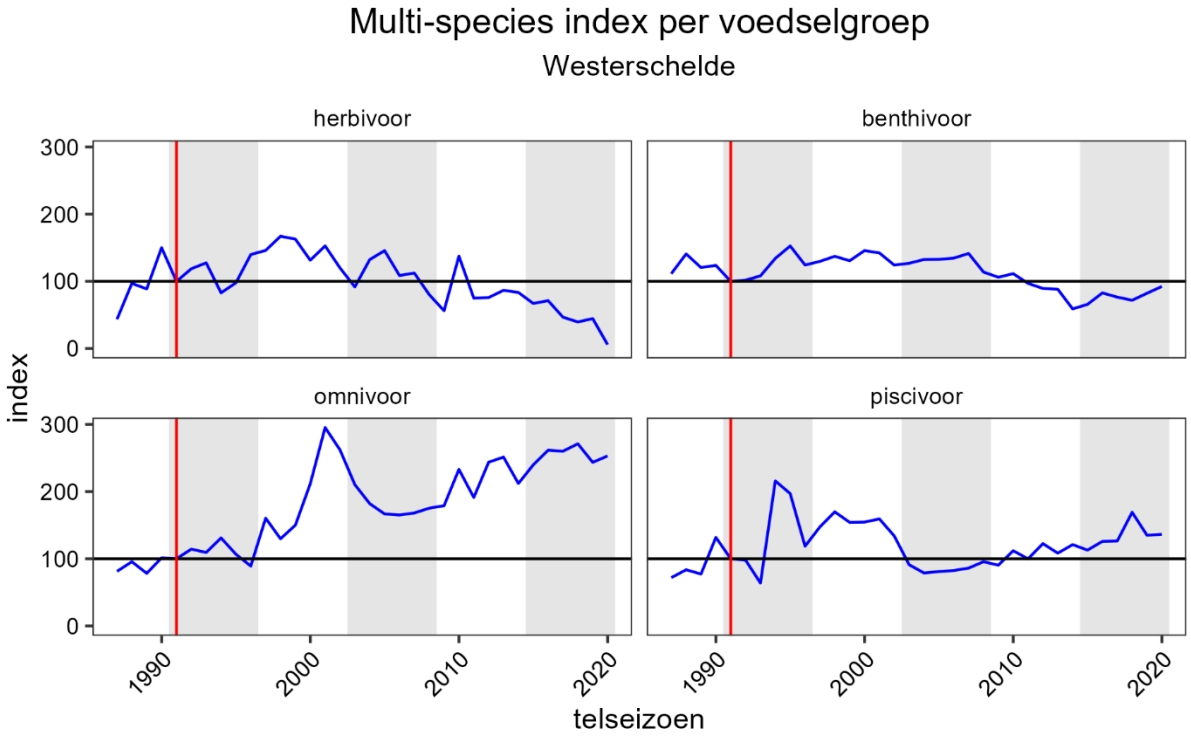


Figuur 7-98: De MSI berekend op basis van de indexwaarde van niet-broedvogelsoorten met een instandhoudingsdoel voor de Westerschelde.

Indien de MSI wordt berekend voor de belangrijkste voedselgroepen (herbivoor, benthivoor, omnivoor en piscovoor) dan zijn er duidelijke verschillen in de ontwikkeling van de index van deze voedselgroepen (Figuur 7-99). De herbivoren laten aanvankelijk vanaf 1995 een duidelijke toename van de index zien, maar vanaf 2000 zet een daling in die tot op heden voortduurt. Vanaf 2008 bevindt de index zich globaal onder de referentiewaarde.
Bij de benthoseters is er eerst een toename tot 1995, waarna een stabiele periode volgt. Vanaf 2007 vindt er een duidelijke afname plaats, waarbij vanaf 2011 de indexwaarde onder de referentiewaarde duikt en hier niet meer boven komt. De omnivoren bereiken een opmerkelijk hoge piek in de indexwaarde in 2001, waarna de indexwaarde vervolgens eerst snel daalt tot 2005. Vervolgens volgt een stabiele periode, maar vanaf 2009 neemt de index weer duidelijk toe.
Als laatste groep moeten de piscivoren genoemd worden. Deze groep laat in 1994 een piek in de indexwaarde zien om vervolgens geleidelijk af te nemen, totdat in 2003 de indexwaarde beneden de referentiewaarde komt. Hierna is de indexwaarde enige jaren stabiel om vanaf 2010 weer toe te nemen en deze stijging zet de daaropvolgende jaren door.

De hierboven beschreven veranderingen in de indexwaarde van de voedselgroepen van niet-broedvogels met een instandhoudingsdoel voor de Westerschelde laten zien dat de veranderingen per voedselgroep verschillend zijn, zodat hier vermoedelijk ook verschillende factoren aan ten grondslag liggen. Hierop

zal in het Evaluatierapport worden teruggekomen. De ontwikkelingen van de voedselgroepen omnivoor en piscivoor worden positief beoordeeld en die van de voedselgroepen herbivoor en benthivoor negatief.



Figuur 7-99: De MSI berekend per voedselgroep op basis van de indexwaarde van niet-broedvogelsoorten met een instandhoudingsdoel voor de Westerschelde.

7.8.4. Exoten

Data

De volgende datafiches worden gebruikt voor het analyseren van de rekenparameter Exoten niet-broedvogels Zeeschelde en Westerschelde:

- S-DS-V-007– Laagwatertellingen
- S-DS-V-007b – Vogeltellingen zijrivieren
- S-DS-N-007 – Hoogwatertellingen

De volgende gegevensreeksen werden geselecteerd voor de periodieke gegevens:

- Zeeschelde: MONEOS watervogeltellingen (INBO)
- Zeeschelde: MWTL watervogeltellingen Westerschelde (RWS)

Tabel 7-48 geeft een overzicht van de beschikbare gegevens.

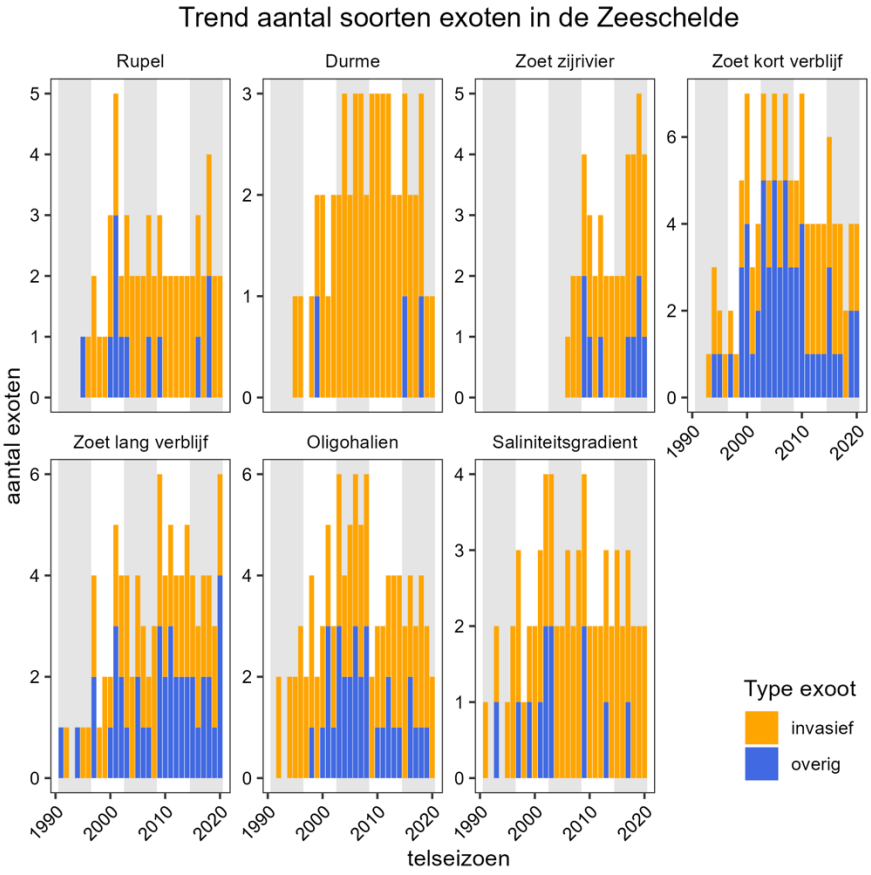
Methodiek

Per zone is per seizoen het aantal exoten berekend, waarbij onderscheid is gemaakt tussen invasieve en niet-invasieve exoten. Vervolgens is voor de invasieve exoten de fractie van het aantal invasieve exoten berekend in het totale aantal niet-broedvogels per zone. Voor de Zeeschelde zijn de gegevens uit het winterhalfjaar gebruikt en voor de Westerschelde de gegevens van het gehele seizoen.

Tenslotte is per invasieve exoot het aantalsverloop per zone berekend. Een toename van het aantal soorten invasieve exoten wordt als negatief beoordeeld en het gelijk blijven of een afname als positief. Een toename van de fractie invasieve exoten in het totale aantal vogels wordt als negatief beoordeeld en een afname als positief.

Analyse

De ontwikkeling van het aantal exoten in de Zeeschelde staat weergegeven in Figuur 7-100, waarbij onderscheid is gemaakt tussen invasieve exoten en andere exoten. Het algemene patroon is dat in de meeste zones van de Zeeschelde het totale aantal exoten (vogels) afneemt. Dit gaat alleen niet op voor de zone Zoet zijrivier, waar het aantal exoten toeneemt, en voor de zone *Zoet lange verblijftijd*, waar het aantal stabiel blijft.

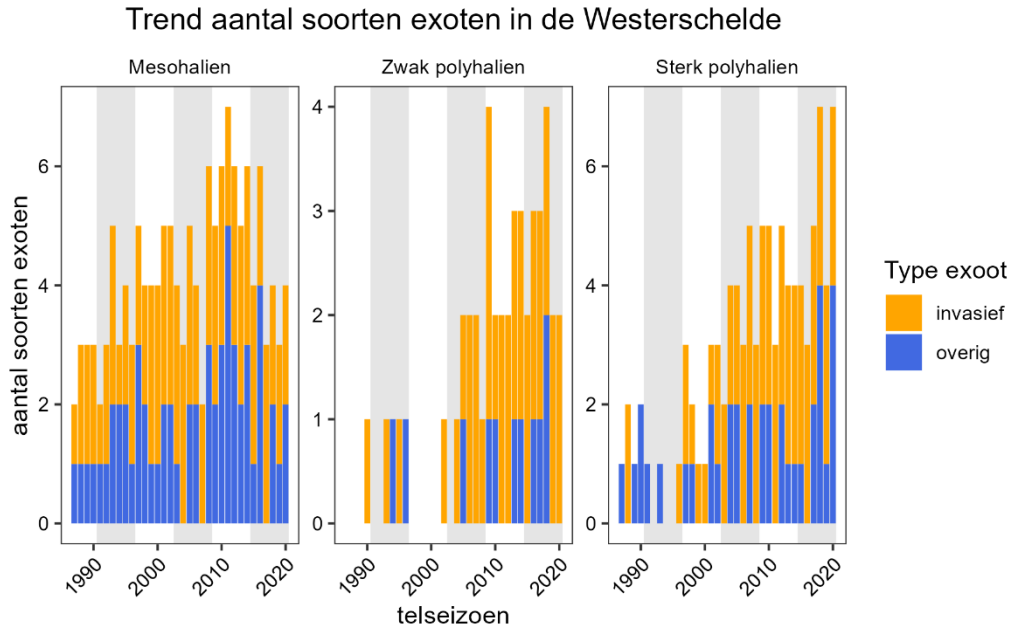


Figuur 7-100: Ontwikkeling van het aantal soorten exoten (vogels) per zone in de Zeeschelde op basis van de vogeltellingen. Er is onderscheid gemaakt tussen invasieve exoten en overige exoten.

Het hoogste aantal exoten, zeven soorten, werd waargenomen in de zone *Zoet korte verblijftijd*. Over het algemeen lijken de niet-invasieve exoten in aantal achteruit te gaan na de piek tussen 2000 en 2010. Er zijn vijf soorten invasieve exoten waargenomen (in afnemende volgorde): Grote Canadese Gans, Nijlgans, Indische gans, Heilige Ibis en Rosse stekelstaarteend. De laatste twee soorten kwamen in het verleden incidenteel voor (voor de periode van de T2015), zodat over het algemeen 2-3 invasieve exoten per zone voorkomen. In totaal zijn 19 verschillende niet-invasieve exoten waargenomen.

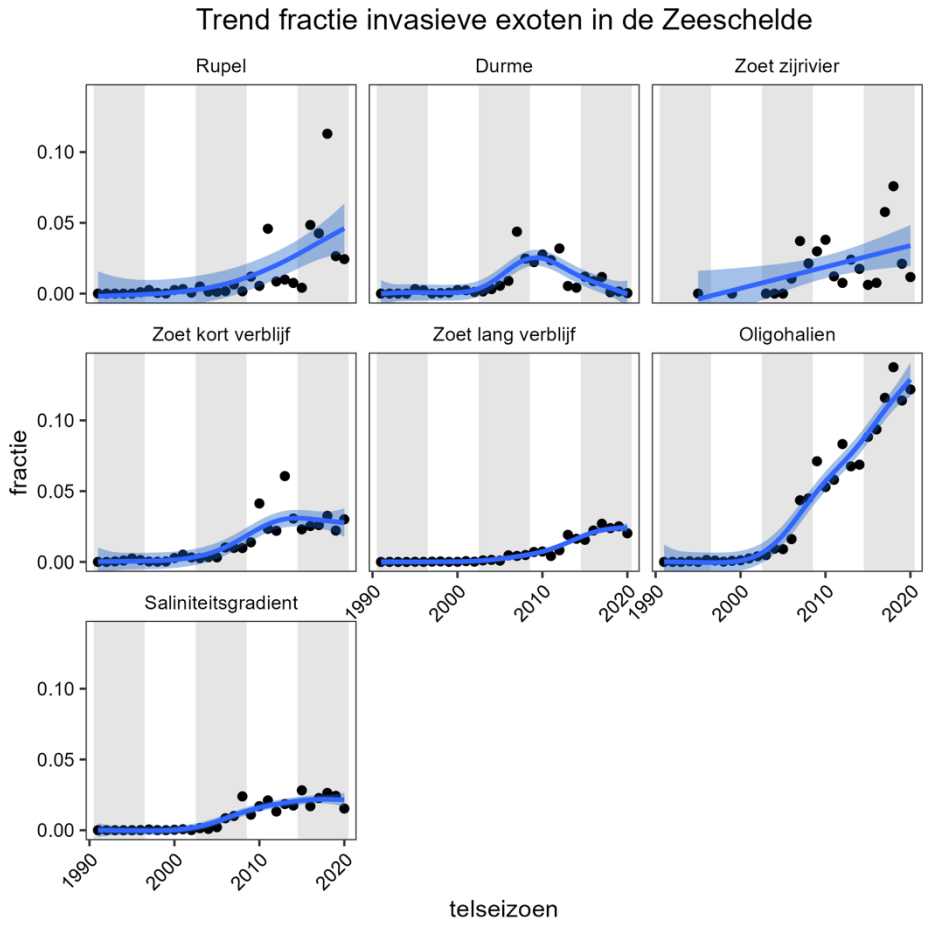
Alleen in de zone *Zoet zijrivier* is het aantal exoten in de T2021 toegenomen ten opzichte van de T2015: dit wordt negatief beoordeeld. In de *Rupel* is het aantal invasieve exoten gelijk gebleven en in de overige zones is het aantal soorten invasieve exoten afgenomen: dit wordt positief beoordeeld.

In de Westerschelde worden per zone maximaal zeven soorten exoten per jaar waargenomen, waarbij het aantal in de zone *Zwak polyhalien* wat lager ligt (Figuur 7-101). Als invasieve exoten komen voor grote candese gans, nijlgans en indische gans. In totaal zijn 15 niet invasieve exoten waargenomen. In het *Mesohalien* neemt het totale aantal exoten de laatste jaren af door vooral een afname van het aantal niet-invasieve exoten. In de zone *Sterk polyhalien* is sprake van een toename, terwijl in de zone *Zwak polyhalien* het beeld onduidelijk is.
Indien het gemiddelde aantal invasieve exoten in de T2015 en de T2021 wordt berekend, neemt in het *Mesohalien* het gemiddelde af van 2,83 naar 2,2 per seizoen, in het *Zwak polyhalien* stijgt het van 1,83 per seizoen naar 2 per seizoen en in het *Sterk polyhalien* blijft het aantal invasieve exoten stabiel op 3 per seizoen. Dit levert een positieve beoordeling op voor het *Mesohalien* en het *Sterk polyhalien* en een negatieve beoordeling voor het *Zwak polyhalien*.

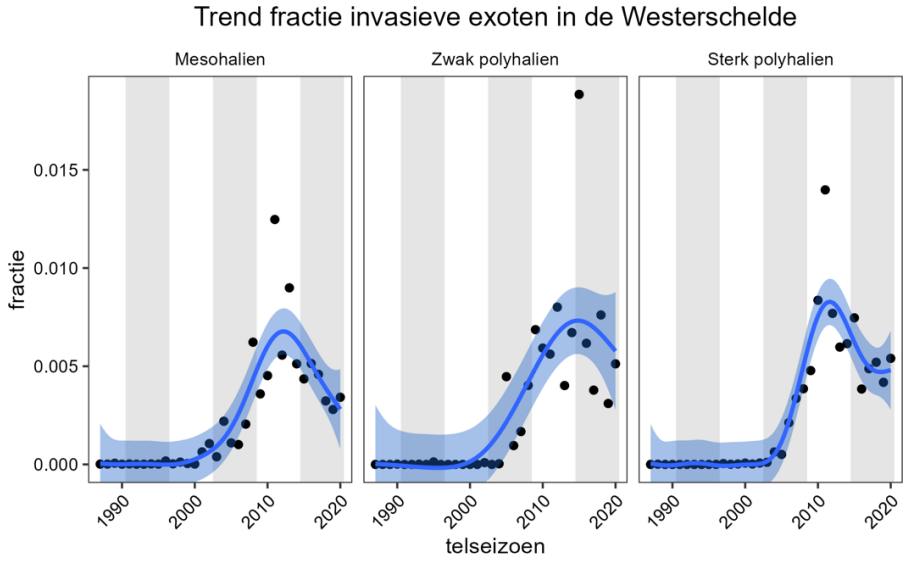


Figuur 7-101: Ontwikkeling van het aantal exoten (vogels) per zone in de Zeeschelde op basis van de vogeltellingen. Er is onderscheid gemaakt tussen invasieve exoten en overige exoten.

Figuur 7-102 geeft de fractie van de invasieve exoten in het totale aantal vogels in de zones van de Zeeschelde. Wanneer de fractie in de T2015 vergeleken wordt met de fractie in de T2021 komen de volgende patronen naar voren. In de *Rupel*, *Zoet zijrivier*, *Zoet lange verblijftijd* en in het *Oligohalien* is sprake van een toename en in de *Saliniteitsgradiënt* van een lichte toename. In de *Durme* neemt de fractie af en in de zone *Zoet korte verblijftijd* licht af. In het *Oligohalien* bedraagt de fractie van de invasieve exoten zelfs 10%.
Alleen de ontwikkeling in de *Durme* en in de zone *Zoet korte verblijftijd* wordt positief beoordeeld en voor de overige zones is de beoordeling negatief.



Figuur 7-102: Ontwikkeling van de fractie van de invasieve exoten (vogels) uitgedrukt als fractie van het gemiddelde aantal vogels in de verschillende zones in de Zeeschelde.



Figuur 7-103: Ontwikkeling van de fractie van de invasieve exoten (vogels) uitgedrukt als fractie van het gemiddelde aantal vogels in de verschillende zones in de Westerschelde.

In de Westerschelde ligt de fractie van de exoten een factor 10 lager dan in de Zeeschelde (Figuur 7-103). In het *Mesohalien* neemt de fractie invasieve exoten af. In het *Zwak polyhalien* is globaal de afname in de T2021 vergelijkbaar met de toename in de T2015, maar door de relatief hoge fractie invasieve exoten in het seizoen 2015/2016 kan voor de T2021 toch gesproken worden van een gemiddelde afname ten opzichte van de T2015. In de zone *Sterk polyhalien* is het aandeel ook afgenomen, maar de fractie lijkt zich de laatste jaren te stabiliseren. In alle drie de zones van de Westerschelde is de beoordeling positief, omdat de fractie invasieve exoten gedurende de T2021 gemiddeld is afgenomen.

Tabel 7-62 geeft een overzicht van de exoten die in de periode van de T2015 en de T2021 in de Zeeschelde zijn waargenomen. Hierbij is onderscheid gemaakt tussen invasieve en overige exoten. In de periode T2015 zijn 11 niet-invasieve exoten in de Zeeschelde waargenomen en in de T2021 10. In beide perioden zijn 3 invasieve exoten waargenomen. De invasieve exoten grote canadese gans en nijlgans zijn duidelijk talrijker dan de niet-invasieve exoten.

Tabel 7-62: Gemiddeld aantal exoten waargenomen op de Zeeschelde, waarbij onderscheid is gemaakt tussen niet-invasieve en invasieve exoten in de perioden T2015 en T2021. - = soort niet waargenomen.

Soort	Niet-invasief		Invasief	
	T2015	T2021	T2015	T2021
bahamapijlstaart	0,0	0,0		
carolina-eend	0,1	0,1		
casarca	0,1	0,2		
chileense smient	0,0	-		
grote canadese gans			215,8	305,5
grote tafeleend	0,0	-		
indische gans			0,6	0,7
keizergans	0,0	-		
kleine canadese gans	-	0,0		
magelhaengans	0,1	-		
mandarijneend	0,3	0,7		
manengans	0,1	-		
marmereend	-	0,0		
muskuseend	0,4	0,1		
nijlgans			95,9	146,0
ringtaling	-	0,0		
sneeuwgans	-	0,1		
zwarte zwaan	0,1	0,0		

Tabel 7-63 geeft een overzicht van de exoten die in de periode van de T2015 en de T2021 in de Westerschelde zijn waargenomen. Hierbij is eveneens onderscheid gemaakt tussen invasieve en overige exoten. In de periode van de T2015 zijn 8 niet-invasieve exoten in de Zeeschelde waargenomen en in de periode van de T2021 12 soorten. Niet-invasieve exoten kwamen gemiddeld in zeer lage aantallen voor. In de Westerschelde worden dezelfde invasieve exoten waargenomen als in de Zeeschelde: grote canadese gans, indische gans en nijlgans. Ook hier is de grote canadese gans veruit de talrijkste soort, gevolgd door de nijlgans, terwijl de indische gans af en toe tijdens een telling wordt waargenomen. Ook hier zijn de invasieve exoten duidelijk talrijker dan niet-invasieve exoten.

Tabel 7-63: Gemiddeld aantal exoten waargenomen op de Westerschelde, waarbij onderscheid is gemaakt tussen niet-invasieve en invasieve exoten in de perioden T2015 en T2021. - = soort niet waargenomen.

Soort	Niet-invasief		Invasief	
	T2015	T2021	T2015	T2021
australische bergeend	0,0	0,0		
bahamapijlstaart	-	0,0		
carolina-eend	-	0,1		
casarca	0,3	0,2		
chileense flamingo	-	0,1		
grote canadese gans			412,5	288,3
indische gans			0,5	0,6
kaapse casarca	0,0	0,0		
keizergans	0,0	0,0		
kleine canadese gans	0,3	0,0		
magelhaengans	-	0,0		
mandarijneend	-	0,3		
manengans	0,0	-		
nijlgans			26,0	22,4
sneeuwgans	0,2	0,0		
zwarte zwaan	0,0	0,1		

7.8.5. Conclusies vogels

De broedvogels met een instandhoudingsdoel voor resp. de Zeeschelde en de Westerschelde worden negatief beoordeeld, omdat in beide gebieden meer dan twee soorten negatief worden beoordeeld. In de Zeeschelde krijgen vier van de acht soorten een positieve beoordeling. Voor de Westerschelde geldt dat slechts twee soorten binnen de begrenzing van het Natura 2000-gebied voldoende broedparen hebben om positief te worden beoordeeld. Door verschillende natuurontwikkelingsprojecten net buiten de begrenzing van het Natura 2000-gebied heeft een deel van de broedparen zich verplaatst naar buiten het gebied, maar wel hebben deze vogels nog steeds een relatie met het Natura 2000-gebied. Ook wanneer deze vogels worden meegenomen is er nog steeds sprake van een negatieve beoordeling.

De niet-broedvogels van zowel de Zeeschelde als de Westerschelde worden negatief beoordeeld ten aanzien van het bereiken van hun instandhoudingsdoelen, omdat per deelgebied meer dan twee soorten negatief worden beoordeeld. Ook wanneer naar de trends op korte en lange termijn wordt gekeken, hebben te veel vogels een negatieve trend. De trends worden eveneens negatief beoordeeld. De Multi Species Index is zowel voor de Zeeschelde als voor de Westerschelde negatief ten opzichte van resp. het referentiejaar als de T2015. Beide worden dan ook negatief beoordeeld. In de Zeeschelde is de MSI opgebouwd uit alleen omnivore eenden, zodat voor deze voedselgroep de beoordeling ook negatief is. In de Westerschelde zijn de ontwikkelingen per voedselgroep verschillend. De herbivore en benthivore soorten worden negatief beoordeeld, terwijl de omnivore en piscivore soorten juist positief worden beoordeeld (Tabel 7-64).

Tabel 7-64: Samenvatting van de beoordeling van de rekenparameters van broed- en niet-broedvogels.

Groep	criterium	Zeeschelde	Westerschelde
broedvogels			
Niet-broedvogels	instandhoudingsdoel		
	trend		
	Mult Species Index		
	MSI herbivoren	-	
	MSI benthivoren	-	
	MSI omnivoren		
	MSI piscivoren	-	
Exoten niet broedvogels	Aantal invasieve exoten		
	Aandeel invasieve exoten		

7.9. Toetsparameter Zeezoogdieren

7.9.1. Inleiding

In het Schelde-estuarium lopen verschillende zoogdiermonitoringsprogramma's. Deze richten zich voornamelijk op zeezoogdieren maar ook op een beperkt aantal andere soorten, die vermeld staan in een annex van de Habitatrichtlijn, zoals Noordse woelmuis, bever, otter en een aantal vleermuissoorten. Van deze laatste soorten is de relatie met het ecologisch functioneren van het estuariene systeem beperkt en er vindt van deze soorten geen systematische, gebieddekkende monitoring plaats, zodat ze hier verder buiten beschouwing worden gelaten.

Er zijn in de Westerschelde drie zeezoogdiersoorten permanent aanwezig: gewone zeehond, grijze zeehond en bruinvis. Deze soorten staan aan de top van de voedselketen en zijn daardoor een goede indicator voor het functioneren van het ecosysteem. Van deze drie soorten is de bruinvis niet geschikt als indicator, omdat deze soort vanwege zijn gedrag niet systematisch gemonitord wordt. De grijze zeehond wordt sinds 2005 regelmatig in de Westerschelde waargenomen en sinds 2018 is hiervoor ook een behoudsdoelstelling geformuleerd (Ministerie van LNV, 2018). Voor de gewone zeehond bestond al een instandhoudingsdoel (Ministerie van I&M, 2016).

Er zijn ook regelmatig meldingen van bruinvissen en zeehonden in de Zeeschelde, maar hiervan vindt geen systematische monitoring plaats (Van Ryckegem *et al*., 2020). Het voorkomen van deze soorten in de Zeeschelde wordt dan ook niet betrokken in de evaluatie in het kader van de T2021.

De gewone en grijze zeehonden zijn onderdeel van de populaties in het Deltagebied. De Voordelta vormt voor beide soorten het belangrijkste gebied en de dieren uit de Westerschelde wisselen hier mee uit. Ook vindt er van beide soorten uitwisseling plaats tussen Voordelta en Waddenzee.

7.9.2. Rekenparameters gewone zeehond en grijze zeehond

7.9.2.1. Aantal gewone zeehonden

Data

Het volgende datafiche wordt gebruikt voor het analyseren van de rekenparameter *Gewone zeehond Westerschelde*:

- S-DH-N-008 – Zeehonden

Definitie

De populatie van de gewone zeehond in de Westerschelde moet in augustus minstens 1% bedragen van de populatie in de Waddenzee voor een positieve beoordeling

Methodiek

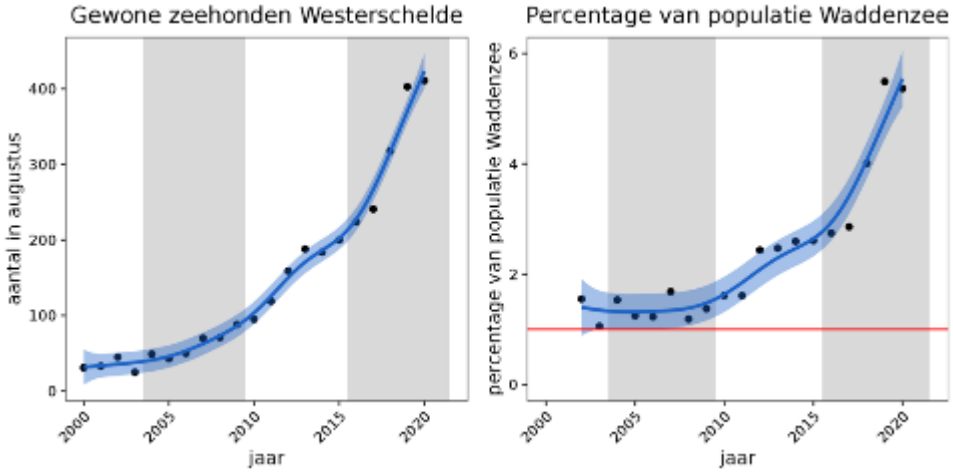
De laagwatertellingen van gewone zeehonden in de Westerschelde laten zien dat in de maand augustus de kleinste variatie in totaalaantallen optreedt, zodat op basis van de augustusaantallen een goede uitspraak kan worden gedaan over de ontwikkeling van het totale aantal gewone zeehonden.

Het aantal dieren is niet alleen afhankelijk van (a)biotische factoren in het estuarium, maar de populatie is in feite een onderdeel van de populatie in de zuidelijke Noordzee, inclusief Waddengebied. Aangezien

de aantallen in de Voordelta aanzienlijk kunnen variëren, terwijl de aantallen in de Waddenzee veel stabieler zijn, worden de aantallen gewone zeehonden in de Westerschelde vergeleken met de aantallen in de Waddenzee.

Analyse

De aantallen gewone zeehonden zijn sinds de eeuwwisseling in de Westerschelde sterk toegenomen. Ten opzichte van 2015 zijn de aantallen in 2020 zelfs verdubbeld tot rond de 400 dieren (Figuur 7-104).



Figuur 7-104: De ontwikkeling van de gewone zeehond in de Westerschelde tijdens de laagwatertelling in augustus (links) en de verhouding tussen het aantal gewone zeehonden in augustus in de Westerschelde en het aantal geteld in de Waddenzee (rechts). De rode lijn is de 1% lijn.

De groei van de populatie in de Westerschelde is veel sterker dan die in de Waddenzee, zodat de aantallen in de Westerschelde de laatste jaren zelfs meer dan 5% bedragen van de populatie van de gewone zeehond in de Waddenzee (Figuur 7-104). Er wordt dan ook ruimschoots voldaan aan het criterium dat het aantal gewone zeehonden minstens 1% moet bedragen van de populatie in de Waddenzee. Vooral de groei van de populatie in de Westerschelde in 2018 en 2019 is opvallend.

7.9.2.2. Verklarende parameter aantal pups gewone zeehond

Data

Het volgende datafiche wordt gebruikt voor het analyseren van de verklarende parameter *Aantal pups gewone zeehond geboren in de Westerschelde*:

- S-DH-N-008 – Zeehonden

De volgende gegevens worden gebruikt:

- MWTL-monitoring zeehonden

Definitie

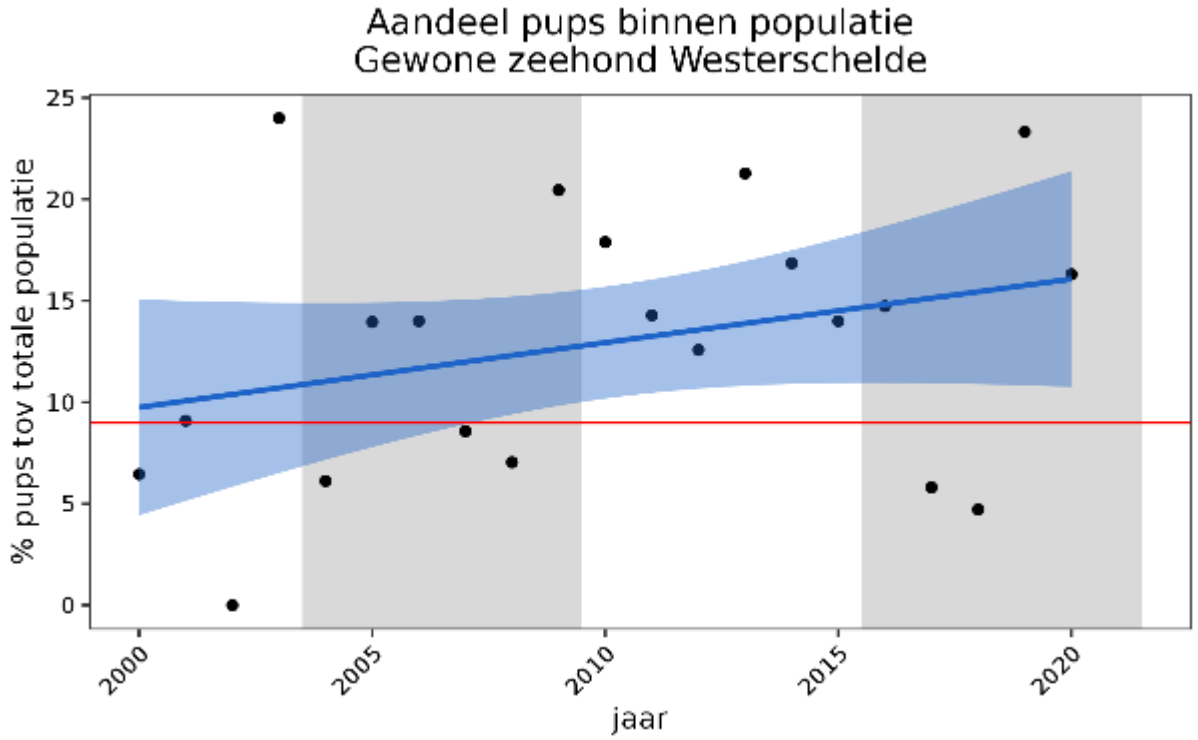
Om niet afhankelijk te zijn van immigratie dient de reproductie van de gewone zeehond in de Westerschelde voldoende te zijn om de populatie duurzaam in stand te houden. Dit kan indien het aantal pups in juli minstens 9% van de aanwezige populatie in augustus bedraagt (Fijn *et al.*, 2013). Het aantal pups in de Westerschelde moet voor een positieve beoordeling gemiddeld minstens 9% van het in augustus aanwezige aantal gewone zeehonden bedragen.

Methodiek

Bij de jaarlijkse MWTL-monitoring worden met laagwater de zeehonden op de droogvallende platen geteld, waarbij onderscheid wordt gemaakt tussen pups en volwassen dieren. De pups zijn geboren in de Westerschelde en de aantallen tijdens de juli-telling worden voor het desbetreffende jaar als maat voor de reproductie in de Westerschelde genomen. Door het aandeel van de pups te berekenen in het totale aantal gewone zeehonden in augustus in de Westerschelde kan beoordeeld worden of de reproductie voldoende is om de populatie van de gewone zeehond in de Westerschelde in stand te houden.

Analyse

Tussen jaren blijken er aanzienlijke verschillen te zijn in de reproductie van de gewone zeehond in de Westerschelde. In de periode van de T2021 (2016-2021) is er nog steeds een stijgende tendens in het aandeel pups (Figuur 7-105). Echter, zowel in 2017 als in 2018 lag het aandeel van de pups in de populatie beneden 9%, zodat de reproductie in deze jaren onvoldoende was om de populatie door reproductie op peil te houden. Dit wordt echter ruimschoots gecompenseerd door de reproductie in de overige jaren, zodat de trend nog steeds positief is. Wel dient in de evaluatie naar de mogelijke oorzaak of oorzaken van deze lage reproductie gekeken te worden.



Figuur 7-105: Het aandeel van de aantallen pups met laagwater in juli op de platen in de Westerschelde ten opzichte van de populatie gewone zeehonden in het desbetreffende jaar in de Westerschelde. Het aandeel pups dient minstens 9% (rode lijn) te bedragen om de populatie van de gewone zeehond in de Westerschelde in stand te kunnen houden.

7.9.2.3. Aantal grijze zeehonden

Data

Het volgende datafiche wordt gebruikt voor het analyseren van de rekenparameters *Aantal grijze zeehonden in de Westerschelde*:

- S-DH-N-008 – Zeehonden

De volgende gegevens worden gebruikt:

- MWTL-monitoring zeehonden

Definitie

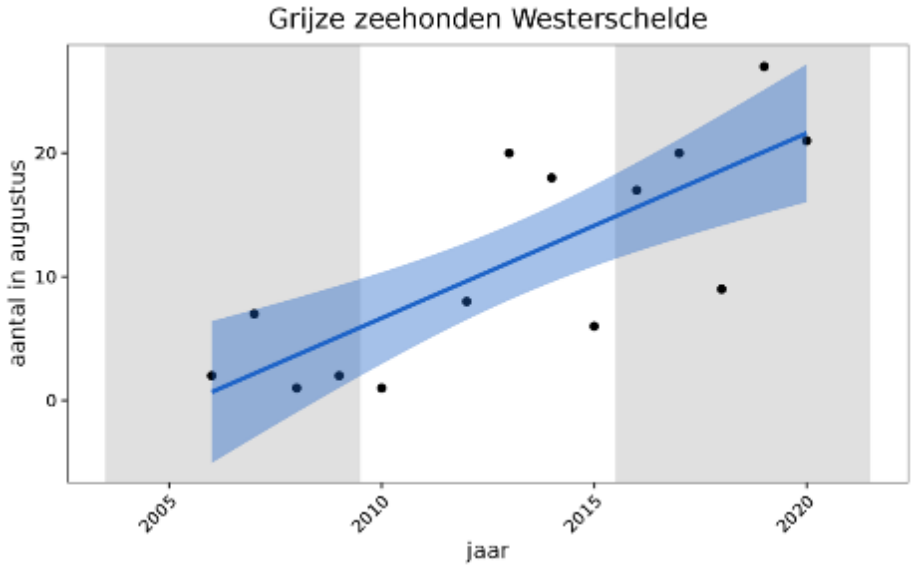
De aantallen van de grijze zeehond zijn in de Westerschelde nog in ontwikkeling. De dieren van de Westerschelde wisselen uit met de gebieden in de Voordelta, waarvan de dieren op hun beurt weer uitwisselen met zowel de Waddenzee als de Engelse oostkust. De soort komt pas vanaf 2005 weer regelmatig in de Westerschelde voor, maar plant hier zich nog maar weinig voort. In het Wijzigingsbesluit Habitatrichtlijngebieden vanwege aanwezige waarden (Ministerie voor Natuur en Stikstof, 2022) wordt voor de grijze zeehond in de Westerschelde een behoudsdoelstelling aangegeven. Als criterium geldt dat de aantallen geen negatieve trend mogen vertonen.

Methodiek

De aantallen zeehonden in de Westerschelde worden, met een kleine onderbreking in het najaar, maandelijks tijdens laagwater met behulp van een vliegtuig geteld. Er blijken vrij grote schommelingen te zitten in de waargenomen aantallen. In de maand augustus is er de kleinste variatie in de waargenomen aantallen, zodat op basis van het aantal grijze zeehonden in die maand de meest zinvolle uitspraak over de ontwikkeling van de aantallen grijze zeehonden in de Westerschelde gedaan kan worden. Er wordt een trend berekend, die niet negatief mag zijn.

Analyse

De ontwikkeling van het aantal grijze zeehonden laat de afgelopen vijftien jaren een positieve trend zien. Ten opzichte van de periode van de T2015 zijn de aantallen gemiddeld bijna verdubbeld en de trend lijkt ook nog niet af te vlakken (Figuur 7-106). Hiermee wordt voldaan aan de behoudsdoelstelling voor de grijze zeehond in de Westerschelde.



Figuur 7-106: De ontwikkeling van de grijze zeehond in de Westerschelde tijdens de laagwatertelling in augustus.

7.9.3. Exoten

Exoten worden niet standaard gemonitord, zodat geen overzicht is gemaakt van invasieve en non-invasieve exoten.

7.9.4. Conclusie en beoordeling zeezoogdieren

De populatie van de gewone zeehond in de Westerschelde vormt een onderdeel van de populatie in de Voordelta, die op zijn beurt weer uitwisselt met de veel grotere populatie in de Waddenzee. De populatie van de gewone zeehond in de Westerschelde voldoet aan de eis dat de populatiegrootte minstens 1% van de populatiegrootte in de Waddenzee moet bedragen. De gemiddelde reproductie in de Westerschelde is in de periode 2016-2020 voldoende hoog (>9%) om de populatie in de Westerschelde in stand te houden. Wel lag de reproductie in de jaren 2018 en 2019 beneden de benodigde reproductie, maar dit werd ruimschoots gecompenseerd door de reproductie in andere jaren.

De grijze zeehond is pas sinds 2005 weer regelmatig in de Westerschelde aanwezig. De dieren wisselen uit met de dieren in de Voordelta die weer een onderdeel zijn van de populatie in de zuidelijke Noordzee. Voor de grijze zeehond bestaat sinds 2018 een behoudsdoelstelling. De populatiegroei is nog steeds positief en lijkt ook nog niet af te buigen, zodat hiermee aan de behoudsdoelstelling wordt voldaan.

Tabel 7-65: Samenvatting van de beoordeling van de verschillende parameters voor zeezoogdieren in de Westerschelde. Groen: evaluatie positief; rood: evaluatie negatief.

soort	parameter	specificatie	Westerschelde
gewone zeehond	verhouding aantal Westerschelde : Waddenzee	rekenparameter	
	aantal pups geboren	verklarende parameter	
grijze zeehond	behoudsdoelstelling	rekenparameter	

7.10. Toetsparameter Exoten

Exoten zijn soorten die door toedoen van menselijk handelen in een nieuwe omgeving worden geïntroduceerd (EU, 2014). Exoten die zich vestigen in het Schelde-estuarium en stabiele populaties opbouwen zijn doorgaans ongewenst. Er dient evenwel een onderscheid gemaakt te worden tussen sporadische aanwezigheid en verstorende activiteit. Verstoring treedt voornamelijk op wanneer de uitheemse soort de inheemse soorten verdrukt en de bestaande gemeenschap uit balans brengt. Dit laat toe om een soort gradatie of opsplitsing uit te voeren voor bij het analyseren van de aanwezige exoten. De lijst in bijlage is gebaseerd op verschillende bestaande lijsten (zie Sectie 7.1) en voorziet zo'n onderscheid in twee grote groepen exoten: (1) *Invasieve exoten* en (2) *Overige exoten*. Voor de samenvatting van deze toetsparameter worden echter enkel de volgende rekenparameters gehanteerd: *Aantal invasieve soorten* (Sectie 7.10.1) en *Fractie invasieve exoten* (Sectie 7.10.2).

Zoals eerder aangehaald, wordt er binnen deze toetsparameter slechts een samenvatting voorzien van de analyses die binnen de verschillende trofische groepen werden uitgevoerd. Meer informatie omtrent de spatiale kenmerken en het temporeel verloop van de beschouwde rekenparameters voor zowel de *invasieve exoten* als voor de *overige exoten* kan gevonden worden in de groep-specifieke secties, weergegeven in Tabel 7-66.

Tabel 7-66: Overzicht van de secties waarin de analyses met betrekking tot de invasieve exoten *en* overige exoten *in meer detail worden beschreven. Deze analyses dienen als basis voor de samenvattende toetsing binnen de toetsparameter* Exoten*. De trofische groep* Zeezoogdieren *is hierin niet opgenomen, aangezien daarvoor enkel naar zeehonden wordt gekeken.*

Trofische groep	Sectie
Vegetatie	7.2.4
Fytoplankton	7.3.5.7
Zoöplankton	7.4.5.5
Macrozoöbenthos	7.5.3.4
Hyperbenthos	7.6.3
Vissen	7.7.4.2
Vogels	7.8.4

7.10.1. Aantal invasieve exoten

Invasieve exoten zijn in de periode *2016-2021* in nagenoeg elke zone waargenomen, met uitzondering van de trofische groepen *Fytoplankton* en *Zoöplankton*. Bovendien blijkt het aantal ten opzichte van de voorgaande periode (*2010-2015*) voor de meeste trofische niveaus niet toe te nemen, waardoor voldaan wordt aan het vooropgestelde criterium (zie Tabel 7-67). Enkel het aantal invasieve vissen vertoont in de periode *2016-2021* een toename ten opzichte van periode *2010-2015* in nagenoeg alle zones, terwijl het aantal invasieve soorten binnen het macrozoöbenthos enkel in de Westerschelde lijkt toe te nemen. Voor het hyperbenthos wordt er geen toename van het aantal invasieve soorten doorheen het volledige estuarium waargenomen.

Tabel 7-67: Toetsing van de invasieve soorten die waargenomen werden in de verschillende zones (Zeeschelde en Westerschelde) in het Schelde-estuarium in de periode 2016-2021 ten opzichte van de periode 2010-2015. Een groene achtergrond weerspiegelt geen toename van het aantal invasieve exoten, terwijl een rode achtergrond een toename van het aantal exoten binnen een specifieke zone weergeeft.

Zone	Vegetatie	Fytoplankton	Zoöplankton	Macrozoöbenthos	Hyperbenthos	Vissen	Vogels
Zijrivieren							
Zoet zijrivier	-	-	-	-	-	-	-
Durme		-	-				
Rupel	-	-	-				
Zeeschelde							
Zoet kort verblijf		-	-				
Zoet lang verblijf		-	-				
Oligohalien		-	-				
Saliniteitsgradient		-	-				
Westerschelde							
Mesohalien		-	-				
Zwak polyhalien		-	-				
Sterk polyhalien		-	-				

7.10.2. Fractie invasieve exoten

Net zoals het aantal invasieve soorten lijkt de fractie van invasieve soorten ten opzichte van de voorgaande periode (*2010-2015*) voor de meeste trofische niveaus af te nemen, waardoor voldaan wordt aan het vooropgestelde criterium (zie Tabel 7-68). Ook hier vertoont de fractie invasieve vissen in de periode *2016-2021* een toename ten opzichte van periode *2010-2015* in nagenoeg alle zones. Zowel het macrozoöbenthos, het hyperbenthos als de vogels vertonen in meerdere zones een toename van de fractie invasieve exoten, waarbij minder aan het toetscriterium wordt voldaan dan voor het aantal invasieve exoten (zie Sectie 7.10.1). Deze toename van de fractie zonder toename van het aantal soorten suggereert een verstoring/verdrukking van de bestaande gemeenschap door de aanwezige invasieve exoten.

Tabel 7-68: Toetsing van de fracties van invasieve exoten (ten opzichte van de gemeenschap) die waargenomen werden in de verschillende zones (Zeeschelde en Westerschelde) in het Schelde-estuarium in de periode 2016-2021 ten opzichte van de periode 2010-2015. Een groene achtergrond weerspiegelt geen toename van het aantal invasieve exoten, terwijl een rode achtergrond een toename van het aantal exoten binnen een specifieke zone weergeeft.

Zone	Vegetatie	Fytoplankton	Zoöplankton	Macrozoöbenthos	Hyperbenthos	Vissen	Vogels
Zijrivieren							
Zoet zijrivier	-	-	-	-	-	-	-
Durme		-	-				
Rupel	-	-	-				
Zeeschelde							
Zoet kort verblijf		-	-				
Zoet lang verblijf		-	-				
Oligohalien		-	-				
Saliniteitsgradient		-	-				
Westerschelde							
Mesohalien		-	-				
Zwak polyhalien		-	-				
Sterk polyhalien		-	-				

7.11. Verklarende parameters

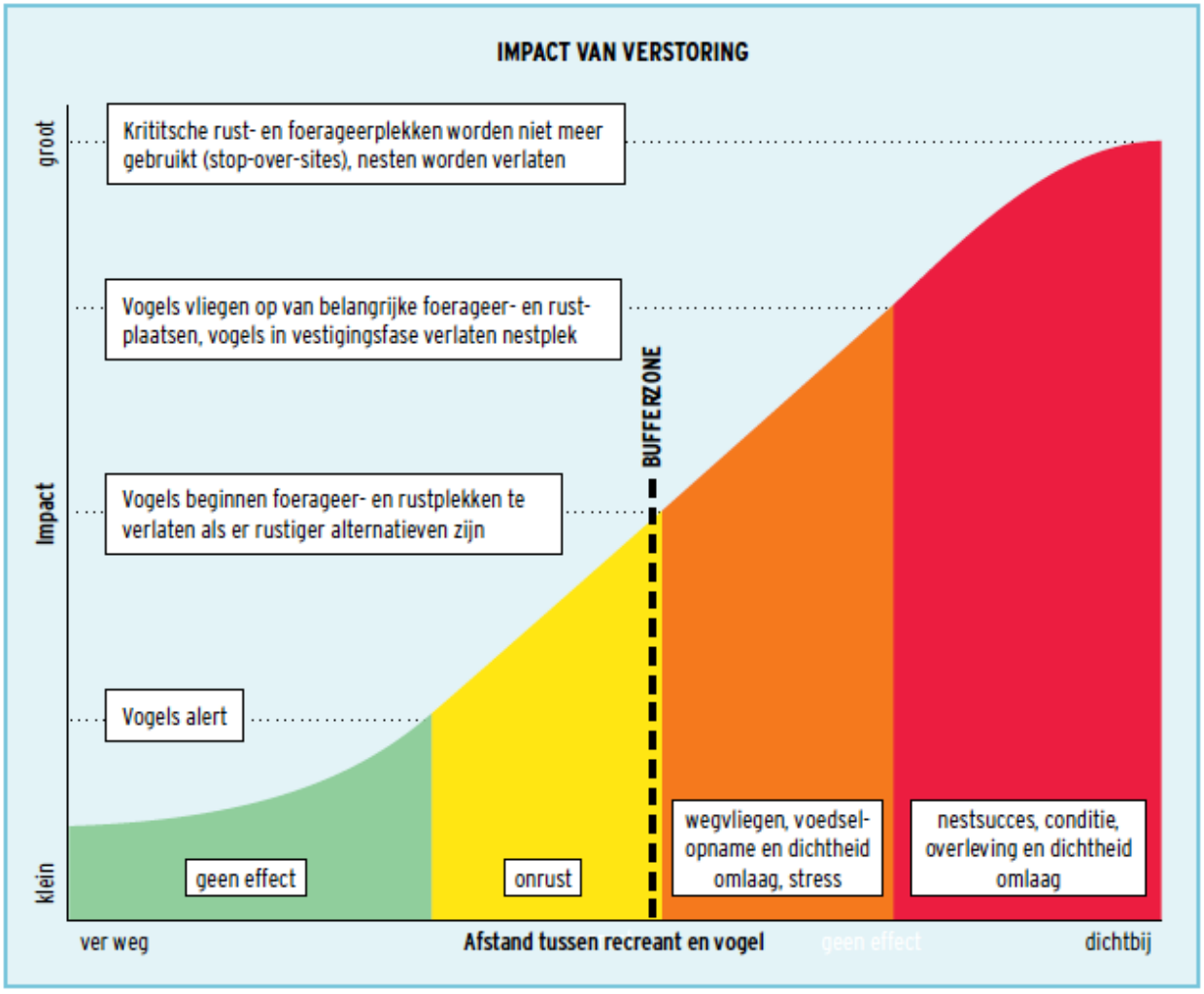
7.11.1. Aanwezigheid Hoogwatervluchtplaatsen

In getijdensituaties kunnen vogels in het intergetijdengebied maar een deel van hun tijd foerageren, omdat met hoogwater het foerageergebied onbereikbaar wordt. De steltlopers en een deel van de eenden vertrekken enige tijd voor hoogwater naar de zogenoemde hoogwatervluchtplaatsen (HVP's) om daar te gaan overtijen, totdat het water voldoende gezakt is om weer voedsel te kunnen zoeken. De duur van deze noodgedwongen rusttijd verschilt per vogelsoort. Scholeksters vertrekken vaak al drie uur voor hoogwater naar de HVP, terwijl bonte strandlopers en tureluurs vaak tot anderhalf uur voor hoogwater blijven foerageren. Met afgaand water vertrekken deze vogels ook veel eerder van de HVP dan scholeksters.

Grotere steltlopersoorten als de scholekster eten over het algemeen grotere prooien, die meestal laag in het intergetijdengebied voorkomen. Kleine prooien komen vaak tot hoog in de intergetijdenzone voor, zodat daar eerder op gefoerageerd kan worden. Een ander verschil is dat grote steltlopers in vergelijking met kleine steltlopers een groter deel van hun dagelijkse voedselopname intern kunnen opslaan en dus meenemen naar de HVP om daar te verteren (Van de Kam *et al.,* 1999).

Vogels verzamelen zich tegen hoogwater op veilige plaatsen met weinig verstoring. Het voordeel van een groep is dat predatoren eerder worden opgemerkt en ook kan in de beschutting van de groep energie worden bespaard. Soorten verschillen in voorkeur voor de plekken waar ze overtijen. Steenlopers overtijen in kleine groepjes verspreid langs de hoogwaterlijn, maar zwarte ruiters, groenpootruiters en kanoeten verzamelen zich in een gebied tot één grote groep, waarbij afstanden van 10-15 km afgelegd kunnen worden. Binnen hoogwatervluchtplaatsen verschillen soorten ook in hun voorkeur: groenpootruiters overtijen bij voorkeur langs slenkranden in schorren, terwijl de kanoet vegetatie lijkt te mijden. Bovendien wordt deze soort nauwelijks binnendijks gezien. Scholeksters, wulpen, rosse grutto's en tureluurs kunnen zowel binnen- als buitendijks overtijen. Veel soorten hebben daarbij wel een voorkeur voor kale plekken (Van de Kam *et al.,* 1999).

Het gebruik van HVP's kan zowel tijd- als seizoensafhankelijk zijn. Rond de Oosterschelde bleken steltlopers 's nachts andere plekken als HVP te kunnen benutten dan overdag. Plekken die overdag (te) veel menselijke verstoring kenden, bleken 's nachts wel gebruikt te worden als hoogwatervluchtplaats (Wolf *et al.,* 1999). Op Vlieland bleek de HVP-keuze door scholeksters afhankelijk van het seizoen te zijn. In de winter, wanneer er minder verstoring door toeristen is, bleken scholeksters meer van de HVP's bij het dorp gebruik te maken, terwijl in de zomer de vogels uitweken naar de Richel, waardoor ze per keer 8 km verder (heen+terug) moesten vliegen (Van der Kolk *et al*., 2022).



Figuur 7-107: Effect van menselijke verstoring als resultante van de afstand tussen vogel en menselijke verstoringsbron (recreatie) (uit: Krijgsveld et al., 2022).

De gevoeligheid voor menselijke verstoring is van verschillende factoren afhankelijk. De gevoeligheid voor verstoring neemt toe met de groepsgrootte, omdat het opvliegen wordt geïnduceerd door de meest gevoelige vogel. Daarnaast is de voorspelbaarheid van de route van de verstoringsbron erg belangrijk: volgt de verstoringsbron een vaste route (weg/pad) dan is de kans op verstoring kleiner dan wanneer er buiten de paden gelopen wordt (Krijgsveld *et al.*, 2022). Figuur 7-107 geeft de relatie tussen afstand van de verstoringbron tot de vogel en het daaruit resulterende effect schematisch weer.

Over het algemeen is de verstoringsafstand soortspecifiek, maar bij samengestelde groepen is de meest verstoringsgevoelige vogelsoort bepalend (Krijgsveld *et al.,* 2022). Indien het aantal verstoringen te hoog wordt, waardoor teveel energie met vliegbewegingen verloren gaat kunnen door directe verstoring een HVP, maar ook een foerageergebied verlaten worden. Indien een HVP ongeschikt wordt, kunnen ook foerageergebieden verlaten worden, omdat de kosten van de vliegsafstand onvoldoende gecompenseerd kunnen worden.

In Bijlage F.3.3. is het gebruik van hoogwatervluchtplaatsen langs de Westerschelde in de vier jaargetijden samengevat. In het voorjaar bevindt de grootste HVP zich op de Hooge Platen en kleinere

HVP's op de Plaat van Baarland en de Plaat van Ossenisse. Direct langs de oever zijn alleen kleinere HVP's aanwezig. Tussen Breskens en Terneuzen zijn nauwelijks HVP's aanwezig. In de zomer is er een vergelijkbaar beeld met grote groepen op de Hooge Platen, Plaat van Ossenisse, Plaat van Baarland en bij het Zuidgors. Dit zijn alle gebieden die niet toegankelijk zijn. Langs de wel toegankelijke oevers verblijven slechts kleine aantallen vogels. In de herfst bevinden de grote HVP's zich op dezelfde locatie als in de zomer. Opvallend is dat langs de directe oever nu veel meer kleine HVP's aanwezig zijn. In de winter zijn de Hooge Platen en de Plaat van Ossenisse nog steeds verreweg het belangrijkst. De noordoever is nu voor een belangrijk deel verlaten. Dit is in tegenstelling met de zuidoever waar nog wel een flink aantal kleine HVP's aanwezig is.

Vermoedelijk is de toeristische activiteit in voorjaar en zomer zo hoog dat de vogels bij voorkeur de platen gebruiken om te overtijen. In de herfst neemt de verstoring af waardoor de vogels op meer plaatsen kunnen overtijen. In de winter lijkt de noordoever deels verlaten te worden. Mogelijk hangt dit samen met het feit dat langs de zuidoever de vogels meer uit de wind kunnen zitten.
Door Heunks *et al.* (2008) is het gebruik van het traject tussen Breskens en Braakmanhaven door watervogels als HVP en het gebiedsgebruik door recreanten geanalyseerd. Een druk gebiedsgebruik door recreanten in voorjaar en zomer gaat samen met lagere aantallen vogels, waarbij de vogels zich concentreren in de minder toegankelijke gebieden. In de winter is het recreatieve gebruik laag en zitten de vogels verspreid over het gehele traject. In de herfst is het toeristisch gebruik van het traject sterk afhankelijk van de weersomstandigehden: bij mooi weer zijn er veel recreanten en weinig vogels en bij ongunstige weersomstandigheden is de sitiuatie omgekeerd.

De tellingen langs de Zeeschelde vinden plaats tijdens laagwater, zodat deze tellingen niet gebruikt kunnen worden om HVP's aan te geven.

8. Menselijke activiteiten

8.1. Inleiding

Het Schelde-estuarium is al sinds mensenheugenis onderhevig aan menselijke activiteiten: in- en ontpoldering, onderhoud van de vaargeul, het zuiveren van geloosd afvalwater enzovoort. Dergelijke activiteiten kunnen een impact hebben op verschillende aspecten van het systeem. Om een doordachte evaluatie van de andere hoofdstukken te bewerkstelligen, dient men rekening te houden met zowel de directe als indirecte effecten van menselijke activiteiten.

Dit hoofdstuk beoogt één duidelijk, centraal overzicht te geven van de relevante menselijke activiteiten. Het vormt zo een ondersteunend hoofdstuk voor de evaluatie van de piramides.

8.2. Sedimentbeheer

8.2.1. Inleiding

Om de toegankelijkheid te verbeteren, brengt men de vaargeulen en havens op gewenste diepte waarna men, om de toegankelijkheid in stand te houden, deze diepte onderhoudt. Samen met zandwinning kan dit een aanzienlijke invloed uitoefenen op het netto sedimentvolume en de ruimtelijke verdeling ervan.

We onderscheiden 6 types:

1. Aanlegbaggerwerk: sinds 2006 wordt niet enkel het volume, maar ook het doel van de baggerwerken geregistreerd: aanleg- of onderhoudsbaggerwerk. Het aanlegbaggerwerk beoogt een uitruiming van de vaargeul en/of het aanleggen of uitbreiden van havendokken.
2. Onderhoudsbaggerwerk spitst zich toe op het in stand houden van de vaargeul. Deze focussen voornamelijk op kritieke locaties zoals de drempels.
3. Sedimentextractie: bij een aantal onderhoudsbaggerwerken wordt een deel van het sediment niet opnieuw teruggestort in het systeem maar afgevoerd en/of aangewend voor bouwwerken. Deze volumes worden afzonderlijk gerapporteerd als sedimentextractie. Sinds 2015 werd dergelijke sedimentextractie stopgezet ten gevolge van bepalingen binnen de VNSC.
4. Havenstortingen: de baggerinspanning in de Nederlandse havens en het Kanaal Gent-Terneuzen. De zuivere specie uit de havens en net achter de sluizen wordt teruggestort op specifieke locaties in de Westerschelde.
5. Zandwinning: zandwinning op de Westerschelde en Zeeschelde zorgt voor een verlies aan sediment van het systeem.
6. Slibslepen: op specifieke locaties in het estuarium – e.g. de toegangsgeul naar sluizen – wordt er slib verplaatst door middel van slibslepen.

Bovenstaande activiteiten worden behandeld per deelsysteem – daar dit verband houdt met de registratiewijze en databeschikbaarheid.

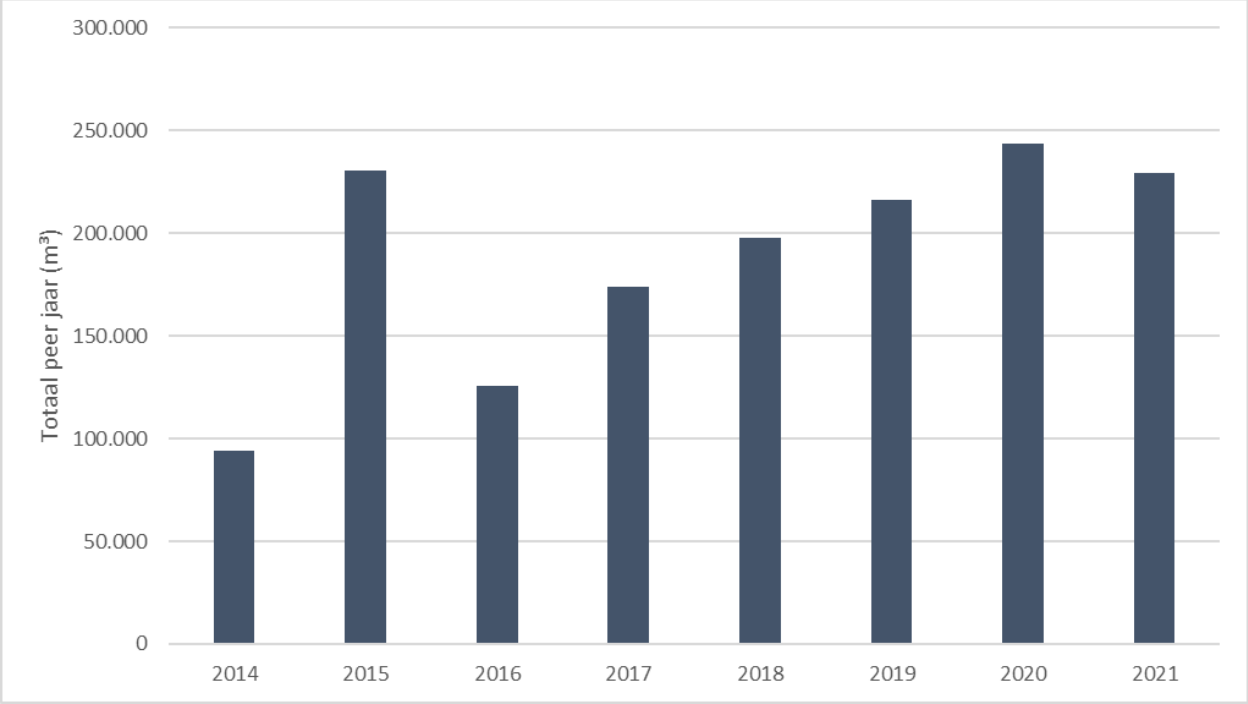
8.2.2. Data

Alle gegevens zijn opgevraagd en aangeleverd door onderstaande instanties:

1. Departement Mobiliteit en Openbare Werken, Afdeling Maritieme Toegang
2. Rijkswaterstaat Zee & Delta
3. De Vlaamse Waterweg nv

8.2.3. Monding

De onderhoudsbaggerwerken in het mondingsgebied, meer specifiek bij de Sardijngeul, worden weergegeven in Figuur 8-1. Sinds 2014 is een duidelijke graduele stijging zichtbaar met het jaar 2015 als uitschieter. In 2021 is echter terug een lichte daling zichtbaar.

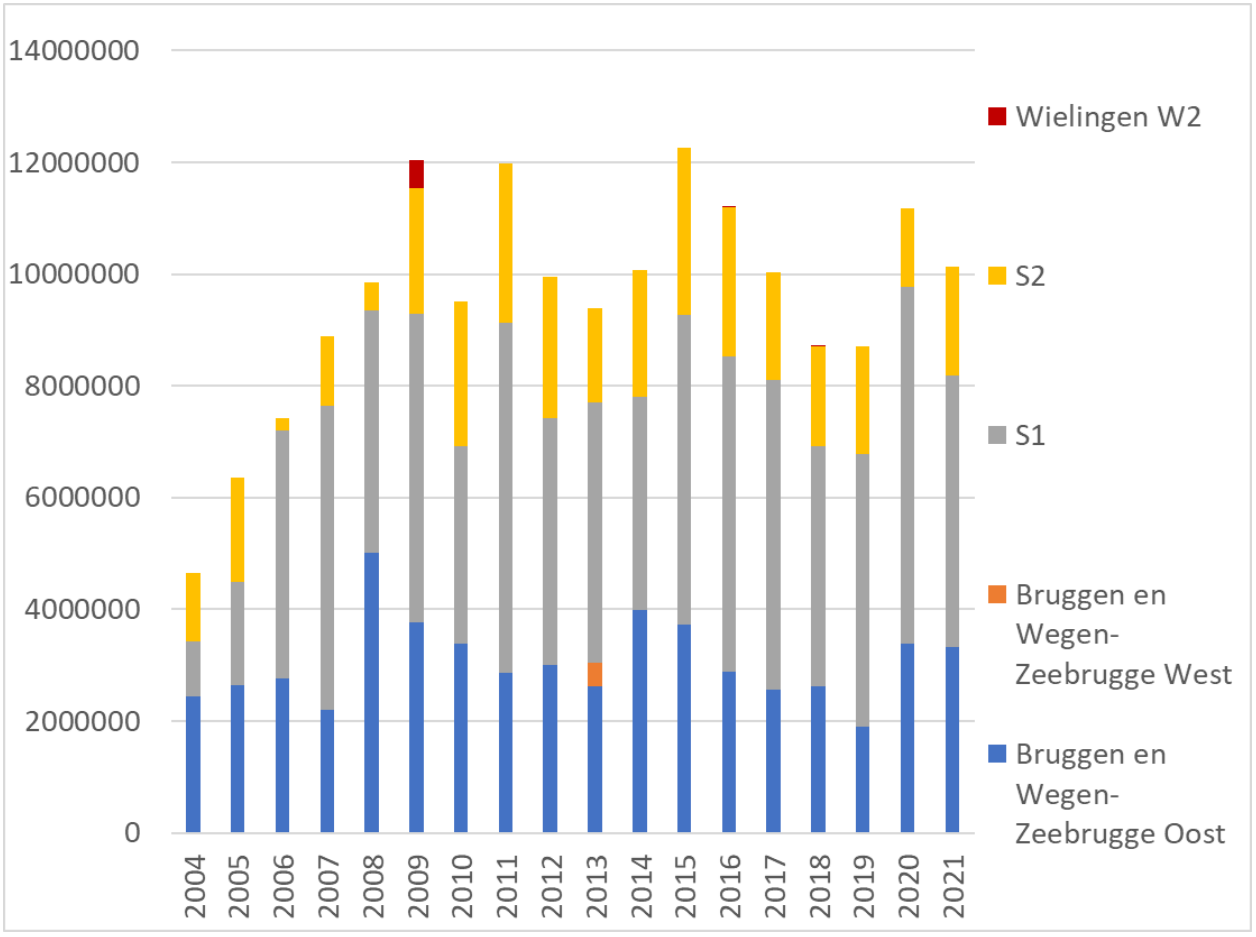


Figuur 8-1: Volume onderhoudsbaggerwerken (m³) in de Sardijngeul (monding) voor de periode 2014 – 2021.

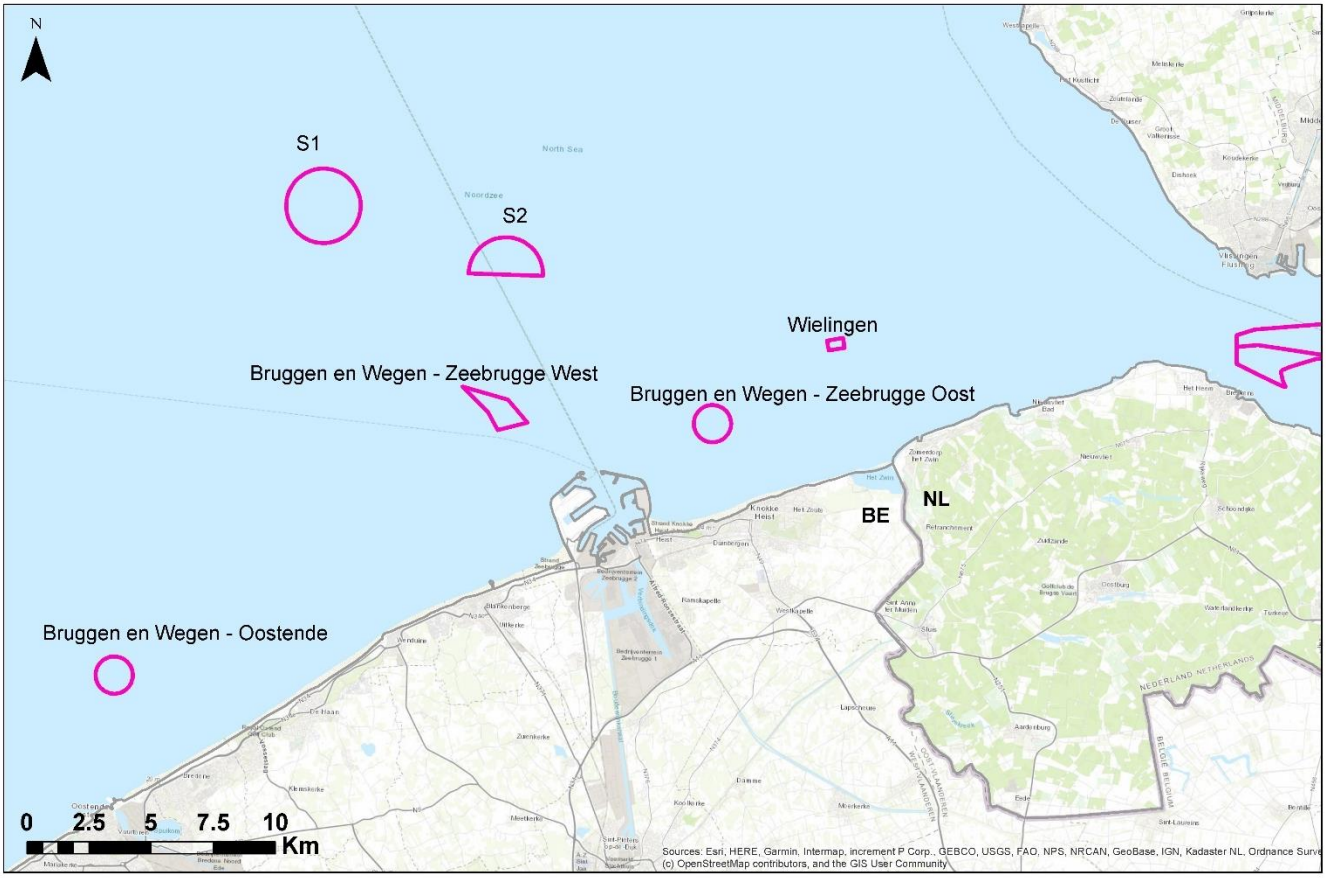
Onderstaande Figuur 8-2 presenteert het volume/gewicht (TDS) slib gestort op de stortlocaties in en nabij het mondingsgebied (Figuur 8-3). Merk op hoe er nauwelijks zand gestort wordt en deze bijgevolg niet behandeld wordt. Men kan volgende punten waarnemen:

1. De stortvolumes (TDS) slib stegen tot in 2009. Hierna fluctueerden de volumes aanzienlijk, maar valt er geen duidelijke trend waar te nemen.
2. De nieuwe stortplaats B&W Zeebrugge West wordt sinds 2022 in gebruik genomen. In 2013 werd hier al een eerste proefstorting uitgevoerd.
3. In Wielingen werd er enkel in 2009 een beperkt volume slib gestort.

Deze volumes zijn afkomstig van de onderhoudsbaggerwerken van de havens van Zeebrugge, Oostende en de vaarpassen naar deze havens.



Figuur 8-2: Stortvolume slib (TDS) in en nabij het mondingsgebied



Figuur 8-3: Stortlocaties nabij het mondingsgebied.

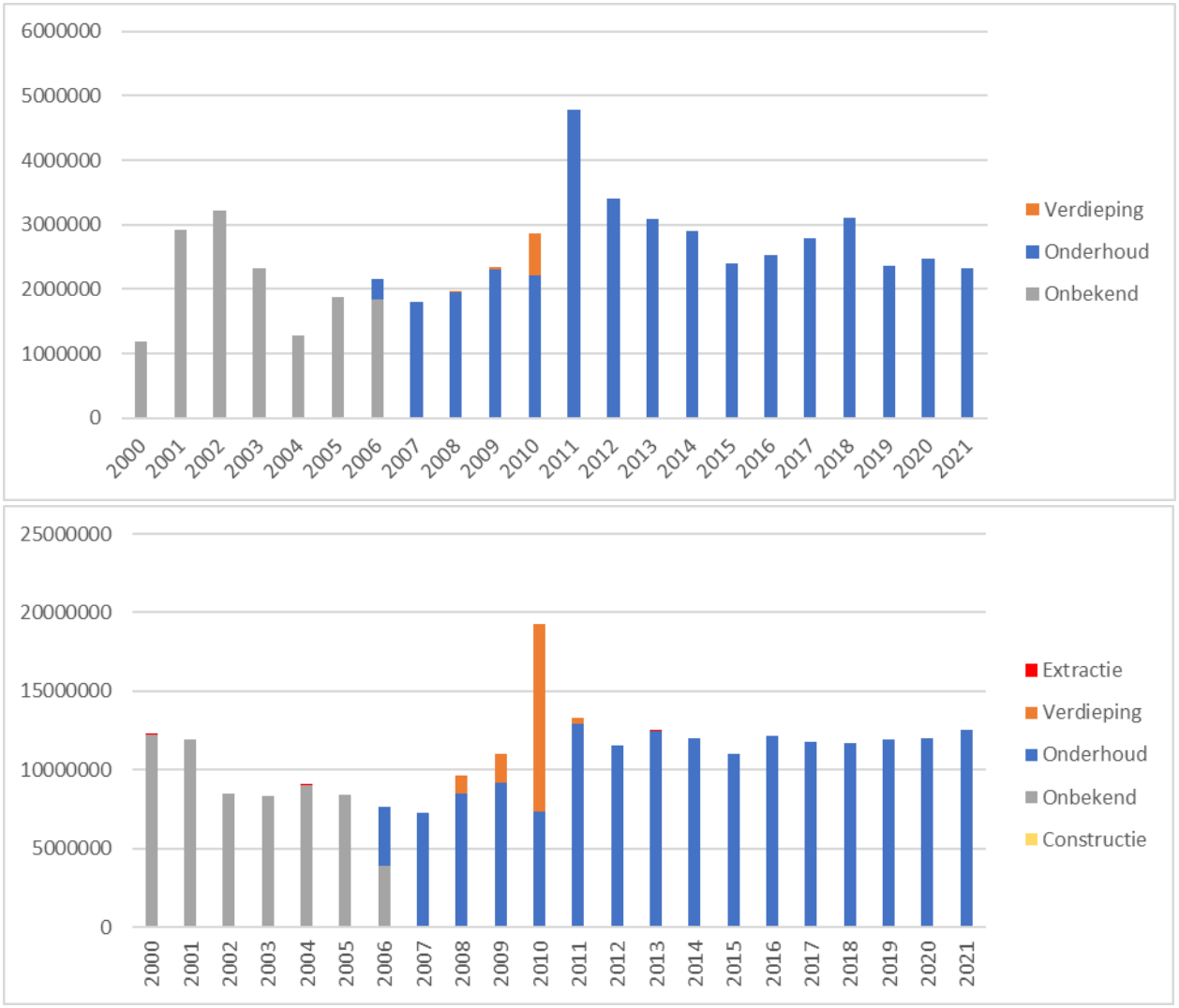
8.2.4. Westerschelde & Beneden-Zeeschelde

8.2.4.1. Verdeling sedimentextractie, aanleg- en onderhoudsbaggerwerk

Onderstaande figuren presenteren de hoeveel slib, fijn zand of mengeling fijn zand en kleinere fracties (gereduceerd volume) en zand (beunvolume) dat er gebaggerd werd voor specifieke doeleinden. Men kan volgende punten waarnemen:

1. Sinds 2000 werd er enkel nog in 2000, 2004 en 2013 zand gebaggerd tijdens onderhoudsbaggerwerk en aangeleverd aan derden: *lees sedimentextractie*.
2. Het type baggerwerk wordt pas systematisch bijgehouden sinds 2006. Het volume sinds 2000 kan men quasi volledig aanzien als onderhoudsbaggerwerk (excl. de minimale hoeveelheid sedimentextractie).
3. Verdieping en constructie vallen onder de noemer van *Aanlegbaggerwerk*. De derde verruiming is hier duidelijk zichtbaar met een piek in 2010 (startend in 2008 en eindigend in 2011).
4. Zowel het onderhoudsbaggervolume slib als zand ligt sinds 2011 (na de derde verruiming) hoger dan de periode 2003-2010. Het slibvolume kent een duidelijke piek in 2011 om dan een dalende trend te vertonen. Het zandvolume lijkt rond een plateau te schommelen zonder duidelijke trend.

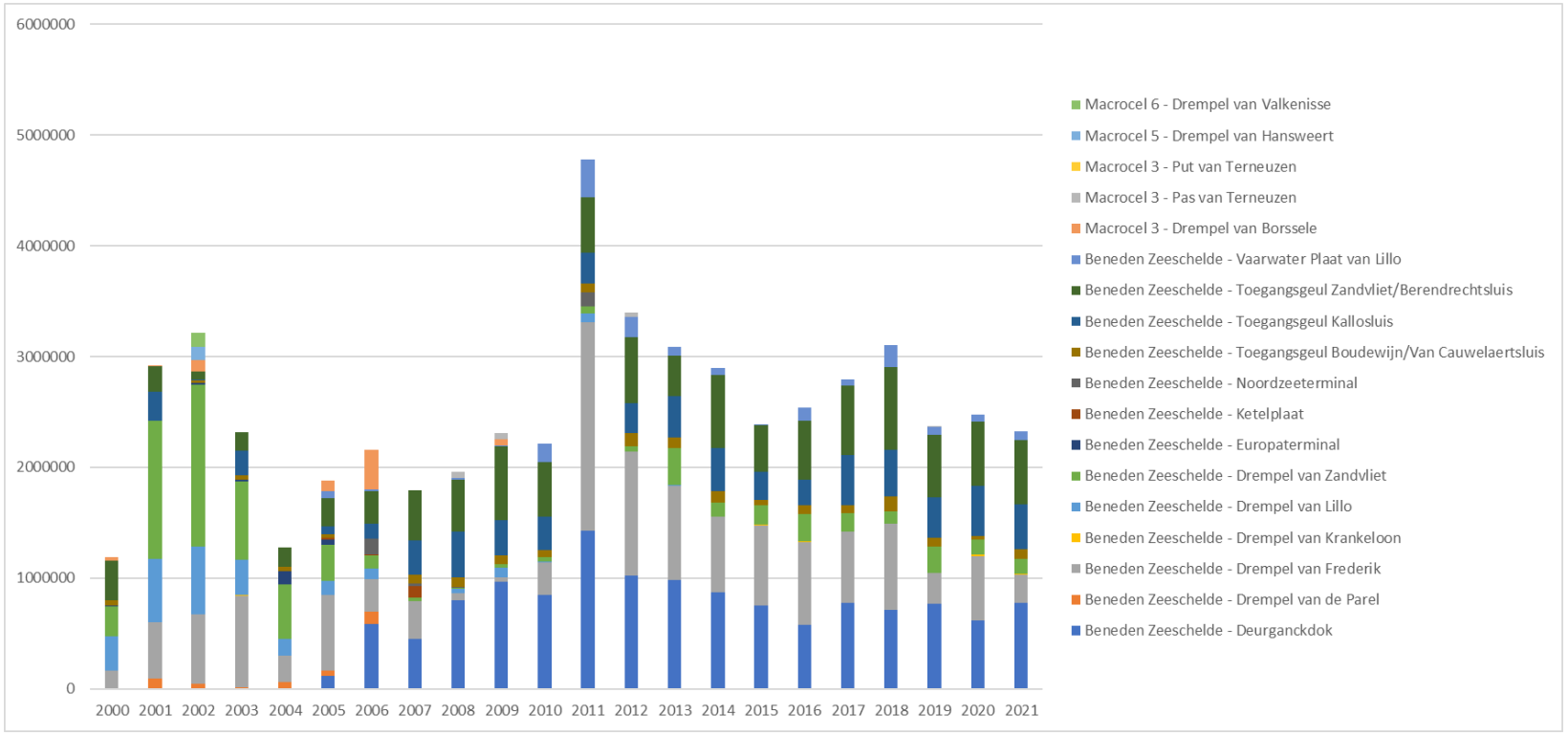
5. Er is in 2019 ook nog onderhoudszand ingezet voor ophoging bij het project Nieuwe Sluis Terneuzen: 600 000 m³ (beunvolume) zand afkomstig uit Macrocel 4 en 150 000 m³ (beunvolume) afkomstig uit Macrocel 1. Dit is evenwel gecompenseerd met zand uit het sluisproject zelf dat terug is gestort in de Westerschelde.



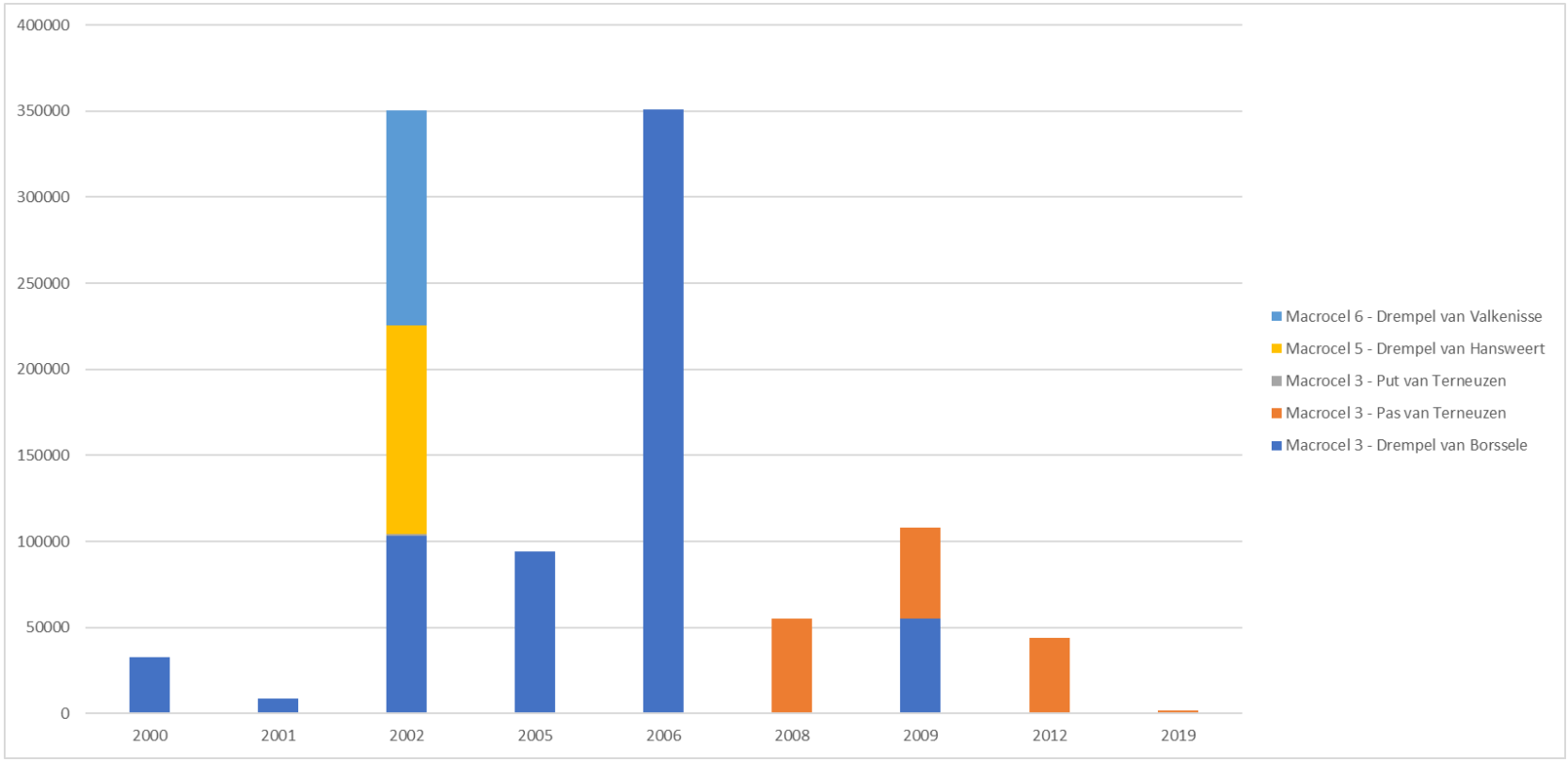
Figuur 8-4: Evolutie soort baggerwerk: slib, fijn zand of mengeling fijn zand en kleinere fracties (BOVEN – gereduceerd volume) en zand (ONDER – beunvolume)

8.2.4.2. Detail Onderhoudsbaggerwerk

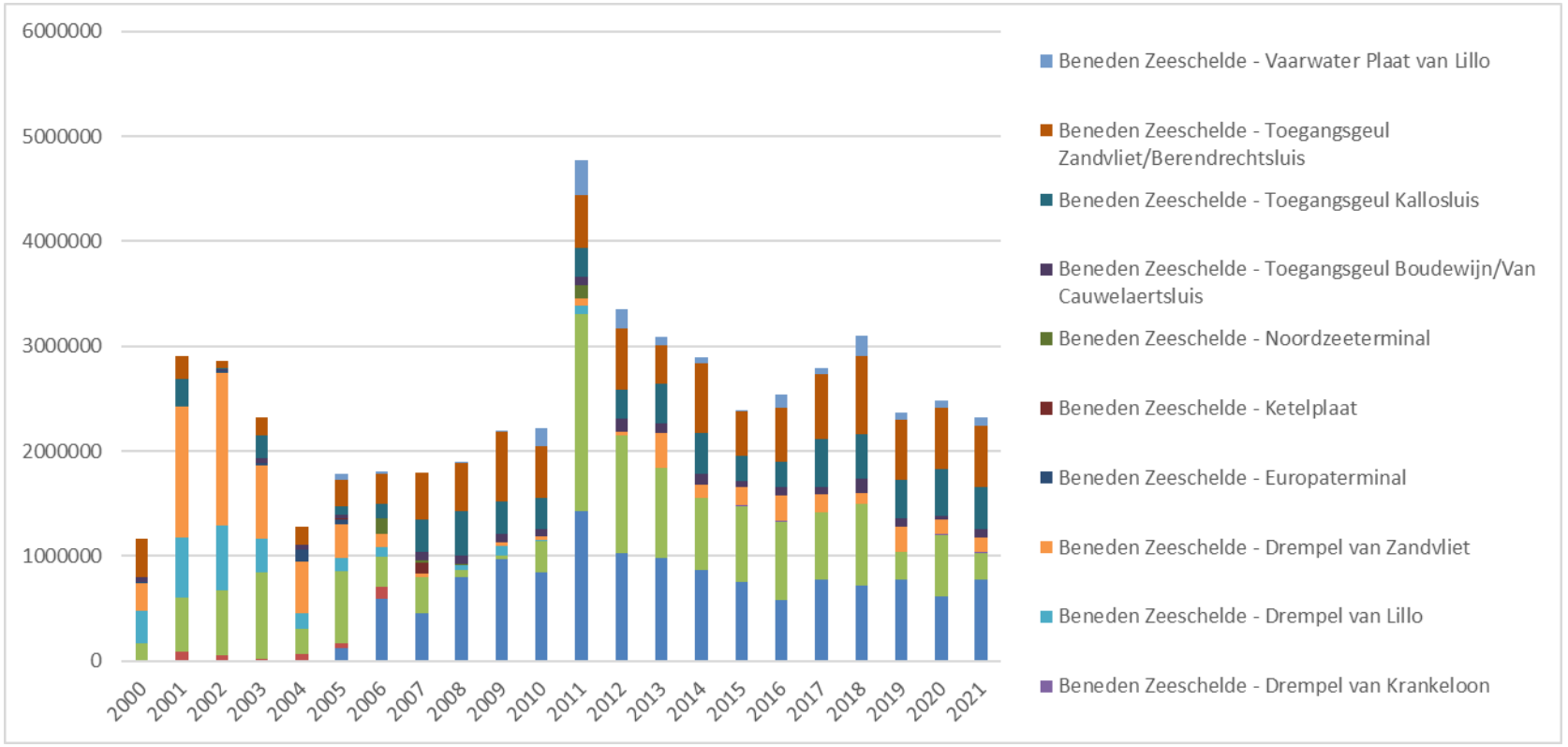
Onderstaande figuren presenteren het onderhoudsbaggerwerk gealloceerd naar slib & mengeling (gereduceerd volume) en zand (beunvolume), alsook naar bagger- en stortlocatie.



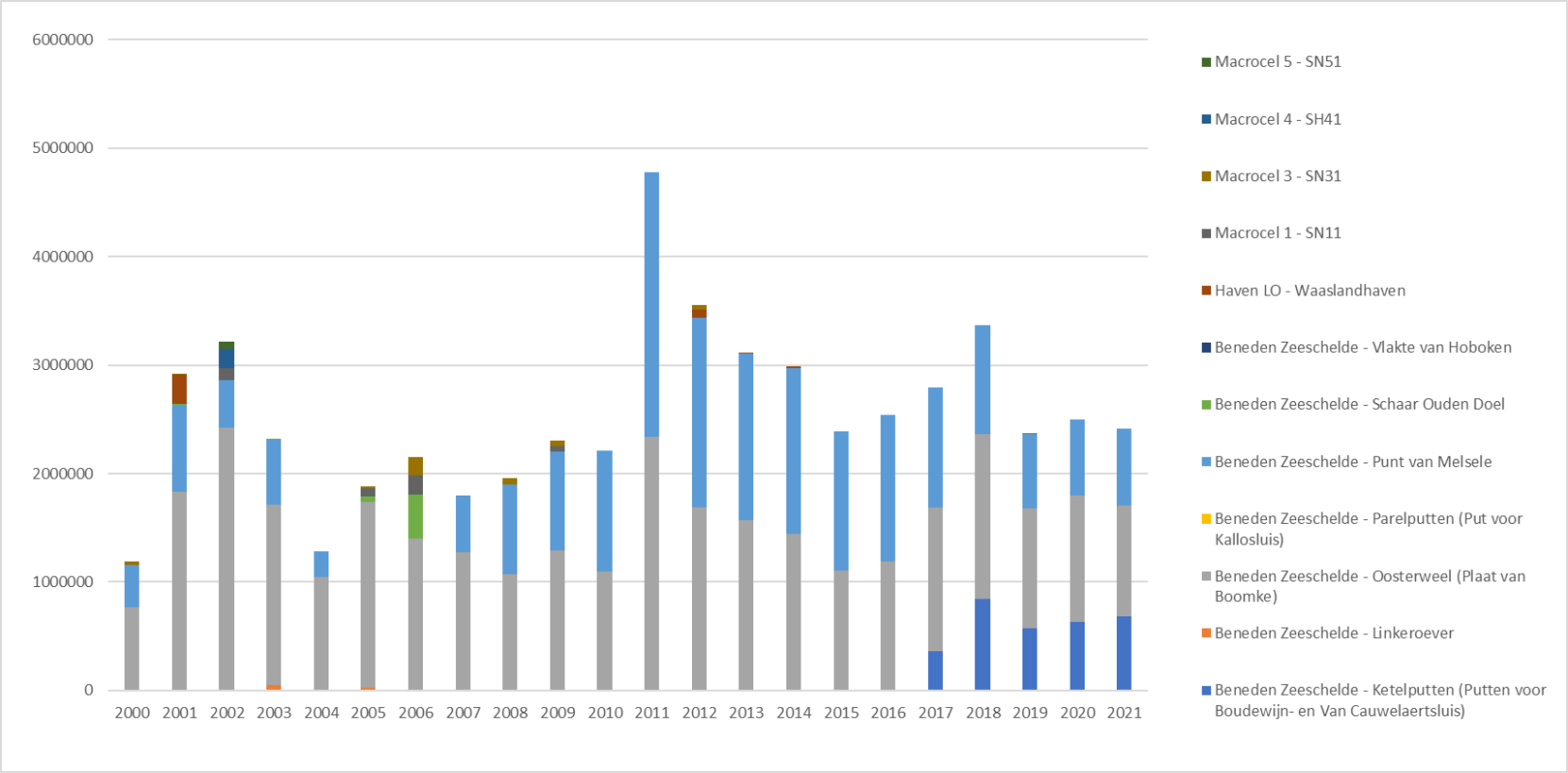
Figuur 8-5: Onderhoudsbaggervolume slib, fijn zand of mengeling fijn zand en kleinere fracties (gereduceerd volume) in de Westerschelde en Beneden-Zeeschelde; gealloceerd naar baggerlocatie.



Figuur 8-6: Onderhoudsbaggervolume slib, fijn zand of mengeling fijn zand en kleinere fracties (gereduceerd volume) in de Westerschelde; gealloceerd naar baggerlocatie.

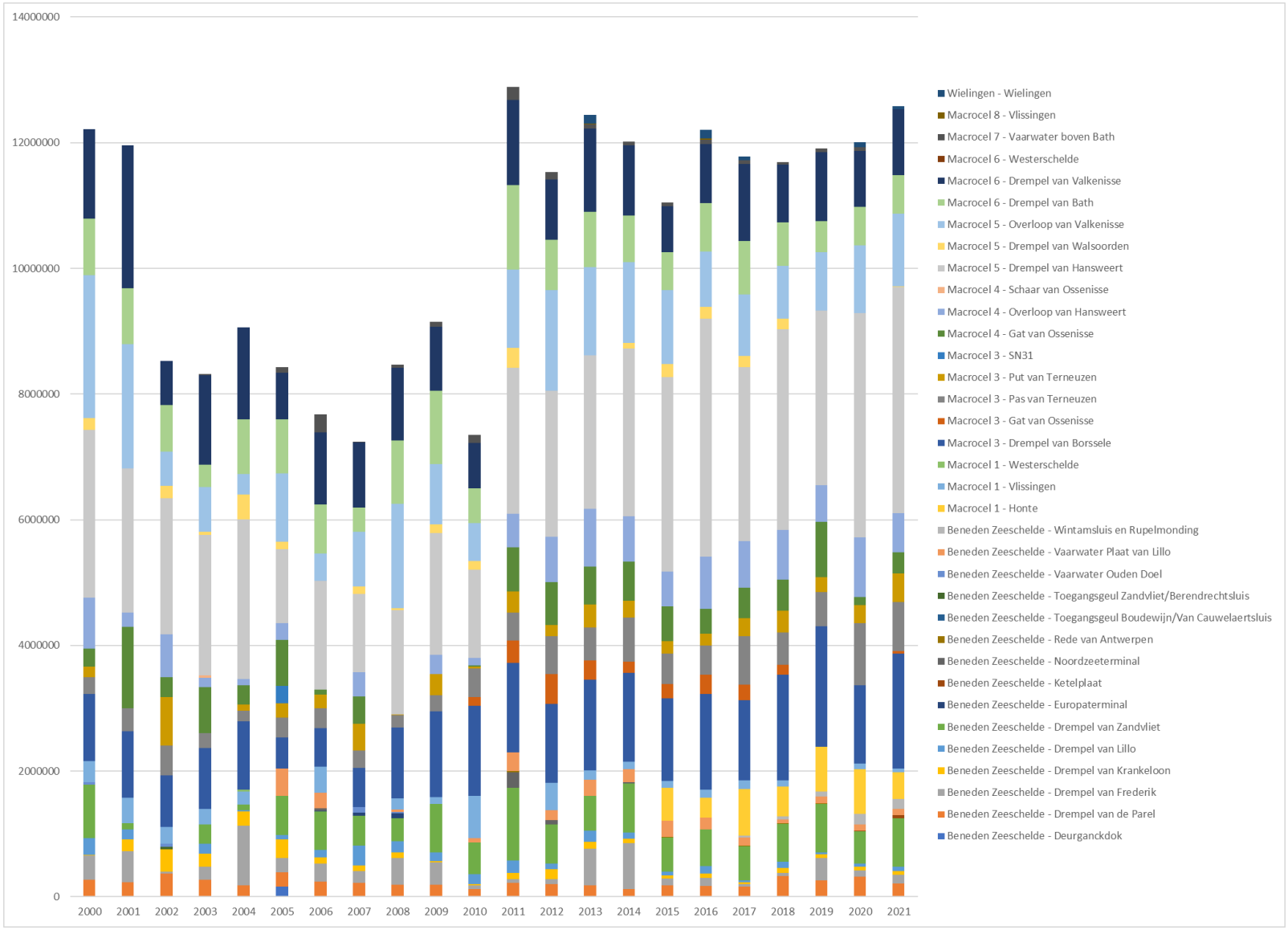


Figuur 8-7: Onderhoudsbaggervolume slib, fijn zand of mengeling fijn zand en kleinere fracties (gereduceerd volume) in de Beneden-Zeeschelde; gealloceerd naar baggerlocatie.

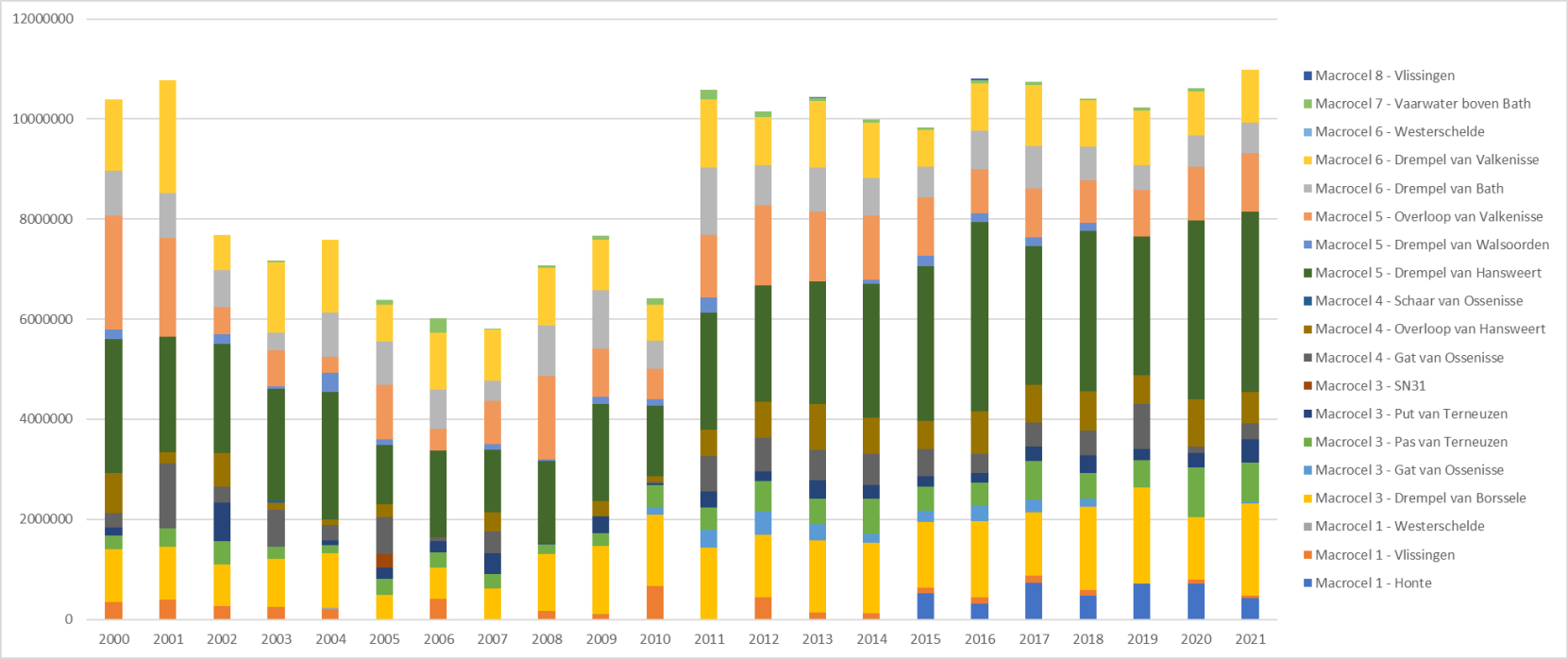


Figuur 8-8: Onderhoudsbaggervolume slib, fijn zand of mengeling fijn zand en kleinere fracties (gereduceerd volume) in de Westerschelde en Beneden-Zeeschelde; gealloceerd naar stortlocatie.

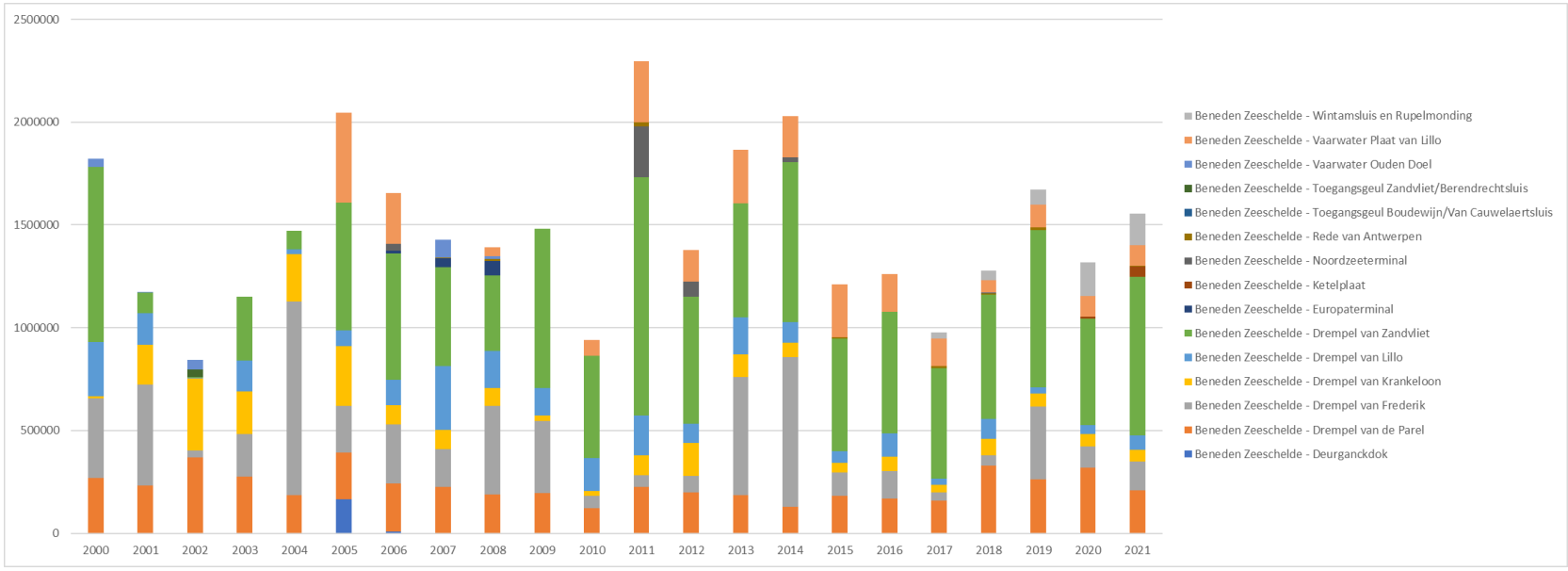
Zand



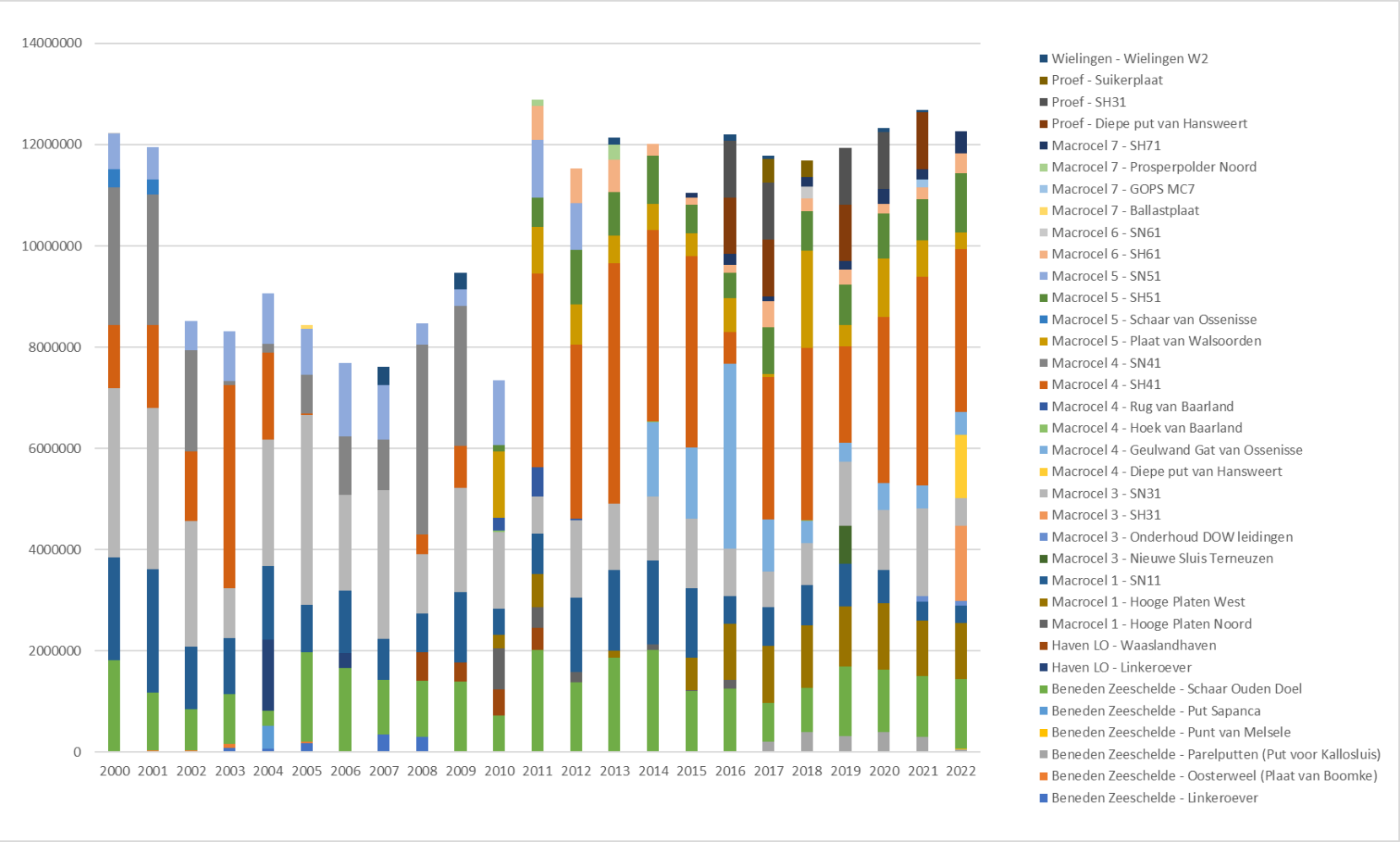
Figuur 8-9: Onderhoudsbaggervolume Zand (beunvolume) in de Westerschelde en Beneden-Zeeschelde; gealloceerd naar baggerlocatie.



Figuur 8-10: Onderhoudsbaggervolume Zand (beunvolume) in de Westerschelde; gealloceerd naar baggerlocatie.



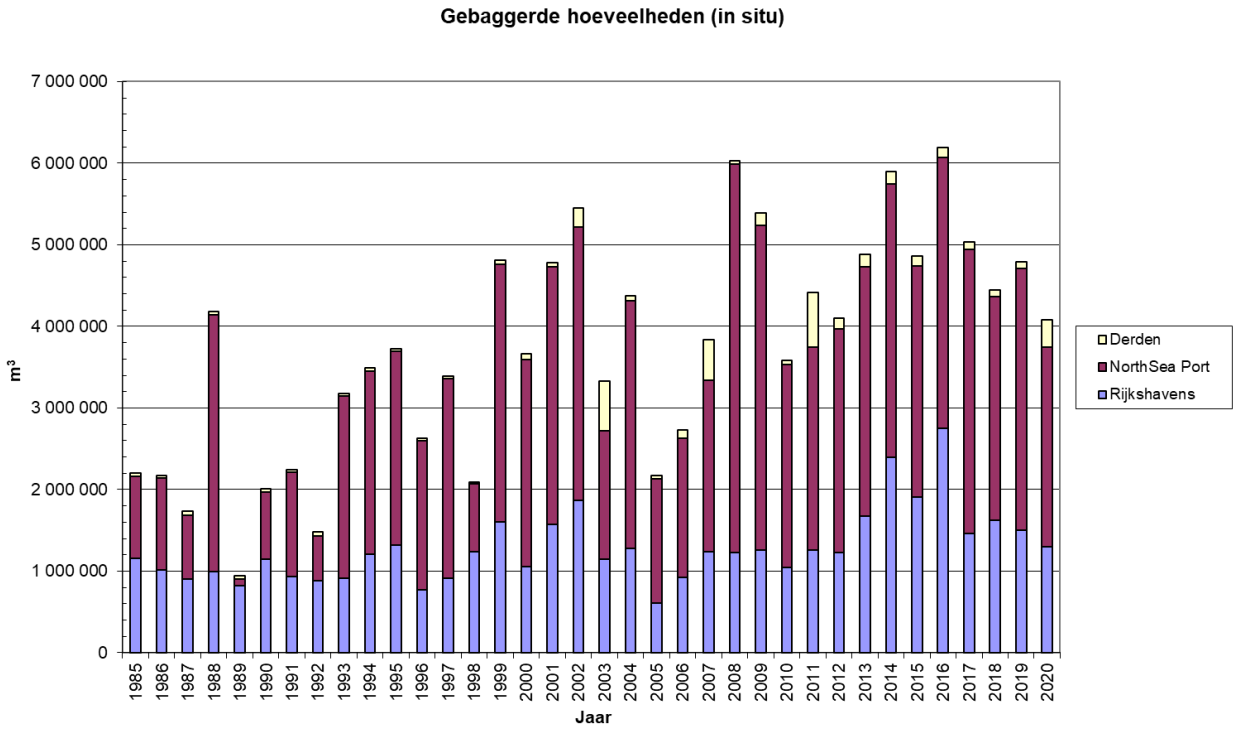
Figuur 8-11: Onderhoudsbaggervolume Zand (beunvolume) in de Beneden-Zeeschelde; gealloceerd naar baggerlocatie.



Figuur 8-12: Onderhoudsbaggervolume Zand (beunvolume) in de Westerschelde en Beneden-Zeeschelde; gealloceerd naar stortlocatie.

8.2.4.3. Havenstortingen

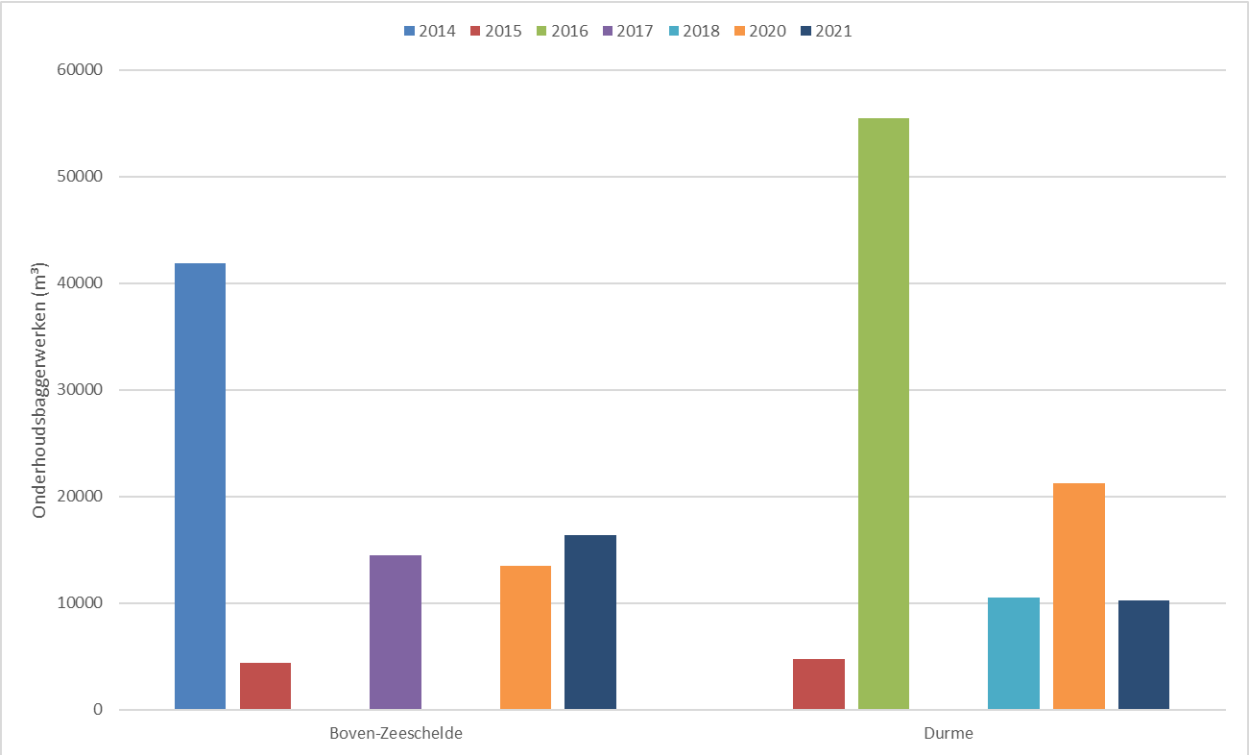
Onderstaande figuur presenteert de *Havenstortingen* (vnl. slib – in situ volume). In de vorige T-periode (2009-2015) vertoonden deze een stijging om hierna te pieken in 2016 en dan terug te dalen. In 2020 was het totale volume gelijkaardig aan ca. de start van voorgaande T-periode.



Figuur 8-13: Havenstortingen Westerschelde havens (in situ volume Slib).

8.2.5. Boven-Zeeschelde

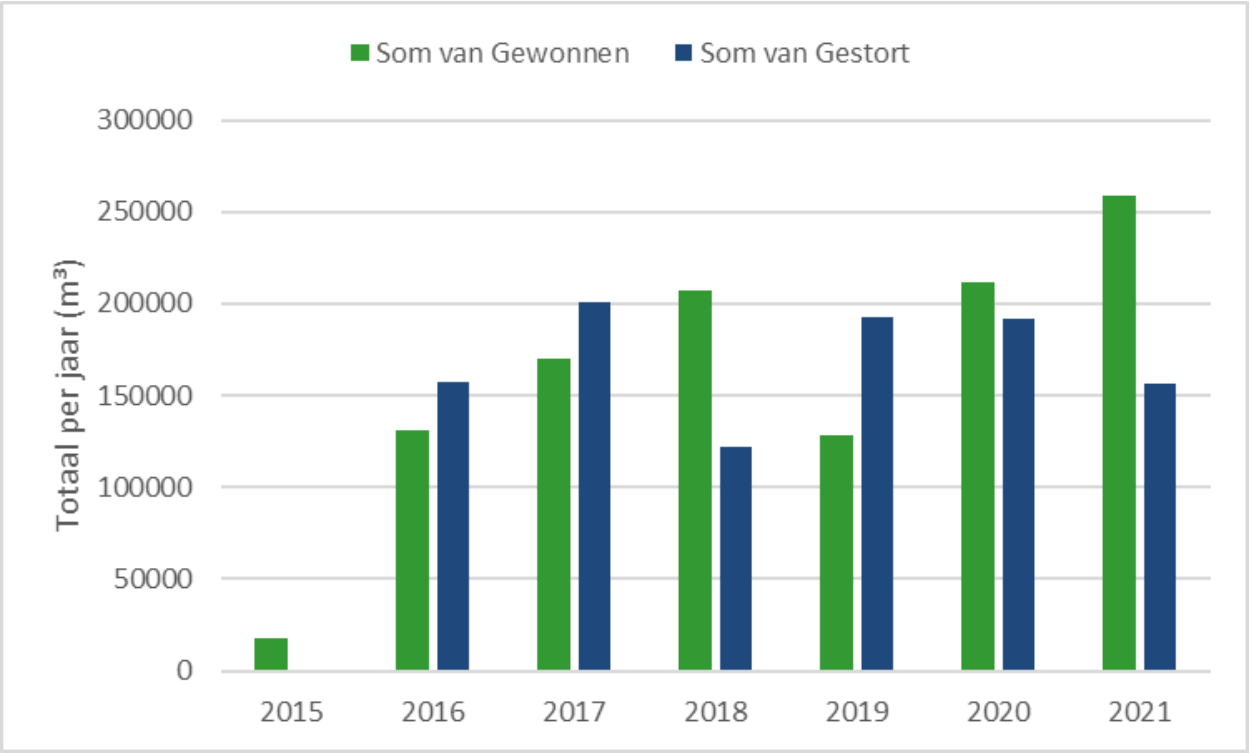
De totale hoeveelheden aan onderhoudsbaggerwerken uitgevoerd op de Boven-Zeeschelde (+Durme) voor de jaren 2014 – 2021 worden weergegeven in Figuur 8-14. Er kunnen grote verschillen worden vastgesteld in volumes voor de periode 2014 – 2016, na 2017 lijken deze volumes eerder gelijkaardig te blijven.



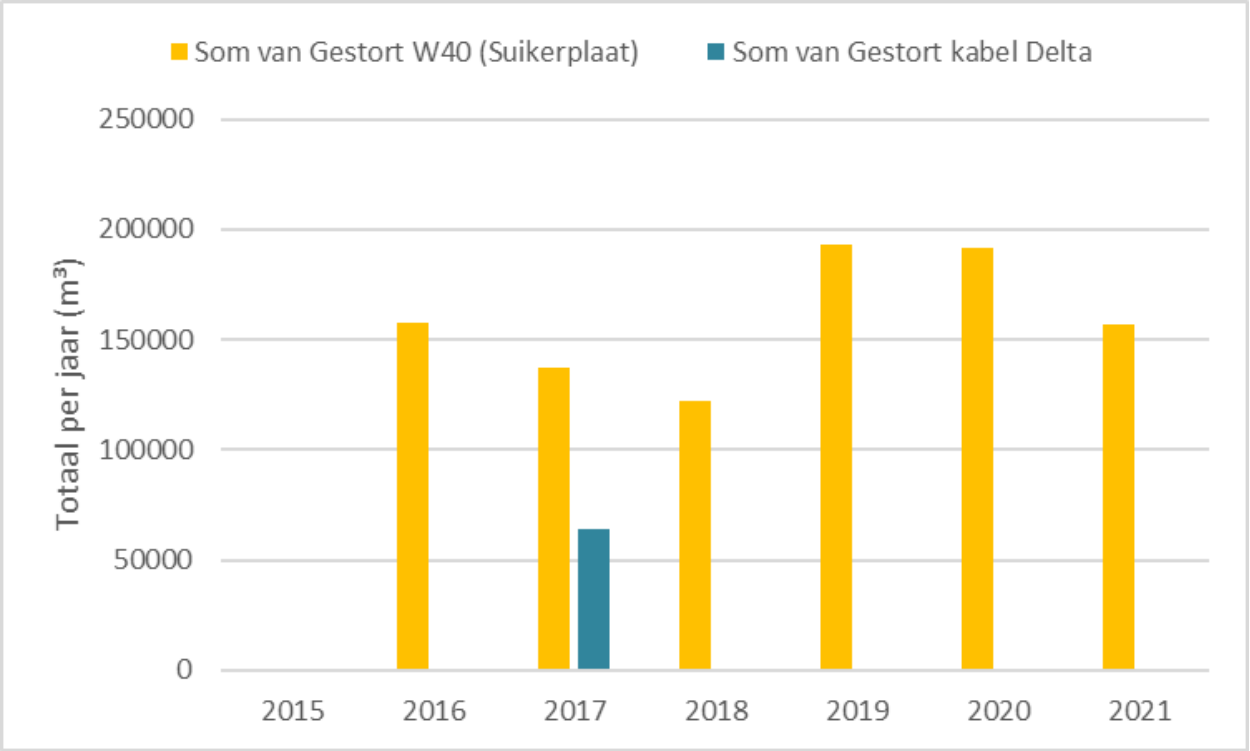
Figuur 8-14: Volume onderhoudsbaggerwerken (m³) op de Boven-Zeeschelde voor de periode 2014 – 2021.

8.2.6. Zandwinning

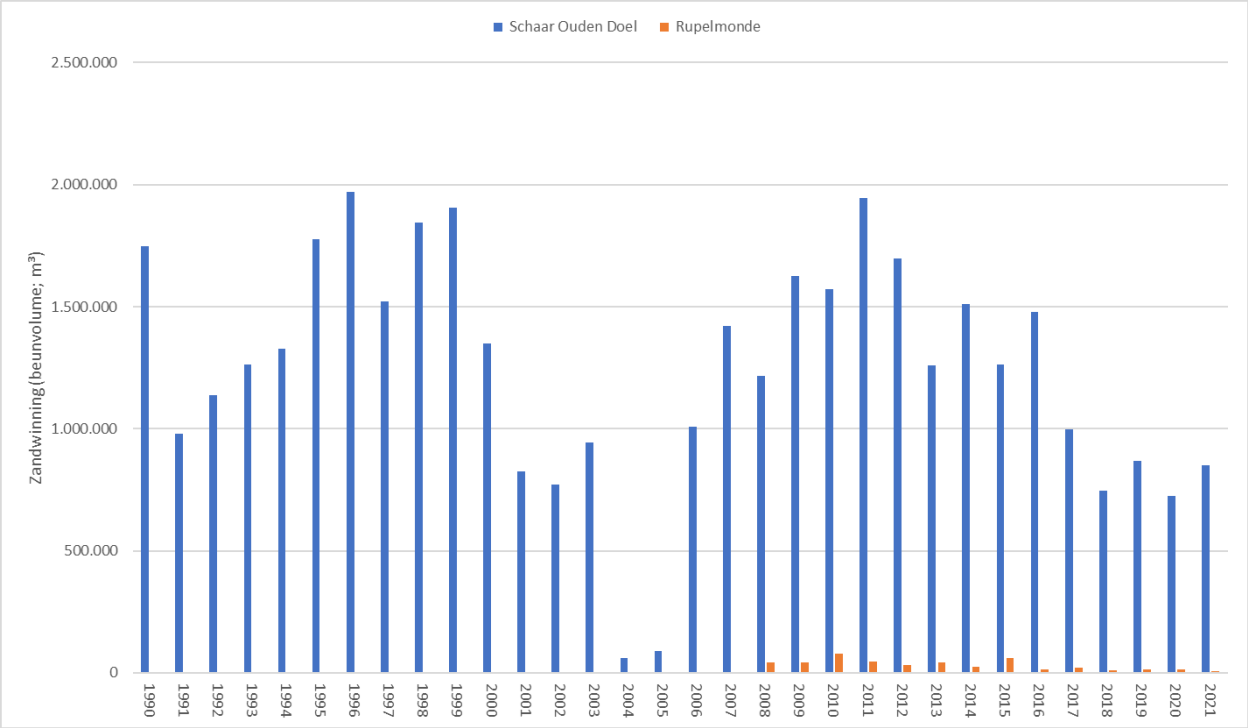
De totale zandwinning (hoeveelheden gewonnen en gestort) per jaar voor de Westerschelde wordt weergegeven in Figuur 8-15. De gewonnen en gestorte hoeveelheden variëren respectievelijk tussen de 125.000 – 260.000 m³ en 120.000 – 200.000m³. De data weergegeven voor de gewonnen hoeveelheden in 2015 is zeer afwijkend van het gemiddelde. Voor de gestorte hoeveelheden kan een onderscheid worden gemaakt tussen de 2 stortlocaties, Suikerplaat en Kabel Delta (Figuur 8-16). Op de locatie Kabel Delta werd in de beschouwde periode echter enkel gestort in 2017. Figuur 8-17 geeft de zandwinning per jaar voor de Beneden-Zeeschelde voor de locaties Schaar Ouden Doel en Rupelmonde. Voor de locatie Rupelmonde zijn pas vanaf 2008 data beschikbaar en de hoeveelheden zijn minimaal t.o.v. de hoeveelheden bij Schaar Ouden Doel. Het zand dat in de Schaar van Ouden Doel wordt gewonnen is zand dat uit de drempels van de Zeeschelde wordt gebaggerd en vervolgens in de Schaar van Ouden Doel wordt gestort.



Figuur 8-15: Totale zandwinning (m³) per jaar in de Westerschelde voor de periode 2015 – 2021.



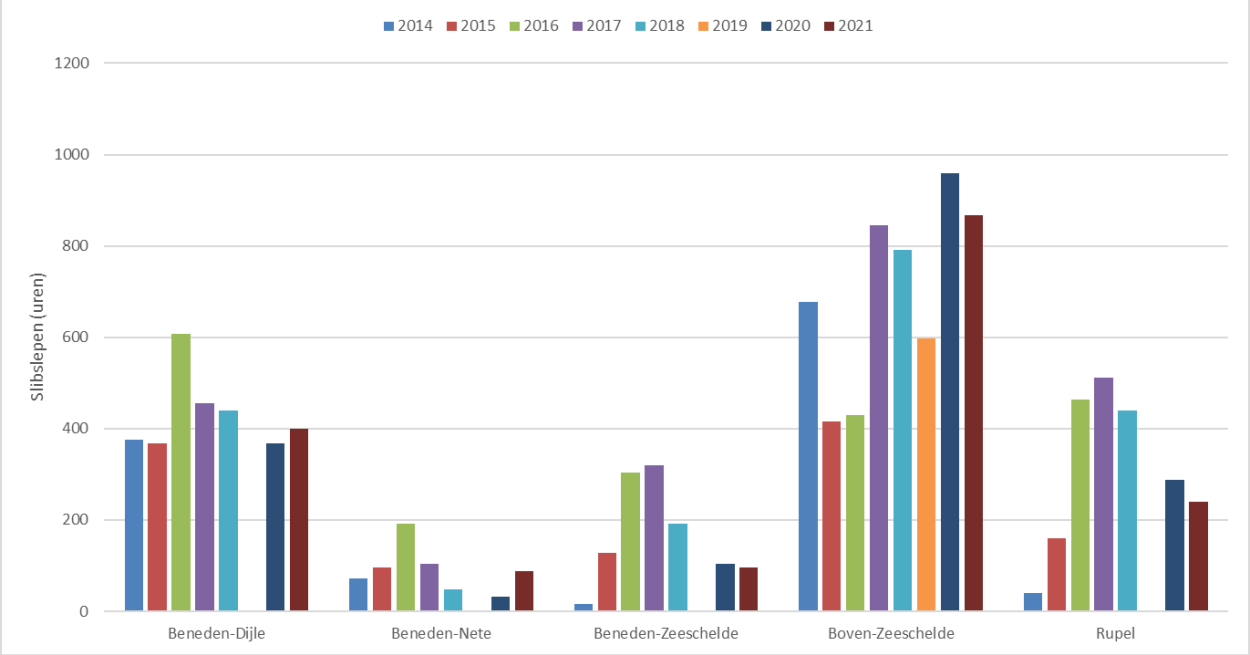
Figuur 8-16: Stortlocaties Suikerplaat en Kabel Delta, voor zandwinning in de Westerschelde voor de beschouwde periode.



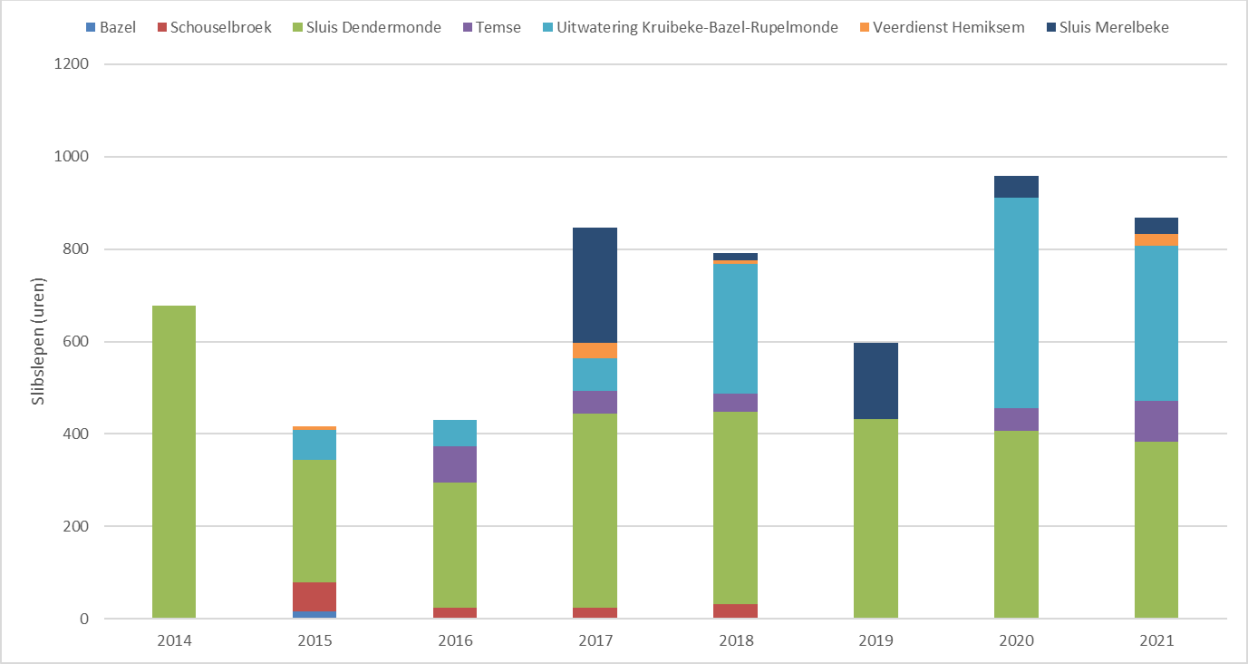
Figuur 8-17: Zandwinning in de Beneden-Zeeschelde (m³) voor de locaties Schaar Ouden Doel en Rupelmonde voor de periode 1990 – 2021, waarbij data voor Rupelmonde start vanaf 2008.

8.2.7. Slibslepen

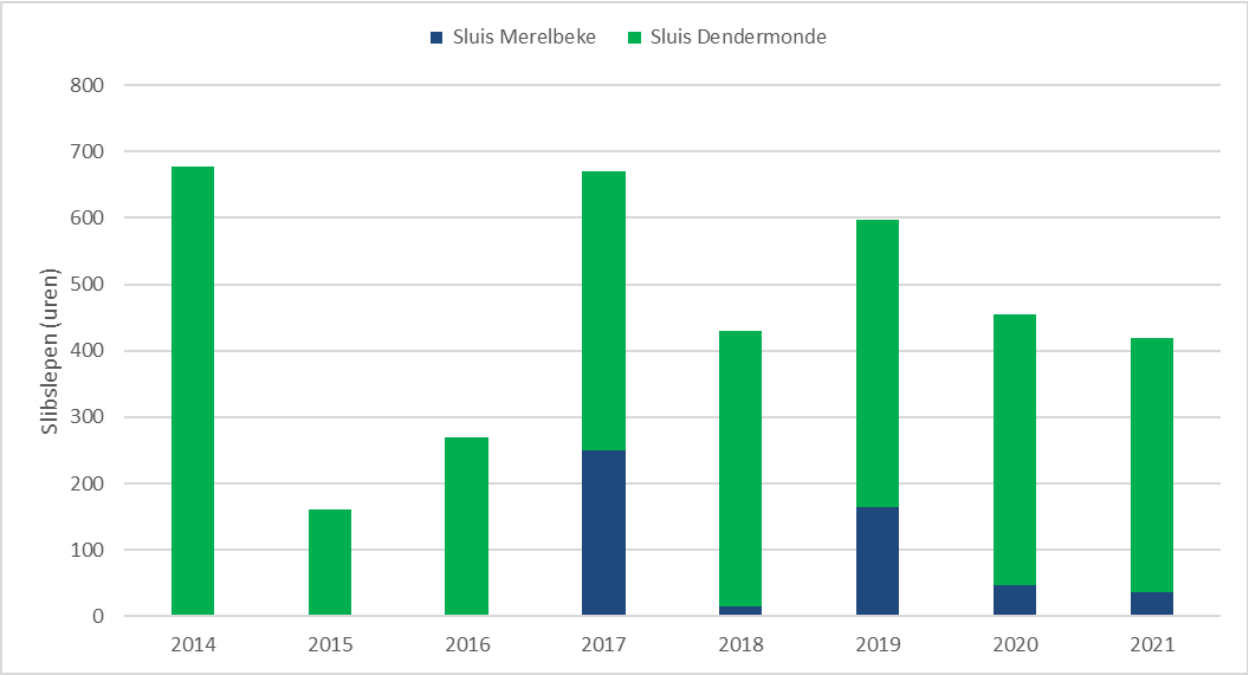
Op specifieke locaties in het estuarium – e.g. de toegangsgeul naar sluizen – wordt er slib verplaatst door middel van slibslepen. Deze activiteit wordt voornamelijk uitgevoerd door de Vlaamse Waterweg en vindt vooral plaats in de Boven-Zeeschelde (incl. zijrivieren). Figuur 8-18 geeft een overzicht van het totaal aantal uren slibslepen op de Zeeschelde en de belangrijke connecterende rivieren. De piek in aantal uren is in het algemeen het grootst voor de jaren 2016 en 2017 met uitzondering voor de Boven-Zeeschelde. Bij deze laatste ligt de piek duidelijk bij de recentere jaren. De pieken gaan tot rond de 800 uur per jaar, goed voor zo'n 100 werkdagen aan slibslepen (uitgaand van 8u slibslepen per werkdag). Er wordt op de Boven-Zeeschelde op 6 locaties op regelmatige basis aan slibslepen gedaan. De locaties worden weergegeven in Figuur 8-19, waarbij kan worden vastgesteld dat in recente jaren (2015 – 2021) het merendeel van de activiteit plaatsvindt bij Uitwatering Kruibeke-Bazel-Rupelmonde en Sluis Dendermonde. De activiteit op de locatie Temse blijft vrij stabiel doorheen de jaren, terwijl deze bij Schouselbroek afneemt en stopt na 2018. Bij "veerdienst Kruibeke" is er slechts beperkte activiteit. Een detailoverzicht van het slibslepen bij de sluizen te Merelbeke en Dendermonde wordt gegeven in Figuur 8-20. Er wordt vastgesteld dat de activiteit vooral plaatsvindt bij de sluis te Dendermonde.



Figuur 8-18:Overzicht van het aantal uren slibslepen voor de periode 2014 – 2021 (voor 2019 enkel data voor Sluis Dendermonde en Sluis Merelbeke beschikbaar) op de Zeeschelde en connecterende rivieren.



Figuur 8-19: Overzicht van het aantal uren slibslepen voor de periode 2014 – 2021 (voor 2019 enkel data voor Sluis Dendermonde en Sluis Merelbeke beschikbaar) per locatie op de Boven-Zeeschelde.



Figuur 8-20: Aantal uren slibslepen bij de sluizen te Merelbeke en Dendermonde voor de periode 2014 – 2021.

8.3. Begrenzing van het estuarium

Met begrenzing van het estuarium worden de natuurlijke en antropogene grenzen bedoeld tot waar het rivierwater kan doorvloeien. Qua natuurlijke grenzen wordt gedacht aan de GOG-GGG gebieden die bij hoogwater of stormtij de ruimte geven aan de rivier en die zonder gevaar voor de burger (en diens eigendommen) kunnen onderlopen. Meer specifiek, in gereduceerde getijdegebieden (GGG) laat men dagelijks een klein volume van het hoogwater binnen waardoor getijdennatuur kan ontwikkelen. Bij gecontroleerde overstromingsgebieden (GOG) stroomt het water tijdens zeer hoge waterstanden over een overloopdijk en overstroomt het gebied. Hetzelfde geldt voor ontpolderde- en ingepolderde gebieden, ook bij deze gebieden wordt er respectievelijk ruimte teruggegeven aan de rivier of afgenomen. Al eeuwen wint men via inpoldering land voor landbouw. De laatste jaren is er echter zeer veel aandacht voor het teruggeven van ruimte aan de rivier in het kader van bescherming tegen overstromingen en de creatie van bijkomende natuur. Harde, antropogene grenzen zijn dan bijvoorbeeld afsluitingen via dammen of stuwen.

Deze ingrepen hebben niet enkel een impact op het kombergend vermogen – en bijgevolg de hydrodynamiek – van de rivier, maar kunnen ook gevolgen hebben voor de waterkwaliteit en ecologie.

Tabel 8-1 geeft een overzicht van de verschillende GOG en GOG-GGG gebieden, de datum van in werking treden, de hoogte van de overloopdijk, drempelpeilen, oppervlakte van het gebied en een schatting van het kombergend volume. De informatie in de tabel is gebaseerd op data ter beschikking gesteld door het Waterbouwkundig Laboratorium en De Vlaamse Waterweg. Figuur 8-21 geeft een situering van de gebieden op kaart.

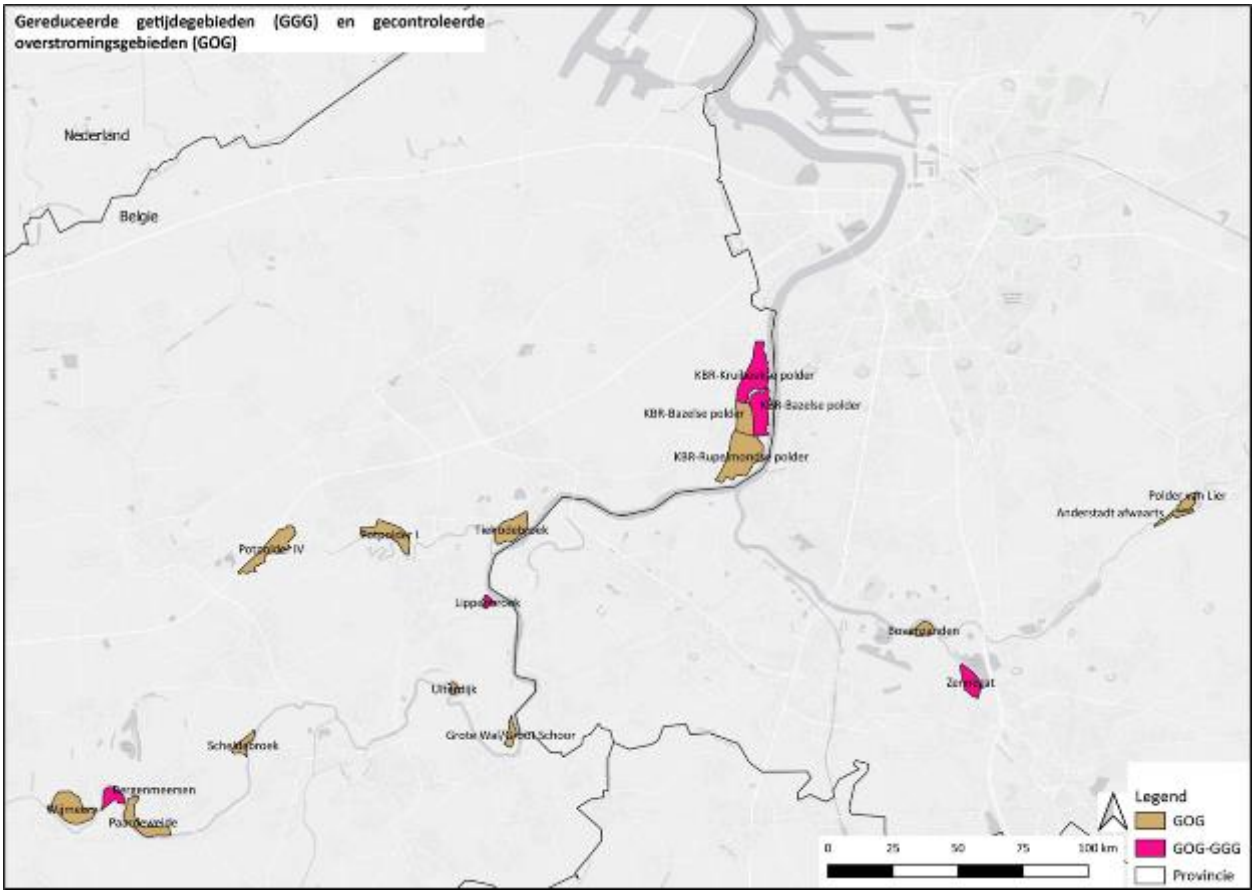
Tabel 8-1: Overzicht van de GOG en GOG-GGG gebieden langs het Schelde estuarium

GOG/GOG-GGG gebied	Type	Locatie	Datum inwerkingtreden***	Hoogte overloopdijk obv opmetingen 2018 (mTAW)	Drempelpeil o.b.v. historische GOG werking*	Drempelpeil inwatering (mTAW) (GGG - gebieden)	Drempelpeil uitwateringspeil (mTAW)	Oppervlakte (m^2)	Maaiveld (mTAW)	Kombergend volume $x10^4$ (m^3)**
Kruibeke-Bazel-Rupelmonde (in Kruibeke)	GOG-GGG	Beneden-Zeeschelde	3/10/2015 (GOG)/24/06/2017 (GGG)	6,85	6,8	4,2	0,5	6000000	1,4-2,0	2910-3270
Kruibeke-Bazel-Rupelmonde (in Bazel-Oost)	GOG-GGG	Beneden-Zeeschelde	3/10/2015	6,85	6,8	5,0 - 5,1	0,5			
Tielrodebroek	GOG	Boven-Zeeschelde	11/1982	6,68	6,75			910000	2	425,88
Lippenbroek	GOG-GGG	Boven-Zeeschelde	03/2006		6,85	4,7 - 5,0 - 5,3	1,61	100000	2,5-3,0	38,5-43,5
Uiterdijk	GOG	Boven-Zeeschelde	< 1981	6,4	6,85			100000	4,7	17
Scheldebroek	GOG	Boven-Zeeschelde	< 1981	6,33	6,4			290000	3,8	73,37
Paardeweide	GOG - wetland	Boven-Zeeschelde	06/1986 3/07/2014	6,24	6,35			800000	3,5	219,2
Bergenmeersen	GOG-GGG	Boven-Zeeschelde	10/1989 25/04/2013	6,42	6,55	4,2 tot 4,54	2,5 tot 3,0	400000	3,7	108,8
Potpolder I	GOG	Durme	< 1981	6,7	6,8			900000	4,2	225
Potpolder IV	GOG	Durme	< 1981	6,78	6,8			1050000	3,6	333,9
Bovenzanden	GOG	Rupel	11/1983	6,77	6,8			300000	3,9	86,1
Zennegat	GOG-GGG	Dijle	10/2016 (GOG) 22/06/2017 (GGG)	6,48	6,5	4,6	2	600000	3,3	190,8
Grote vijver	GOG-GGG	Dijle	05/2022							
Anderstadt afwaarts (1)	GOG	Beneden-Nete	1978	6,11	6,2			64000	5,1	6,464
Anderstadt opwaarts (2)	GOG	Beneden-Nete	1978	6,71	6,85			110000	4,25	27,06
Polder van Lier	GOG	Beneden-Nete	< 1981	6,68	6,8			260000	3,75	76,18
Wijmeers 1	GOG - wetland	Boven-Zeeschelde	25/03/2016	6,73 (West) - 6,61 (Oost)				1590000	3,9	352,3-367,9

* De hoogte van de overloopdijk werd bepaald o.b.v. opmetingen in 2018. Omdat een GOG niet echt gevuld wordt als het waterpeil in de rivier tot gelijke hoogte komt met de overloopdijk, wordt doorgaans met een hoger drempelpeil gewerkt. Dit drempelpeil is ongeveer gelijk aan de gemiddelde hoogte van de overloopdijk +10 cm. Dit is gebaseerd op een studie i.v.m. historische GOG-werking (Pers. comm. Waterbouwkundig Laboratorium, 2022).

**Een eenvoudige schatting van het kombergend volume werd gemaakt via de formule: oppervlakte*(hoogte overloopdijk - maaiveld)

***Datum inwerkingtreden: grijs = eerste Sigmaplan (GOG), zwart = huidige vorm (GOG/GGG/wetland)



Figuur 8-21: Overzicht van de GOG en GOG-GGG gebieden langs de Schelde.

Tabel 8-2 geeft een overzicht van alle inpolderingen en ontpolderingen die werden uitgevoerd langs het Schelde traject, beginnend bij de ontpoldering van KBR in 1715 waarbij een dijkdoorbraak leidde tot de vorming van drie kreken (Van Braeckel *et al*., 2006). Er is een duidelijke opdeling zichtbaar, de inpolderingen vinden grotendeels plaats tot de jaren'90, terwijl ontpolderingen vooral plaatsvinden na 2000.

De uitgevoerde afsluitingen en heraantakkingen kunnen worden teruggevonden in Tabel 8-3. De meest recente ingreep is de aantakking van de Burchtse Weel in 2011 (Van Braeckel *et al*., 2006). Er dient echter opgemerkt te worden dat naast de ingrepen vermeld in dit hoofdstuk en de rechttrekkingen/hermeandering besproken in hoofdstuk 8.4, er nog andere ingrepen werden uitgevoerd in het Schelde-estuarium die ook een invloed kunnen hebben op de rivierdynamiek. Voor deze ingrepen wordt verwezen naar de gedetailleerde studie van Van Braeckel *et al*. (2006).

Tabel 8-2: In- en ontpolderingen langs de Zeechelde en Westerschelde (Van Braeckel et al., 2006).

Zone	Locatie	Type	Start	Eind	Beschrijving
Beneden-Zeeschelde	KBR	Ontpoldering	1715		Dijkdoorbraak waardoor de drie kreken ontstonden.
	Schor van Ouden Doel	Inpoldering/bedijking	1846	1847	Inpoldering Prosperpolder
	Ketenissepolder	Inpoldering/bedijking	1854	1877	Indijking polder
	Haven Antwerpen	Dijkverlegging/-verbreding	1891	1894	Dijkverlegging (1891-1894).
	Schor Rupelmonding	Inpoldering/bedijking	1892		Voorzien van zomerdijk
	Schor van Ouden Doel	Inpoldering/bedijking	1894	1899	Indijking Paardenschor met zomerdijk (precieze datum onduidelijk)
	Potpolder Lillo	Inpoldering/bedijking	1906		Indijking potpolder Lillo
	Groot Buitenschoor	Inpoldering/bedijking	1942		Indijking Nieuw-Westlandpolder: 600 van de 820 ha van GBS op Belgisch grondgebied verdwijnt
	Schor Hoboken	Inpoldering/bedijking	1967		Inpoldering schor voor Hoboken (ten tijde van de aanleg van de Kennedytunnel) 1967?
	Galgenschoor	Inpoldering	1975		Inpoldering van een gebied van 22,5 ha op de rechter schelde-oever, gescheiden van het Groot Buitenschoor door de Zandvlietsluis. De gebieden functioneren nu als natuurgebied met getijdenwerking (ontpolderd).
	Schorren Blokkersdijk	Inpoldering	1990		Blokkersdijk is een natuurgebied gelegen op de Linker – Schelde oever nabij het Sint – Annabos. Blokkersdijk vormde de scheiding tussen de vroegere Melselepolder en de Borgerweertpolder.
	Paardenschor	Ontpoldering	2003	2004	Deze polder was een ongebruikt deel van opgespoten gebied ten behoeve van de kerncentrale van Doel in de jaren '80. De ontpoldering van 14 ha van dit gebied gebeurde als compensatie van schorverlies bij de aanleg van Deurganckdok.
	Ketenissepolder	Ontpoldering	2011	2003	Ontpoldering Ketenissepolder
	Potpolder Lillo	Ontpoldering	2012		Deze polder, stroomafwaarts gelegen van het Fort van Lillo, werd omgevormd tot getijdennatuur. Het gaat om een gebied van 10 ha.

Zone	Locatie	Type	Start	Eind	Beschrijving
	Kruibeke GOG - GGG	Ontpoldering	2015		Ontwikkeling en ingebruikname van een gecontroleerd overstromingsgebied met gereduceerd getij op de Linker – Schelde oever. Het gebied heeft een oppervlakte van 600 ha.
	Fort Filip	Dijkverlegging/-verbreding	2015		Infrastructuurwerken in het kader van de sanering en herinrichting van de vervuilde site Fort Sint – Filips.
	Kijkverdriet	Inpoldering/bedijking	1750		Inpoldering Noordelijke helft
Boven-Zeeschelde	Tielrodebroek	Inpoldering/bedijking	1830		Indijking van het eiland Luizenbosch in de Durmemonding
	Kijkverdriet	Inpoldering/bedijking	1850		Inpoldering Zuidelijke helft
	Tielrodebroek	Inpoldering/bedijking	1872		Tielrodebroek voorzien van eerste sluis en spuigat/afvoerpijp
	Scheldebroeken Zele/ Berlare	Inpoldering/bedijking	1925		Aanleg dijk (einde invloed getij)
	Kastel	Inpoldering/bedijking	1931	1932	Aanleg Albertdijk (binnendijk van Driegoten tot Kastel en rond het Broek in Grembergen)
	Kalkense Meersen	Inpoldering/bedijking	1960		Rond deze periode worden winteroverstromingen stopgezet wegens vervuiling Schelde
	Wijmeers 2	Ontpoldering	2015		Op 16-11-2015 werd in de bestaande Scheldedijk een bres gemaakt, waardoor de ontpoldering van Wijmeers 2 een feit was. Midden mei 2016 werd de bres verder uitgegraven over een lengte van 100m. In de ontpoldering Wijmeers werd een vloedschaar aangelegd. In eerste instantie werden de bestaande bressen tijdelijk gedicht, zodat de vloedgeul later uitgegraven kan worden. Deze werken zijn in augustus 2020 gestart. In de loop van januari 2021 werden de bressen opnieuw opengemaakt. De werken aan de vloedgeul zijn in maart 2021 afgerond.
	Grote wal/Groot Schoor	Ontpoldering	2021		De ontpoldering is begin juli 2021 gerealiseerd.
Westerschelde	Saaftinge	Inpoldering/bedijking	1904	1907	Indijking Hedwigepolder
	Quarlespolder	Inpoldering/bedijking	1949		Maakte deel uit van het Zuid-Sloe (vaarwater tussen het Veerse gat en Honte) gelegen te Zeeland.
	Braakman	Inpoldering/bedijking	1952		De Braakmanpolder is gelegen ter hoogte van Terneuzen en heeft een oppervlakte van 1525 ha.

Zone	Locatie	Type	Start	Eind	Beschrijving
	Schor Zuidgors	Inpoldering/bedijking	1960		Gebied nabij Ellewoutsdijk, Nederland. Momenteel een van de enige buitendijkse slik en schorgebieden langs de Westerschelde.
	Schorren Bath	Inpoldering/bedijking	1960		Ingepolderd gebied (3 ha) t.h.v. Bath, iets ten noorden van de Belgisch – Nederlandse grens.
	Knuitershoek	Inpoldering/bedijking	1962		Ingepolderd gebied van 22 ha, gelegen nabij Ossenisse.
	Zuid Sloe	Inpoldering/bedijking	1965		Zuid Sloe was deel van het voormalig vaarwater tussen Walcheren en Zuid- Beveland. Er werden 2 polders gecreëerd: Quarlespolder en Nieuwe polder. De inpolderingen bij de gebieden Sloe en Kalloot waren goed voor een gebied van 434 ha.
	Sieperdaschor/Selenapolder	Inpoldering/bedijking	1966		Inpoldering van de Selenapolder/Sieperdaschor. Kleine polder (in de buurt van de Hertogin Hedwigepolder) ontstaan bij de aanleg van de Gasdam en de zomerkade. Op 26/02/1990 was er een doorbraak van de zomerkade, deze werd niet meer opnieuw gedicht.
	Schelde - Rijn	Inpoldering/bedijking	1970	1972	Inpolderingen ten gevolge van het tot stand brengen van het Schelde – Rijn kanaal.
	Mosselbanken	Inpoldering/bedijking	1976		Inpoldering van 133 ha ten behoeve van de industrie. (Volgens Vroon et al. (1996) gaat het hier om 148 ha.)
	Ossendrecht	Inpoldering/bedijking	1976		Ingepolderd gebied van 782 ha. Delen van het gebied overstroomden tijdens stormvloeden. Momenteel is het vooral gekend vanwege het natuurgebied “Noordpolder Ossendrecht”.
	Zuid - Beveland	Dijkverlegging/-verbreding	1987		Verbreding van het bestaande kanaal (geopend in 1866).
	Selenapolder/Sieperdaschor	Ontpoldering	1990		Natuurlijke ontpoldering vanwege de definitieve natuurlijke doorbraak van de zomerdijk op 26/02/1990.
	Zeedijk	Dijkverlegging/-verbreding	1990		Reconstructie van de zeedijk door teruglegging en de aanleg van een hoge berm met 'schor' en broedeiland ter hoogte van de Hooge Platen (natuurherstel en -ontwikkeling).

Zone	Locatie	Type	Start	Eind	Beschrijving
	Waterdunen	Ontpoldering	2010	heden	Ontwikkeling van een natuur- en recreatiegebied (350 ha) + kustversterking in West – Zeeuws Vlaanderen, tussen Breskens en Groede.
	Perkpolder	Ontpoldering	2015		Gebiedsontwikkeling in Oost – Zeeuws Vlaanderen. Ontwikkeling van recreatiegebied en woonzones.
	Hedwige-Prosperpolder	Ontpoldering	2022		Hedwigepolder aan Nederlandse zijde en de Prosperpolder aan Vlaamse kant, 465 hectare (170 hectare Prosperpolder, 295 hectare Hedwigepolder).

Tabel 8-3: Afsluitingen en heraantakkingen langs de Zeeschelde en haar zijrivieren (naar Van Braeckel et al., 2006).

Locatie	Start	Einde	Beschrijving
Groot Buitenschoor	1846	1867	Aanleg Kreekrakdam, Ooster- en Westerschelde definitief van elkaar gescheiden.
Boven-Schelde	1850	1860	Aanleg stuw te Gentbrugge (onzeker)
Dendermonding	1868		Bouw stuwsluis aan monding met Schelde
Durme	1953	1955	Durme afgedamd stroomafwaarts van het centrum van Lokeren
Dendermonding	1968	1978	Verlegging van de Dendermonding en bouw getijsluis in St.Onolfspolder (2km meer stroomopwaarts dan oude monding)
Durme	1967		Dam op Durme verplaatst naar Den Oever
Boven-Schelde	1975		Sluiten schutsluis Gentbrugge.
Durme	1973		Dam op Durme verplaatst naar grens met Zele waardoor dijken moeten verhoogd worden en potpolders onbruikbaar worden.
Beneden Zeeschelde	1999	2005	Deurganckdok, getijdedok gelegen op de Linker – Scheldeoever.
Beneden Zeeschelde	2011		Aantakking Burchtse weel. De Burchtse weel was ooit een recreatievijver, de plas werd gevormd door een eerdere dijkdoorbraak. Naast de recreatievijver werd een dok aangelegd voor de fabricage van onderdelen van de Kennedytunnel. Het dok en de vijver werden omgevormd tot een slikken en schorren gebied.

8.4. Rechttrekkingen en hermeandering

Het landschap rondom de Boven-Zeeschelde draagt nog steeds de tekenen van de historische rechttrekkingen. Deze normalisaties of rechttrekkingen leidden tot een vereenvoudigd en verkort vaartraject, met een verbeterde toegankelijkheid tot gevolg. Voor een gedetailleerde omschrijving van de (gesimuleerde) impact wordt verwezen naar Van Braeckel *et al*. (2012). Hermeandering is het tegenovergestelde: zo verlegt men de rivier(arm) en het nabijgelegen intergetijdengebied.

Tabel 8-4 geeft een overzicht van de rechttrekkingen op de Zeeschelde na 1850 zoals weergegeven in Van Braeckel *et al*. (2006). Van Braeckel *et al*. (2006) geeft in hun "Historische analyse van de Zeeschelde en haar getijgebonden zijrivieren. 19e eeuw tot heden." een gedetailleerd overzicht van de Rivier morfologische ingrepen na 1850, waaronder rechttrekkingen met aanduding wanneer de ingreep plaatsvond en het effect op de lengte van de thalweg.

Er werden na 1850 zo'n twaalf rechttrekkingen uitgevoerd op de Schelde en haar zijrivieren, de laatste zijnde de normalisatie bij de Dendermonding in 1936. Van Braeckel *et al*. (2006) geeft een overzicht van het traject van de Zeeschelde in 1850 (m), het huidige traject (m) en de procentuele inkorting van het traject (Tabel 8-5). De totale lengte van de Zeeschelde werd ingekort van 118.451,4m naar 108.312,9m, een verkorting van 9%. De sinuositeit daalde daarmee van 1,41 naar 1,28.

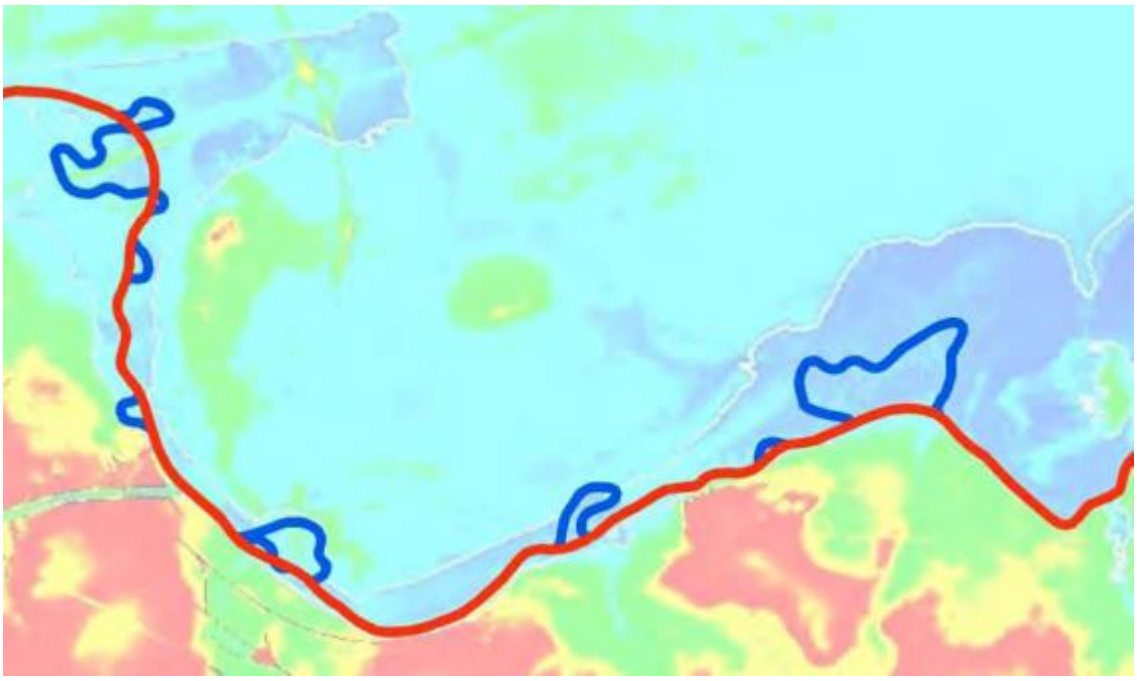
Tabel 8-4: Rechttrekkingen uitgevoerd op de Zeeschelde na 1850 (naar Van Braeckel et al., 2006)

Locatie	**Type**	**Start**	**Eind**	**Beschrijving**
Schelde	Rechttrekking	1878	1904	Verbeteringswerken op de Schelde met verschillende rechttrekkingen en normalisaties, Schelde wordt 10,5 km korter.
t Stort bij Weert	Rechttrekking	1902	1904	Rechttrekking Schelde bij Driegoten waardoor huidige zone van het stort ontstaat (één van de coupures uit de periode 1878-1904.
Dendermonde	Rechttrekking	1936		Kleine rechttrekking nabij vroegere Dendermonding.
Durme	Rechttrekking	1930		Rechttrekking Durme bij Hamme
Durme	Rechttrekking	1931	1934	Rechttrekking Durme bij Waasmunster.
Durme	Rechttrekking	1935	1937	Afsnijding Oude Durme op grens Waasmunster-Hamme.
Schelde	Rechttrekking	1903	1905	Normalisatie tussen Gentbrugge en de brug van Melle.
Schelde	Rechttrekking	1899	1903	Normalisatie tussen Melle en de brug van Wetteren.
Schelde	Rechttrekking	1892	1894	Normalisatie te Wetteren.
Schelde	Rechttrekking	1897	1898	Normalisatie tussen Wetteren en Schellebelle.
Schelde	Rechttrekking	1911	1914	Normalisatie tussen Schellebelle en Schoonaarde.
Schelde	Rechttrekking	1925	1928	Normalisatie tussen Schoonaarde en Appels.

Tabel 8-5: Overzicht van de inkortingen op de Zeeschelde en effect op sinuositeit (Van Braeckel et al., 2006).

Rivier	Locatie	Traject in 1850 (m)	Huidige traject (m)	Verkorting (%)	Datum ingreep
Durme	Ongewijzigd	14548,3	14548,3		
	Waasmunster	5295,4	3112,4	41	1931 - 1937
	Den Oever	361,7	231,8	36	
	Durmemonding	83,4	0	100	
	Totale lengte	**20372,1**	**17892,4**	**12**	
	Sinuositeit	1,44	1,28		
Rupel	Ongewijzigd	10982,9	10982,9		
	Rupelmonde	849,9	884,3	-4	1982
	Totale lengte	**11832,8**	**11867,2**	**0**	
	Sinuositeit	1,03	1,03		
Zeeschelde Mesohalien	Ongewijzigd	28081,4	28081,4		
	Groot Buitenschoor	3524,6	3980,6	-13	
	Totale lengte	**31606,1**	**32062**	-1	
	Sinuositeit	1,36	1,38		
Zeeschelde oligohalien	Ongewijzigd	18480,3	18480,3		
	Driegoten	232,4	230	0	1902-1904
	Totale lengte	**18712,7**	**18710,3**	**0**	
	Sinuositeit	1,08	1,06		
Zeeschelde Zoet lang	Ongewijzigd	18691,2	18691,2		
	Driegoten	1162,8	1155,1	0	1902-1904
	Dendermonde	761,2	712,7	6	
	Totale lengte	**20615,2**	**20568**	**0**	
	Sinuositeit	2,96	2,8		
Zeeschelde Zoet kort	Ongewijzigd	29947	29947		
	Appels	1797,4	616,4	66	1882-1883
	Paardenweide Wichelen	965,7	606,7	37	1889-1892
	Kalkense Meersen (Schellebell	4409,2	1139	74	1883-1885
	Kastermeersen	556,9	431,4	23	1883
	Overschelde Wetteren	2302	685,3	70	1882-1883
	Melleham	835,5	714	15	
	Zwaanhoek Melle	813,1	467	43	1882-1884
	Heusden (Kleinbosch)	781,1	528,7	32	1884-1886
	Gentbrugse Meersen (Klaverke	4567,1	1348,8	70	1878-1881
	Gent	542,7	497,4	8	
	Totale lengte	**47517,6**	**36981,6**	**22**	
	Sinuositeit	1,3	1,01		
Zeeschelde volledig	**Totale lengte**	**118451,4**	**108312,9**	**9**	
	Sinuositeit	1,41	1,28		

Figuur 8-22 wordt een overzicht gegeven van de verschillende meanders die werden rechtgetrokken (Van Braeckel *et al*. (2006). Van Braeckel *et al*. (2006) geeft aan dat de uitgevoerde rechttrekkingen het grootst waren voor de Durme (12% of 2,5km ingekort) en de zoete zone met korte verblijftijd (22% of 10,5km ingekort) (Figuur 8-22). De overige delen van de Zeeschelde en de Rupel ondergingen minder drastische wijzigingen.



Figuur 8-22: Rechttrekkingen in de zoete zone met korte verblijftijd (Van Braeckel et al., 2006).

8.5. Erosie mitigerende maatregelen

Er zijn verschillende maatregelen om erosie van de waterkering, ecologisch waardevol gebied en/of de geulwand te voorkomen of sedimentatie te bevorderen:

- Kribben en strandhoofden: Meandering is een natuurlijk proces waarbij de ene bocht erodeert en het materiaal in de andere bocht afzet. Kribben zijn korte dammen die dwars t.o.v. de oever georiënteerd zijn. Ze voorkomen de erosie van de bochten waardoor de rivier op haar plaats blijft. Daarnaast worden ze gebruikt om laagdynamische zones te creëren waar getijdennatuur zich kan ontwikkelen.
    - Bovendien vernauwt de stroming door de kribben waardoor de vaargeul verdiept.
    - Een strandhoofd beschermt het strand door de stroming te verminderen waardoor ontzanding beperkt wordt.

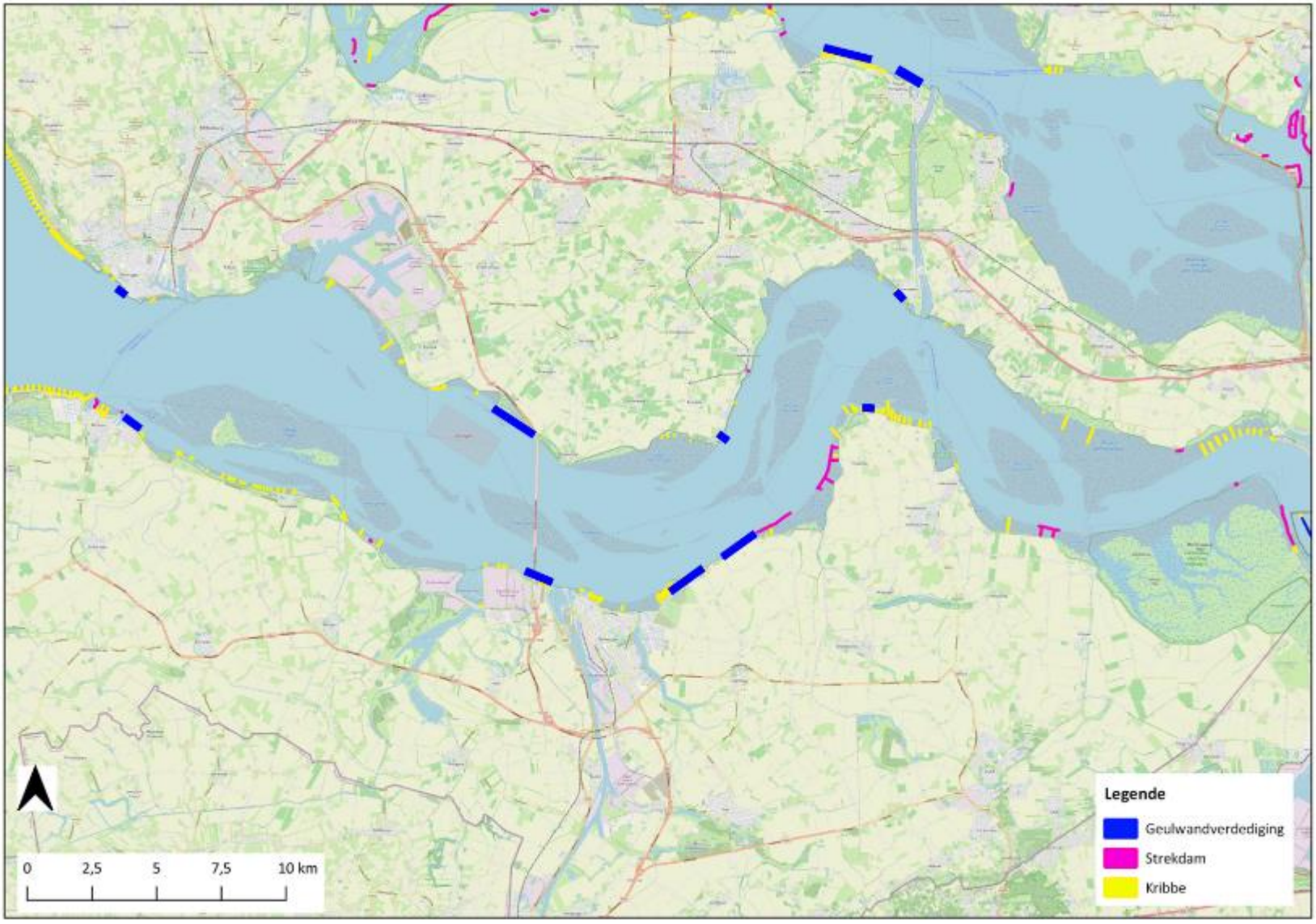
- Geulwandbestortingen: Stortingen van breuksteen of staalslakken beschermen de slik- en schorrand tegen erosie en verhinderen het verder uitbochten van de hoofdvaargeul. Het storten en onderhoud van deze verdediging heeft, net als de aanleg van kribben, een impact op de lokale ecologische ontwikkeling.

Op basis van OpenStreetMap (OSM) en data verkregen van RWS, aMt en het INBO werden 3 overzichtsfiguren en 2 detailfiguren gemaakt (Figuur 8-23 tot Figuur 8-26) waarop de kribben en geulwand bestortingen worden aangeduid. Op de kaarten worden ook de strekdammen geïdentificeerd, deze worden verder besproken in hoofdstuk 8.6.

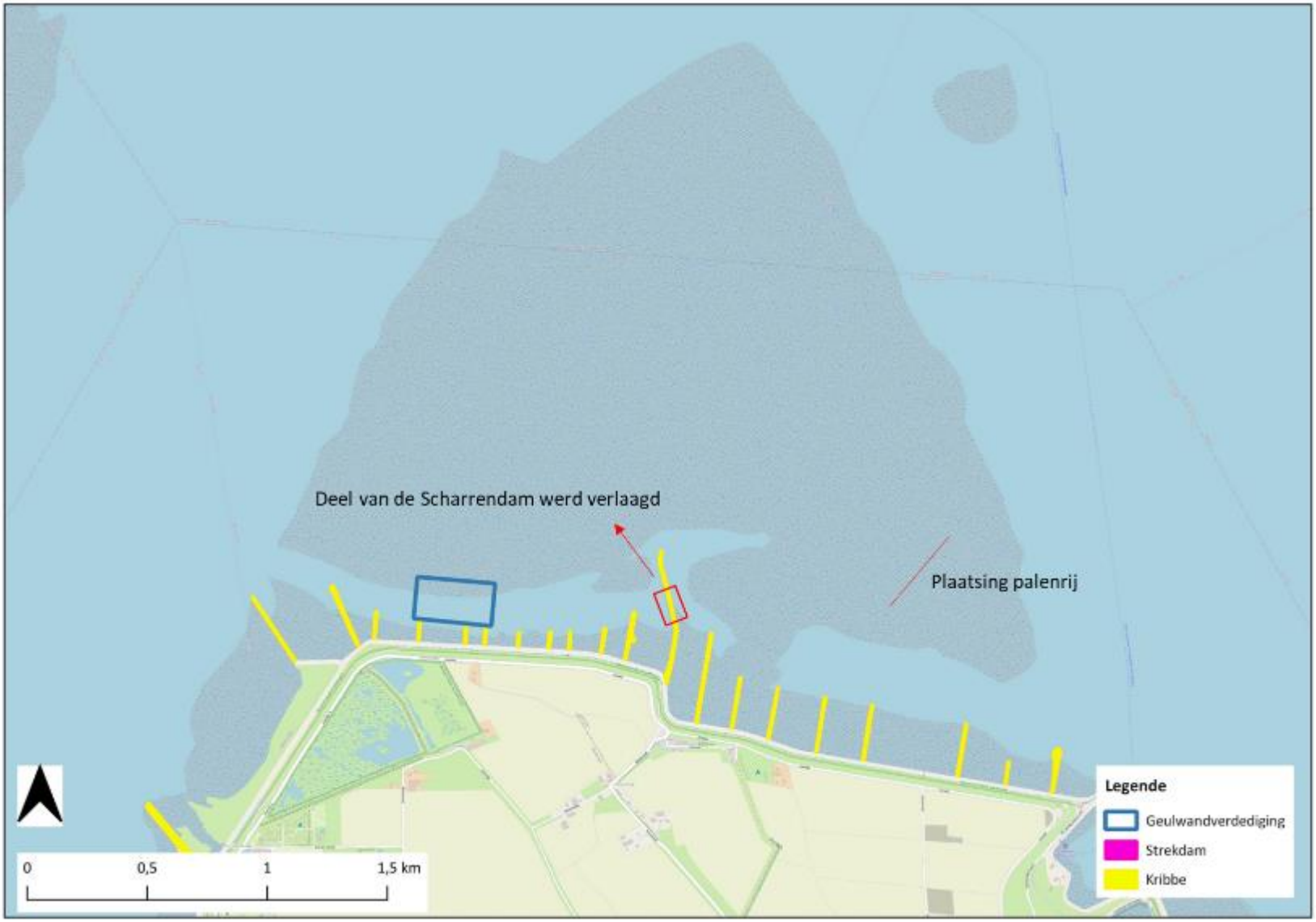
Belangrijk om hier weer te geven is de situering van de Scharrendam (Figuur 8-24). Deze kribbe was oorspronkelijk circa 540 m lang. Op een afstand van 200 m vanaf de dijk was een knik in deze dam

aanwezig, het eerste deel was daardoor georiënteerd op het Noordnoordoosten (NNO) en het laatste deel op het Noordnoordwesten (NNW) (SWECO, 2018).

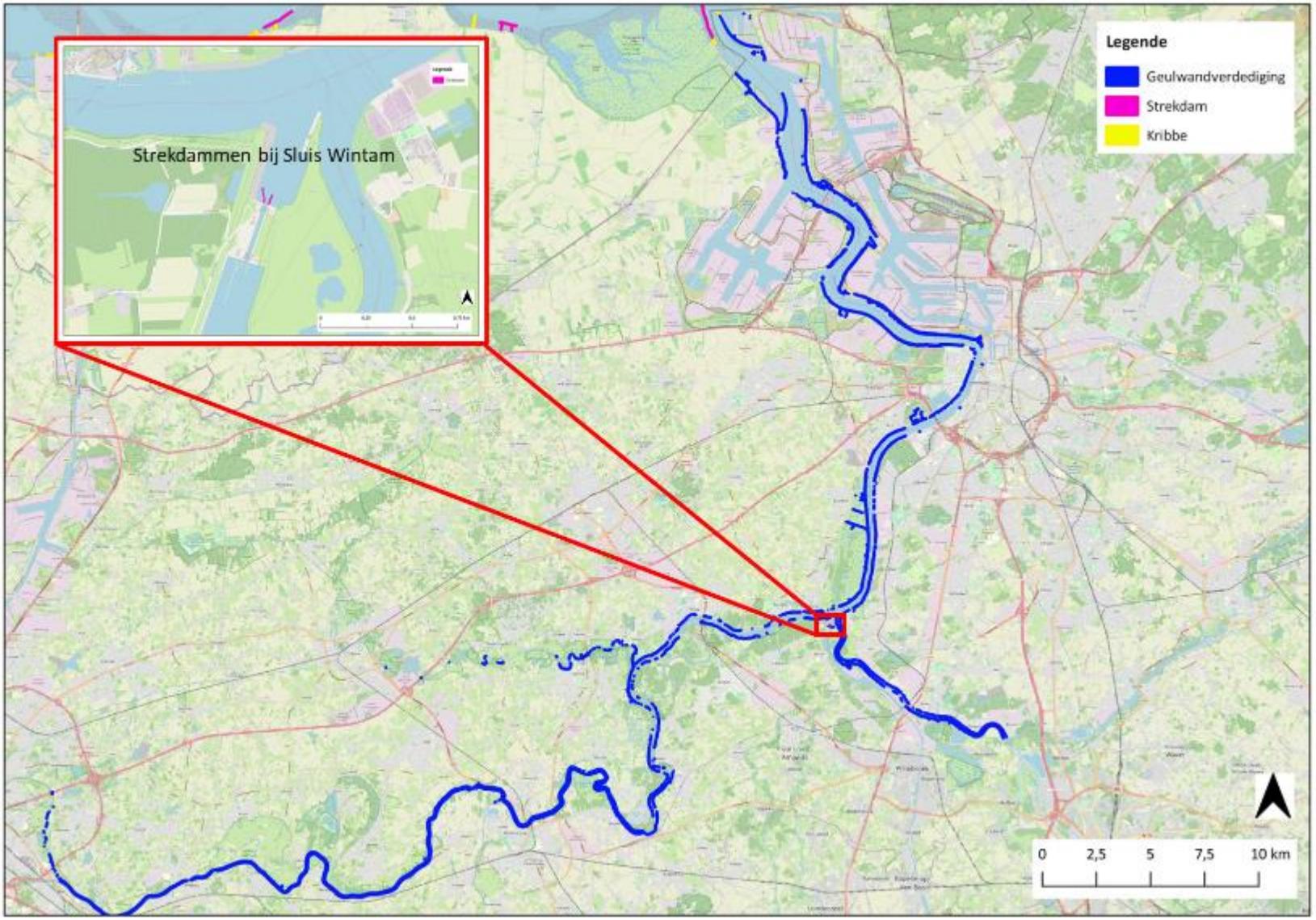
Uit onderzoek van SWECO (2018) bleek dat de hoogte van de Plaat van Ossenisse toenam, verruiming optrad (erosie) aan de westelijke kant van de plaat en een ophoging van het intergetijdenareaal in de kribvakken ten oosten van de Scharrendam. Bij een verdere autonome ontwikkeling zou tegen 2032 hierdoor 141ha laagdynamisch litoraal gebied verdwijnen ten gevolge van de effecten van de Scharrendam. Om dit te verhinderen werd in 2020 het middenstuk van de Scharrendam verlaagd en een palenrij van 300m lengte geplaatst op de oostelijke kant van de Plaat (Figuur 8-24).



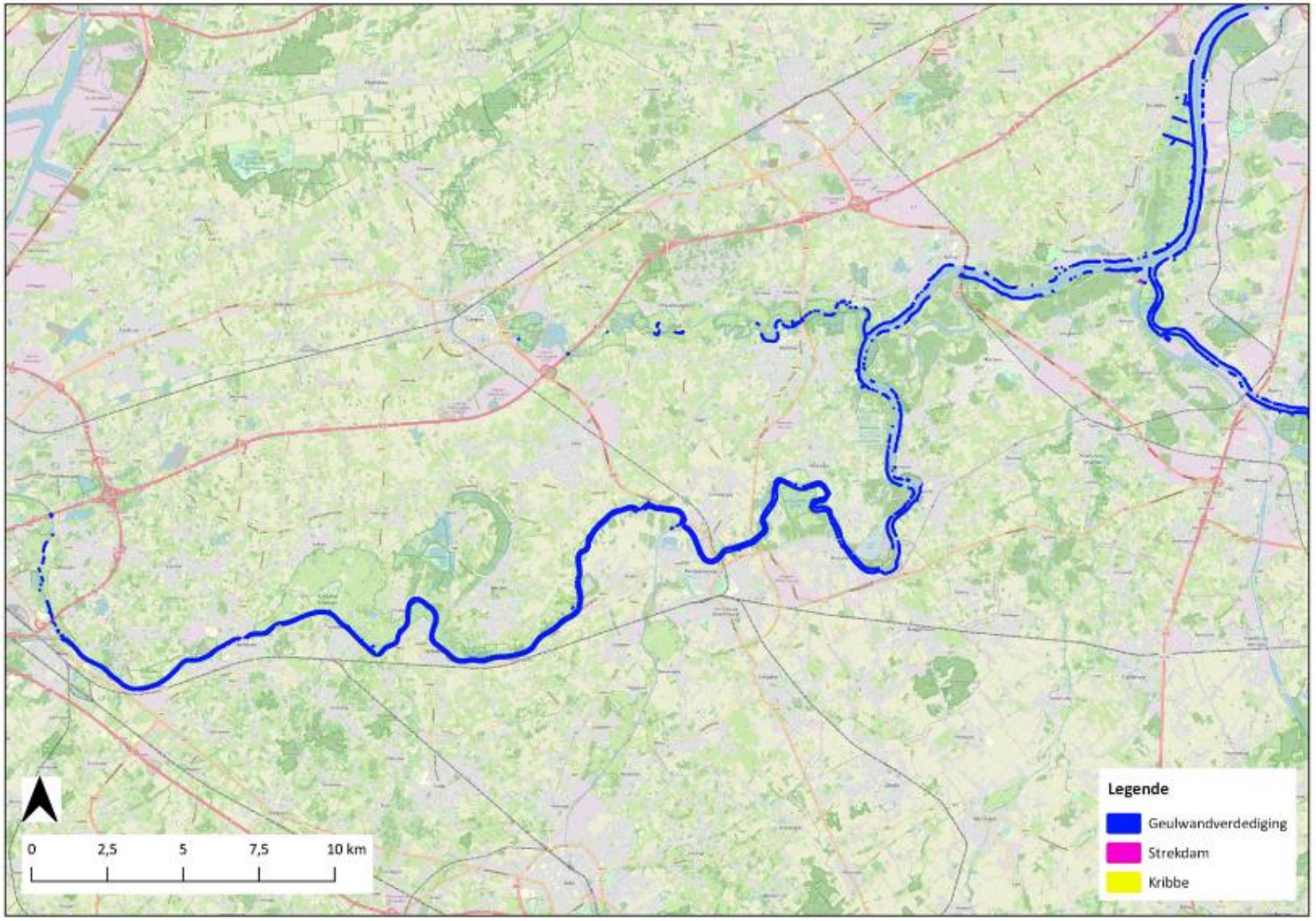
Figuur 8-23: Overzicht van erosiemitigerende maatregelen langs de Westerschelde.



Figuur 8-24: Verlaging van het middenstuk van de Scharrendam in kader van het natuurherstelproject bij de Plaat van Ossenisse.



Figuur 8-25: Overzicht van erosiemitigerende maatregelen langs de Zeeschelde III + Rupel en Zeeschelde IV.



Figuur 8-26: Overzicht van erosiemitigerende maatregelen langs de Zeeschelde I en II.Beheermaatregelen m.b.t. waterverdeling

Het doel van dit deelhoofdstuk is een overzicht te maken van alle beheersmaatregelen die een aanzienlijke impact hebben op de waterverdeling naar het estuarium. De focus ligt hier op beleidswijzigingen en aanzienlijke ingrepen. Een tijdsreeksanalyse valt buiten de scope van dit hoofdstuk en vindt men terug onder het hoofdstuk Hydrodynamiek (zie hoofdstuk 3).

Het huidige beheer wordt hieronder toegelicht:

- Het water stroomt langs de sluizen op de Bovenschelde of Leie naar Gent, waar de Ringvaart de centrale spil vormt bij de waterverdeling naar de afwaterende kanalen en de Zeeschelde. Deze verdeling wordt sterk gestuurd door het wateraanbod van beide bovenstromen: Bij hoge afvoer zal de beheerder het water langs alle mogelijke wegen trachten af te voeren, ook langs de Zeeschelde via de stuwen en sluizen in Merelbeke (Ringvaart) en de stuw van Zwijnaarde (Bovenschelde). Tijdens droge periodes gaat de prioriteit naar het kanaal Gent-Terneuzen waarvan de afvoer geregeld is in een verdrag tussen België en Nederland. Afvoer via de Zeeschelde krijgt hierdoor een lagere prioriteit.

- Eens in de Zeeschelde, vervoegt het water van de Dender, Durme en Rupel zich bij het zeewaartse traject. Een wijziging in het beheer van deze bovenstromen kan een impact hebben op de watertoevoer naar de Boven-Zeeschelde. Merk op: ook het water van kleinere rivieren of grachten stroomt in de Zeeschelde, maar de focus ligt hier op de grotere bovenstromen.

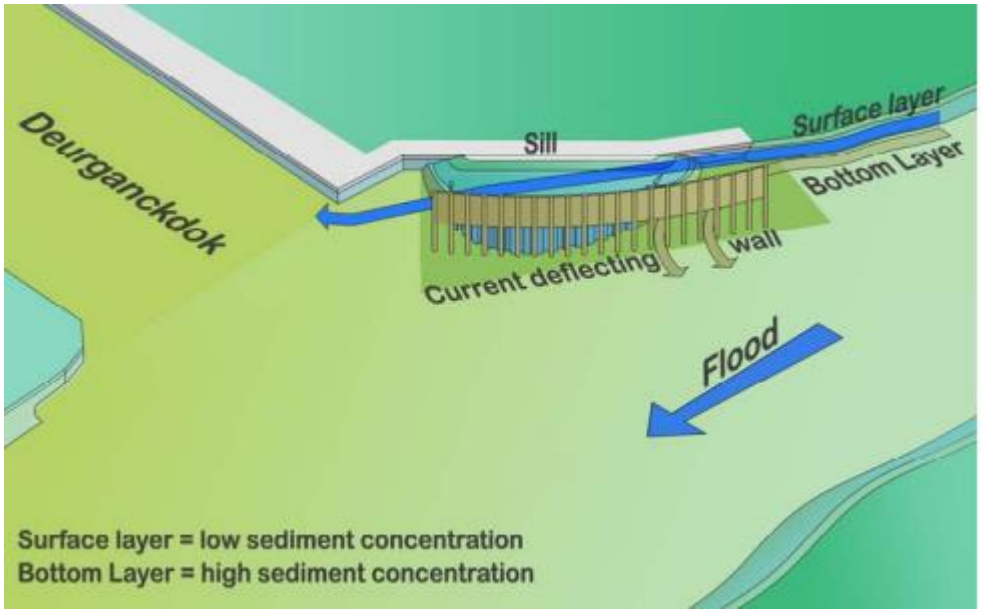
- Nabij Antwerpen regelt men via sluizen de interactie tussen de Beneden-Zeeschelde en de Antwerpse havendokken. Via de dokken op linkeroever en het Albertkanaal wordt ook water uit de Maas (en mindere mate Schelde-Rijn verbinding en andere bronnen) aangevoerd. In zeer droge periodes wordt er water uit de Zeeschelde opgepompt naar de dokken.

- De belangrijkste toevoer op de Westerschelde komt van (1) de Bathse spuisluis vanwaar het overtollig zoetwater vanuit het Volkerak, het Zoommeer, Markiezaatsmeer en het Schelde-Rijnkanaal wordt afgevoerd, (2) het Kanaal Gent-Terneuzen dat ook water opwaarts van Gent afvoert en in de Westerschelde spuit, (3) het kanaal Zuid-Beveland en de sluizen bij Hansweert en (4) lozingen van poldergemalen en RWZI's (o.a. Bath, Waarde en Ritthem). Hierbij dient opgemerkt te worden dat er natuurlijk via de sluizen ook uitwisseling is met de Westerschelde, waardoor er water van de Westerschelde in het KGT terecht komt.

8.6. Stroomgeleiding

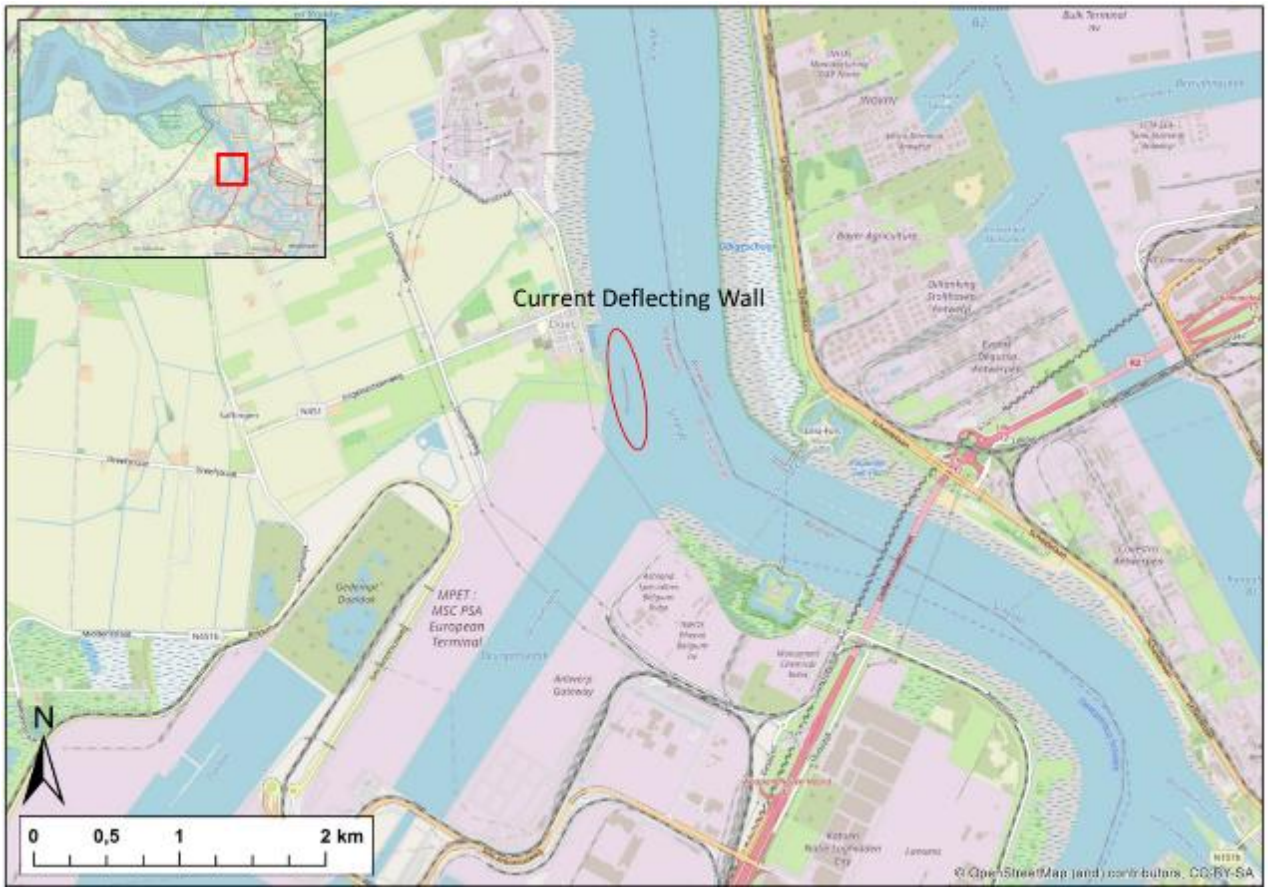
Naast de erosie mitigerende maatregelen kan men ook nog, met het oog op bescherming van het achterland, beslissen om een strekdam (ook 'leidam' of 'langsdam') aan te leggen die quasi-parallel ligt aan de oever of de stroomrichting in de vaargeul. Er zijn meerdere van deze strekdammen aangelegd in zowel de Zeeschelde als de Westerschelde welke worden weergegeven in Figuur 8-23 tot Figuur 8-26. De strekdammen van o.a. Knuitershoek en Baalhoek werden specifiek geplaatst met het oog op natuurontwikkeling.

Een current deflecting wall is dan weer een middel om de instroom van sedimenten in een haven tegen te gaan, zodat de achteraf weg te baggeren hoeveelheid sedimenten beperkt wordt. Deze constructie bestaat onderaan uit een drempel, die ervoor zorgt dat de onderste (sedimentrijke) waterlaag afgebogen wordt en de haven niet binnenstroomt. Het bovenste deel van de constructie is een scherm op palen, dat de bovenste (minder sedimentrijke) waterlaag de haven laat binnenstromen (Figuur 8-27).

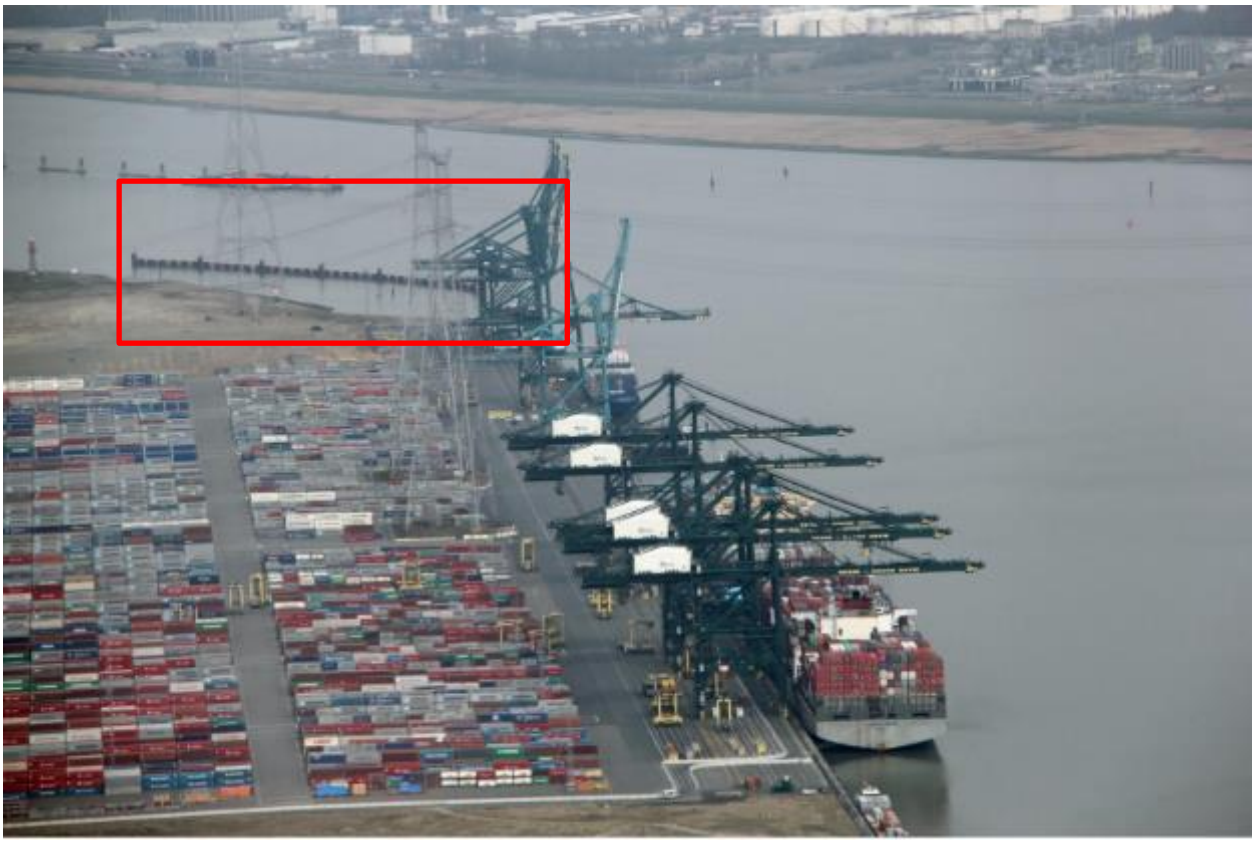


Figuur 8-27: Schematische weergave van de werking van de Current Deflecting Wall ten noorden van Deurganckdok (IMDC, 2011).

De enige Current Deflecting Wall (CDW) in de Schelde bevindt zich in de Beneden-Zeeschelde, ten noorden van het Deurganckdok (Figuur 8-28, Figuur 8-29). Bij een expertmeeting in 1998 werden drie mogelijke oplossingen voor de aanslibbing bij Deurganckdok weerhouden: de CDW, een stroomgeleidingskribbe en een drempel (IMDC, 2011).De bouw van de CDW werd aangevangen in 2009 en de waterbouwkundige constructie werd opgeleverd in 2011 (Roose & Meersschaut, 2013). De bouw van de CDW was noodzakelijk om de aanslibbing bij het dok, en bijgevolg de hoge kost aan onderhoudsbaggerwerken, te verhinderen en beperken.



Figuur 8-28: Situering van de Current Deflecting Wall ten noorden van Deurganckdok.



Figuur 8-29: Foto van de ingang van het Deurganckdok met aanduiding van de Current Deflecting Wall.

8.7. Antropogene bronnen van verontreiniging

Menselijke activiteiten kunnen een aanzienlijke druk op de oppervlaktewaterkwaliteit met zich mee brengen. Anderzijds wordt de 21ste eeuw gekenmerkt door stijgende inspanningen om deze druk te doen dalen. Dit onderdeel beoogt geen gedetailleerd overzicht te geven van iedere individuele bron van verontreiniging, maar een algemeen beeld dat men kan aanwenden om de waargenomen trends in hoofdstuk 3 (Waterkwaliteit) te verklaren.

Volgende vier aspecten worden besproken: de evolutie in riolerings- en zuiveringsgraad, evolutie in het relatief aandeel van de verschillende bronnen van verontreiniging (opgedeeld per sector), situering van overstorten en de situering van incidentele verontreinigingen.

8.7.1. Databeschikbaarheid

Tabel 8-6 geeft een overzicht van de voor de T2021 rapportage gebruikte data met aanduiding van de dataleverancier, het type data, beschikbare parameters en specifieke kenmerken. Voor de T2021 rapportage wordt gefocust op de vier bovengenoemde aspecten als antropogene bronnen van verontreiniging.

De VMM website stelt data beschikbaar m.b.t. tot de **riolerings- en zuiveringsgraad** per gemeente (heel Vlaanderen) voor het huidige jaar, weergegeven door middel van kaarten en grafieken (vrij te

downloaden). T.e.m. 2016 werden ook jaarrapporten gepubliceerd waarin deze gegevens en eventuele lange termijntrends worden uitgelicht. Data van voorgaande jaren kan worden opgevraagd bij VMM zelf of geraadpleegd via het portaal van de milieudata. Voor de T2021 rapportage werd de data in haar geheel aangeleverd door VMM.

Bij hevige regenval kunnen de rioleringen het afval- en regenwater niet altijd verwerken. Om overstroming te voorkomen zal men dan via zogenaamde. **overstorten** het teveel aan water rechtsreeks en ongezuiverd in de rivier lozen. Data van dergelijke gebeurtenissen werd opgevraagd bij VMM voor de beschouwde periode 2016 – 2021 voor het Beneden-Scheldebekken.

Data over **bronnen van verontreiniging** zijn beschikbaar via de WEISS webviewer in Vlaanderen (wegens de grote hoeveelheid data nodig voor de T2021 rapportage werden deze rechtstreeks bij VMM opgevraagd). Deze data geven de evolutie in het jaarlijks relatief aandeel van de verschillende bronnen van verontreiniging, opgedeeld naar minstens volgende sectoren: 'bedrijven', 'depositie', 'gezinnen', 'landbouw' en 'rioolwaterzuiveringsinstallaties'. De Nederlandse tegenhanger van WEISS is Emissieregistratie, ook hier werd data opgevraagd m.b.t. bronnen van verontreiniging, hier specifiek voor de Westerschelde.

Naast deze gekende bronnen van verontreiniging kunnen ook **incidentele verontreinigingen** of calamiteiten een bepalende impact op de (lokale) waterkwaliteit hebben. Data zijn beschikbaar voor de Vlaamse segmenten Beneden- en Bovenzeeschelde (VMM) en bij ieder incident wordt het type incident (noodlozing, bedrijfsincident, …) en de milieu impact ervan weergegeven.

Tabel 8-6: Overzicht van de in de T2021 rapportage gebruikte datasets en informatie m.b.t. antropogene bronnen van verontreiniging.

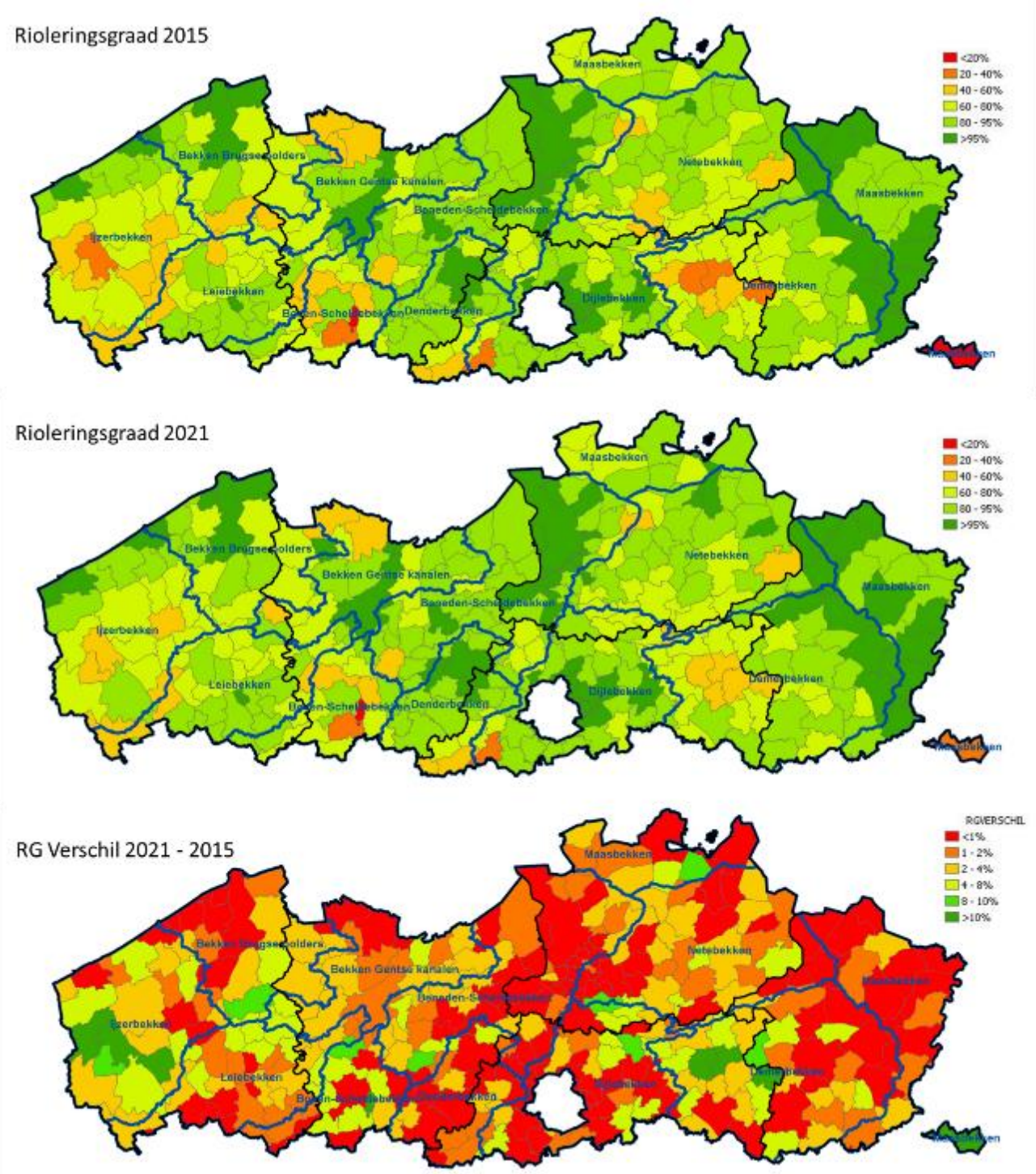
Thema	Dataleverancier	Type data	Relevante kenmerken data/parameters
Riolerings- en zuiveringsgraad	VMM (BE)	.xlsx, pdf's	• Jaarlijkse data voor de periode 2015 - 2021 • Gemeenteniveau
Overstorten	VMM (BE)	.xlsx	• Specifieke locaties (coördinaten) in het Beneden-Scheldebekken • Data voor de periode 2016 – 2021 • Geschat volume en duur gebeurtenis
Incidentele verontreinigingen	VMM (BE)	.xlsx	• Specifieke locaties (coördinaten) in de Beneden- en Bovenzeeschelde • Data voor de periode 2016 – 2021 • Datum en type incident + milieu impact
Bronnen van verontreiniging	WEISS geoloket (VMM - BE)	.xlsx	• Netto-emissies per sector • Stoffen(groep): Nt, Pt, PFAS/PFOS, metalen • Bekken & afstroomzone (Zeeschelde I, Zeeschelde II, Zeeschelde III + Rupel, Zeeschelde IV) • Data voor de jaren 2015, 2018, 2019, 2020 en 2021
Bronnen van verontreiniging	Emissieregistratie (NL)	.xlsx	• Netto-emissies per sector • Stoffen(groep): Nt, Pt, PFAS/PFOS, metalen • Data voor de jaren 2015 – 2019 - 2020 • Westerschelde

8.7.2. Riolerings- en zuiveringsgraad

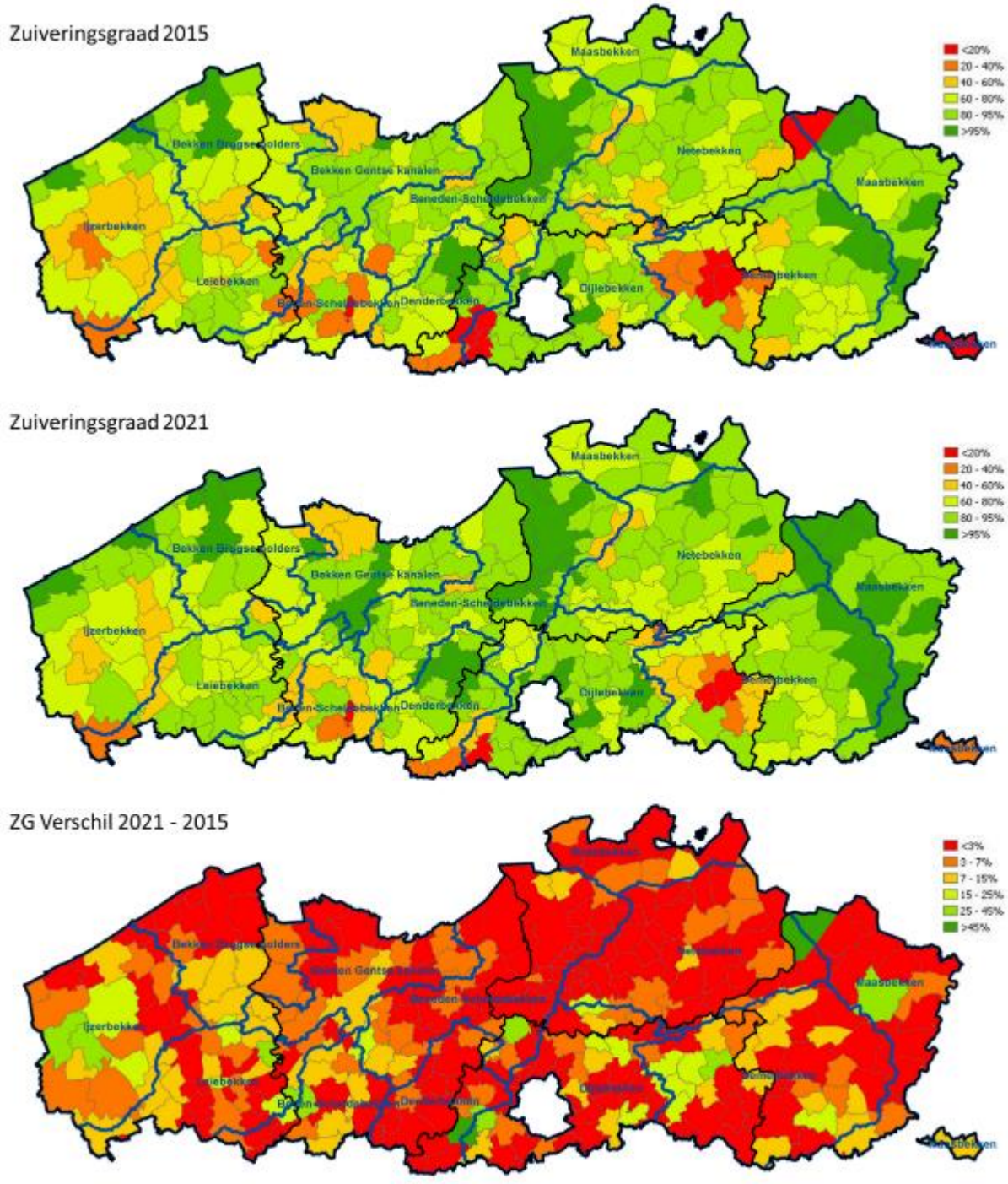
Figuur 8-30 en Figuur 8-31 geven de riolerings- en zuiveringsgraad weer voor de Vlaamse gemeenten voor de jaren 2015 en 2021. Voor deze rapportage ligt de focus op de gemeenten die in de bekkens liggen die afwateren naar het Schelde-estuarium. Het gaat om het Nete-, Demer-, Dijle/Zenne-, Dender-, Boven-Schelde- en Beneden-Scheldebekken. Zoals te zien in onderstaande figuren ligt de rioleringsgraad in Vlaanderen in 2021 algemeen genomen tussen de 60 en 95%. Ondanks dat een aantal gebieden nog onder de 60% zitten zijn er ook al redelijk wat gebieden met een rioleringsgraad >95%. Hetzelfde geldt voor de zuiveringsgraad. De evolutie in rioleringsgraad is te zien in Figuur 8-30 waarbij kan worden vastgesteld dat er een sterke toename in de rioleringsgraad is in het Demerbekken, meer specifiek in de gemeenten Tielt-Winge, Bekkevoort en Geetbets. In deze gemeenten is er een verschil van meer dan 10% met de situatie in 2015. Ook in West-Vlaanderen zijn er sterke verschillen te zien tussen de jaren 2015 en 2021, echter behoren deze gemeenten niet tot de relevante afwateringsbekkens en worden deze dan ook niet verder besproken. Bij de evolutie in zuiveringsgraad zien we opnieuw vooral bij de gemeenten in het Demerbekken een positieve trend. Ook de gemeente Gooik op de grens van het Dender- en Dijlebekken heeft een positieve evolutie van >45% (Figuur 8-31).

Voor het Nederlandse Zeeland werd data m.b.t. riolerings- en zuiveringsgraad opgevraagd bij het Waterschap Scheldestromen, zij beschikken echter niet over de gevraagde data. De enige beschikbare data lijkt reeds van 2013 te zijn van Rioned. Gezien er geen recente gegevens beschikbaar zijn en de impact van afwatering van Zeeland naar de Schelde beperkt wordt geacht, de rioleringsgraad in Nederland is al lange tijd zeer hoog en 100% van de woningen die zijn aangesloten op de riolering zijn

ook aangesloten op een rioolwaterzuiveringsinstallatie (pers. comm. Waterschap Scheldestromen), wordt hier niet verder op ingegaan.



Figuur 8-30: Rioleringsgraad per gemeente in 2015 (boven), 2021 (midden) en de evolutie 2021 – 2015 (onder).



Figuur 8-31: Zuiveringsgraad per gemeente in 2015 (boven), 2021 (midden) en de evolutie 2021 – 2015 (onder).

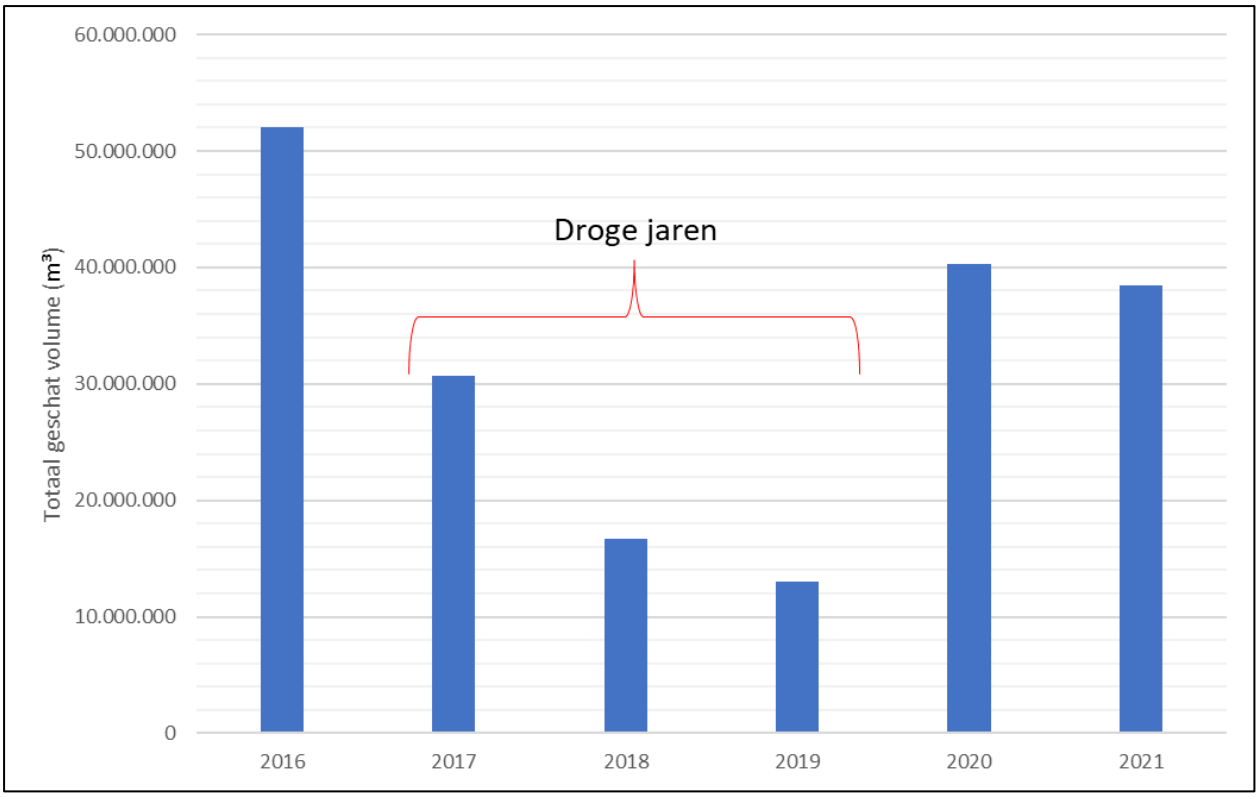
8.7.3. Overstorten

Zoals eerder vermeld wordt bij hevige regenval het teveel aan water soms via overstorten rechtstreeks en ongezuiverd in de rivier geloosd, dit ten einde overstromingen te voorkomen. Tabel 8-7 geeft een overzicht van het aantal overstorten per jaar en de totale duurtijd. In de meeste jaren schommelt het aantal overstorten rond de 1000 gevallen. Het jaar 2016 schiet hier echter bovenuit met meer dan 2000 gebeurtenissen. Ondanks de zeer gelijkaardige aantallen voor de jaren 2017 en 2021 zijn er toch duidelijke verschillen in de duurtijd van de overstorten en bijgevolg ook het totaal geschat volume.

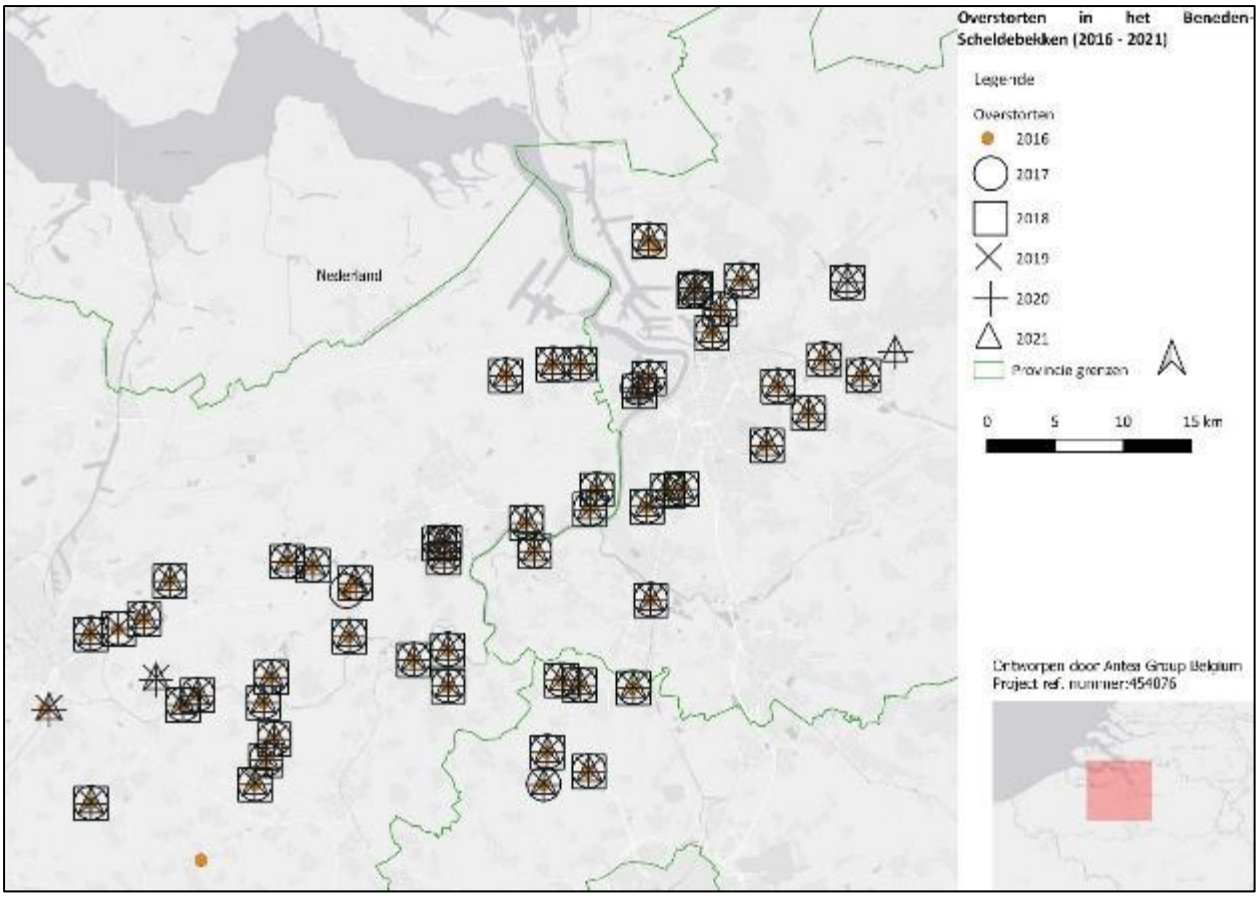
Tabel 8-7: Overzicht van het totaal aantal overstorten per jaar en de totale duur ervan.

Jaar	**Aantal overstorten**	**Totale duur (h) overstorten**
2016	2013	8519
2017	1071	4387
2018	966	3232
2019	999	3255
2020	1284	6671
2021	1074	5639

Het jaarlijks totaal geschat volume aan overstorten wordt weergegeven in Figuur 8-32 voor de beschouwde periode. In de grafiek is een duidelijke afname in het volume te zien voor de jaren 2017 t.e.m. 2019. Dit waren droge tot zeer droge jaren wat de afname in volume aan overstorten kan verklaren. Figuur 8-33 geeft een situering van de overstorten per jaar.



Figuur 8-32: Overzicht van het totaal jaarlijks geschat volume (m³) aan overstorten voor de beschouwde periode 2016 – 2021 met aanduiding van de droge periode 2017 – 2019.



Figuur 8-33: Overzicht van de overstortlocaties per jaar voor de beschouwde periode in het Beneden-Scheldebekken.

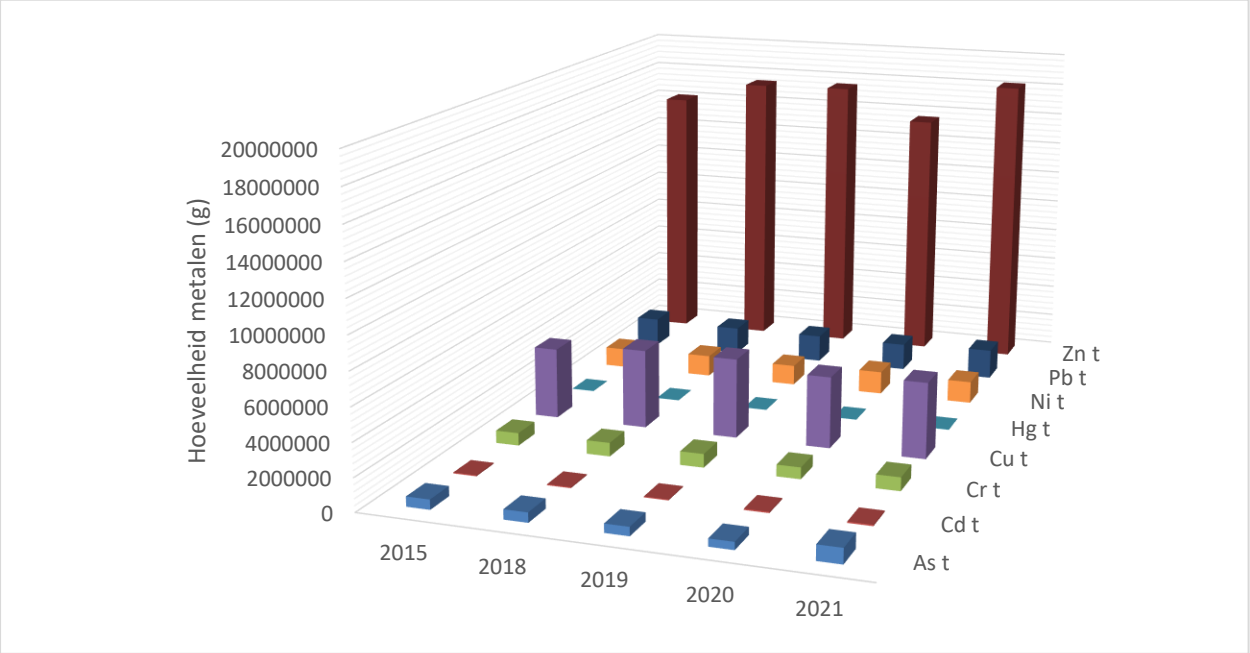
8.7.4. Bronnen van verontreiniging

Via de WEISS webviewer en Emissieregistratie kan een grote verscheidenheid aan data opgevraagd worden m.b.t. bronnen voor verontreiniging (Vlaanderen + Nederland). Er zijn data beschikbaar per waterloop (meerdere segmenten), per jaar, per stof (metalen, nutriënten, PAK's) en per sector ('bedrijven', 'depositie', 'gezinnen', 'landbouw' en 'rioolwaterzuiveringsinstallaties'). Indien iedere stof in detail bekeken zou worden zou dit leiden tot een groot aantal grafieken, welke echter niet per se bijdragen aan de opzet van dit hoofdstuk. Dit hoofdstuk binnen Menselijke activiteiten heeft tot doel als verklaring te kunnen dienen of kadering te kunnen bieden voor waargenomen trends in §5.5.1. Om deze reden wordt dan ook gefocust op verontreinigende stoffen waarvan verwacht wordt dat ze de toetswaarden overschrijden (zie §5.5.1). De focus ligt hierbij op PAK's (in zijn geheel behandeld) en de metalen Cadmium, Arseen en Kwik.

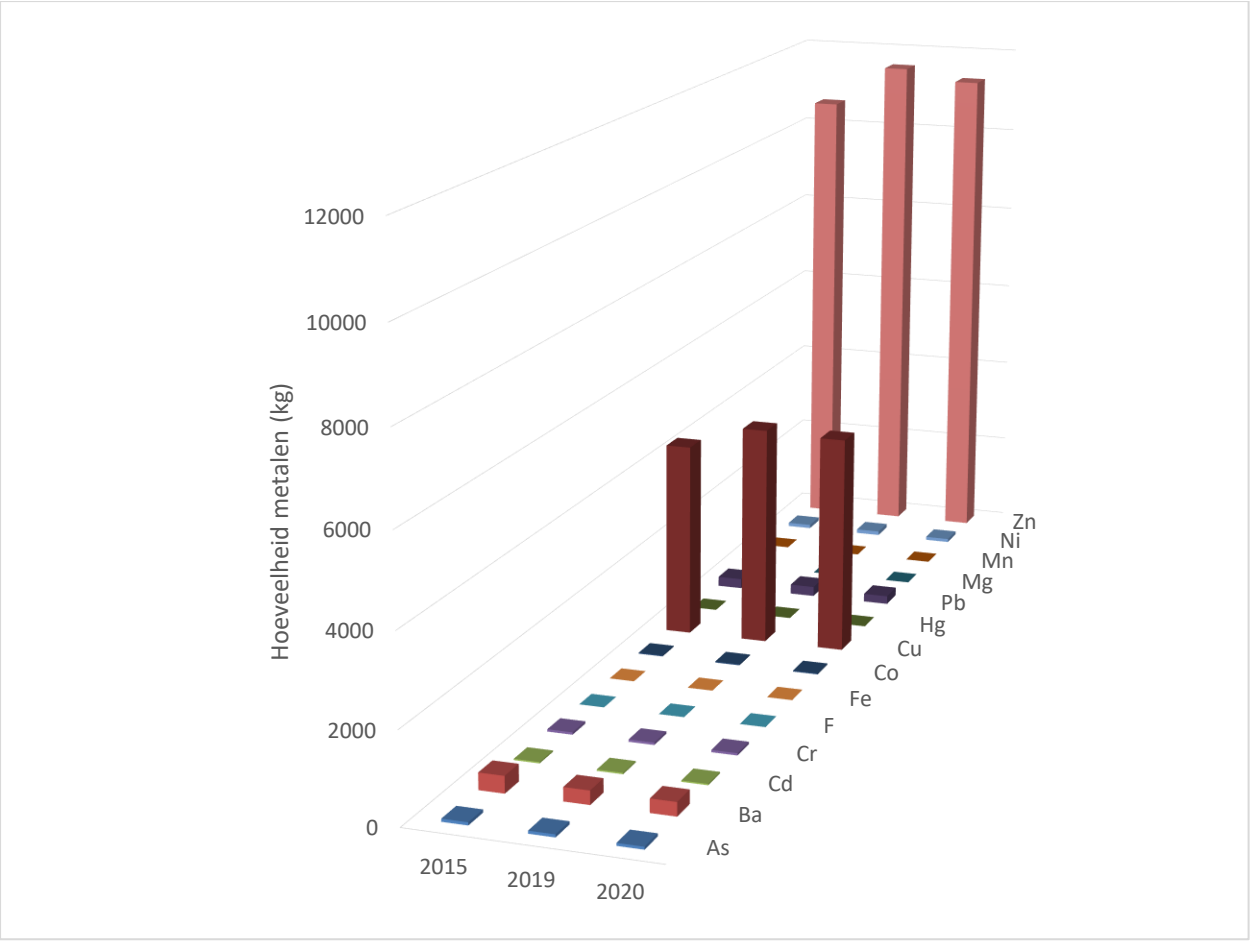
In het evaluatierapport zal op basis van de uitkomsten in §5.5.1 verder nagegaan worden welke bijkomende (of andere typen) grafieken nodig en/of nuttig zijn.

Om voeling te krijgen met de mate waarin deze stoffen algemeen voorkomen in de Zeeschelde en Westerschelde worden 6 overzichtsgrafieken voorzien waarin de evolutie (in hoeveelheid) van deze stoffen wordt weergegeven over de jaren 2015 – 2021, voor zowel de Wester- als de Zeeschelde (Figuur

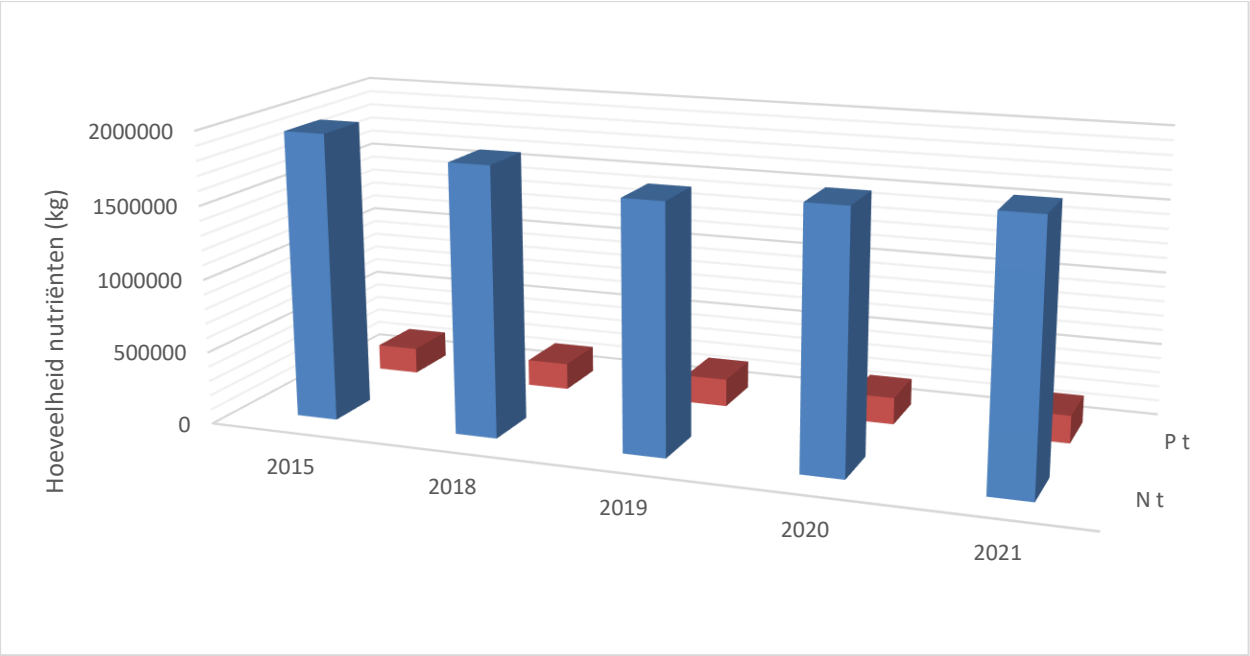
8-34 tot Figuur 8-39). Vanwege databeschikbaarheid is het mogelijk dat meer en/of minder stoffen worden weergegeven bij WEISS t.o.v. Emissieregistratie en vice versa.



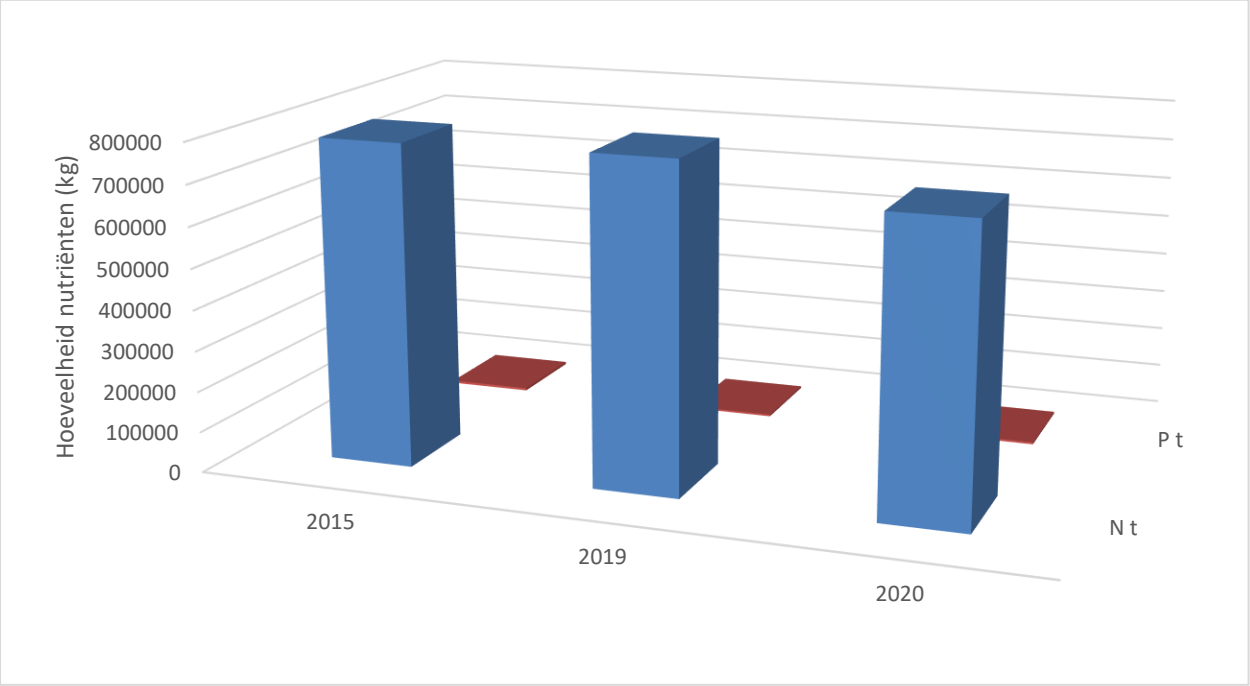
Figuur 8-34: Evolutie over de jaren van het voorkomen van verschillende metalen in de Zeeschelde.



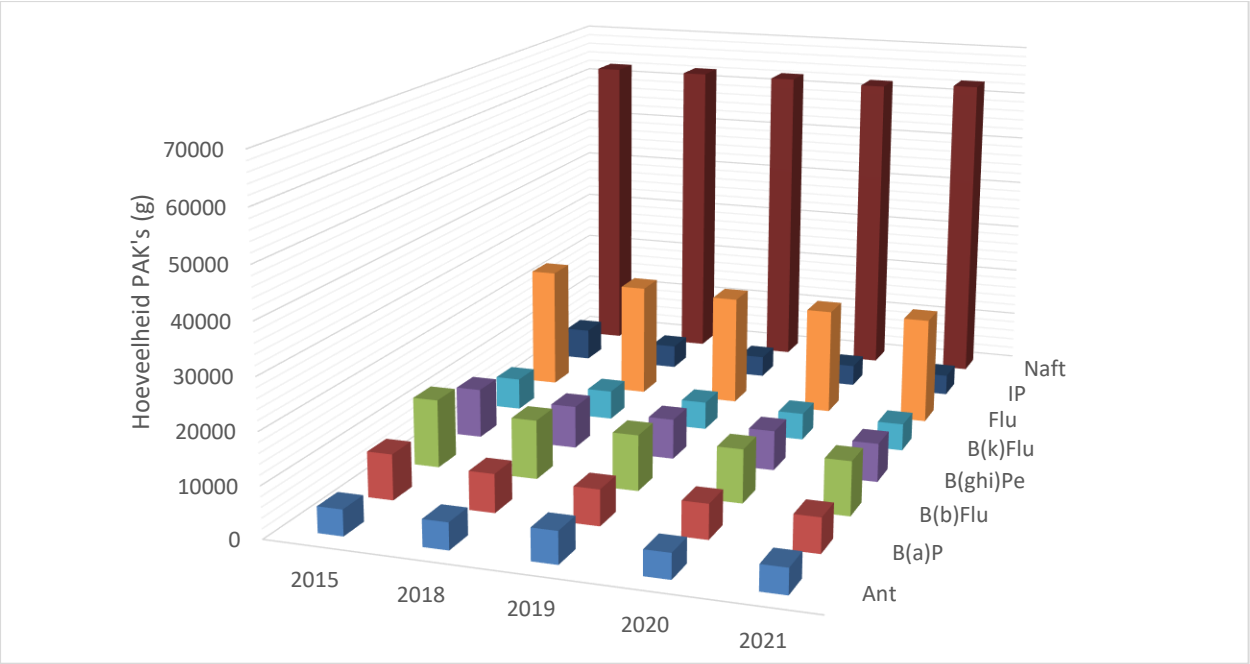
Figuur 8-35: Evolutie over de jaren van het voorkomen van verschillende metalen in de Westerschelde.



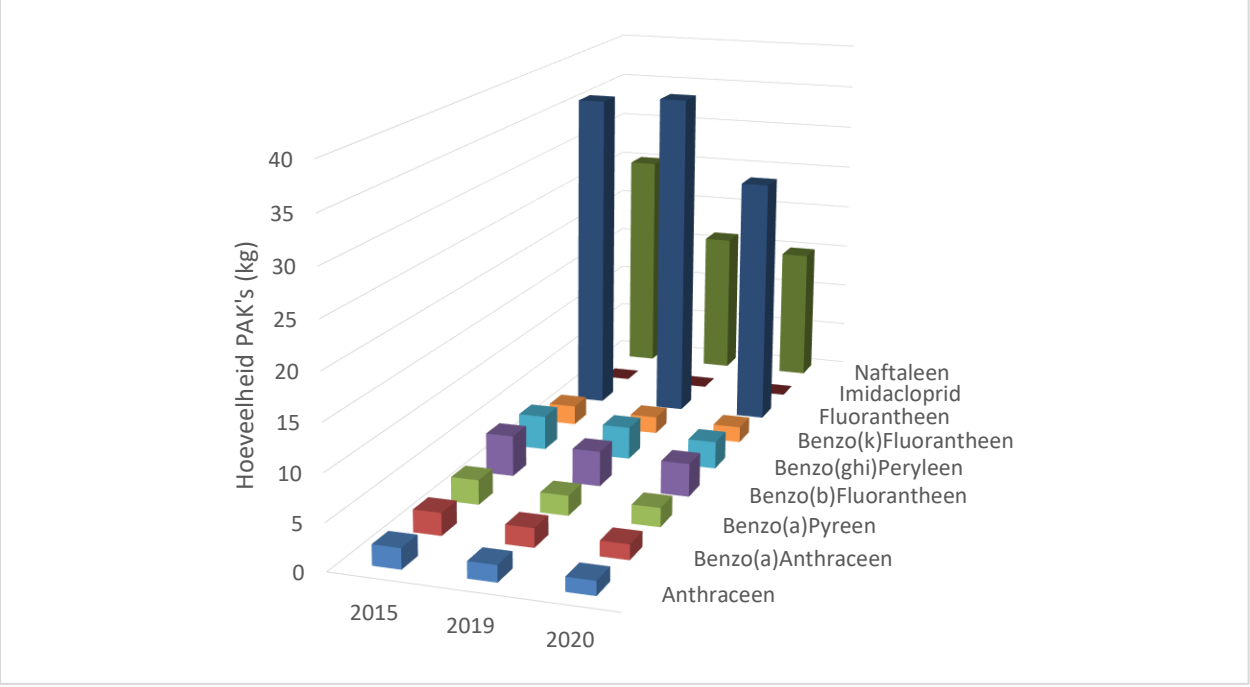
Figuur 8-36: Evolutie over de jaren van het voorkomen van Fosfor en Stikstof in de Zeeschelde.



Figuur 8-37: Evolutie over de jaren van het voorkomen van Fosfor en Stikstof in de Westerschelde.



Figuur 8-38: Evolutie over de jaren van het voorkomen van PAK's in de Zeeschelde.

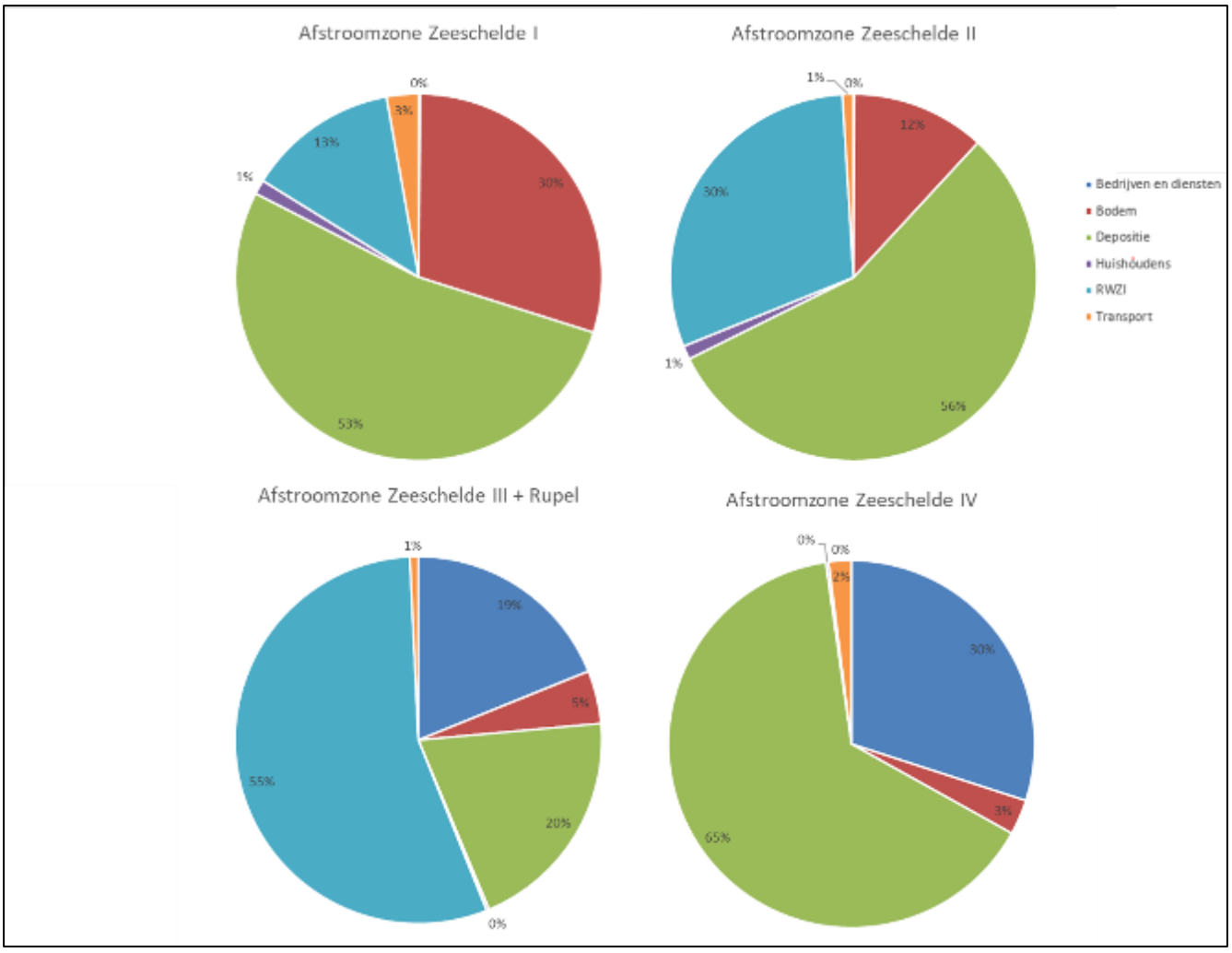


Figuur 8-39: Evolutie over de jaren van het voorkomen van PAK's in de Westerschelde.

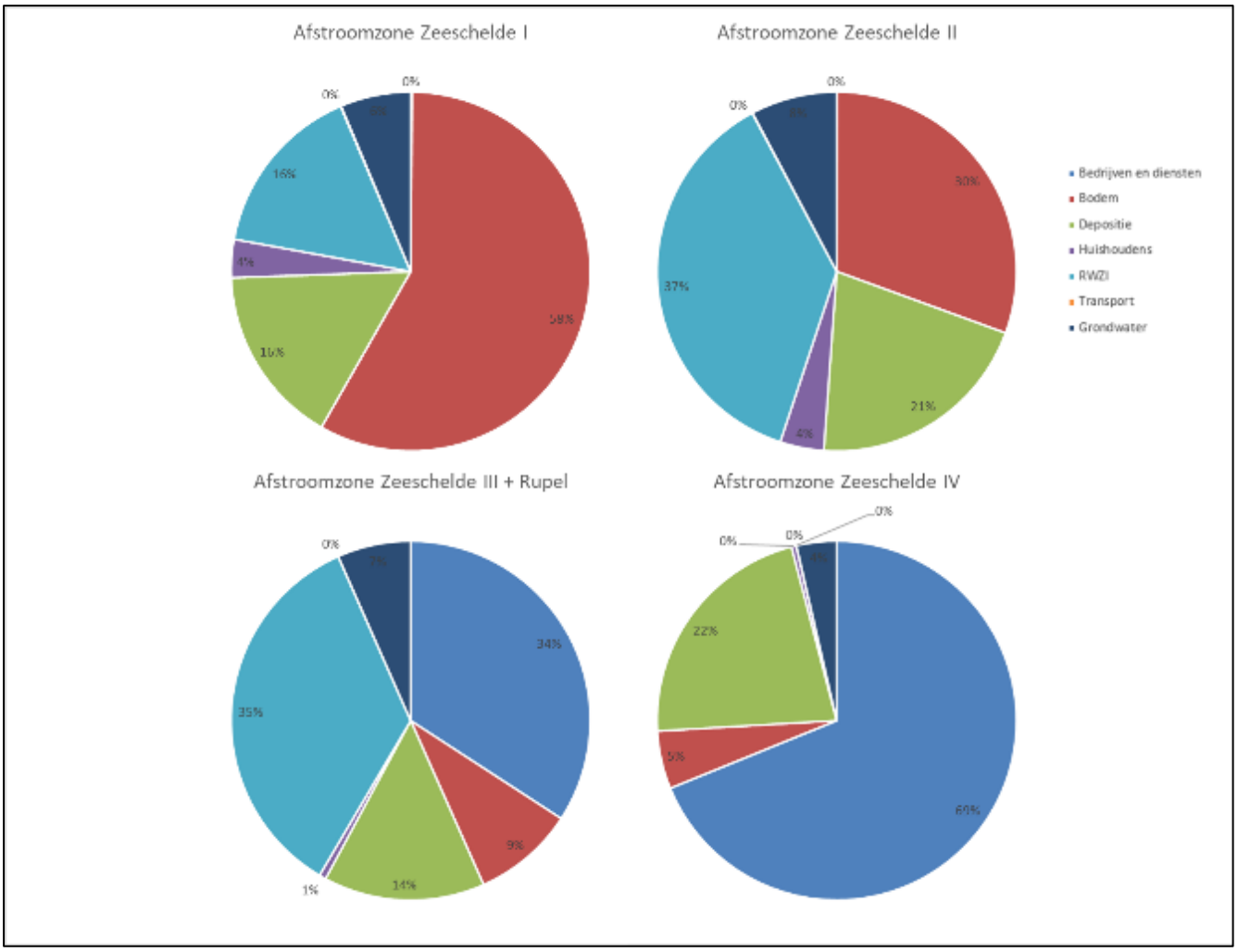
Wat verdeling over sectoren betreft blijkt uit Figuur 8-40 tot Figuur 8-43 dat depositie een belangrijke bron is voor Cadmium en dit in alle afstroomzones behalve Zeeschelde III + Rupel. Bij deze laatste spelen vooral de RWZI's een belangrijke rol en wordt de invloed van de Bedrijven en diensten sector, net zoals bij Zeeschelde IV, ook groter. De impact van de bodem wordt kleiner naarmate men verder stroomafwaarts gaat. Dezelfde trend maar meer uitgesproken kan worden vastgesteld voor Arseen (Figuur 8-41). Hier hebben bedrijven en diensten de grootste invloed in de Zeeschelde II en Zeeschelde III + Rupel. De rol van depositie verkleint en een bijkomende sector "grondwater" is aanwezig. RWZI's spelen ook hier een belangrijke rol. Bij Kwik (Figuur 8-42) zijn de belangrijkste sectoren depositie, bedrijven & diensten, RWZI, bodem en huishoudens. In het geval van de stoffengroep PAK's wordt een heel ander beeld zichtbaar (Figuur 8-43). Hoewel er nog een duidelijke impact is van de sectoren depositie, RWZI en bedrijven en diensten is het vooral de transportsector die een enorme rol blijkt te spelen. Ook de sector infrastructuur komt hier naar boven, welke geheel afwezig was bij de metalen.

In het geval van de Westerschelde blijken de belangrijkste bronnen voor Cadmium, Arseen en Kwik atmosferische depositie, scheepvaart en uit- en afspoeling van bodems te zijn. Atmosferische depositie is steevast de belangrijkste bron (.

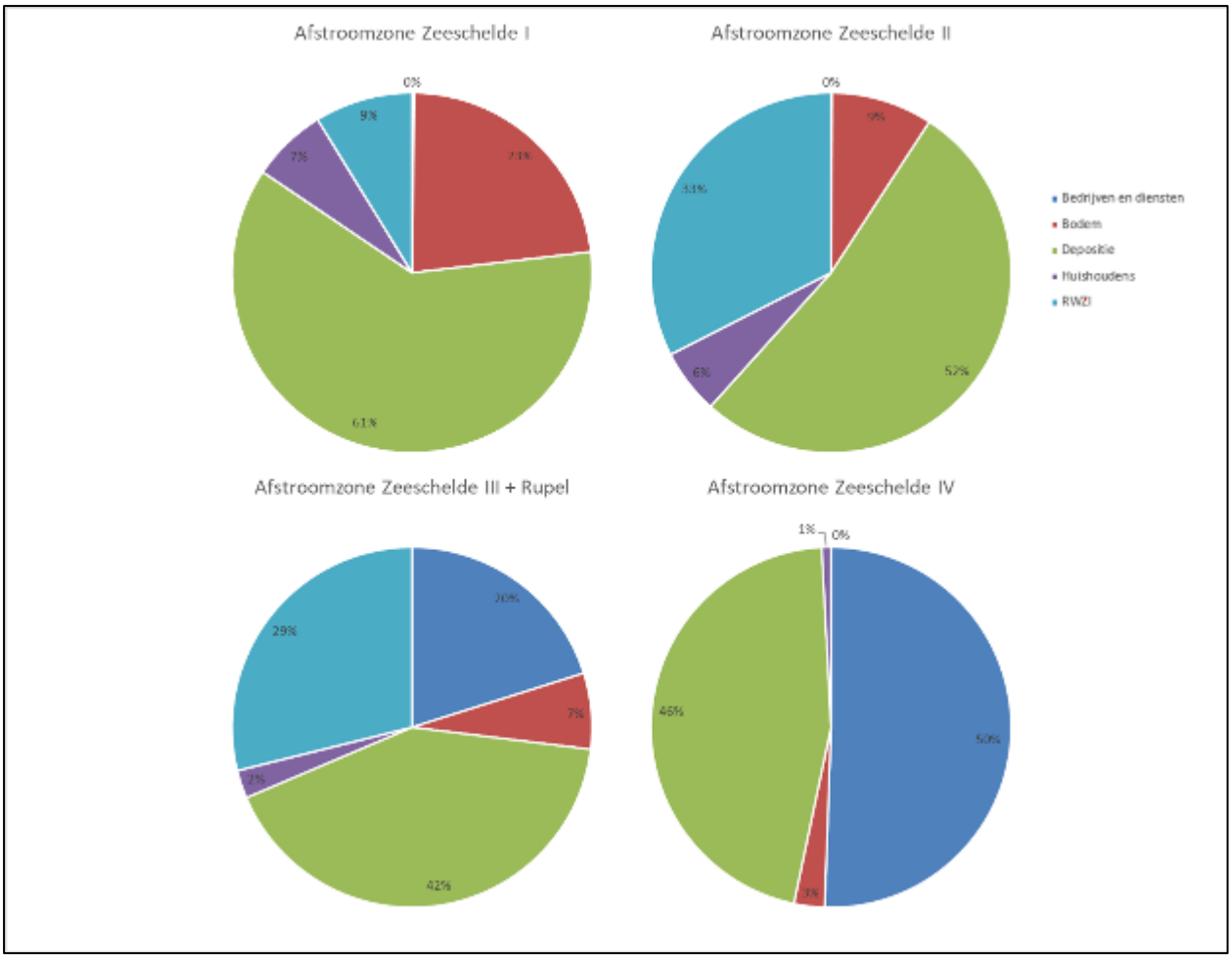
In Bijlage B zijn tabellen voorzien die voor elke stof een gedetailleerd overzicht geven van de bepaalde hoeveelheid stof per jaar, weergeven per sector over de hele Zeeschelde.



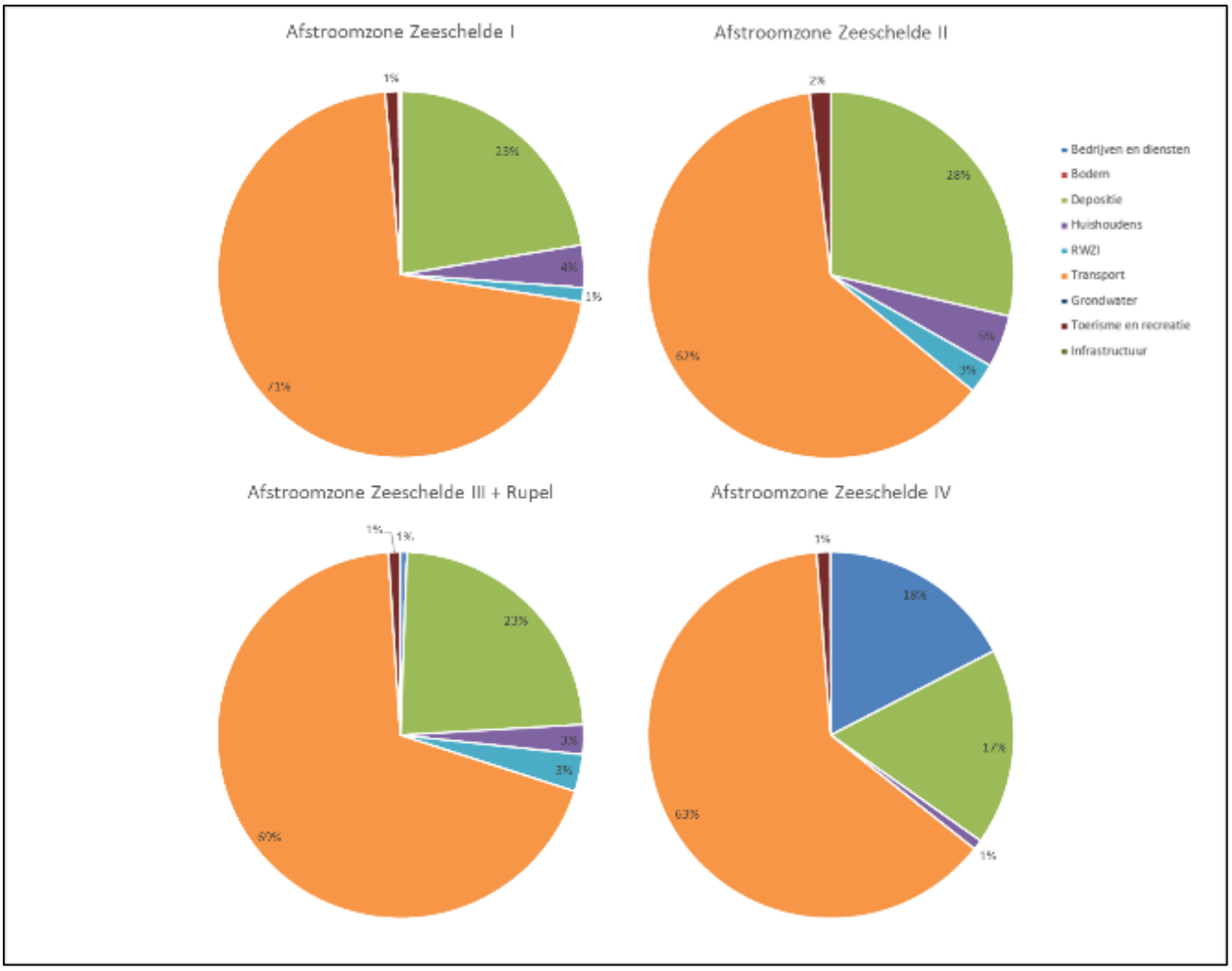
Figuur 8-40: Gemiddelde procentuele bijdrage van een sector aan het aanwezig gehalte Cadmium (gebaseerd op data van de perioden 2015, 2018 – 2021).



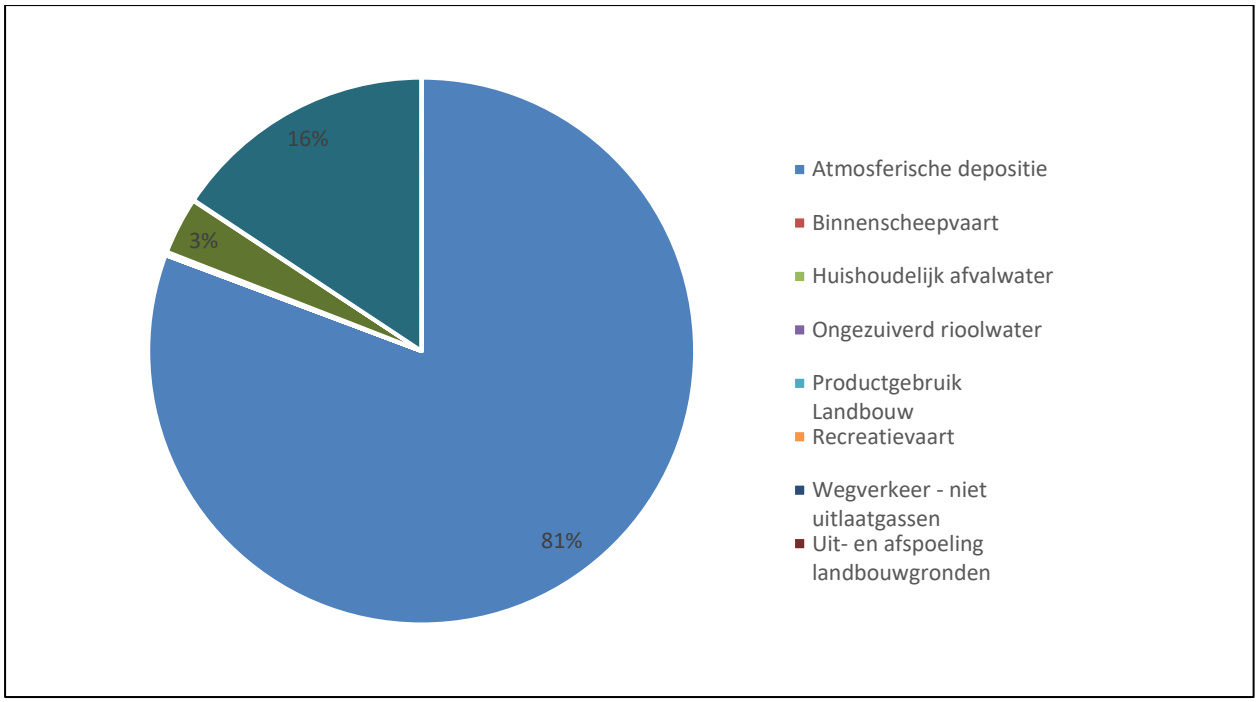
Figuur 8-41: Gemiddelde procentuele bijdrage van een sector aan het aanwezig gehalte Arseen (gebaseerd op data van de perioden 2015, 2018 – 2021).



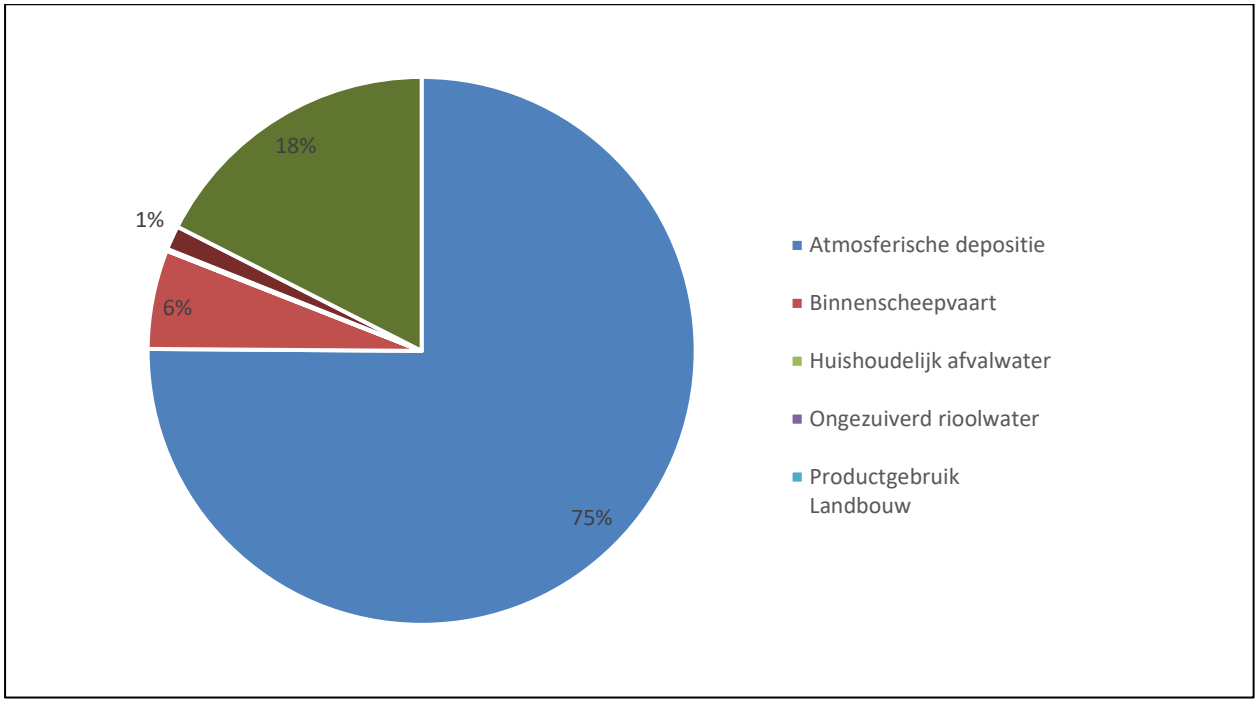
Figuur 8-42: Gemiddelde procentuele bijdrage van een sector aan het aanwezig gehalte Kwik (gebaseerd op data van de perioden 2015, 2018 – 2021).



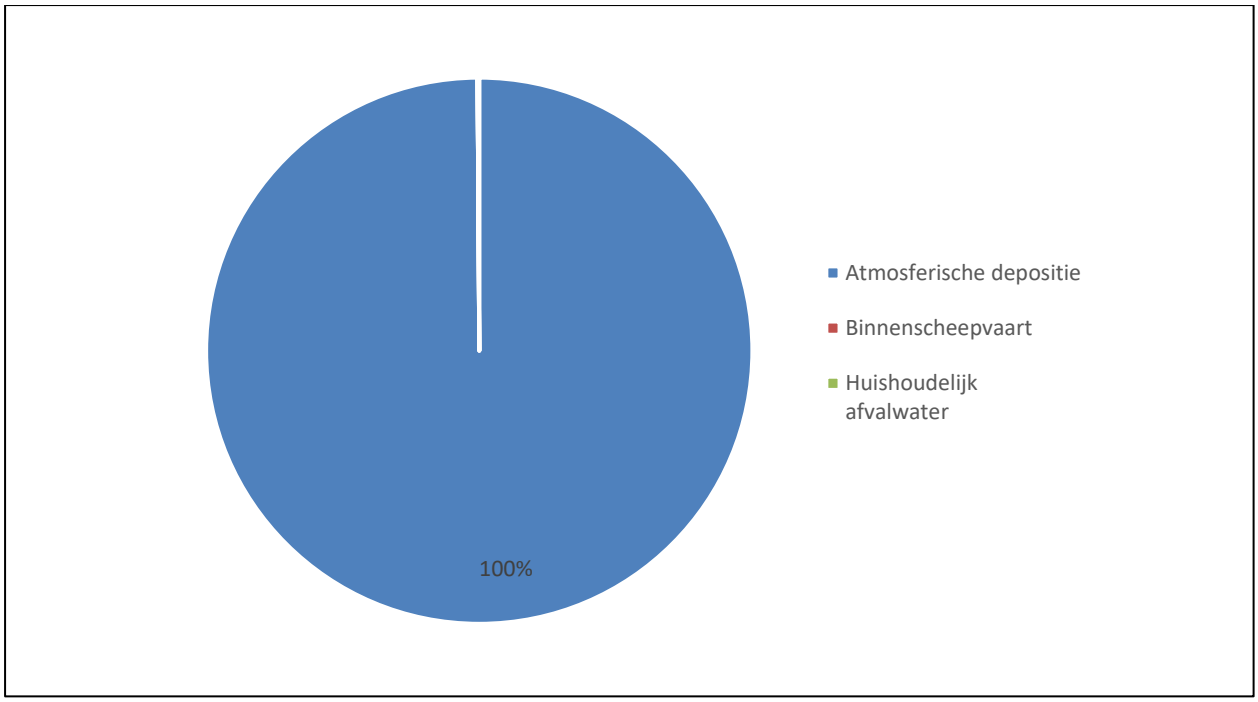
Figuur 8-43: Gemiddelde procentuele bijdrage van een sector aan het aanwezig gehalte PAK's (gebaseerd op data van de perioden 2015, 2018 – 2021).



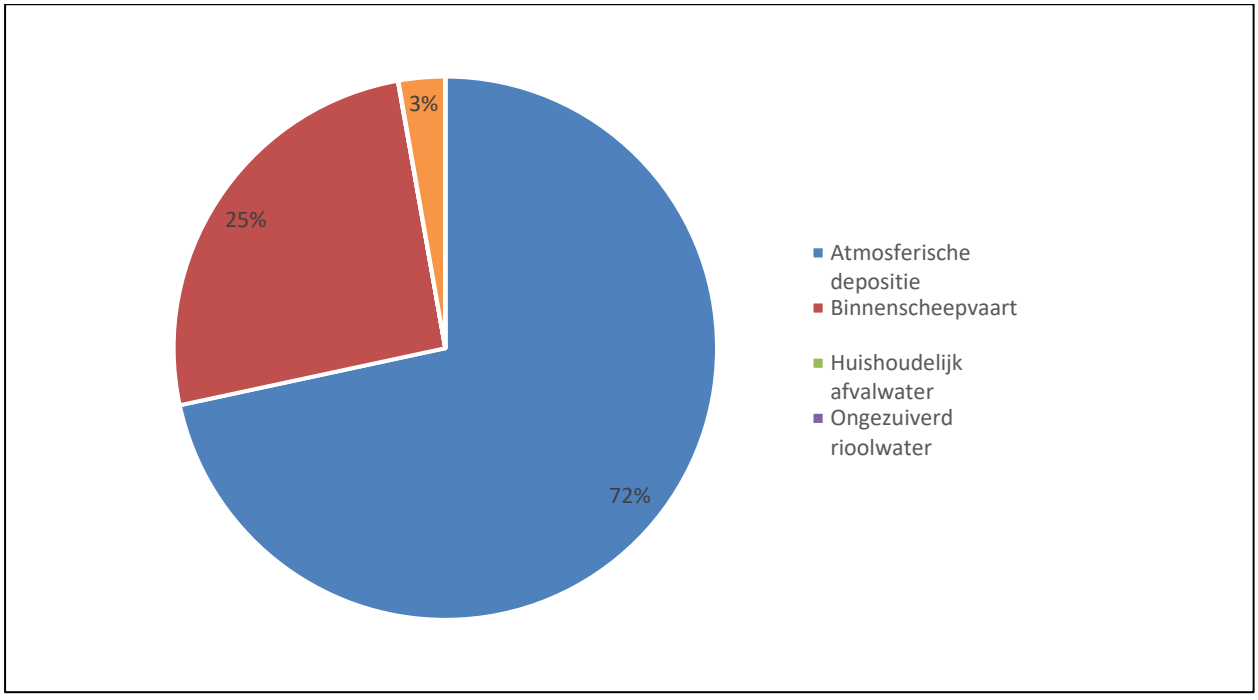
Figuur 8-44: Gemiddelde procentuele bijdrage van een sector aan het aanwezig gehalte Cadmium (gebaseerd op data van de perioden 2015 - 2019 – 2020) in de Westerschelde.



Figuur 8-45: Gemiddelde procentuele bijdrage van een sector aan het aanwezig gehalte Arseen (gebaseerd op data van de perioden 2015 - 2019 – 2020) in de Westerschelde.



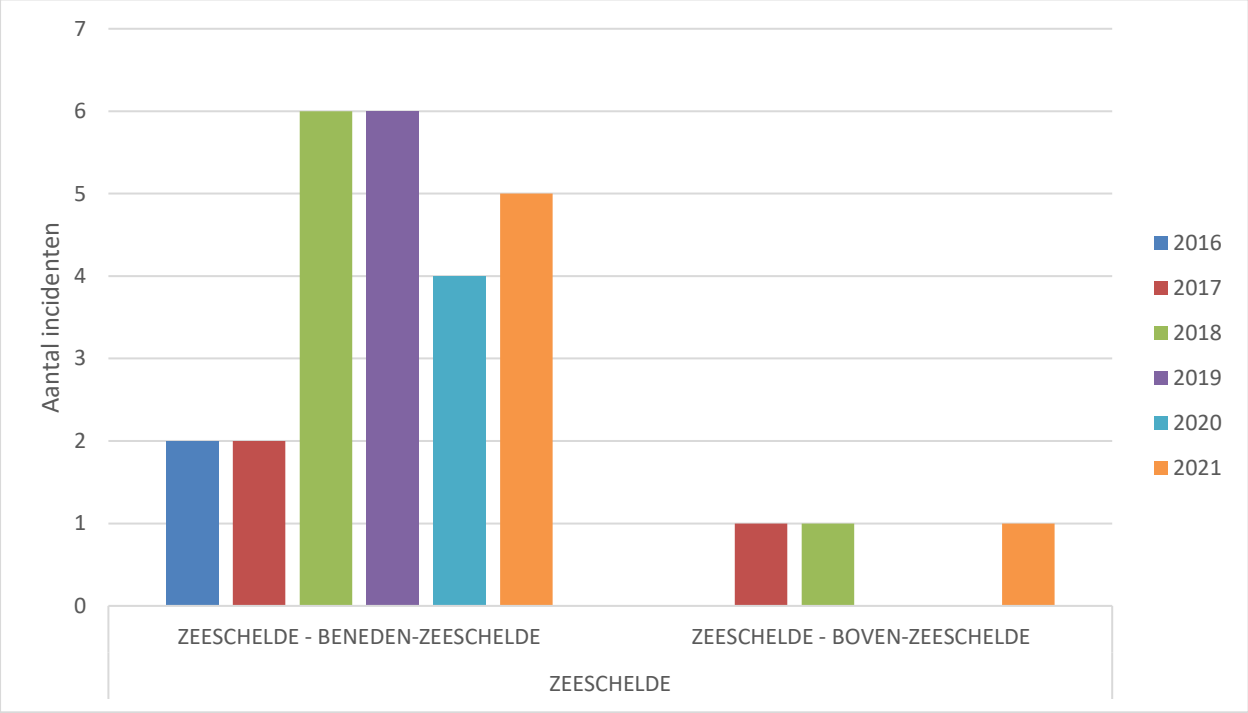
Figuur 8-46: Gemiddelde procentuele bijdrage van een sector aan het aanwezig gehalte Kwik (gebaseerd op data van de perioden 2015 - 2019 – 2020) in de Westerschelde.



Figuur 8-47: Gemiddelde procentuele bijdrage van een sector aan het aanwezig gehalte PAK's (gebaseerd op data van de perioden 2015 - 2019 – 2020) in de Westerschelde.

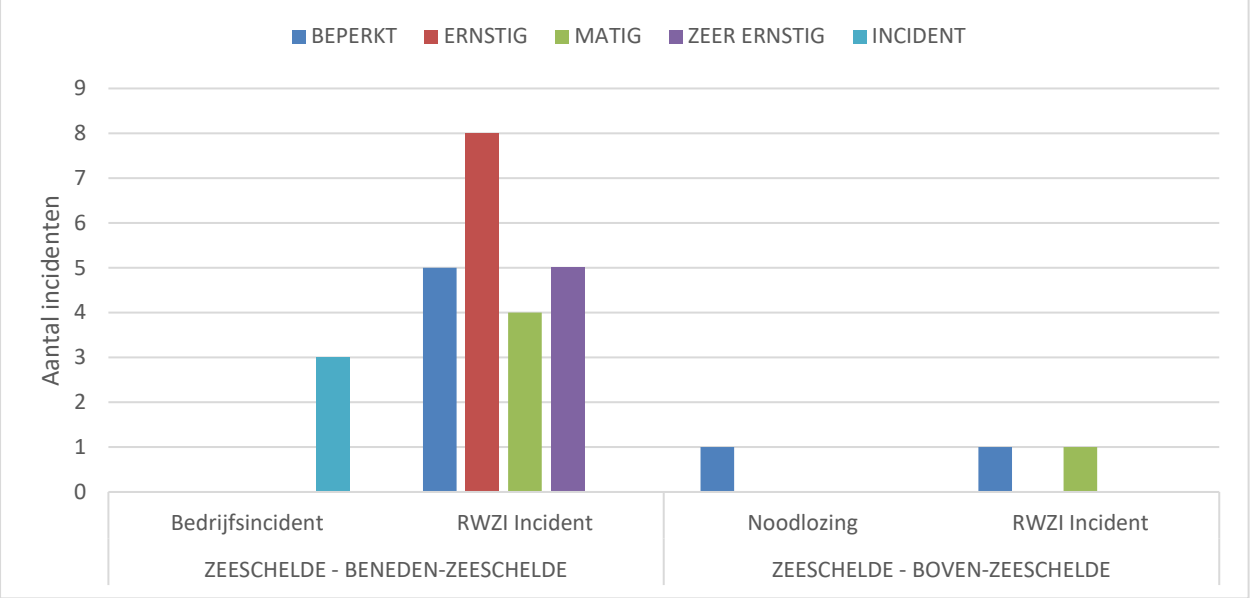
8.7.5. Incidentele verontreinigingen

Incidentele verontreinigingen komen af en toe voor in de vorm van bijvoorbeeld noodlozingen of bedrijfsincidenten. Over de hele beschouwde periode kwamen 28 incidenten voor (Figuur 8-48), waarbij het type "bedrijfsincident", "noodlozing" en "RWZI-incident" goed zijn voor respectievelijk 11%, 3% en 86% van het totale aantal incidenten. Het merendeel van de incidenten vond plaats in de Beneden-Zeeschelde.

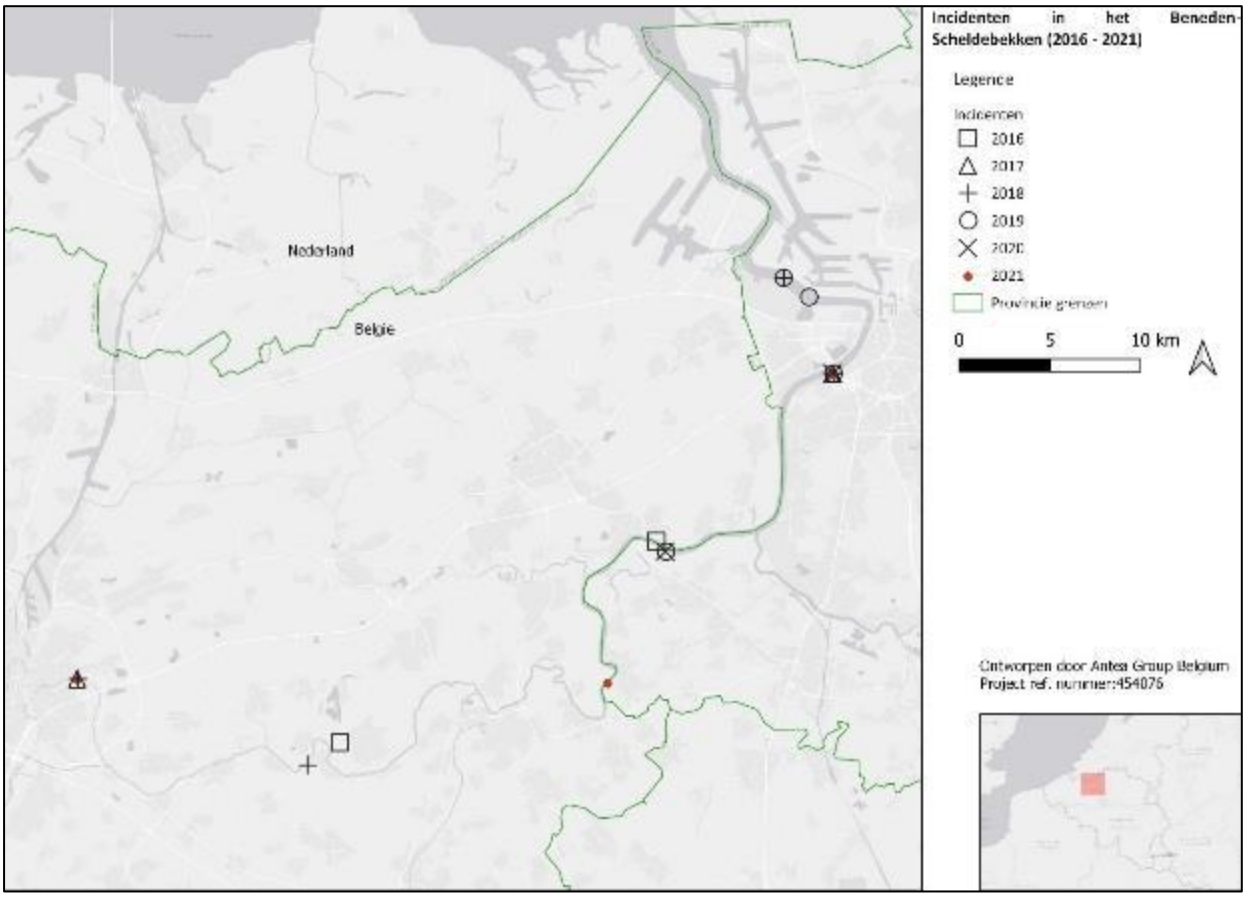


Figuur 8-48: Aantal incidentele verontreinigingen in de periode 2016 – 2021, opgesplitst voor de Boven- en Beneden-Zeeschelde.

Bij de meeste incidenten wordt de milieu impact van het incident meegegeven. Deze varieert van beperkt naar zeer ernstig. In het geval van bedrijfsincidenten is de impact veeleer onduidelijk en wordt gewoon "incident" gemeld. Uit Figuur 8-49 blijkt dat 13 van de 22 RWZI incidenten op de Beneden-Zeeschelde beschouwd wordt een ernstig tot zeer ernstige milieu impact te hebben. Onder ernstige impact wordt het onbedoeld lozen van ongezuiverd rioolwater (door vb. kapotte terugslagkleppen en slibuitspoeling (vanwege vb. verstoppingen, voorkomen van slibdekens) bedoeld waarbij in bepaalde gevallen de ZS – norm op 10/03/2019 of 16/01/2018 wordt overschreden. Zeer ernstige incidenten zijn gelijkaardig in aard, echter langduriger waardoor de ZS-norm bijna altijd wordt overschreden. Ook de BZV en CZV norm op 10/03/2019 wordt hier in bepaalde gevallen overschreden. De situering van deze incidenten wordt weergegeven in Figuur 8-50. In bijlage B wordt een overzicht gegeven van de maanden en jaren waarin deze incidenten zicht voordeden.



Figuur 8-49: Overzicht van de milieu impact van diverse typen incidentele verontreinigingen in de Boven- en Beneden-Zeeschelde.



Figuur 8-50: Situering van de incidenten over de beschouwde periode 2016 – 2021.

8.8. Verstorende recreatieve ontsluitingen

Het Schelde-estuarium kent veel gebruiksfuncties. Recreatie is hier één van. In het ideaalbeeld gaat dit hand-in-hand met de andere functies. Doch, het is niet ondenkbaar dat recreatie een zekere druk op de ecologie met zich mee kan brengen: denk hierbij aan verstoring van broed- of foerageergebieden.

Dit rapport heeft niet de bedoeling om alle recreatieve ontsluitingen op te sommen. De focus ligt op relevante beheersmaatregelen of activiteiten waardoor de recreatie dermate toeneemt dat het een aantoonbaar, aanzienlijk effect heeft en/of kan hebben op het functioneren van één van de Communicatie-indicatoren. Momenteel werden slechts 2 activiteiten geïdentificeerd, het openstellen van dienstwegen voor recreatief medegebruik en de ingebruikname van De Waterbus. Deze worden hieronder kort besproken.

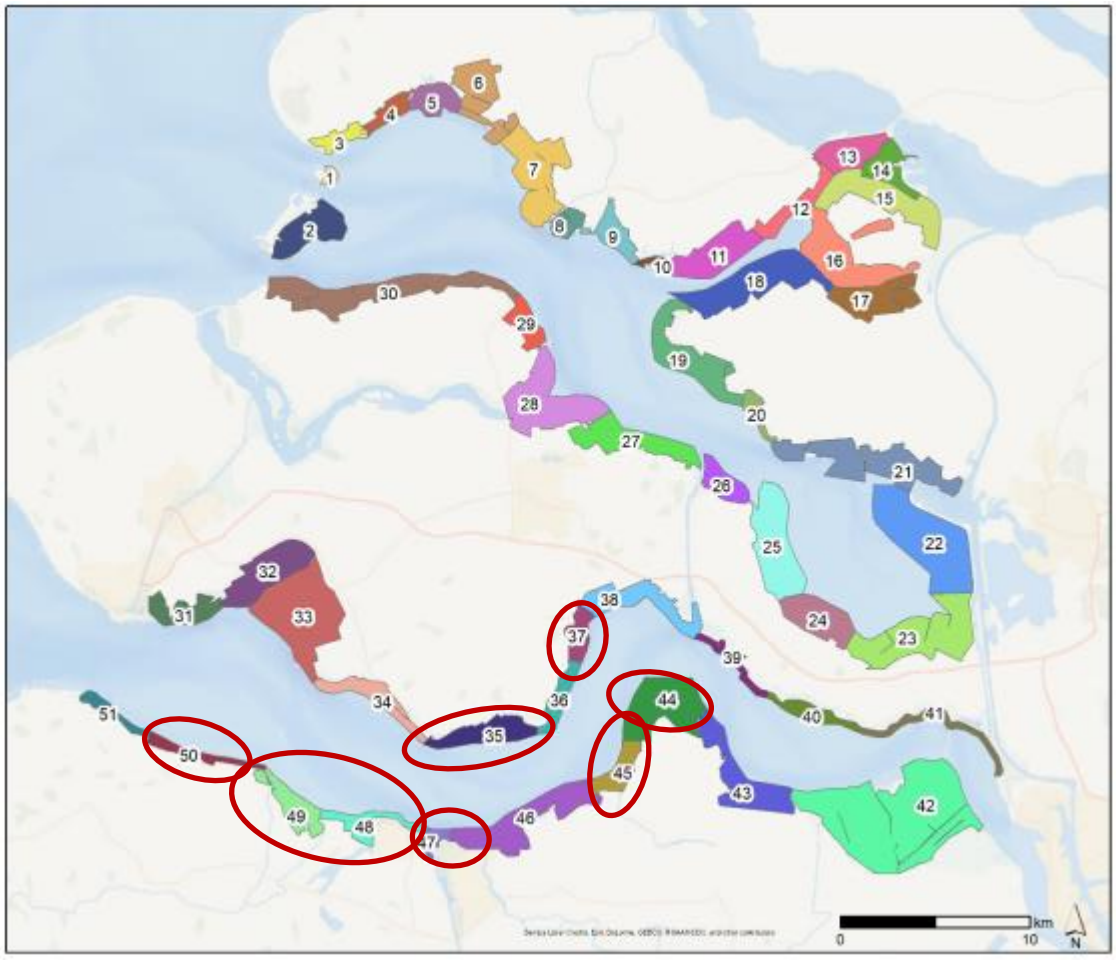
8.8.1. Dienstwegen voor recreatief medegebruik

Langs de Westerschelde zijn in de periode 1997-2012 een groot aantal dijkverbeteringsprojecten uitgevoerd, waarbij veelal de steenbekleding werd vervangen en de buitendijkse onderhoudswegen werden verhard. Veel van de onderhoudswegen zijn vervolgens voor recreatief gebruik opengesteld met een sterke toename in gebruik tot gevolg (wandelen, fietsen, hond uitlaten, …). Dit heeft effect op het gebruik van hoogwatervluchtplaatsen op dijken door vogels of kunnen foerageergebieden direct vóór dijktrajecten zelfs deels onbruikbaar maken voor watervogels.

Arts *et al*. (2018) onderzocht of de trend van watervogels op opengestelde dijktrajecten significant afwijkt van de trend in het betreffende watersysteem. Dit onderzoek richt zich op de opengestelde dijktrajecten langs de Ooster- en Westerschelde en baseert zich op de analyse van watervogeltellingen.

Experts in het vakgebied selecteerden een reeks dijktrajecten en telvakken, waaronder trajecten waarvan verwacht wordt dat ze een knelpunt zullen vormen. Per traject wordt vervolgens berekend wat het gemiddelde aantal vogels van de soort op het traject is (rekening houdend met instandhoudingsdoelstellingen) en wat de algemene trend op het traject is. Deze laatste wordt dan vergeleken met de trend opgesteld voor het hele bekken. Voor dit onderzoek zijn de steltlopers, die gebruik maken van het intergetijdengebied, relevant.

Aangezien de watervogeltellingen gebeuren per telgebied, is het echter vaak lastig de resultaten eenduidig te interpreteren. De telgebieden zijn namelijk relatief groot en omvatten vaak zowel binnendijks als buitendijks gebied. Verstoringen buitendijks kunnen met deze gegevens niet opgemerkt worden omdat de vogels uitwijken naar het binnendijkse deel van het telgebied. Dit is vooral het geval voor de Oosterschelde waar in recente jaren veel binnendijkse natuur werd bij gecreëerd. Wat betreft de Westerschelde is er minder binnendijkse natuur wat ertoe leidt dat het aantal steltlopers dat significant is afgenomen procentueel groter is dan bij de Oosterschelde. De analyse liet in het algemeen zien dat in gebieden waar verstoring van hoogwatervluchtplaatsen werd waargenomen, het aantal vogelsoorten (waaronder Natura 2000 soorten) significant sterker achteruitging dan in de gehele Westerschelde. Dit is onder meer het geval voor de locaties Zuidgors/Baarland, Biezelingse Ham, Kop van Ossenisse, Othene, Hellegatschor, Braakmanhaven en het Paulinaschor (Figuur 8-51).



Figuur 8-51: Overzicht van de geselecteerde dijktrajecten in Arts et al. (2018) waarbij de rode cirkels trajecten langs de Westerschelde aanduiden waarbij een significante afname in soorten wordt vastgesteld (35-Zuidgors/Baarland, 37-Biezelingse Ham, 44-Kop van Ossenisse, 45-Hellegatschor, 47-Othene, 48-Braakmanhaven, 49-Paulinaschor, 50-Voorland Nummer Een)

In Krijgsveld *et al*. (2022) wordt de impact van diverse vormen van recreatie op vogels onderzocht. Hieruit blijkt dat niet enkel het type recreatie (verstoringsbron), maar ook de afstand tussen vogel en verstoringsbron, de intensiteit van verstoring, de duur en frequentie (continu of niet frequent; regelmatig of variabel), de voorspelbaarheid van gedrag van de verstoringsbron (het al dan niet volgen van een vast pad, vb.: dijktraject versus struinen) en de snelheid en geluid een belangrijke rol spelen. Ook gebiedskenmerken zoals de openheid van het gebied zijn van belang.

De meest voorkomende activiteiten op de opengestelde dijken zijn wandelen en fietsen. De hoge impact van wandelaars en fietsers, een op zich rustige en stille activiteit, ligt vooral aan de hoge intensiteit ervan. De impact van wandelaars vergroot wanneer er loslopende honden zijn, bij aangelijnde honden is de impact veeleer beperkt (Krijgsveld *et al*., 2022).

Aangezien het gaat om dijktrajecten is de voorspelbaarheid groot, wat dan weer een positief effect heeft op de verstoringsgraad (creëert ook mate van gewenning). Krijgsveld *et al*. (2022) geeft echter aan dat bij buitendijkse fiets- en wandelpaden in het Deltagebied (open gebied) er wel effecten optreden zoals verlaagde dichtheden van vogels langs paden, verlaagd broedsucces en het volledig verlaten van het gebied. Dit bevestigd de eerder gepresenteerde resultaten uit Arts *et al*. (2018).

8.8.2. De Waterbus

In juli 2017 werd op de Zeeschelde de Waterbus in gebruik genomen. De Waterbus is net als de gewone bus een vorm van openbaar vervoer, maar dan te water. De originele route liep vanaf Hemiksem naar Kruibeke en Antwerpen (Steenplein en Sint-Anna) en vervolgens verder noordwaarts via Zwijndrecht naar Kallo. In 2019 werden de halten Liefkenshoek en Lillo toegevoegd (Figuur 8-52). Momenteel zijn er meerdere vaartuigen en is er een half uurlijkse dienstverlening, beginnend om 5u tot 23u.

Figuur 8-52: De huidige route van de Waterbus op de Zeeschelde met aanduiding van vaartijd tussen begin- en eindbestemming en tussenliggende halten.

De Waterbus wordt vooral ingeschakeld voor woon-werkverkeer om zo het fileleed op de Vlaamse wegen tijdens de spits tegen te gaan, maar wordt evengoed gebruikt ter recreatie.

De komst van de Waterbus kan dan ook gezien worden als een extra verstorende recreatieve ontsluiting met een mogelijke impact op de voorkomende fauna en diens habitat. Vooral de door de Waterbus gecreëerde golfslag, haar snelheid en het lawaai kunnen een impact hebben op de omgeving. Momenteel is er echter nog geen onderzoek gebeurd naar mogelijke verstorende effecten van deze Waterbus op haar omgeving. De algemene impact van diverse typen waterrecreatie (kitesurfen, jetski, motorboot,…) (op vogels) wordt wel reeds beschreven in Krijgsveld *et al*. (2022).

8.9. Beheermaatregelen invasieve soorten

Exoten zijn soorten die door toedoen van menselijk handelen in een nieuwe omgeving worden geïntroduceerd (EU, 2014). Gezien invasieve exoten een negatief effect kunnen hebben op de lokale gemeenschap, zijn deze als afzonderlijke toetsparameter opgenomen in de Communicatie-parameter Ecologie (hoofdstuk 7.10). Deze soorten komen oorspronkelijk niet voor in het Schelde-estuarium, maar zijn door menselijke activiteiten in het estuarium terecht gekomen. Een diepgaande analyse van de oorzaak valt buiten de scope van deze opdracht: zij het accidentele (bijv. via ballastwater) of doelbewuste (bijv. voor oestercultuur) introductie. De focus ligt hier op beheersmaatregelen om de verspreiding van invasieve soorten tegen te gaan en zo een impact hebben op de soort-specifieke ontwikkelingen.

Voor de preventie en bestrijding van exoten kan er een onderscheidt gemaakt worden tussen bestaande verdragen en/of richtlijnen en effectief uitgevoerde beheersmaatregelen.

Er bestaan verschillende richtlijnen en verordeningen m.b.t. exoten, waarvan de 1143/2014 Europese exotenverordening de belangrijkste is. De Unielijst, van kracht sinds 1/01/2015, omvat uitheemse planten en dieren, waarvan de verspreiding door de Europese commissie als zorgwekkend wordt beschouwd. Het gaat om invasieve soorten met een negatieve impact op de inheemse Europese biodiversiteit. Er is een verbod op bezit, handel, kweek, transport en import van alle soorten op de Unielijst.

In België zijn nog meer specifieke lijsten opgesteld, de zogenaamde "black list", "watch list" en "alert list". Van den Neucker & Scheers (2022) geven meer uitleg bij de verschillende bestaande lijsten en richtlijnen.

Aangezien scheepvaart wordt gezien als een van de belangrijke introductieroutes van exoten (ook voor het Schelde-estuarium), invasieve uitheemse fauna en flora kan meekomen via het ballastwater van de schepen en/of als aangroei op de scheepswanden (biofouling), zijn binnen deze sector ook verschillende richtlijnen en verdragen opgesteld. De "Balast Water Management Convention" (opgericht in 2004) biedt procedures en standaarden aan voor het omgaan met en beheer van ballastwater van schepen. De "biofouling guidelines" geven aan hoe om te gaan met biofouling op schepen. De richtlijnen geven praktische informatie over hoe met de aangroei van algen en kleine organismen op vooral scheepsrompen om te gaan en de daardoor mogelijke verspreiding van deze soorten onder controle te houden.

In tegenstelling tot deze richtlijnen kunnen ook beheersmaatregelen worden toegepast. Wat betreft het Schelde-estuarium is er momenteel maar één beheersmaatregel gekend, ondanks het voorkomen van meerdere invasieve soorten.

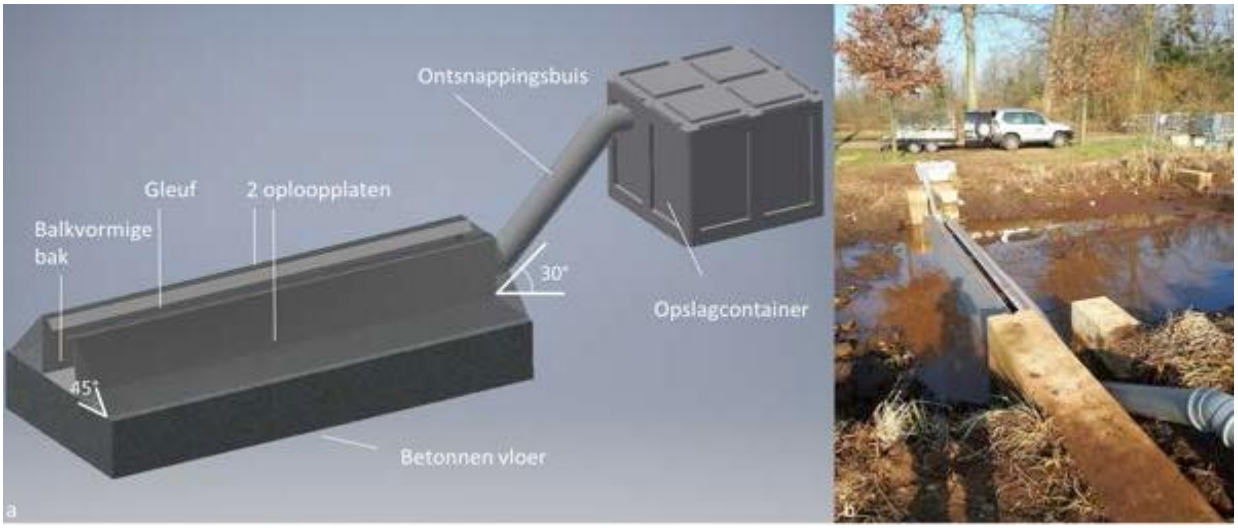
De beheersmaatregel wordt enkel toegepast in Vlaanderen en is gericht op de bestrijding van de Chinese wolhandkrab (Figuur 8-53). De Chinese wolhandkrab (Eriocheir sinensis) is een uitheemse soort, die sinds 2016 opgenomen is in de lijst met 'zorgwekkende invasieve soorten' binnen de Europese Unie, de eerdergenoemde Unielijst (Keirsebelik *et al.*, 2020).

De Chinese wolhandkrab komt oorspronkelijk uit Oost-Azië en algemeen wordt aangenomen dat de soort in Europa geïntroduceerd werd in het begin van de jaren 1900 via het ballastwater van schepen (Keirsebelik *et al.*, 2020). Vandaag is ook de kruising met de Japanse wolhandkrab (Eriocheir japonica)), vastgesteld op basis van genetische analyse (Homberger *et al.*, 2022).

De soort zorgt voor een verstoring van lokale aquatische habitats door een verhoogde stress op planten, wat kan leiden tot bijvoorbeeld een grotere troebelheid van het water en toenemende erosie.

Voor de beheersing van de Chinese wolhandkrab worden krabbensleuven (krabbenvallen) geïnstalleerd. Een goed voorbeeld hiervan is de krabbensleuf te Grobbendonk op de Kleine Nete. Dergelijke krabbensleuf is een val waar de krabben in vallen wanneer ze zich over de bodem bewegen (aangezien ze niet zwemmen). Eens hierin gevallen worden ze automatisch richting een "verzamelbak" geleidt, die vervolgens regelmatig worden geleegd (Figuur 8-54, Figuur 8-55, Figuur 8-56). De krabbensleuf werkt zowel tijdens de voorjaars- als najaarstrek (stroomopwaartse en stroomafwaartse migratie). De installatie van de krabbensleuf gebeurt bij voorkeur op een vistrap, aangezien dit voordelen biedt m.b.t. een makkelijkere installatie en periodiek onderhoud. Aangezien de sleuf steeds onder water zit kunen vissen en amfibieën de val gemakkelijk vermijden en er overheen zwemmen (Keirsebelik *et al*., 2020; Van Ryckeghem *et al*, 2020; D'hondt *et al*., 2021)

Figuur 8-53: Chinese wolhandkrabben met aanduiding van de kenmerkende stekels op de carapax (D'Hondt et al., 2021).



Figuur 8-54: Schematische weergave van de krabbenval (a) en plaatsing van de krabbenval op de vistrap in Grobbendonk (b) in de Kleine Nete. Voor het plaatsen van de krabbenval werd de waterstand op de vistrap tijdelijk verlaagd (Keirsebelik et al., 2020).

Figuur 8-55: Krabbensleuf te Grobbendonk in werking, de krabbensleuf bevindt zich volledig onder water.

Figuur 8-56: Gevangen Chinese wolhandkrabben in de verzamelbak van de krabbensleuf te Grobbendonk (D'hondt et al., 2021).

De krabbensleuf is een doeltreffende en efficiënte beheersmaatregel tegen deze invasieve soort en werd dan ook reeds op meerdere plaatsen geïnstalleerd (Tabel 8-8). Schoelynck *et al*. (2021) geven dan ook aan dat het verstandig zou zijn bij geplande infrastructuurwerken op waterlopen (vb. vistrappen) ook een bodemplaat te voorzien voor eventuele toekomstige krabbensleuven.

Tabel 8-8: Overzicht van sleufvalsystemen voor Wolhandkrab in Vlaanderen (D'Hondt et al., 2021).

Locatie	Opmerking	Ingebruikname	Beheerder
Kleine Nete, Grobbendonk	In vistrap, zonder retour	2018	VMM
Driesesloot, Wichelen	In sluis met vistrap, zonder retour	2019	VMM
Melsenbeek, Merelbeke	In vistrap, met retour	2021	Prov. Oost-Vlaanderen
Ringvaart, Merelbeke	In vistrap, met retour	concept	DVW

8.10. Scheepvaart

De scheepvaart vormt één van de cruciale pijlers voor de LTV functies, met name voor Toegankelijkheid. Doch, het valt niet uit te sluiten dat een toenemende drukte en/of dimensionering van de schepen een impact heeft op de andere functies. Zo hebben bijvoorbeeld het aantal versassingen aan de sluizen een impact op de zoetwateraanvoer, of kunnen scheepsgolven erosie van de slikken veroorzaken (Michels *et al*., 2014).

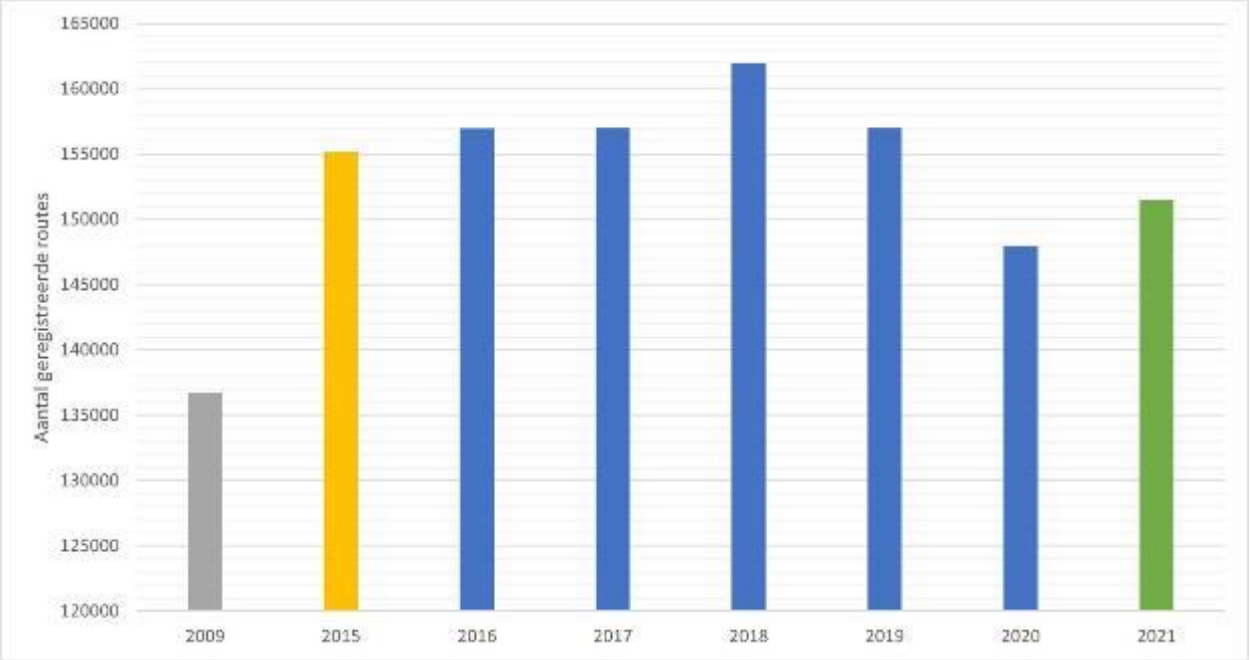
Om een beter beeld te krijgen van de situatie m.b.t. scheepsactiviteiten in het Schelde-estuarium werd data opgevraagd via Vessel Traffic Services (VTS) van het agentschap Maritieme Dienstverlening en Kust. Deze data bevat informatie over de vertrek- en aanlegmomenten, begin- en eindroute van de schepen en de dimensies (lengte, breedte en diepgang) van de schepen. Eveneens zijn er jaarlijkse scheepsvaartkaarten van Zeeland beschikbaar. Deze geven informatie over het aantal passages bij de sluizen, de scheepvaartintensiteit en het onderscheidt tussen beroeps- en recreatievaart.

Informatie over het aantal scheepspassages (+richting), tonnage en dimensies van de schepen bij de sluizen van Wintam, Dendermonde en Merelbeke wordt ter beschikking gesteld door de Vlaamse Waterweg.

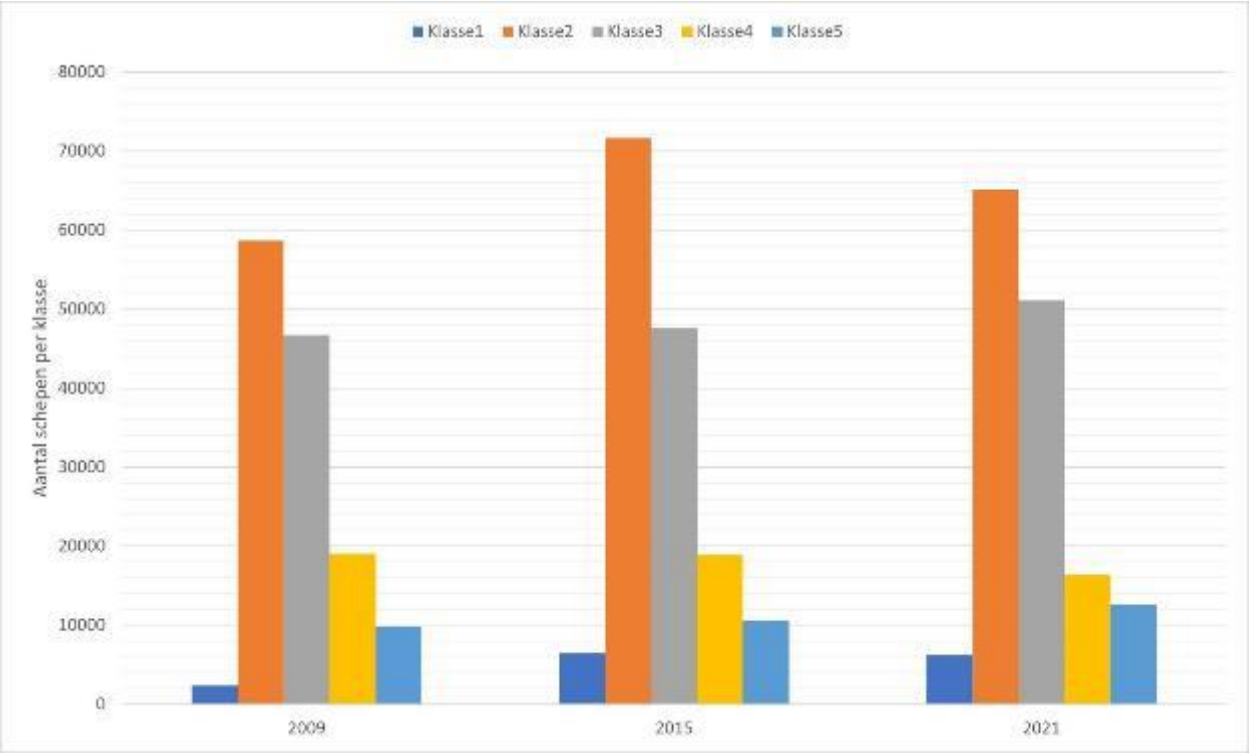
Figuur 8-57 en Figuur 8-58 geven een algemeen overzicht van de evolutie in het aantal geregistreerde scheepsroutes (passages) en de klasse van de schepen. De klasse van de schepen werd bepaald op basis van hun lengte. Zoals blijkt uit de figuren is vooral 2020 een "stil" jaar en is het aantal geregistreerde vaarten met grofweg 16% toegenomen tussen het referentiejaar 2009 en "topjaar" 2018. Bij het merendeel van de schepen valt de scheepslengte tussen de 50 en 150m. In Tabel 8-9 wordt een overzicht gegeven van de top 30 belangrijkste routes voor de jaren 2009, 2015 en 2021. De waarden geven het percentage aan dat de route bijdraagt aan het totaal aantal routes. Er is ook een verschil gemaakt tussen de referentiejaren waardoor de toe- en afname in belang van een route wordt weergegeven. Zo komen bepaalde routes na 2009 niet langer voor in de top 30, waar andere routes net wel de Top 30 binnenraken en op de lijst komen te staan. De route Terneuzen – Hansweert was en is nog steeds de belangrijkste route. De route Terneuzen – Antwerpen is licht in belang gestegen de afgelopen jaren, waar de route Antwerpen – Wandelaar lichtjes in belang daalt. De route Hansweert – Gent die er in 2015 bijkwam is na Terneuzen – Hansweert de belangrijkste geworden.

Ook op de jaarlijkse scheepvaartkaarten kunnen verschillen worden vastgesteld, zo is er voor de Verkeerspost Vlissingen een afname in zowel beroeps- als recreatievaart voor 2021 t.o.v. 2015, terwijl bij de sluis net een toename is. Bij de sluis van Terneuzen is een lichte toename van de beroepsvaart

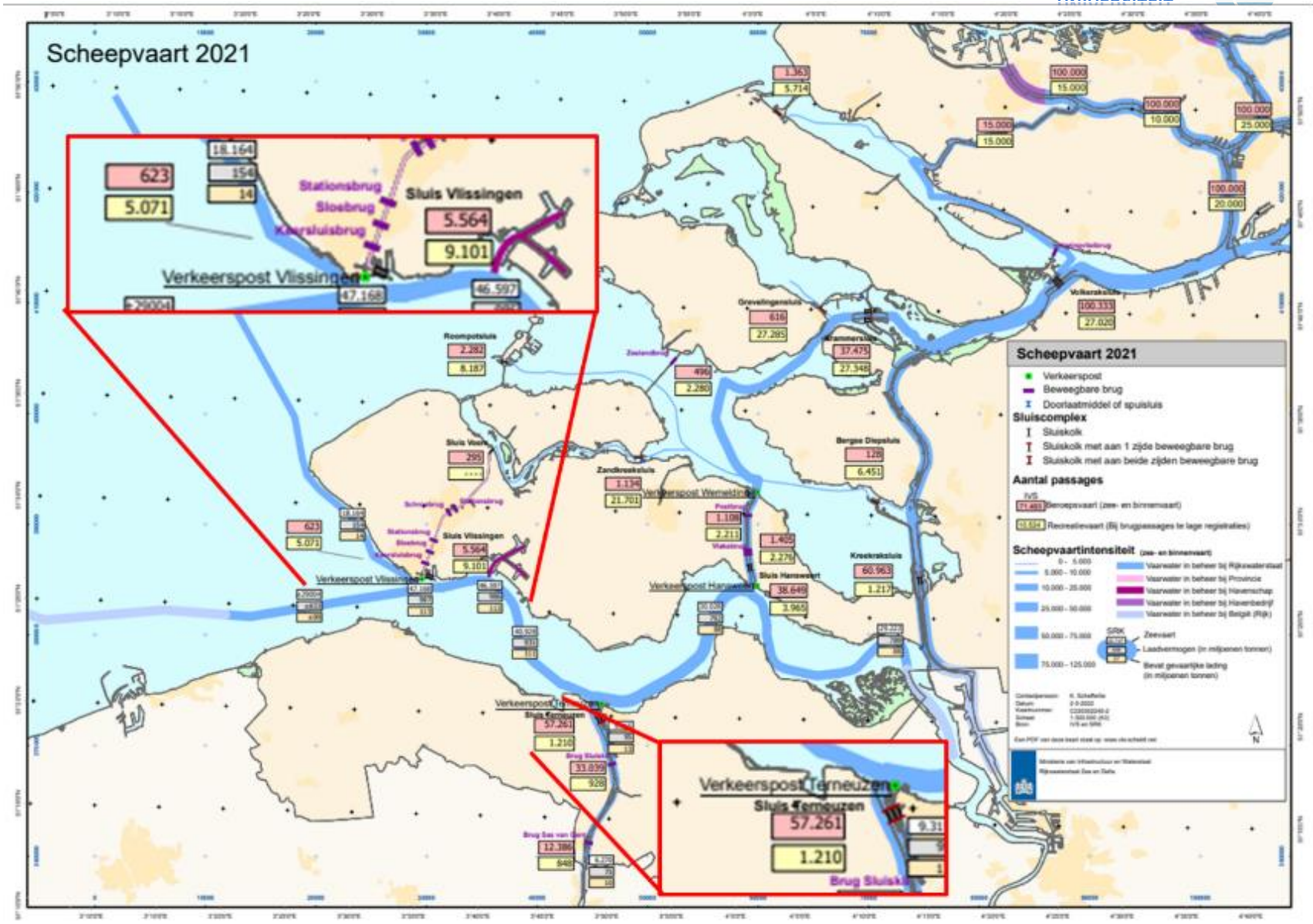
van 2015 t.o.v. 2021 maar een halvering van de recreatievaart. De scheepvaartkaarten zijn beschikbaar voor elk jaar in de beschouwde periode en raadpleegbaar in Bijlage C.

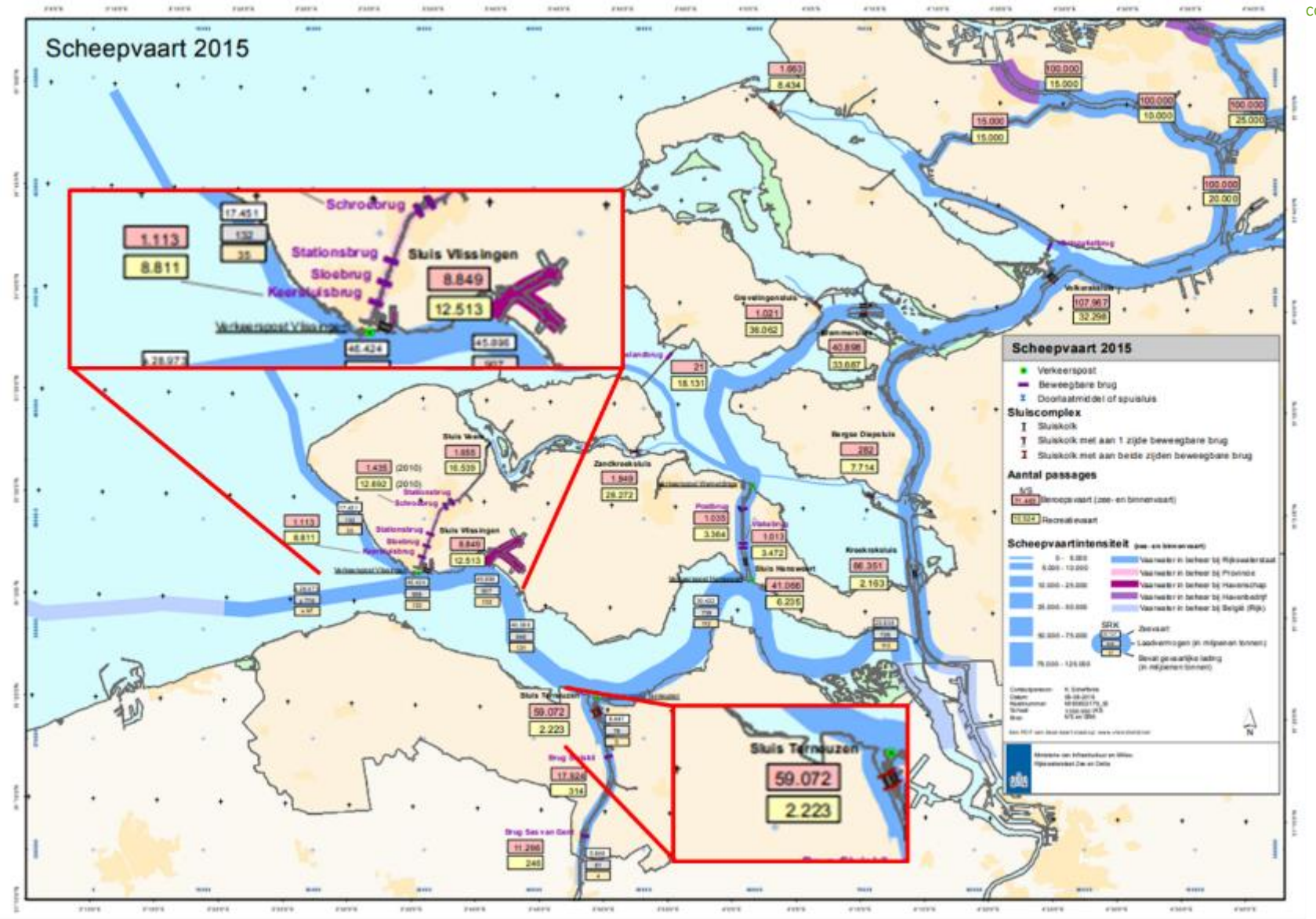


Figuur 8-57: Overzicht van de evolutie in het aantal geregistreerde routes in het Schelde-estuarium, voor de referentiejaren 2009 (grijs) – 2015 (geel) – 2021 (groen) en de tussenliggende jaren (blauw) van de beschouwde periode.



Figuur 8-58: Overzicht van de evolutie in scheepsklassen in het Schelde-estuarium, voor de referentiejaren 2009, 2015 en 2021 waarbij Klasse 1 = <50m, Klasse 2 = 50 – 100m, Klasse 3 = 100 – 150m, Klasse 4 = 150 – 200m en Klasse 5 = >200m.


Scheepvaart 2021
Verkeerspost Vlissingen
Sluis Vlissingen
Stationsbrug
Sloebrug
Koersluisbrug
Verkeerspost Terneuzen
Sluis Terneuzen
Brug Sluis 1
Scheepvaart 2021
Verkeerspost
Beweegbare brug
Doorlaatmiddel of spuisluis
Sluiscomplex
Sluiskolk
Sluiskolk met aan 1 zijde beweegbare brug
Sluiskolk met aan beide zijden beweegbare brug
Aantal passages
Scheepvaartintensiteit (zee- en binnenvaart)
Zeevaart
Laadvermogen (in miljoenen tonnen)
Bevat gevaarlijke lading (in miljoenen tonnen)

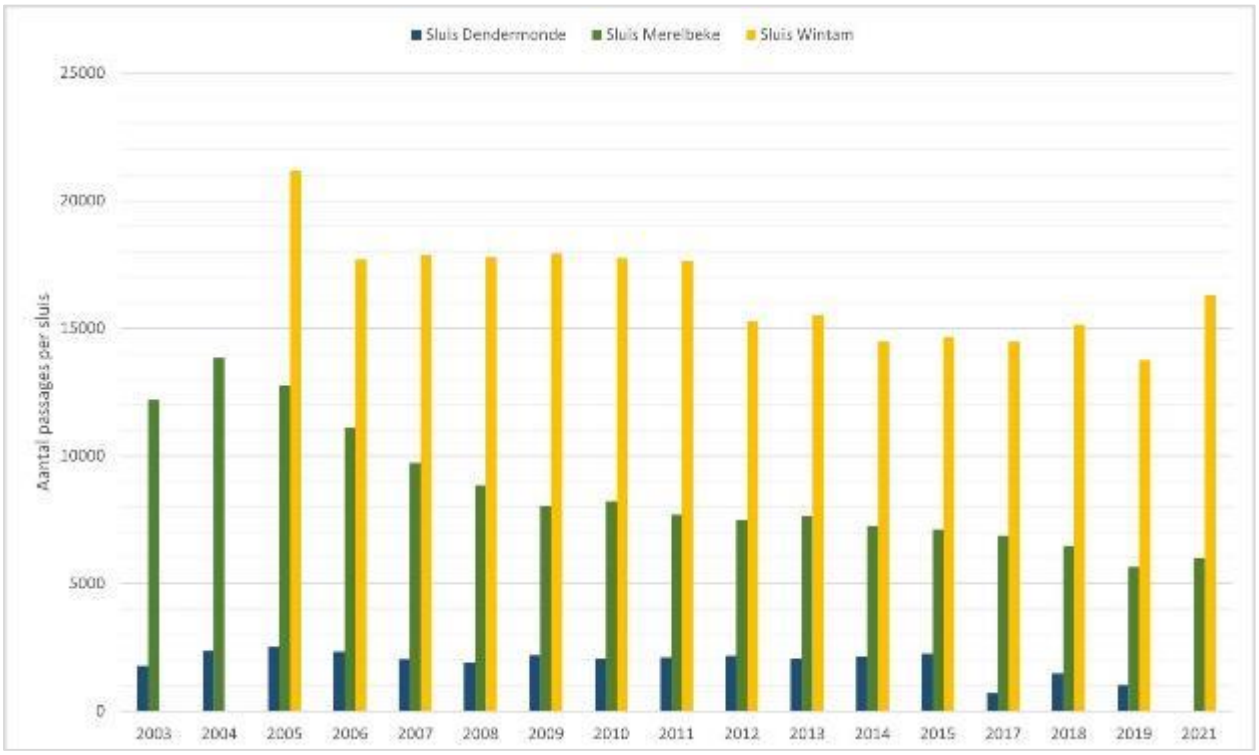


Figuur 8-59: Vergelijking van het aantal passages bij verkeersposten Vlissingen en Terneuzen o.b.v. de jaarlijkse scheepvaartkaarten van VTS.

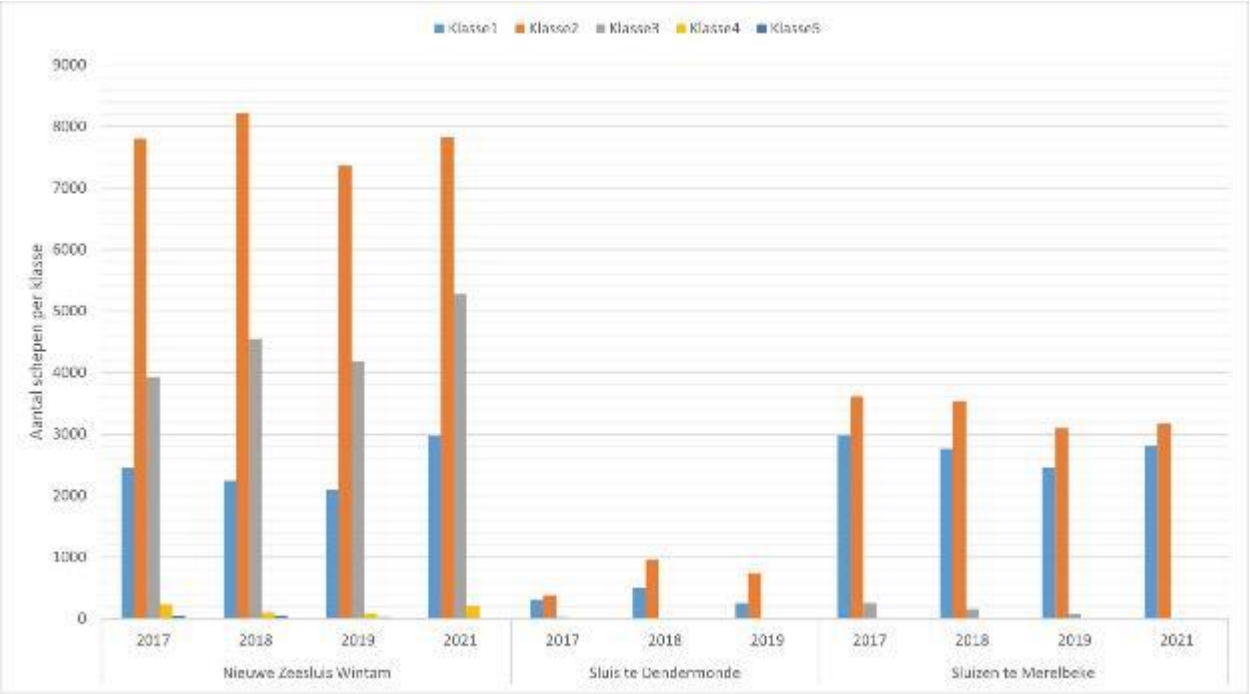
Tabel 8-9: Overzicht van de Top 30 belangrijkste routes voor de jaren 2009, 2015 en 2021. Opgelet, aangezien de routes in de top 30 niet voor elk jaar gelijk zijn worden in de tabel meer dan 30 routes weergegeven.

Route	2009	2015	2021	Verschil 2021-2009	Verschil 2021-2015
GT (TERNEUZEN)GH (HANSWEERT)	6,120882	8,510323	8,271372	2,2	-0,2
GT (TERNEUZEN)GA (ANTWERPEN)	3,622802	5,218479	5,847277	2,2	0,6
GH (HANSWEERT)GG (GENT)		3,315049	5,151283	5,2	1,8
GA (ANTWERPEN)GW (WANDELAAR)	5,424696	4,702819	4,426234	-1,0	-0,3
GW (WANDELAAR)GA (ANTWERPEN)	5,031263	4,4437	4,372747	-0,7	-0,1
GS (STEENBANK)GA (ANTWERPEN)	4,526674	4,317363	4,251905	-0,3	-0,1
GA (ANTWERPEN)GS (STEENBANK)	4,310944	4,109165	4,173325	-0,1	0,1
GH (HANSWEERT)GT (TERNEUZEN)	5,739881	5,798596	3,665526	-2,1	-2,1
GA (ANTWERPEN)GT (TERNEUZEN)	3,97967	3,764318	3,569117	-0,4	-0,2
GA (ANTWERPEN)GV (VLISSINGEN)	3,511646	3,317627	3,492518	0,0	0,2
GW (WANDELAAR)GZ (ZEEBRUGGE)	4,539837	3,674077	3,460162	-1,1	-0,2
GZ (ZEEBRUGGE)GW (WANDELAAR)	4,514973	3,696637	3,39677	-1,1	-0,3
GV (VLISSINGEN)GH (HANSWEERT)	3,135032	3,652806	3,37696	0,2	-0,3
GH (HANSWEERT)GV (VLISSINGEN)	2,722586	3,610909	3,127352	0,4	-0,5
GT (TERNEUZEN)GV (VLISSINGEN)	2,045413	3,204182	2,835484	0,8	-0,4
GA (ANTWERPEN)GG (GENT)	1,529855	1,675895	2,809731	1,3	1,1
GV (VLISSINGEN)GA (ANTWERPEN)	3,067023	2,854822	2,771431	-0,3	-0,1
GV (VLISSINGEN)GS (STEENBANK)	2,735749	2,373969	2,221371	-0,5	-0,2
GS (STEENBANK)GV (VLISSINGEN)	2,533182	2,430692	2,139489	-0,4	-0,3
GW (WANDELAAR)GV (VLISSINGEN)	1,665143	1,485101	1,80668	0,1	0,3
GV (VLISSINGEN)GW (WANDELAAR)	1,512304	1,497348	1,743948	0,2	0,2
GA (ANTWERPEN)GA (ANTWERPEN)	1,757285	1,353607	1,442835	-0,3	0,1
GV (VLISSINGEN)GT (TERNEUZEN)	1,849428	1,869267	1,347746	-0,5	-0,5
GA (ANTWERPEN)GH (HANSWEERT)	1,708289	1,764846	1,244073	-0,5	-0,5
GH (HANSWEERT)GA (ANTWERPEN)		1,30462	1,19719	1,2	-0,1
GT (TERNEUZEN)GT (TERNEUZEN)		1,22147	1,164173	1,2	-0,1
GG (GENT)GS (STEENBANK)	1,293649	0,997157	1,11861	-0,2	0,1
GS (STEENBANK)GG (GENT)	1,287798	0,987489	1,053897	-0,2	0,1
GV (VLISSINGEN)GG (GENT)			0,986542	1,0	1,0
GT (TERNEUZEN)GS (STEENBANK)	0,990164	0,932055	0,940979	0,0	0,0
GO (OOSTENDE)GW (WANDELAAR)	2,000804			-2,0	0,0
GV (VLISSINGEN)GV (VLISSINGEN)	1,017953			-1,0	0,0
GW (WANDELAAR)GO (OOSTENDE)	2,05492			-2,1	0,0
GS (STEENBANK)GT (TERNEUZEN)	0,960913	0,827634		-1,0	-0,8

Een overzicht van het aantal sluispassages per jaar laat zien dat er een licht dalende trend is voor de sluis in Merelbeke (Figuur 8-60) en ook bij Dendermonde lijkt er de laatste jaren een dalende trend te zijn. Bij de sluis te Wintam lijkt er een kantelpunt te zijn rond 2011 waarbij de periode t.e.m. 2011 iets hogere aantallen in passages heeft dan de periode na 2011. Er dient ook opgemerkt te worden dat voor het jaar 2016 geen data beschikbaar zijn en er voor Dendermonde geen data beschikbaar is voor 2021. Klasse 1 en klasse 2 schepen zijn bij alle drie de sluizen het meest vertegenwoordigd. Bij Wintam worden, niet verbazend, ook grotere schepen van klasse 4 tot 5 geregistreerd (Figuur 8-61).



Figuur 8-60: Overzicht van het aantal sluispassages voor de beschikbare jaren 2003 – 2021 voor de sluizen te Wintam, Dendermonde en Merelbeke.



Figuur 8-61: Overzicht van aantal schepen per klasse dat passert bij de sluizen van Wintam, Dendermonde en Merelbeke (voor de beschikbare dataperiode 2017 - 2021).

9. Referenties

9.1. Algemeen

Barneveld, H.J., Nicolai, R.P., van Veen, M., van Haaster, S., Boudewijn, T.H., de Jong, J.W., van Didderen, K., van de Haterd, R.J.W., Middenveld, P.P., Michielsen, S., Van de Moortel, I., Velez, C., de Wilde, E. (2018). Analyserapport. T2015-rapportage Schelde-estuarium

Consortium Schelde in Beeld. (2021). Evaluatiemethodiek Schelde-estuarium. Update 2021. Consortium Schelde in Beeld. HKV, Universiteit Gent, Bureau Waardenburg en Antea Group. 25 oktober 2022.

RWS (2019). Toelichting op de zoute ecotopenkaart Westerschelde 2018. Biologische monitoring zoute rijkswateren.

Van Ryckegem, G., Van Braeckel, A., Elsen, R., Speybroeck, J., Vandevoorde, B., Mertens, W., Breine, J., Spanoghe, G., Buerms, D., De Beukelaer, J., De Regge, N., Hessel, K., Soors, J., Terrie, T., Van Lierop, F. & Van den Bergh, E. (2017). MONEOS – Geïntegreerd datarapport INBO: Toestand Zeeschelde 2016: monitoringsoverzicht en 1ste lijnsrapportage Geomorfologie, diversiteit Habitats en diversiteit Soorten. Rapporten van het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek 2017 (37).

9.2. Hydrodynamiek

Chen, C.Y.; Delefortrie, G.; Lataire, E. (2020). Experimental investigation of practical autopilots for maritime autonomous surface ships in shallow water. Ocean Eng. 218: 108246. doi:10.1016/j.oceaneng.2020.108246

Chen, C.; Verwilligen, J.; Mansuy, M.; Eloot, K.; Lataire, E.; Delefortrie, G. (2021). Tracking controller for ship manoeuvring in a shallow or confined fairway: design, comparison and application. Appl. Ocean Res. 115: 102823. https://dx.doi.org/10.1016/j.apor.2021.102823

Depreiter, D., Cleveringa, J., Laan van der, T., Maris, T., Ysebaert, T. & Wijnhoven, S. (2014). T2009 rapportage Schelde estuarium. IMDC, Arcadis, Universiteit Antwerpen, Imares en NIOZ.

Stark, J.; De Maerschalck, B.; Plancke, Y.; Meire, D. (2022). Evaluatiemethodiek Sedimenttransportcapaciteit: Deelrapport 1 – Methodiek. Versie 3.0. WL Rapporten, 21_106_1. Waterbouwkundig Laboratorium: Antwerpen

Verwilligen, J.; Eloot, K.; Plancke, Y.; Meire, D. (2022a). Actualisatie evaluatiemethodiek Schelde-Estuarium: Deelrapport 2 – Bevaarbaarheid. Versie 5.0. WL Rapporten, 19_065_2. Waterbouwkundig Laboratorium: Antwerpen. Available at: http://documentatiecentrum.watlab.be/owa/imis.php?module=ref&refid=349541

Verwilligen, J.; Eloot, K.; Plancke, Y.; Meire, D. (2022b). Actualisatie evaluatiemethodiek Schelde-Estuarium: Deelrapport 4 – Gecondenseerde bevaarbaarheidsparameters. Versie 5.0. WL Rapporten,19_065_4. Waterbouwkundig Laboratorium: Antwerpen

Waterbouwkundig Laboratorium (in prep). Validatie tijcorrecties 2011-2023. Waterbouwkundig Laboratorium: Antwerpen

9.3. Morfologie

Allersma, E. (1994). Geulen in estuaria, 1D modellering van evenwijdige geulen. Rapportnummer H1828, WL|Delft Hydraulics, Delft. In opdracht van Rijkswaterstaat, Directie Zeeland en Dienst Getijdewateren.

Arcadis (2019) Natuurherstel pakket Westerschelde – Monitoring lopende projecten in het licht van de Westerschelde brede ontwikkelingen. Provincie Zeeland. 079786326 0.3

Arcadis (2022) Morfologische ontwikkeling Schaar van Valkenisse. VNSC. D10035973:78

Barneveld, H.J., Nicolai, R.P., van Veen, M., van Haaster, S., Boudewijn, T.H., de Jong, J.W., van Didderen, K., van de Haterd, R.J.W., Middenveld, P.P., Michielsen, S., Van de Moortel, I., Velez, C., de Wilde, E. (2018). Analyserapport. T2015-rapportage Schelde-estuarium

Boersema, M.; van der Werff, J.; de Louw, P.; Ysebaert, T.; Bouma, T.J. (2016) Perkpolder tidal restoration. One year after realisation. Draft progress report.

Consortium Deltares, IMDC, Svašek & Arcadis (2013a). Grootschalige sedimentbalans van de Westerschelde. LTV rapport G-2.

Dam, G. (2017). Lange-termijn sedimentbalans van de Westerschelde. Rapport 1778/U16516/D/GD, Svašek Hydraulics.

De Maerschalck, B.; van der Werf, J.; Kolokythas, G.; Quataert, E.; Van Oyen, T.; Vroom, J.; Dijkstra, J.; Wang, Z.B.; Vanlede, J.; Verwaest, T.; Mostaert, F. (2017). Modellering Belgische Kustzone en Scheldemonding: Deelrapport 2 – Morfologische analyse scenario's Vlaamse Baaien. Versie 4.0. WL Rapporten, 15_068_2. Waterbouwkundig Laboratorium & Deltares, Antwerpen.

Dijkstra, Y. (2019) Regime shifts in sediment concentrations in tide-dominated estuaries. https://doi.org/10.4233/uuid:28e12122-9c63-4260-aa87-b9e8f7de35fe

Elias, E.P.L; van der Spek, A.J.F., Lazar, M. (2015) The 'Voordelta', the contiguous ebb-tidal deltas in the SW Netherlands: large-scale morphological changes and sediment budget 1965-2013; impact of large-scale engineering. Netherlands Journal of Geosciences – Geologie en Mijnbouw. 1-27. doi: 10.1017/nlg.2016.37

Elias, E., Van der Spek, A., & Lazar, M. (2017). The 'Voordelta', the contiguous ebb-tidal deltas in the SW Netherlands: Large-scale morphological changes and sediment budget 1965–2013; impacts of large-scale engineering. Netherlands Journal of Geosciences, 96(3), 233-259.

Haecon (2006). Actualisatie van de zandbalans van de Zee- en Westerschelde. Haecon rapport 124976008/lvp.

Hibma, A., Stive, M.J.F. & Wang, Z.B. (2004). Estuarine morphodynamics. Coastal Engineering, Volume 51, Issues 8–9, Pages 765-778.

IMDC (2021) Monitoringsprogramma Flexibel Storten Westerschelde en Monitoringsprogramma Beneden-Zeeschelde. Voortgangsrapportage 2018-2019: Syntheserapport. Rapport 16 november 2021 – versie 3.0. I/RA/11498/20.109/API

Jeuken, M.C.J.L. (2000). On the morphologic behaviour of tidal channels in the Westerschelde estuary, PhD-thesis, University of Utrecht.

Jeuken, C., Tánczos, I., Thoolen, P., van Helvert, M., Rozemeijer, M. & Wang, Z.B. (2002). Onderbouwing van het cellenconcept Westerschelde als instrument voor beleid en beheer (1). Rapport WL | Delft Hydraulics Z2838 / Z3288.

Leopold, L.B. & Wolman, M.G. (1957). River channel patterns - Braided, Meandering and Straight. United States Geological Survey, Professional paper 282B.

LTV2030 (2000). Langetermijnvisie Schelde-estuarium. Ministerie van Verkeer en Waterstaat, Directoraat-Generaal Rijkswaterstaat, Directie Zeeland en Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap, departement Leefmilieu en Infrastructuur, administratie Waterwegen en Zeewezen, 29 november 2000.

Maris, T., Bruens, A., van Duren, L., Vroom, J., Holzhauer, H., De Jonghe, M., Van Damme, S., Nolte, A., Kuijper, K., Taal, M., Jeuken, C., Kromkamp, J., van Wesenbeeck, B., Van Ryckegem, G., Van den Bergh E., Wijnhoven, S. & Meire, P. (2014). Evaluatiemethodiek Schelde-estuarium, update 2014. Deltares rapportnummer 1209394. Deltares, Universiteit Antwerpen, NIOZ en INBO.

Nolte, A.J.; (2011) Natuurherstel in de Westerschelde: de mogelijkheden nader verkend. 1204087-000-ZKS-0030

Nolte, A. et al. (2020). Technisch Advies Sedimentbehoefte Kustfundament. Ten behoeve van het beleidsadvies Kustgenese 2.0. Rapport 1220339-009-ZKS-0014, Deltares, Nederland.

Plancke, Y.; De Maerschalck, B.; Mostaert, F. (2021). Wachtsteiger Ketelplaat: Deelrapport 1 – Morfologische ontwikkelingen. Versie 3.0. WL Rapporten, 21_002_1. Waterbouwkundig Laboratorium: Antwerpen

Plancke, Y.; Vos, G.; Meire, D.; Mostaert, F. (2021). Sedimentstrategie Schelde-estuarium: Deelrapport 4 – Sedimentbalans Zeeschelde, Rupel en Durme voor de periode 2011-2016. Versie 0.1. WL Rapporten, 19_076_4. Waterbouwkundig Laboratorium: Antwerpen.

Poortman, S. (2013) Effect van de morfologie van de monding van de Westerschelde op het getij – ten behoeve van Lange Termijn Visie Schelde-estuarium, Veiligheid en Toegankelijkheid. 1630/U12353/F/SPo. Svasek Hydraulics

Röbke, B.R., Gawehn, M., Van der Werf, J. (2018). The morphodynamic Delft3D-Vlaamse Baaien model. Report 1210301-001-ZKS-0007, Deltares, The Netherlands.

Schelde in Beeld (2022) Evaluatiemethodiek Schelde-estuarium – Update 2021.

Schrijver, M. (2020) De Balans Opgemaakt - De ontwikkelingen in de Westerschelde tot 2019 bezien vanuit de sedimentbalans. Rijkswaterstaat Zee en Delta, Middelburg.

Schrijver, M. (2022) Monitoring meergeulensysteem Westerschelde, Toetsing criteria nevengeulen. Rijkswaterstaat Zeeland, Rapportnr. 7210A/MMGW-2022-01, Rijkswaterstaat 2 mei 2022

Stark, J.; De Maerschalck, B.; Plancke, Y.; Meire, D. (2022). Evaluatiemethodiek Sedimenttransportcapaciteit: deelrapport 1. Methodiek. Versie 3.0. WL Rapporten, 21_106_1. Waterbouwkundig Laboratorium: Antwerpen. VII, 28 + 15 p. bijl. pp. https://dx.doi.org/10.48607/126

Taal, M., Mastbergen, D., Cleveringa, J., Schrijvershof, R., Plancke, Y., Wang, Z., van der Werf, J. & van der Spek, A. (2019). Mesoschaal Westerschelde, Integratierapport 2014-2018. Deltares, maart 2019.

Toffolon, M. & Crosato, A. (2007). Developing Macroscale Indicators for Estuarine Morphology: The Case of the Scheldt Estuary, Journal of Coastal Research, Vol. 23, No. 1, pp. 195-212.

Tonnon, P.K., Van der Werf, J.J. (2014). Geulopdringing Zuidwest Walcheren. Rapport 1208921-000-ZKS-0005. Deltares, Nederland.

Vandenbruwaene, W., Levy, Y., Plancke, Y., Vanlede, J., Verwaest, T. & Mostaert, F. (2017). Integraal plan Boven- Zeeschelde: Deelrapport 8 – Sedimentbalans Zeeschelde, Rupel en Durme. Versie 4.0. WL Rapporten, 13_131_8. Waterbouwkundig Laboratorium: Antwerpen

Vandenbruwaene, W., Thant, S., Michielsen, S., Van de Moortel, I., Brackx, M., Hertoghs, R., Claeys, S., Plancke, Y., Vereecken, H., Meire, D., Deschamps, M. & Mostaert, F. (2020). Monitoring Effecten Ontwikkelingsschets (MONEOS) – Jaarboek monitoring 2019: Factual data rapportage van monitoring waterbeweging en fysische parameters in het Schelde estuarium in 2019. Versie 4.0. WL Rapporten, PA047_9. Waterbouwkundig Laboratorium Antwerpen.

Van Braeckel, A., Piesschaert, F. & Van den Bergh, E. (2006). Historische analyse van de Zeeschelde en haar getijgebonden zijrivieren (19de eeuw tot heden), INBO.R.2006.29

Van de Meutter, F.; Smeekens, V.; Buerms, D.; Bezdenjesnji, O.; Soors, J.; De Regge, N.; Van Braeckel, A.; van Ryckegem, G. (2023). Monitoring estuariene inrichting van de site aan het Fort Sint-Filips - Tussentijds factual data rapport. Toestand 2022. Rapporten van het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek 2023 (22). Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek, Brussel. DOI: doi.org/10.21436/inbor.93967061

van der Heijden, L.; van Weerdenburg, R.; van der Werf, J., Sonnemans, K. (2021) Informatie- en meetbehoefte ten behoeve van de pilotsuppletie in de Schelde-Monding. 11206823-000-ZKS-0018. Deltares

Van der Vergt, H., Mastbergen, D. & van der Werf, J. (2020). Moeilijk-erodeerbare lagen in de Westerschelde: Onzekerheden en gevolgen voor morfodynamiek. Deltares rapport 1210301-015-ZKS-0014.

Van der Vergt, H., van Onselen, E. & van der Spek, A.J.F. (2021). Erosie-resistente lagen in het Westerschelde mondingsgebied en de invloed daarvan op de pilot-suppletie. Deltares rapport 11203725-001-ZKS-0012.

van der Werf, J.; Meijer – Holzhauer, H.; van der Spek, A.J.F.; van Weerdenburg, R.; Craeymeersch, J.; Tulp, I.; Ysebaert, T. (2020a) Morfologie en ecologie van de Schelde-monding – Overzicht van bestaande kennis en data. 11203725-000-ZKS-0018. Deltares

Van der Werf, J., Meijer-Holzhauer, H., van der Spek, A., van Weerdenburg, R., Craeymeersch, J., Tulp, I. & Ysebaert, T. (2020b). Plan van aanpak globaal ontwerp proefsuppletie Schelde-monding. Deltares Memo 11203725-000-ZKS-0014, 4 september 2020.

Van der Werf, J. et al. (2020c). Erosion mechanism of the landward Oostgat tidal channel slope, The Netherlands. Coastal Engineering 193, https://doi.org/10.1016/j.csr.2019.104027

Van Ormondt, M. & De Ronde, J.G. (2009). Mogelijke effecten Geulwandsuppletie Oostgat op de drempel tussen het Oostgat en de Sardijngeul. Rapport Z4582.70, Deltares.

Van Ryckegem G., Van Braeckel A., Elsen R., Speybroeck J., Vandevoorde B., Mertens W., Breine J., Spanoghe G., Buerms D., De Beukelaer J., De Regge N., Hessel K., Soors J., Terrie T., Van Lierop F. & Van den Bergh E. (2017). MONEOS – Geïntegreerd datarapport INBO: Toestand Zeeschelde 2016: monitoringsoverzicht en 1ste lijnsrapportage Geomorfologie, diversiteit

Habitats en diversiteit Soorten. Rapporten van het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek 2017 (37). Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek, Brussel.

Van Veen, J. (1944). Schelderegiem en Schelderegie; Opmerkingen over Scheldepublicaties, (1945), Rijkswaterstaat, Heruitgave: Middelburg, 1993.

Van Veen, J. (1950). Eb en vloedschaar systeem in de Nederlandse Getijdenwateren. Tijdschrift Koninklijk Aardrijkskundige Genootschap, pp. 303325

van Weerdenburg, R.; van der Werf, J. (2021) Transportpaden in de Schelde-monding – SedTRAILS modellering ter voorbereiding op pilotsuppletie Schelde-monding. 11203725-001-ZKS-0013. Deltares.

VNSC (2022) Toetsing kwaliteitsparameters 2022 monitoring 2020-2021. Verruiming Westerschelde, Projectgroep flexibel storten. Vergadering 17 mei 2022.

Vos, G.; Plancke, Y.;Meire, D; Mostaert, F. (in prep.). Sedimentstrategie Schelde-estuarium: Deelrapport 5 – Sedimentbalans Zeeschelde, Rupel en Durme voor de periode 2016-2019. Versie 0.1. WL Rapporten, 19_076_6. Waterbouwkundig Laboratorium: Antwerpen

Vos et al. (in prep). Sedimentbalans Zeeschelde, Rupel en Durme voor de periode 2011 – 2015. Versie 4.0. WL Rapporten, 17_088_3. Waterbouwkundig Laboratorium: Antwerpen.

Winterwerp, J.C., Jeuken, M.C.J.L., van Helvert, M.A.G., Kuijper, C., van der Spek, A., Stive, M.J.F., Thoolen, P.M.C. & Wang, Z.B. (2000). Lange Termijnvisie Schelde-estuarium. Cluster Morfologie. Uitvoeringsfase. Deel 1: Hoofdrapport en Deel 2: Appendices. Z2878. WL | Delft Hydraulics.

Winterwerp, J.C. (2013). On the response of tidal rivers to deepening and narrowing. Basisrapport grootschalige ontwikkeling G-14. 1 oktober 2013, I/RA/11387/12.292/GVH versie 2.0.

9.4. Waterkwaliteit

Dean, T. L., & Richardson, J. (1999). Responses of seven species of native freshwater fish and a shrimp to low levels of dissolved oxygen. *New Zealand journal of marine and freshwater research*, 33(1), 99-106.

Foden, J., Sivyer, D.B., Mills, D.K. & Devlin M.J. (2008). Spatial and temporal distribution of chromophoric dissolved organic matter (CDOM) fluorescence and its contribution to light attenuation in UK waterbodies. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 79 (4), 707-717.

Gaulier, C., Zhou, C., Gao, Y., Guo, W., Reichstädter, M., Ma, T., Baeyens, W. & Billon, G. (2021). Investigation on trace metal speciation and distribution in the Scheldt estuary. *Science of The Total Environment* 757.

Gray, J. S., Wu, R. S. S., & Or, Y. Y. (2002). Effects of hypoxia and organic enrichment on the coastal marine environment. *Marine ecology progress series*, *238*, 249-279.

Lancelot, C., Rousseau, V. & Gypens, N. (2009). Ecologically based indicators for Phaeocystis disturbance in eutrophied Belgian coastal waters (Southern North Sea) based on field observations and ecological modelling. *Journal of Sea Research* 61, 44-49.

Lionard, M., Muylaert, K., van Gansbeke, D. & Vyverman, W. (2005). Influence of changes in salinity and light intensity on growth of phytoplankton communities from the Schelde river and estuary (Belgium/The Netherlands). *Hydrobiologia* 540 (1-3).

Pick, F.R. & Lean, D.R.S. (1987). The role of macronutrients (C, N, P) in controlling cyanobacterial dominance in temperate lakes. New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research 21 (3), 425–434.

RWS Informatie (2020). Protocol monitoring en toestandsbeoordeling oppervlaktewaterlichamen KRW. Rijkswaterstaat Water, Verkeer en Leefomgeving. Uitgevoerd door Reijer Hoijtink, Marco Vroege & Remco Schreuders (Arcadis). https://open.rws.nl/open-overheid/onderzoeksrapporten

Sharp, J.H. (2001). Marine and Aquatic Communities, Stress from Eutrophication. *Encyclopedia of Biodiversity*, Elsevier.

Smith, V.H. (1983). Low Nitrogen to Phosphorus Ratios Favor Dominance by Blue-Green Algae in Lake Phytoplankton. *Science* 221 (4611), 669–671.

Soetaert, K., Middelburg, J.J., Heip, C., Meire, P., Van Damme, S. & Maris, T. (2006). Long-term change in dissolved inorganic nutrients in the heterotrophic Scheldt estuary (Belgium, The Netherlands). *Limnology and Oceanography*, 51 (1, part 2)

Stolte, W. & van Rongen, B. (2019). Eerstelijnsrapportage Westerschelde 2018: Meetgegevens van 1996 t/m 2018. Rapportnr. 1209394.

Vlaamse Regering (2012). Besluit van de Vlaamse Regering van 1 juni 1995 houdende vaststelling van het Vlaamse reglement betreffende de milieuvergunning (VLAREM), zoals gewijzigd bij besluit van 17 juli 2000. Belgisch Staatsblad.

Vos, M. & Wolff, W.J. (2001). Ontwerp-ecotopenstelsel voor brakke Rijkswateren. Mariene Biologie, Rijksuniversiteit Groningen.

Wolff, W.J. (1973). The estuary as a habitat. An analysis of data on the soft-bottom macrofauna of the estuarine area of the rivers Rhine, Meuse, and Scheldt. *Zoologische Verhandelingen* 126.

9.5. Leefomgeving voor Flora en Fauna

Adriaensen, F., Van Damme, S., Van den Bergh, E., Brys, R., Cox, T., Jacobs, S., Konings, P., Maes, J., Maris, T., Mertens, W., Nachtergale, L., Struyf, E., Van Braeckel, A., Van Hove, D. & Meire, P. (2005). Instandhoudingsdoelstellingen Schelde-estuarium, Universiteit Antwerpen, Rapport Ecobe 05R.82.

Brys, R., Ysebaert, T., Escaravage, V., Van Damme, S., Van Braeckel, A., Vandevoorde, B. & Van den Bergh, E. (2005). Afstemmen van referentiecondities en evaluatiesystemen in functie van de KRW: afleiden en beschrijven van typespecifieke referentieomstandigheden en/of MEP in elk Vlaams overgangswatertype vanuit de – overeenkomstig de KRW – ontwikkelde beoordelingssystemen voor biologische kwaliteitselementen. Eindrapport VMM.AMO.KRW.REFCOND OW. Instituut voor natuurbehoud IN.O. 2005.7, 178 pp.

Consortium Schelde in Beeld (2022). Evaluatiemethodiek Schelde-estuarium. Update 2021. HKV, Universiteit Gent, Bureau Waardenburg en Antea Group.

Craeymeersch, J.A. & Ysebaert T. (2020). Foerageergebieden voor steltlopers in de Westerschelde. Voedselbeschikbaarheid en advies over bodemdierbemonstering t.b.v. het laagwatervogeltelprogramma. WMR.

Dyer, K.R., Christie, M.C. & Wright, E.W. (2000). The classification of intertidal mudflats. *Continental Shelf Research* 20, 10, 1039-1060.

Paree, E. (2017). Toelichting op de zoute ecotopenkaart Westerschelde 2016. Rijkswaterstaat CIV.

Piesschaert, F., Dillen, J., Van Braeckel, A. & Van den Bergh, E. (2008). Inventarisatie en historische analyse Zeeschelde habitats (vervolgstudie) Resultaten van het eerste jaar. Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek INBO.IR.2008.29.

Schrijver, M.C. (2020). De balans opgemaakt – De ontwikkelingen in de Westerschelde tot 2019 bezien vanuit de sedimentbalans. Rijkswaterstaat Zee en Delta, Middelburg.

Van Braeckel, A., Piesschaert, F. & Van den Bergh, E. (2006). Historische analyse van de Zeeschelde en haar getijgebonden zijrivieren: 19e eeuw tot heden. Rapport INBO, 2006.29. Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek.

Van Ryckegem, G., Van Braeckel, A., Elsen, R., Speybroeck, J., Vandevoorde, B., Mertens, W., Breine, J., Spanoghe, G., Bezdenjesnji, O., Buerms, D., De Beukelaer, J., De Regge, N., Hessel, K., Lefranc, C., Soors, J., Terrie, T., Van Lierop, F. & Van den Bergh, E. (2018). MONEOS – Geïntegreerd datarapport INBO: Toestand Zeeschelde 2017: monitoringsoverzicht en 1ste lijnsrapportage Geomorfologie, diversiteit Habitats en diversiteit Soorten. Rapporten van het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek (74).

Van Ryckegem G., Vanoverbeke J., Van Braeckel A., Van de Meutter F., Mertens, W., Mertens, A. & Breine, J. (2021). MONEOS-Datarapport INBO: toestand Zeeschelde 2020. Monitoringsoverzicht en 1ste lijnsrapportage Geomorfologie, diversiteit Habitats en diversiteit Soorten. Rapporten van het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek 2021 (47). Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek, Brussel.

9.6. Ecologie

Adriaenssens, V., Goethals, P., Breine, J., Maes, J., Simoens, I., Ercken, D., Belpaire, C., Ollevier, F., & De Pauw, N. (2002). *Ontwikkeling van een estuariene visindex in Vlaanderen*.

Adriaensen, F., Van Damme, S., Van den Bergh, E., Brys, R., Cox, T., Jacobs, S., Konings, P., Maes, J., Maris, T., Mertens, W., Nachtergale, L., Struyf, E., Van Braeckel, A., Van Hove, D. & Meire, P. (2005). Instandhoudingsdoelstellingen Schelde-estuarium, Universiteit Antwerpen, Rapport Ecobe 05R.82.

Breine, J. J. (2009). Fish assemblages as ecological indicator in estuaries: the Zeeschelde (Belgium). In Doctoraten van het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek = PhD theses of the Research Institute for Nature and Forest, T.2009.1. PhD Thesis.

Brys, R., Ysebaert, T., Escaravage, V., Van Damme, S., Van Braeckel, A., Vandevoorde, B. & Van den Bergh, E. (2005). Afstemmen van referentiecondities en evaluatiesystemen in functie van de KRW: afleiden en beschrijven van typespecifieke referentieomstandigheden en/of MEP in elk Vlaams overgangswatertype vanuit de – overeenkomstig de KRW – ontwikkelde beoordelingssystemen voor biologische kwaliteitselementen. Eindrapport VMM.AMO.KRW.REFCOND OW. Instituut voor natuurbehoud IN.O. 2005.7, 178 pp.

Calle, P., Calle, L., Kranenbarg, J., van der Velden, J. A., Meijer, A. J. M., de Boois, I., Dubbeldam, M., & Jacobusse, D. (2020). *Vissen in Zeeland*. Fauna Zeelandica IX.

De Jong, D.J. (2007). Kaderrichtlijn Water, bepaling referentiesituatie en P-REF/P-GET en opstellen maatlatten voor planten in de zoute en brakke watertypen K1, K2, K3, O2 en M32 in Nederland. Versie juni 2007. Werkdoc RIKZ/ZDO/2007.803w.

Devos K. & T. Onkelinx T. (2013). Overwinterende watervogels in Vlaanderen. Populatieschattingen en trends (1992 tot 2013). Natuur.Oriolus 79(4): 113-130.

Dijkema, K.S., de Jong, D.J., Vreeken-Buijs, M.J. & van Duin, W.E. (2005). Kwelders en Schorren in de Kaderrichtlijn Water. Ontwikkeling van Potentiële Referenties en van Potentiële Goede Ecologische Toestanden. Alterra. Texel, Rijkswaterstaat RIKZ (2005.020), Rijkswaterstaat AGI.

Driessen, F., Duijts, O., van der Jagt, H.A., van Moorsel, G., Kruijt, D.B., Japink, M. & Middelveld, R.P. (2018). Macrozoöbenthosbemonstering in de Zoute Rijkswateren, Hoofdrapport, MWTL 2017. Waterlichamen: Westerschelde en Oosterschelde. Bureau Waardenburg Rapport 18–299.

Ejsmont-Karabin, J. & Karabin, A. (2013). The suitability of zooplankton as lake ecosystem indicators: Crustacean trophic state index. *Polish Journal of Ecology* 61, 561-373.

EU (2014). Regulation (EU) No 1143/2014 of the European Parliament and of the Council of 22 October 2014 on the prevention and management of the introduction and spread of invasive alien species. European Commission. https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2014/1143/oj

Fijn, R.C., van Horssen, P.W. & Lensink, R. (2013). Vereiste reproductie van gewone en grijze zeehonden in de Deltaregio voor een stabiele doelpopulatie. Rapport 13-213. Bureau Waardenburg.

Gasparini, S., Castel, J. & Irigoien, X. (1999). Impact of suspended particulate matter on egg production of the estuarine copepod, Eurytemora affinis. *Journal of Marine Systems* 22, 195–205.

Hornman, M., Kavelaars, M., Koffijberg, K., van Winden, E., van Els, P. De Jong, A. Kleefstra, R. Schoppers, J., Slaterus, R. van Turnhout, C. & Soldaat, L. (2022). Watervogels in Nederland in 2019/2020. Sovon rapport 2022/06, RWS-rapport BM 22.03. Sovon Vogelonderzoek Nederland, Nijmegen.

Langenberg, V.T. (2010). Mesozooplankton in the Scheldt estuary. Carbon flows through the lower trophic levels. VLIZ

LNV. (2006). Natura 2000 gebied 122 – Westerschelde & Saeftinghe. Gebiedendocument.

Maris, T., Wijnhoven, S., Van Damme, S., Beauchard, O., Van den Bergh, E. & Meire, P. (2013). Referentiematrices en Ecotoopoppervlaktes. Annex bij de Evaluatiemethodiek Schelde-estuarium. Studie naar "ecotoopoppervlaktes en intactness index", behorende bij contractnummer 31069024. Universiteit Antwerpen, ECOBE publicatie 013-R156.

Maris, T., Bruens, A., van Duren, L., Vroom, J., Holzhauer, H., De Jonghe, M., Van Damme, S., Nolte, A., Kuijper, K., Taal, M., Jeuken, C., Kromkamp, J., van Wesenbeeck, B., Van Ryckegem, G., Van den Bergh E., Wijnhoven, S. & Meire, P. (2014). Evaluatiemethodiek Schelde-estuarium, update 2014. Deltares rapportnummer 1209394. Deltares, Universiteit Antwerpen, NIOZ en INBO.

Meininger P.L. (ed.) (2022). Avifauna Zeelandica. Vogels, vogelaars en vogelonderzoek in Zeeland. Sovon Vogelonderzoek Nederland, Nijmegen.

Ministerie van I&M (2016). Natura 2000 Deltawateren. Westerschelde & Saeftinghe. Beheerplan 2016-2022.

Ministerie van LNV (2018). Ontwerp-wijzigingsbesluit Habitatrichtlijngebieden vanwege aanwezige waarden. Directie Natuur & Biodiversiteit. DN&B/2018-000.

Palmer, C.M. (1969). A composite rating of algae tolerating organic pollution. *Journal of Phycology* 5, 78-82.

RWS. (2007). Pilot Vergelijkend Estuarium Onderzoek; Verkenning van de mogelijkheid om middels een systeemanalyse van estuaria de draagkracht van het Schelde-estuarium te bepalen.

Van der Winden, J., de Fouw J., Dreef C., van Horssen P. & Dirksen S. (2017). Deltagebied: nationaal en internationaal topgebied voor vogels. Status, trends, bedreigingen en toekomst voor watervogels in het Deltagebied. Sjoerd Dirksen Ecology, Utrecht / Vogelbescherming Nederland.

Van Dijk, A.J. & Boele, A. (2011). Handleiding SOVON Broedvogelonderzoek. Sovon Vogelonderzoek Nederland, Nijmegen.

Van Ryckegem G., Van Braeckel A., Elsen R., Vanoverbeke J., Van de Meutter F., Vandevoorde B., Mertens W., Breine J., Speybroeck J., Bezdenjesnji O., Buerms D., De Beukelaer J., De Regge N., Hessel K., Soors J. & Van Lierop F. (2020). MONEOS – Datarapport INBO: toestand Zeeschelde 2018-2019. Monitoringsoverzicht en 1ste lijnsrapport Geomorfologie, diversiteit Habitats en diversiteit Soorten. Rapporten van het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek 2020 (38). Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek, Brussel. DOI: doi.org/10.21436/inbor.18656743

Van Ryckegem G., Vanoverbeke J., Van Braeckel A., Van de Meutter F., Mertens, W., Mertens, A. & Breine, J. (2021). MONEOS-Datarapport INBO: toestand Zeeschelde 2020. Monitoringsoverzicht en 1ste lijnsrapportage Geomorfologie, diversiteit Habitats en diversiteit Soorten. Rapporten van het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek 2021 (47). Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek, Brussel.

Van Ryckegem G., Vanoverbeke J., Van Braeckel A., Van de Meutter F., Vandevoorde, B., Mertens, W., Mertens, A., Van Braeckel, A., Smeekens, V., Thibau, K., Bezdenjesnji, O., Buerms, D., De Regge, N., Hessel, K., Lefranc, C., Soors, J. & Van Lierop, F. (2022). MONEOS – Geïntegreerd datarapport INBO: Toestand Zeeschelde 2021. Monitoringsoverzicht en 1ste lijnsrapportage Geomorfologie, diversiteit Habitats en diversiteit Soorten. Rapporten van het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek 2022 (26). Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek, Brussel.

Werkgroep Westerschelde. (2000). Situatieschets visserij Schelde estuarium.

9.7. Menselijke activiteiten

Arts, F.A., Lilipaly, S.J., Hoekstein, M.S.J., van Straalen, K.D., Sluijter, M., Wolf, P. A., Boudewijn, T.J., Grutters, B.M.C., Middelveld, R.P. (2018) Recreatief medegebruik dijktrajecten Oosterschelde en Westerschelde - Een analyse van watervogeltellingen. Vlissingen.

D'hondt, B., Van Wichelen, J., Adriaens, T. (2021). Een kennisoverzicht van de Chinese wolhandkrab: naar een geïnformeerd beheer van wolhandkrab in Vlaanderen. Rapporten van het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek 2021 (58). Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek, Brussel. DOI: doi.org/10.21436/inbor.70341065

EU (2014). Regulation (EU) No 1143/2014 of the European Parliament and of the Council of 22 October 2014 on the prevention and management of the introduction and spread of invasive alien species. European Commission. https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2014/1143/oj.

Homberger, L., Xu, J., Brandis, D., Chan, T-Y., Keirsebelik, H., Normant-Saremba, M., Schoelynck, J., Chu, KH., Ewers-Saucedo, C. (2022) Genetic and morphological evidence indicates the persistence of Japanese mitten crab mitochondrial DNA in Europe for over 20 years and its introgression into Chinese mitten crabs. NeoBiota 73: 137-152. https://doi.org/10.3897/neobiota.73.72566

IMDC. (2011). "Deelrapport 1 : Syntheserapport van het Current Deflecting Wall Onderzoek". In opdracht van Afdeling Maritieme Toegang, pp 44.

Keirsebelik, H., Jacobs, S., Meire, P. & Schoelynck, J. (2020). Uitvoeren van densiteitsbepaling en veldproeven met betrekking tot de mogelijke invloed van Chinese wolhandkrabben op de macrofyten in het Netebekken. Eindrapport ECOBE 019-R247, Universiteit Antwerpen, Antwerpen, 104 pp.

Krijgsveld, KL., Klaassen, B., van der Winden, J. (2022). Verstoring van vogels door recreatie. Literatuurstudie van verstoringsgevoeligheid en overzicht van maatregelen. Deel 1 hoofdrapport & deel 2 soortbesprekingen. Uitgave Vogelbescherming Nederland, Zeist.

Michels, H., Van Ryckegem, G., Van Braeckel, A. & Van den Bergh, E. (2014). Optimalisatie van de oeververdediging: berekening van het erosierisico langsheen de Zeeschelde. INBO rapport 2014.1862628

Roose, F.; Sas, M.; Meersschaut, Y. (2013). The development of a current deflecting wall in estuarine conditions (salinity gradients) to reduce siltation in the tidal Deurganckdok, port of Antwerp, in: CEDA 20th World Dredging Congress and Exhibition 2013 (WODCON XX). The Art of Dredging. Brussels, Belgium, 3-7 June 2013. pp. 613-621

SWECO. (2011). Toetsing Buitendijkse Maatregelen projectgebied Ossenisse aan de Wet natuurbescherming.

Van Braeckel, A., Coen, L., Peeters, P., Plancke, Y., Mikkelsen, J. & Van den Bergh, E. (2012) Historische evolutie van Zeeschelde habitats. Kwantitatieve en kwalitatieve analyse van invloedsfactoren. INBO i.s.m. het Waterbouwkundig Laboratorium.

Van Braeckel, A., Piesschaert, F., Van den Bergh, E. (2006).Historische analyse van de Zeeschelde en haar getijgebonden zijrivieren. 19e eeuw tot heden. INBO.R.2006.29. Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek

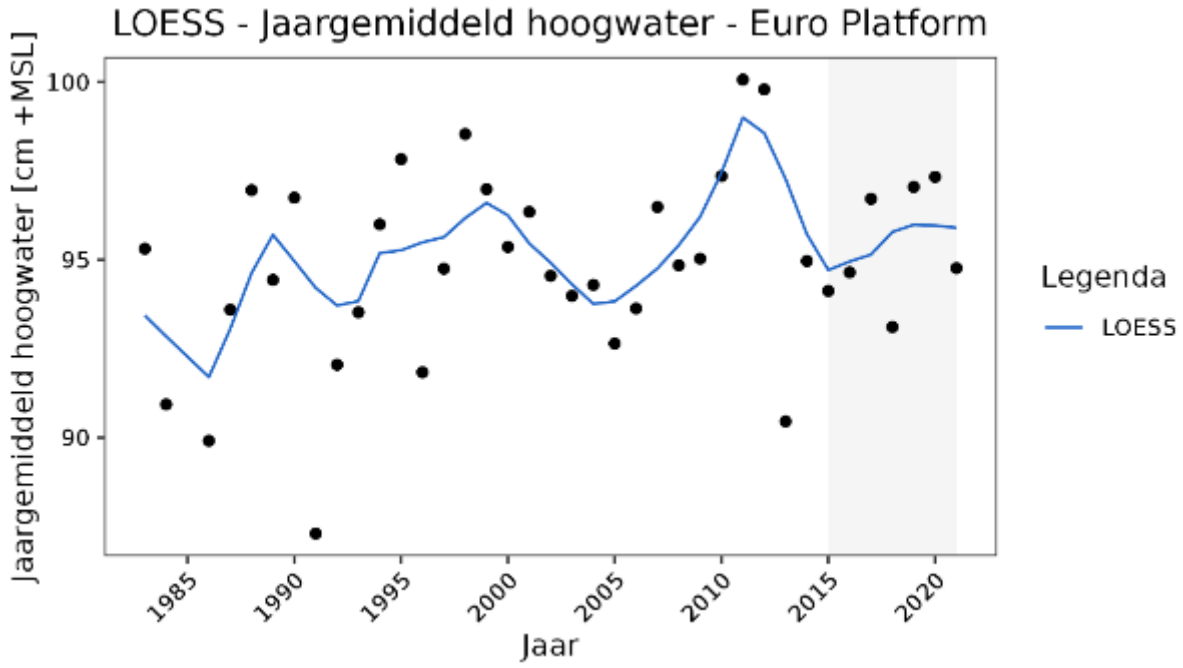
Van den Neucker, T., Scheers, K. (2022). Mislabelling may explain why some prohibited invasive aquatic plants are still being sold in Belgium. Knowl. Manag. Aquat. Ecosyst., 423, 8.

Van Ryckegem, G., Van Braeckel, A., Elsen, R., Vanoverbeke, J., Van de Meutter, F., Vandevoorde, B., Mertens, W., Breine, J., Speybroeck, J., Bezdenjesnji, O., Buerms, D., De Beukelaer, J., De Regge, N., Hessel, K., Soors, J., Van Lierop, F. (2020). MONEOS – Datarapport INBO: toestand Zeeschelde 2018-2019. Monitoringsoverzicht en 1ste lijnsrapport Geomorfologie, diversiteit Habitats en diversiteit Soorten. Rapporten van het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek 2020 (38). Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek, Brussel. DOI: doi.org/10.21436/inbor.18656743

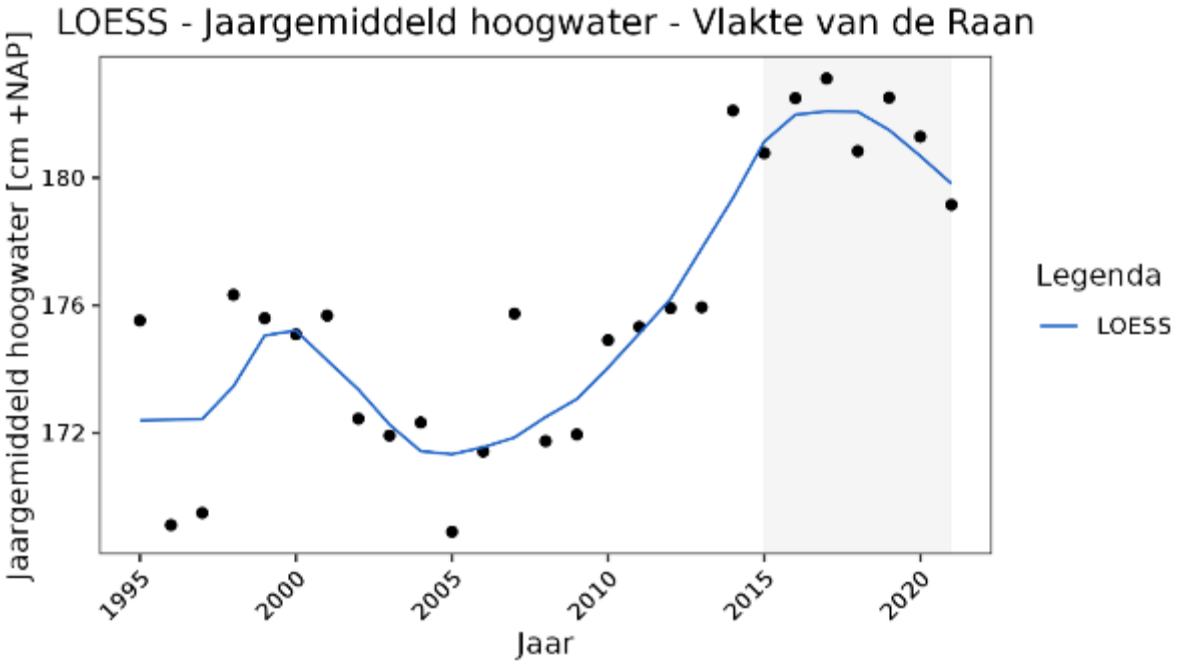
A. Bijlage A - Hydrodynamiek

A.1. Jaargemiddelde hoogwaterstand

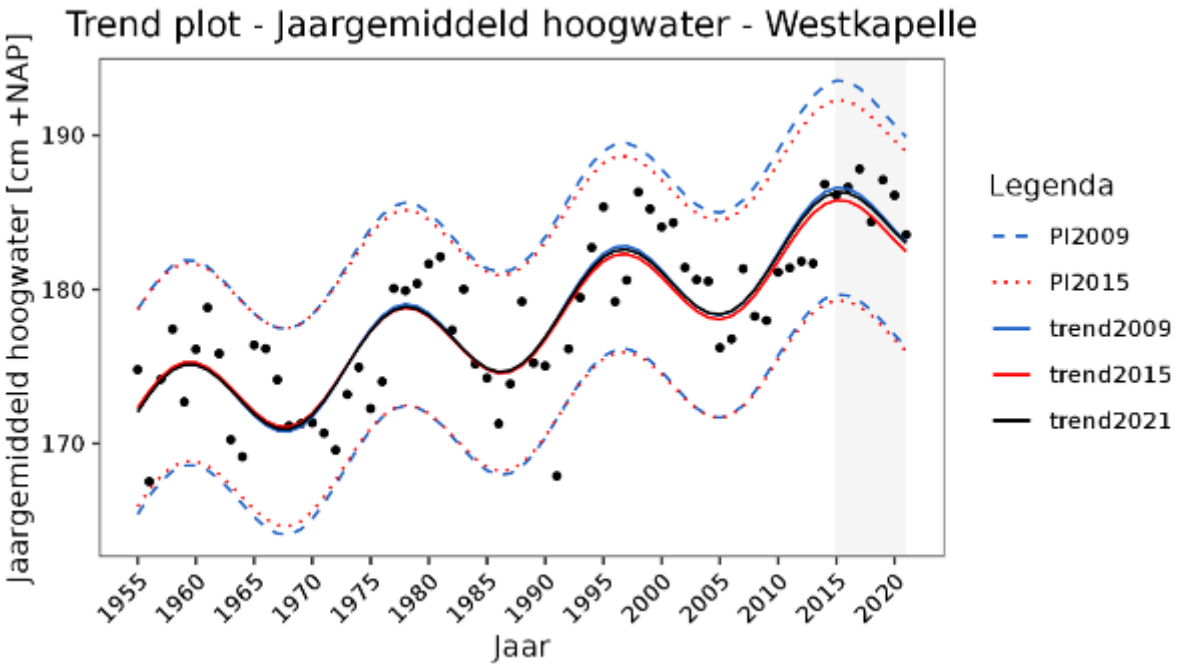
Buiten het estuarium en in de monding



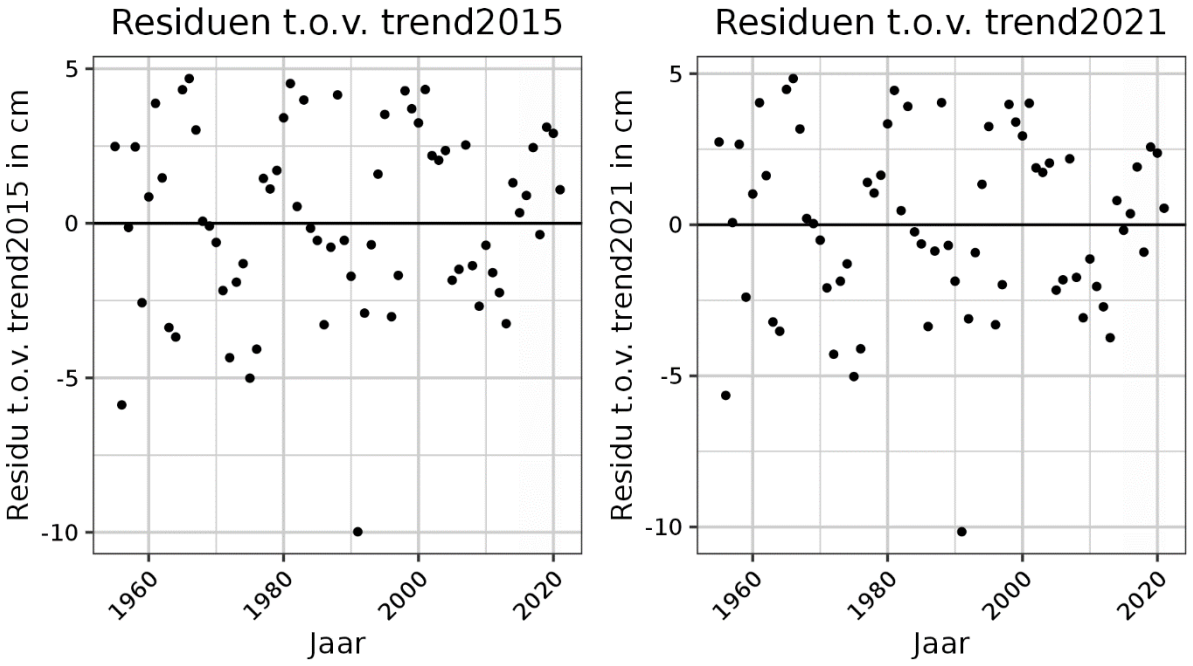
Figuur A-1: Datapunten van jaargemiddelde hoogwaterstanden voor Europlatform voor de periode van 1983-2021 en een LOESS filter met spanwijdte van 6 jaar.



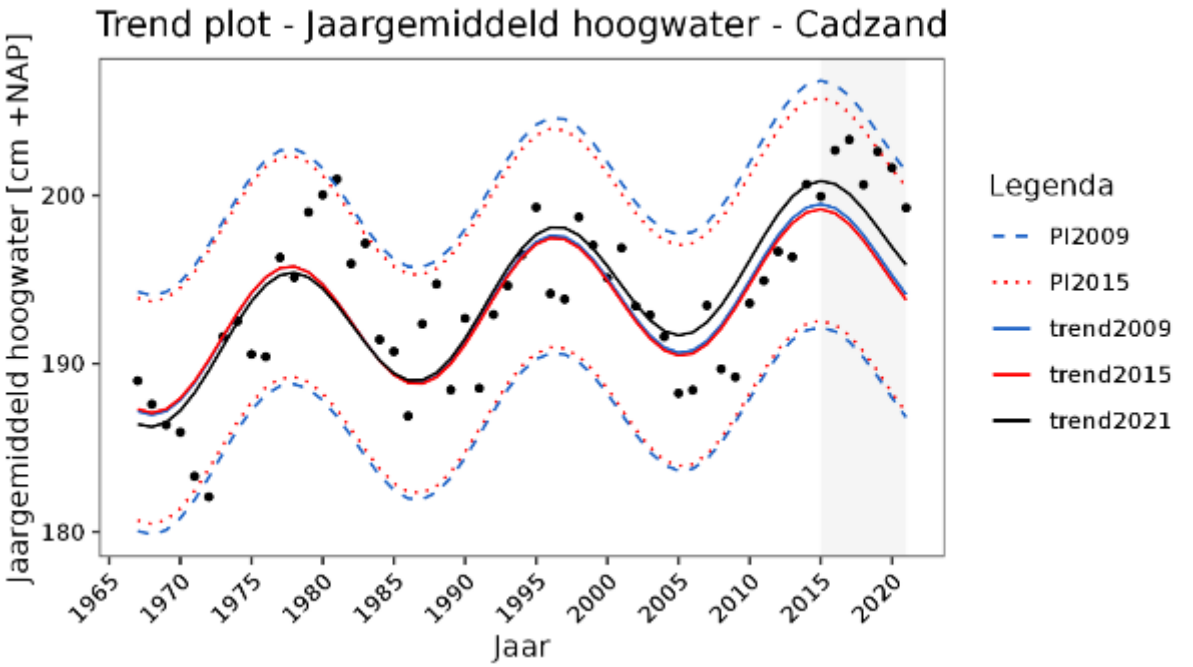
Figuur A-2: Datapunten van jaargemiddelde hoogwaterstanden voor Vlakte van de Raan voor de periode van 1995-2021 en een LOESS filter met spanwijdte van 6 jaar.



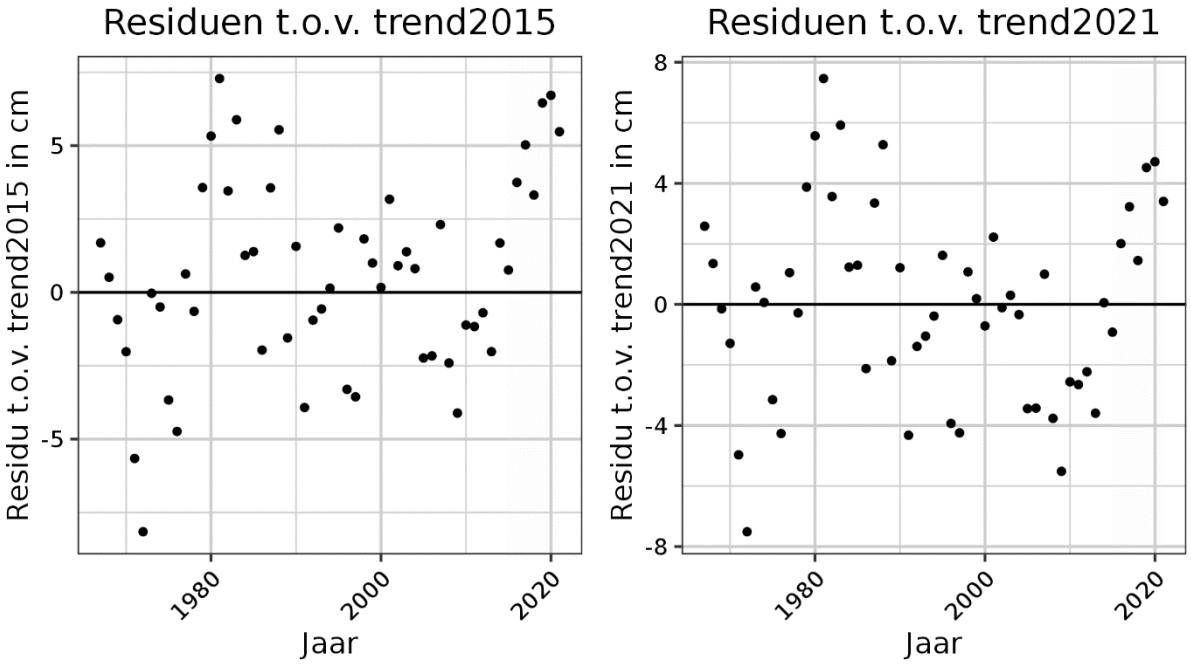
Figuur 9-1: Resultaten trendanalyse jaargemiddelde hoogwaterstanden Westkapelle met de trends tot en met 2009, 2015 en 2021 voor de periode 1955-2021 en de bijbehorende predictie-intervallen.



Figuur 9-2: Residuen trendanalyse T2015 met een voorspelling t/m 2021 en residuen met de nieuwe trend t/m 2021 voor de jaargemiddelde hoogwaterstanden bij station Westkapelle.

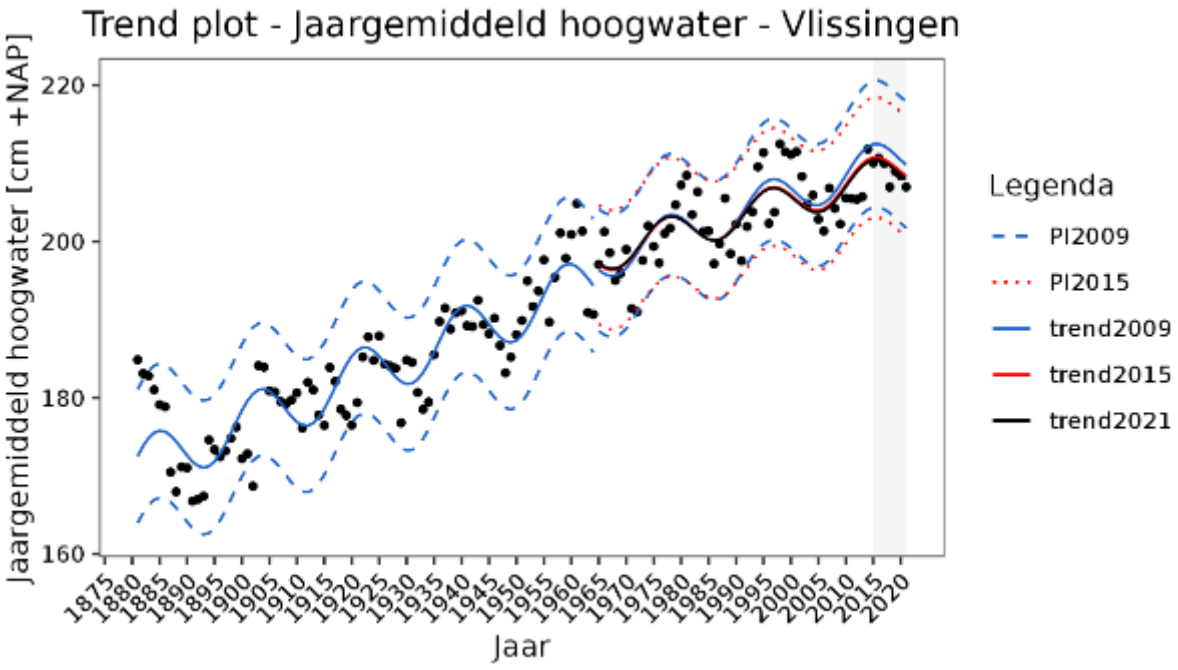


Figuur 9-3: Resultaten trendanalyse jaargemiddelde hoogwaterstanden Cadzand met de trends tot en met 2009, 2015 en 2021 voor de periode 1967-2021 en de bijbehorende predictie-intervallen.

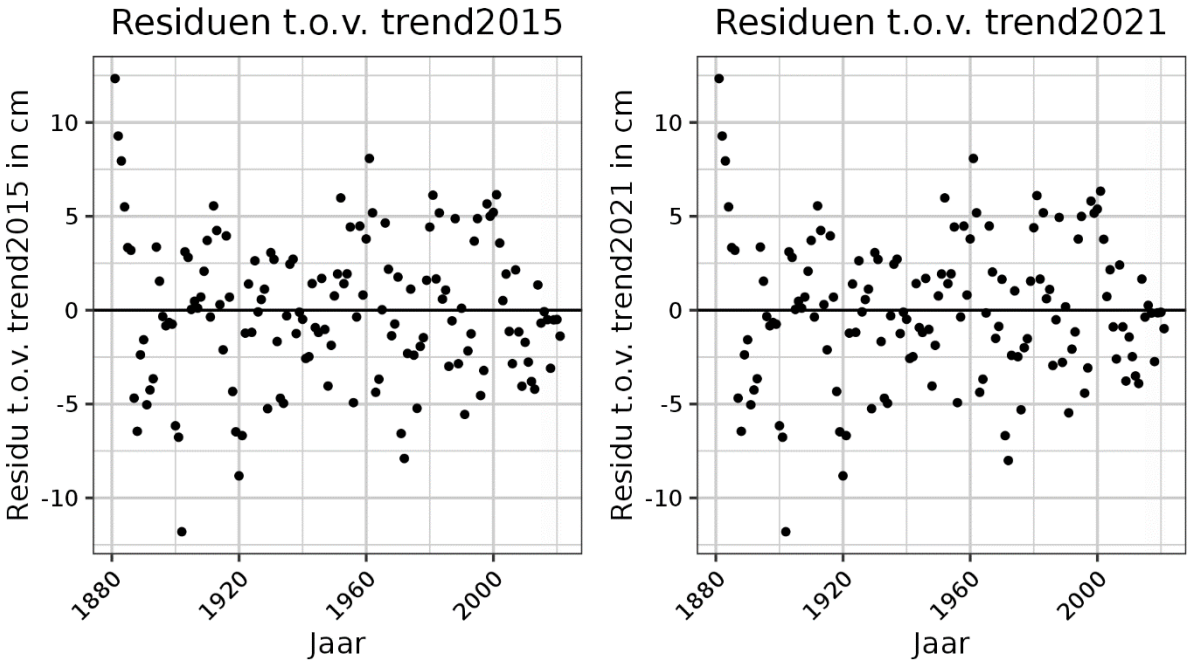


Figuur 9-4: Residuen trendanalyse T2015 met een voorspelling t/m 2021 en residuen met de nieuwe trend t/m 2021 voor de jaargemiddelde hoogwaterstanden bij station Cadzand.

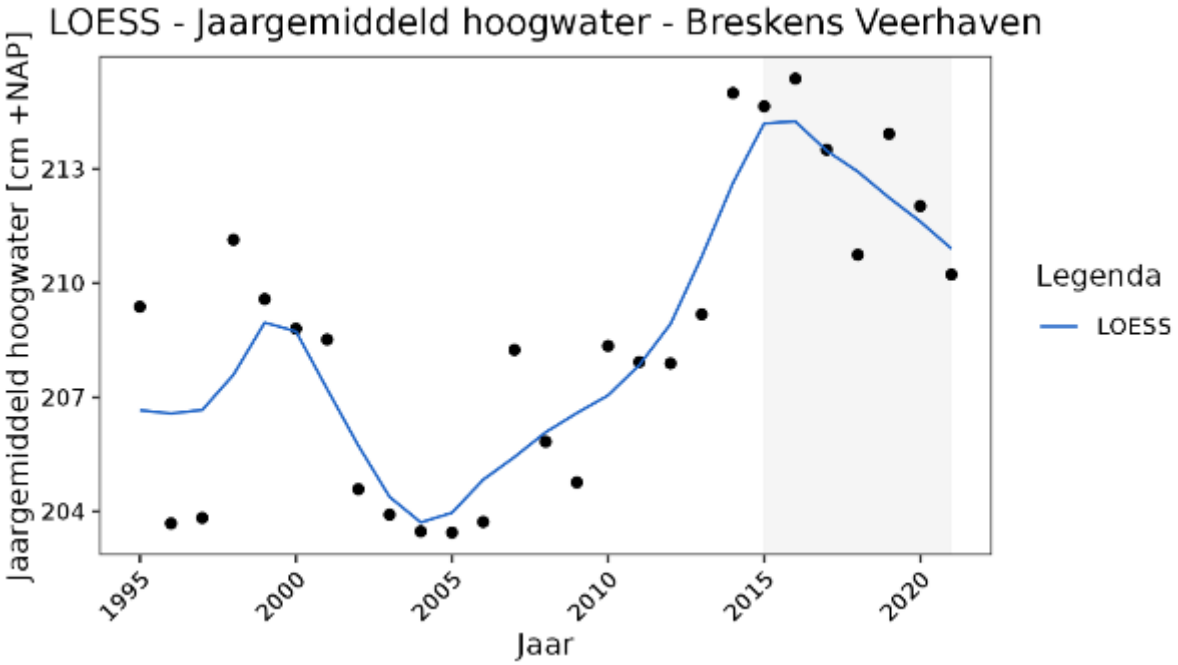
Westerschelde



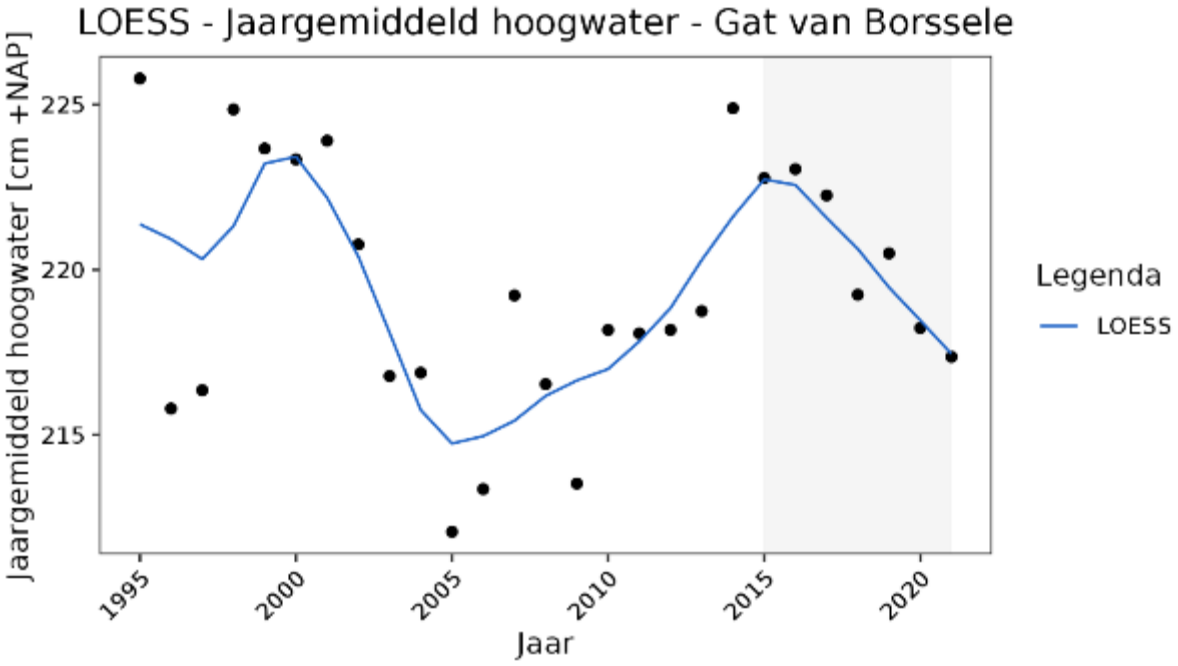
Figuur 9-5: Resultaten trendanalyse jaargemiddelde hoogwaterstanden Vlissingen met de trends tot en met 2009, 2015 en 2021 voor de periode 1881-2021 en de bijbehorende predictie-intervallen. Trendbreuk in 1965.



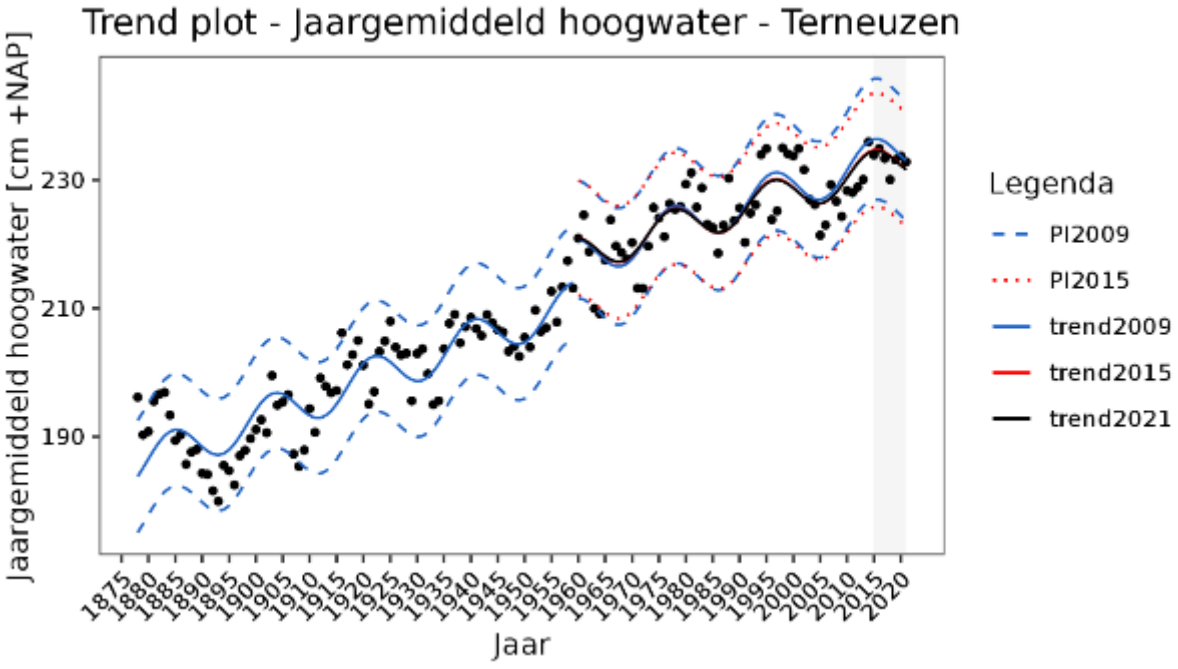
Figuur 9-6: Residuen trendanalyse T2015 met een voorspelling t/m 2021 en residuen met de nieuwe trend t/m 2021 voor de jaargemiddelde hoogwaterstanden bij station Vlissingen. Trendbreuk in 1965.



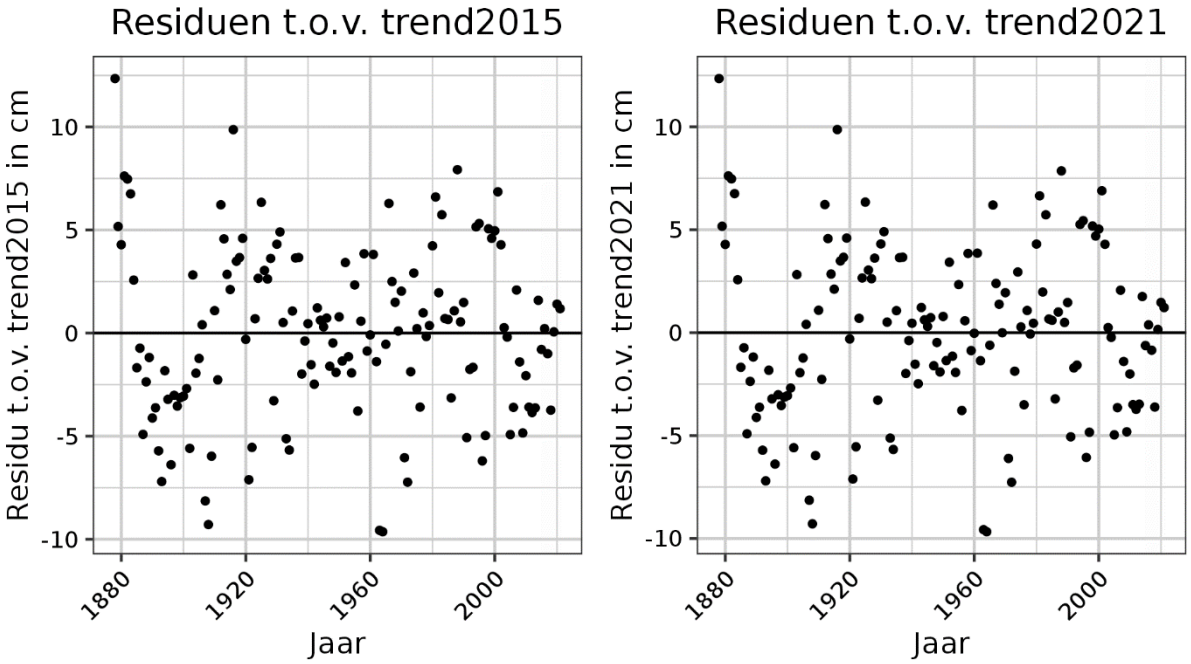
Figuur 9-7: Datapunten van jaargemiddelde hoogwaterstanden voor Breskens voor de periode van 1995-2021 en een LOESS filter met spanwijdte van 6 jaar.



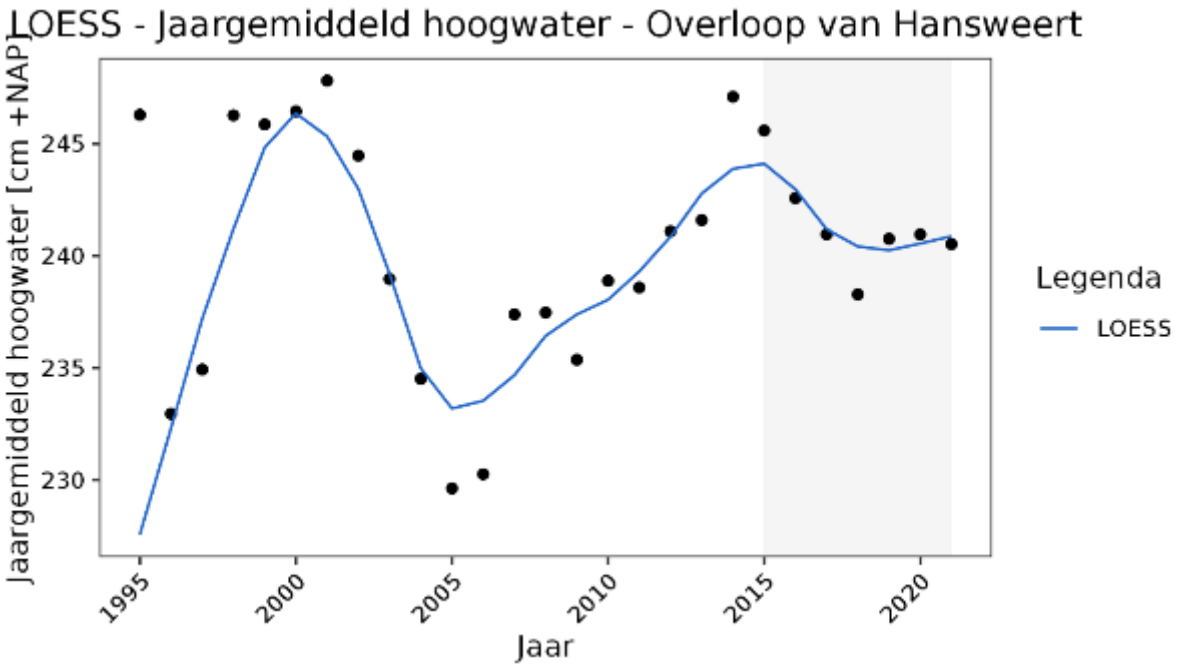
Figuur 9-8: Datapunten van jaargemiddelde hoogwaterstanden voor Borssele voor de periode van 1995-2021 en een LOESS filter met spanwijdte van 6 jaar.



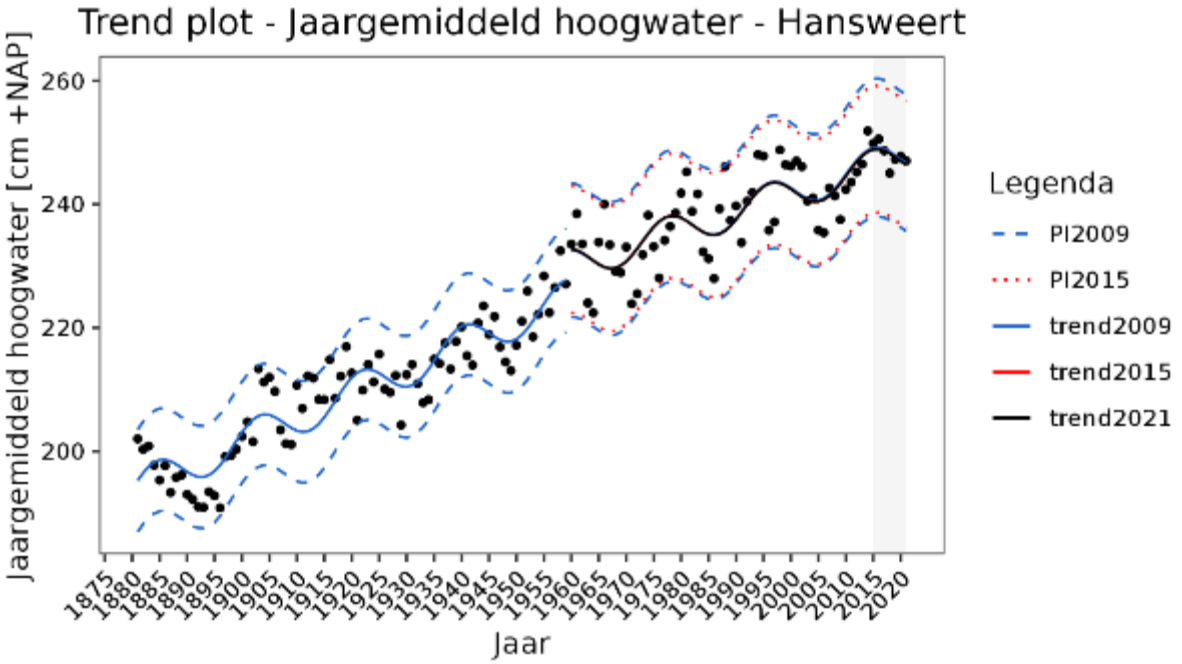
Figuur 9-9: Resultaten trendanalyse jaargemiddelde hoogwaterstanden Terneuzen met de trends tot en met 2009, 2015 en 2021 voor de periode 1878-2021 en de bijbehorende predictie-intervallen. Trendbreuk in 1960.



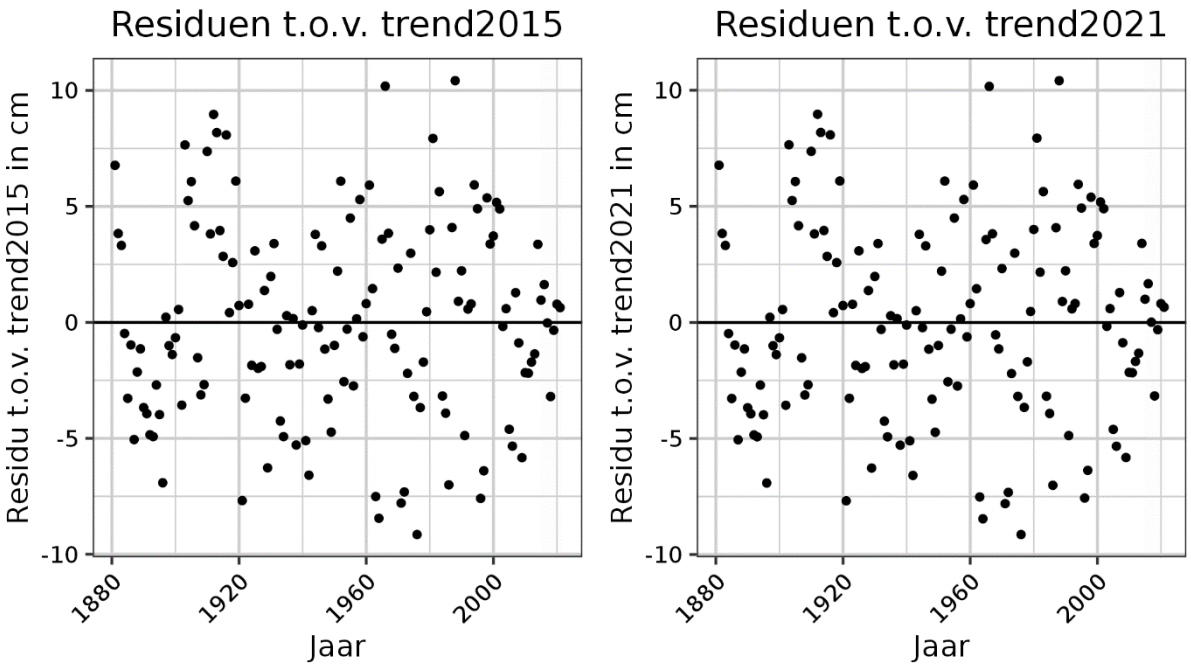
Figuur 9-10: Residuen trendanalyse T2015 met een voorspelling t/m 2021 en residuen met de nieuwe trend t/m 2021 voor de jaargemiddelde hoogwaterstanden bij station Terneuzen. Trendbreuk in 1960.



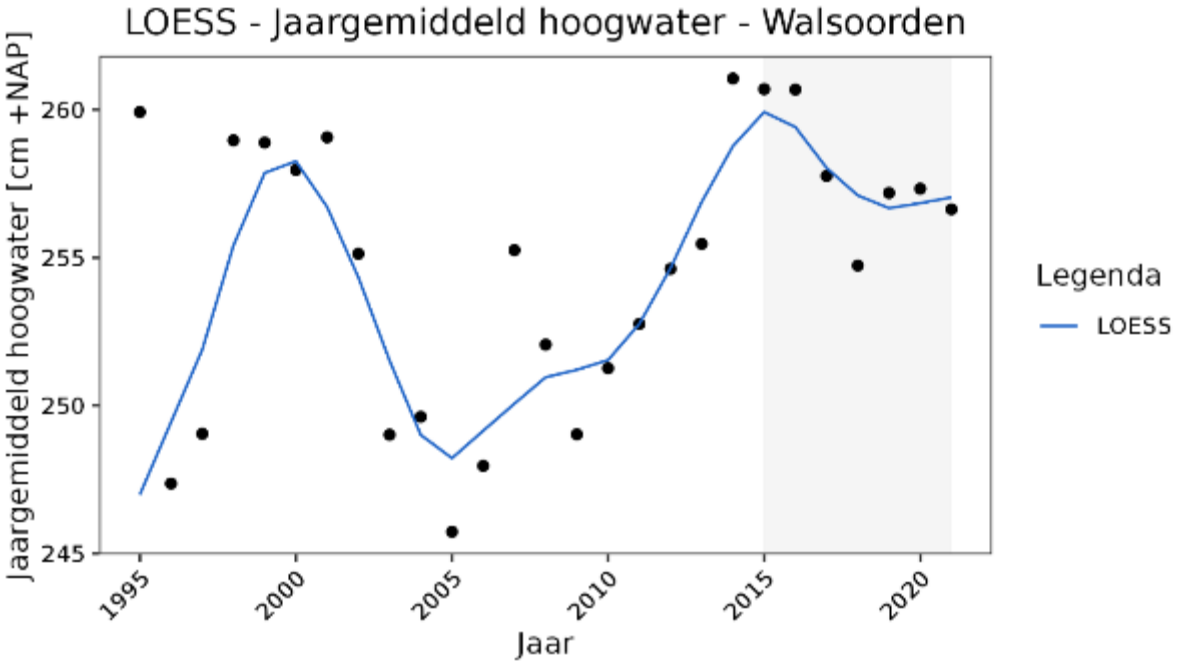
Figuur 9-11: Datapunten van jaargemiddelde hoogwaterstanden voor Overloop van Hansweert voor de periode van 1995-2021 en een LOESS filter met spanwijdte van 6 jaar.



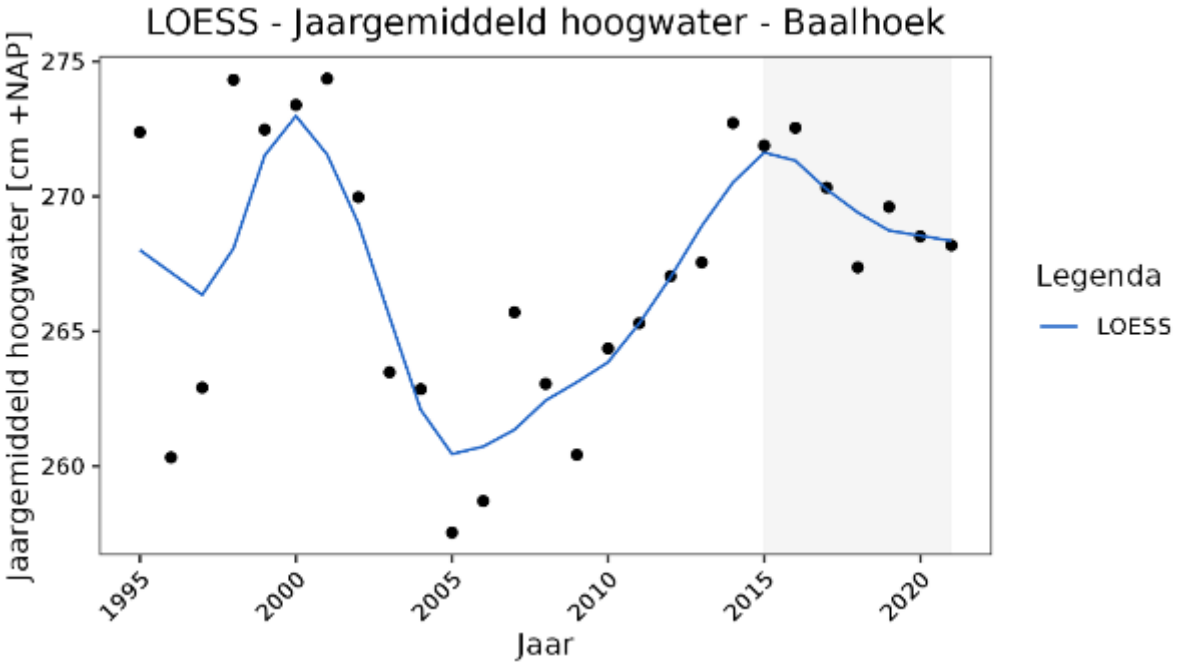
Figuur 9-12: Resultaten trendanalyse jaargemiddelde hoogwaterstanden Hansweert met de trends tot en met 2009, 2015 en 2021 voor de periode 1881-2021 en de bijbehorende predictie-intervallen. Trendbreuk in 1960.



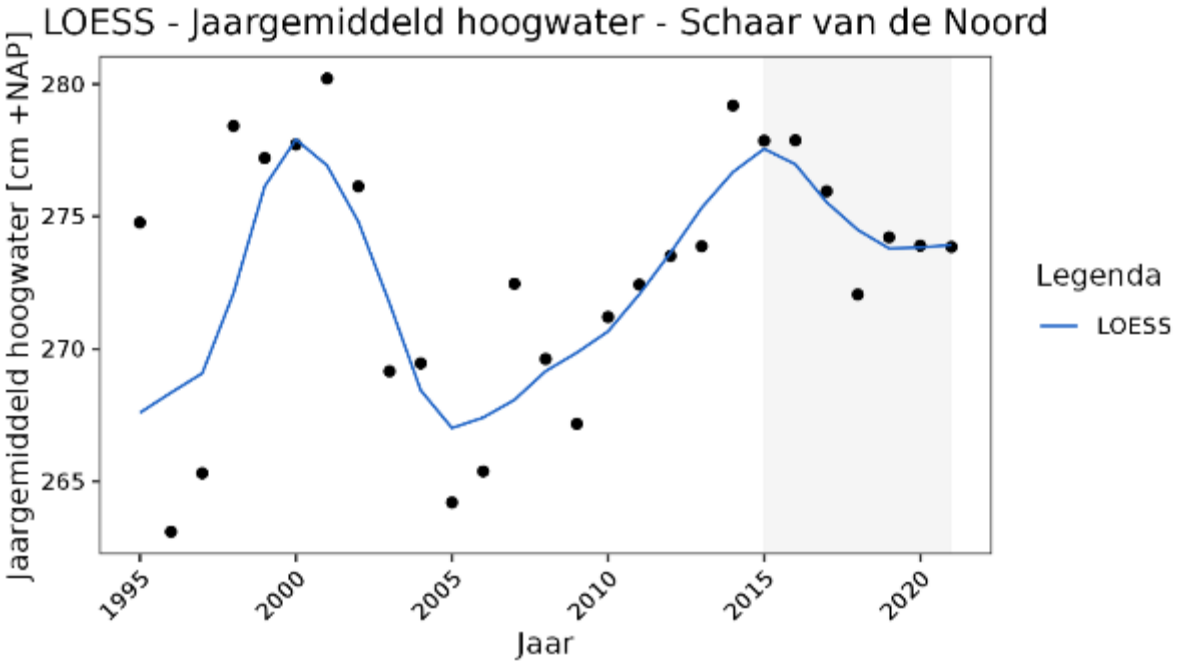
Figuur 9-13: Residuen trendanalyse T2015 met een voorspelling t/m 2021 en residuen met de nieuwe trend t/m 2021 voor de jaargemiddelde hoogwaterstanden bij station Hansweert. Trendbreuk in 1960



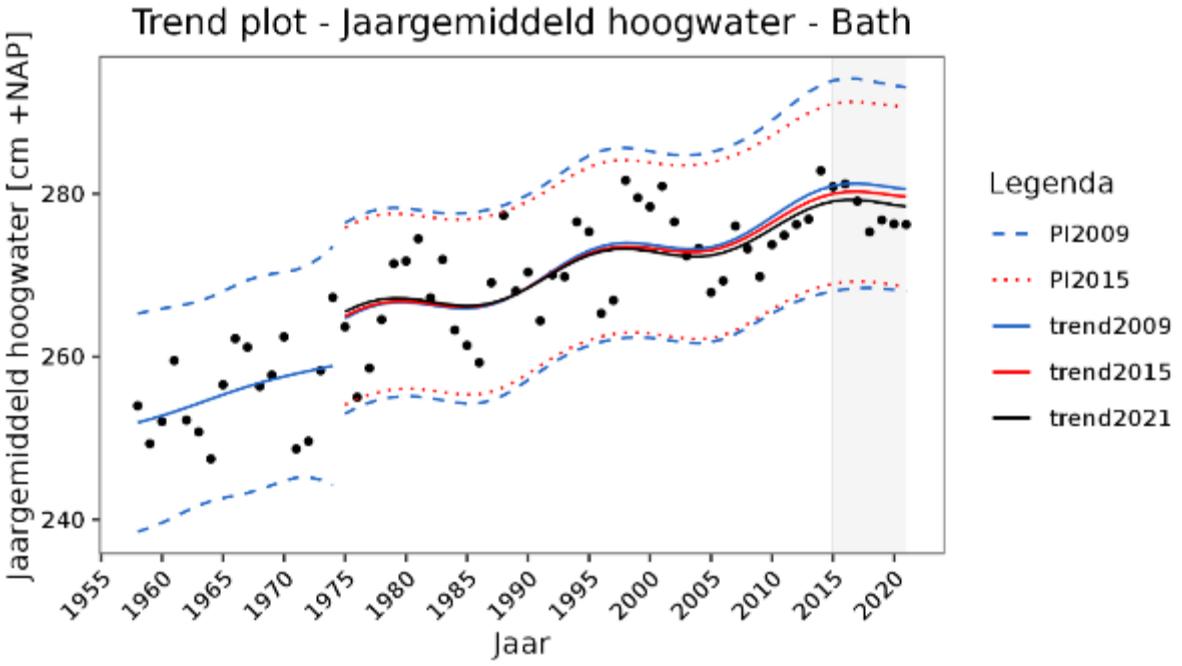
Figuur 9-14: Datapunten van jaargemiddelde hoogwaterstanden voor Walsoorden voor de periode van 1995-2021 en een LOESS filter met spanwijdte van 6 jaar.



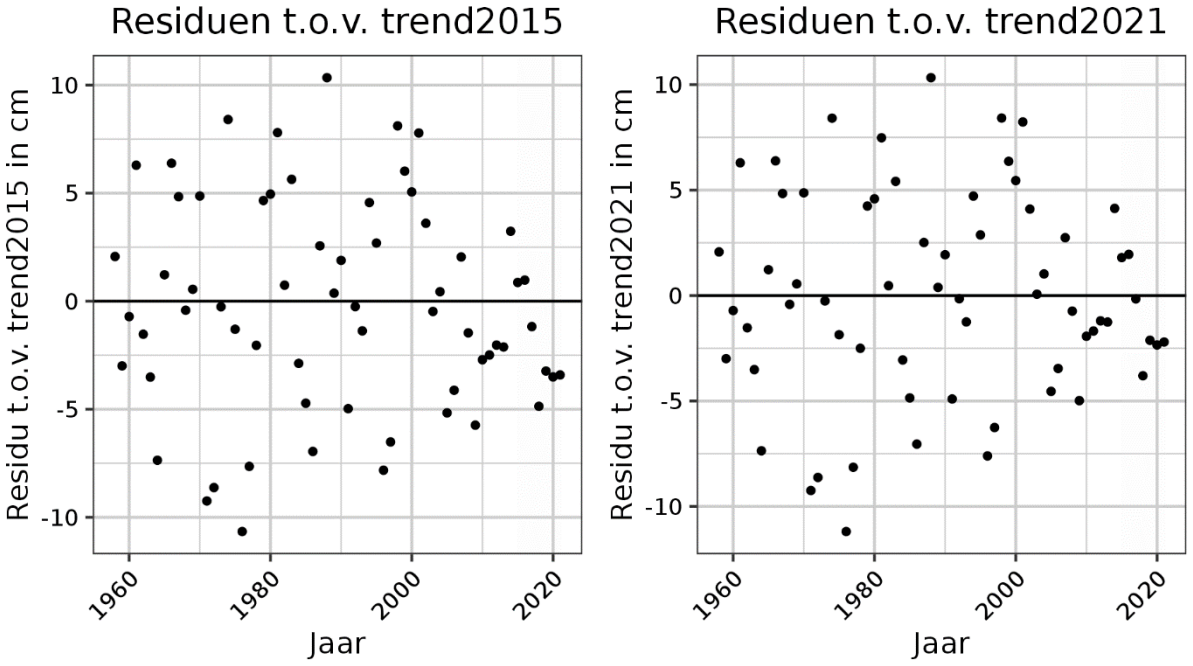
Figuur 9-15: Datapunten van jaargemiddelde hoogwaterstanden voor Baalhoek voor de periode van 1995-2021 en een LOESS filter met spanwijdte van 6 jaar.



Figuur 9-16: Datapunten van jaargemiddelde hoogwaterstanden voor Schaar van de Noord voor de periode van 1995-2021 en een LOESS filter met spanwijdte van 6 jaar.

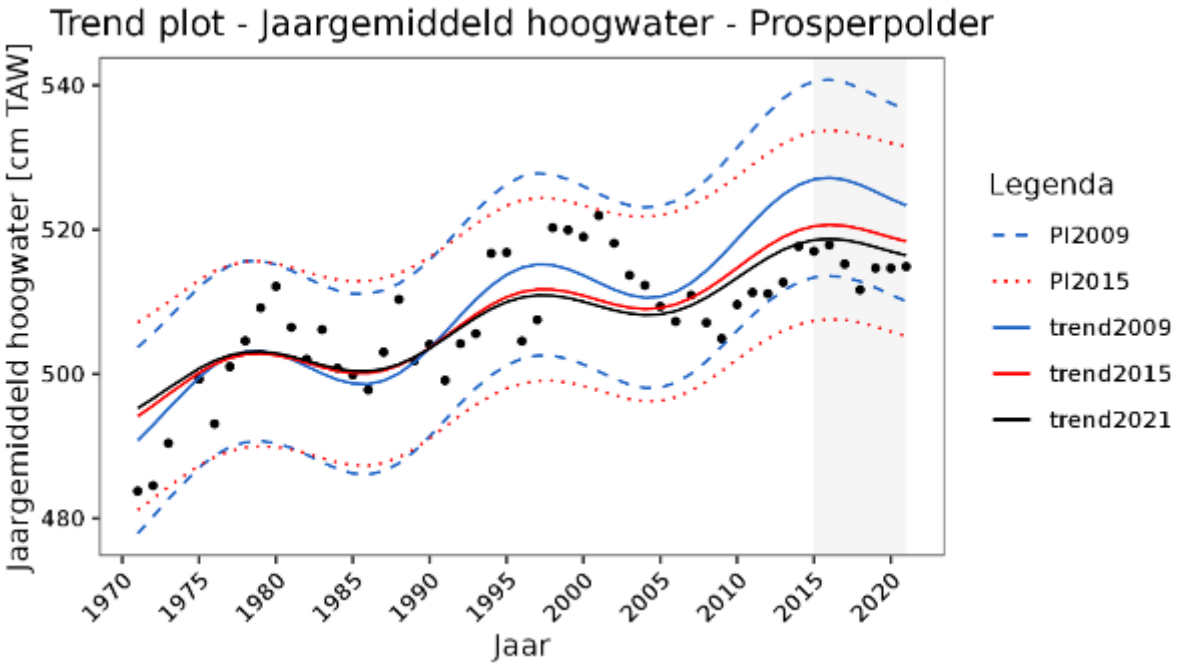


Figuur 9-17: Resultaten trendanalyse jaargemiddelde hoogwaterstanden Bath met de trends tot en met 2009, 2015 en 2021 voor de periode 1862-2021 en de bijbehorende predictie-intervallen. Trendbreuk in 1975.

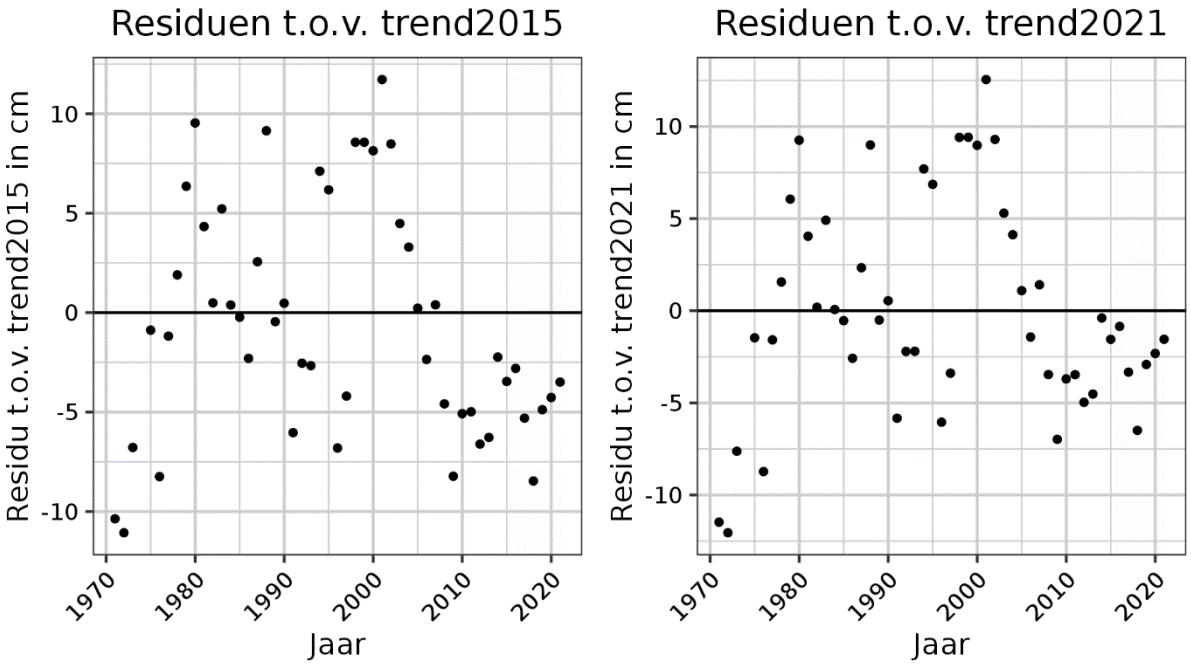


Figuur 9-18: Residuen trendanalyse T2015 met een voorspelling t/m 2021 en residuen met de nieuwe trend t/m 2021 voor de jaargemiddelde hoogwaterstanden bij station Bath. Trendbreuk in 1975.

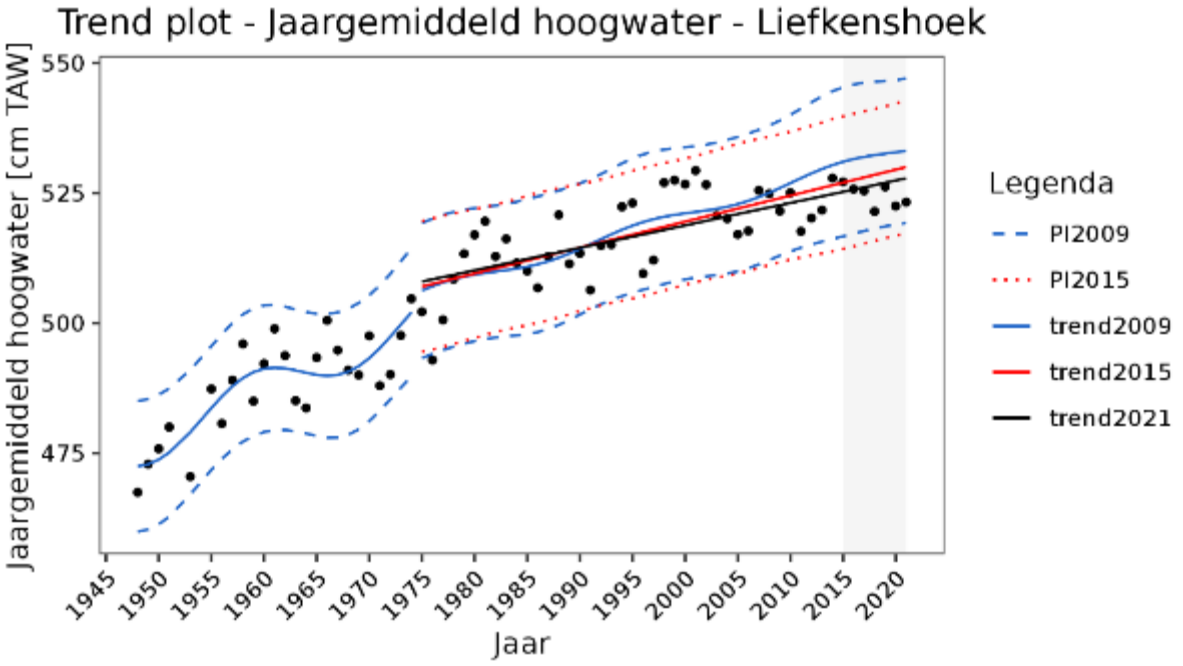
Zeeschelde



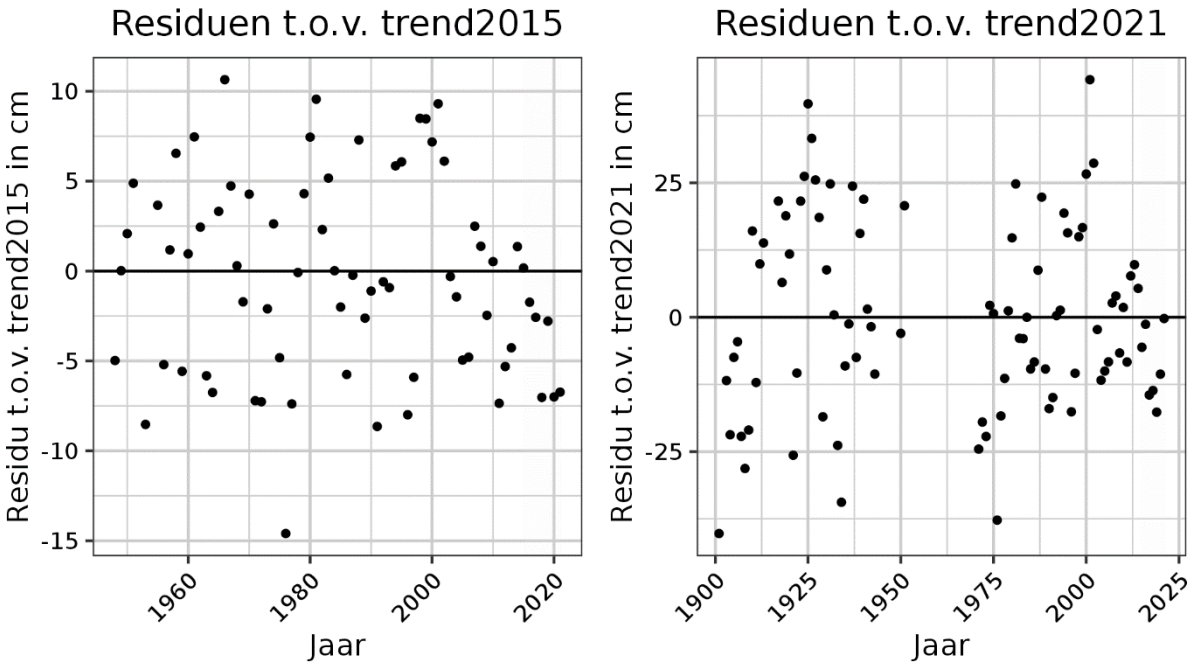
Figuur 9-19: Resultaten trendanalyse jaargemiddelde hoogwaterstanden Prosperpolder met de trends tot en met 2009, 2015 en 2021.



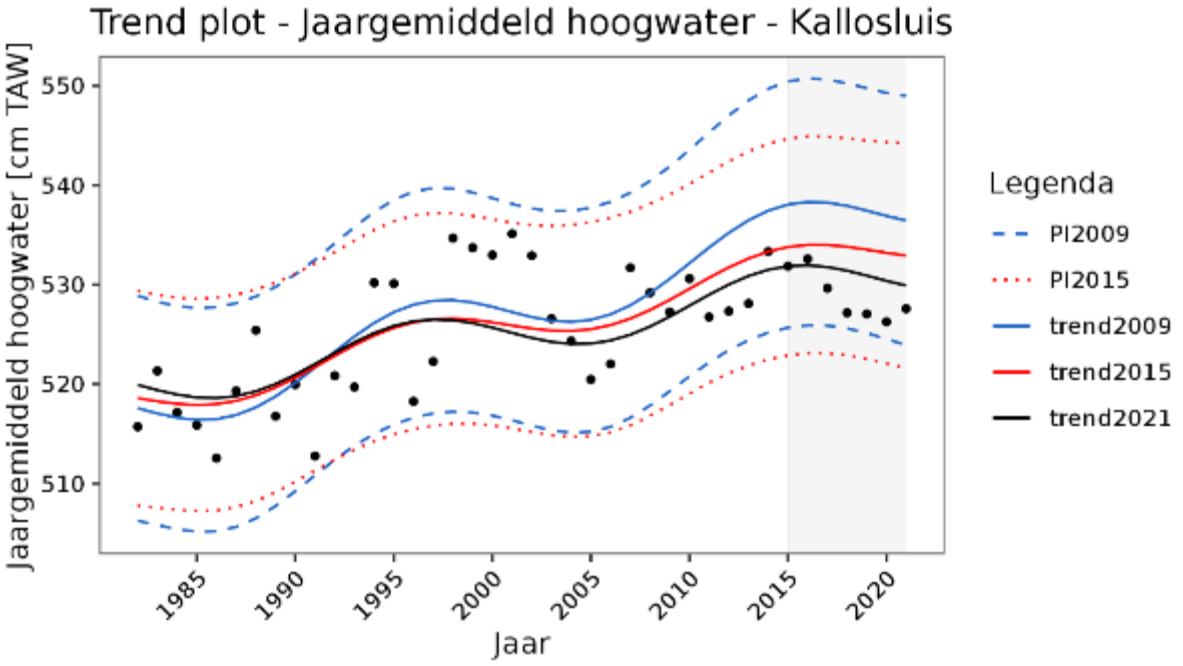
Figuur 9-20: Residuen trendanalyse T2015 met een voorspelling t/m 2021 en residuen met de nieuwe trend t/m 2021 voor de jaargemiddelde hoogwaterstanden bij station Prosperpolder.



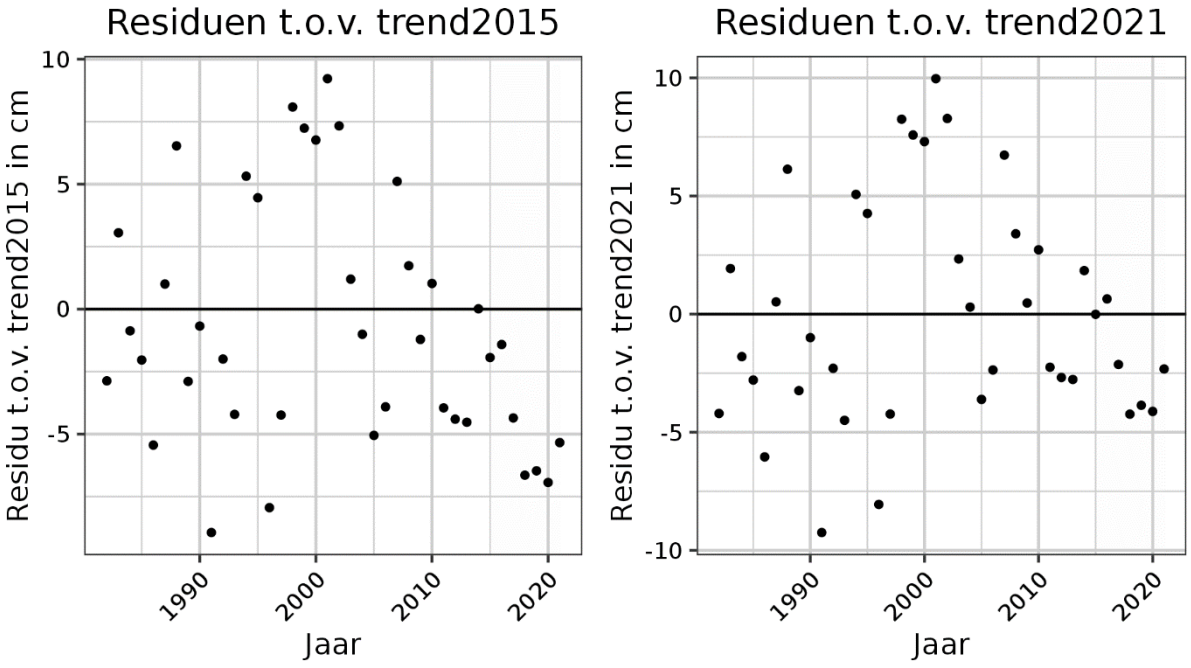
Figuur 9-21: Resultaten trendanalyse jaargemiddelde hoogwaterstanden Liefkenshoek met de trends tot en met 2009, 2015 en 2021 voor de periode 1948-2021 en de bijbehorende predictie-intervallen. Trendbreuk in 1975.



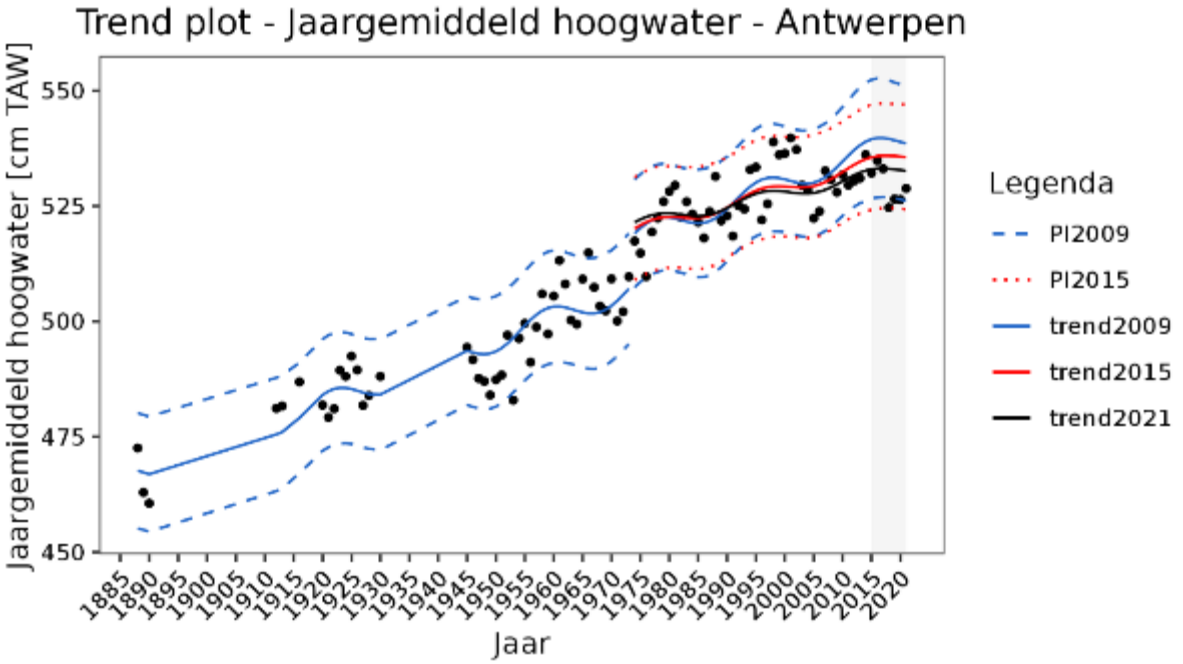
Figuur 9-22: Residuen trendanalyse T2015 met een voorspelling t/m 2021 en residuen met de nieuwe trend t/m 2021 voor de jaargemiddelde hoogwaterstanden bij station Liefkenshoek. Trendbreuk in 1975.



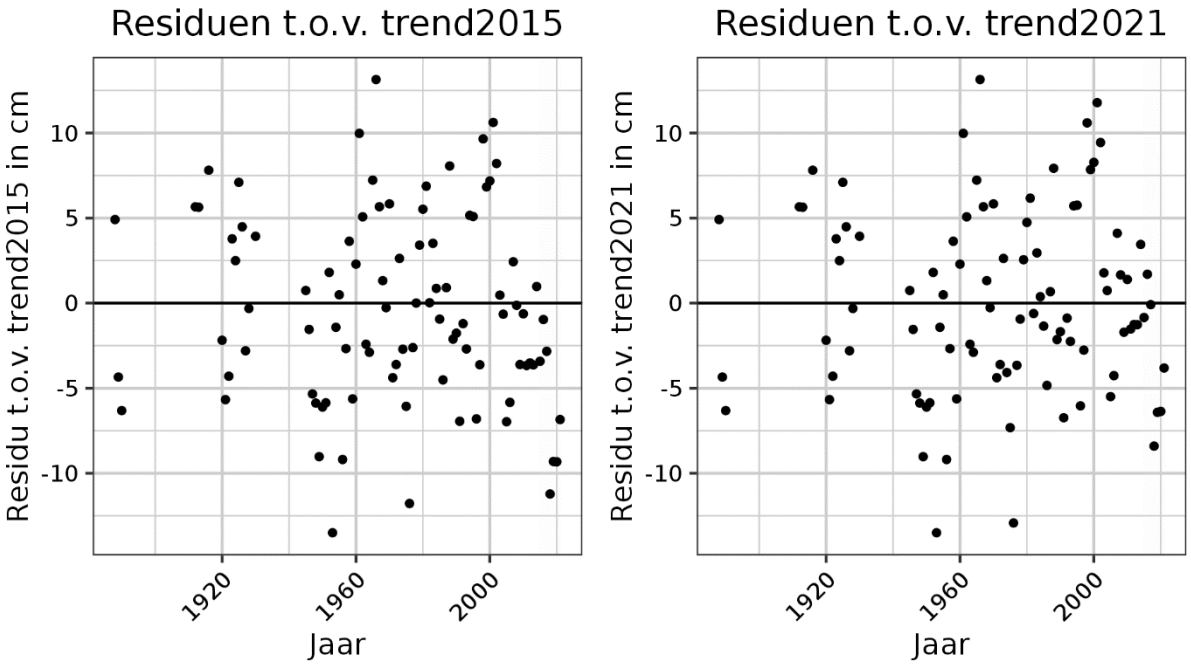
Figuur 9-23: Resultaten trendanalyse jaargemiddelde hoogwaterstanden Kallosluis met de trends tot en met 2009, 2015 en 2021.



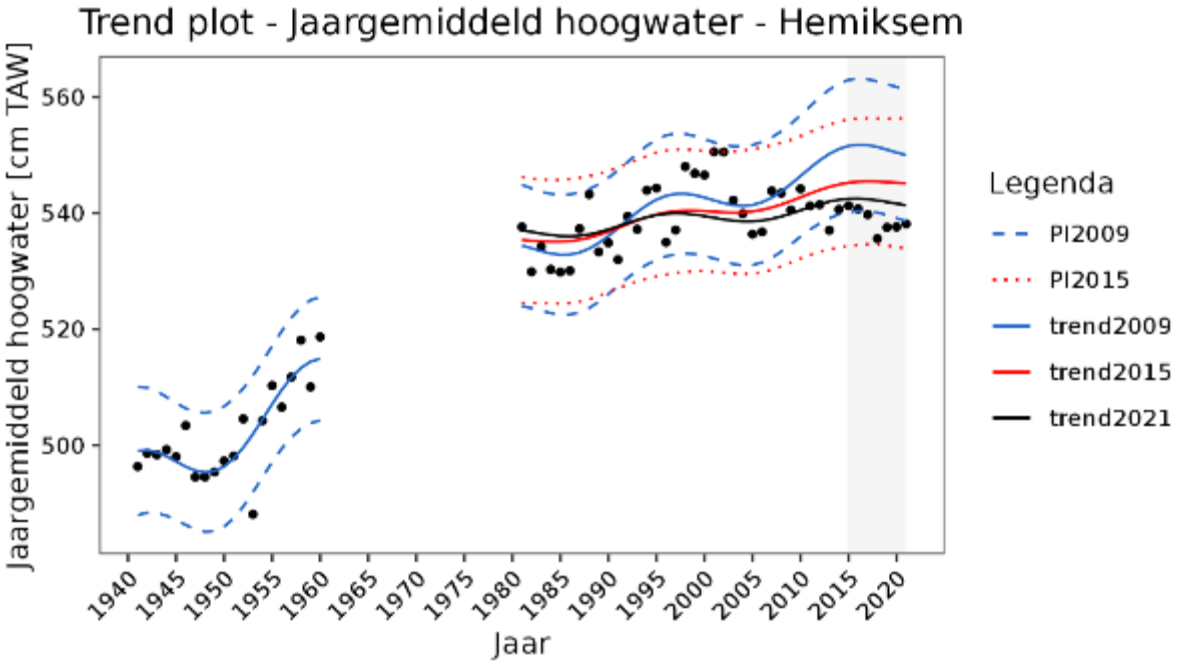
Figuur 9-24: Residuen trendanalyse T2015 met een voorspelling t/m 2021 en residuen met de nieuwe trend t/m 2021 voor de jaargemiddelde hoogwaterstanden bij station Kallosluis.



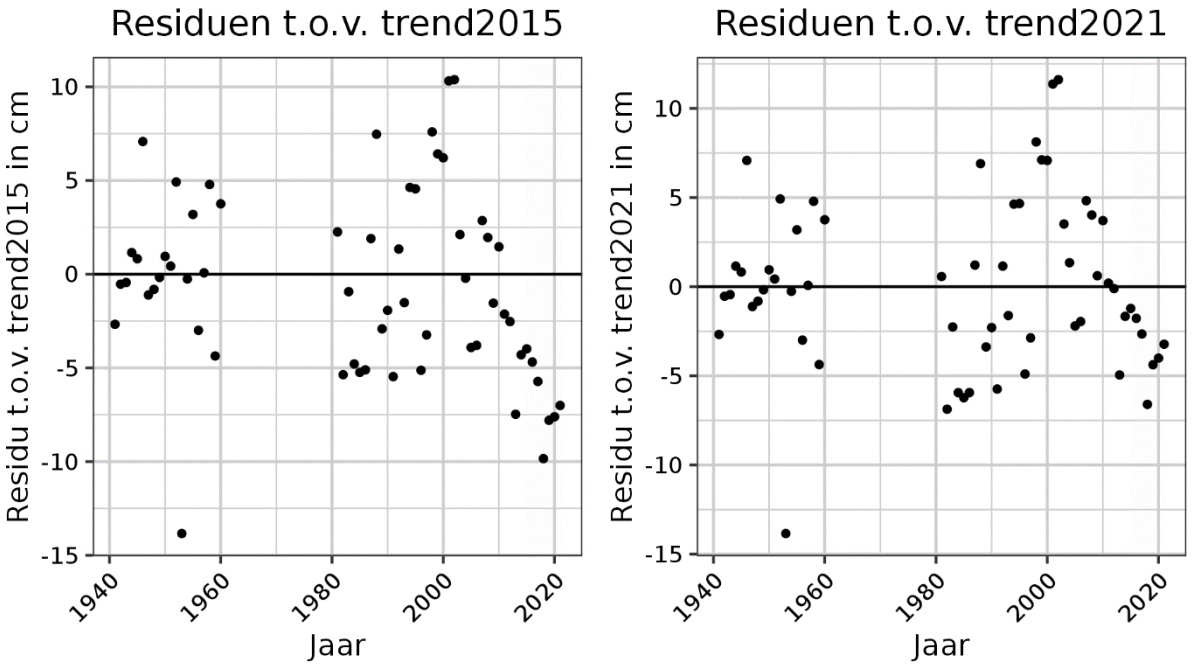
Figuur 9-25: Resultaten trendanalyse jaargemiddelde hoogwaterstanden Antwerpen met de trends tot en met 2009, 2015 en 2021. Trendbreuk in 1974. Volledige reeks is getoond omwille van de langjarige trend. Bij ontbrekende data is er lineair geïnterpoleerd.



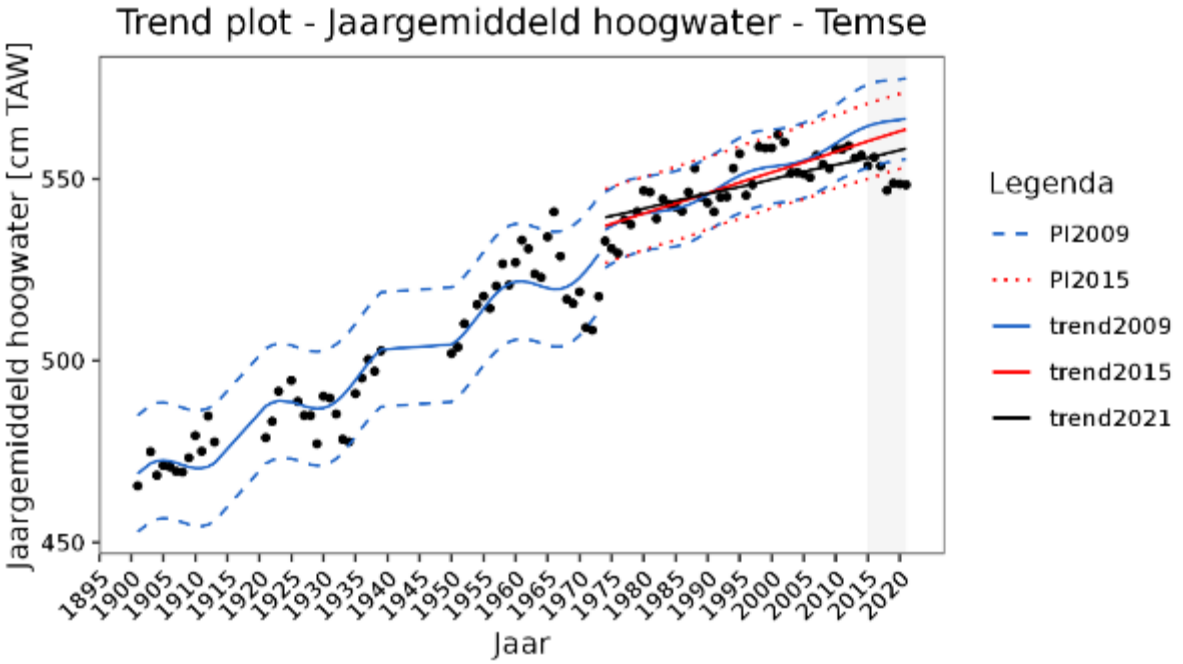
Figuur 9-26: Residuen trendanalyse T2015 met een voorspelling t/m 2021 en residuen met de nieuwe trend t/m 2021 voor de jaargemiddelde hoogwaterstanden bij station Antwerpen. Trendbreuk in 1974.



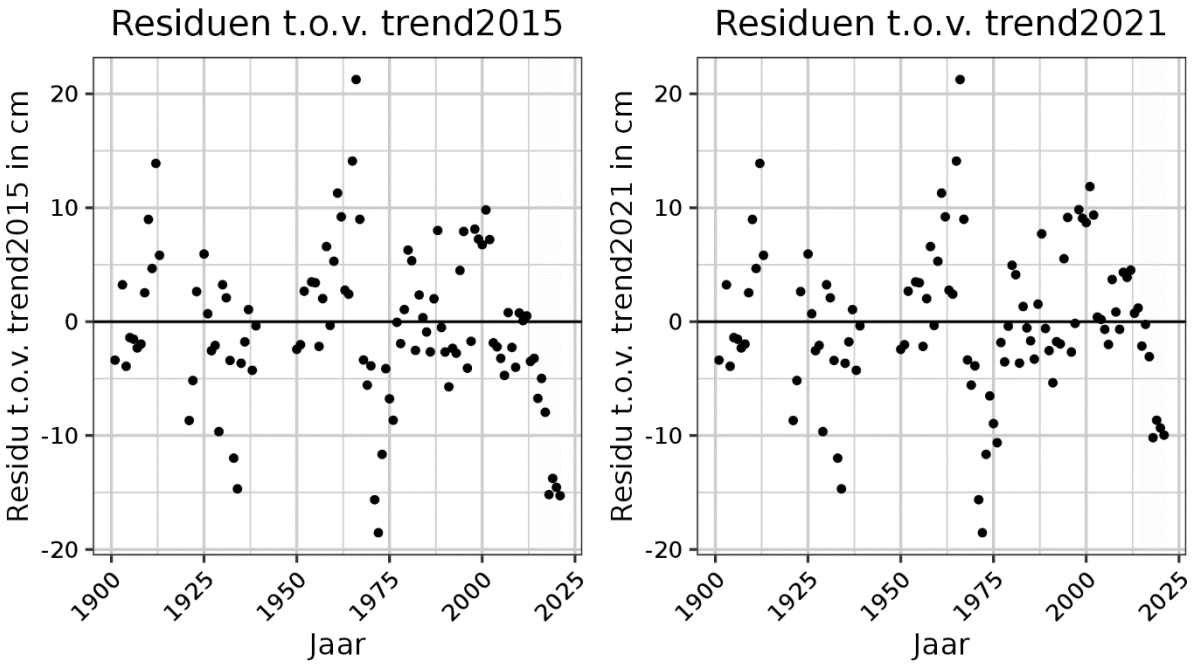
Figuur 9-27: Resultaten trendanalyse jaargemiddelde hoogwaterstanden Hemiksem met de trends tot en met 2009, 2015 en 2021. De trend voor de data t/m 2021 (trend2021) is niet significant.



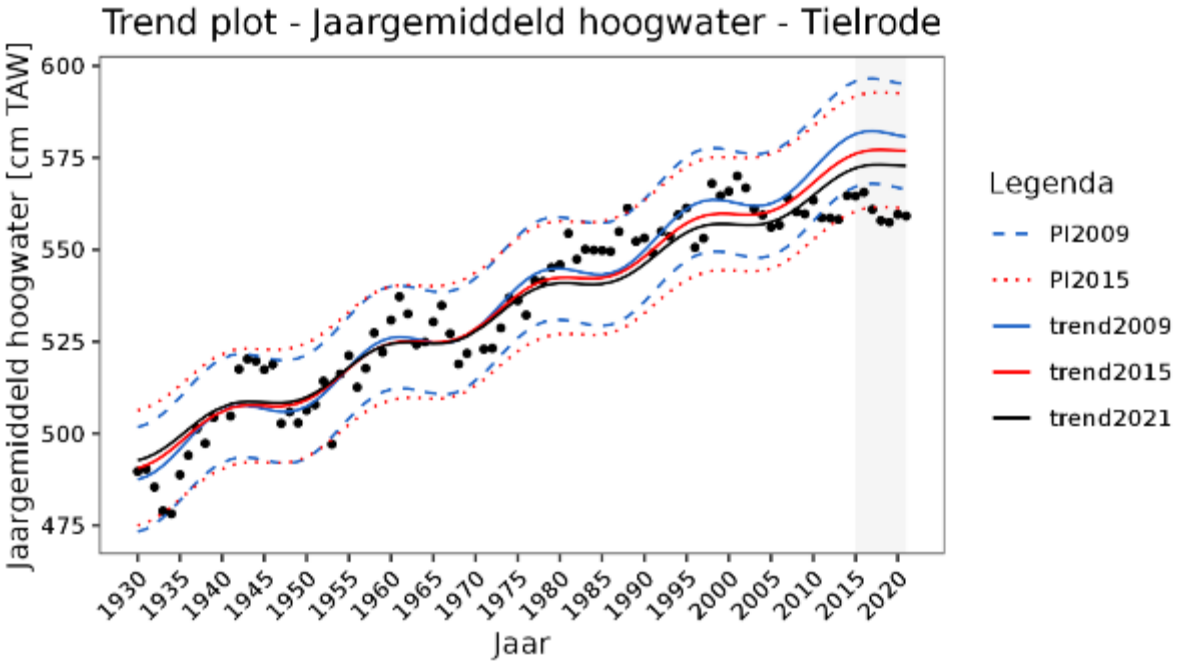
Figuur 9-28: Residuen trendanalyse T2015 met een voorspelling t/m 2021 en residuen met de nieuwe trend t/m 2021 voor de jaargemiddelde hoogwaterstanden bij station Hemiksem.



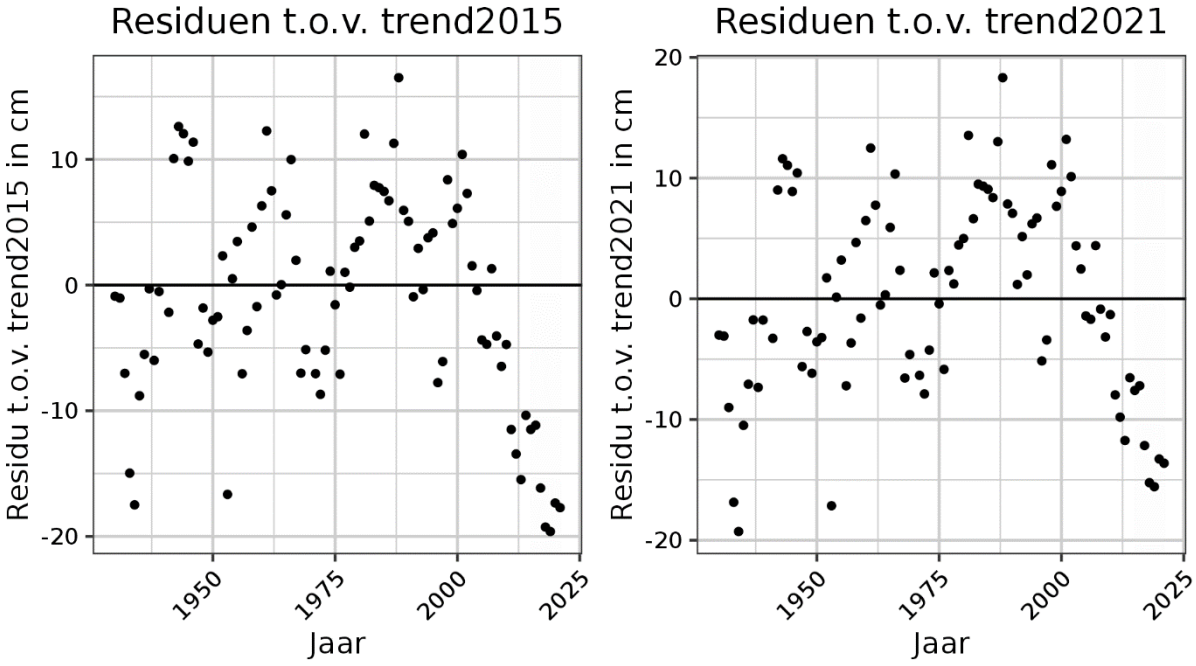
Figuur 9-29: Resultaten trendanalyse jaargemiddelde hoogwaterstanden Temse met de trends tot en met 2009, 2015 en 2021. Trendbreuk in 1974. Volledige reeks is getoond omwille van de langjarige trend. Bij ontbrekende data is er lineair geïnterpoleerd.



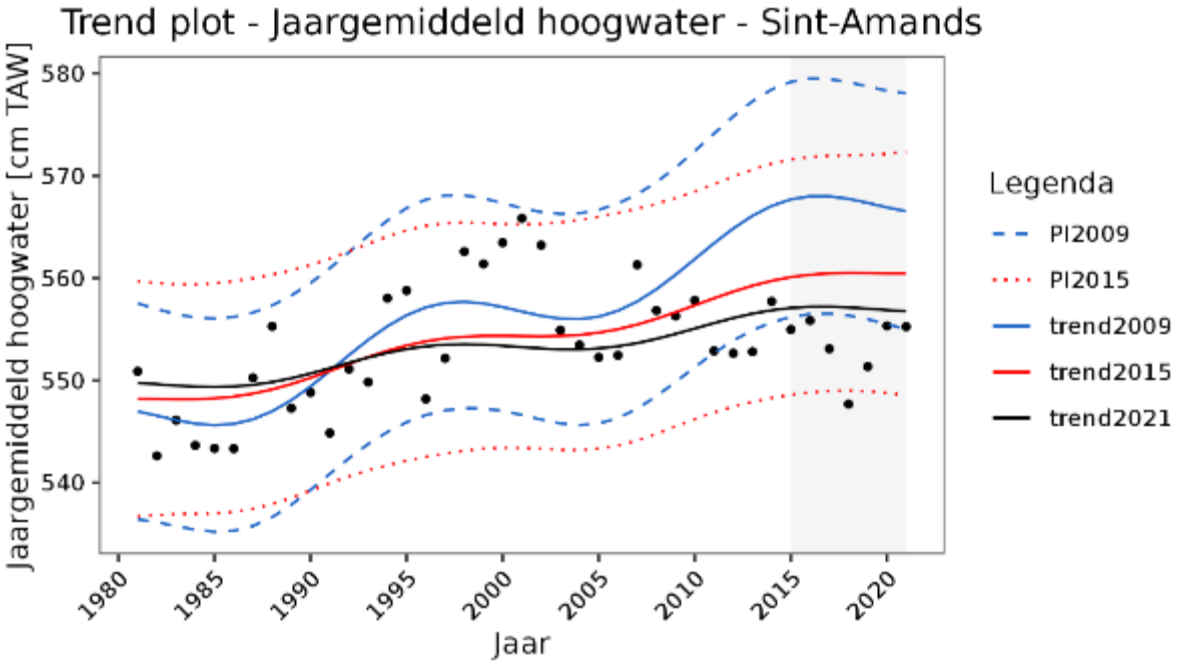
Figuur 9-30: Residuen trendanalyse T2015 met een voorspelling t/m 2021 en residuen met de nieuwe trend t/m 2021 voor de jaargemiddelde hoogwaterstanden bij station Temse. Trendbreuk in 1974.



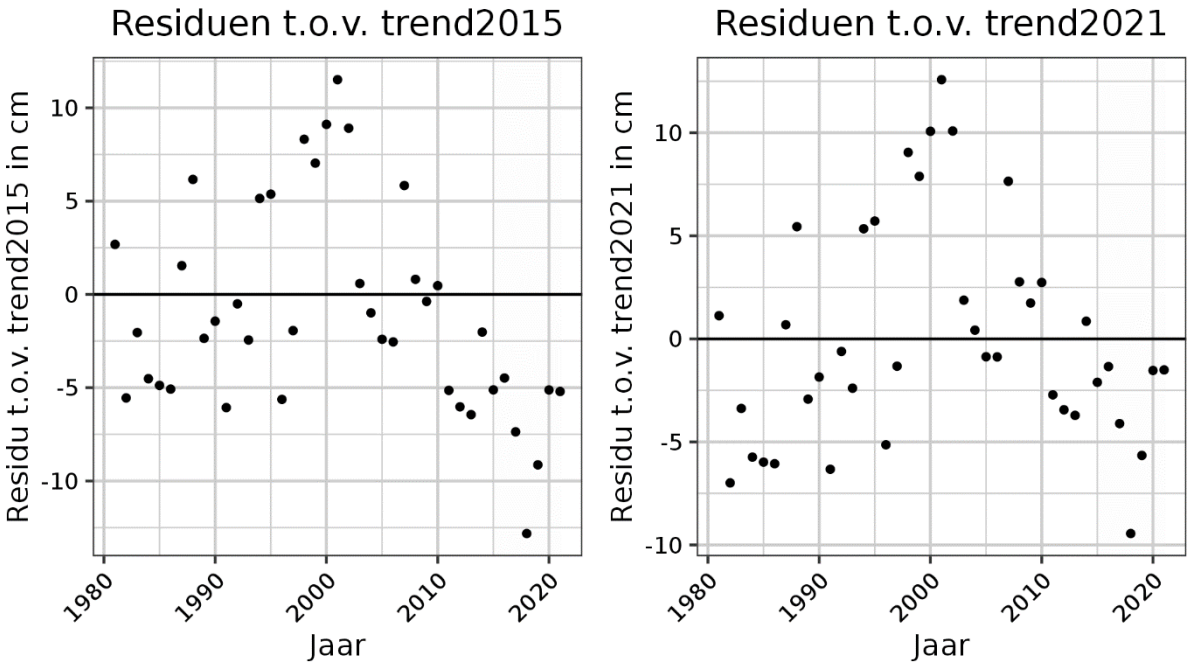
Figuur 9-31: Resultaten trendanalyse jaargemiddelde hoogwaterstanden Tielrode met de trends tot en met 2009, 2015 en 2021.



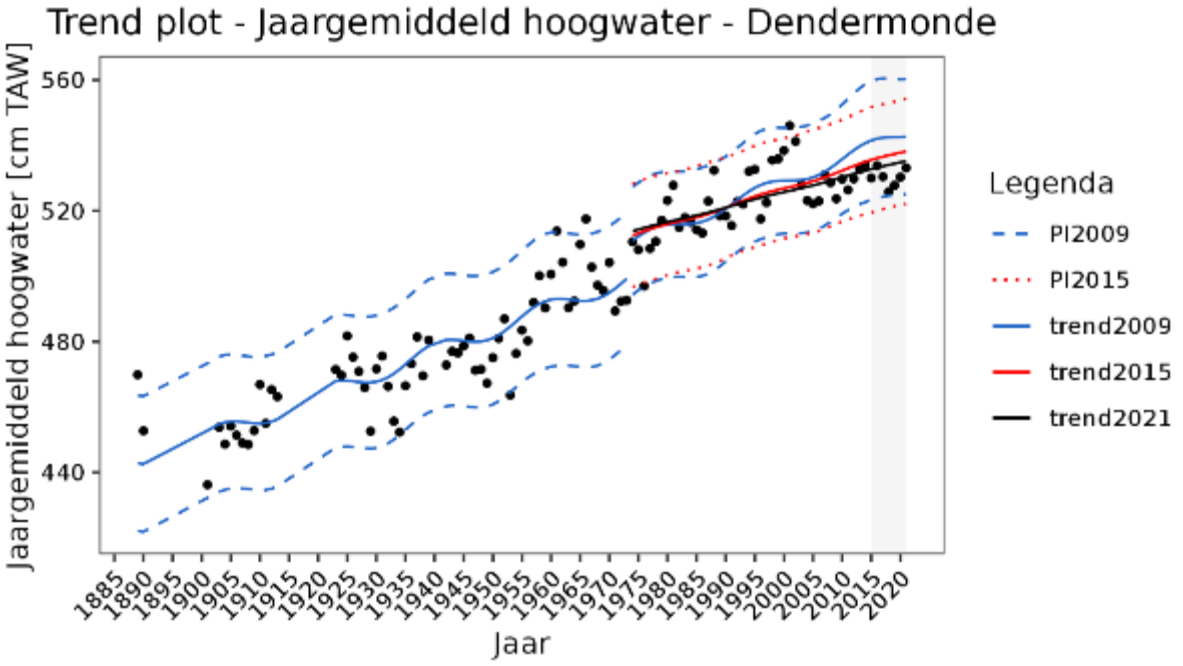
Figuur 9-32: Residuen trendanalyse T2015 met een voorspelling t/m 2021 en residuen met de nieuwe trend t/m 2021 voor de jaargemiddelde hoogwaterstanden bij station Tielrode.



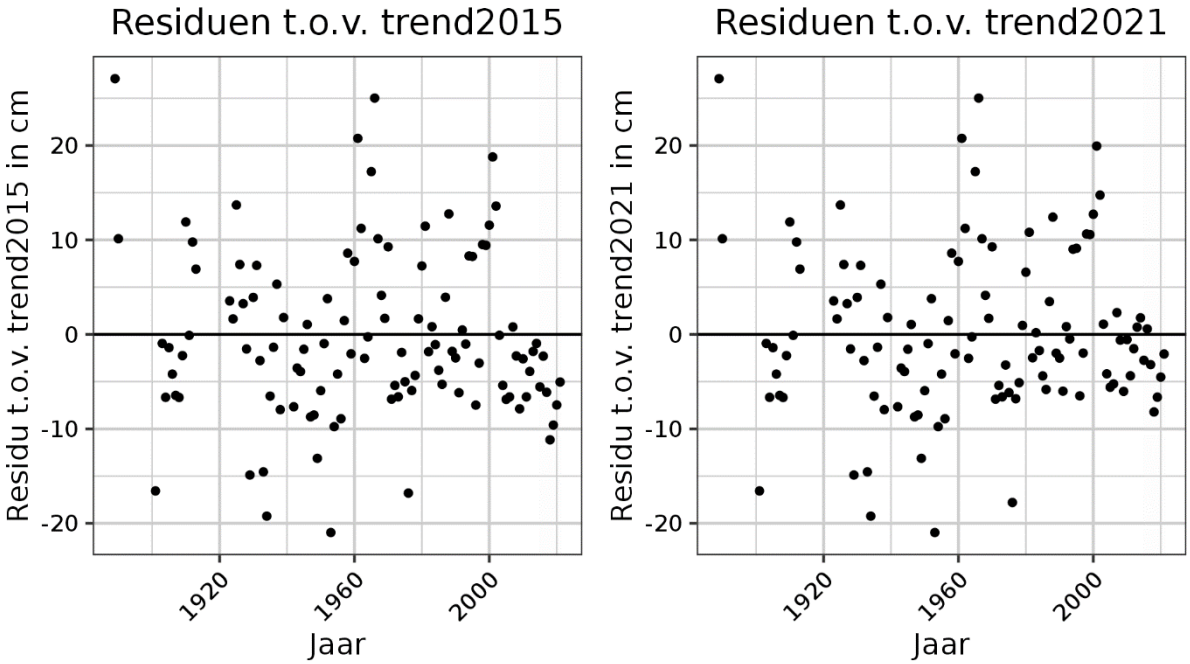
Figuur 9-33: Resultaten trendanalyse jaargemiddelde hoogwaterstanden Sint-Amands met de trends tot en met 2009, 2015 en 2021.



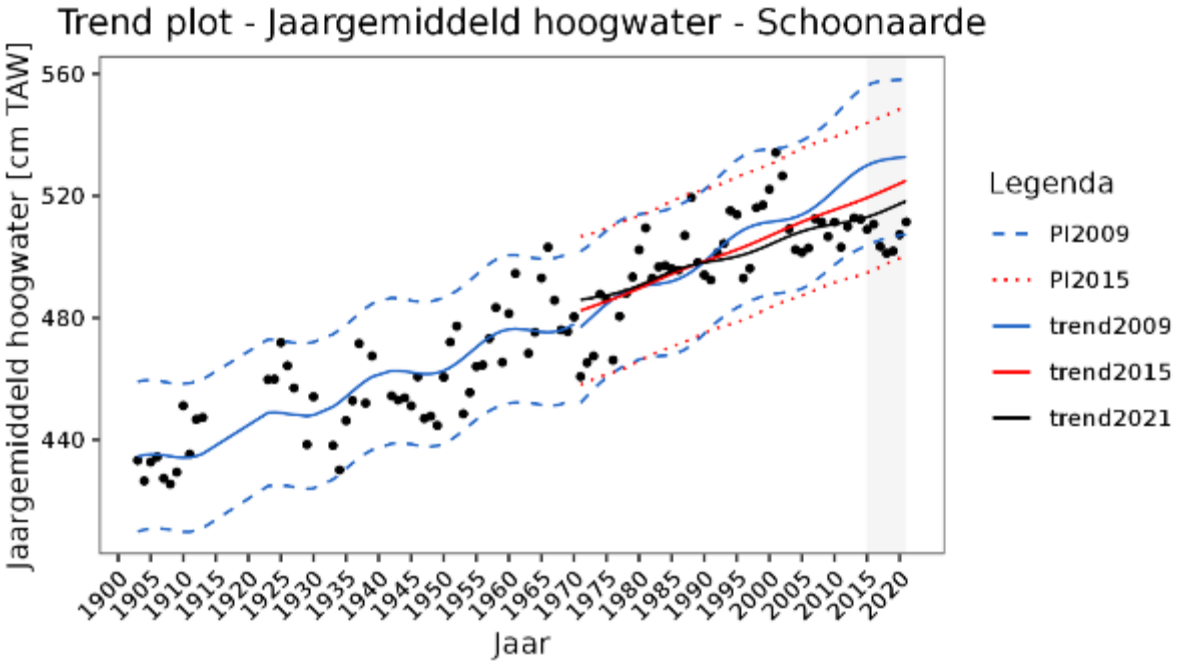
Figuur 9-34: Residuen trendanalyse T2015 met een voorspelling t/m 2021 en residuen met de nieuwe trend t/m 2021 voor de jaargemiddelde hoogwaterstanden bij station Sint-Amands.



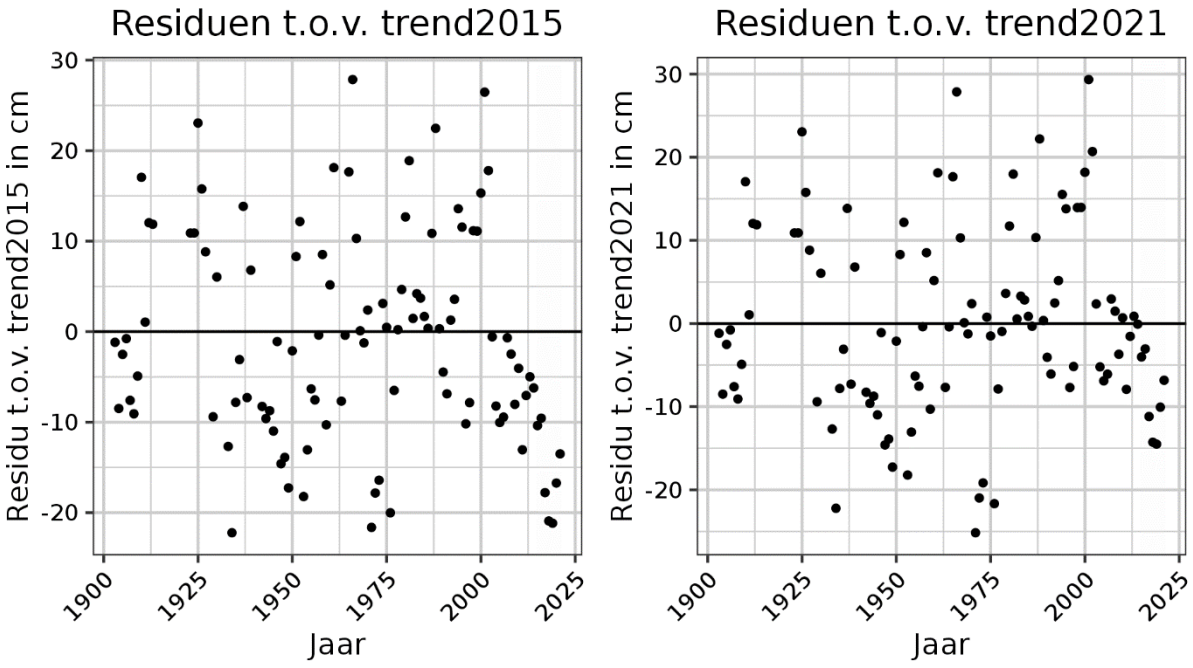
Figuur 9-35: Resultaten trendanalyse jaargemiddelde hoogwaterstanden Dendermonde met de trends tot en met 2009, 2015 en 2021. Trendbreuk in 1974. Volledige reeks is getoond omwille van de langjarige trend. Bij ontbrekende data is er lineair geïnterpoleerd.



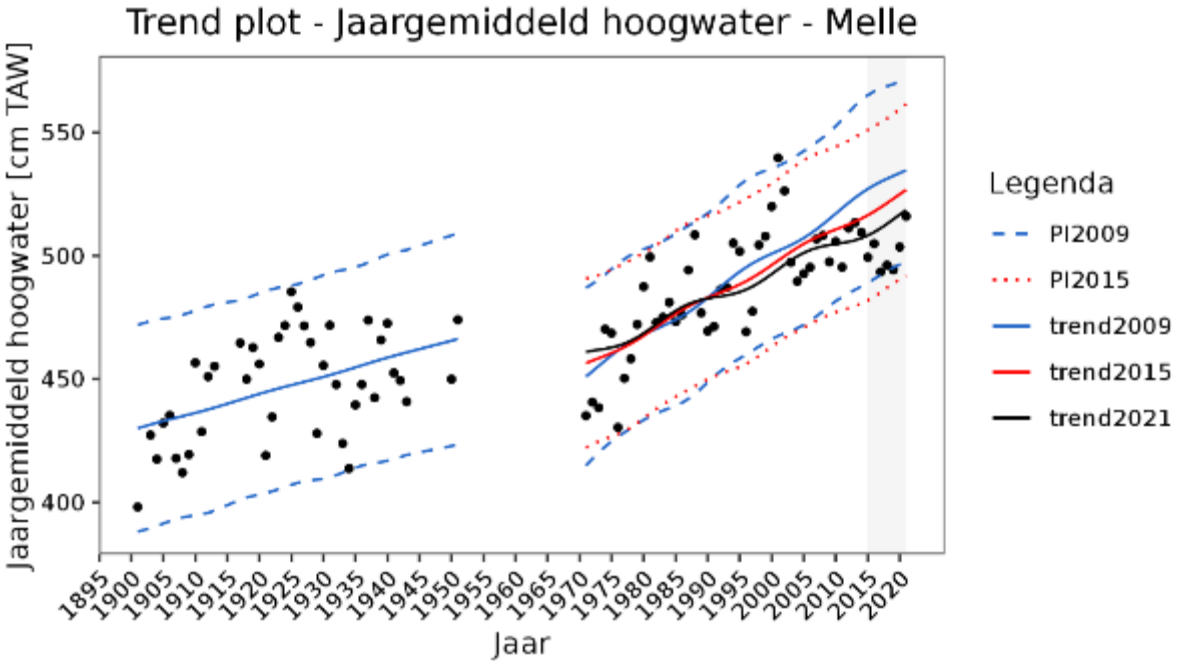
Figuur 9-36: Residuen trendanalyse T2015 met een voorspelling t/m 2021 en residuen met de nieuwe trend t/m 2021 voor de jaargemiddelde hoogwaterstanden bij station Dendermonde. Trendbreuk in 1974.



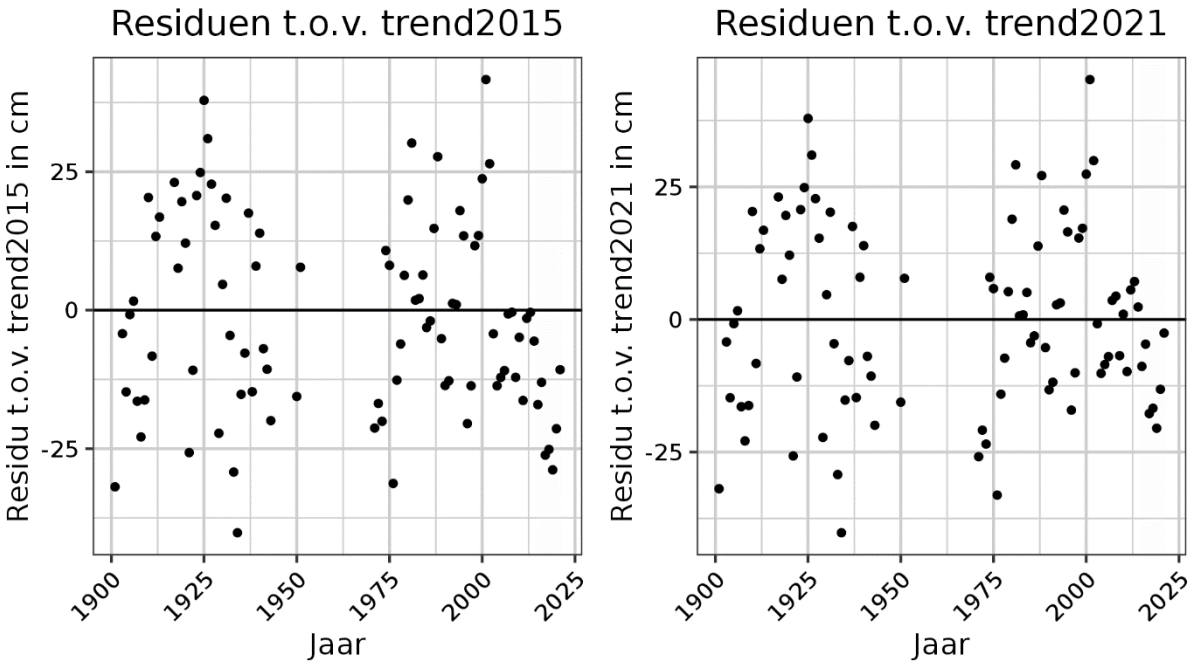
Figuur 9-37: Resultaten trendanalyse jaargemiddelde hoogwaterstanden Schoonaarde met de trends tot en met 2009, 2015 en 2021. Trendbreuk in 1971. Volledige reeks is getoond omwille van de langjarige trend. Bij ontbrekende data is er lineair geïnterpoleerd.



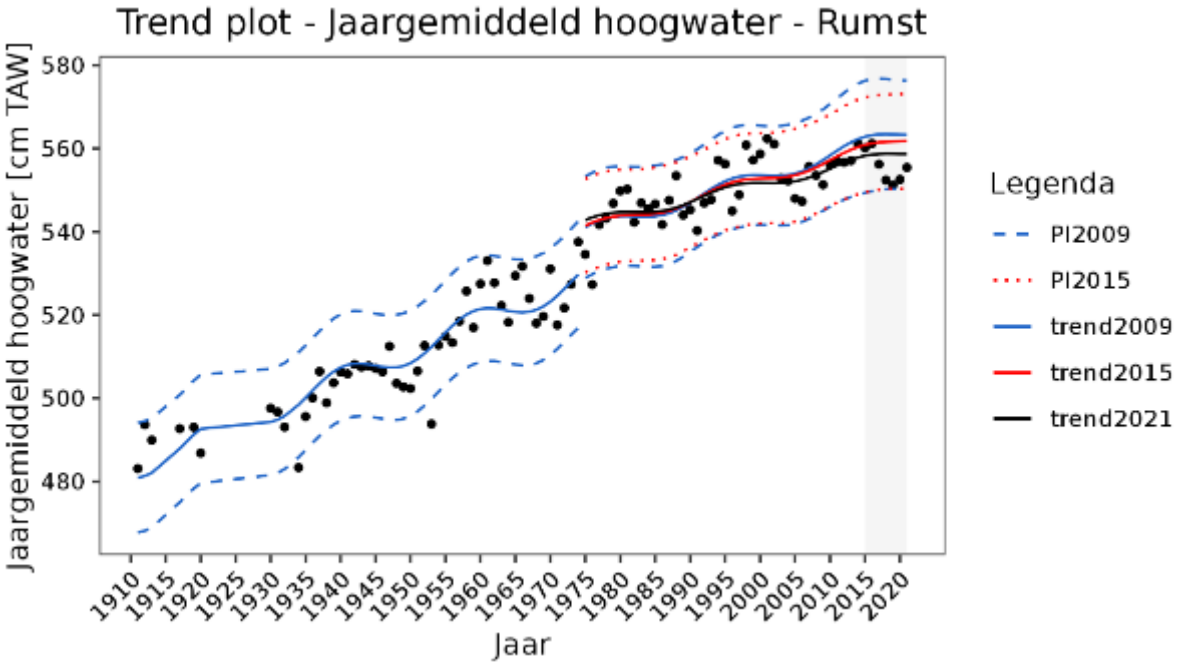
Figuur 9-38: Residuen trendanalyse T2015 met een voorspelling t/m 2021 en residuen met de nieuwe trend t/m 2021 voor de jaargemiddelde hoogwaterstanden bij station Schoonaarde. Trendbreuk in 1971.



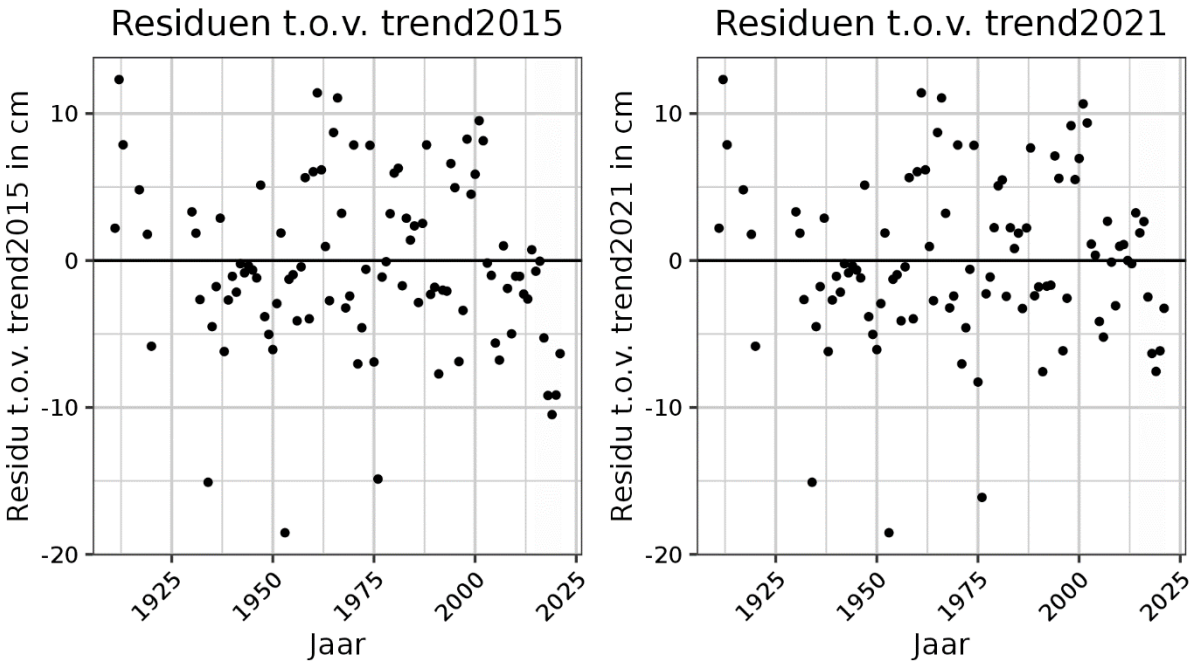
Figuur 9-39: Resultaten trendanalyse jaargemiddelde hoogwaterstanden Melle met de trends tot en met 2009, 2015 en 2021. Trendbreuk in 1971. Volledige reeks is getoond omwille van de langjarige trend. Bij ontbrekende data is er lineair geïnterpoleerd.



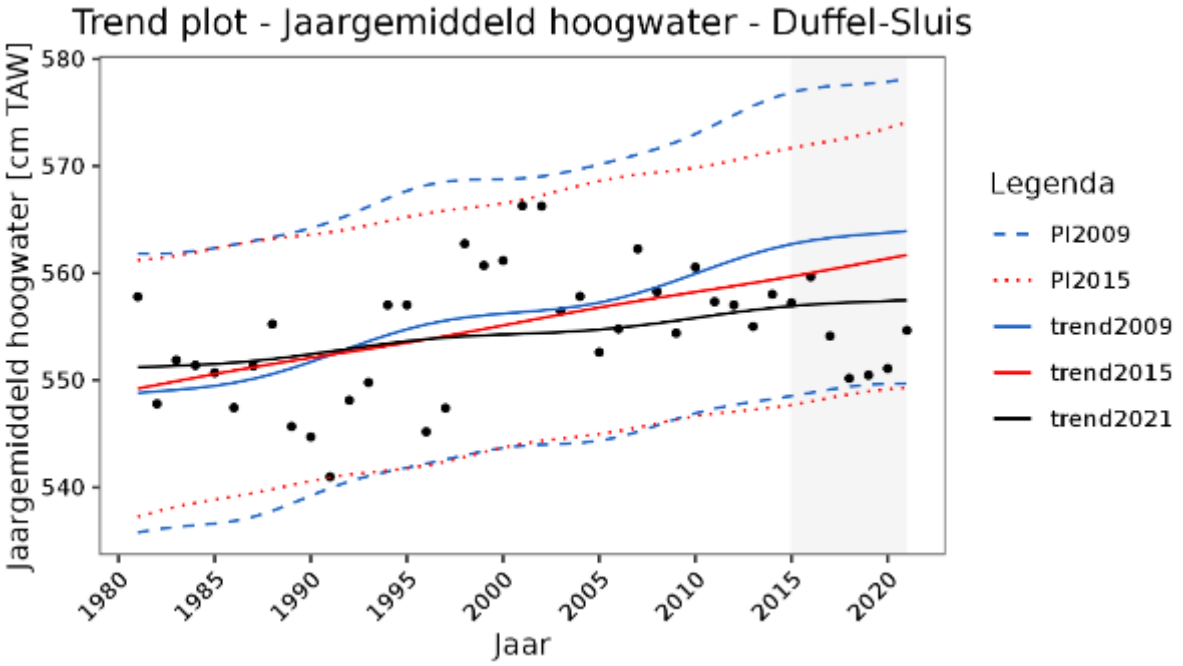
Figuur 9-40: Residuen trendanalyse T2015 met een voorspelling t/m 2021 en residuen met de nieuwe trend t/m 2021 voor de jaargemiddelde hoogwaterstanden bij station Melle. Trendbreuk in 1971.



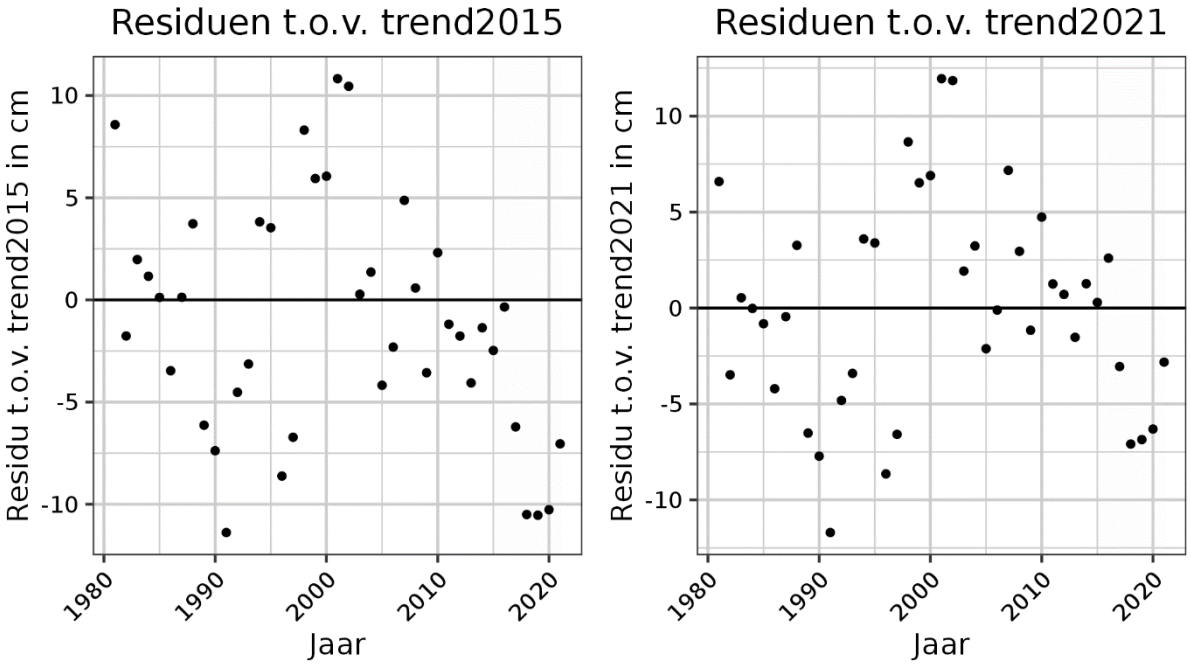
Figuur 9-41: Resultaten trendanalyse jaargemiddelde hoogwaterstanden Rumst met de trends tot en met 2009, 2015 en 2021. Trendbreuk in 1975. Gegevens zijn overgenomen vanuit station Walem. Bij ontbrekende data is er lineair geïnterpoleerd.



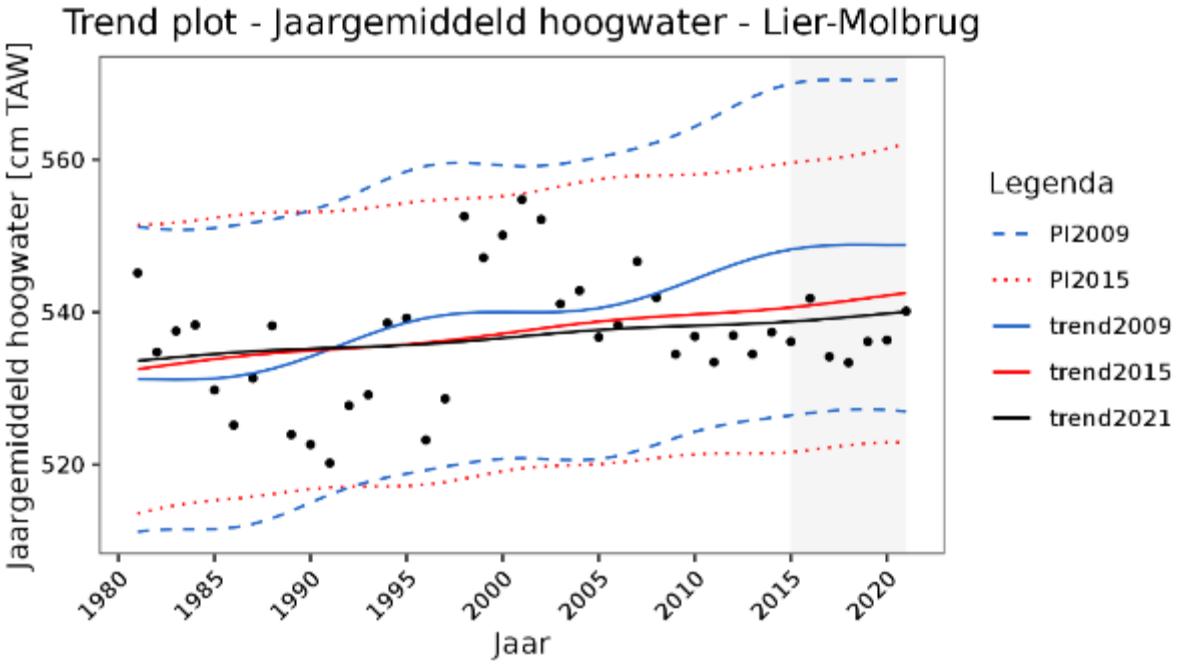
Figuur 9-42: Residuen trendanalyse T2015 met een voorspelling t/m 2021 en residuen met de nieuwe trend t/m 2021 voor de jaargemiddelde hoogwaterstanden bij station Rumst. Trendbreuk in 1974.



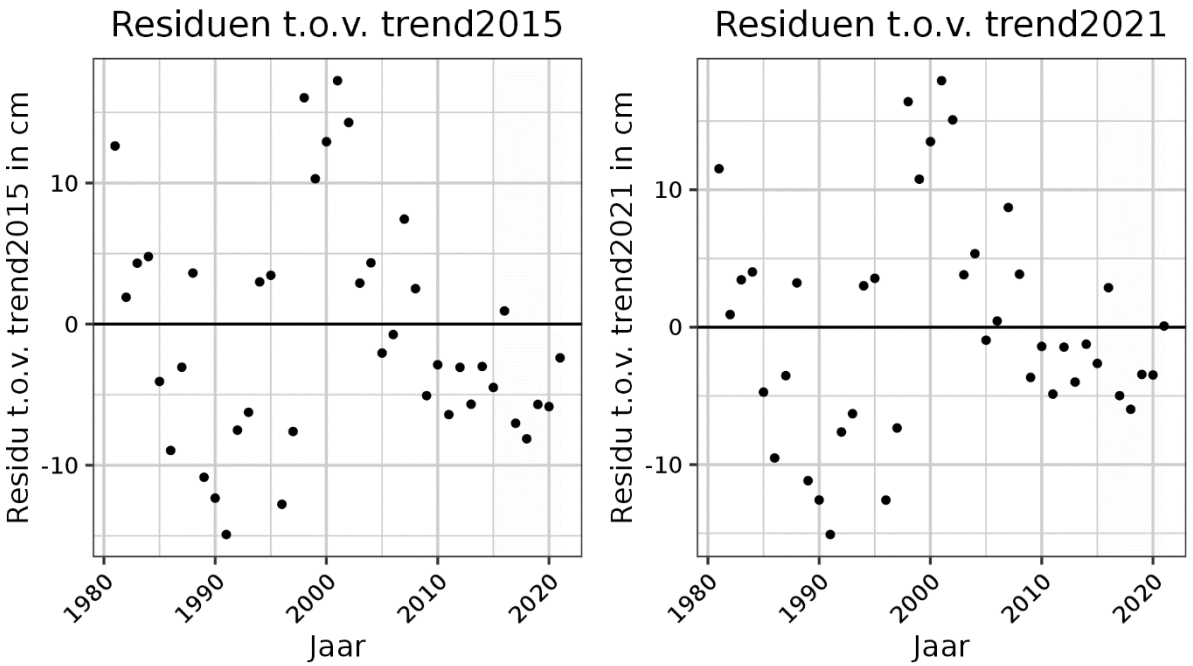
Figuur 9-43: Resultaten trendanalyse jaargemiddelde hoogwaterstanden Duffel-Sluis met de trends tot en met 2009, 2015 en 2021.



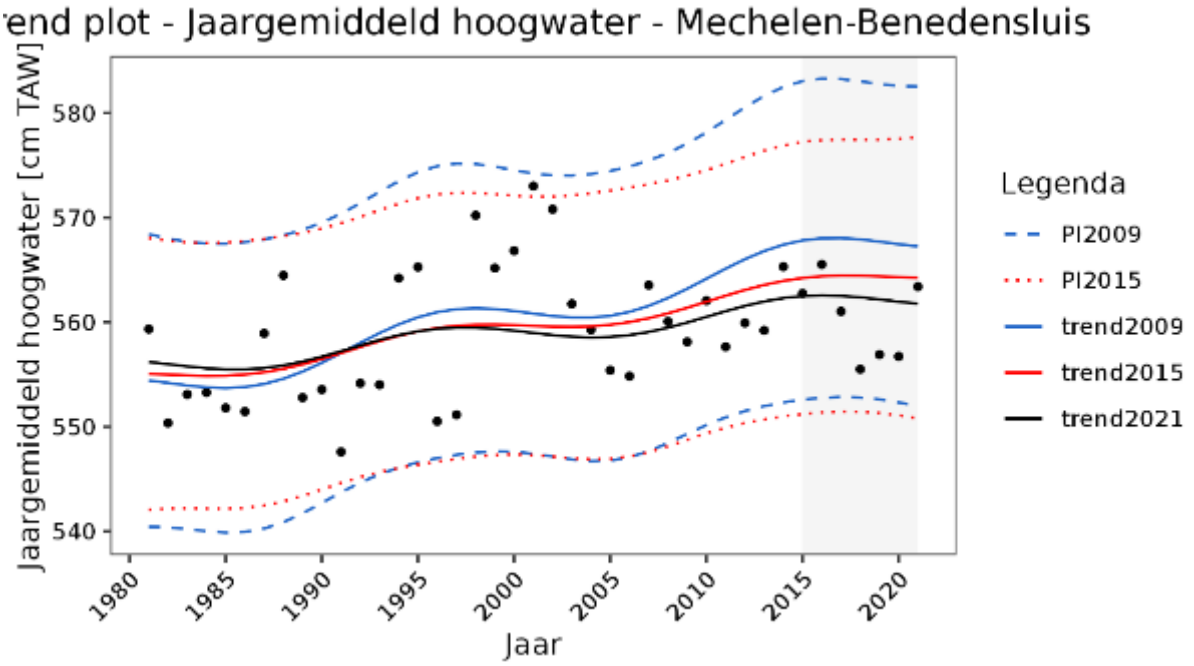
Figuur 9-44: Residuen trendanalyse T2015 met een voorspelling t/m 2021 en residuen met de nieuwe trend t/m 2021 voor de jaargemiddelde hoogwaterstanden bij station Duffel-Sluis.



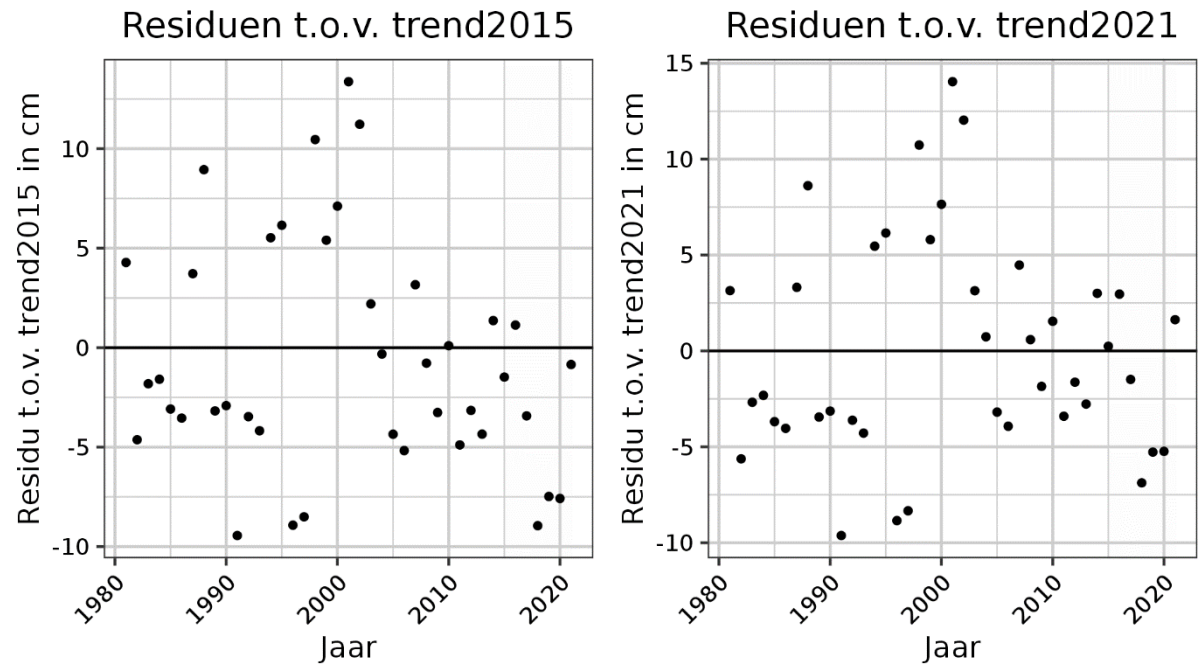
Figuur 9-45: Resultaten trendanalyse jaargemiddelde hoogwaterstanden Lier-Molbrug met de trends tot en met 2009, 2015 en 2021.



Figuur 9-46: Residuen trendanalyse T2015 met een voorspelling t/m 2021 en residuen met de nieuwe trend t/m 2021 voor de jaargemiddelde hoogwaterstanden bij station Lier-Molbrug.



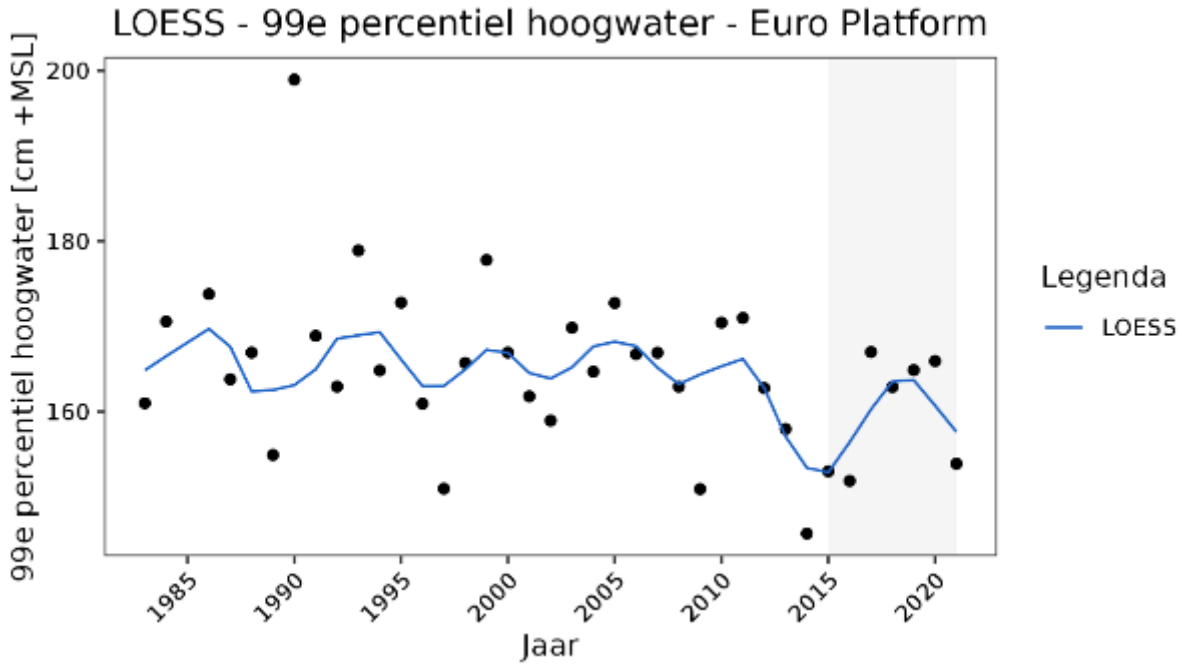
Figuur 9-47: Resultaten trendanalyse jaargemiddelde hoogwaterstanden Mechelen-Benedensluis met de trends tot en met 2009, 2015 en 2021.



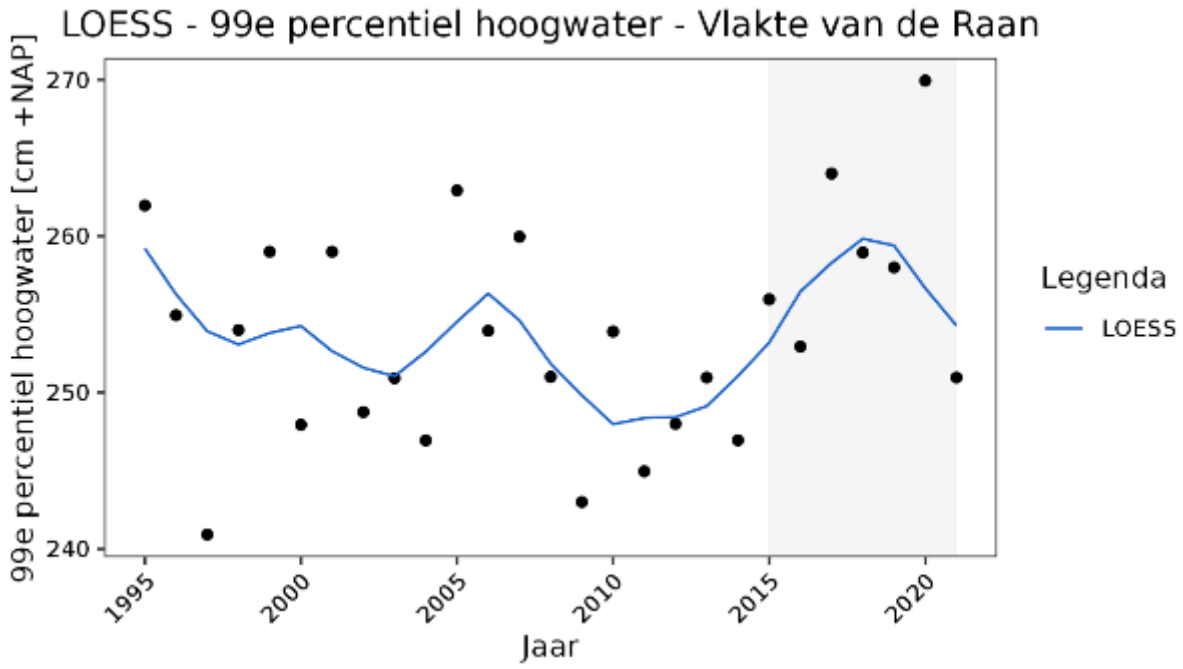
Figuur 9-48: Residuen trendanalyse T2015 met een voorspelling t/m 2021 en residuen met de nieuwe trend t/m 2021 voor de jaargemiddelde hoogwaterstanden bij station Mechelen-Benedensluis.

A.2. 99e percentiel hoogwaterstanden

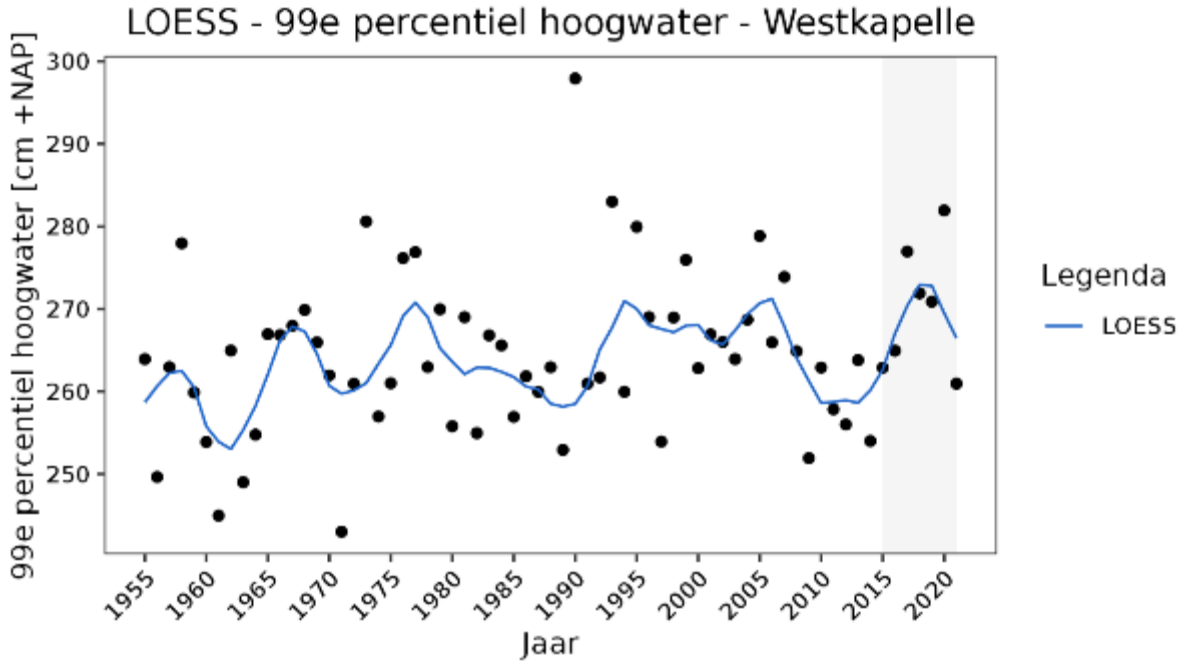
Buiten het estuarium en in de monding



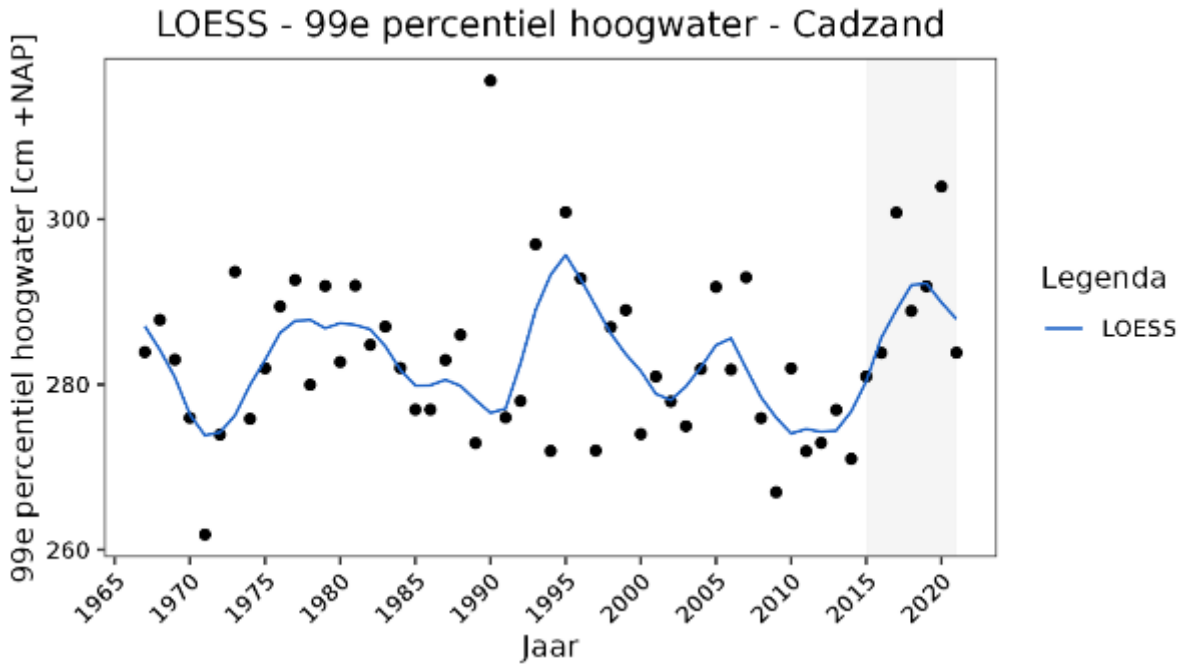
Figuur 9-49: Datapunten van de 99e percentiel hoogwaterstanden voor Europlatform voor de periode van 1983-2021 en een LOESS filter met spanwijdte van 6 jaar.



Figuur 9-50: Datapunten van de 99e percentiel hoogwaterstanden voor Vlakte van de Raan voor de periode van 1995-2021 en een LOESS filter met spanwijdte van 6 jaar.

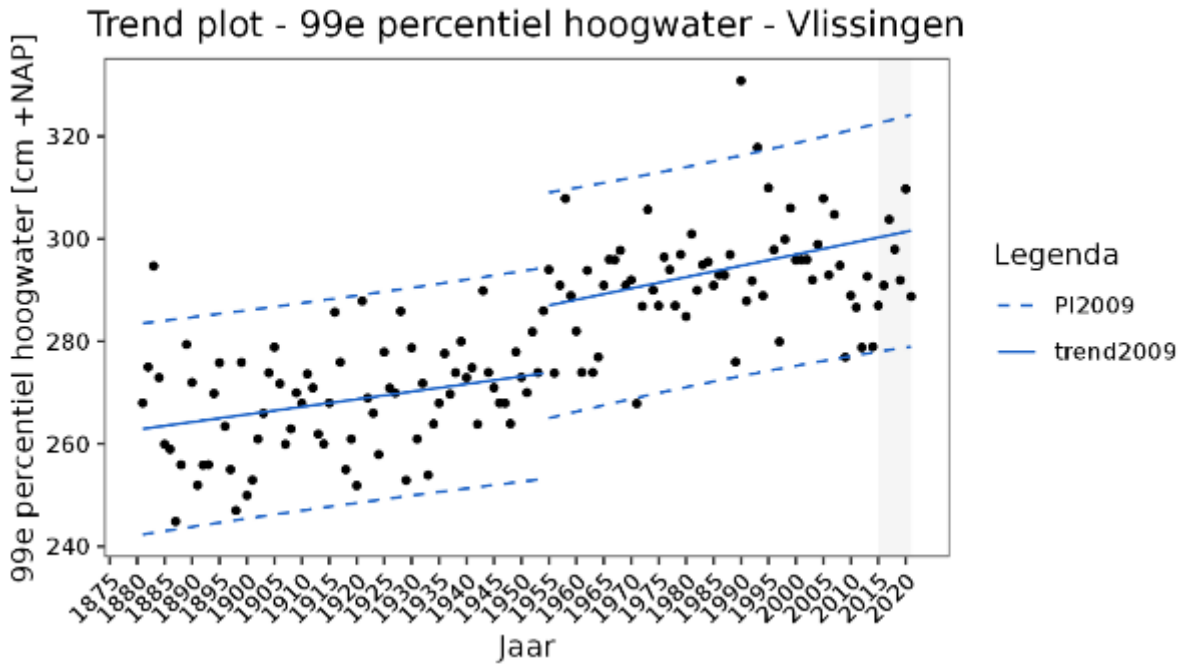


Figuur 9-51: Datapunten van de 99e percentiel hoogwaterstanden voor Westkapelle voor de periode van 1955-2021 en een LOESS filter met spanwijdte van 6 jaar.

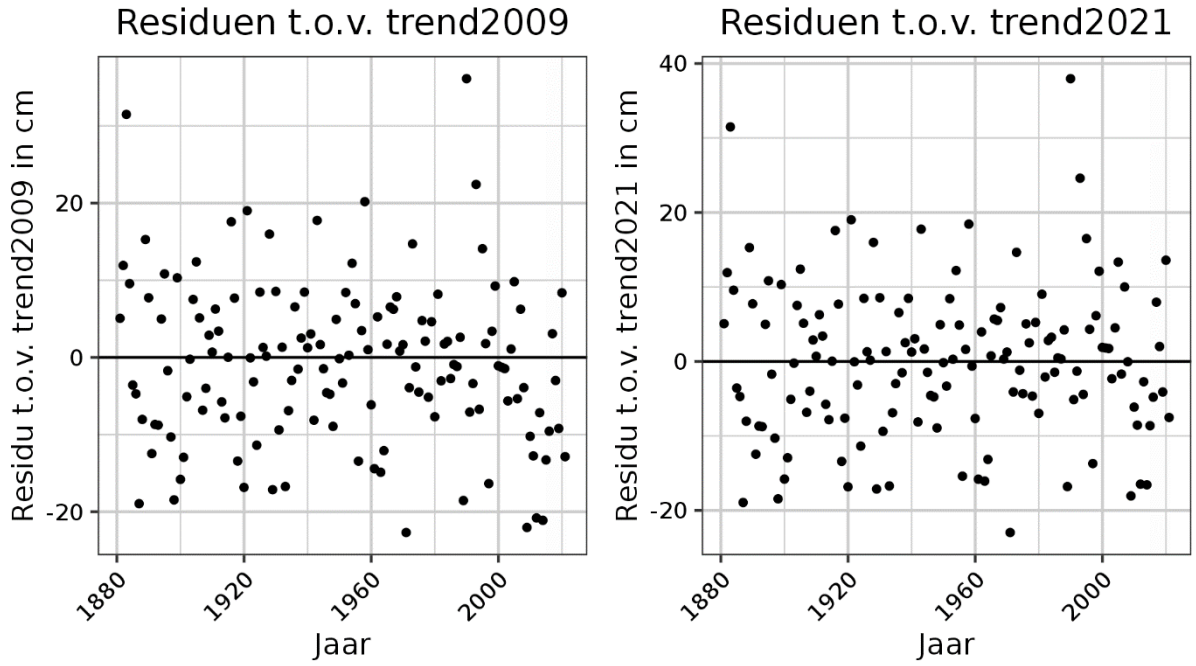


Figuur 9-52: Datapunten van de 99e percentiel hoogwaterstanden voor Cadzand voor de periode van 1967-2021 en een LOESS filter met spanwijdte van 6 jaar.

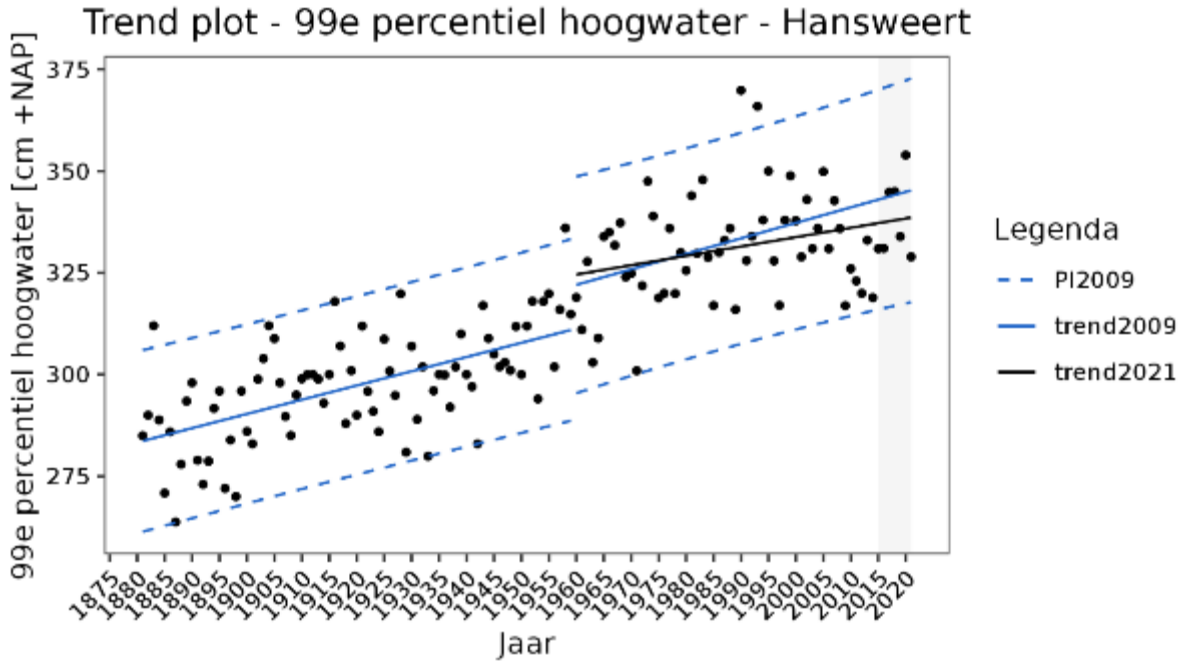
Westerschelde



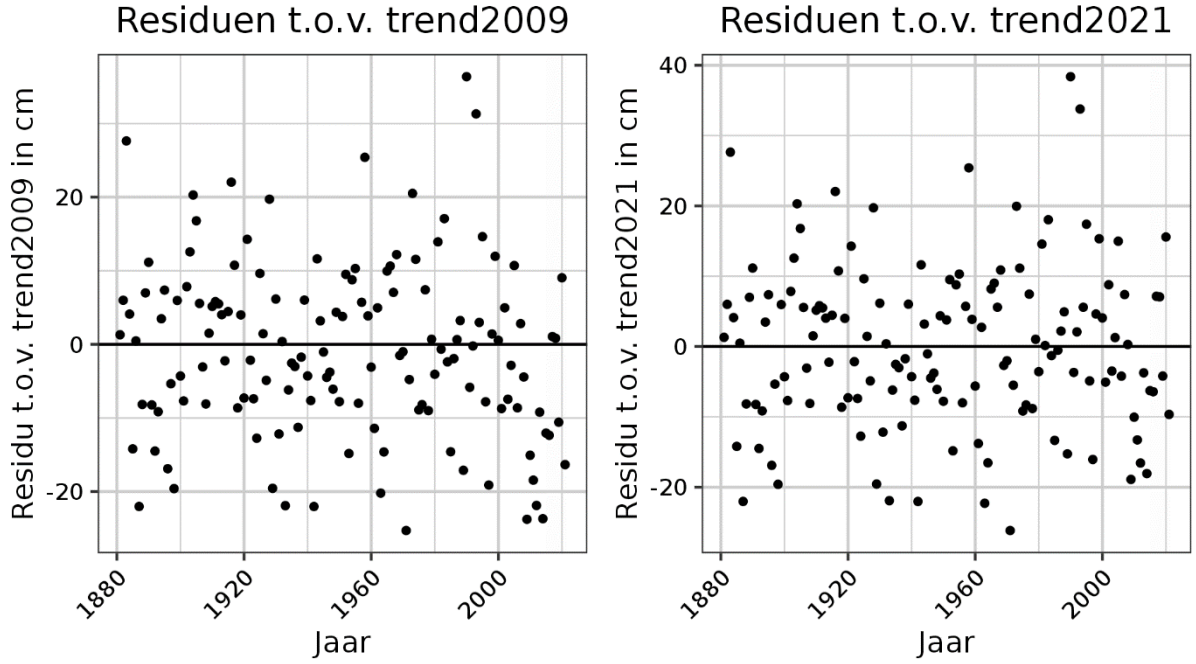
Figuur 9-53: Resultaten trendanalyse van de 99e percentiel hoogwaterstanden bij Vlissingen met de trend tot en met 2009 voor de periode 1881-2021 en de bijbehorende predictie-intervallen. De trends van '2015' en '2021' zijn niet significant. Trendbreuk in 1955.



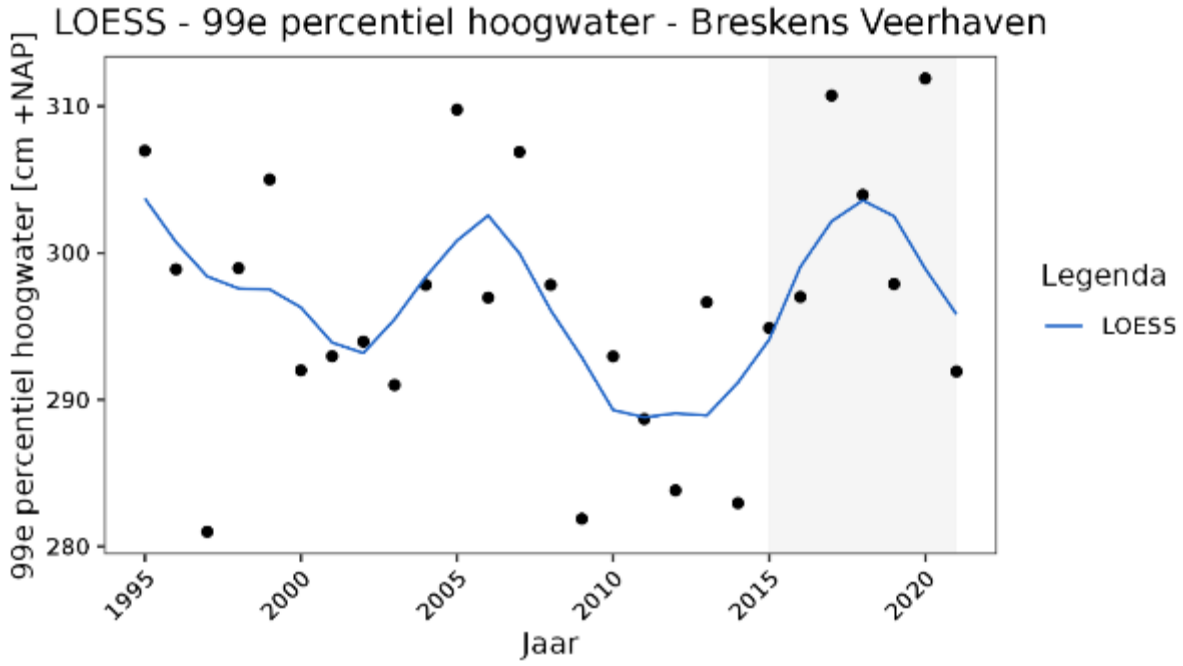
Figuur 9-54: Residuen trendanalyse T2009 met een voorspelling t/m 2021 en residuen trendanalyse voor de data t/m 2021 voor de 99e percentiel hoogwaterstanden bij station Vlissingen. Trendbreuk in 1955.



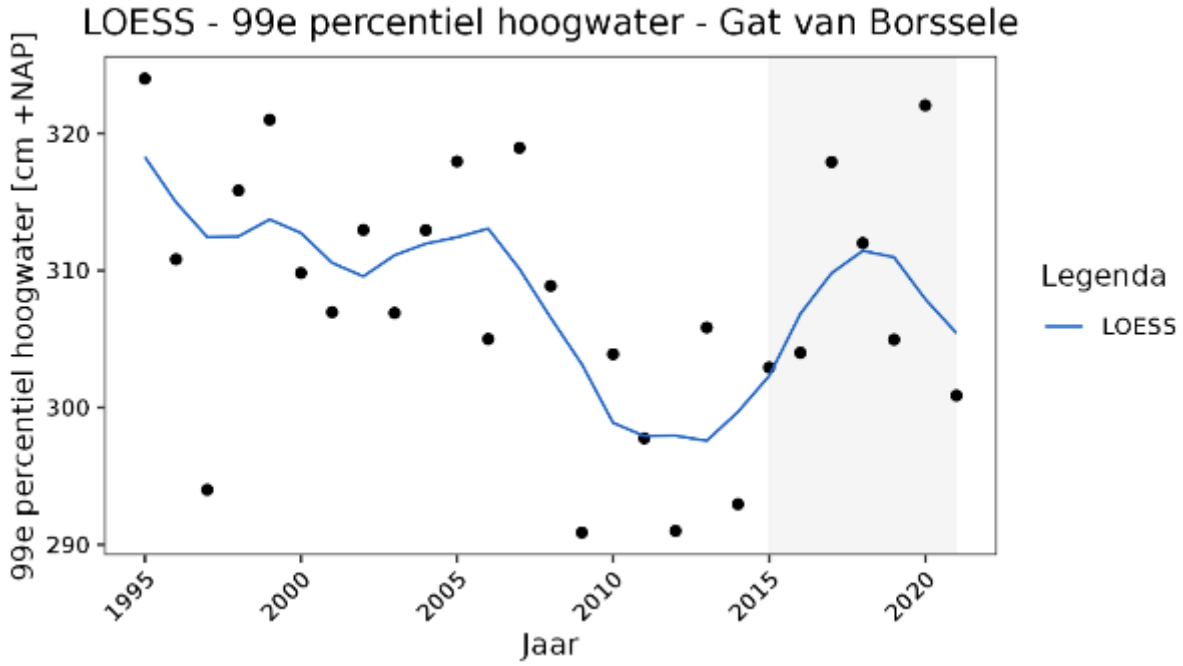
Figuur 9-55: Resultaten trendanalyse van de 99e percentiel hoogwaterstanden bij Hansweert met de trend tot en met 2009 en 2021 voor de periode 1881-2021 en de bijbehorende predictie-intervallen. De trend van '2015' is niet significant. Trendbreuk in 1960.



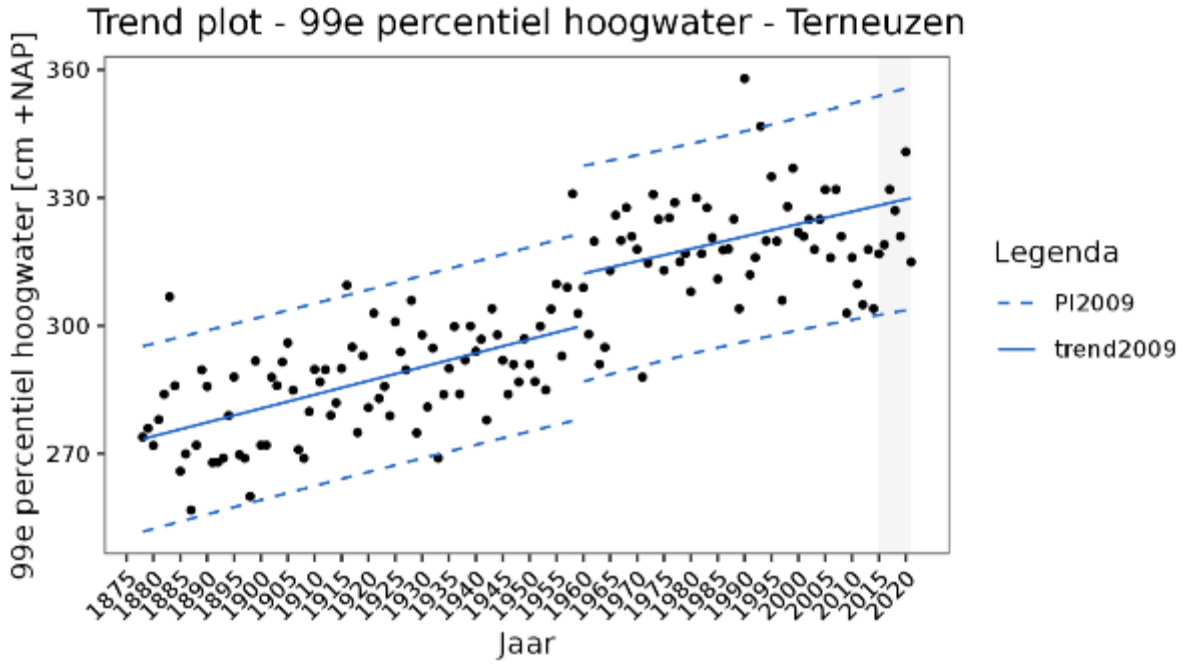
Figuur 9-56: Residuen trendanalyse T2009 met een voorspelling t/m 2021 en de nieuwe trend voor de 99e percentiel hoogwaterstanden bij station Hansweert. Trendbreuk in 1960.



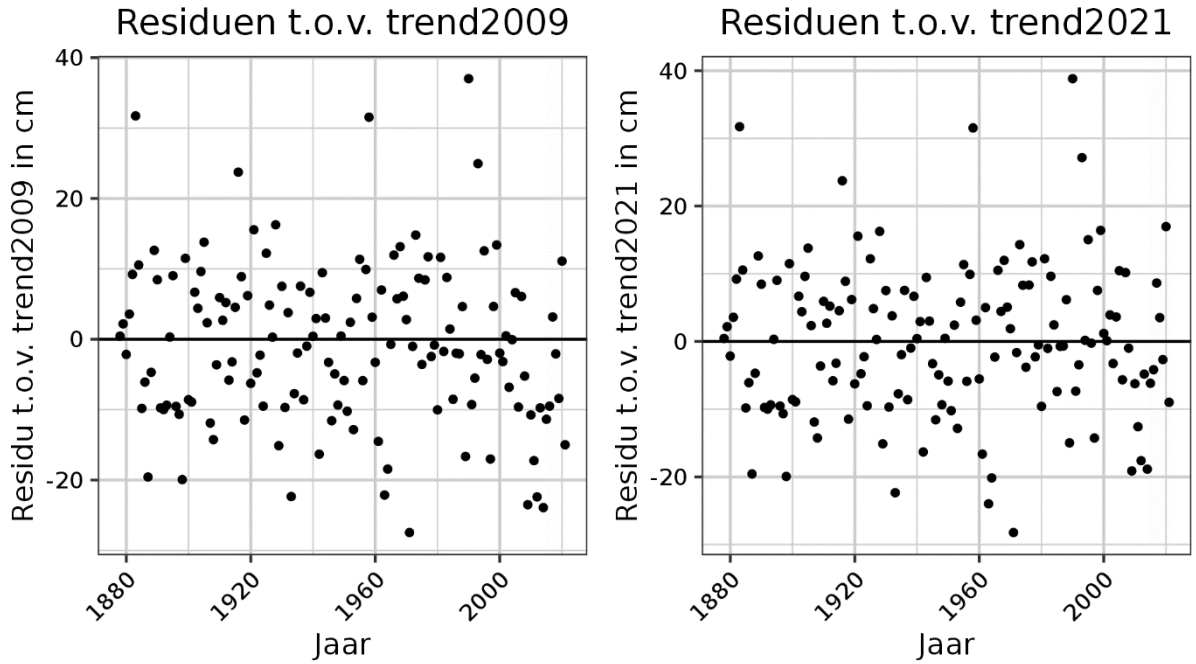
Figuur 9-57: Datapunten van de 99e percentiel hoogwaterstanden voor Breskens Veerhaven voor de periode van 1995-2021 en een LOESS filter met spanwijdte van 6 jaar.



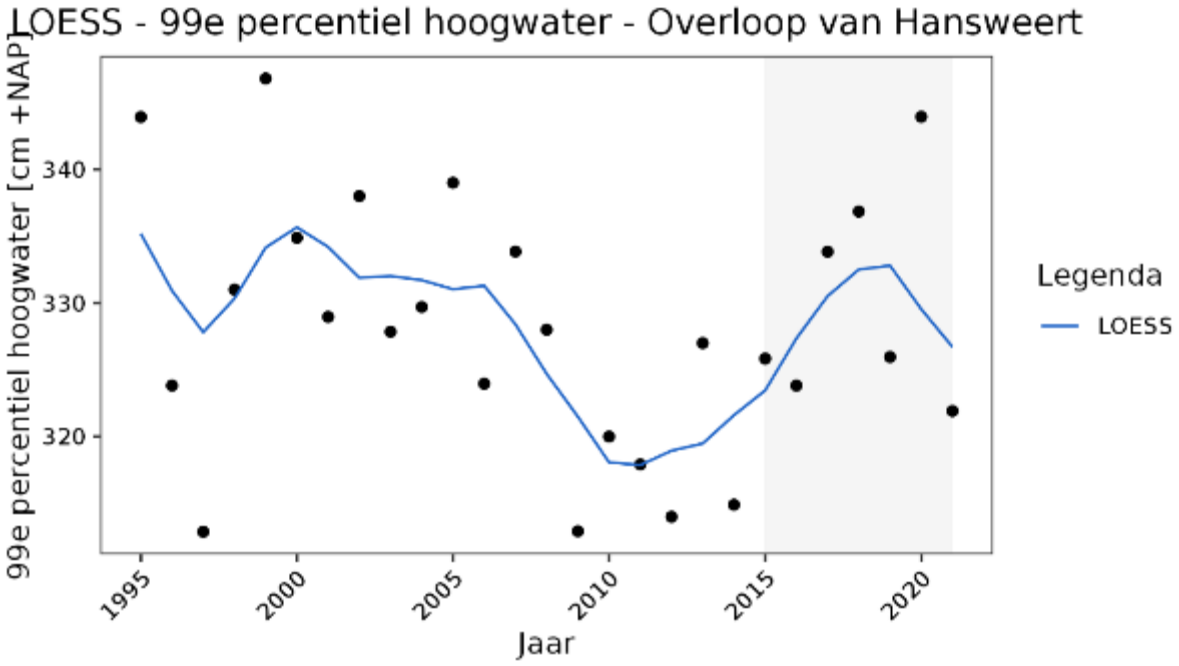
Figuur 9-58: Datapunten van de 99e percentiel hoogwaterstanden voor Gat van Borssele voor de periode van 1995-2021 en een LOESS filter met spanwijdte van 6 jaar.



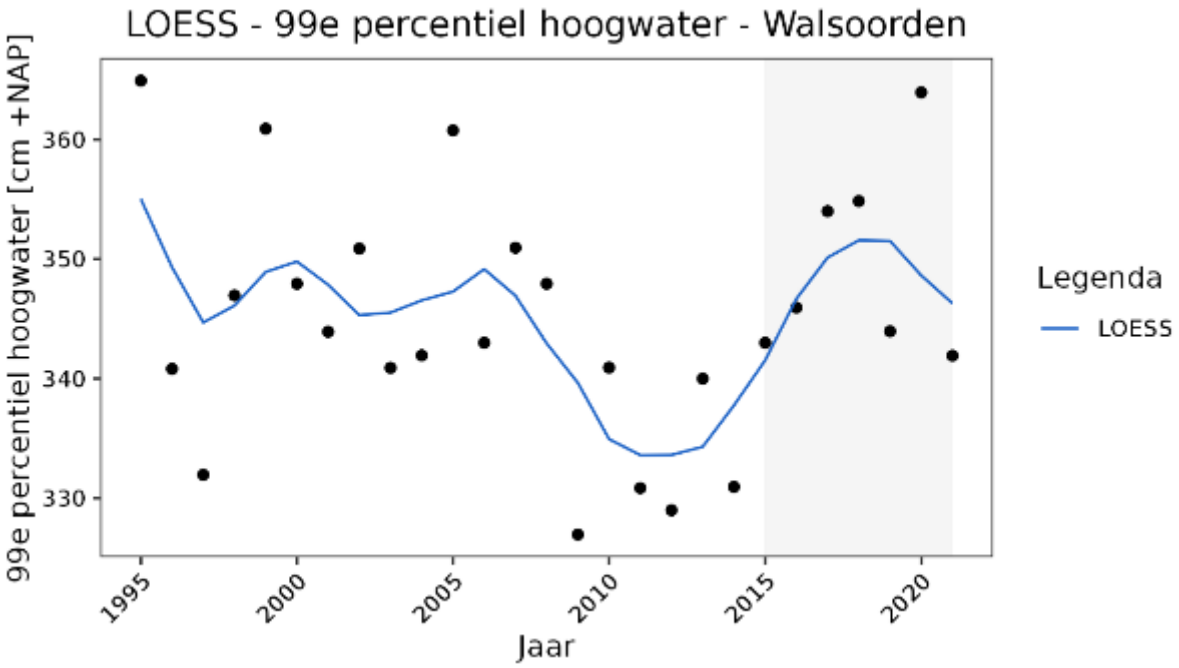
Figuur 9-59: Resultaten trendanalyse voor de 99e percentiel hoogwaterstanden bij Terneuzen met de trend tot en met 2009 voor de periode 1878-2021 en de bijbehorende predictie-intervallen. De trends van *'2015' en '2021'* zijn niet significant. *Trendbreuk in 1960.*



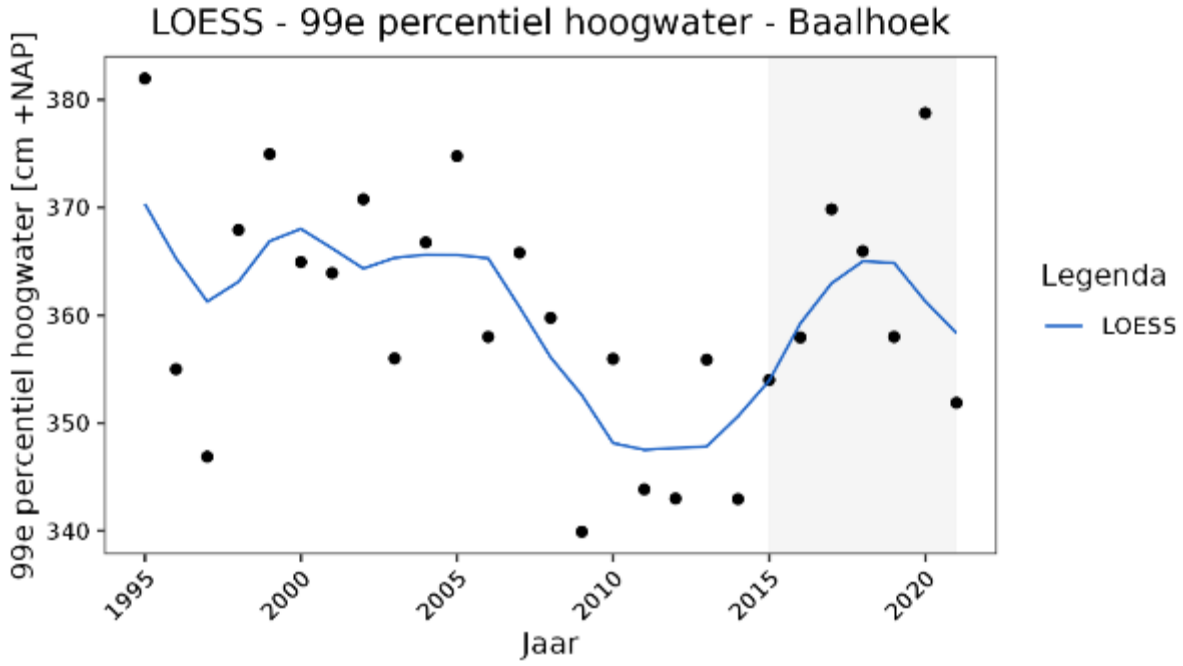
Figuur 9-60: Residuen trendanalyse T2009 met een voorspelling t/m 2021 en residuen trendanalyse voor de data t/m 2021 voor de 99e percentiel hoogwaterstanden bij station Terneuzen. Trendbreuk in 1960.



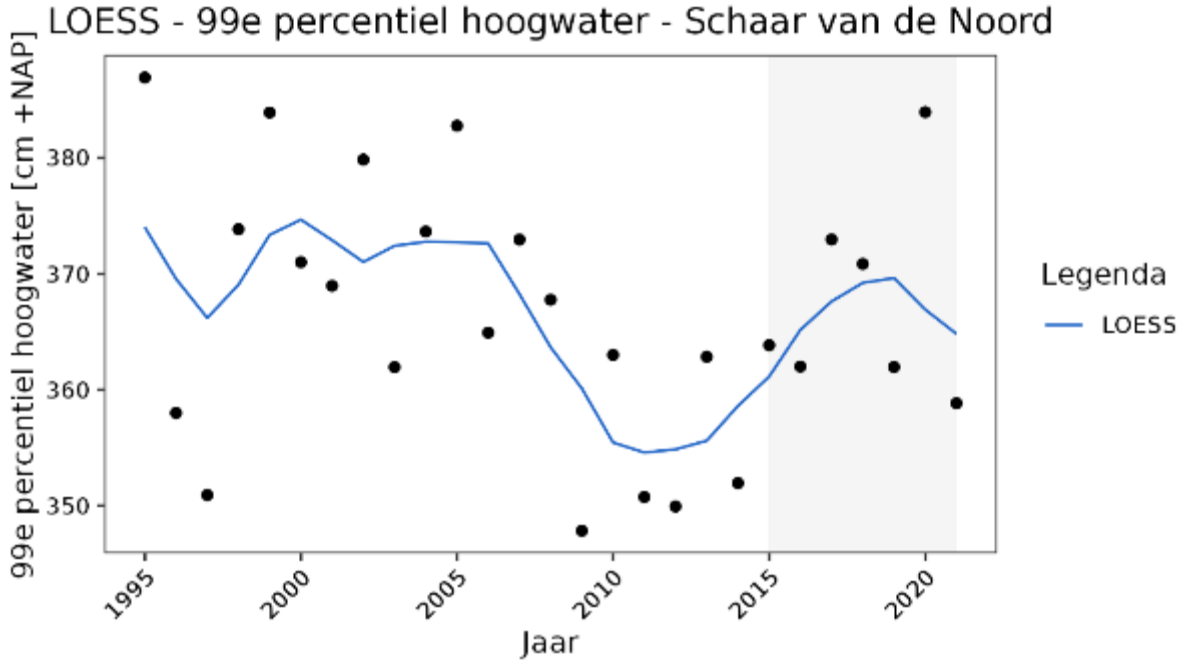
Figuur 9-61: Datapunten van de 99e percentiel hoogwaterstanden voor Overloop van Hansweert voor de periode van 1995-2021 en een LOESS filter met spanwijdte van 6 jaar.



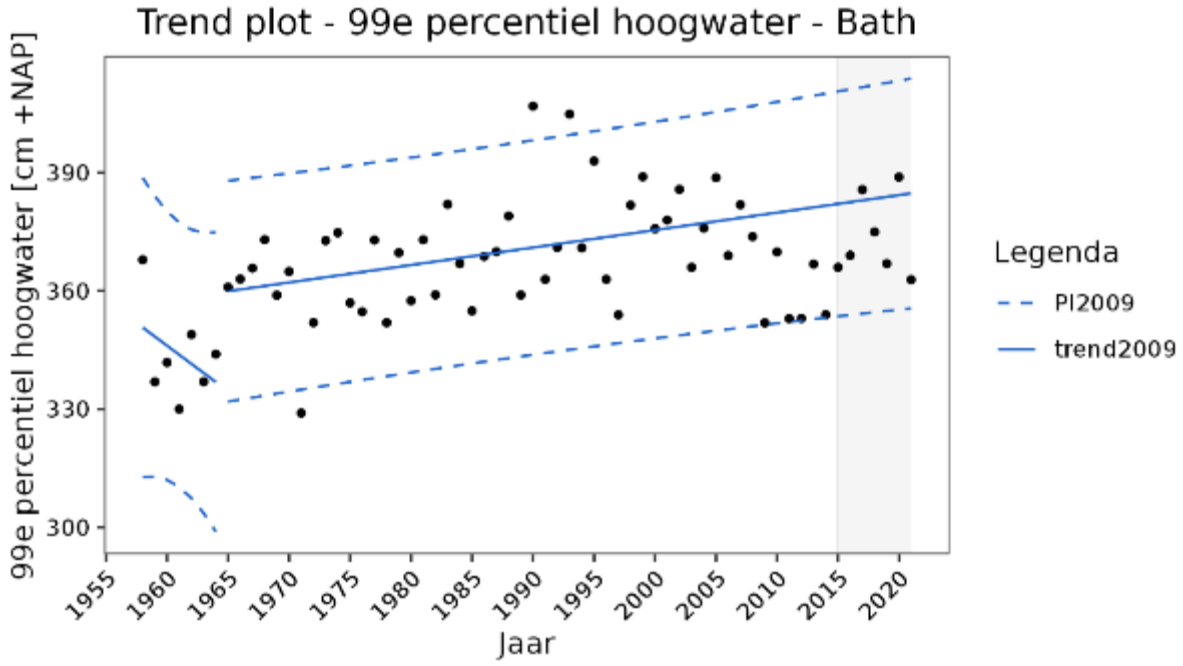
Figuur 9-62: Datapunten van de 99e percentiel hoogwaterstanden voor Walsoorden voor de periode van 1995-2021 en een LOESS filter met spanwijdte van 6 jaar.



Figuur 9-63: Datapunten van de 99e percentiel hoogwaterstanden voor Baalhoek voor de periode van 1995-2021 en een LOESS filter met spanwijdte van 6 jaar.

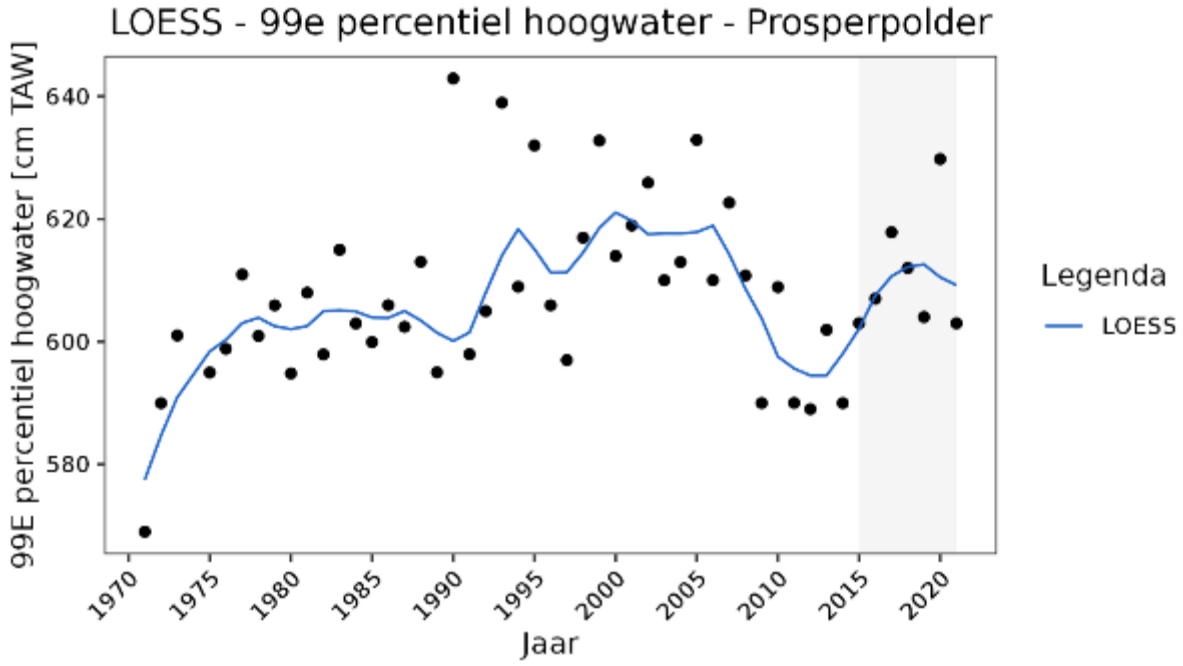


Figuur 9-64: Datapunten van de 99e percentiel hoogwaterstanden voor Schaar van de Noord voor de periode van 1995-2021 en een LOESS filter met spanwijdte van 6 jaar.

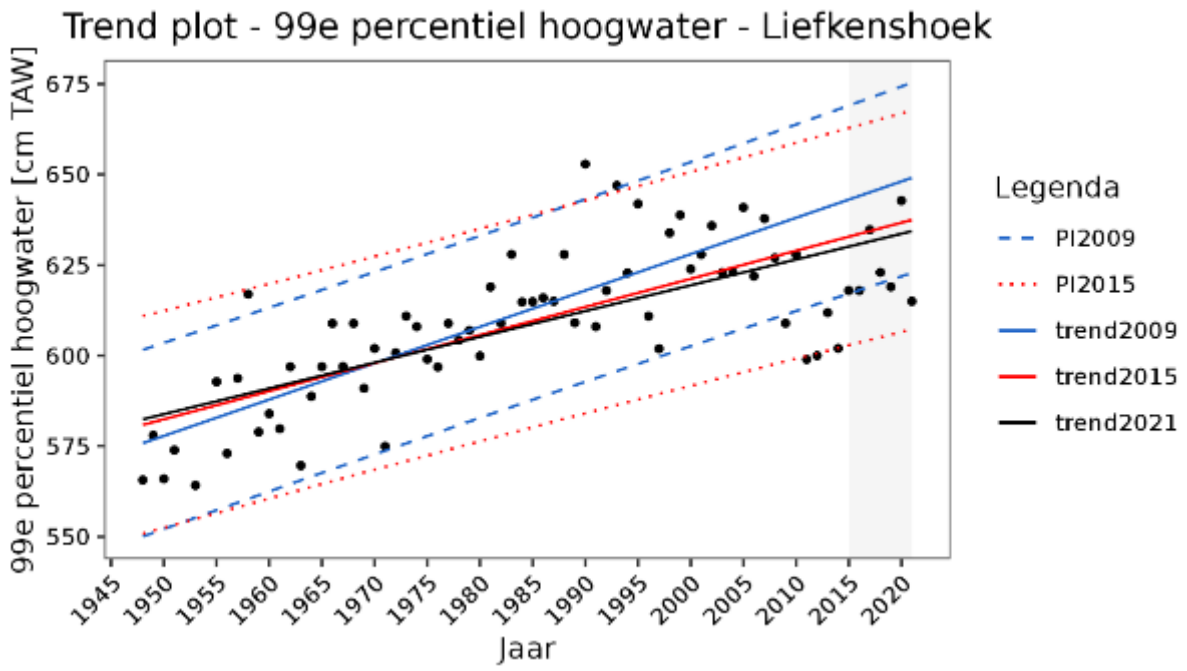


Figuur 9-65: Resultaten trendanalyse van de 99e percentiel hoogwaterstanden bij Bath met de trend tot en met 2009 voor de periode 1862-2021 en de bijbehorende predictie-intervallen. De trends van '2015' en '2021' zijn niet significant. Trendbreuk in 1965.

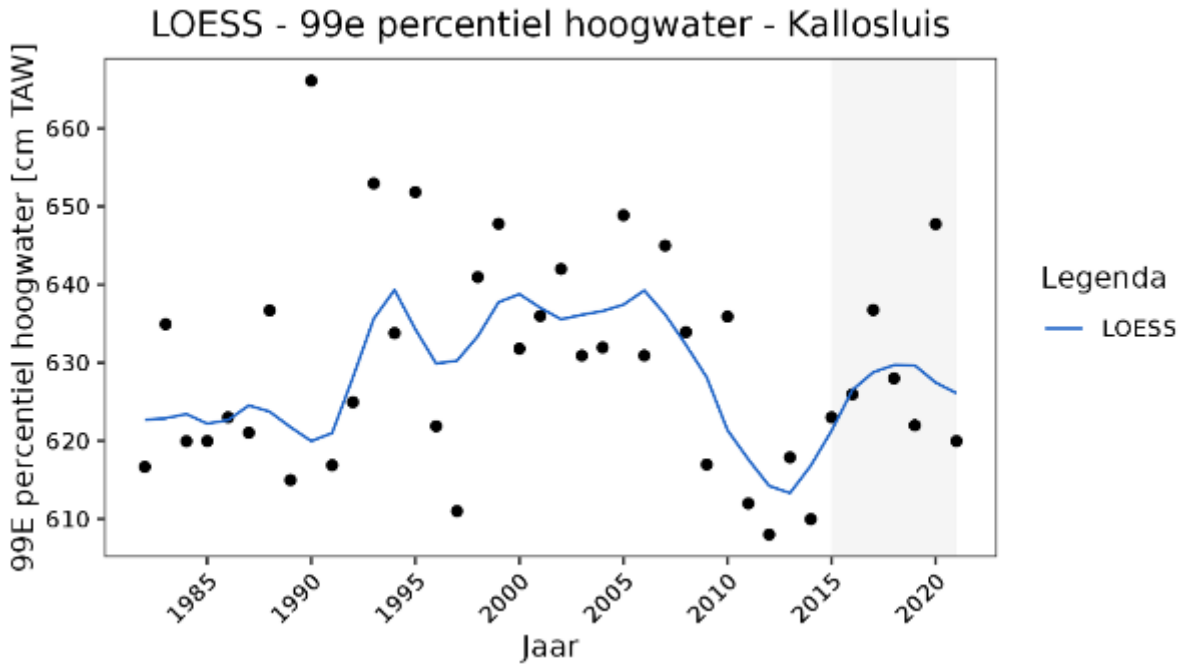
Zeeschelde



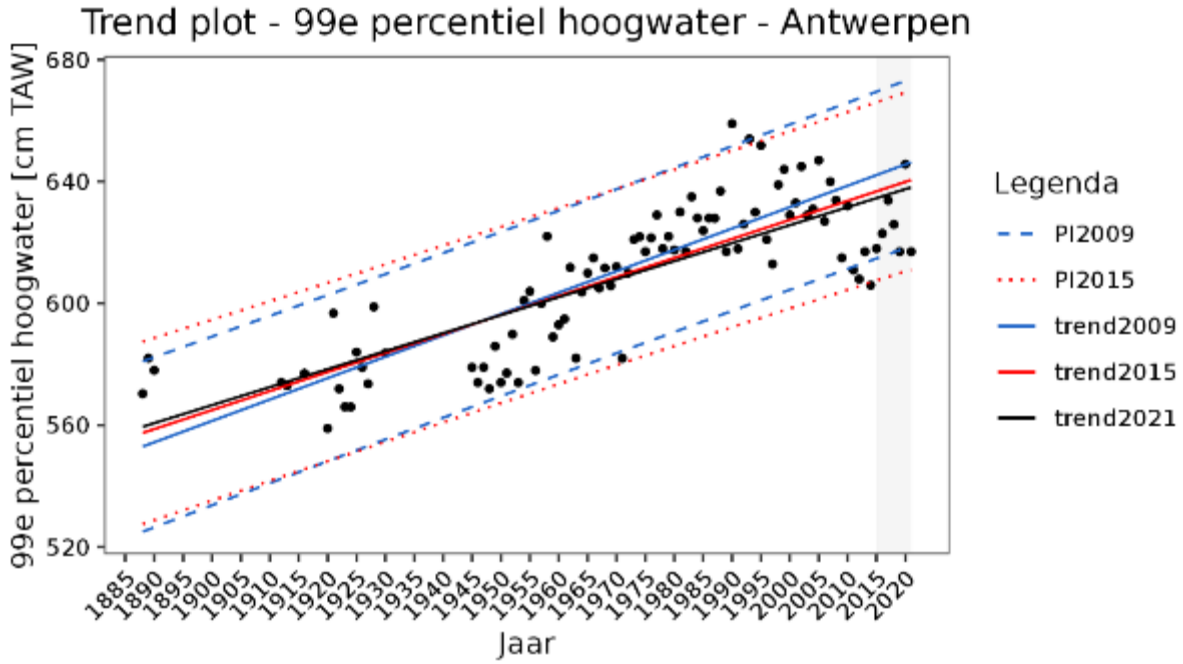
Figuur 9-66: Datapunten van de 99e percentiel hoogwaterstanden voor Prosperpolder voor de periode van 1971-2021 en een LOESS filter met spanwijdte van 6 jaar.



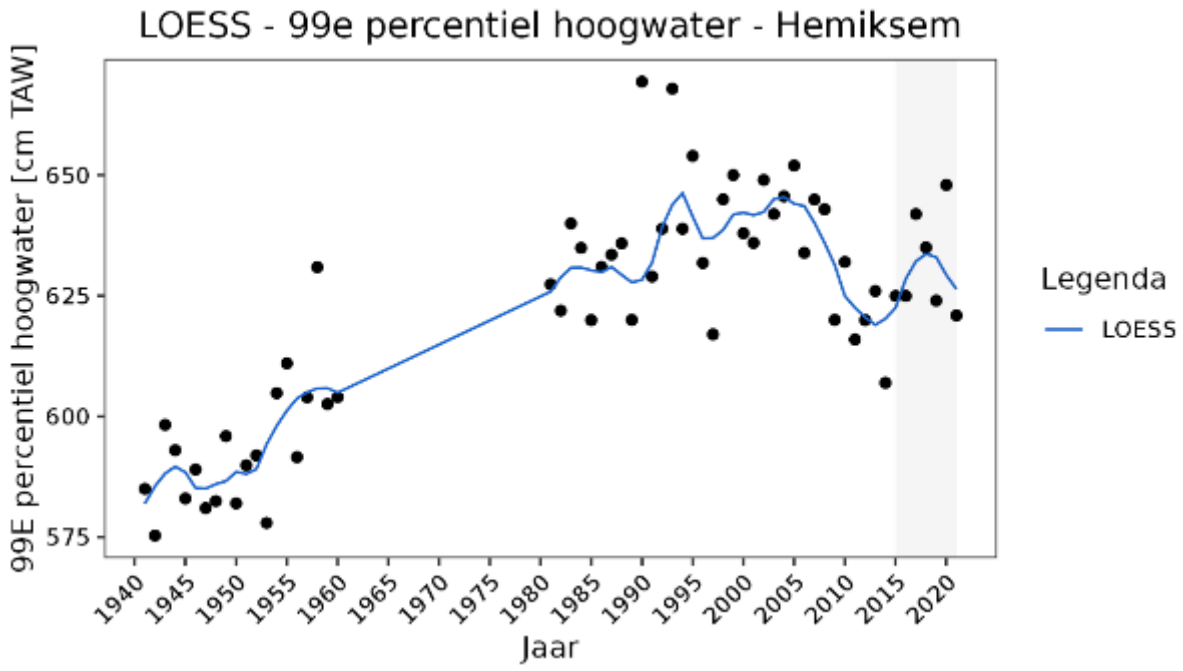
Figuur 9-67: Resultaten trendanalyse van de 99e percentiel hoogwaterstanden bij Liefkenshoek met de trend tot en met 2009, 2015 en 2021 en de bijbehorende predictie-intervallen.



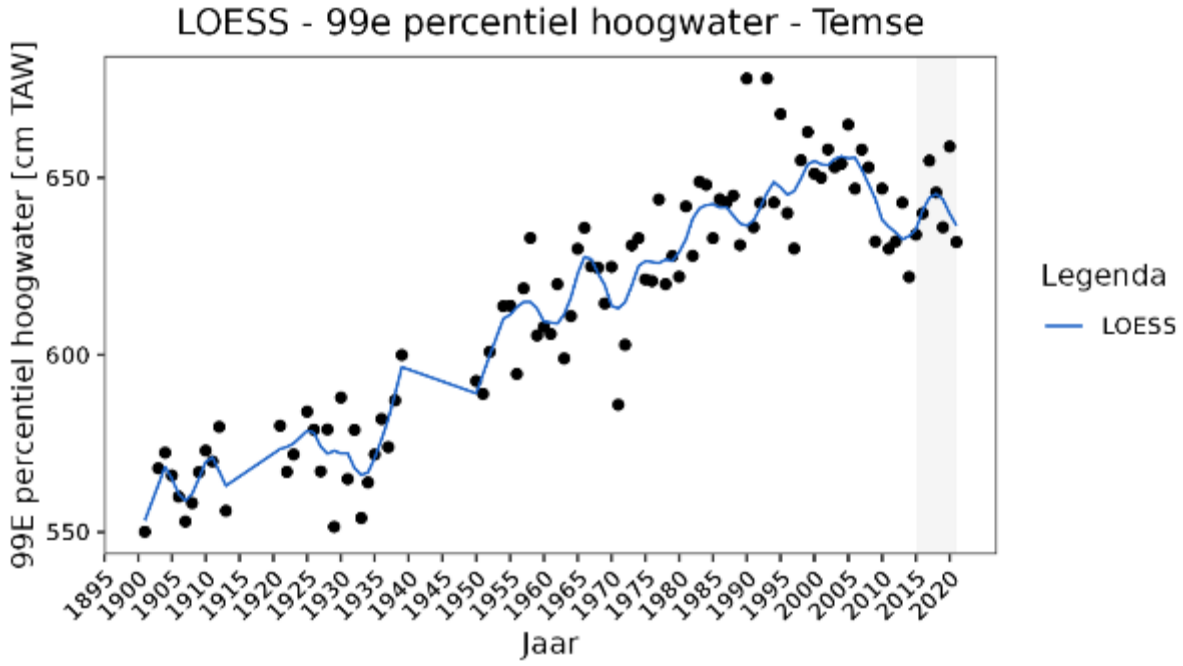
Figuur 9-68: Datapunten van de 99e percentiel hoogwaterstanden voor Kallosluis voor de periode van 1982-2021 en een LOESS filter met spanwijdte van 6 jaar.



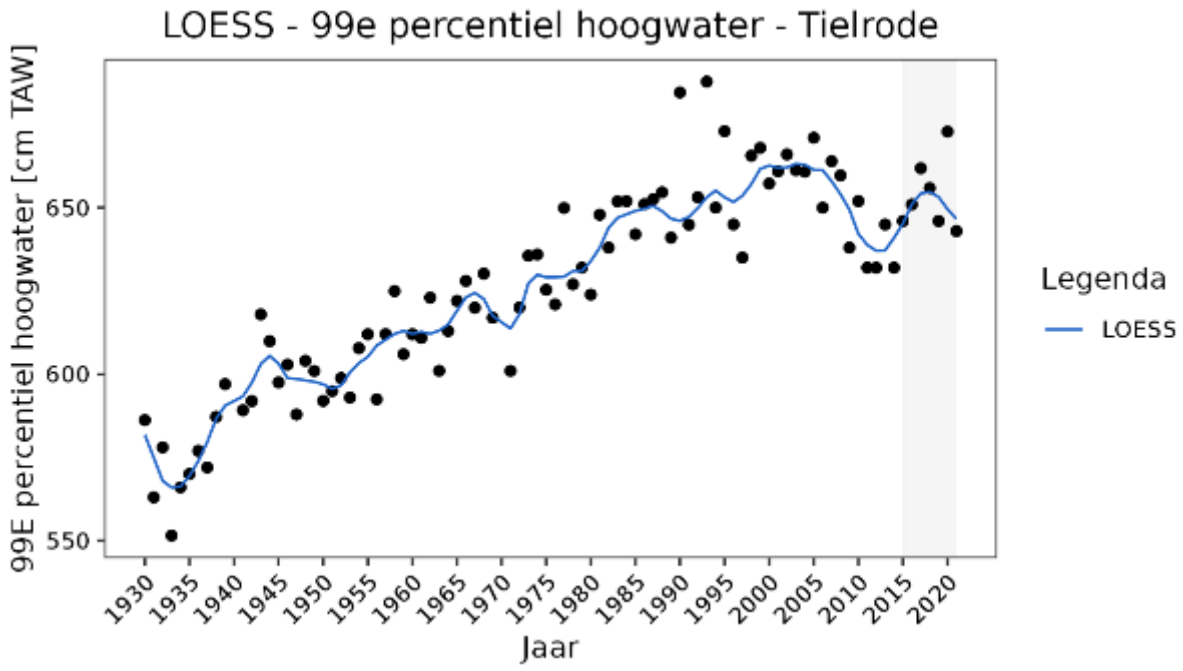
Figuur 9-69: Resultaten trendanalyse van de 99e percentiel hoogwaterstanden bij Antwerpen met de trend tot en met 2009, 2015 en 2021 en de bijbehorende predictie-intervallen.



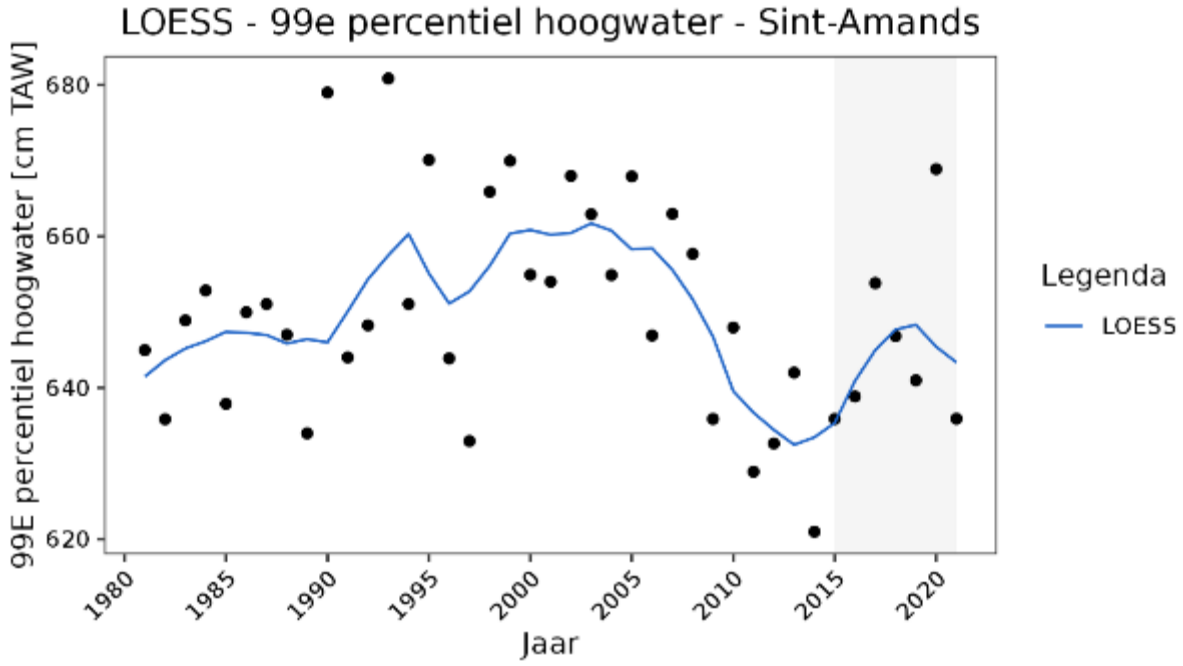
Figuur 9-70: Datapunten van de 99e percentiel hoogwaterstanden voor Hemiksem voor de periode van 1941-2021 en een LOESS filter met spanwijdte van 6 jaar. Tussen 1961 en 1981 zijn er geen of onvoldoende gegevens beschikbaar.



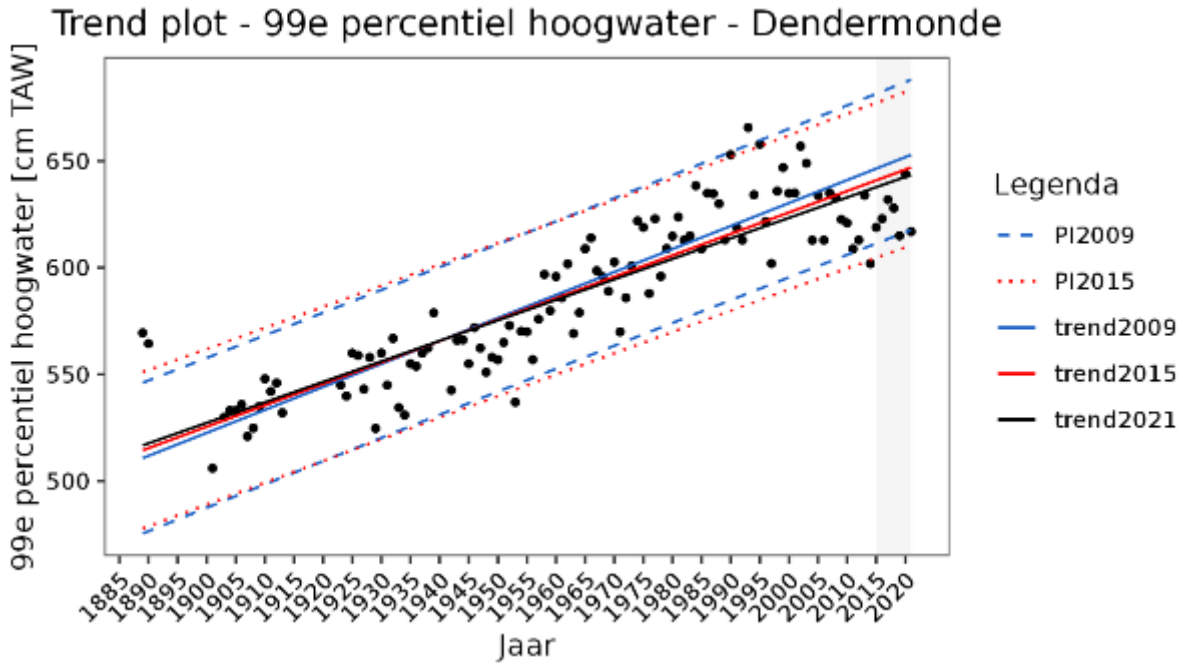
Figuur 9-71: Datapunten van de 99e percentiel hoogwaterstanden voor Temse voor de periode van 1901-2021 en een LOESS filter met spanwijdte van 6 jaar.



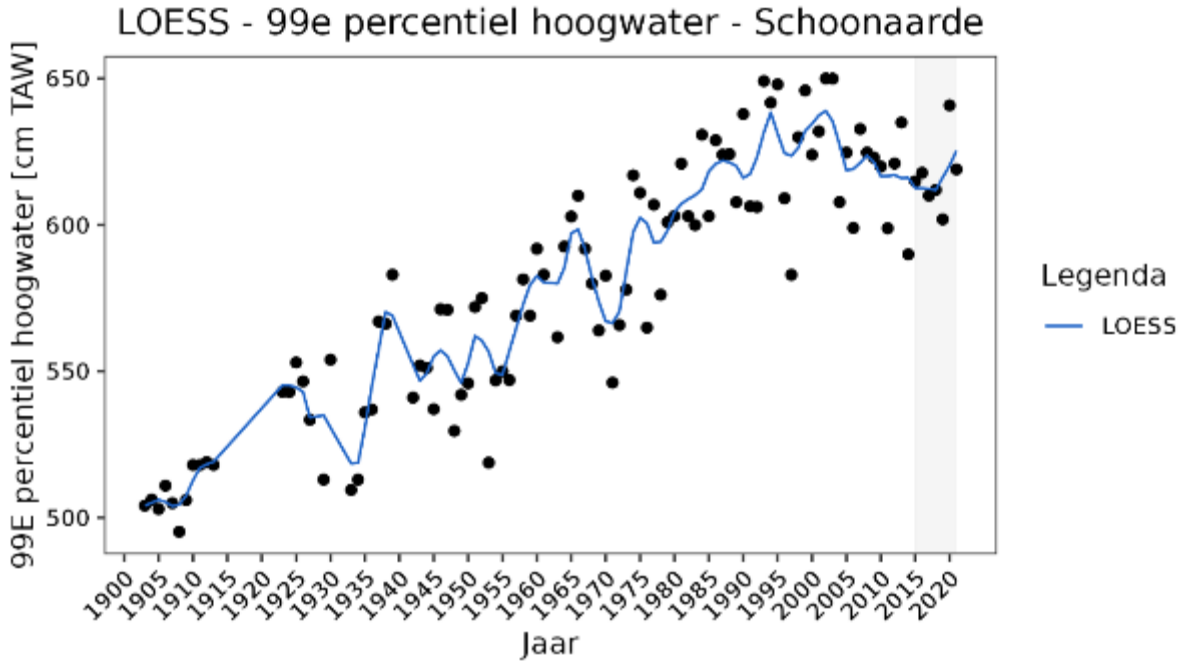
Figuur 9-72: Datapunten van de 99e percentiel hoogwaterstanden voor Tielrode voor de periode van 1930-2021 en een LOESS filter met spanwijdte van 6 jaar.



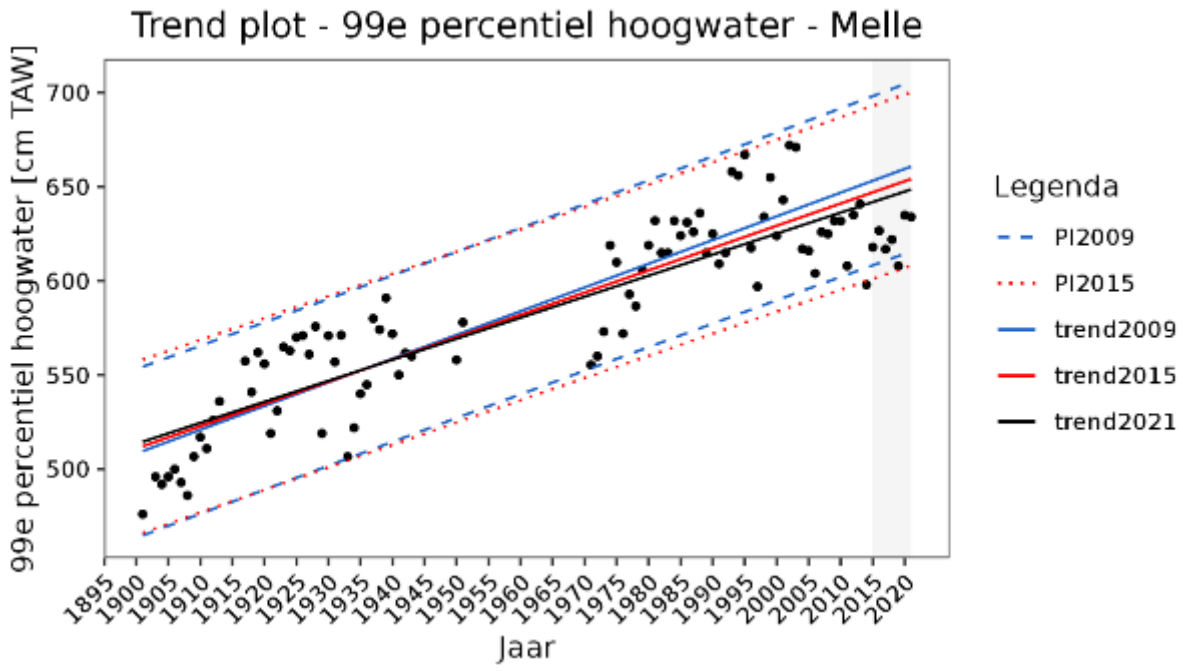
Figuur 9-73: Datapunten van de 99e percentiel hoogwaterstanden voor Sint-Amands voor de periode van 1981-2021 en een LOESS filter met spanwijdte van 6 jaar.



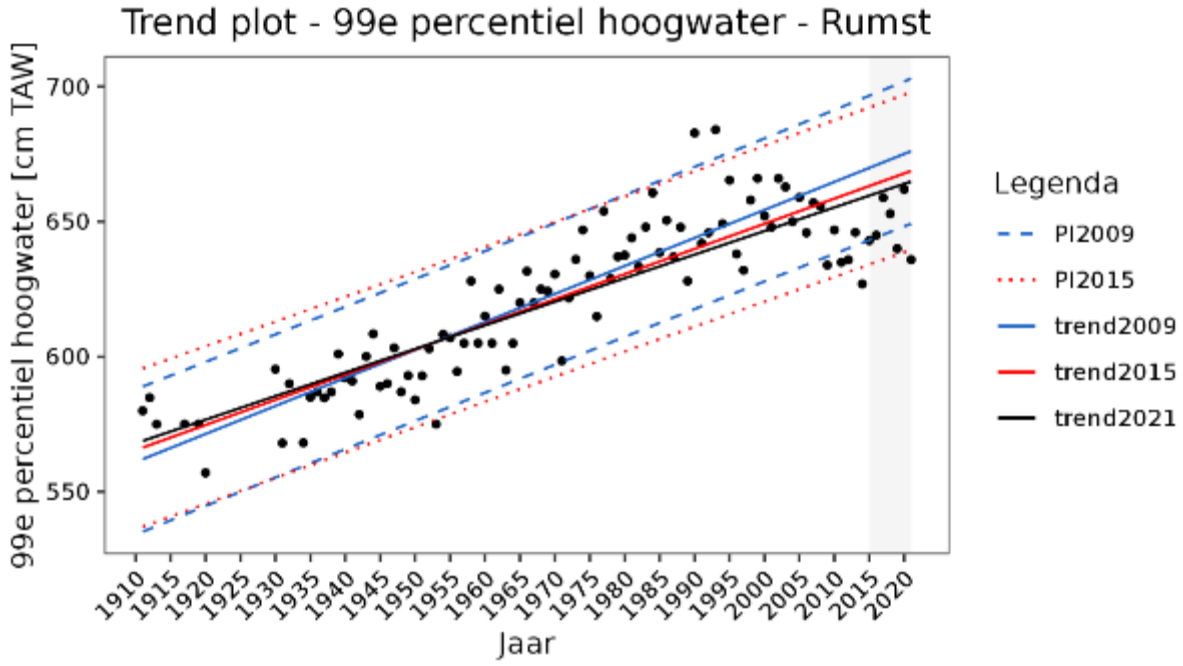
Figuur 9-74: Resultaten trendanalyse van de 99e percentiel hoogwaterstanden bij Dendermonde met de trend tot en met 2009, 2015 en 2021 en de bijbehorende predictie-intervallen.



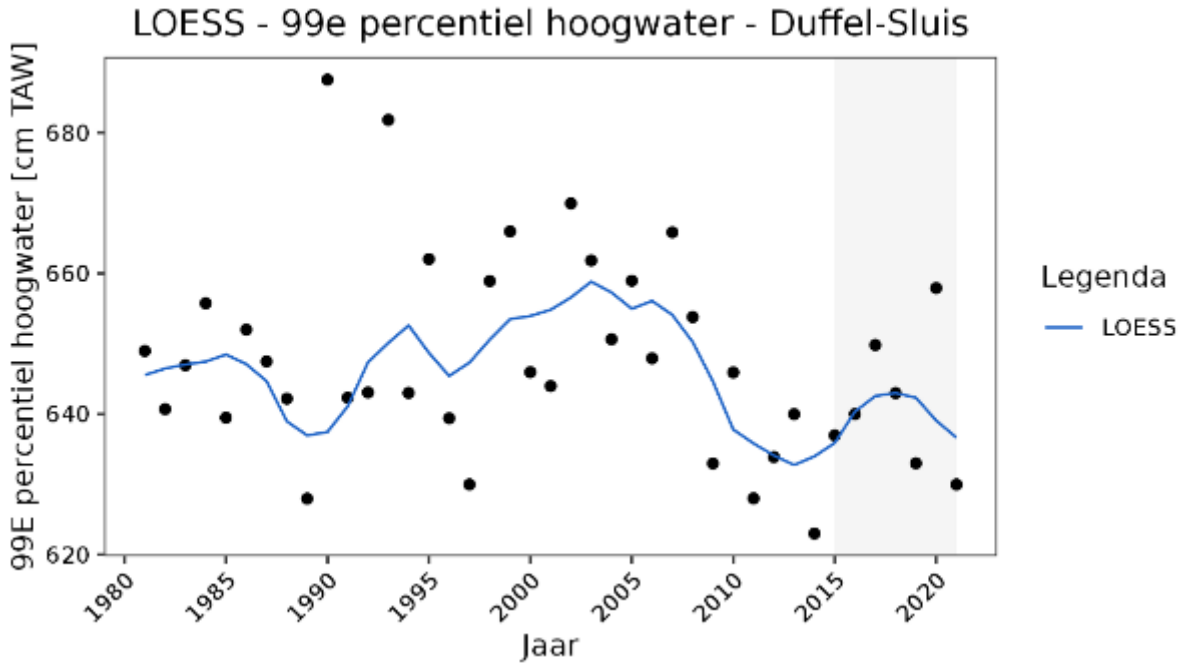
Figuur 9-75: Datapunten van de 99e percentiel hoogwaterstanden voor Schoonaarde voor de periode van 1903-2021 en een LOESS filter met spanwijdte van 6 jaar.



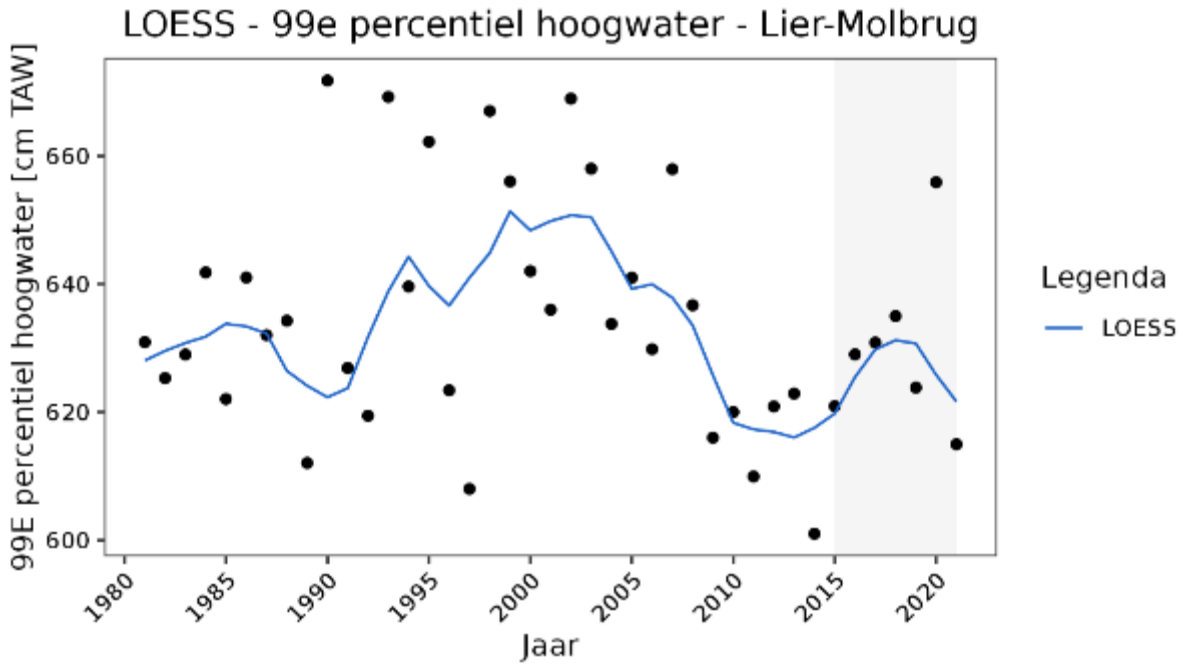
Figuur 9-76: Resultaten trendanalyse van de 99e percentiel hoogwaterstanden bij Melle met de trend tot en met 2009, 2015 en 2021 en de bijbehorende predictie-intervallen.



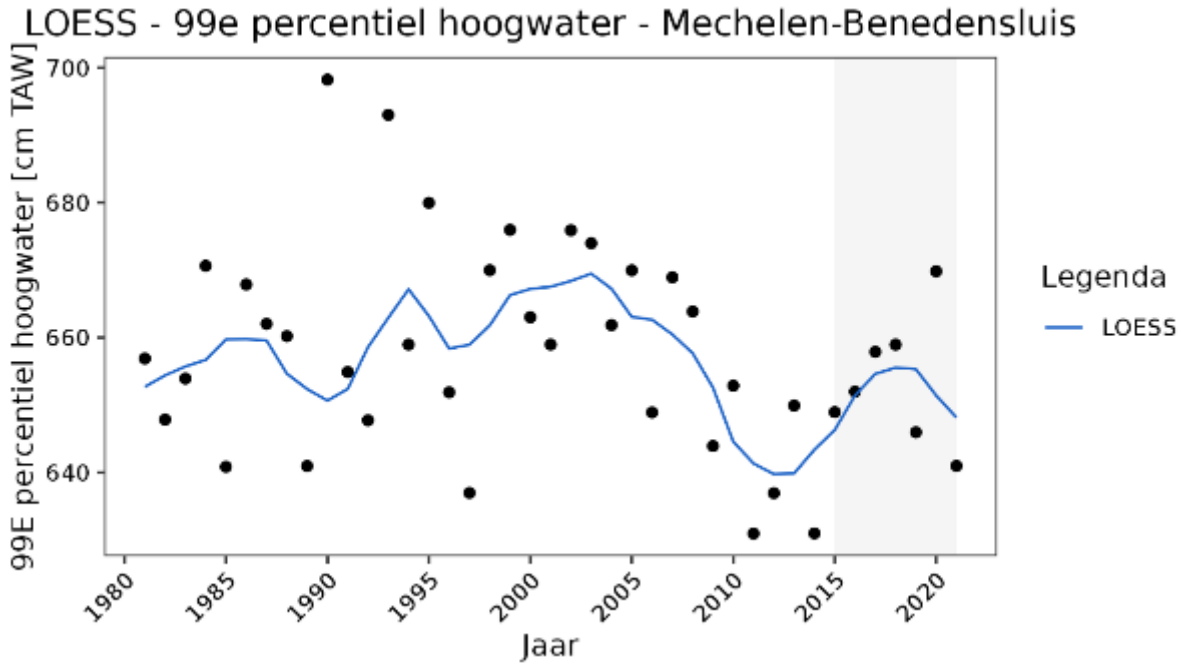
Figuur 9-77: Resultaten trendanalyse van de 99e percentiel hoogwaterstanden bij Rumst met de trend tot en met 2009, 2015 en 2021 en de bijbehorende predictie-intervallen.



Figuur 9-78: Datapunten van de 99e percentiel hoogwaterstanden voor Duffel-Sluis voor de periode van 1981-2021 en een LOESS filter met spanwijdte van 6 jaar.



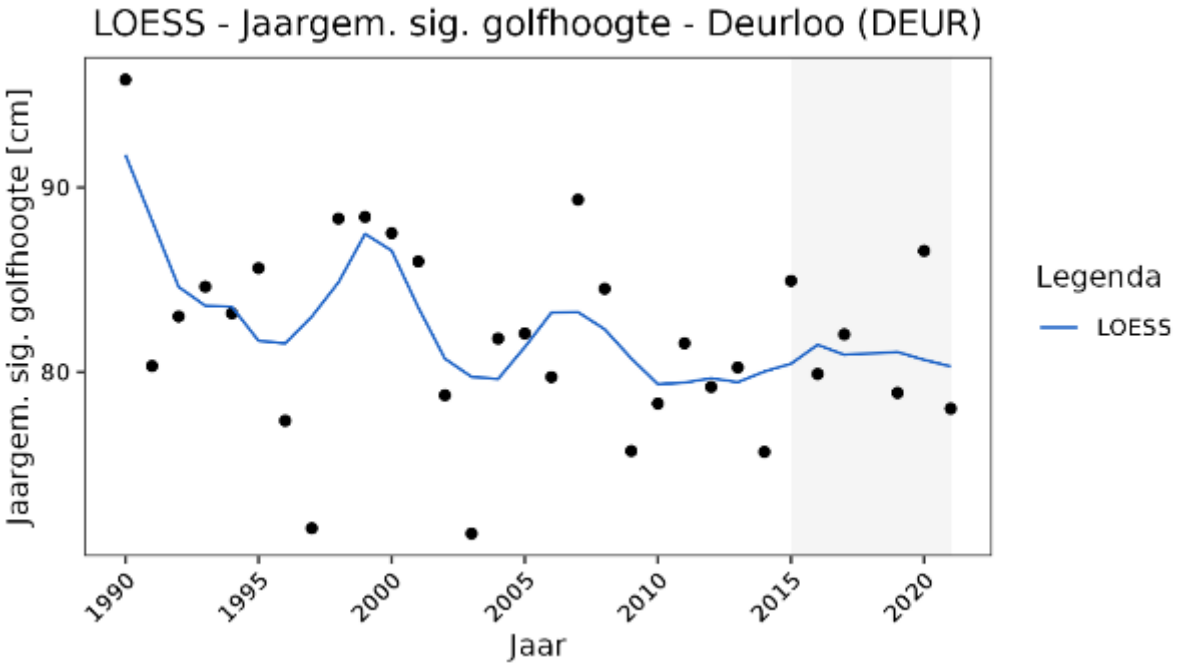
Figuur 9-79: Datapunten van de 99e percentiel hoogwaterstanden voor Lier-Molbrug voor de periode van 1981-2021 en een LOESS filter met spanwijdte van 6 jaar.



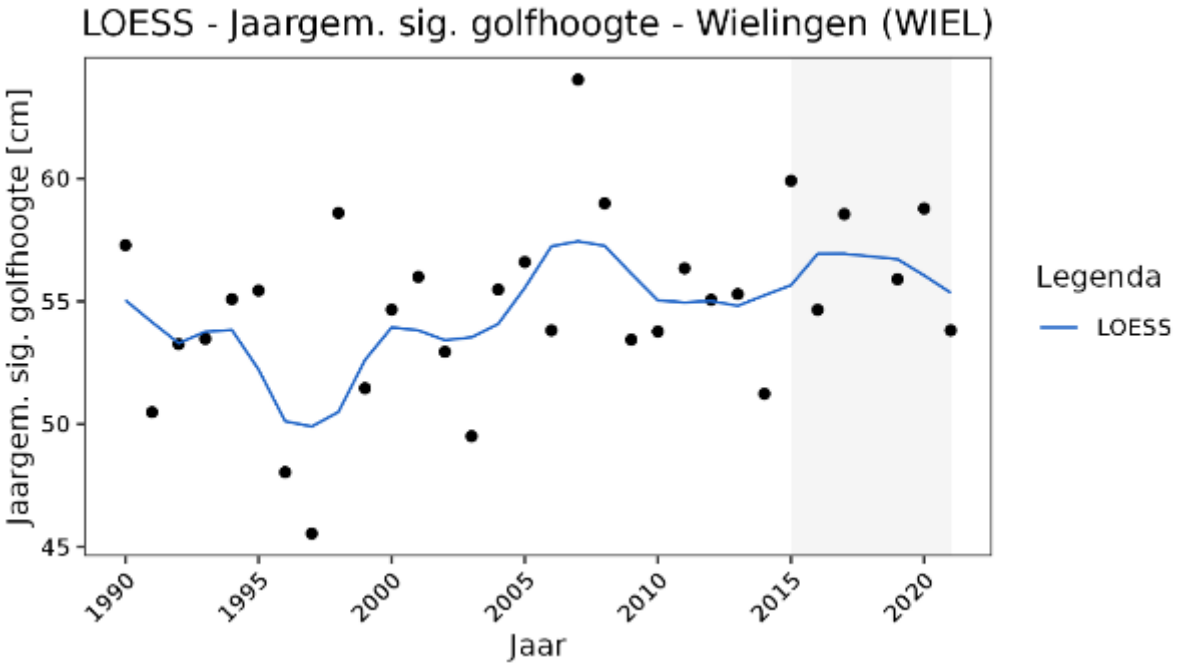
Figuur 9-80: Datapunten van de 99e percentiel hoogwaterstanden voor Mechelen-Benedensluis voor de periode van 1981-2021 en een LOESS filter met spanwijdte van 6 jaar.

A.3. Jaargemiddelde significante golfhoogte

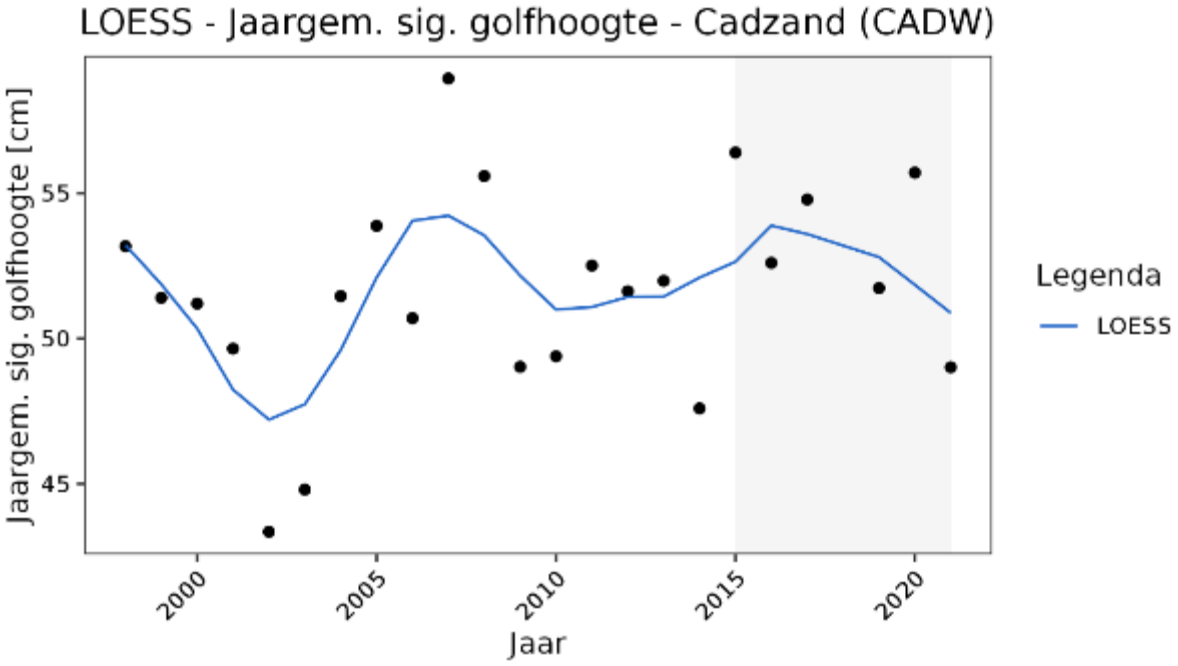
Buiten het estuarium en in de monding



Figuur 9-81: Jaarlijks gemiddelde significante golfhoogte voor golfmeetstation Deurloo (DEUR) voor de periode 1990-2021 met een LOESS-filter met een spanwijdte van 6 jaar.

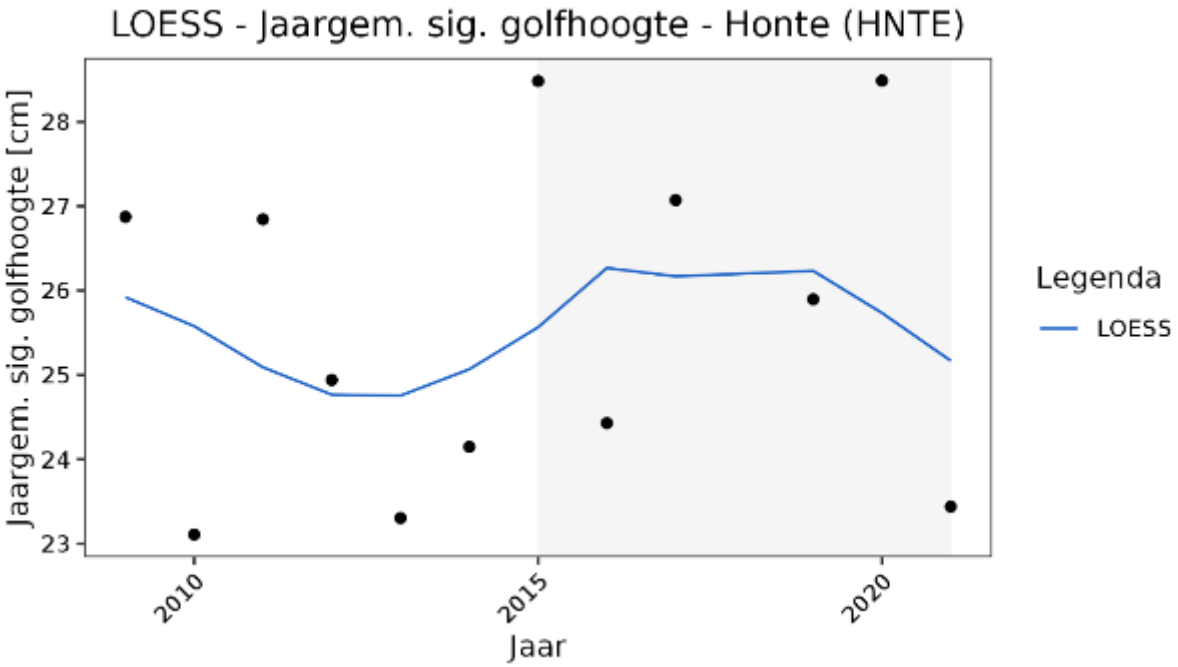


Figuur 9-82: Jaarlijks gemiddelde significante golfhoogte voor golfmeetstation Wielingen (WIEL) voor de periode 1990-2021 met een LOESS-filter met een spanwijdte van 6 jaar.

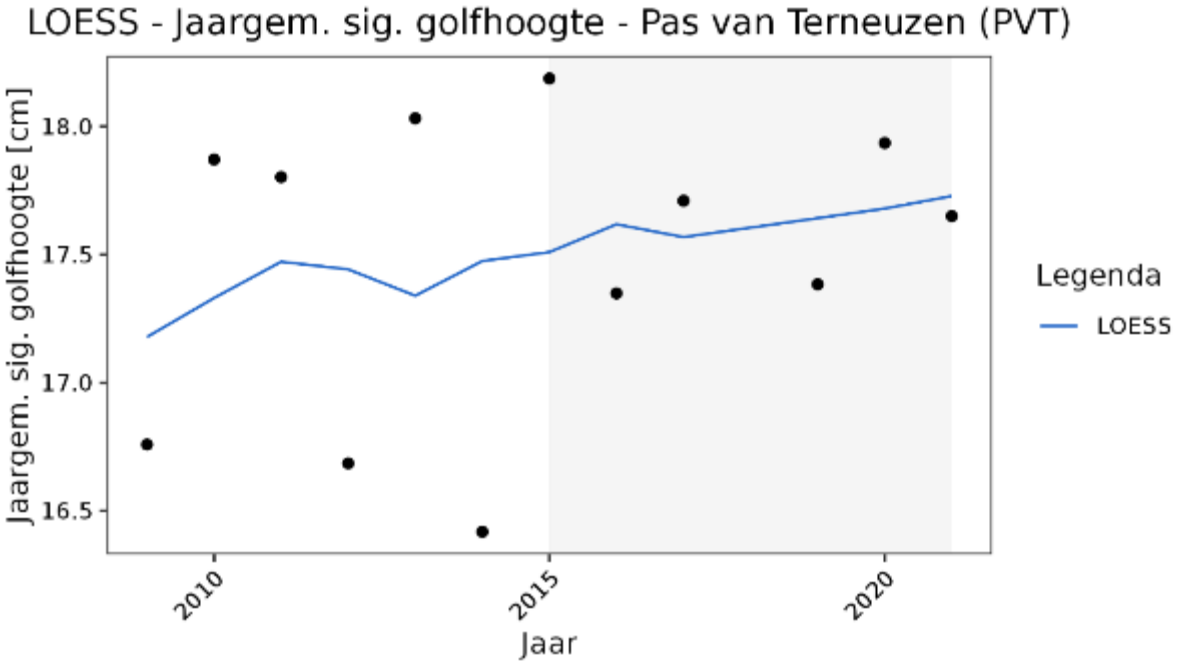


Figuur 9-83: Jaarlijks gemiddelde significante golfhoogte voor golfmeetstation Cadzand (CADW) voor de periode 1998-2021 met een LOESS-filter met een spanwijdte van 6 jaar.

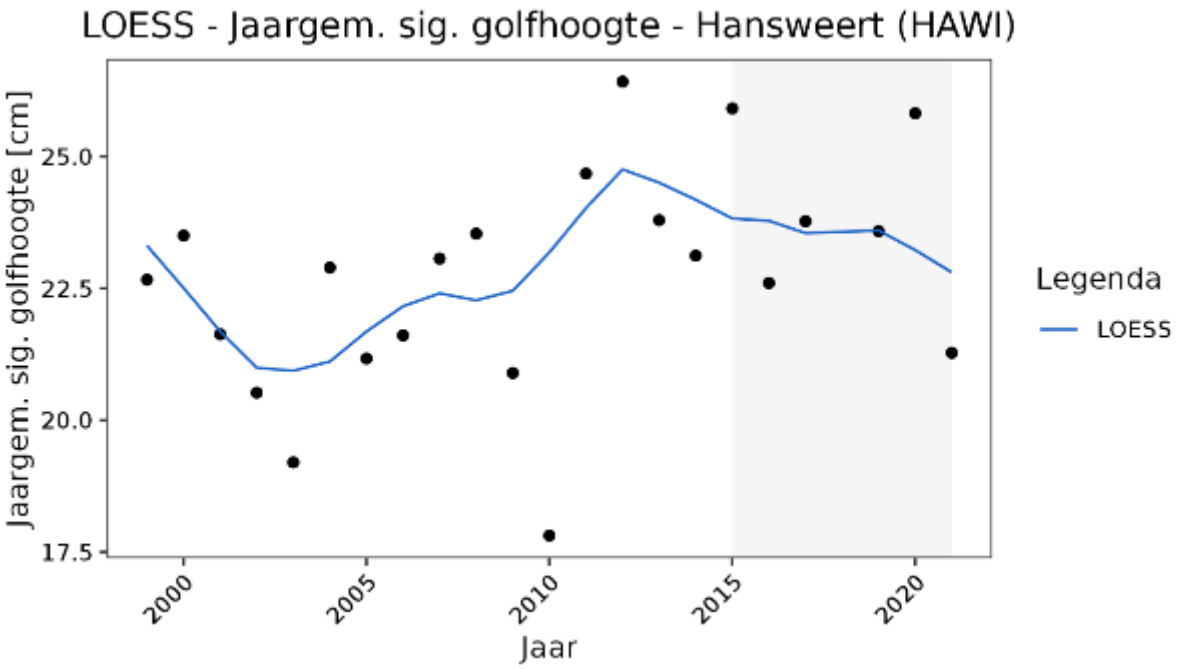
Westerschelde



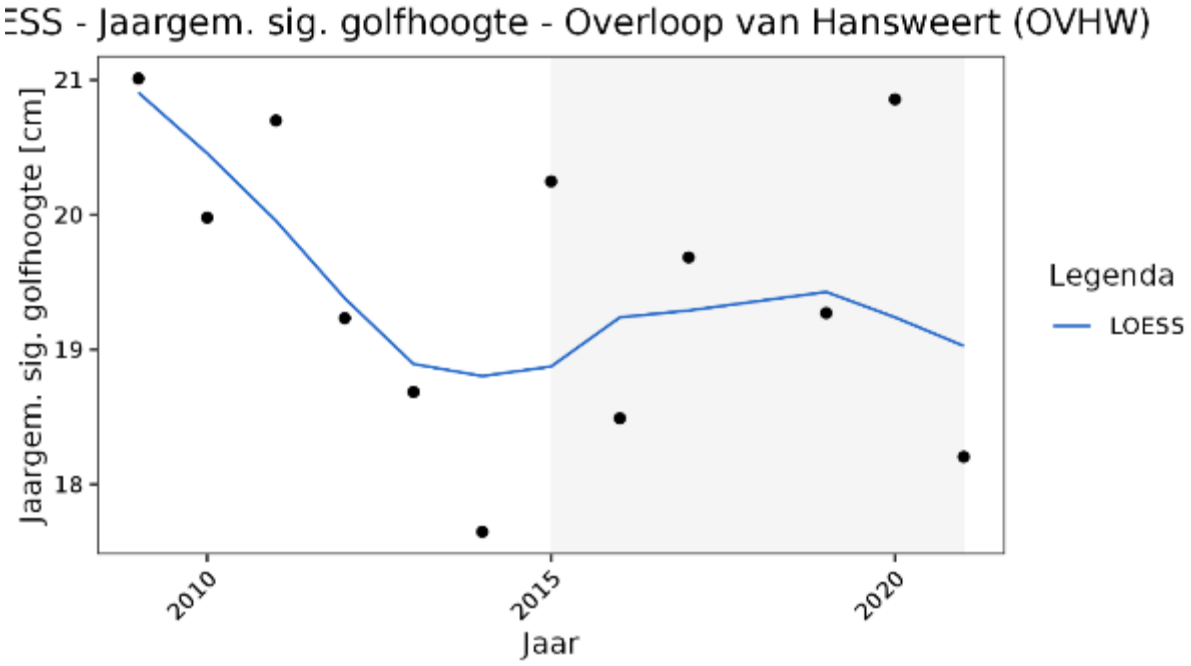
Figuur 9-84: Jaarlijks gemiddelde significante golfhoogte voor golfmeetstation Honte (HNTE) voor de periode 2009-2021 met een LOESS-filter met een spanwijdte van 6 jaar.



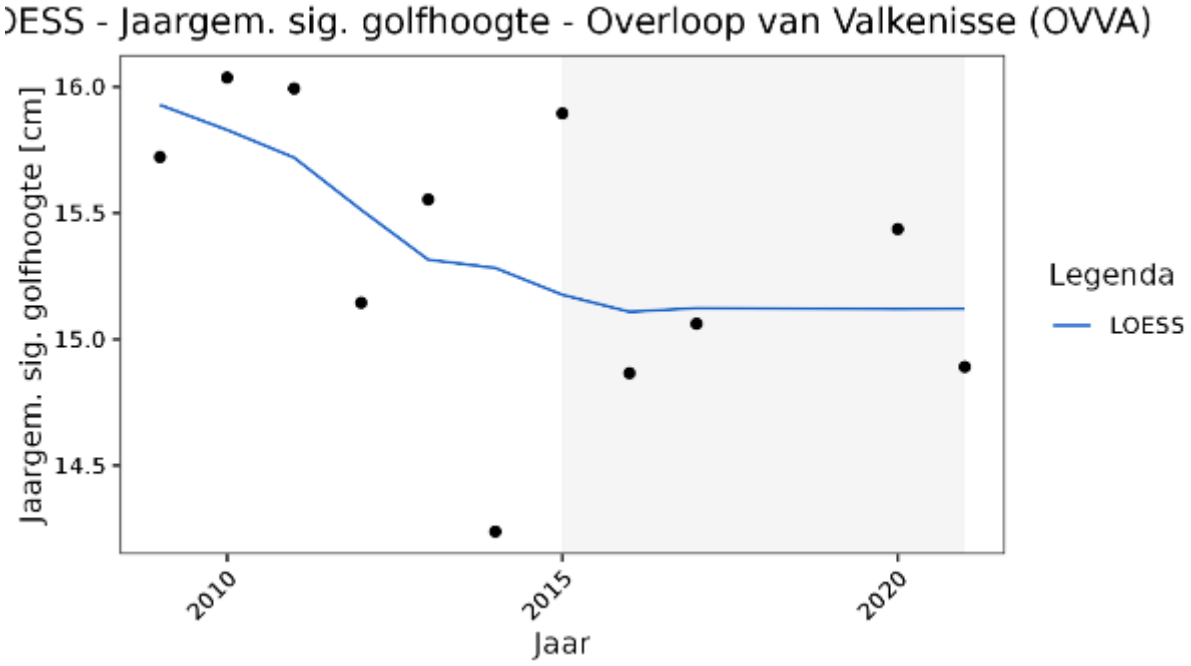
Figuur 9-85: Jaarlijks gemiddelde significante golfhoogte voor golfmeetstation Pas van Terneuzen (PVT) voor de periode 2009-2021 met een LOESS-filter met een spanwijdte van 6 jaar.



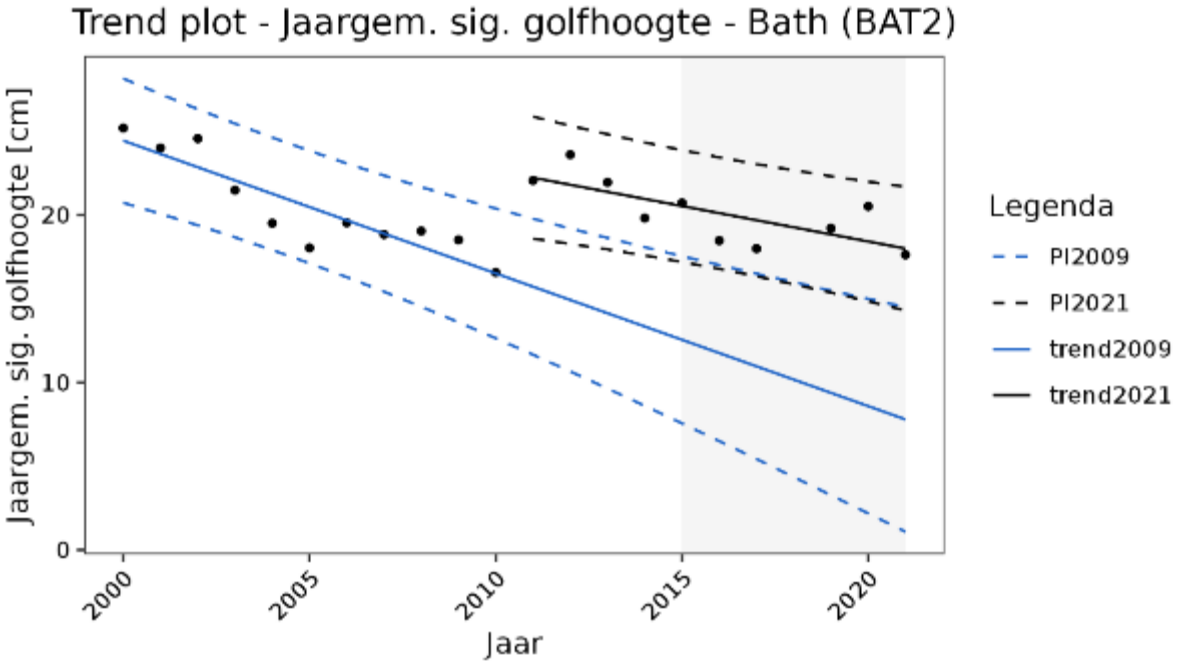
Figuur 9-86: Jaarlijks gemiddelde significante golfhoogte voor golfmeetstation Hansweert (HAWI) voor de periode 1999-2021 met een LOESS-filter met een spanwijdte van 6 jaar.



Figuur 9-87: Jaarlijks gemiddelde significante golfhoogte voor golfmeetstation Overloop van Hansweert (OVHW) voor de periode 2009-2021 met een LOESS-filter met een spanwijdte van 6 jaar.



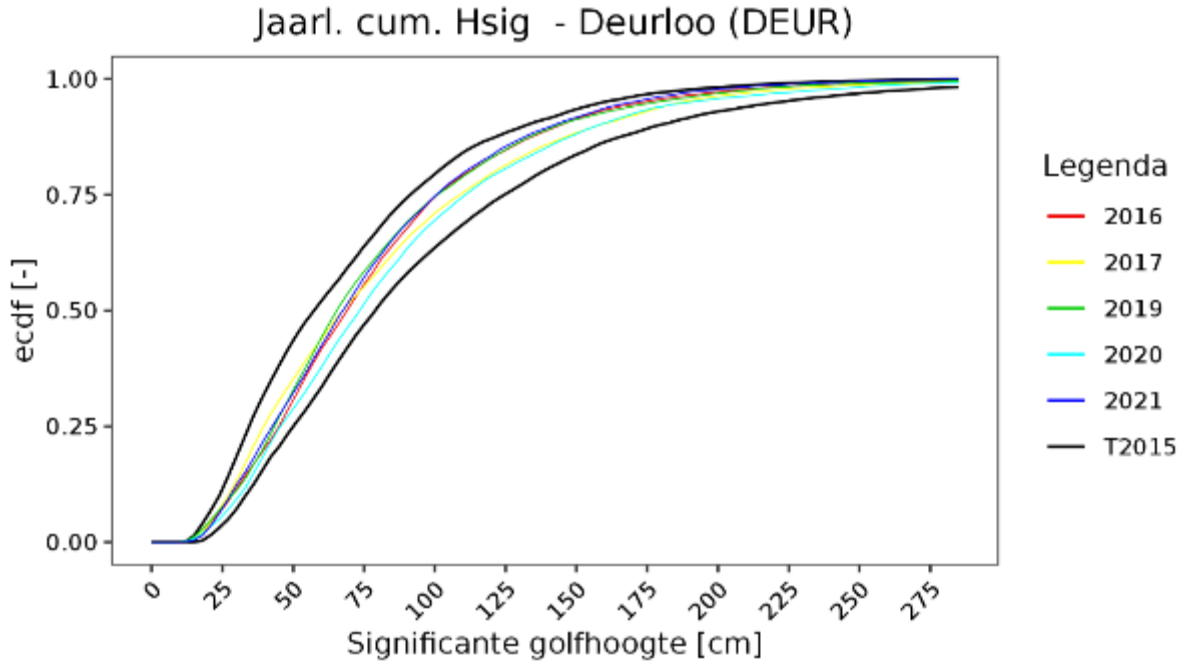
Figuur 9-88: Jaarlijks gemiddelde significante golfhoogte voor golfmeetstation Overloop van Valkenisse (OVVA) voor de periode 2009-2021 met een LOESS-filter met een spanwijdte van 6 jaar.



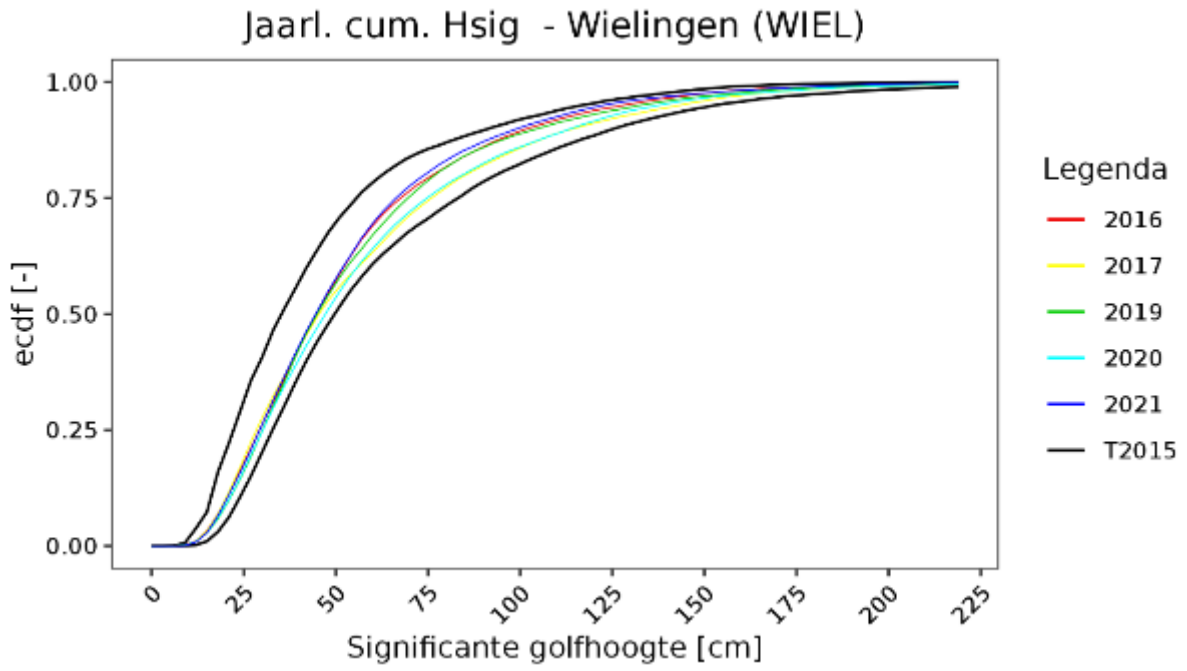
Figuur 9-89: Jaarlijks gemiddelde significante golfhoogte voor golfmeetstation Bath (BAT2) voor de periode 2009-2021 met een de trends voor de data tot en met 2009 (met een voorspelling tot en met 2021) en de data van 2011-2021.

A.4. Jaarlijkse cumulatieve verdelingen van de significante golfhoogte

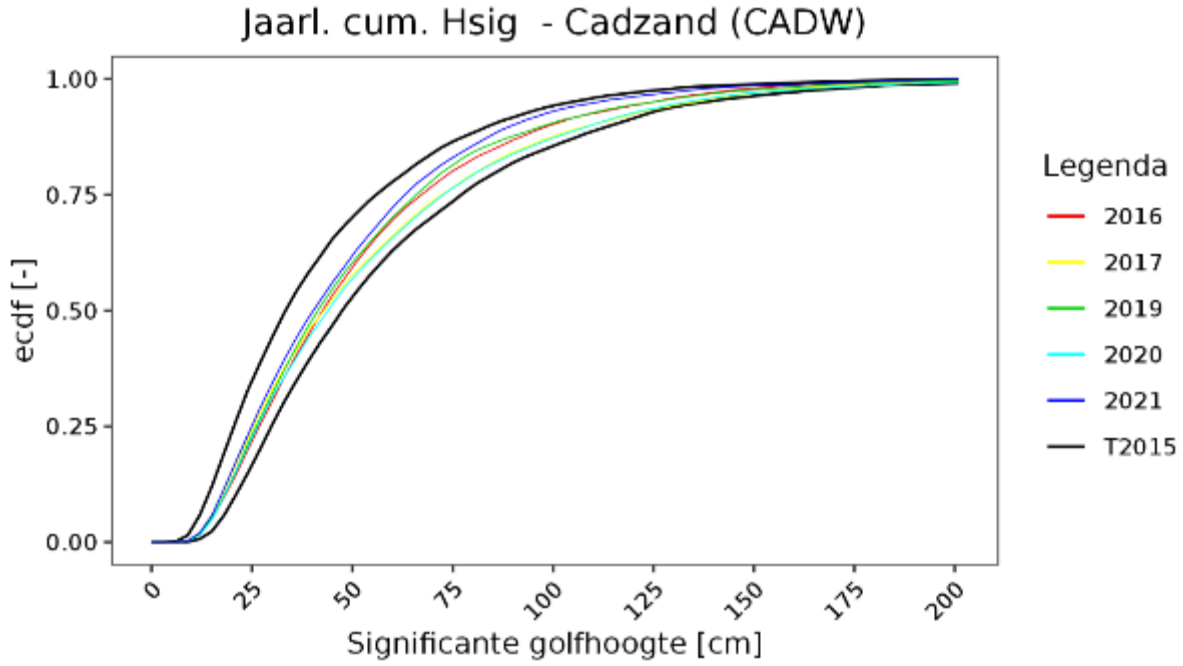
Buiten het estuarium en in de monding



Figuur 9-90: Jaarlijkse empirische cumulatieve verdeling (ecdf) ofwel onderschrijdingskans van de significante golfhoogte te Deurloo (2016-2021) en de uiterste grenzen op basis van de cumulatieve verdelingen t/m 2015.

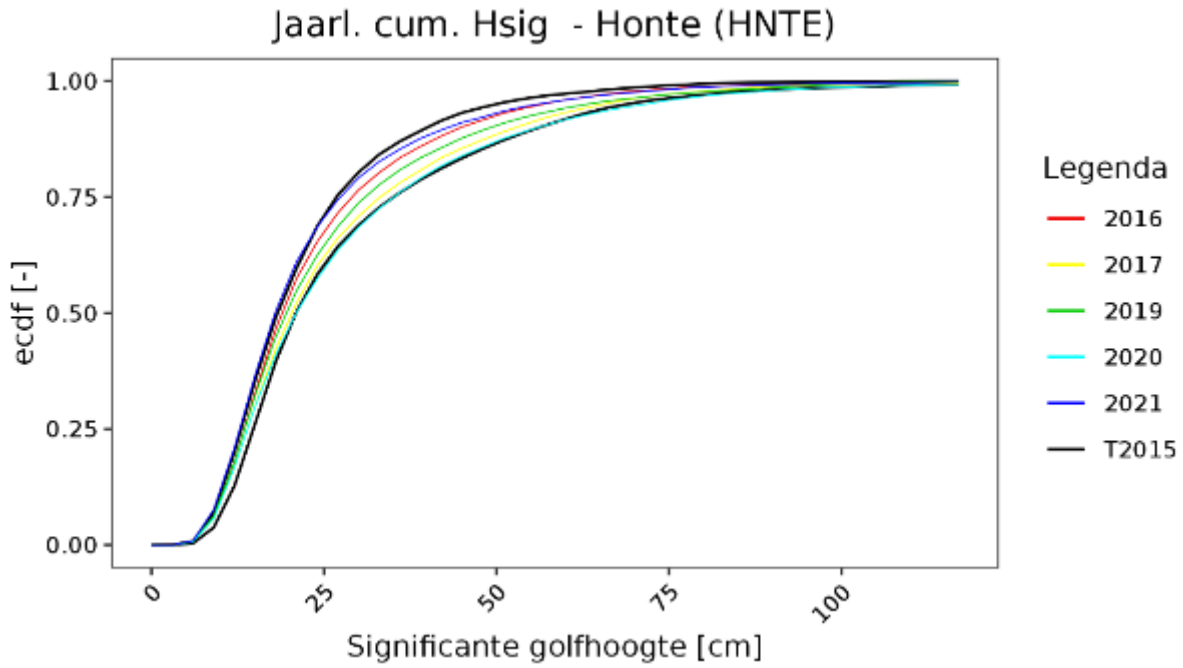


Figuur 9-91: Jaarlijkse empirische cumulatieve verdeling (ecdf) ofwel onderschrijdingskans van de significante golfhoogte te Wielingen (2016-2021) en de uiterste grenzen op basis van de cumulatieve verdelingen t/m 2015.

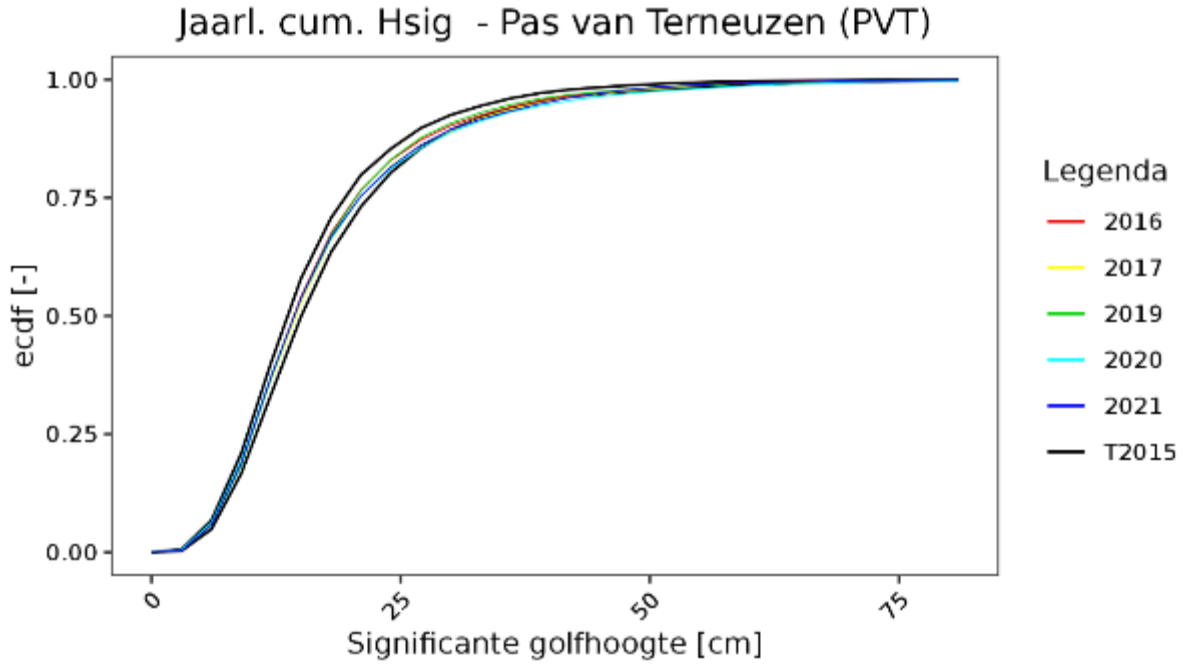


Figuur 9-92: Jaarlijkse empirische cumulatieve verdeling (ecdf) ofwel onderschrijdingskans van de significante golfhoogte te Cadzand (2016-2021) en de uiterste grenzen op basis van de cumulatieve verdelingen t/m 2015.

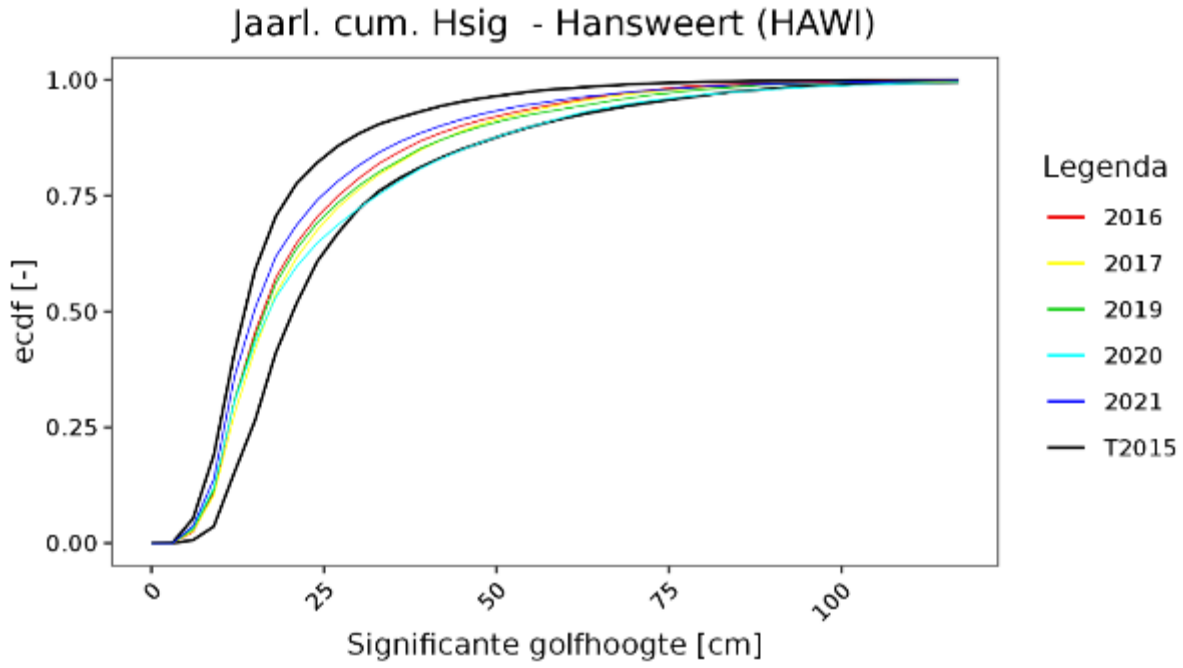
Westerschelde



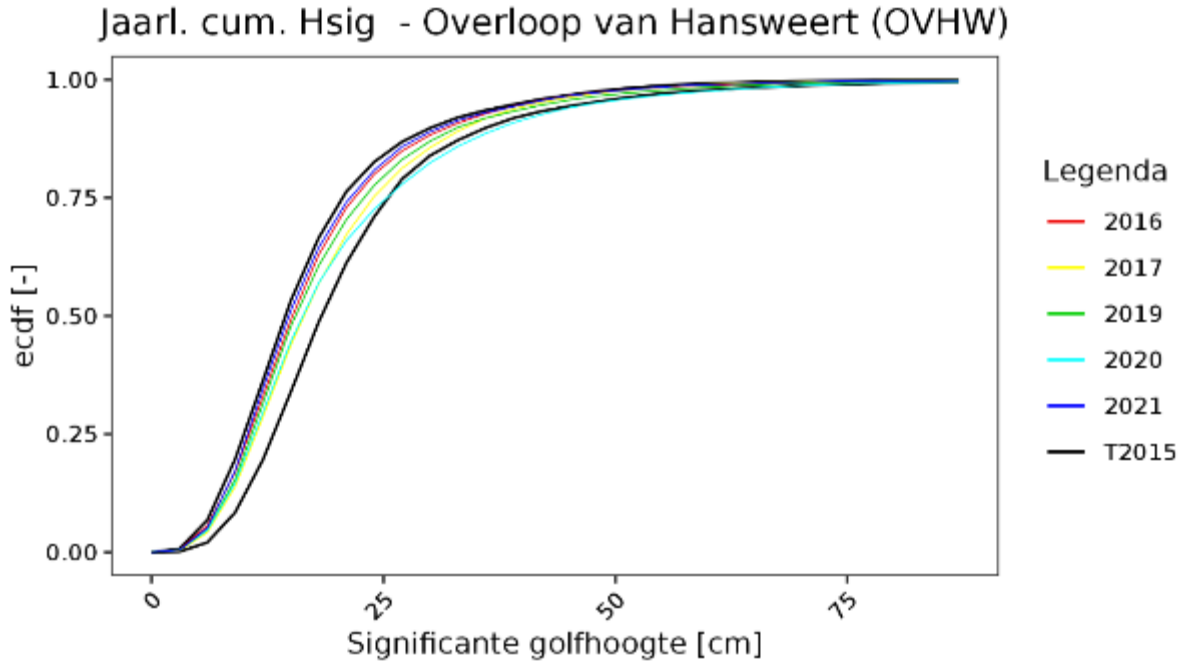
Figuur 9-93: Jaarlijkse empirische cumulatieve verdeling (ecdf) ofwel onderschrijdingskans van de significante golfhoogte te Honte (2016-2021) en de uiterste grenzen op basis van de cumulatieve verdelingen t/m 2015.



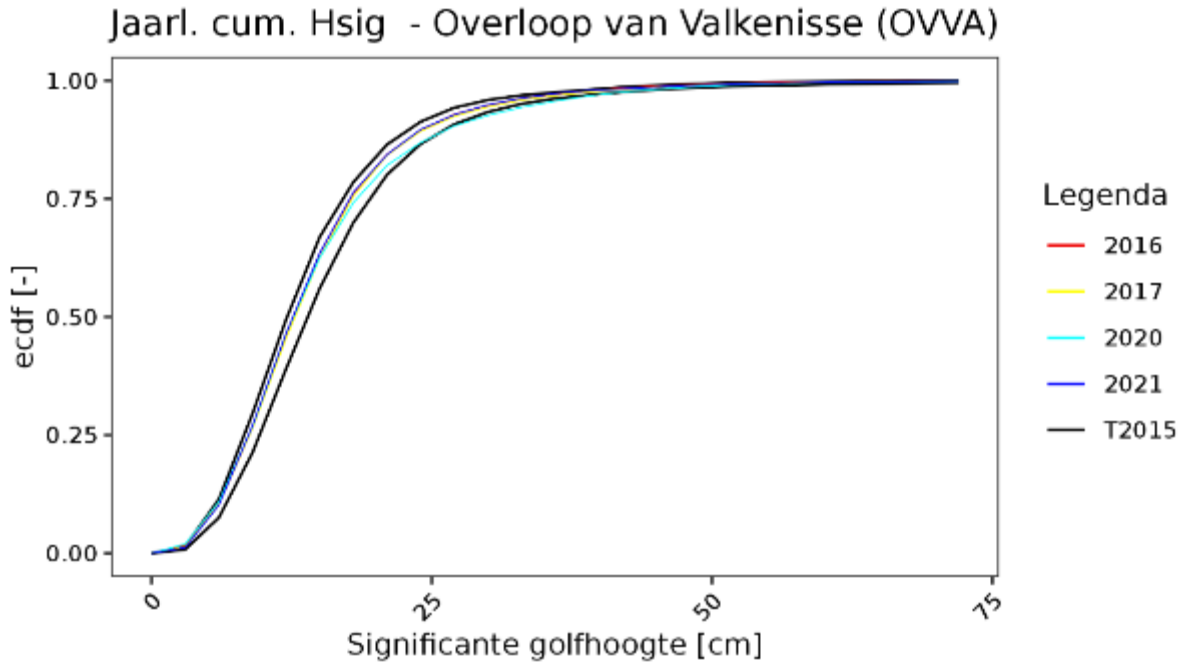
Figuur 9-94: Jaarlijkse empirische cumulatieve verdeling (ecdf) ofwel onderschrijdingskans van de significante golfhoogte te Pas van Terneuzen (2016-2021) en de uiterste grenzen op basis van de cumulatieve verdelingen t/m 2015.



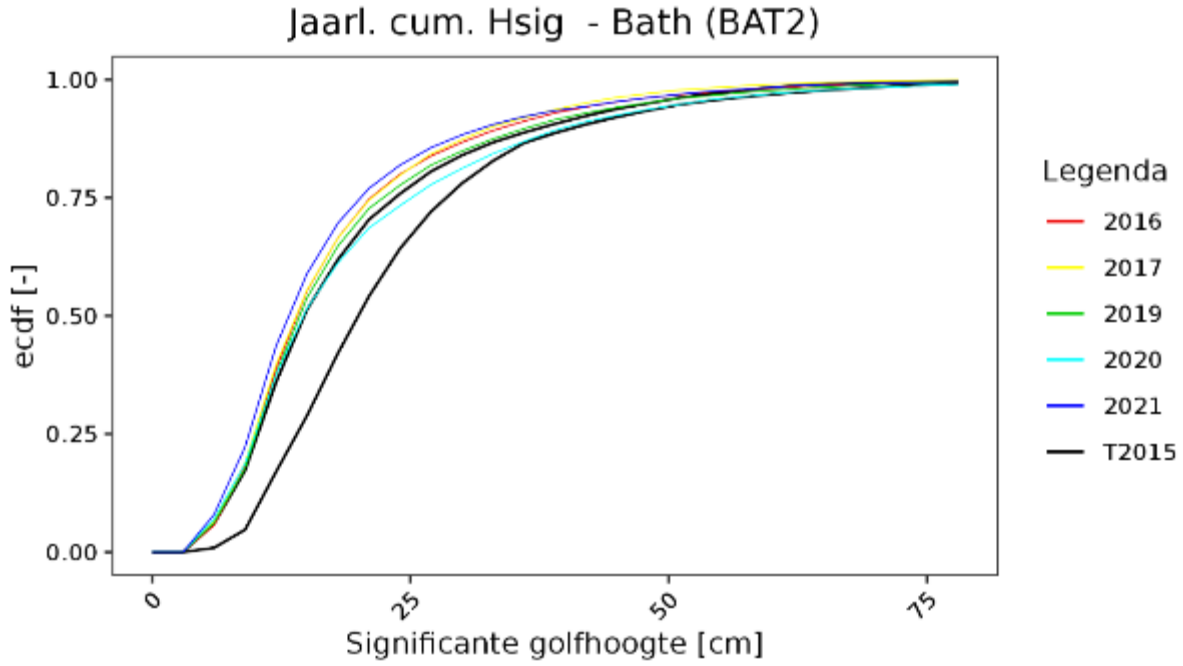
Figuur 9-95: Jaarlijkse empirische cumulatieve verdeling (ecdf) ofwel onderschrijdingskans van de significante golfhoogte te Hansweert (2016-2021) en de uiterste grenzen op basis van de cumulatieve verdelingen t/m 2015.



Figuur 9-96: Jaarlijkse empirische cumulatieve verdeling (ecdf) ofwel onderschrijdingskans van de significante golfhoogte te Overloop van Hansweert (2016-2021) en de uiterste grenzen op basis van de cumulatieve verdelingen t/m 2015.



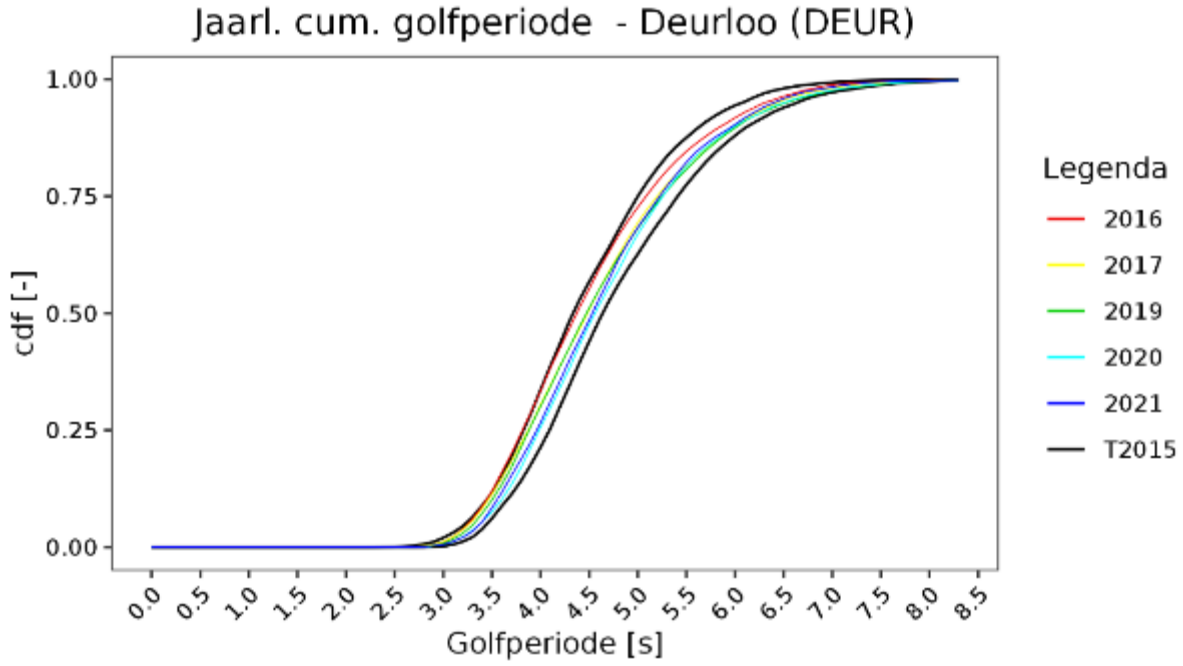
Figuur 9-97: Jaarlijkse empirische cumulatieve verdeling (ecdf) ofwel onderschrijdingskans van de significante golfhoogte te Overloop van Valkenisse (2016-2021) en de uiterste grenzen op basis van de cumulatieve verdelingen t/m 2015.



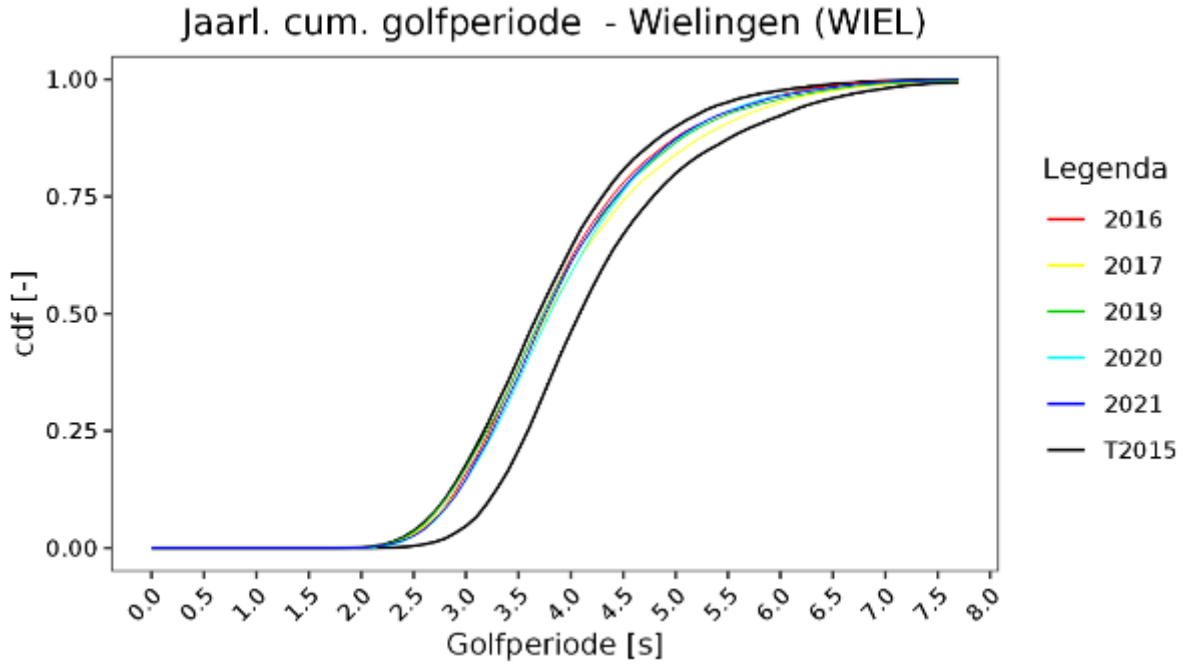
Figuur 9-98: Jaarlijkse empirische cumulatieve verdeling (ecdf) ofwel onderschrijdingskans van de significante golfhoogte te Bath (2016-2021) en de uiterste grenzen op basis van de cumulatieve verdelingen vanaf de trendbreuk in 2011 t/m 2015.

A.5. Jaarlijkse cumulatieve verdelingen van de spectrale golfperiode

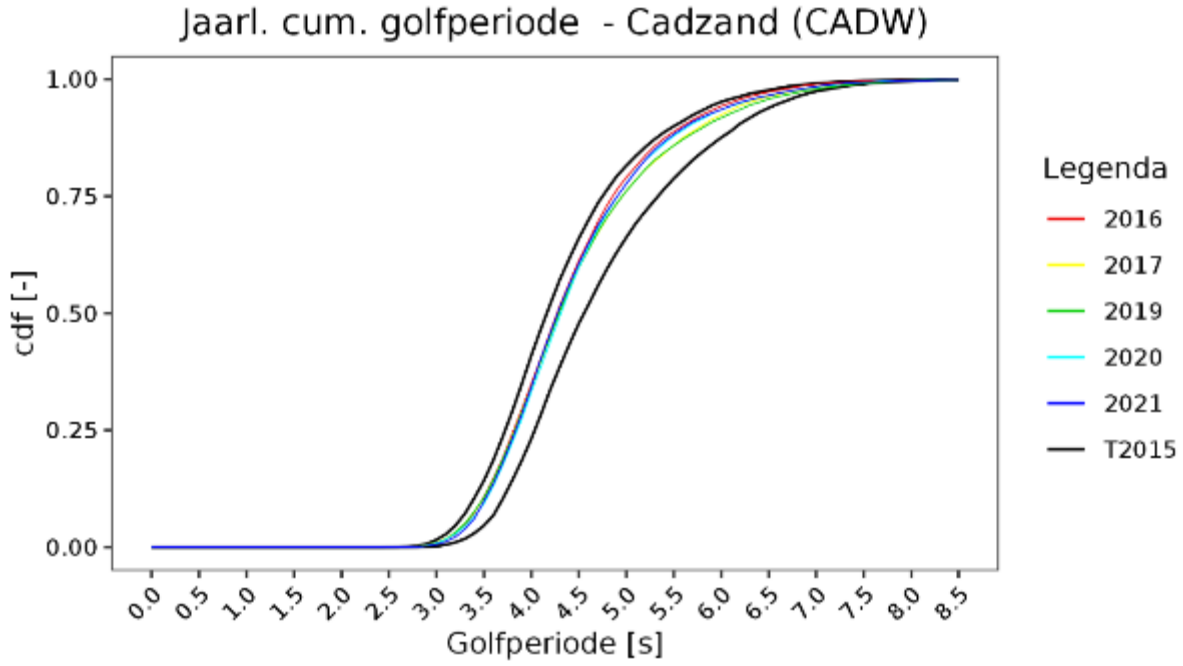
Buiten het estuarium en in de monding



Figuur 9-99: Jaarlijkse cumulatieve verdelingen van de spectrale golfperiode te Deurloo (2016-2021) en de uiterste grenzen op basis van de cumulatieve verdelingen t/m 2015.

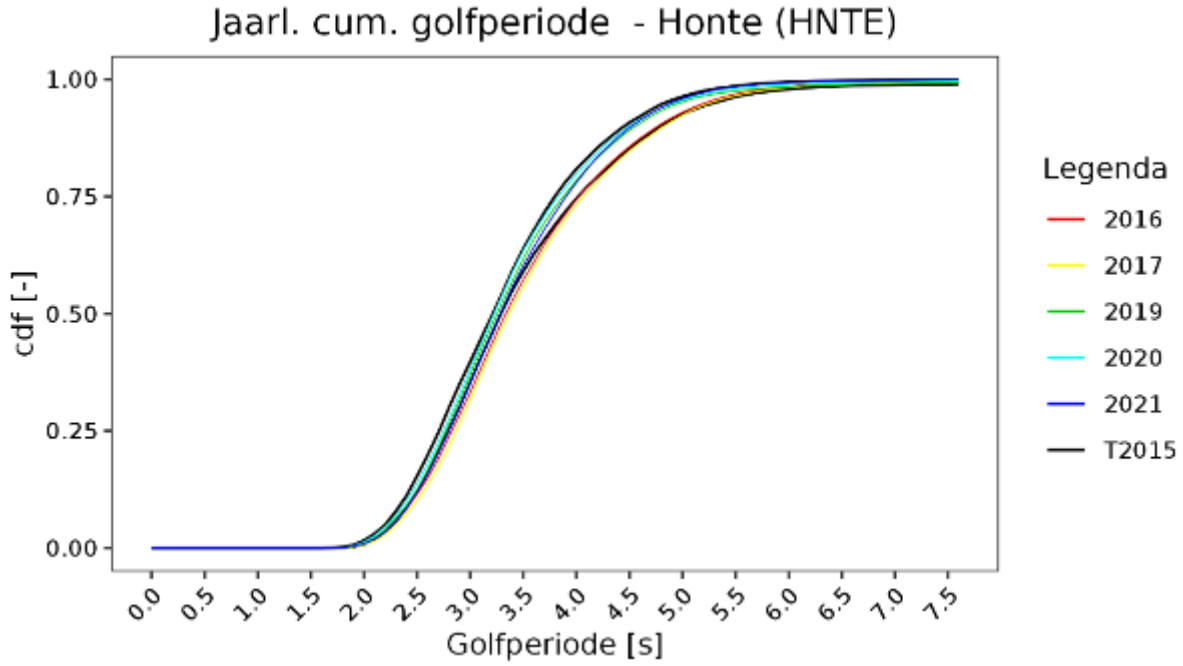


Figuur 9-100: Jaarlijkse cumulatieve verdelingen van de spectrale golfperiode te Wielingen (2016-2021) en de uiterste grenzen op basis van de cumulatieve verdelingen t/m 2015.

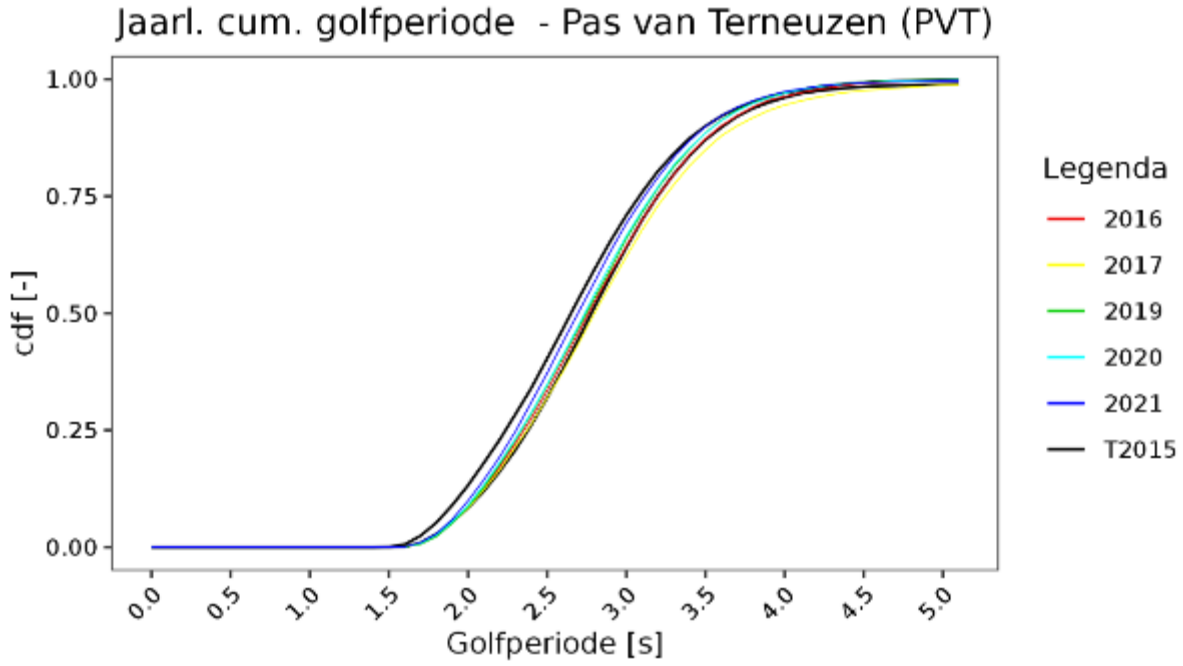


Figuur 9-101: Jaarlijkse cumulatieve verdelingen van de spectrale golfperiode te Cadzand (2016-2021) en de uiterste grenzen op basis van de cumulatieve verdelingen t/m 2015.

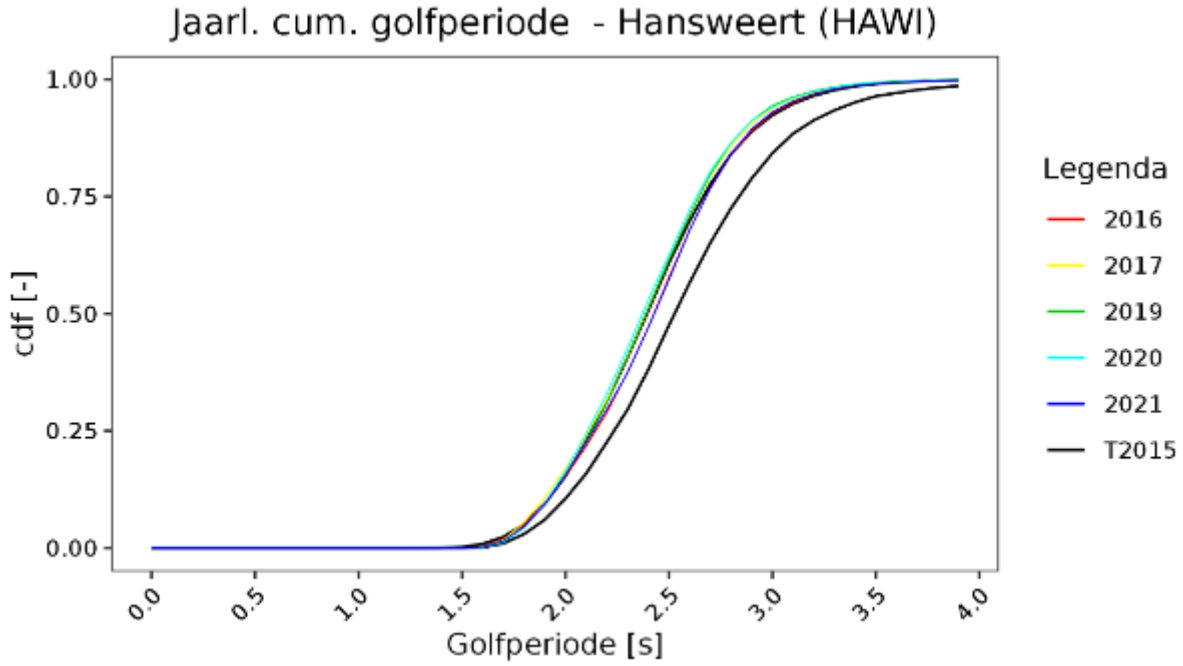
Westerschelde



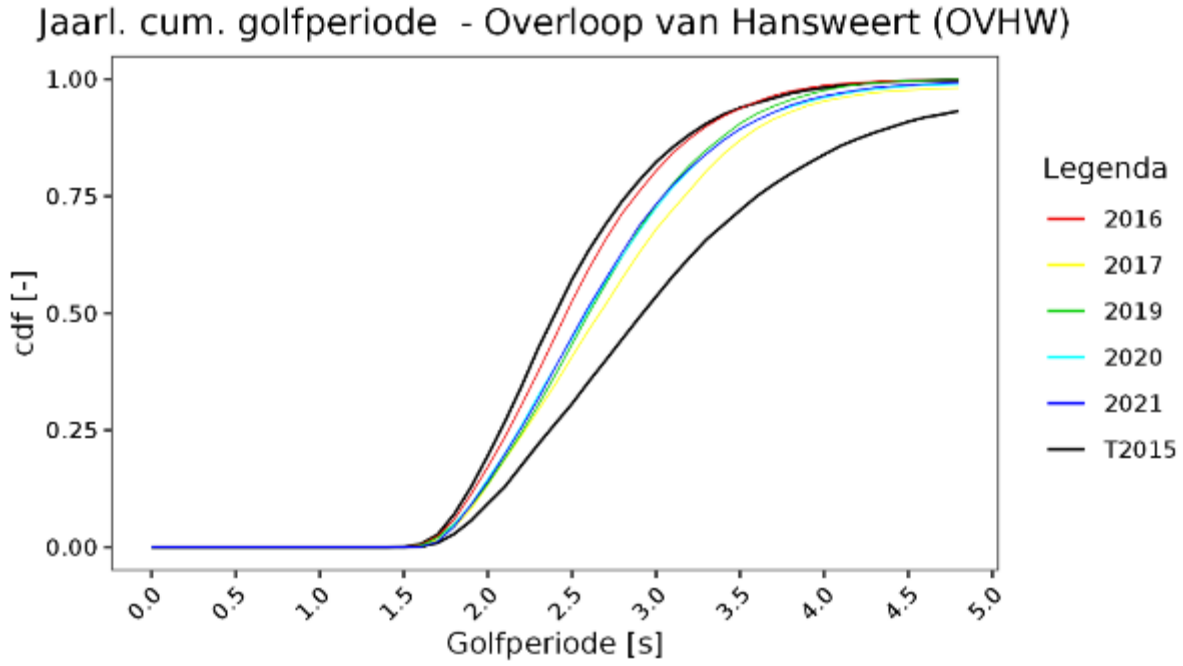
Figuur 9-102: Jaarlijkse cumulatieve verdelingen van de spectrale golfperiode te Honte (2016-2021) en de uiterste grenzen op basis van de cumulatieve verdelingen t/m 2015.



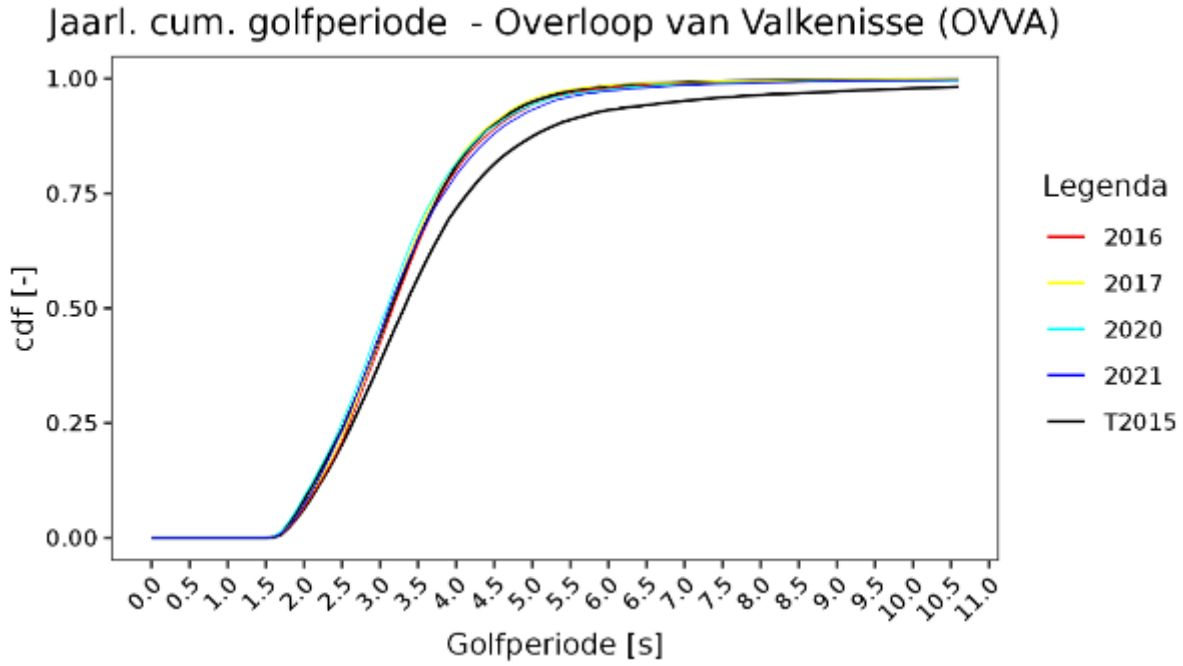
Figuur 9-103: Jaarlijkse cumulatieve verdelingen van de spectrale golfperiode te Pas van Terneuzen (2016-2021) en de uiterste grenzen op basis van de cumulatieve verdelingen t/m 2015.



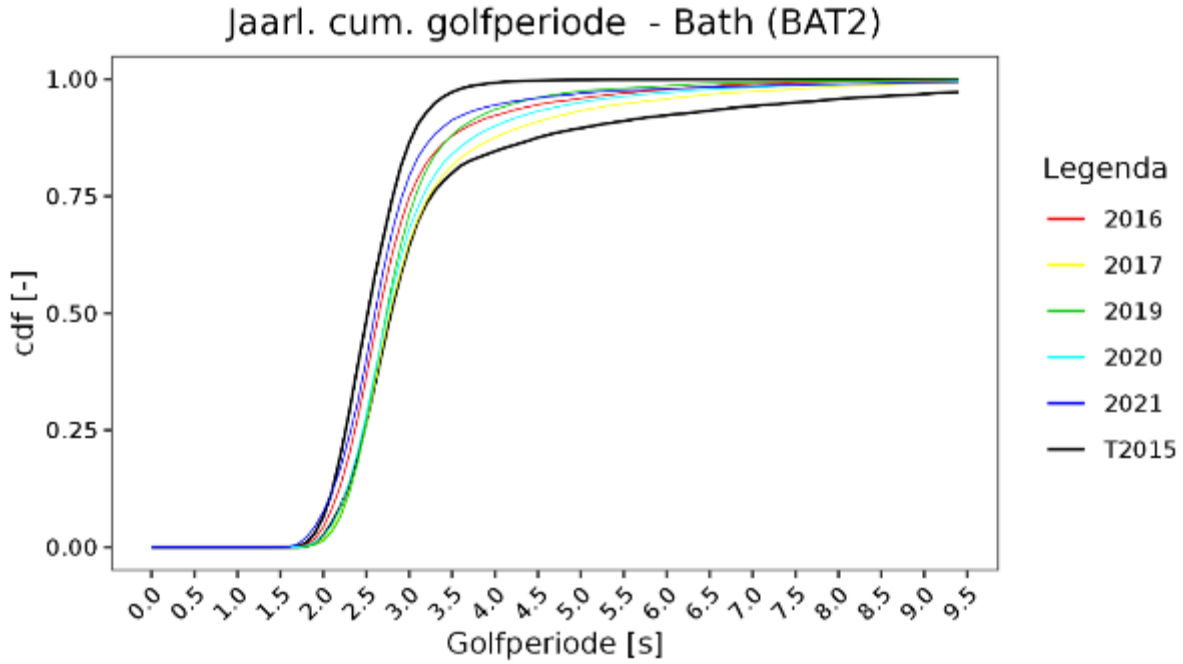
Figuur 9-104: Jaarlijkse cumulatieve verdelingen van de spectrale golfperiode te Hansweert (2016-2021) en de uiterste grenzen op basis van de cumulatieve verdelingen t/m 2015.



Figuur 9-105: Jaarlijkse cumulatieve verdelingen van de spectrale golfperiode te Overloop van Hansweert (2016-2021) en de uiterste grenzen op basis van de cumulatieve verdelingen t/m 2015.



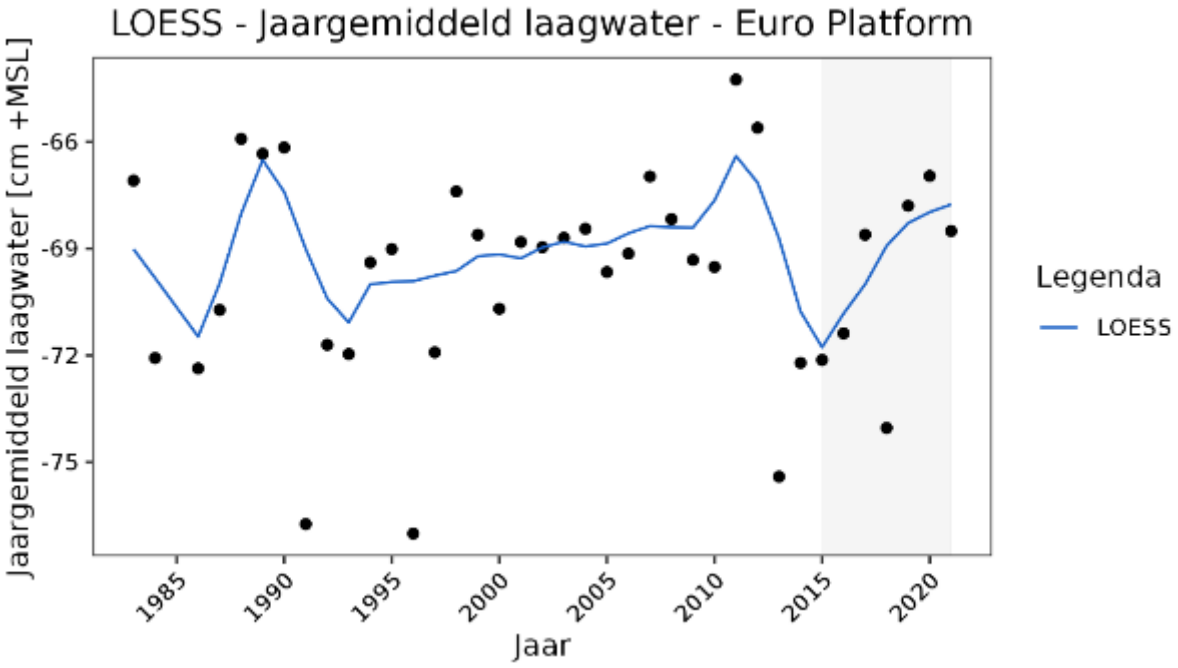
Figuur 9-106: Jaarlijkse cumulatieve verdelingen van de spectrale golfperiode te Overloop van Valkenisse (2016-2021) en de uiterste grenzen op basis van de cumulatieve verdelingen t/m 2015.



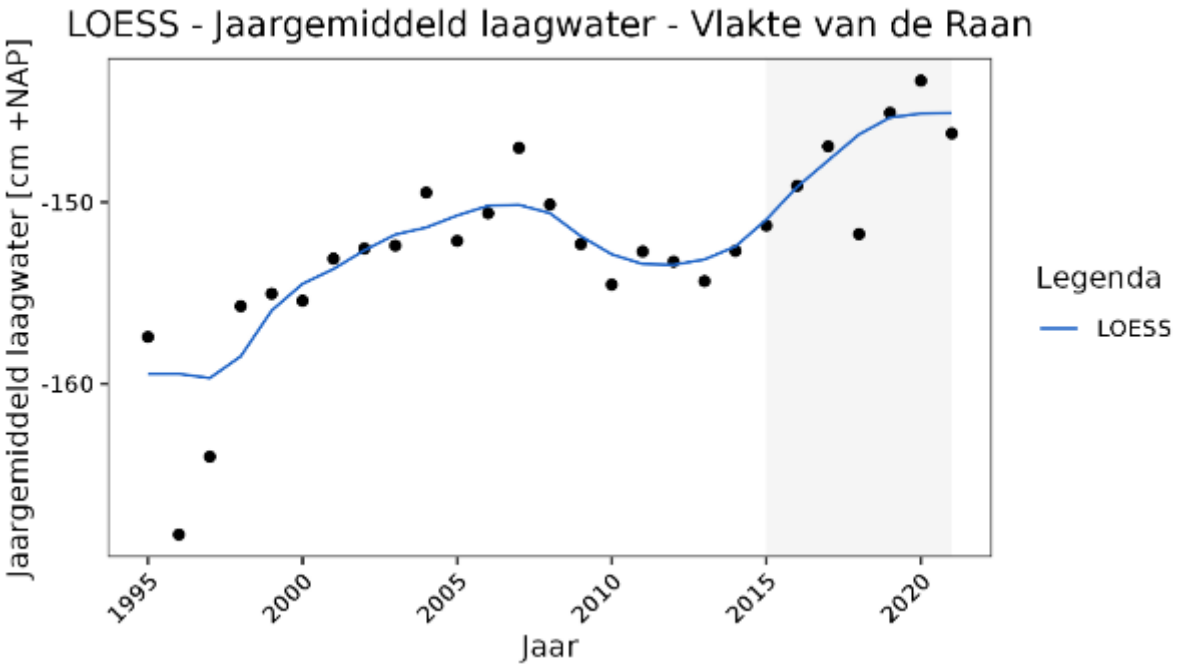
Figuur 9-107: Jaarlijkse cumulatieve verdelingen van de spectrale golfperiode te Bath (2016-2021) en de uiterste grenzen op basis van de cumulatieve verdelingen t/m 2015.

A.6. Jaargemiddelde laagwaterstand

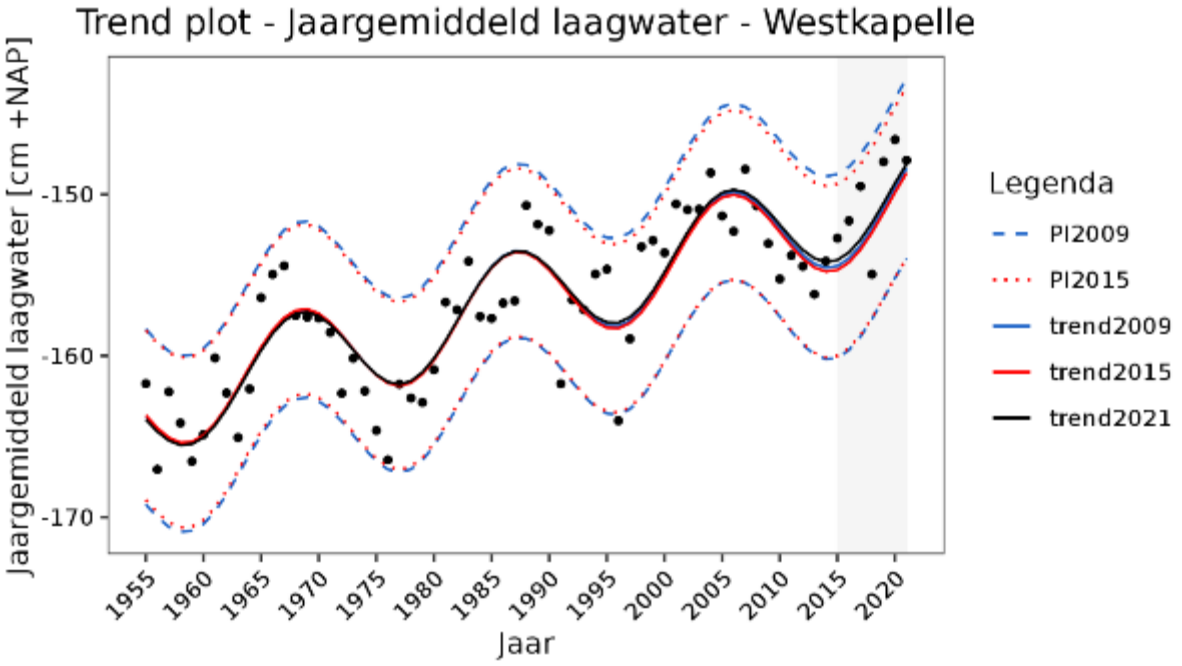
Buiten het estuarium en in de monding



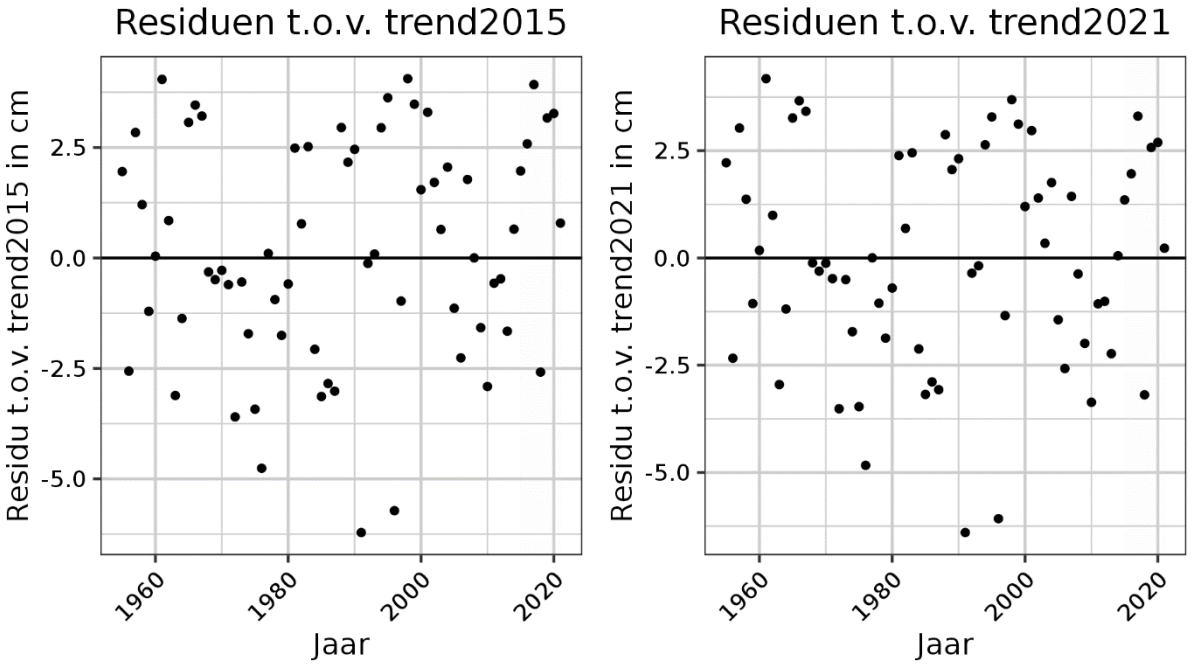
Figuur 9-108: Datapunten van jaargemiddelde laagwaterstanden voor Europlatform voor de periode van 1983-2021 en een LOESS filter met spanwijdte van 6 jaar.



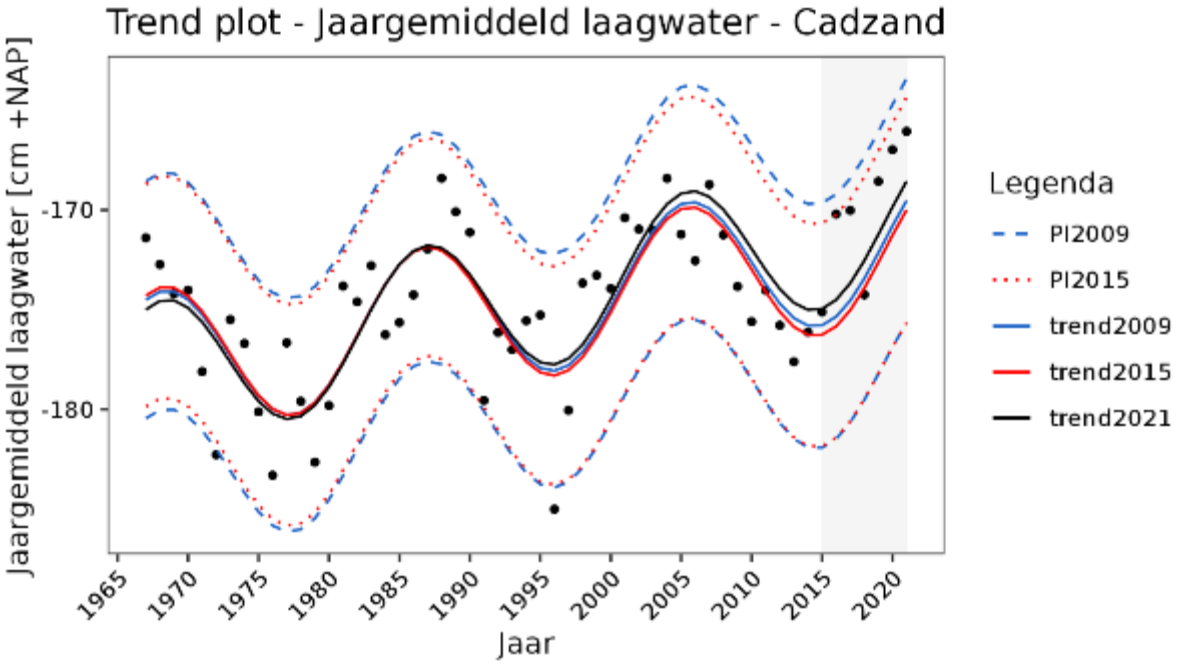
Figuur 9-109: Datapunten van jaargemiddelde laagwaterstanden voor Vlakte van de Raan voor de periode van 1995-2021 en een LOESS filter met spanwijdte van 6 jaar.



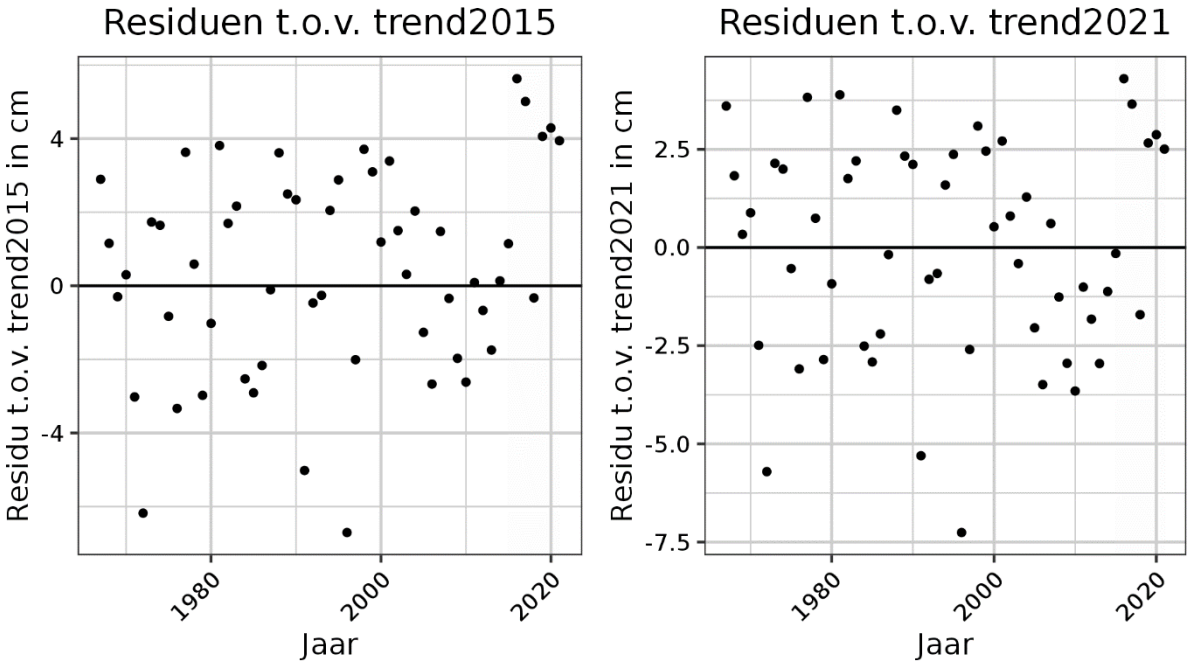
Figuur 9-110: Resultaten trendanalyse jaargemiddelde laagwaterstanden Westkapelle met de trends tot en met 2009, 2015 en 2021 voor de periode 1955-2021 en de bijbehorende predictie-intervallen.



Figuur 9-111: Residuen trendanalyse T2015 met een voorspelling t/m 2021 en residuen met de nieuwe trend t/m 2021 voor de jaargemiddelde laagwaterstanden bij station Westkapelle.

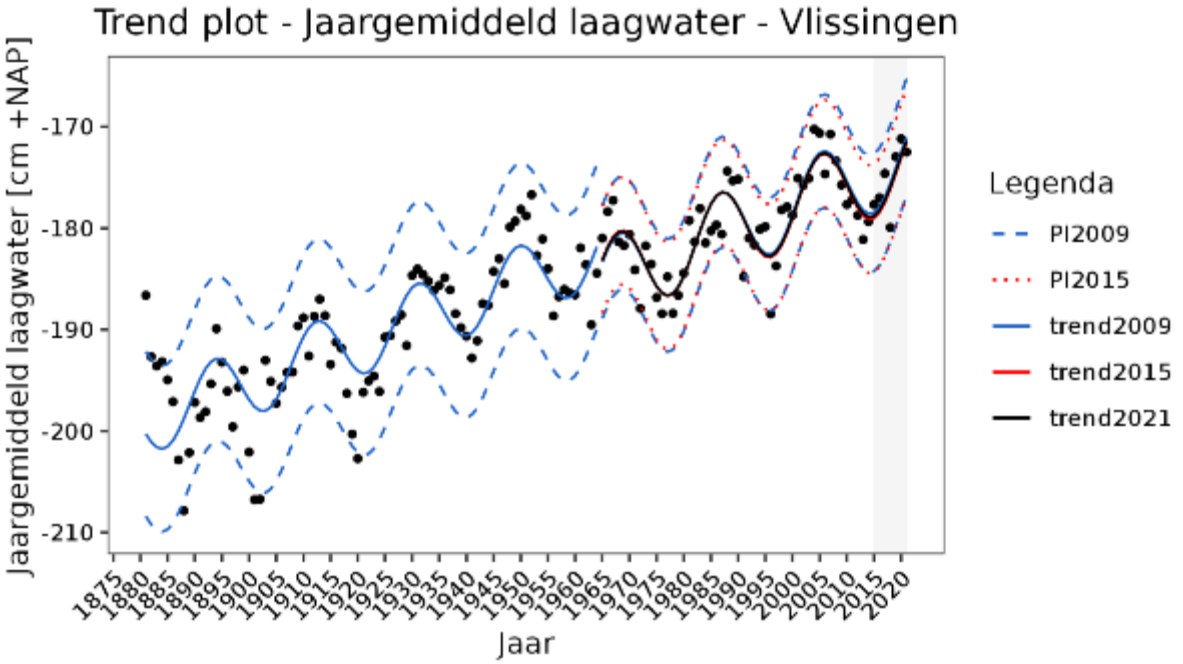


Figuur 9-112: Resultaten trendanalyse jaargemiddelde laagwaterstanden Cadzand met de trends tot en met 2009, 2015 en 2021 voor de periode 1967-2021 en de bijbehorende predictie-intervallen.

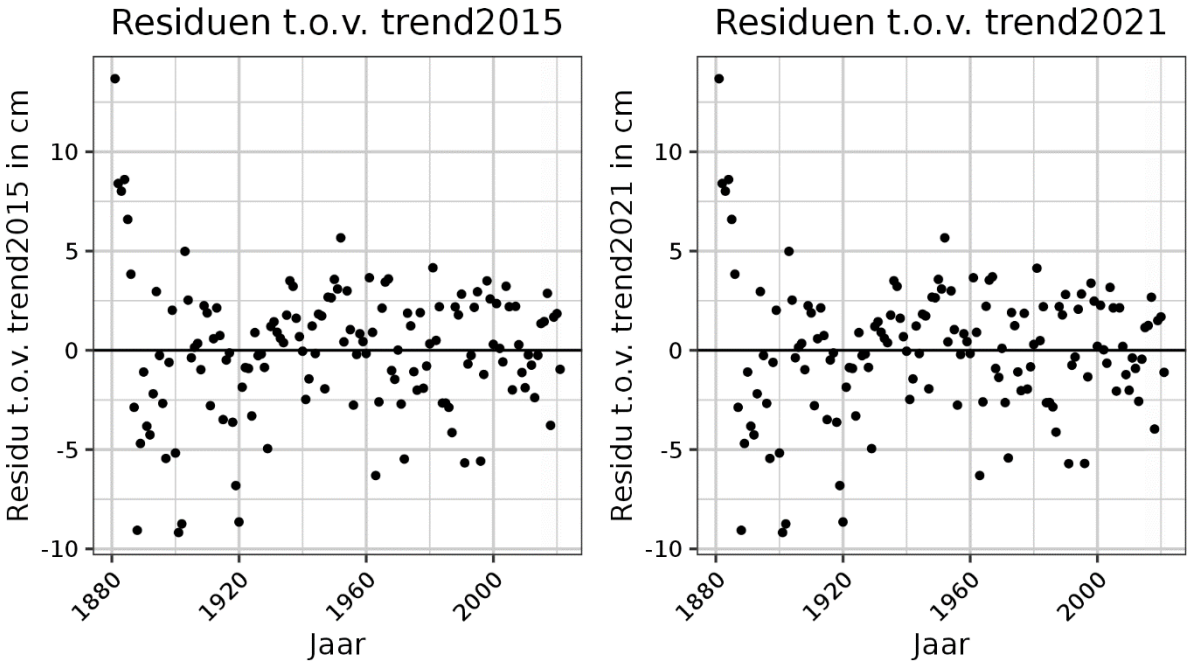


Figuur 9-113: Residuen trendanalyse T2015 met een voorspelling t/m 2021 en residuen met de nieuwe trend t/m 2021 voor de jaargemiddelde laagwaterstanden bij station Cadzand.

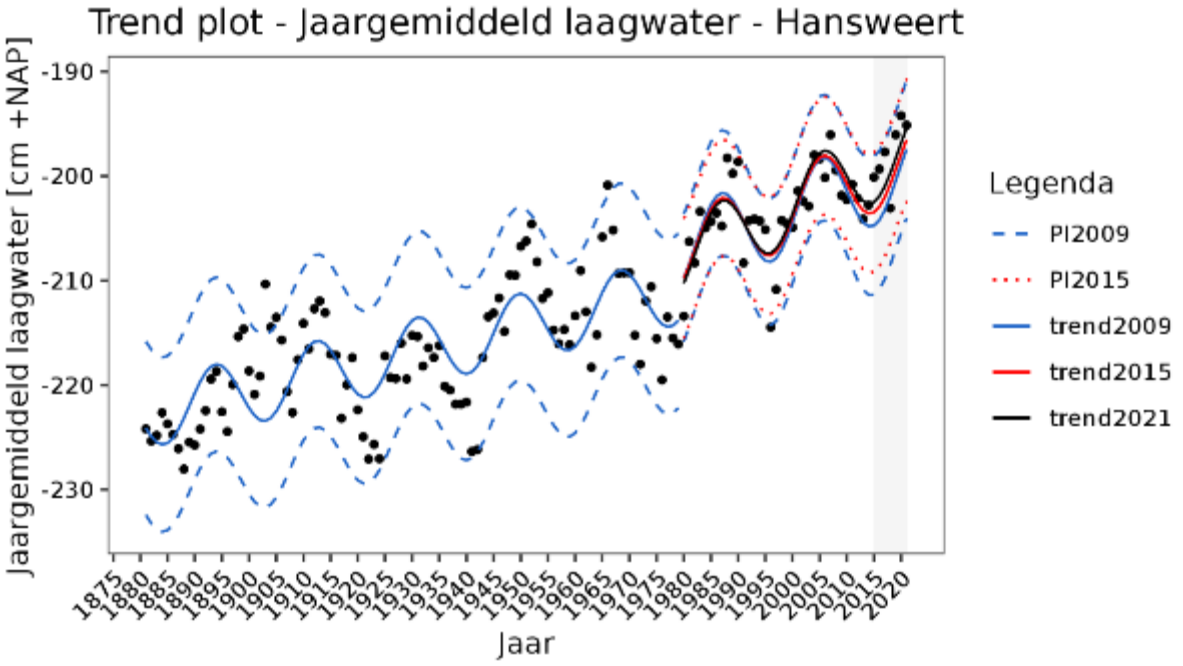
Westerschelde



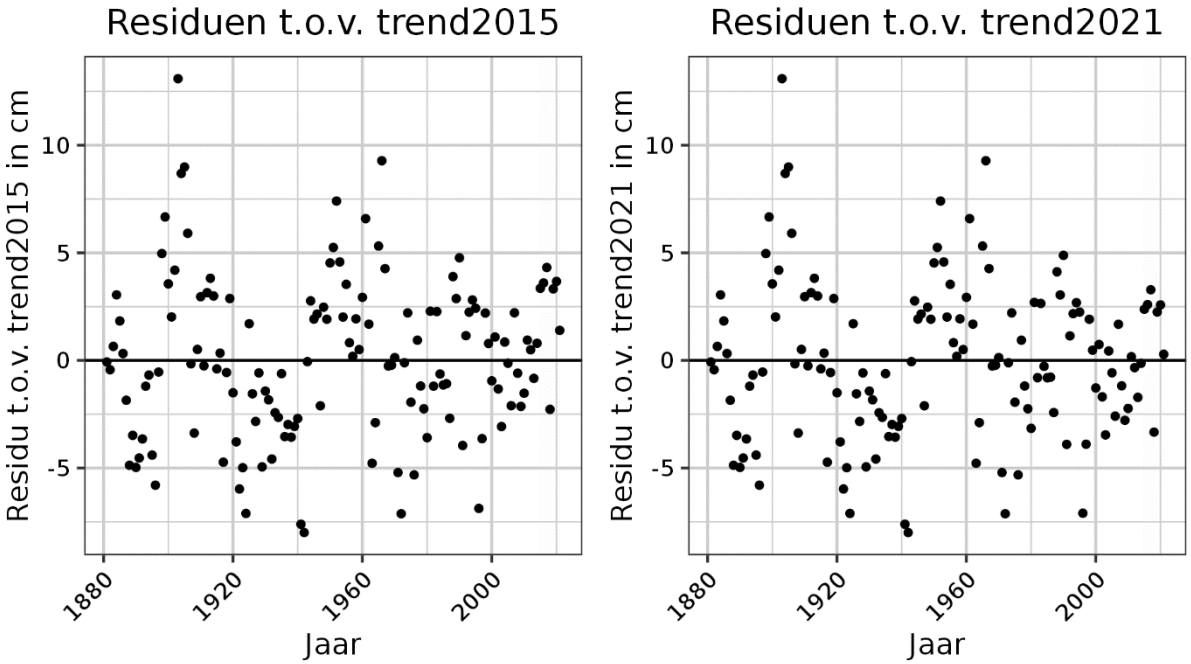
Figuur 9-114: Resultaten trendanalyse jaargemiddelde laagwaterstanden Vlissingen met de trends tot en met 2009, 2015 en 2021 voor de periode 1881-2021 en de bijbehorende predictie-intervallen. Trendbreuk in 1965.



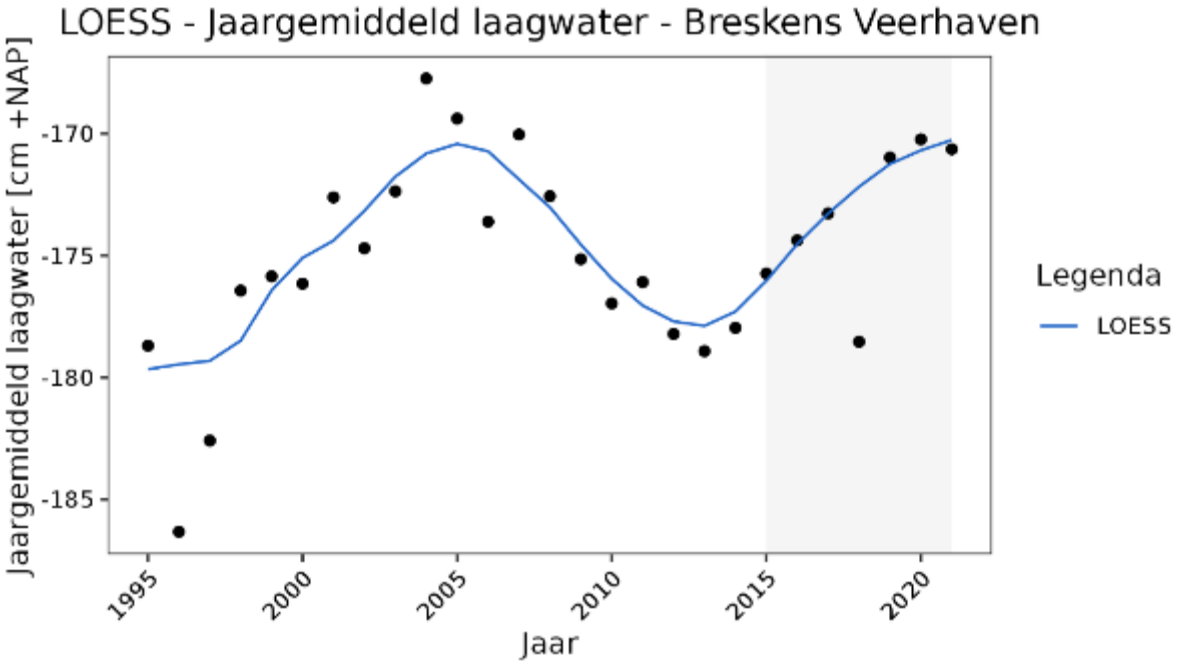
Figuur 9-115: Residuen trendanalyse T2015 met een voorspelling t/m 2021 en residuen met de nieuwe trend t/m 2021 voor de jaargemiddelde laagwaterstanden bij station Vlissingen. Trendbreuk in 1965



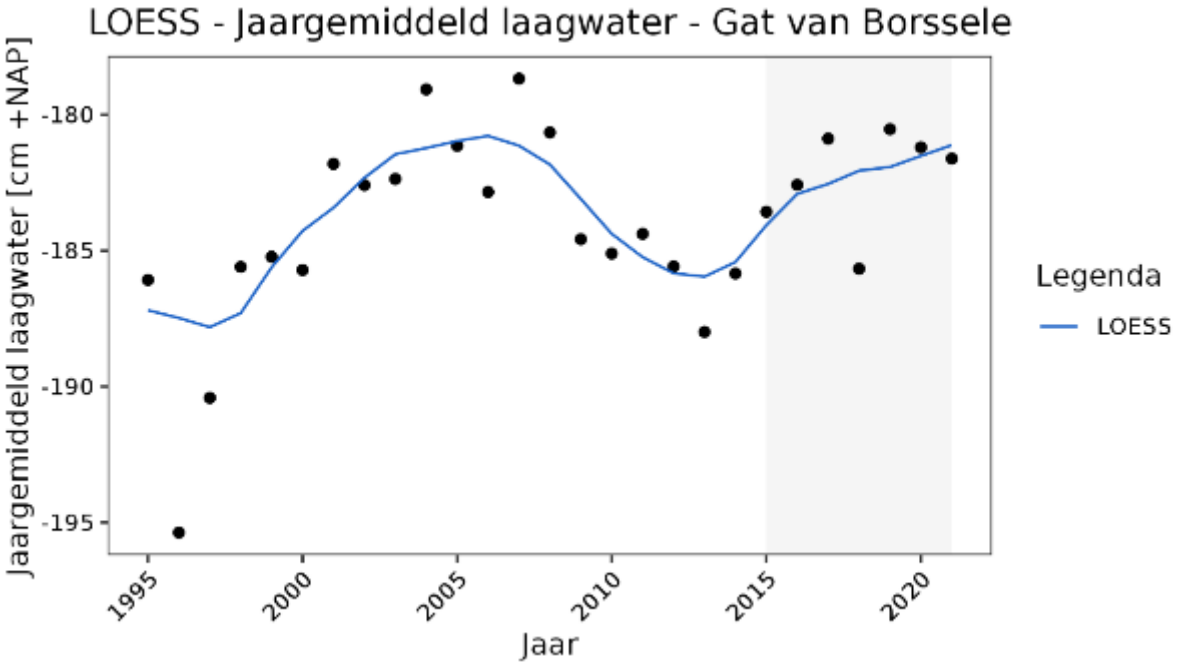
Figuur 9-116: Resultaten trendanalyse jaargemiddelde laagwaterstanden Hansweert met de trends tot en met 2009, 2015 en 2021 voor de periode 1881-2021 en de bijbehorende predictie-intervallen. Trendbreuk in 1960.



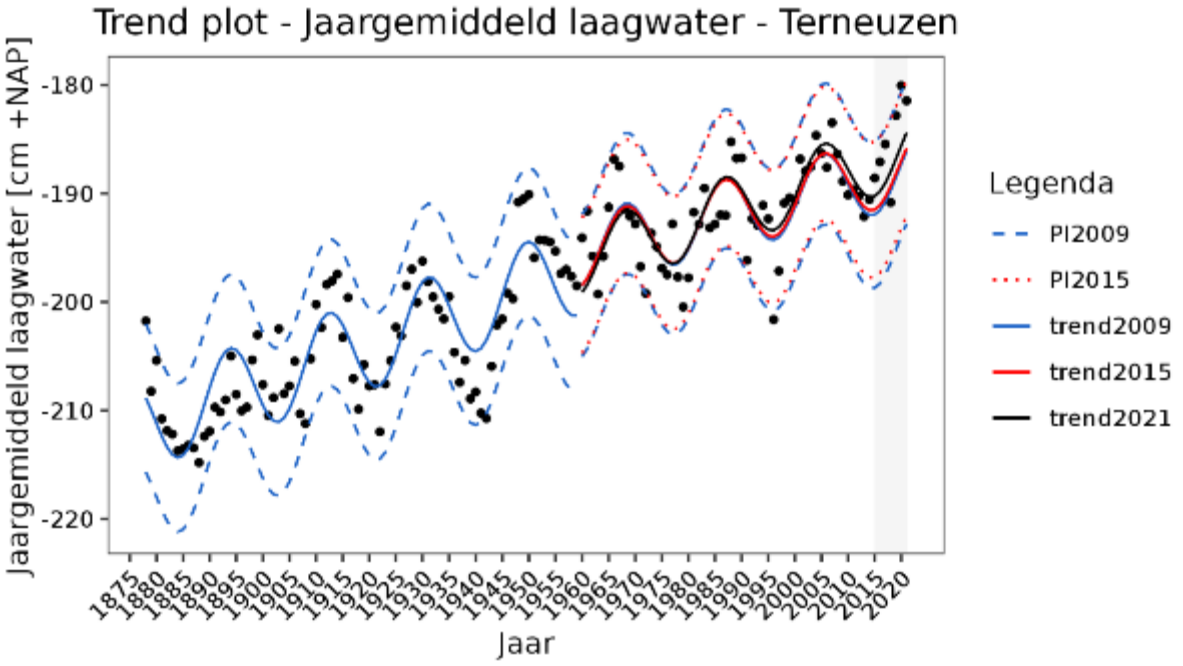
Figuur 9-117: Residuen trendanalyse T2015 met een voorspelling t/m 2021 en residuen met de nieuwe trend t/m 2021 voor de jaargemiddelde laagwaterstanden bij station Hansweert. Trendbreuk in 1960.



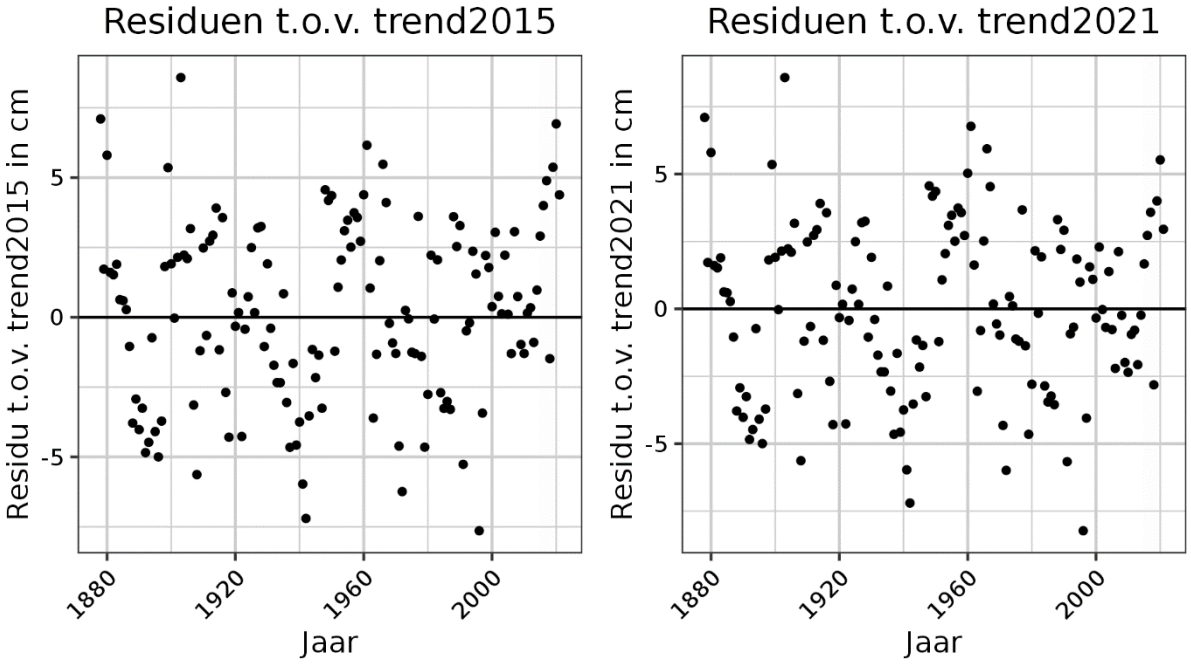
Figuur 9-118: Datapunten van jaargemiddelde laagwaterstanden voor Breskens Veerhaven voor de periode van 1995-2021 en een LOESS filter met spanwijdte van 6 jaar.



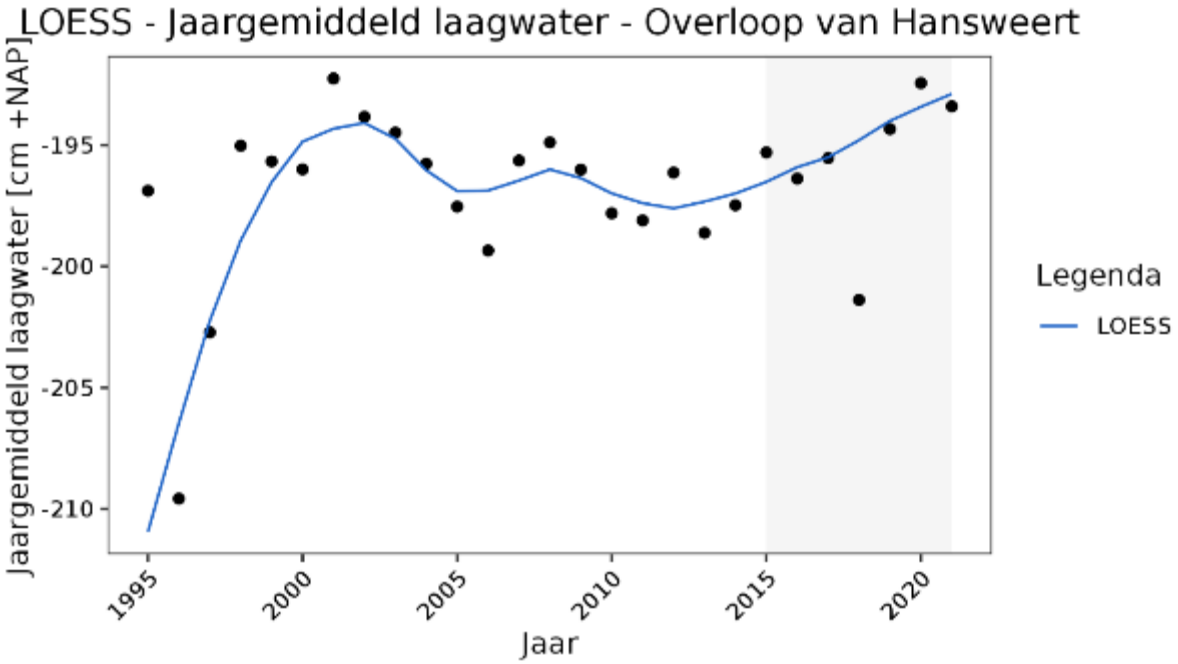
Figuur 9-119: Datapunten van jaargemiddelde laagwaterstanden voor Gat van Borssele voor de periode van 1995-2021 en een LOESS filter met spanwijdte van 6 jaar.



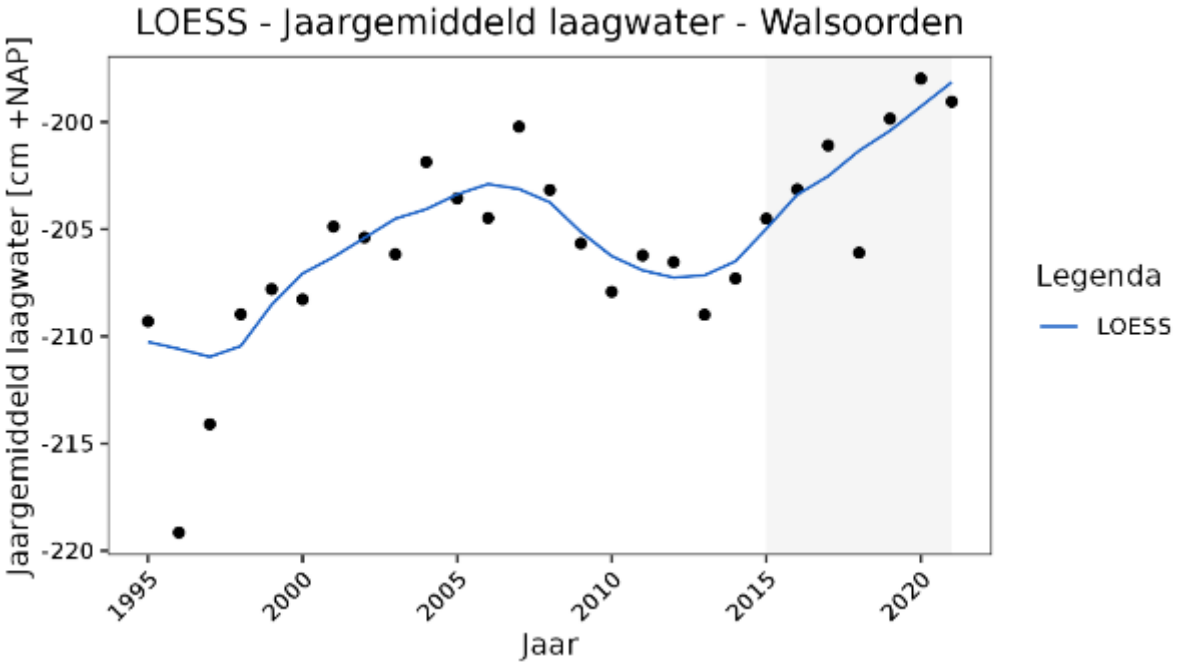
Figuur 9-120: Resultaten trendanalyse jaargemiddelde laagwaterstanden Terneuzen met de trends tot en met 2009, 2015 en 2021 voor de periode 1878-2021 en de bijbehorende predictie-intervallen. Trendbreuk in 1960.



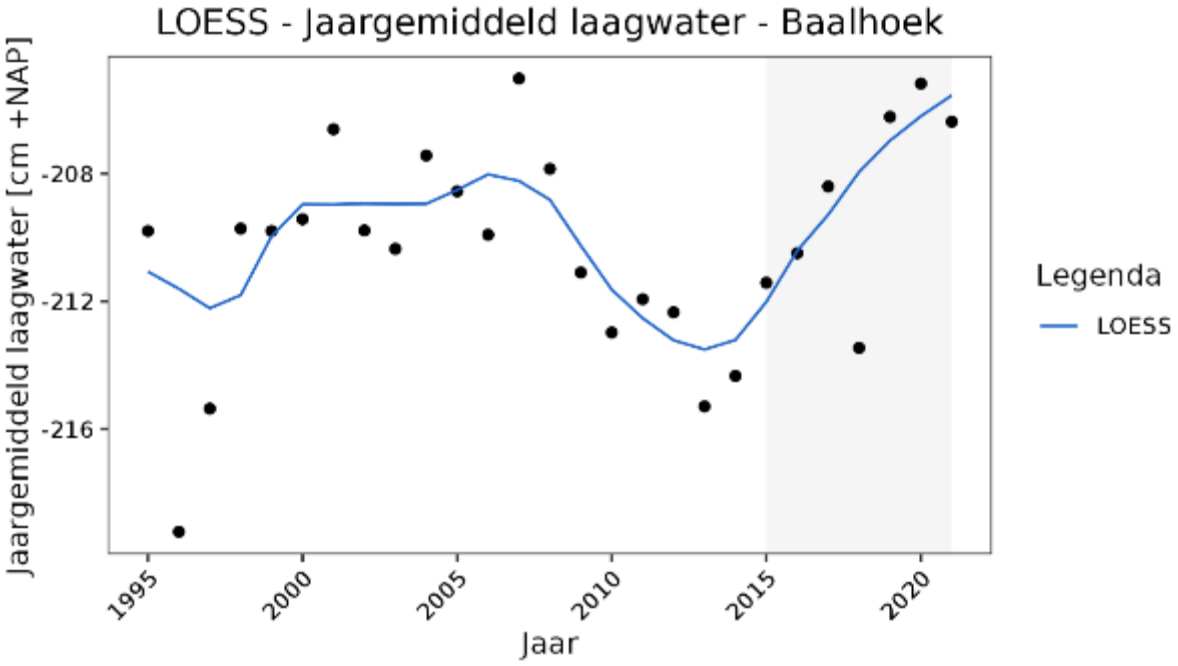
Figuur 9-121: Residuen trendanalyse T2015 met een voorspelling t/m 2021 en residuen met de nieuwe trend t/m 2021 voor de jaargemiddelde laagwaterstanden bij station Terneuzen. Trendbreuk in 1960.



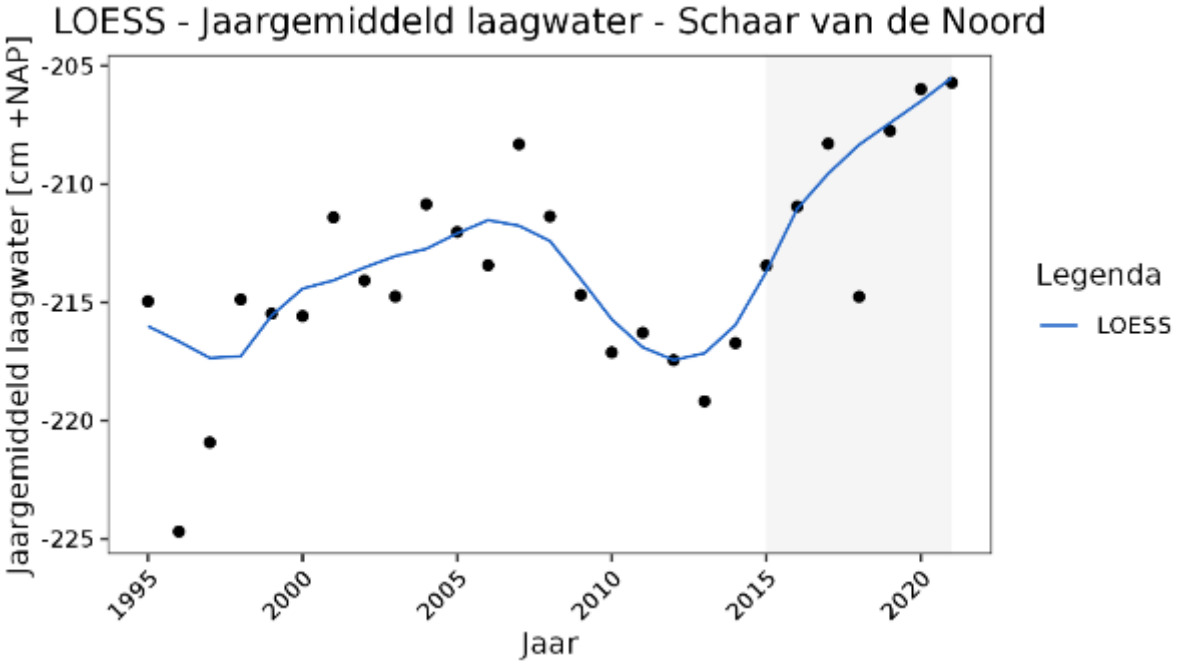
Figuur 9-122: Datapunten van jaargemiddelde laagwaterstanden voor Overloop van Hansweert voor de periode van 1995-2021 en een LOESS filter met spanwijdte van 6 jaar.



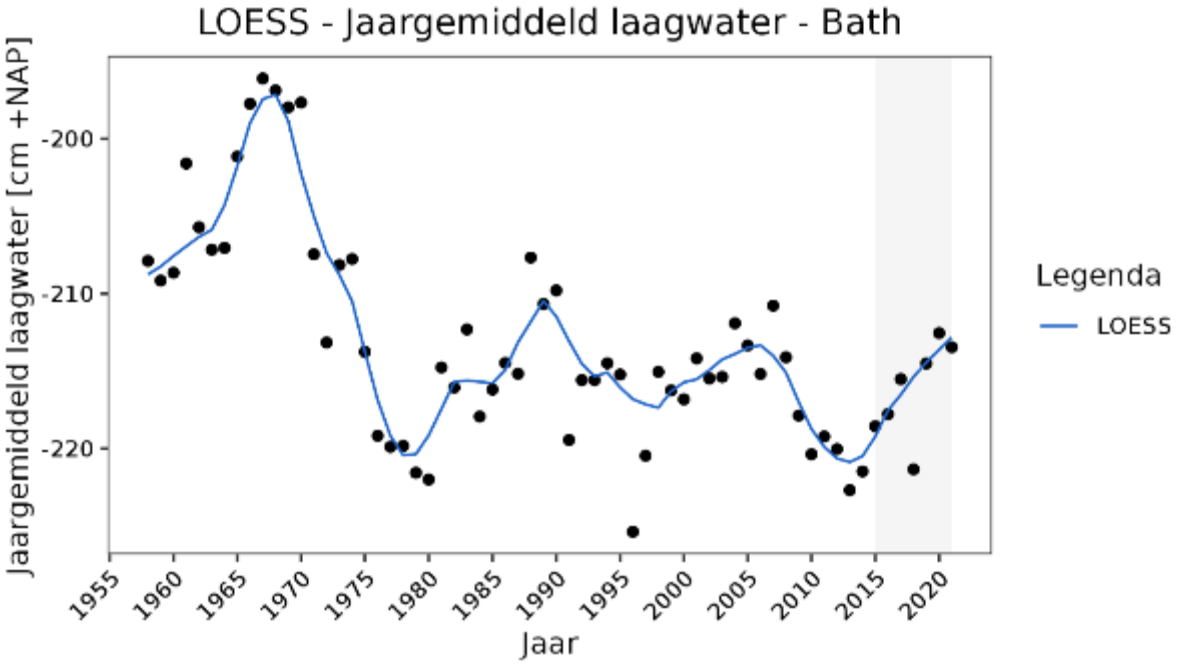
Figuur 9-123: Datapunten van jaargemiddelde laagwaterstanden voor Walsoorden voor de periode van 1995-2021 en een LOESS filter met spanwijdte van 6 jaar.



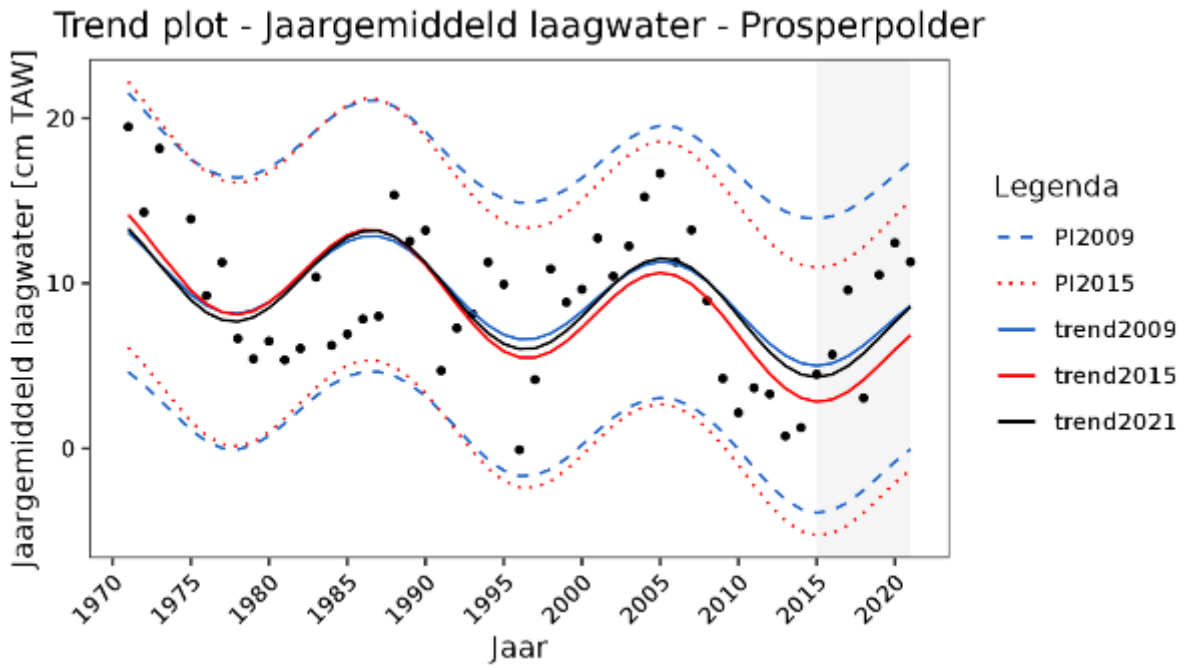
Figuur 9-124: Datapunten van jaargemiddelde laagwaterstanden voor Baalhoek voor de periode van 1995-2021 en een LOESS filter met spanwijdte van 6 jaar.



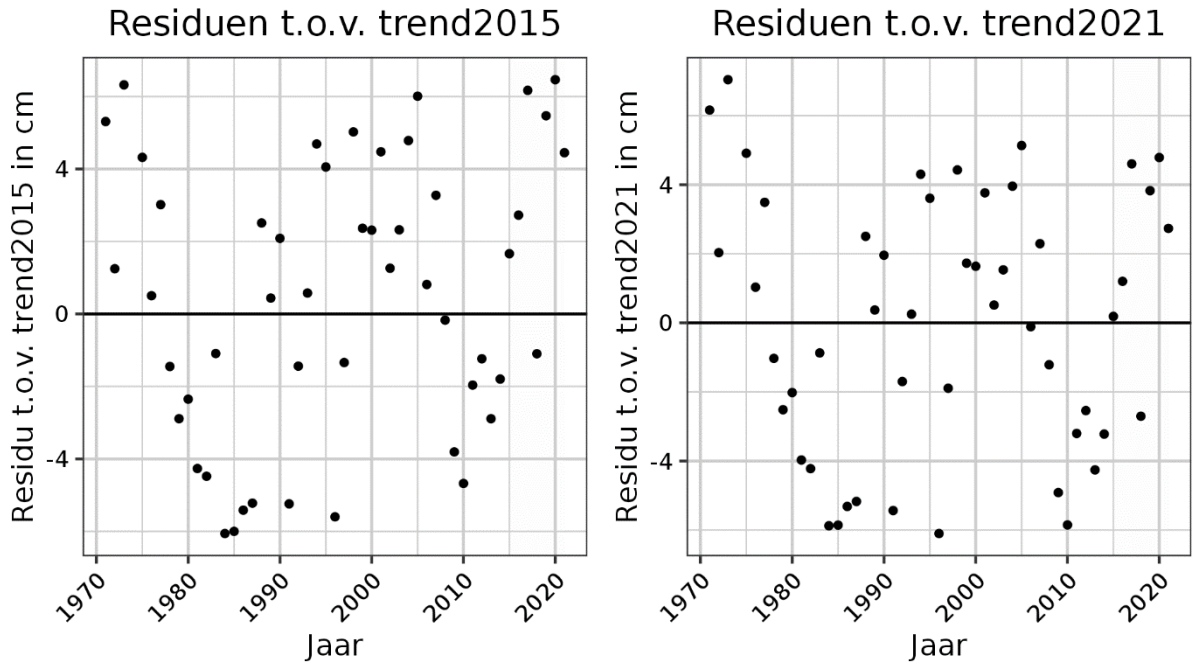
Figuur 9-125: Datapunten van jaargemiddelde laagwaterstanden voor Schaar van de Noord voor de periode van 1995-2021 en een LOESS filter met spanwijdte van 6 jaar.



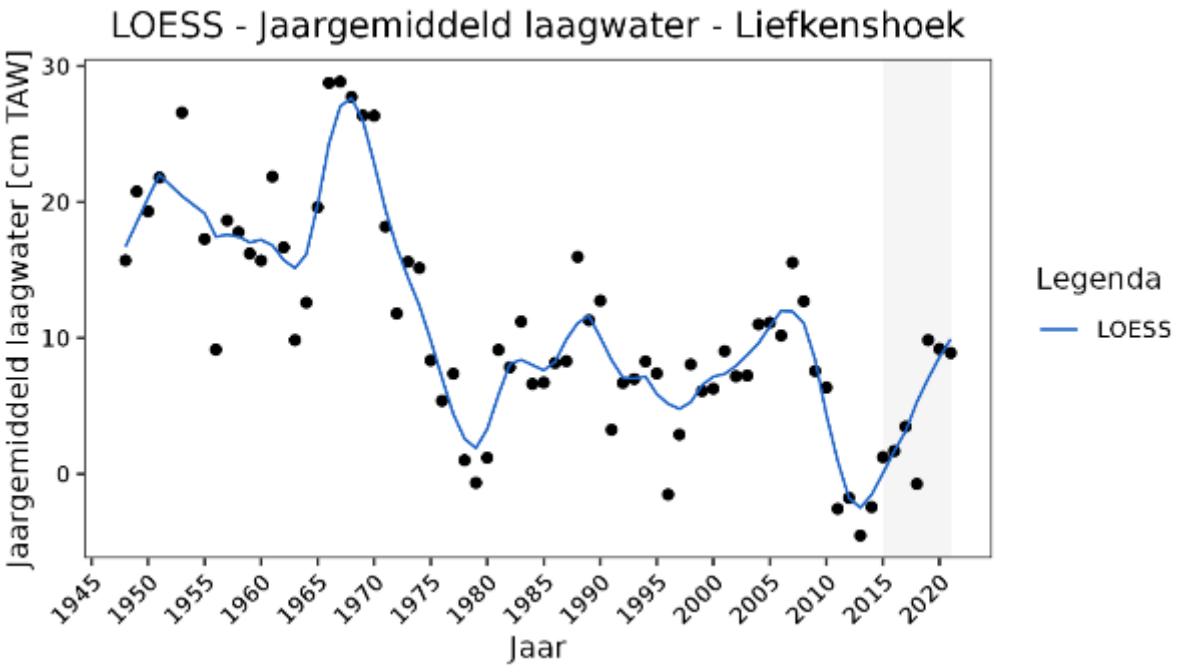
Figuur 9-126: Datapunten van jaargemiddelde laagwaterstanden voor Schaar van de Noord voor de periode van 1862-2021 en een LOESS filter met spanwijdte van 6 jaar.



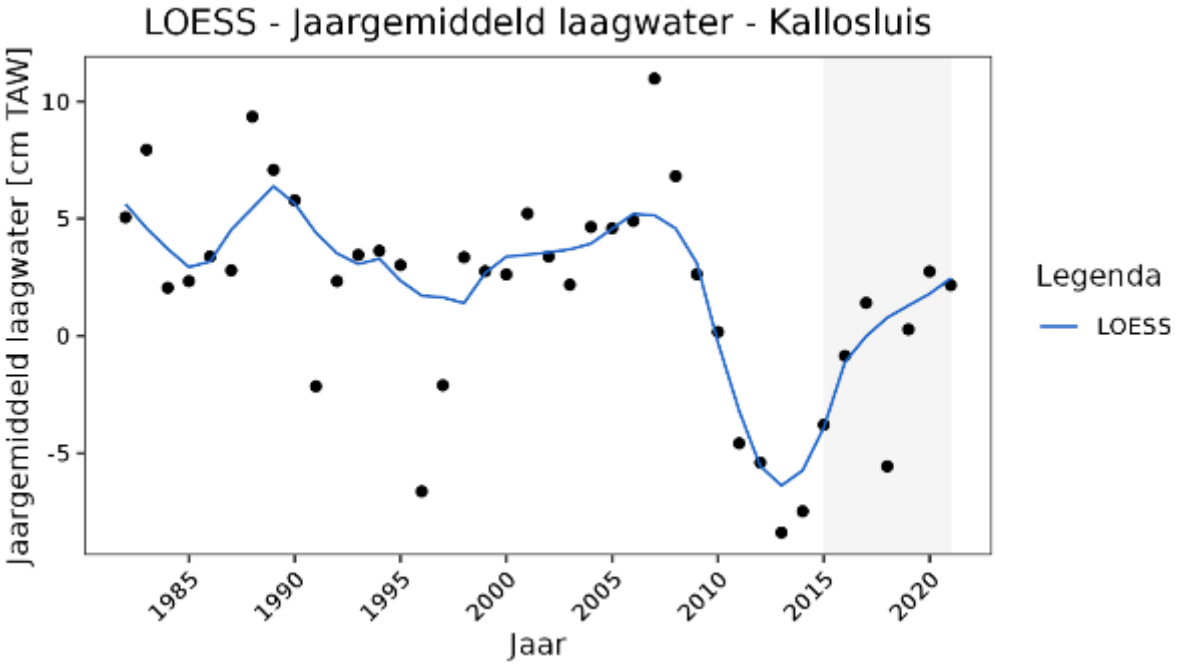
Figuur 9-127: Resultaten trendanalyse jaargemiddelde laagwaterstanden Prosperpolder met de trends tot en met 2009, 2015 en 2021.



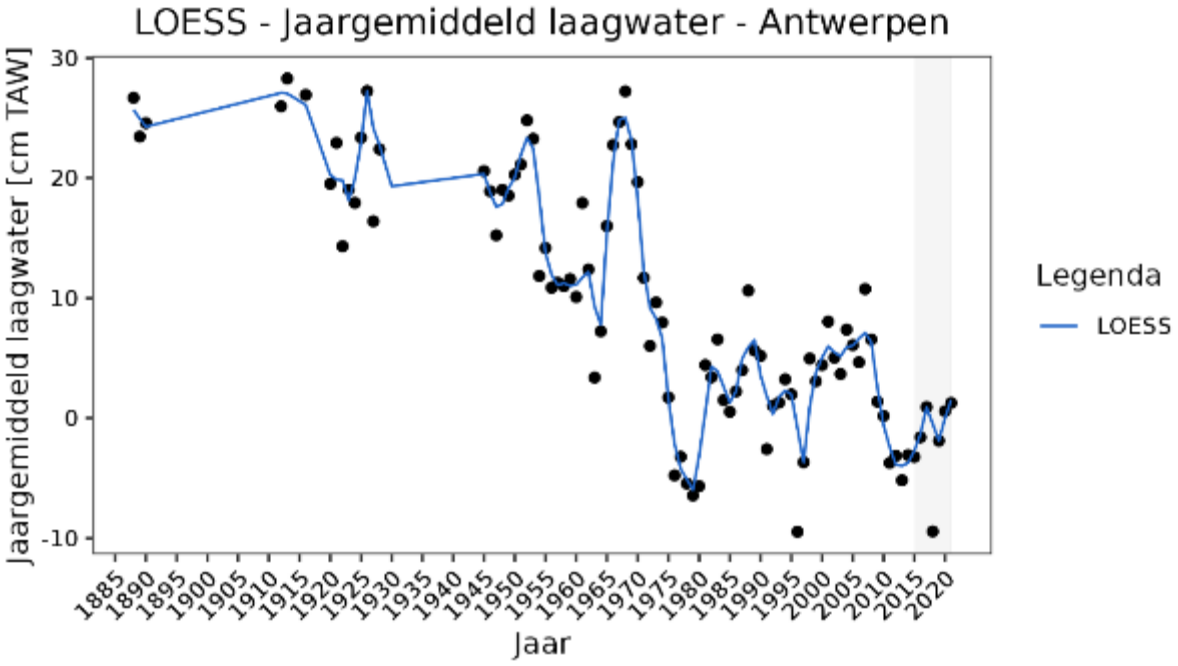
Figuur 9-128: Residuen trendanalyse T2015 met een voorspelling t/m 2021 en residuen met de nieuwe trend t/m 2021 voor de jaargemiddelde laagwaterstanden bij station Prosperpolder.



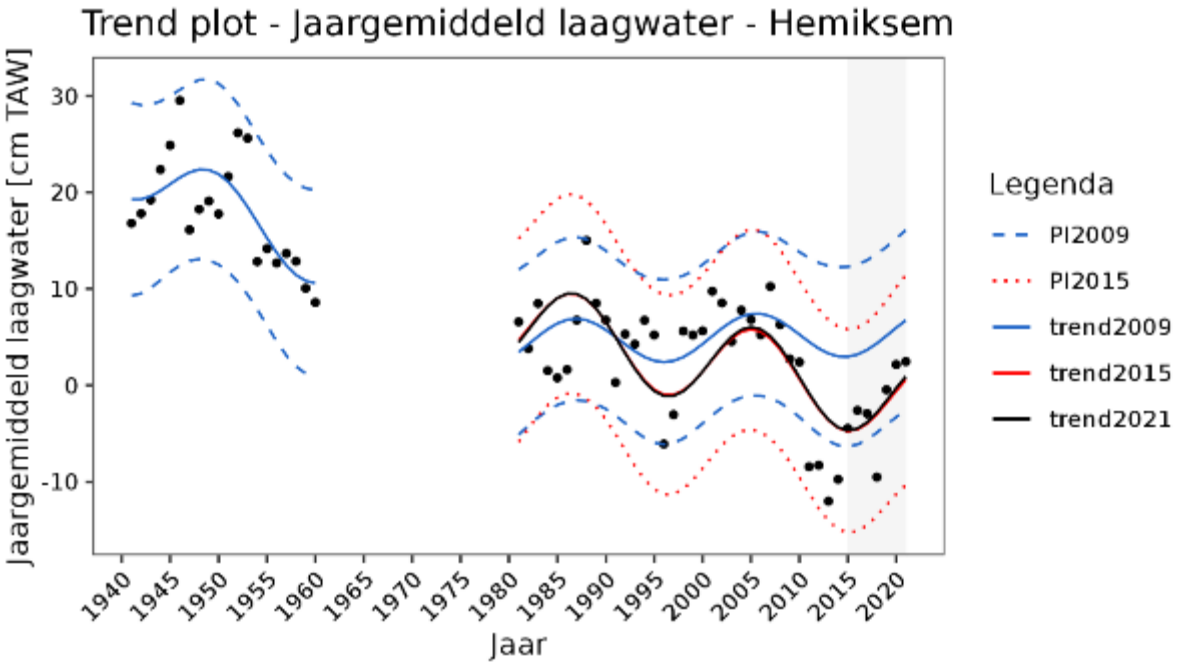
Figuur 9-129: Jaargemiddelde laagwaterstanden te Liefkenshoek met een LOESS-filter met een spanwijdte van 6 jaar. Sinds de sterke daling van de jaargemiddelde waterstanden in de jaren '70 is er geen significante trend meer zichtbaar.



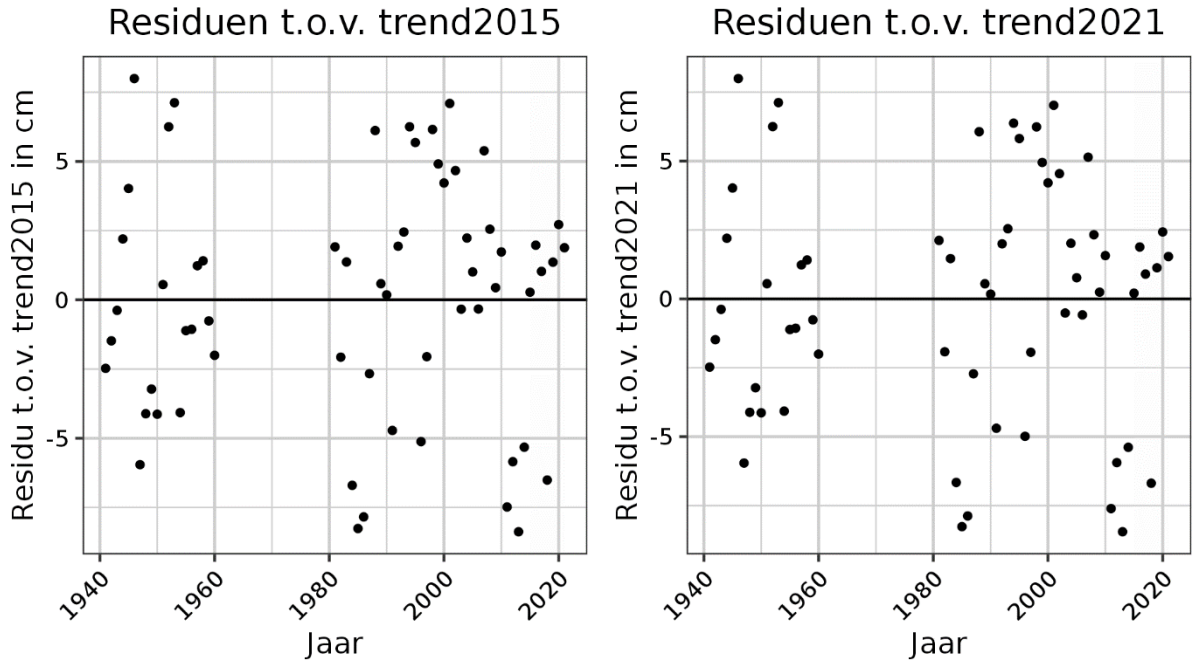
Figuur 9-130: Jaargemiddelde laagwaterstanden te Kallosluis voor de periode 1982-2021 met een LOESS-filter met een spanwijdte van 6 jaar.



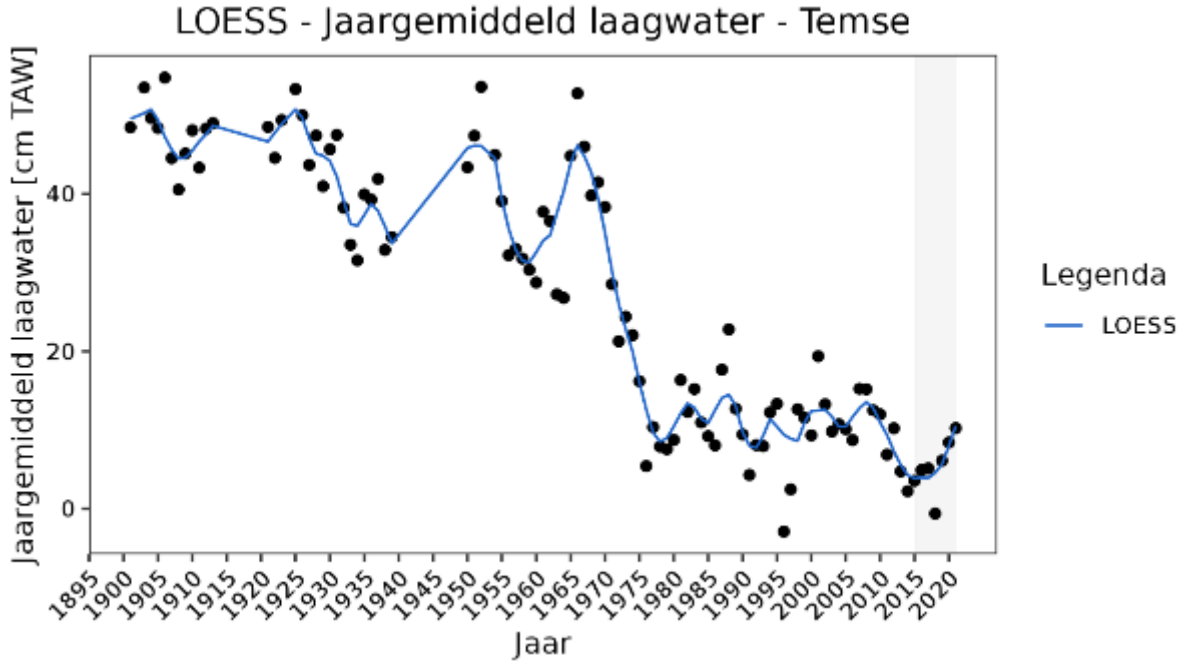
Figuur 9-131: Jaargemiddelde laagwaterstanden te Antwerpen met een LOESS-filter met een spanwijdte van 6 jaar. Sinds de sterke daling van de jaargemiddelde waterstanden in de jaren '70 is er geen significante trend meer zichtbaar.



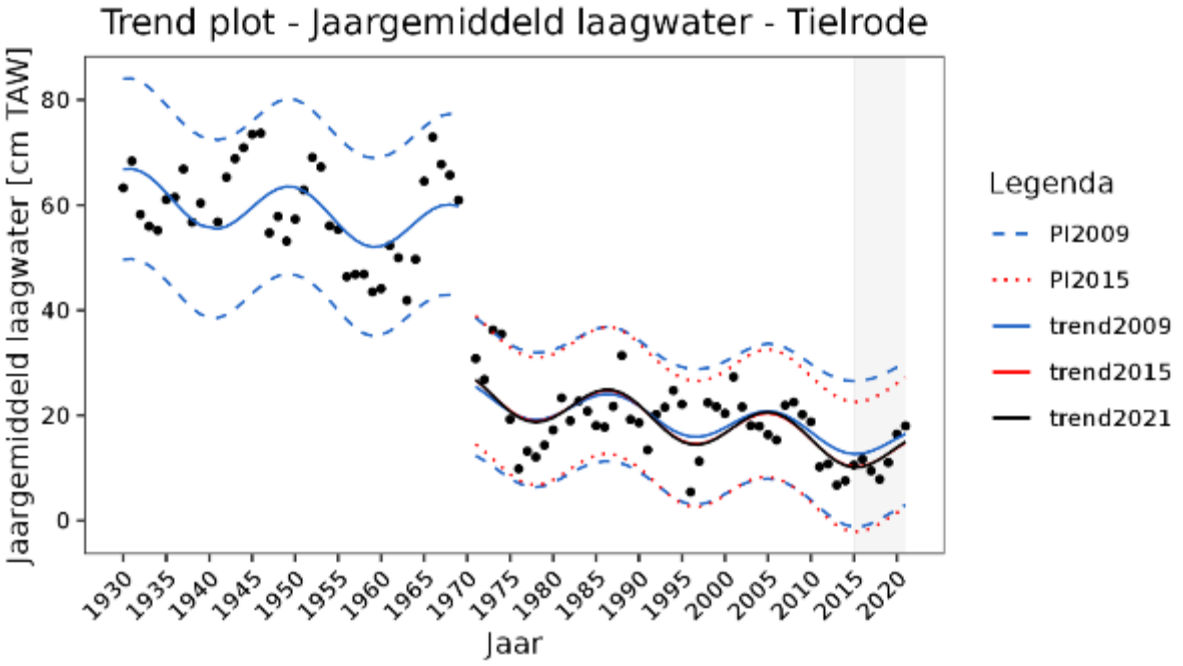
Figuur 9-132: Resultaten trendanalyse jaargemiddelde laagwaterstanden Hemiksem met de trends tot en met 2009, 2015 en 2021. De trend voor de data t/m 2009 (trend2009) is na de trendbreuk niet significant.



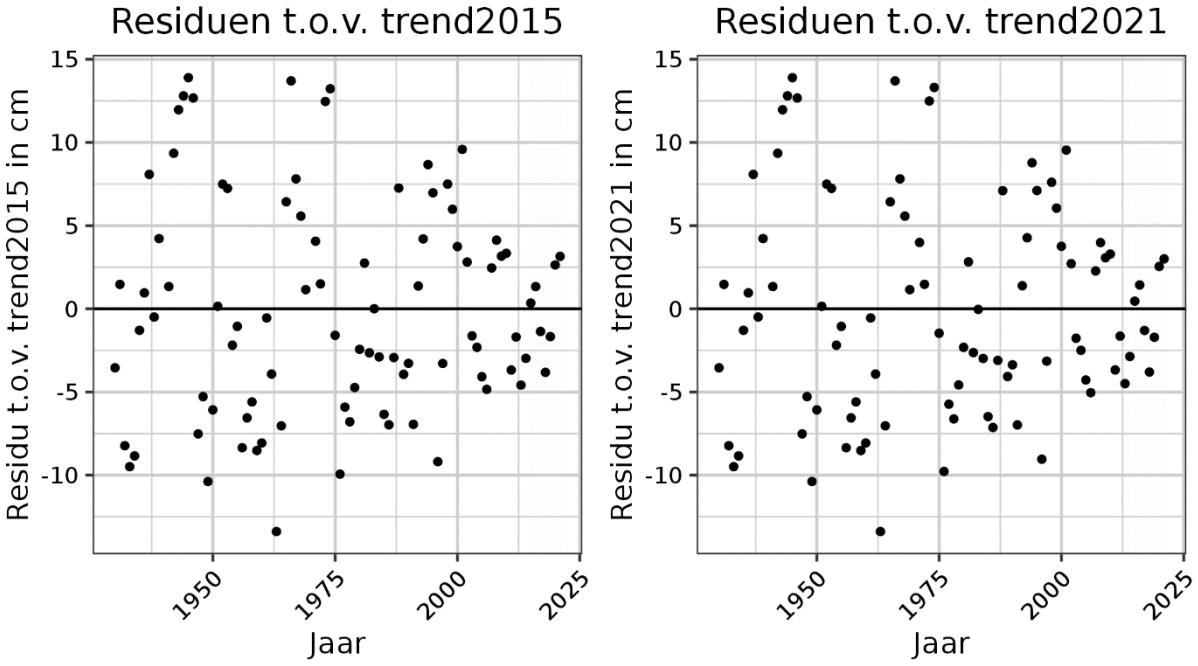
Figuur 9-133: Residuen trendanalyse T2015 met een voorspelling t/m 2021 en residuen met de nieuwe trend t/m 2021 voor de jaargemiddelde laagwaterstanden bij station Hemiksem.



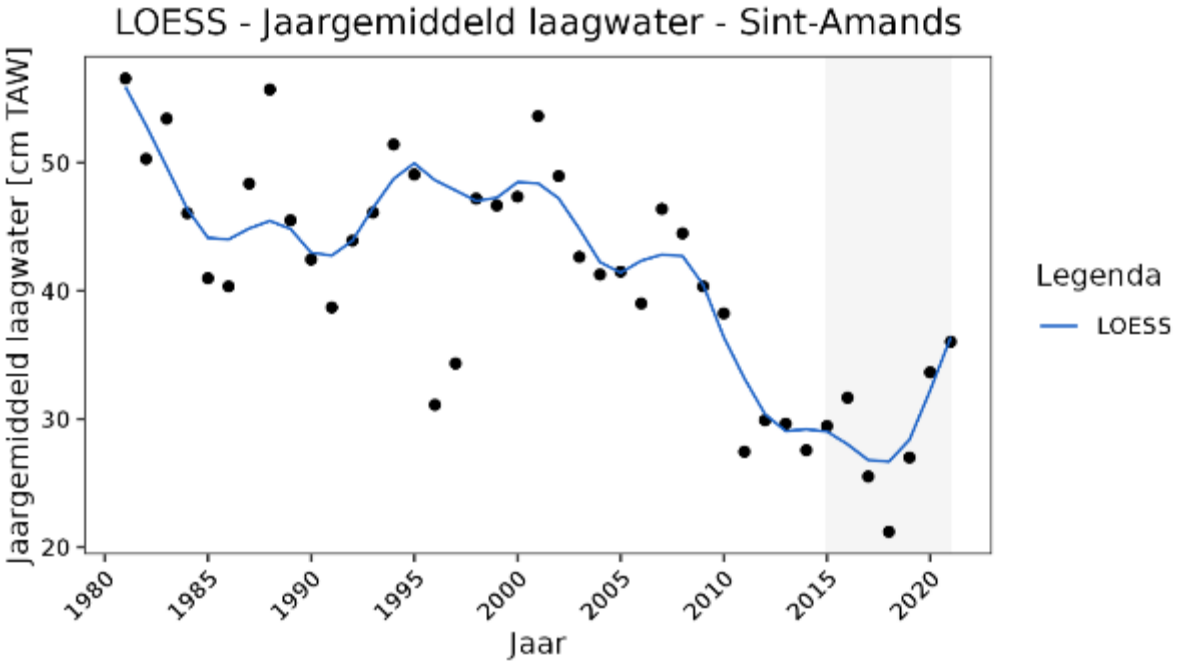
Figuur 9-134: Jaargemiddelde laagwaterstanden te Temse met een LOESS-filter met een spanwijdte van 6 jaar. Sinds de sterke daling van de jaargemiddelde waterstanden in de jaren '70 is er geen significante trend meer zichtbaar.



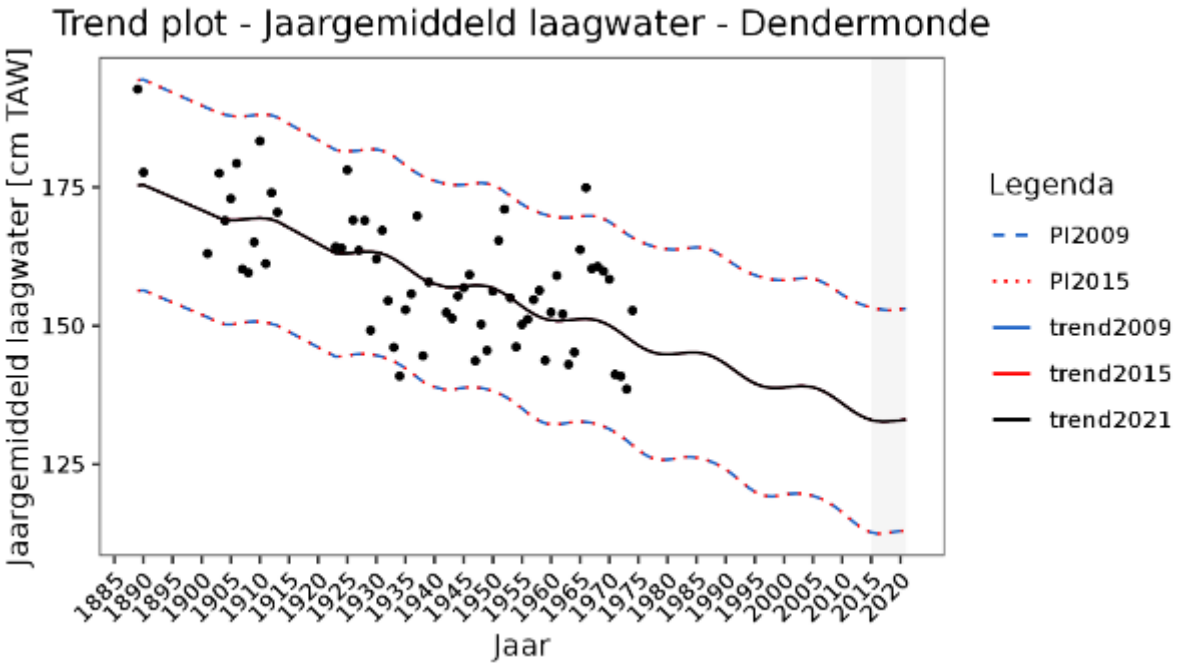
Figuur 9-135: Resultaten trendanalyse jaargemiddelde laagwaterstanden Tielrode met de trends tot en met 2009, 2015 en 2021. Trendbreuk in 1970



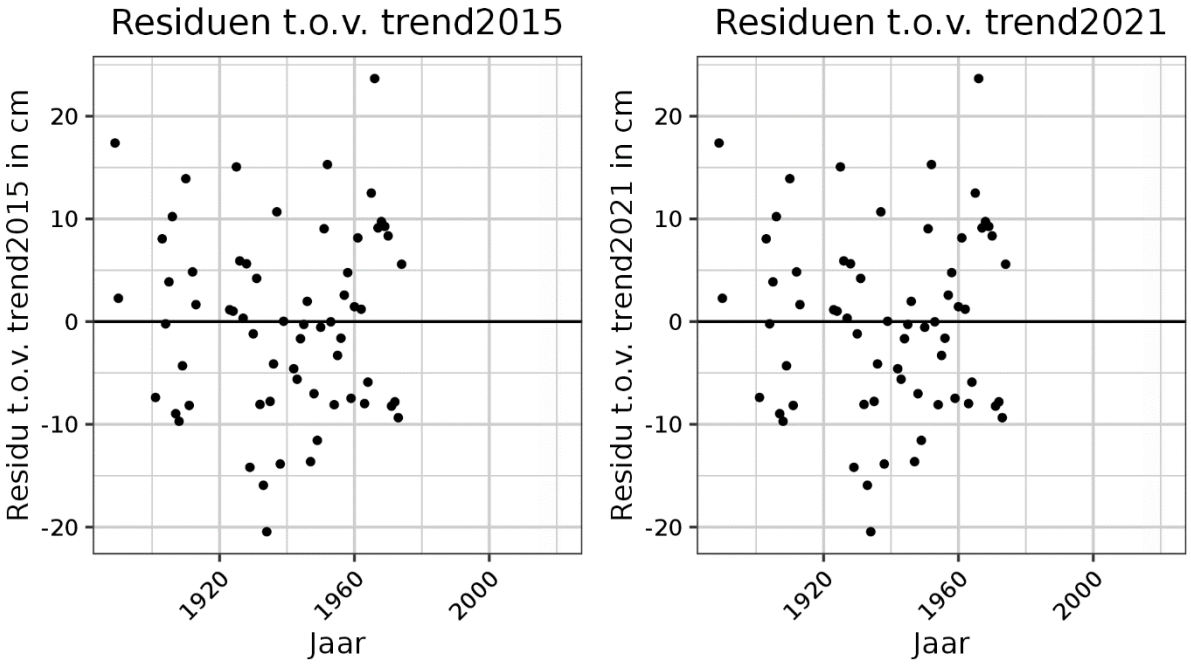
Figuur 9-136: Residuen trendanalyse T2015 met een voorspelling t/m 2021 en residuen met de nieuwe trend t/m 2021 voor de jaargemiddelde laagwaterstanden bij station Tielrode. Trendbreuk in 1970



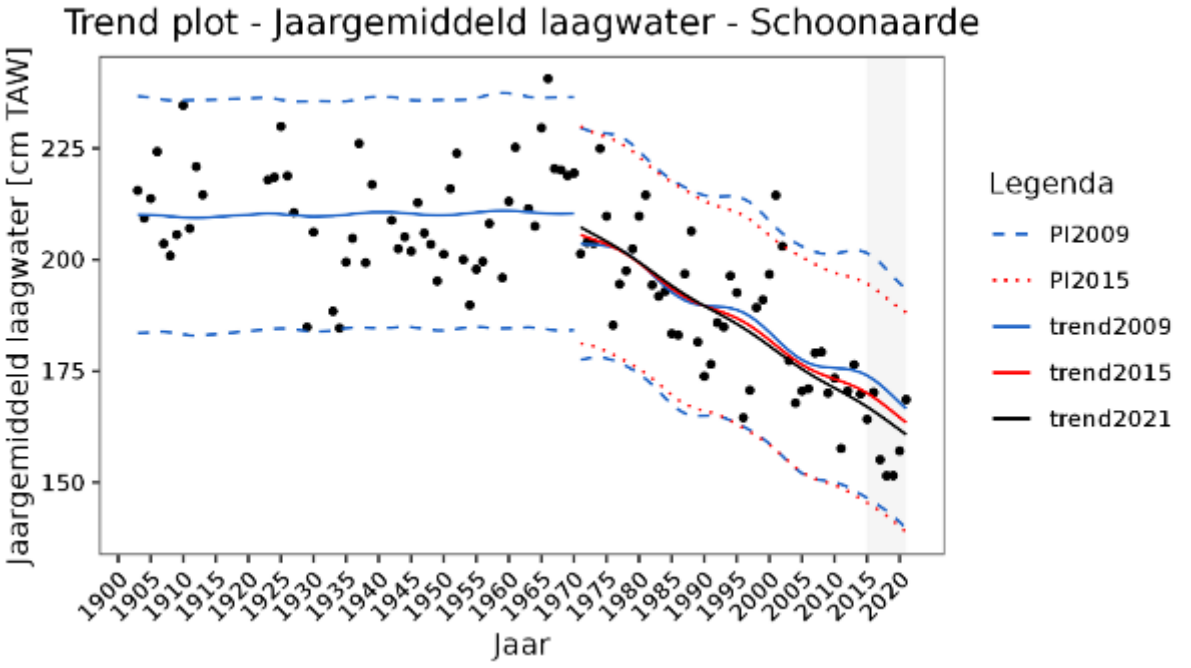
Figuur 9-137: Jaargemiddelde laagwaterstanden te Sint-Amands voor de periode 1981-2021 met een LOESS-filter met een spanwijdte van 6 jaar.



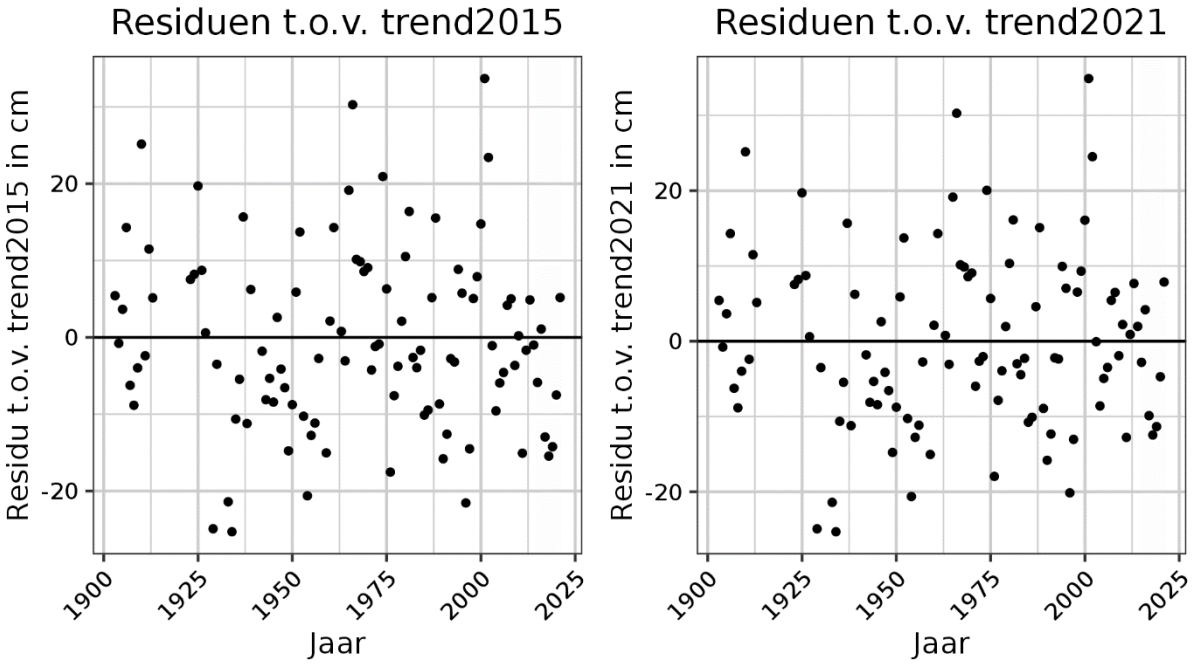
Figuur 9-138: Resultaten trendanalyse jaargemiddelde laagwaterstanden Dendermonde met de trends tot en met 2009, 2015 en 2021. Trendbreuk in 1974.



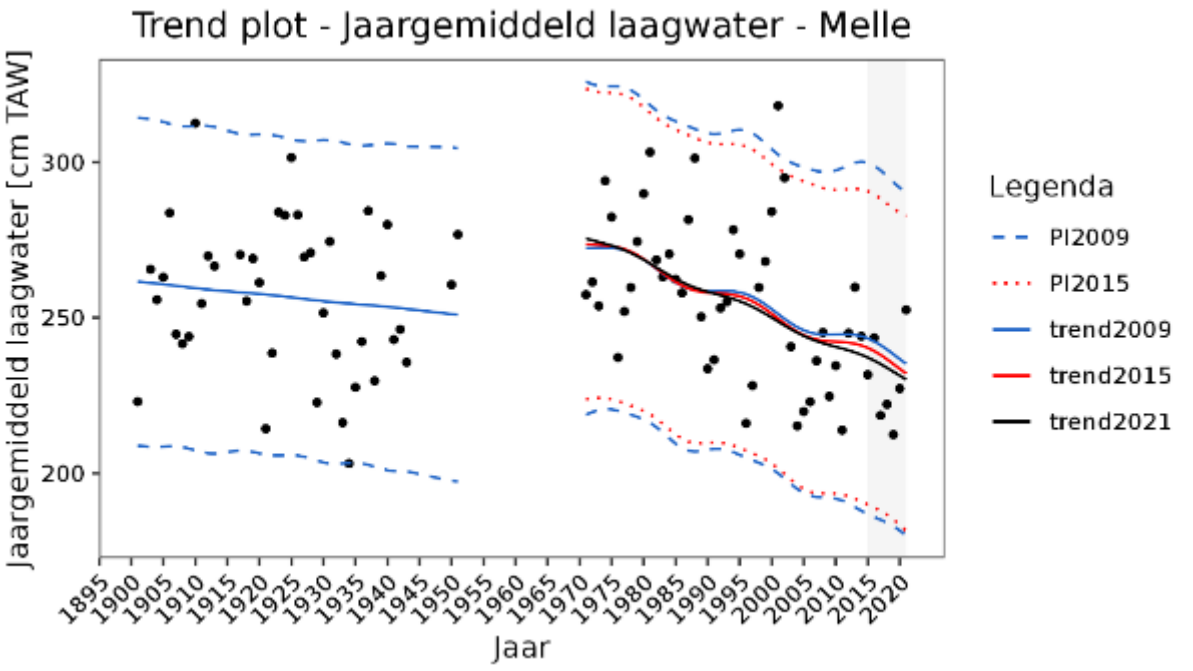
Figuur 9-139: Residuen trendanalyse T2015 met een voorspelling t/m 2021 en residuen met de nieuwe trend t/m 2021 voor de jaargemiddelde laagwaterstanden bij station Dendermonde. Trendbreuk in 1974.



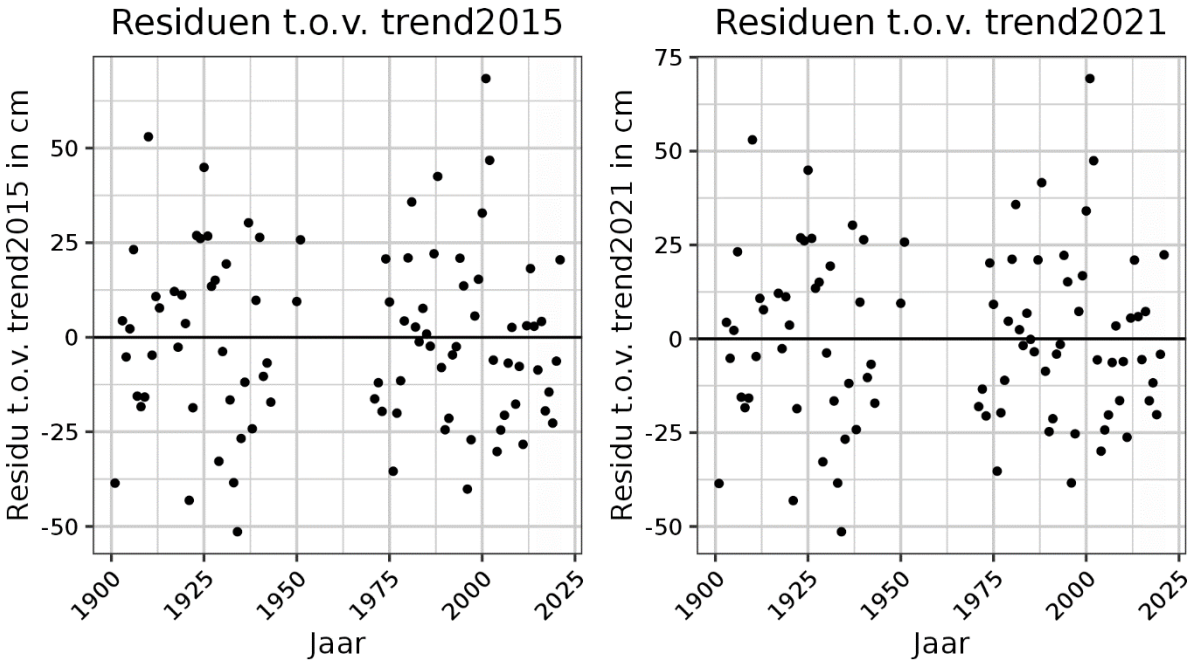
Figuur 9-140: Resultaten trendanalyse jaargemiddelde laagwaterstanden Schoonaarde met de trends tot en met 2009, 2015 en 2021. Trendbreuk in 1970.



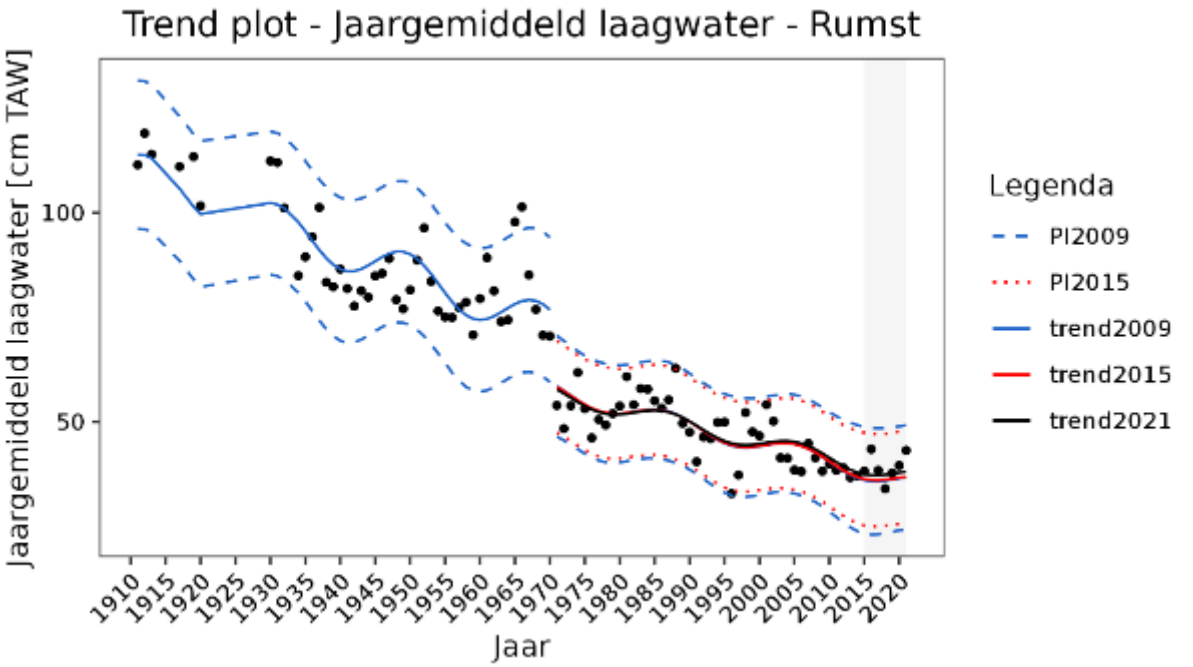
Figuur 9-141: Residuen trendanalyse T2015 met een voorspelling t/m 2021 en residuen met de nieuwe trend t/m 2021 voor de jaargemiddelde laagwaterstanden bij station Schoonaarde. Trendbreuk in 1970.



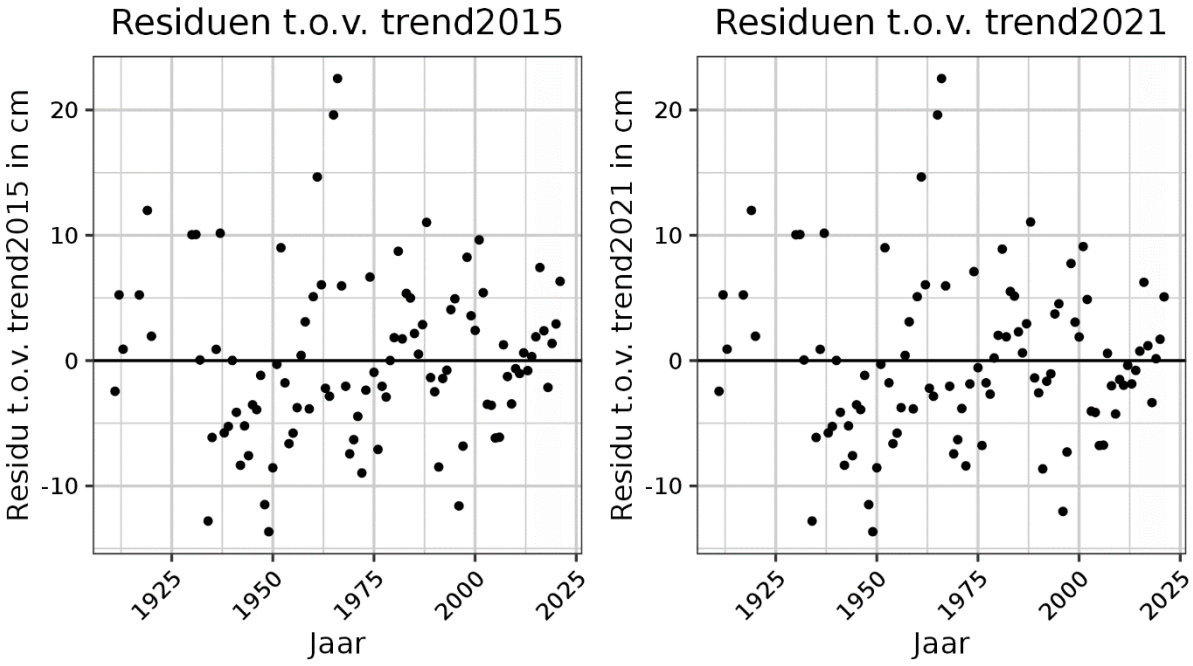
Figuur 9-142: Resultaten trendanalyse jaargemiddelde laagwaterstanden Melle met de trends tot en met 2009, 2015 en 2021. Trendbreuk in 1971. Volledige reeks is getoond omwille van de langjarige trend. Bij ontbrekende data is er lineair geïnterpoleerd.



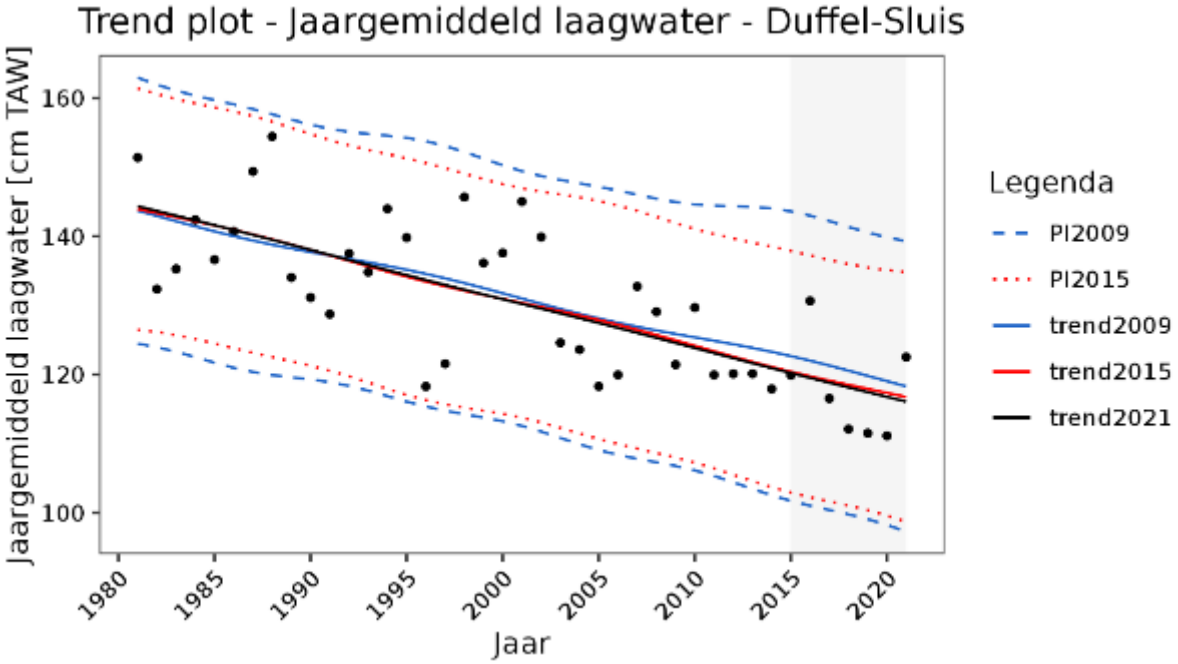
Figuur 9-143: Residuen trendanalyse T2015 met een voorspelling t/m 2021 en residuen met de nieuwe trend t/m 2021 voor de jaargemiddelde hoogwaterstanden bij station Melle. Trendbreuk in 1971.



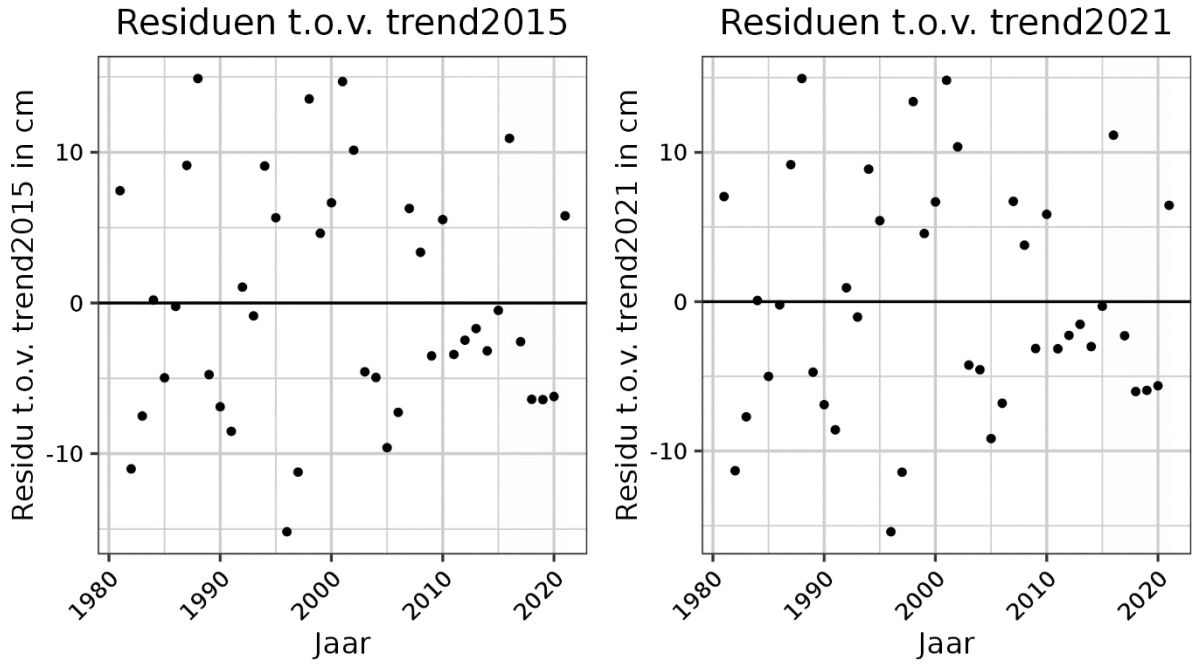
Figuur 9-144: Resultaten trendanalyse jaargemiddelde laagwaterstanden Melle met de trends tot en met 2009, 2015 en 2021. Trendbreuk in 1970. Gegevens zijn overgenomen vanuit station Walem. Bij ontbrekende data is er lineair geïnterpoleerd.



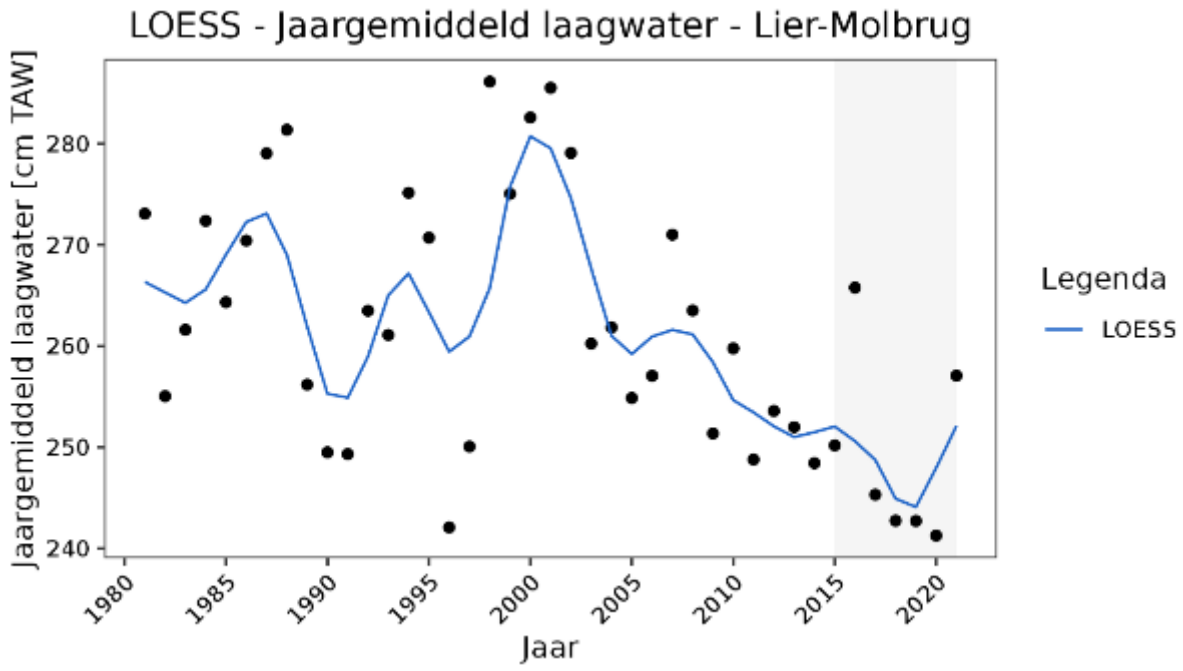
Figuur 9-145: Residuen trendanalyse T2015 met een voorspelling t/m 2021 en residuen met de nieuwe trend t/m 2021 voor de jaargemiddelde laagwaterstanden bij station Rumst. Trendbreuk in 1970.



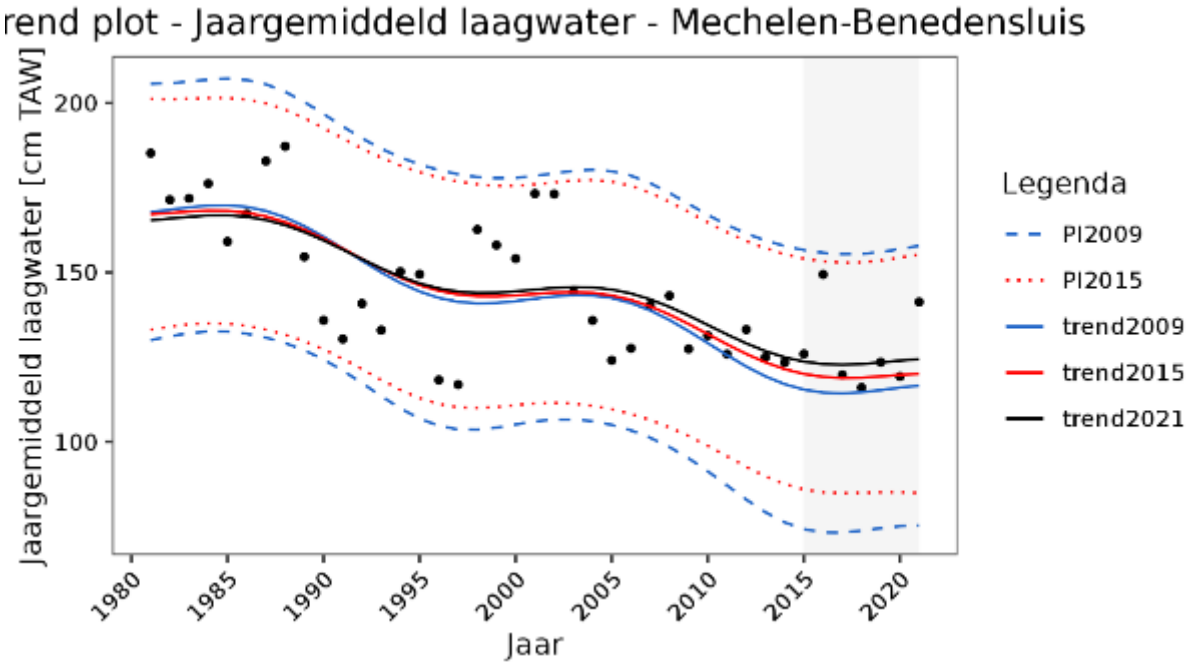
Figuur 9-146: Resultaten trendanalyse jaargemiddelde laagwaterstanden Duffel-Sluis met de trends tot en met 2009, 2015 en 2021.



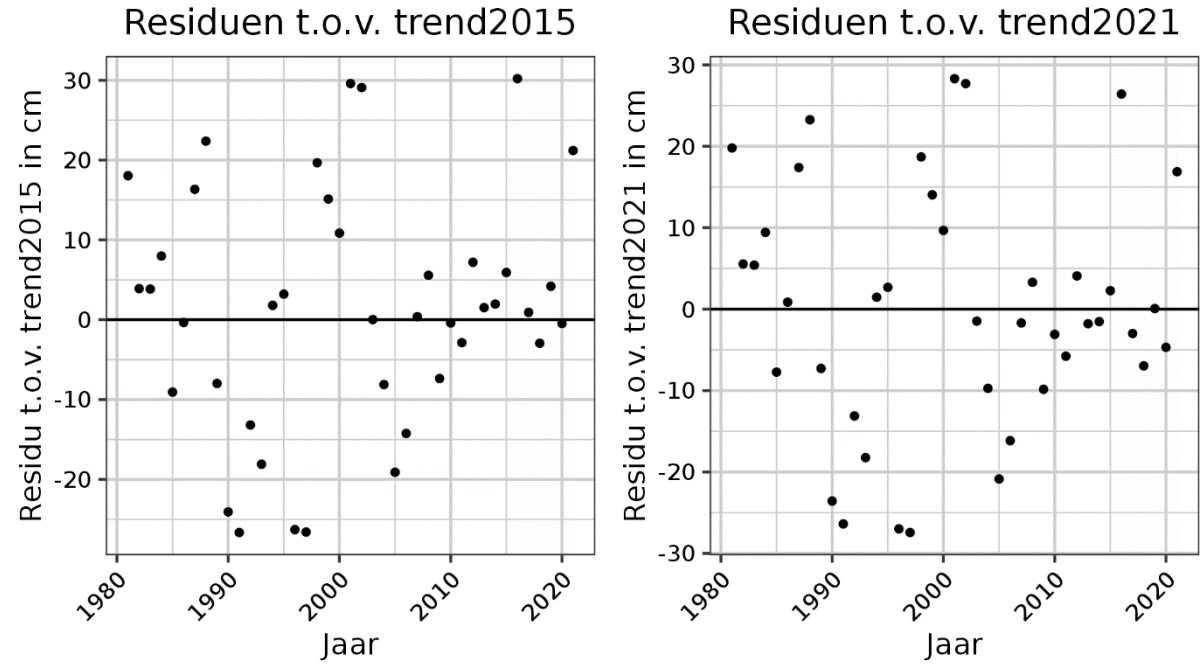
Figuur 9-147: Residuen trendanalyse T2015 met een voorspelling t/m 2021 en residuen met de nieuwe trend t/m 2021 voor de jaargemiddelde hoogwaterstanden bij station Duffel-Sluis.



Figuur 9-148: Jaargemiddelde laagwaterstanden te Lier-Molbrug voor de periode 1981-2021 met een LOESS-filter met een spanwijdte van 6 jaar.

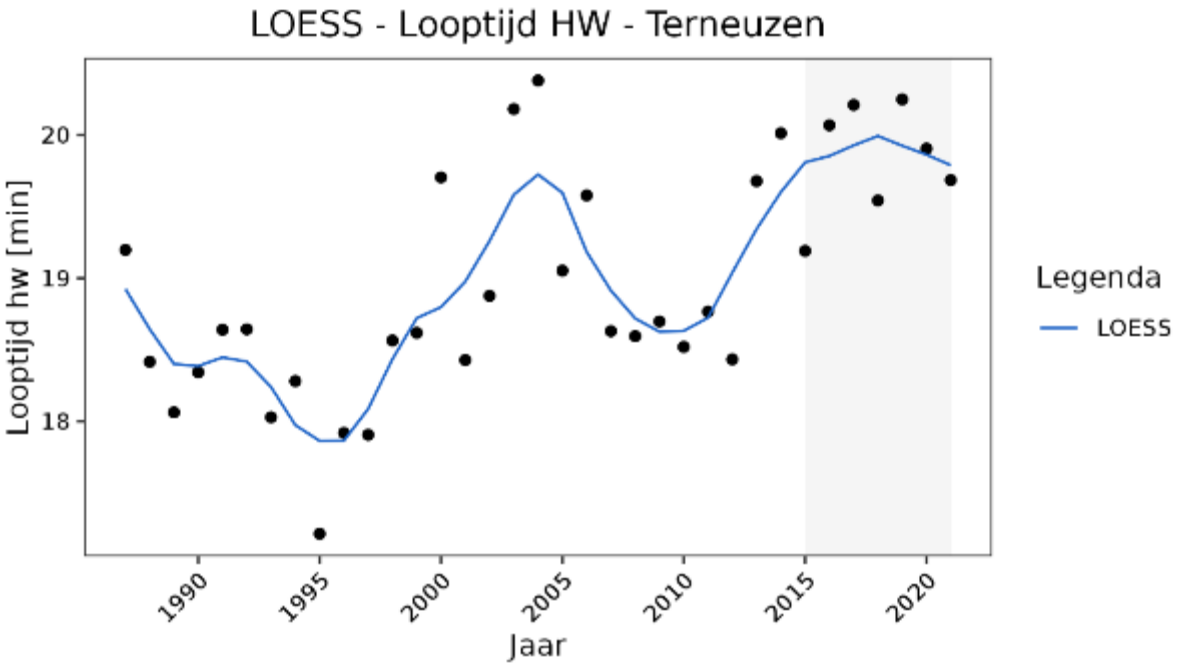


Figuur 9-149: Resultaten trendanalyse jaargemiddelde laagwaterstanden Mechelen-Benedensluis met de trends tot en met 2009, 2015 en 2021.

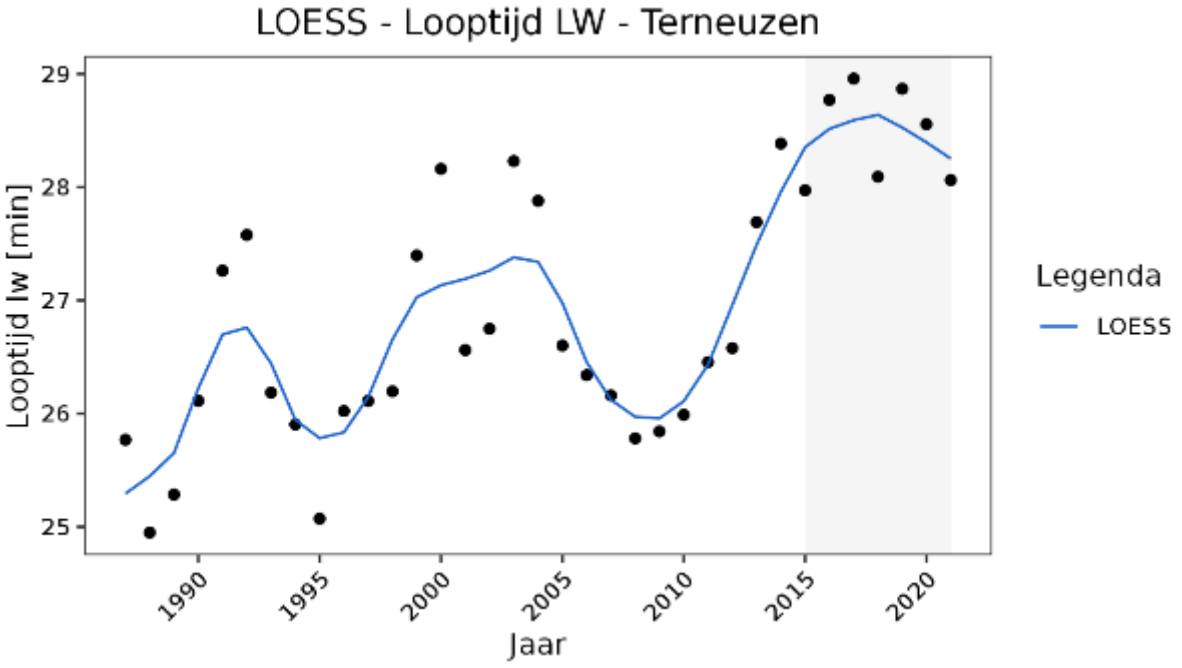


Figuur 9-150: Residuen trendanalyse T2015 met een voorspelling t/m 2021 en residuen met de nieuwe trend t/m 2021 voor de jaargemiddelde laagwaterstanden bij station Mechelen-Benedensluis.

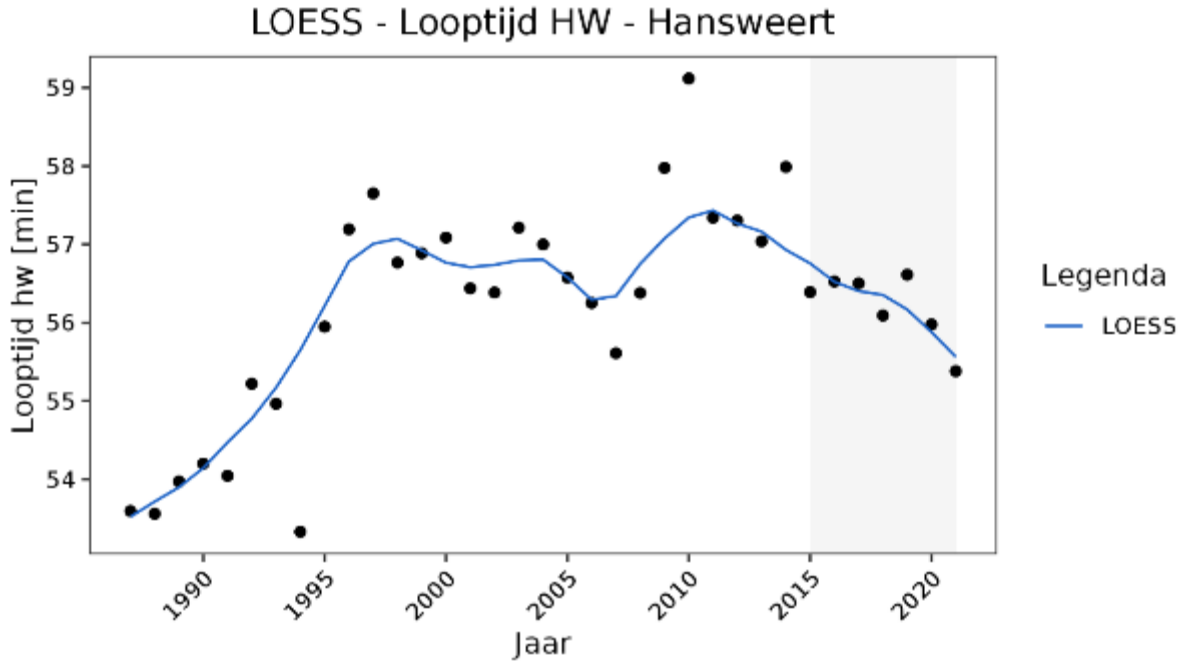
A.7. Looptijd getij hoog- en laagwater



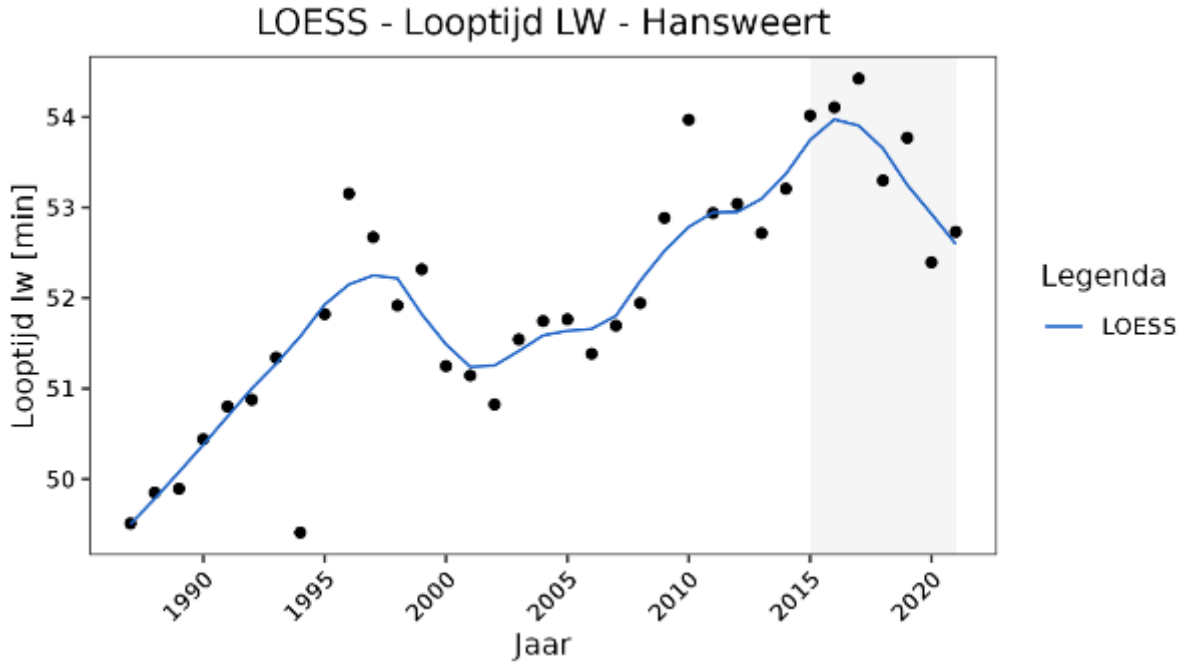
Figuur 9-151: Jaarlijks gemiddelde looptijd van het laawater tussen Vlissingen en Terneuzen met de trends voor de data t/m 2015 en 2021 en bijbehorende predictie-intervallen.



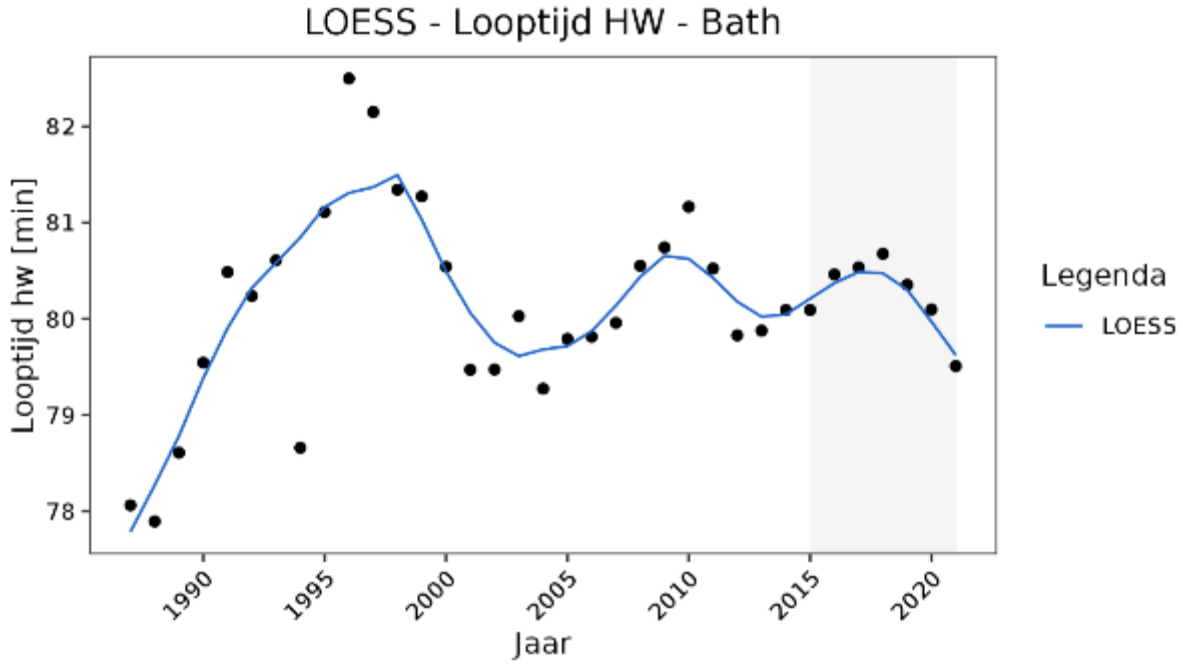
Figuur 9-152: Jaargemiddelde looptijd van het hoogwater tussen Vlissingen en Terneuzen met een LOESS-filter met een spanwijdte van 6 jaar.



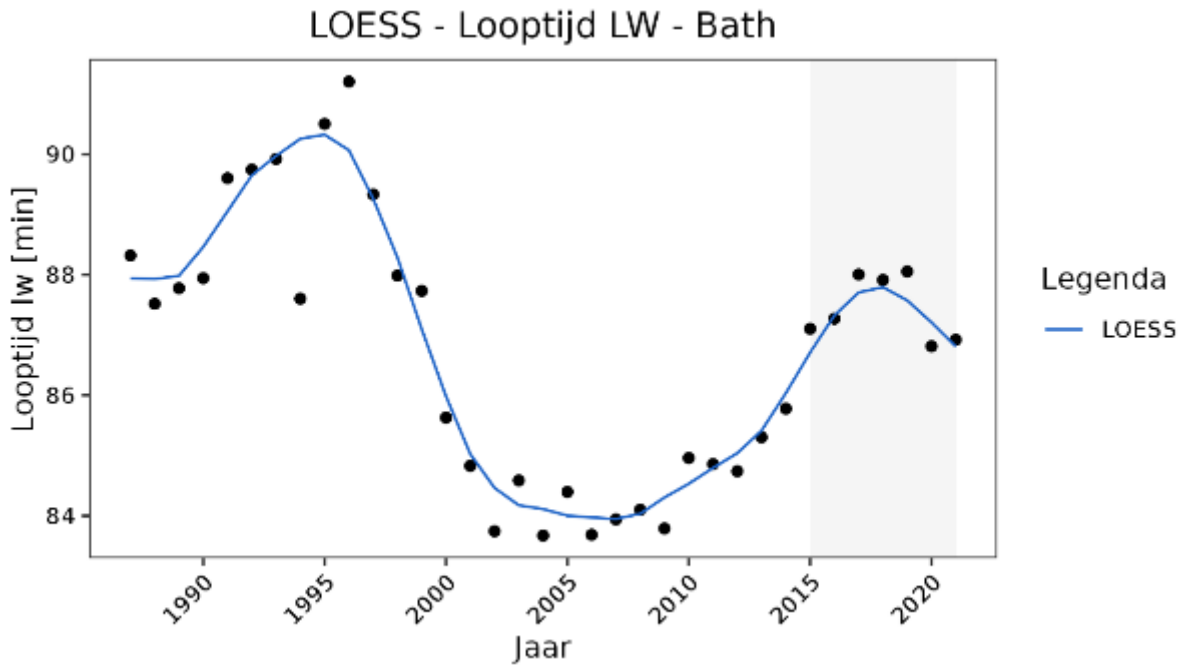
Figuur 9-153: Jaargemiddelde looptijd van het hoogwater tussen Vlissingen en Hansweert met een LOESS-filter met een spanwijdte van 6 jaar.



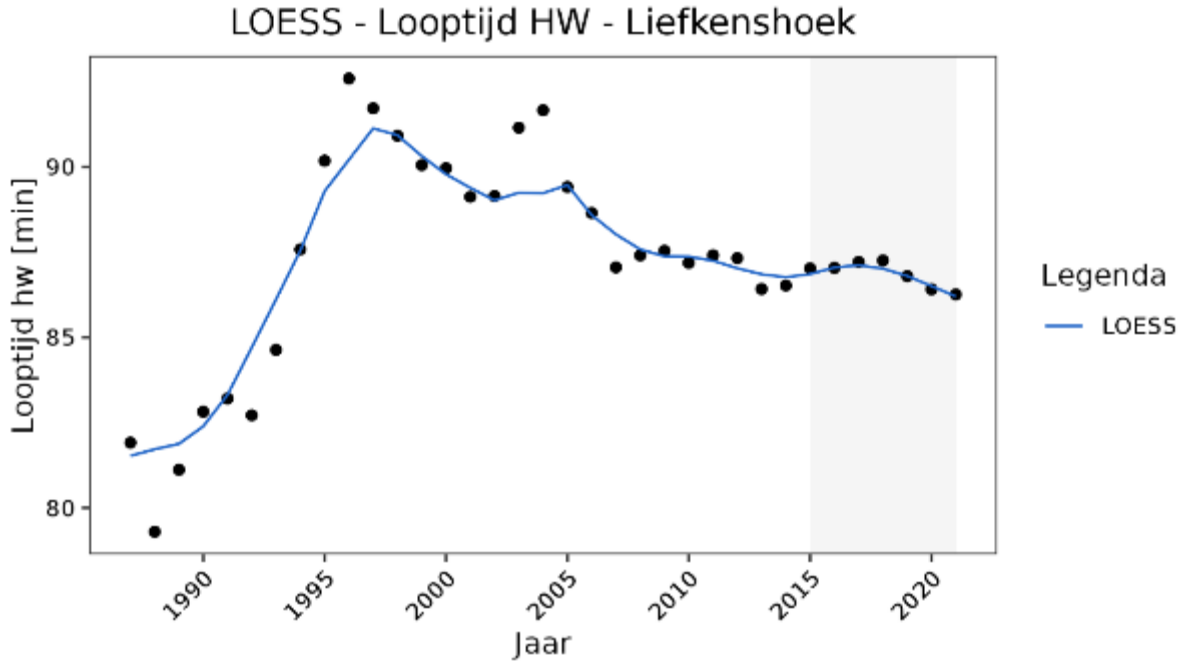
Figuur 9-154: Jaargemiddelde looptijd van het laagwater tussen Vlissingen en Hansweert met een LOESS-filter met een spanwijdte van 6 jaar.



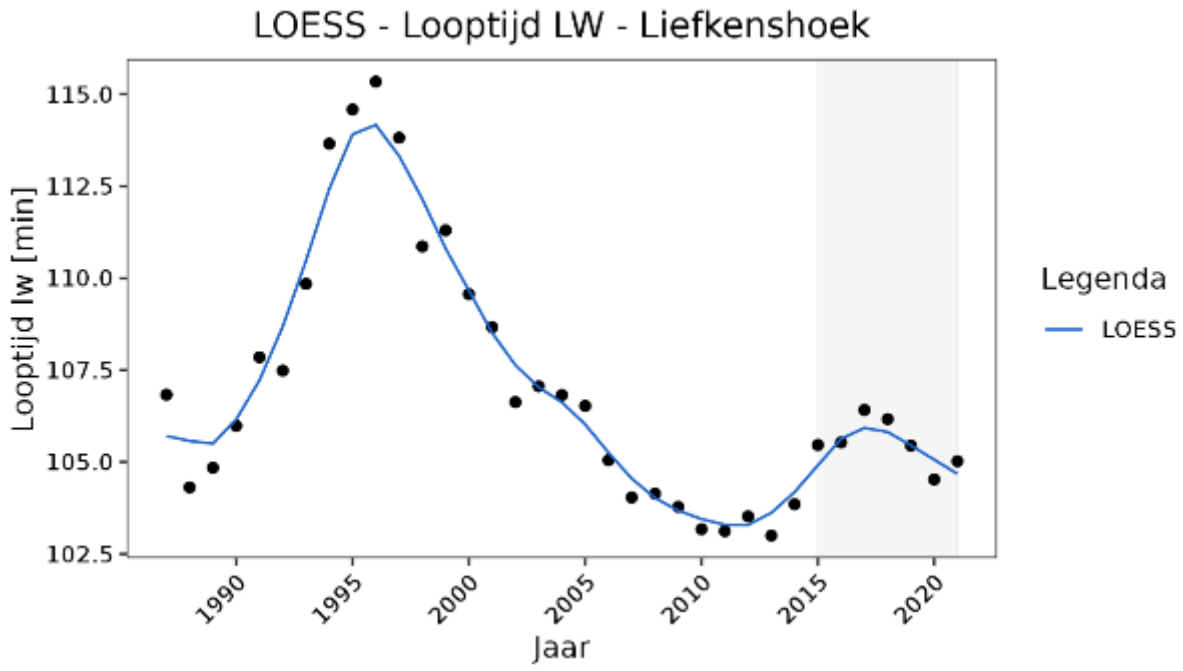
Figuur 9-155: Jaargemiddelde looptijd van het hoogwater tussen Vlissingen en Bath met een LOESS-filter met een spanwijdte van 6 jaar.



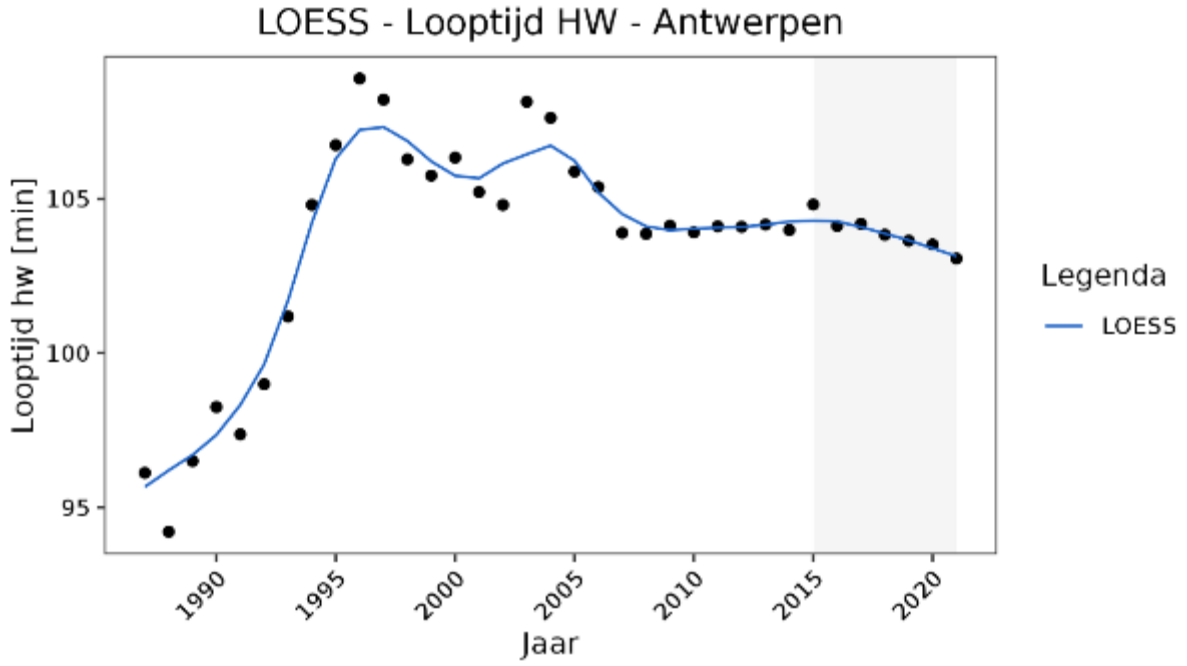
Figuur 9-156: Jaargemiddelde looptijd van het laagwater tussen Vlissingen en Bath met een LOESS-filter met een spanwijdte van 6 jaar.



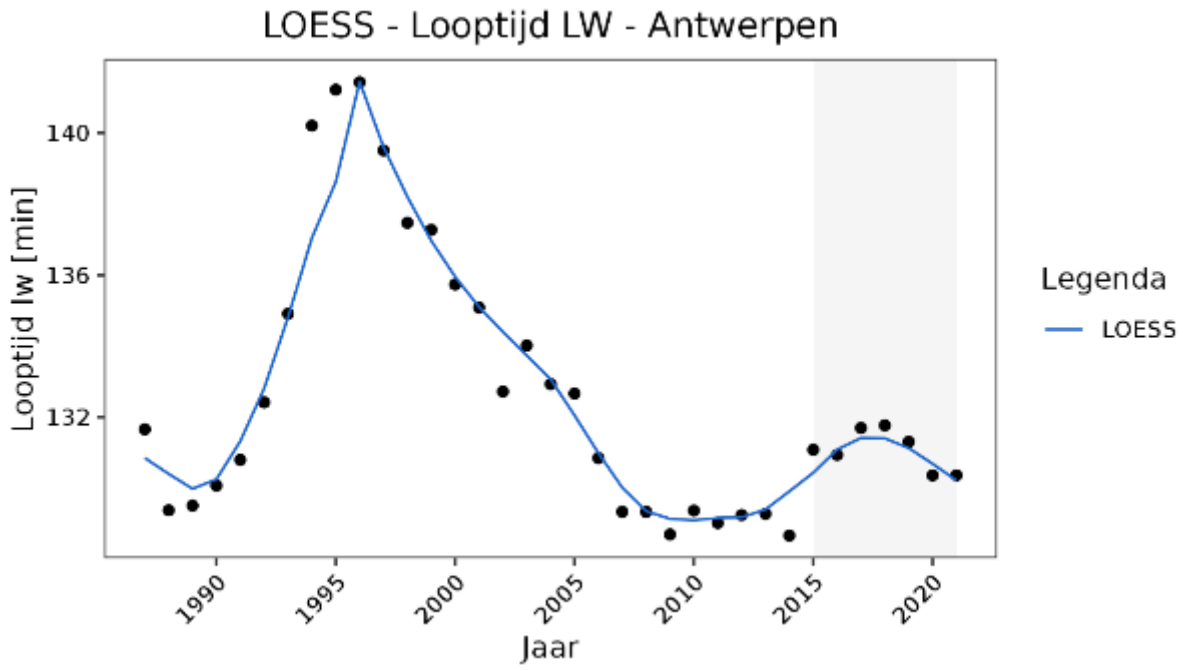
Figuur 9-157: Jaargemiddelde looptijd van het hoogwater tussen Vlissingen en Liefkenshoek met een LOESS-filter met een spanwijdte van 6 jaar.



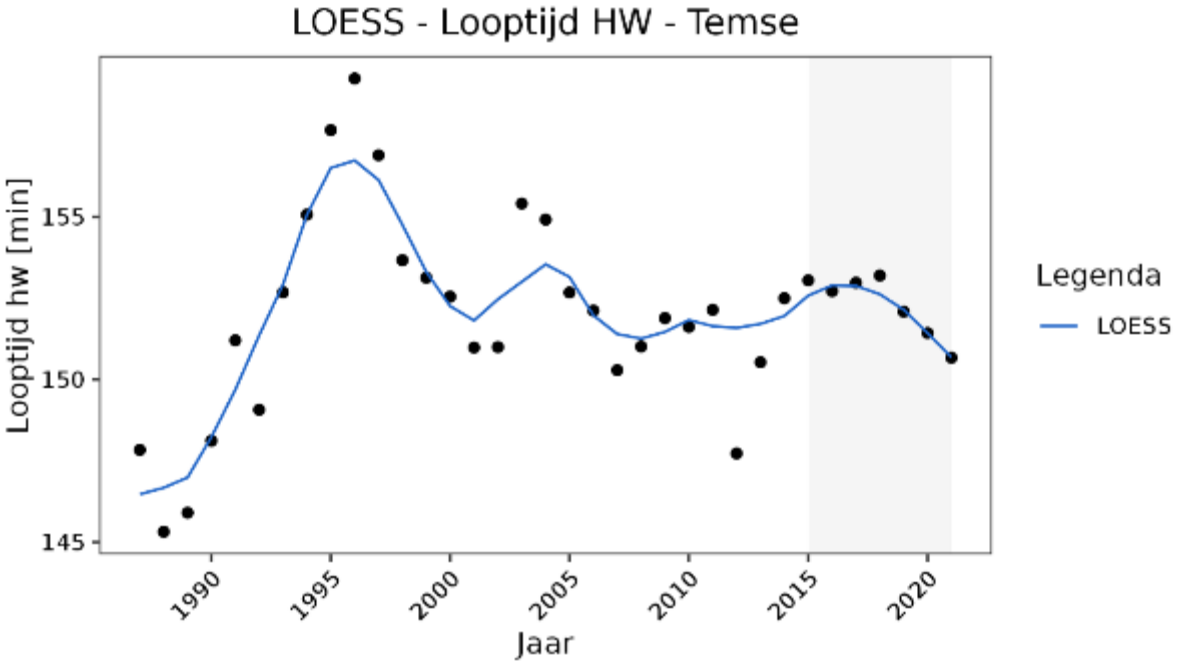
Figuur 9-158: Jaargemiddelde looptijd van het laagwater tussen Vlissingen en Liefkenshoek met een LOESS-filter met een spanwijdte van 6 jaar.



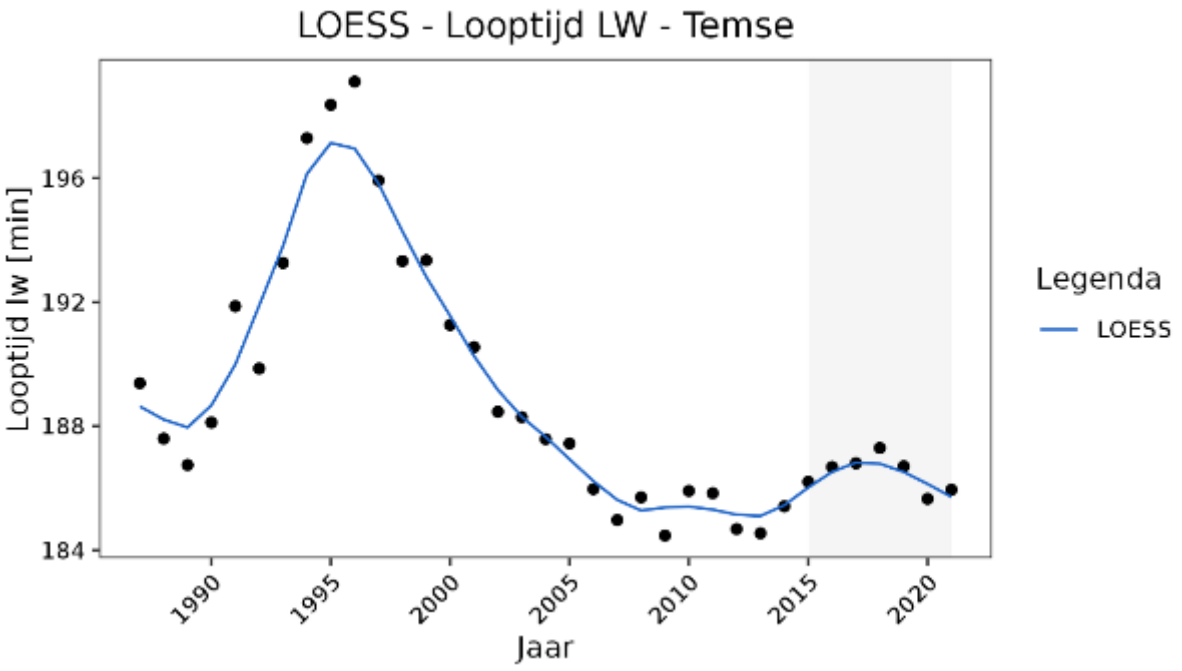
Figuur 9-159: Jaargemiddelde looptijd van het hoogwater tussen Vlissingen en Antwerpen met een LOESS-filter met een spanwijdte van 6 jaar.



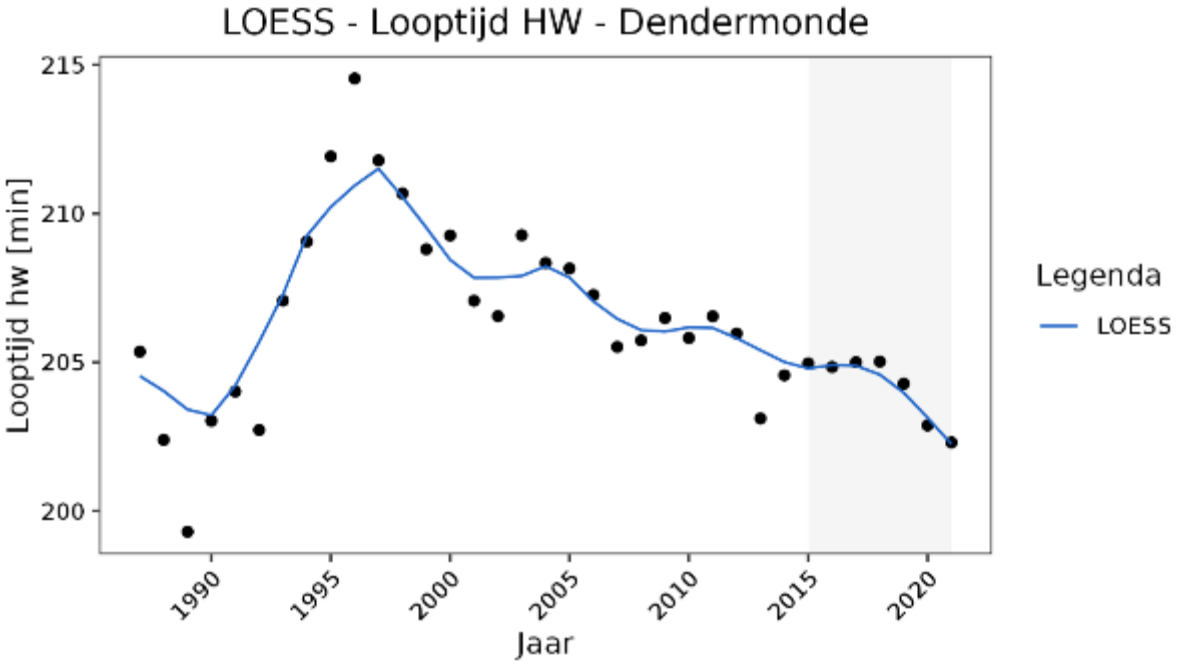
Figuur 9-160: Jaargemiddelde looptijd van het laagwater tussen Vlissingen en Antwerpen met een LOESS-filter met een spanwijdte van 6 jaar.



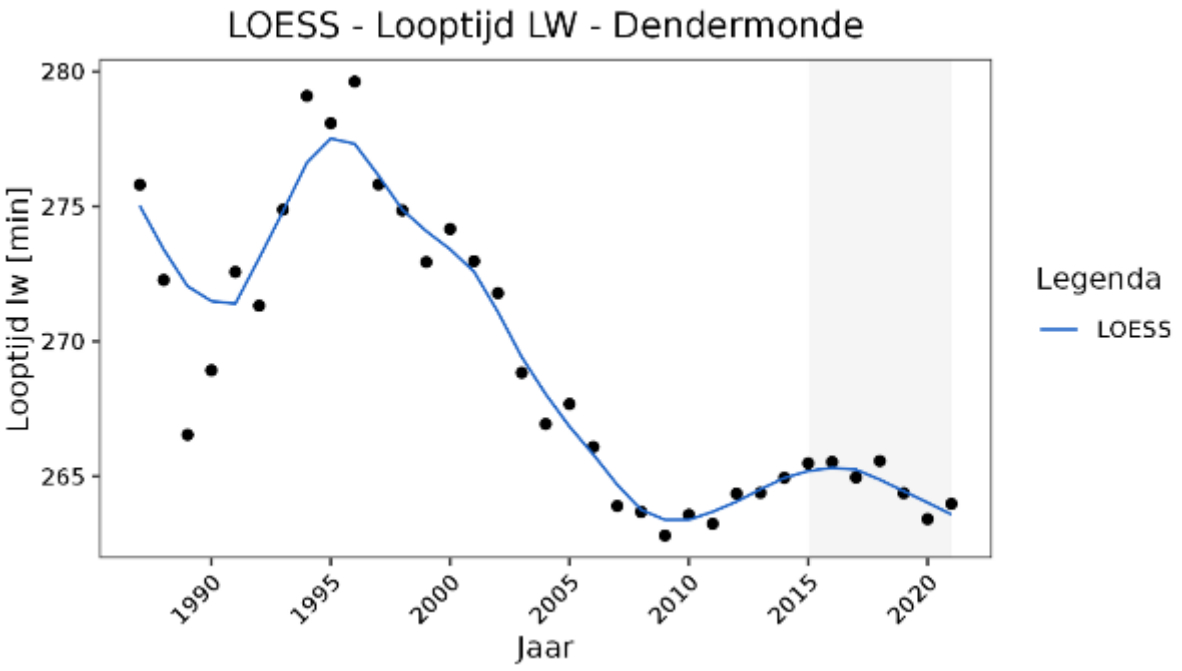
Figuur 9-161: Jaargemiddelde looptijd van het hoogwater tussen Vlissingen en Temse met een LOESS-filter met een spanwijdte van 6 jaar.



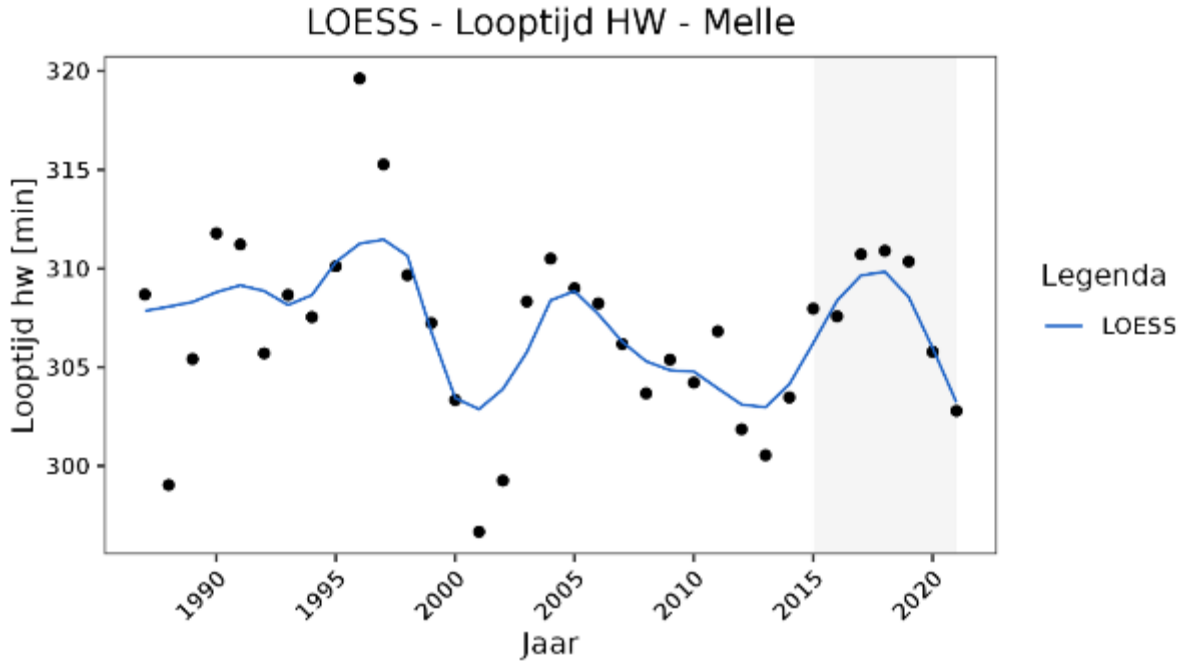
Figuur 9-162: Jaargemiddelde looptijd van het laagwater tussen Vlissingen en Temse met een LOESS-filter met een spanwijdte van 6 jaar.



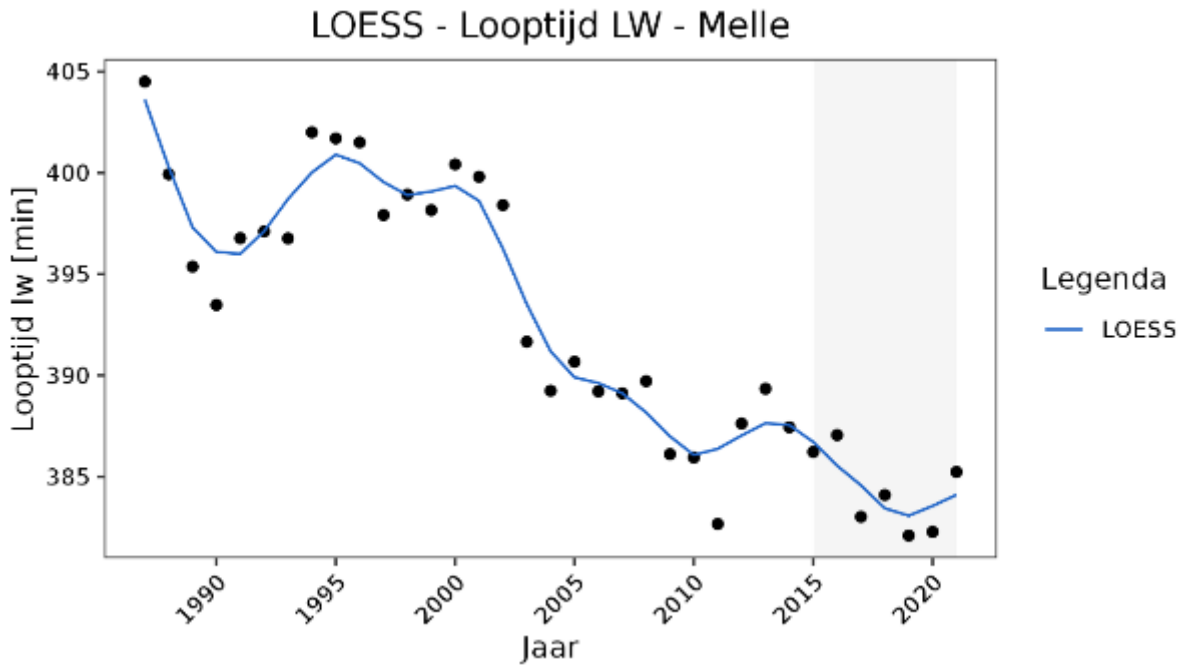
Figuur 9-163: Jaargemiddelde looptijd van het hoogwater tussen Vlissingen en Dendermonde met een LOESS-filter met een spanwijdte van 6 jaar.



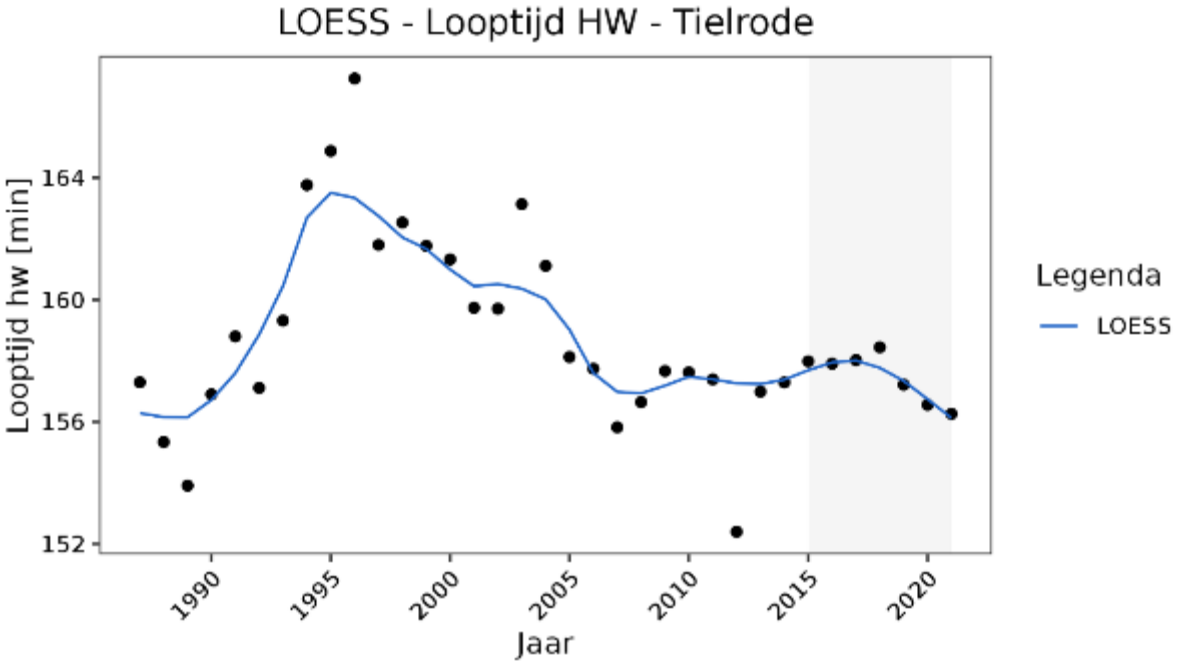
Figuur 9-164: Jaargemiddelde looptijd van het laagwater tussen Vlissingen en Dendermonde met een LOESS-filter met een spanwijdte van 6 jaar.



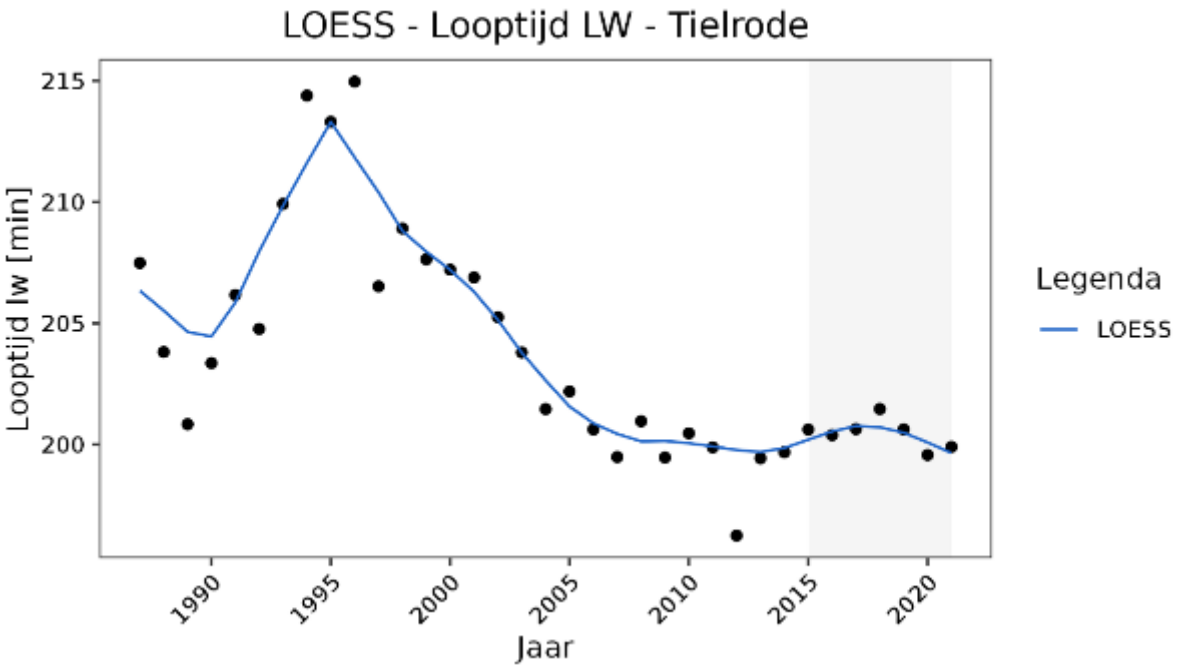
Figuur 9-165: Jaargemiddelde looptijd van het hoogwater tussen Vlissingen en Melle met een LOESS-filter met een spanwijdte van 6 jaar.



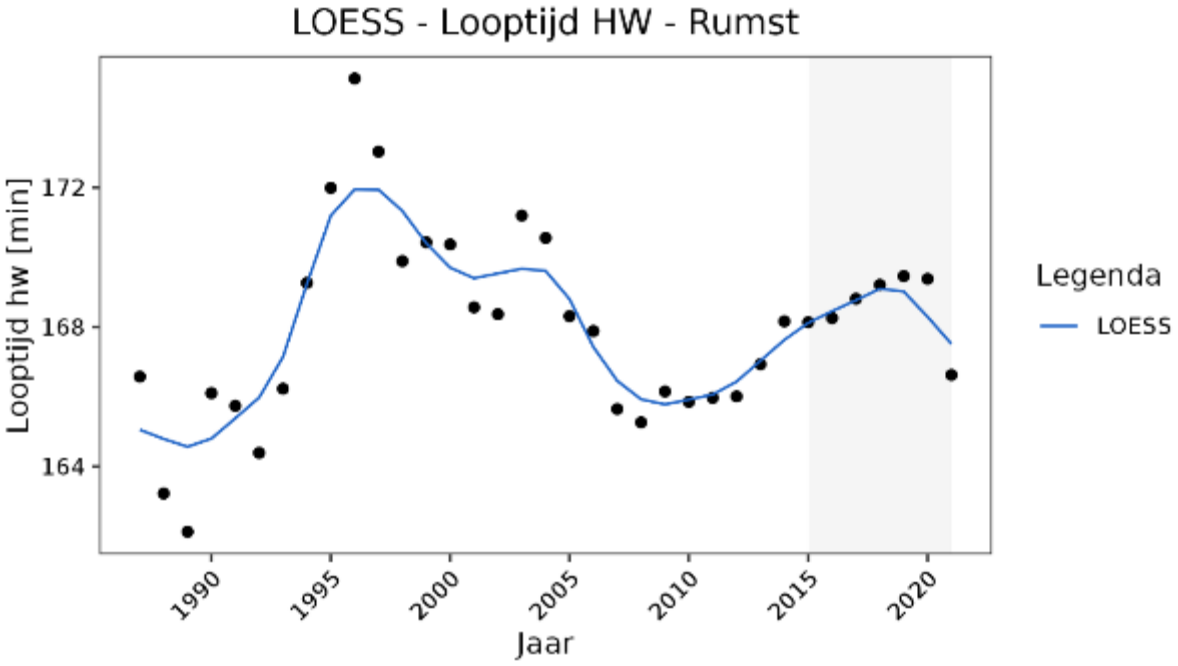
Figuur 9-166: Jaargemiddelde looptijd van het laagwater tussen Vlissingen en Melle met een LOESS-filter met een spanwijdte van 6 jaar.



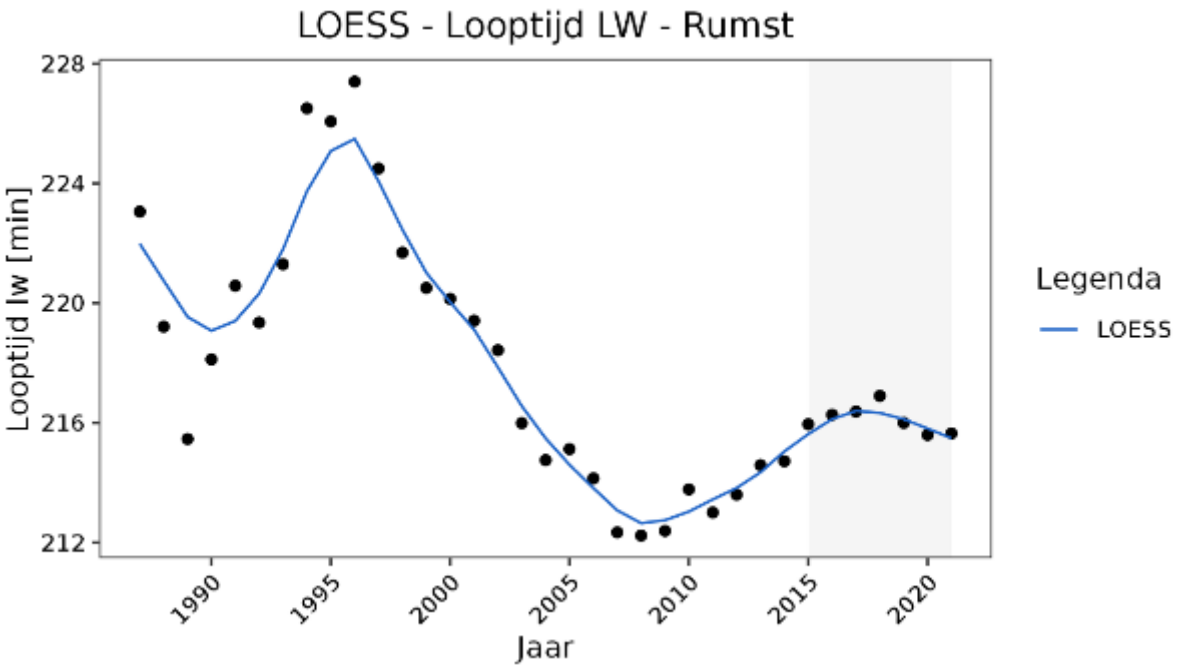
Figuur 9-167: Jaargemiddelde looptijd van het hoogwater tussen Vlissingen en Tielrode met een LOESS-filter met een spanwijdte van 6 jaar.



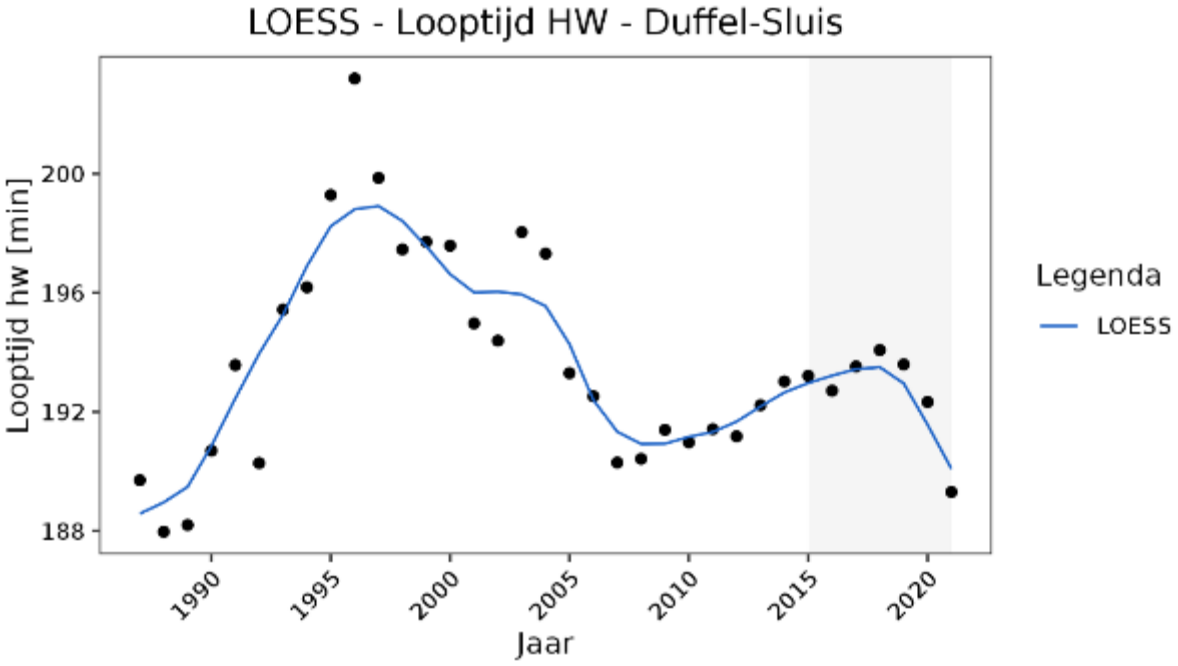
Figuur 9-168: Jaargemiddelde looptijd van het laagwater tussen Vlissingen en Tielrode met een LOESS-filter met een spanwijdte van 6 jaar.



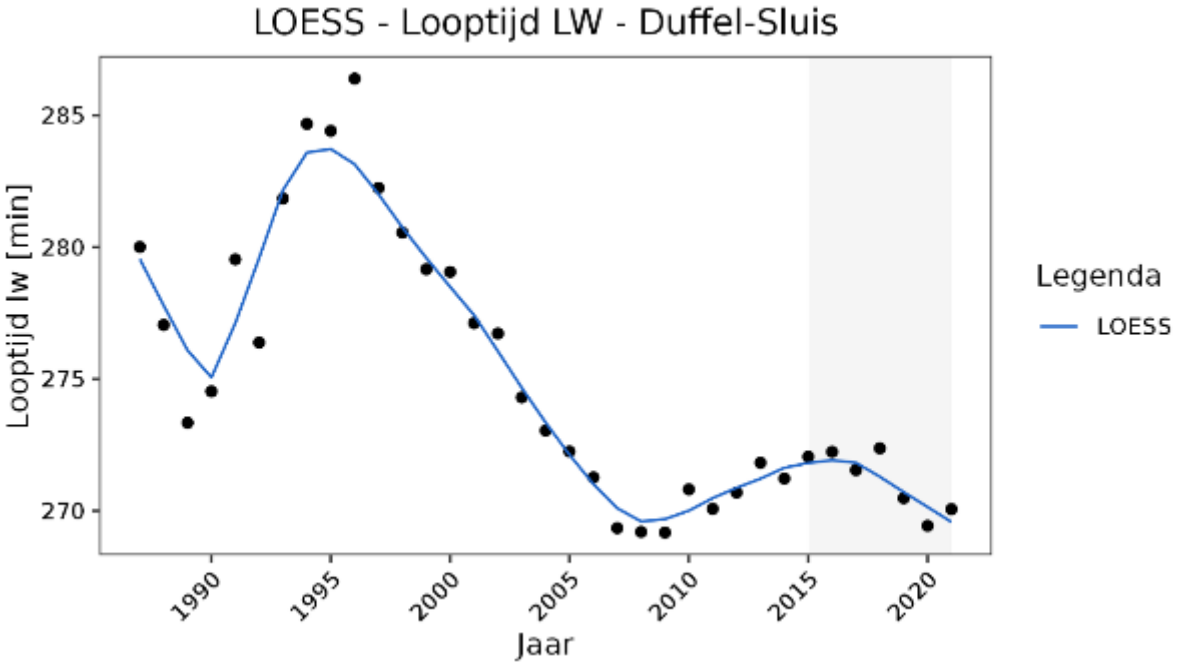
Figuur 9-169: Jaargemiddelde looptijd van het hoogwater tussen Vlissingen en Rumst met een LOESS-filter met een spanwijdte van 6 jaar.



Figuur 9-170: Jaargemiddelde looptijd van het laagwater tussen Vlissingen en Rumst met een LOESS-filter met een spanwijdte van 6 jaar.



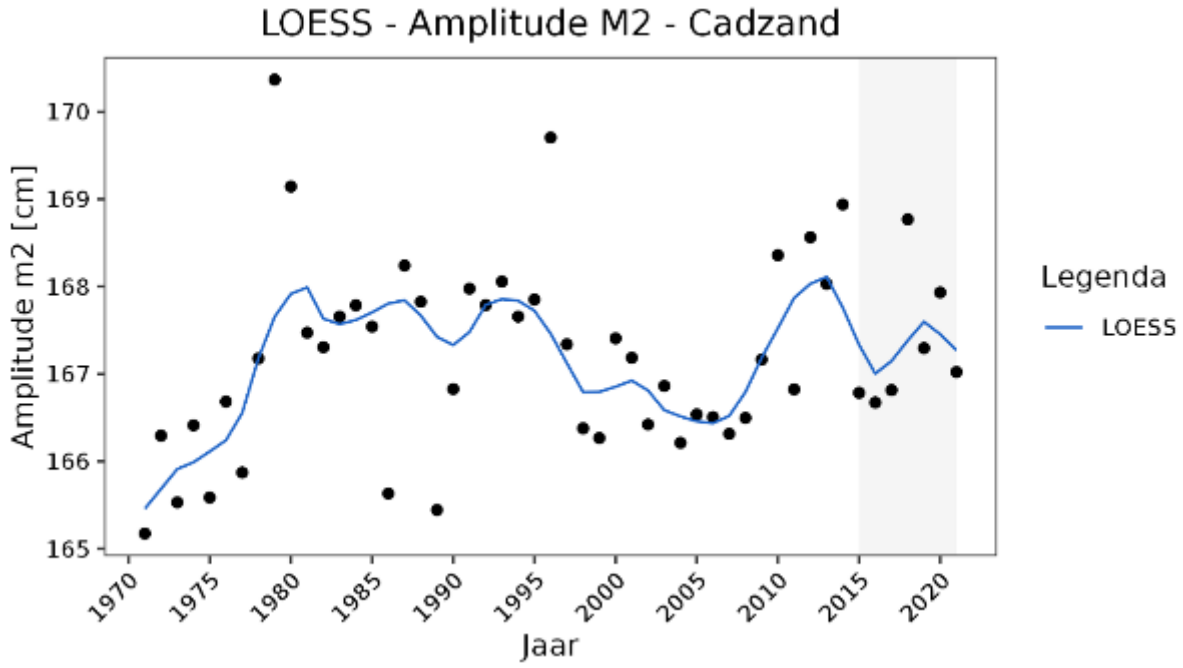
Figuur 9-171: Jaargemiddelde looptijd van het hoogwater tussen Vlissingen en Duffel-Sluis met een LOESS-filter met een spanwijdte van 6 jaar.



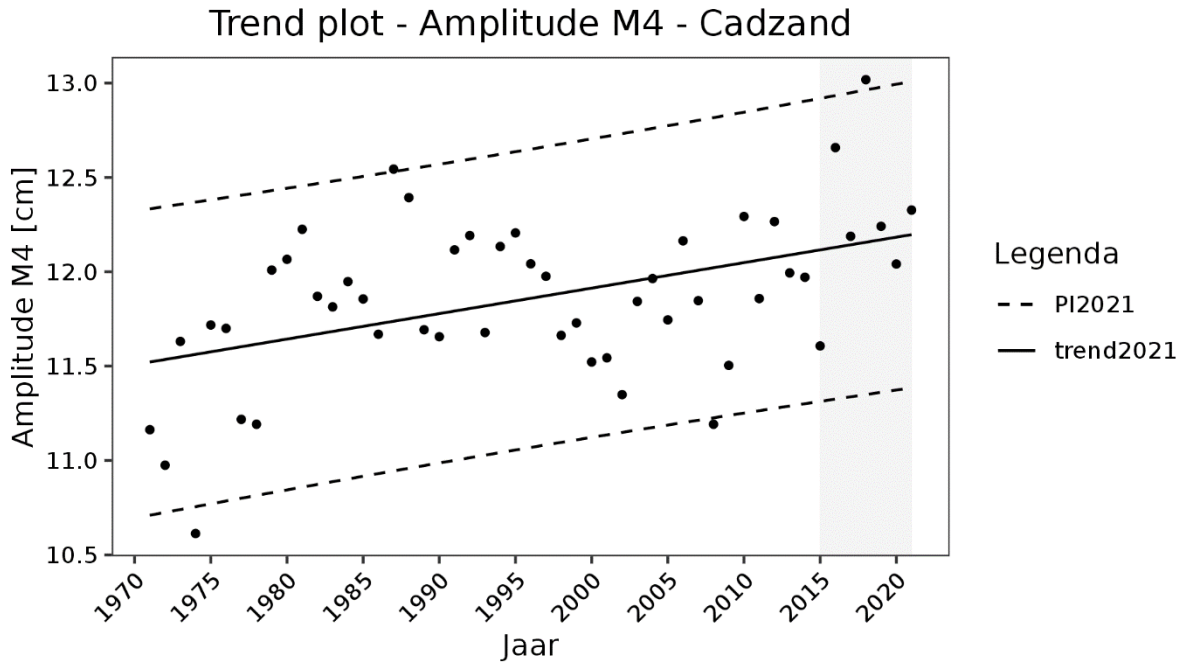
Figuur 9-172: Jaargemiddelde looptijd van het laagwater tussen Vlissingen en Duffel-Sluis met een LOESS-filter met een spanwijdte van 6 jaar.

A.8. Harmonische componenten

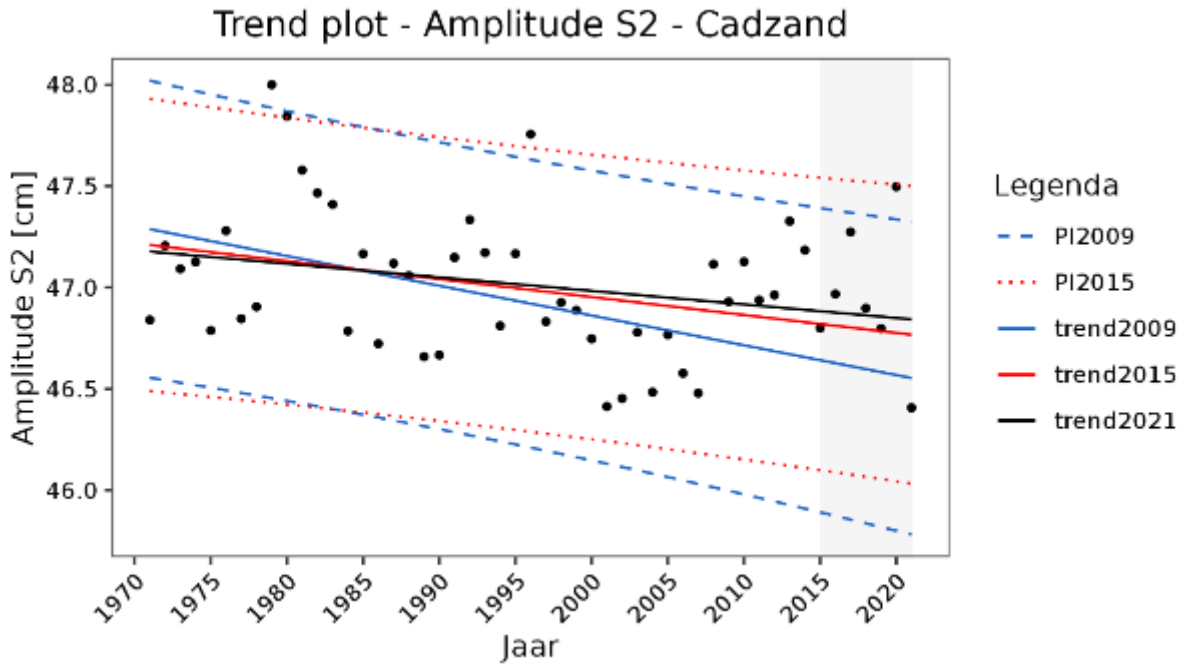
Cadzand



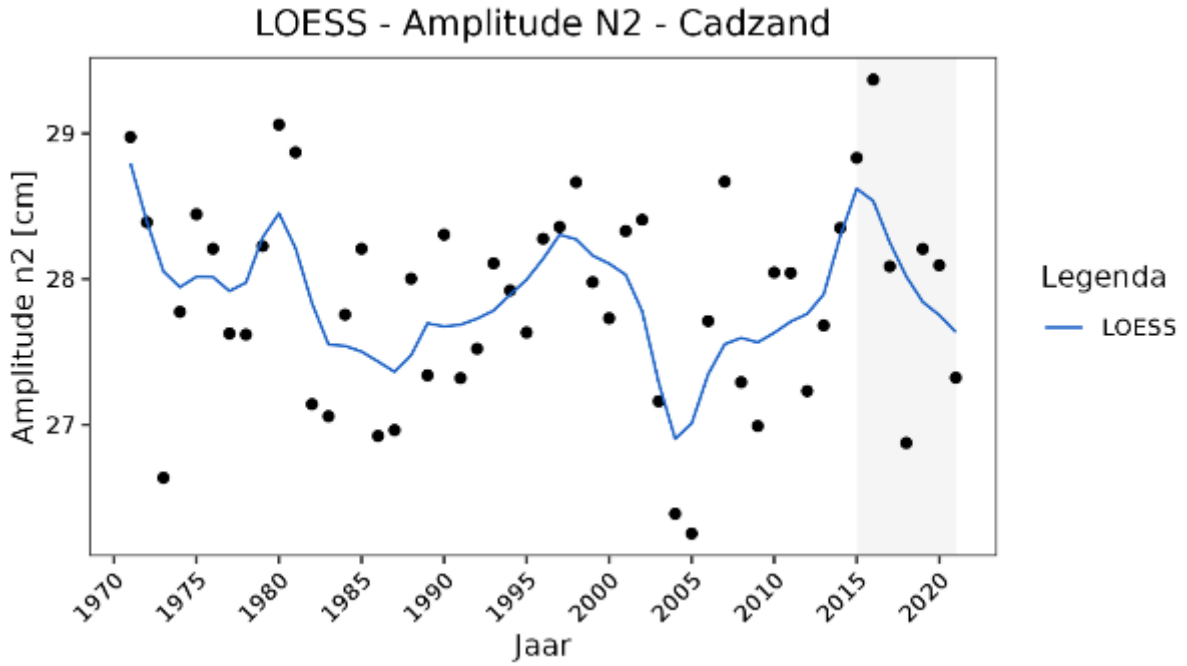
Figuur 9-173: Datapunten M2 amplitude voor Cadzand voor de periode 1971-2021 en een LOESS filter met spanwijdte van 6 jaar.



Figuur 9-174: Resultaten trendanalyse M4 amplitude Cadzand met de trend 2021 voor de periode 1971-2021 en het bijbehorende predictie-interval.

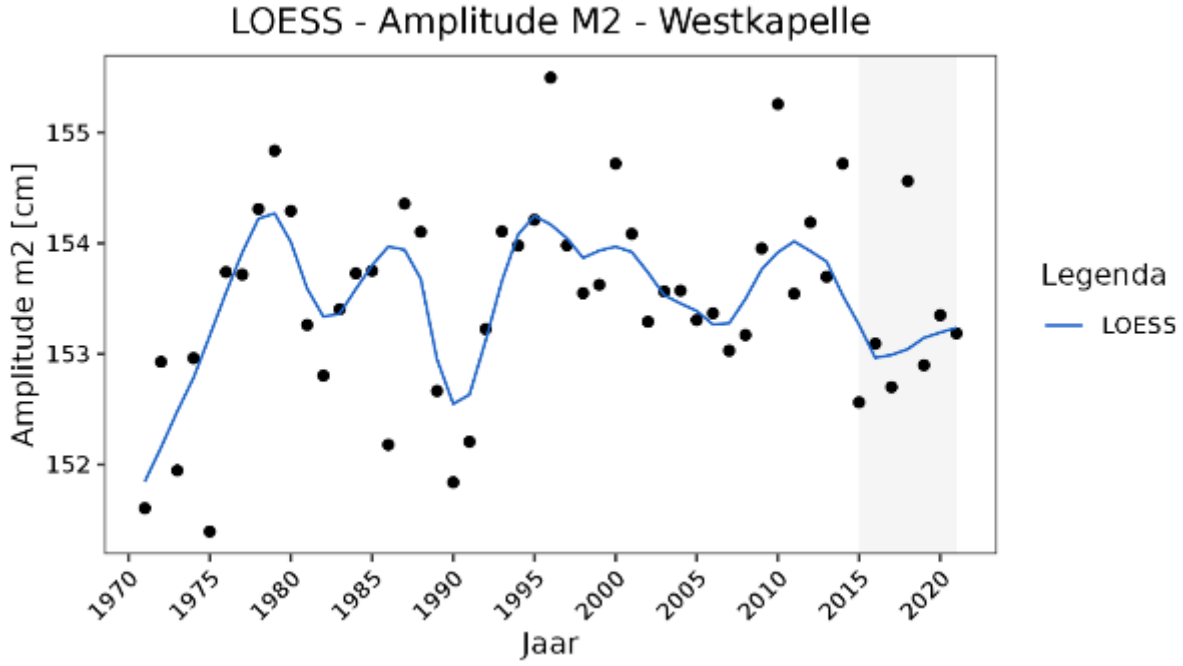


Figuur 9-175: Resultaten trendanalyse S2 amplitude Cadzand met de trends t/m 2009, 2015 en 2021 voor de periode 1971-2021 en de bijbehorende predictie-intervallen.

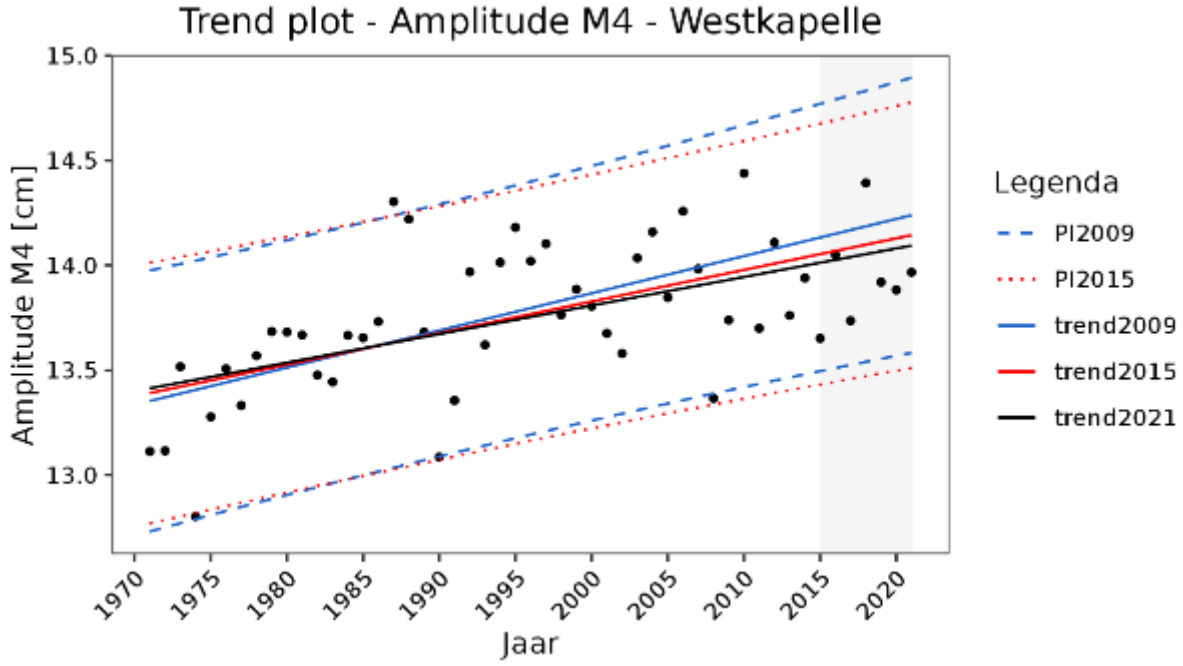


Figuur 9-176: Datapunten M2 amplitude voor Cadzand voor de periode 1971-2021 en een LOESS filter met spanwijdte van 6 jaar.

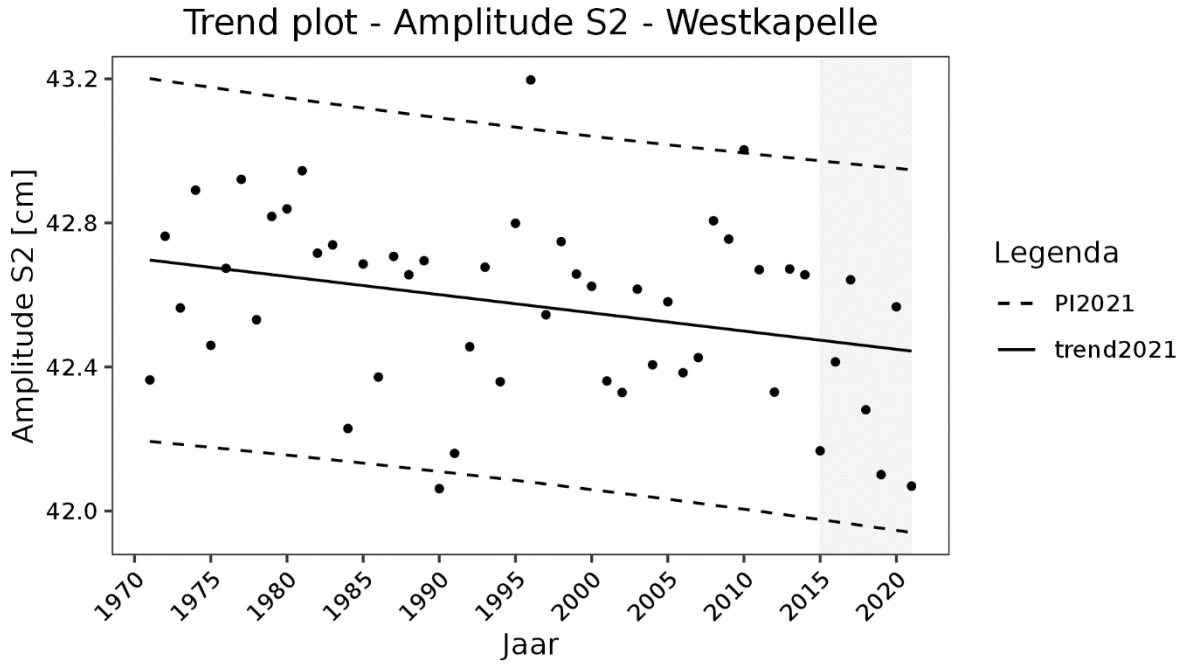
Westkapelle



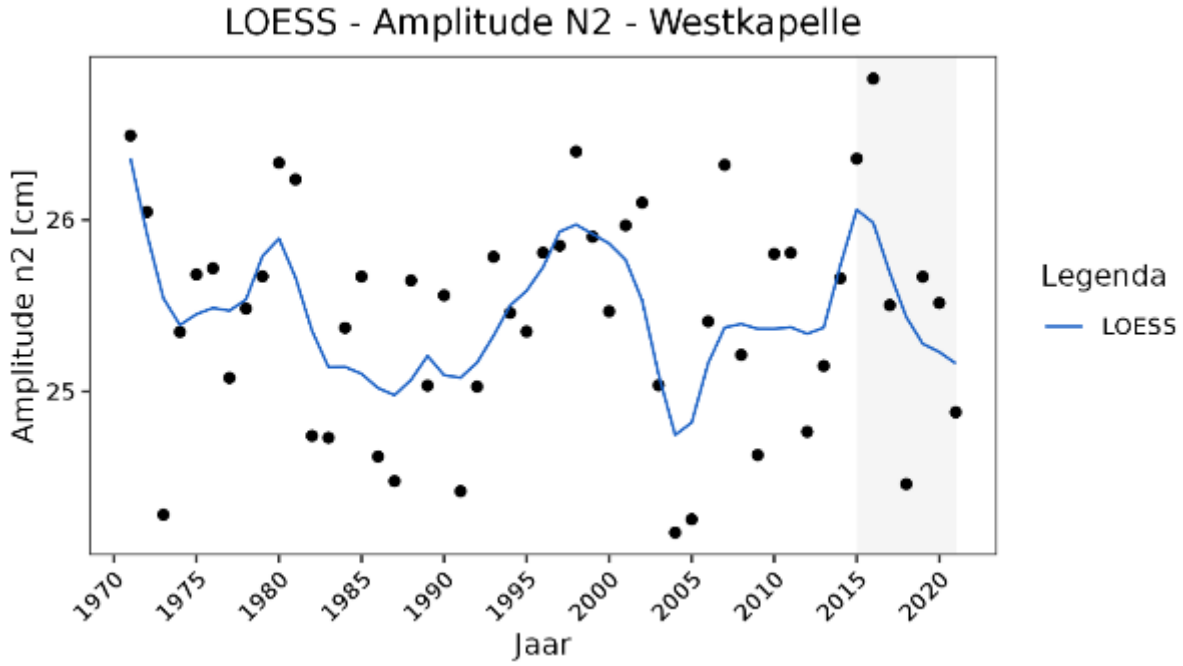
Figuur 9-177: *Amplitude M2-getijcomponent bij Westkapelle met een LOESS-filter met een spanwijdte van 6 jaar.*



Figuur 9-178: Resultaten trendanalyse M4 amplitude Westkapelle met de trends t/m 2009, 2015 en 2021 voor de periode 1971-2021 en de bijbehorende en bijbehorende predictie-intervallen.

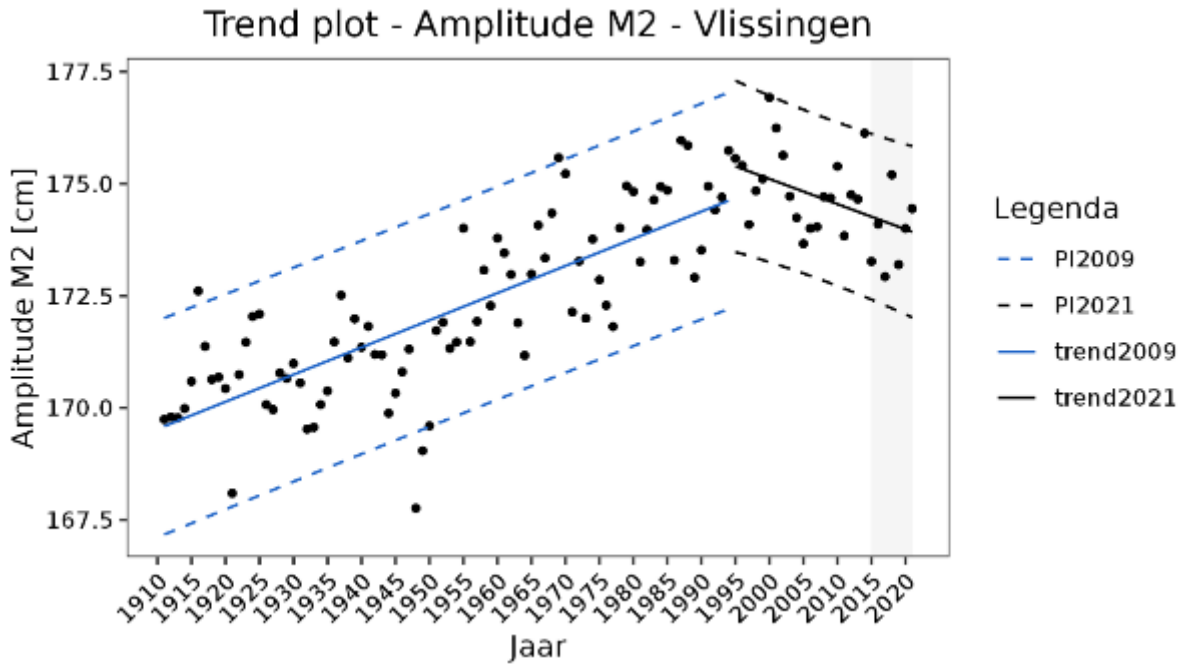


Figuur 9-179: *Resultaten trendanalyse S2 amplitude Westkapelle met de trends t/m 2021 voor de periode 1971-2021 en de bijbehorende predictie-intervallen.*

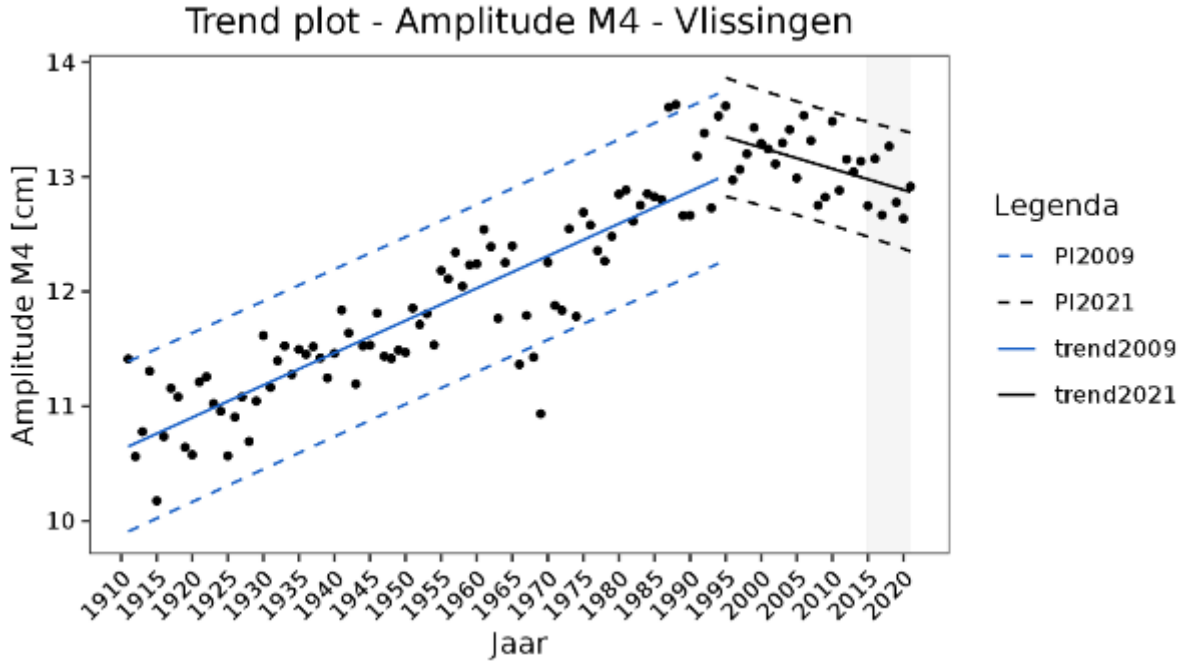


Figuur 9-180: Amplitude N2-getijcomponent bij Westkapelle met een LOESS-filter met een spanwijdte van 6 jaar

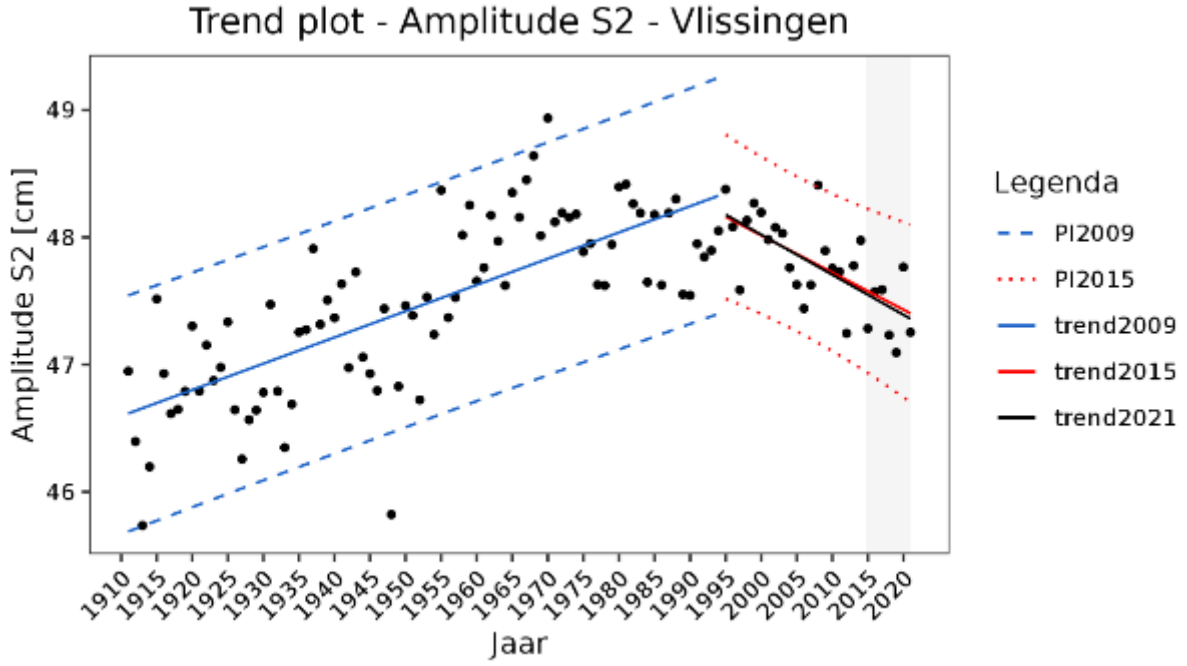
Vlissingen



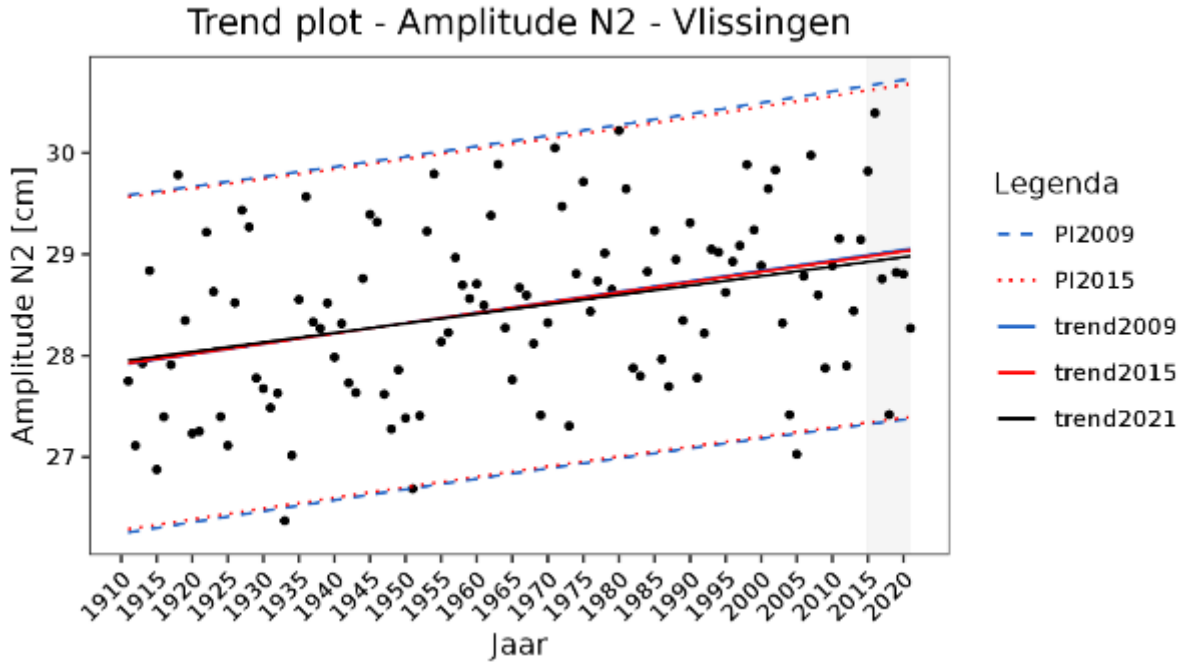
Figuur 9-181: Resultaten trendanalyse M2 amplitude Vlissingen met de trend tot en met de opgelegde trendbreuk in 1995 en de trend met de data vanaf de trendbreuk en bijbehorende predictie-intervallen.



Figuur 9-182: Resultaten trendanalyse M4 amplitude Vlissingen met de trend tot en met de opgelegde trendbreuk in 1995 en de trend met de data vanaf de trendbreuk en bijbehorende predictie-intervallen.

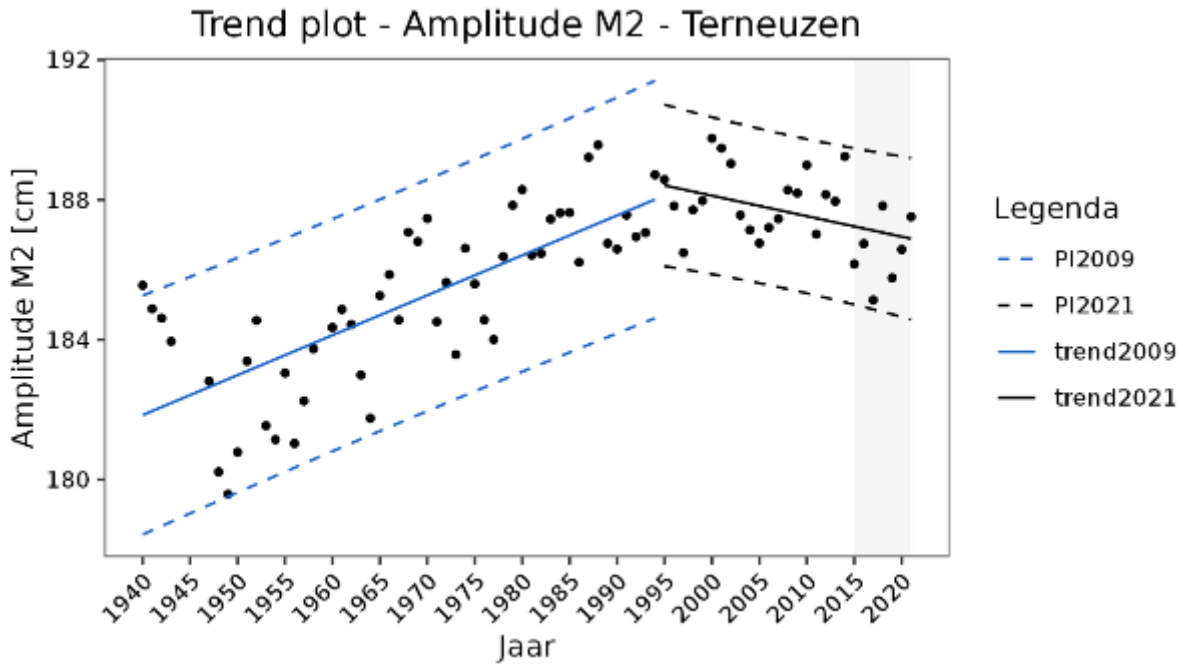


Figuur 9-183: Resultaten trendanalyse S2 amplitude Vlissingen met de trend tot en met de opgelegde trendbreuk in 1995 en de trends met de data vanaf de trendbreuk t/m 2015 en 2021 en bijbehorende predictie-intervallen.

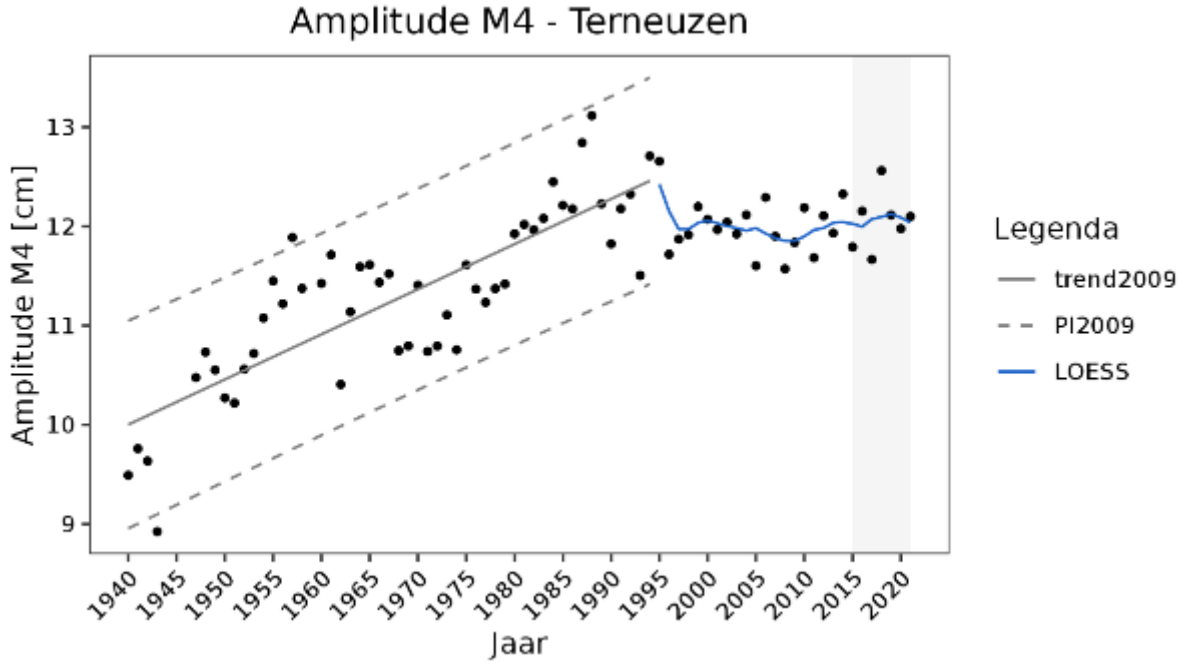


Figuur 9-184: Resultaten trendanalyse N2 amplitude Vlissingen met de trends t/m 2009, 2015 en 2021 voor de periode 1911-2021 en de bijbehorende en bijbehorende predictie-intervallen.

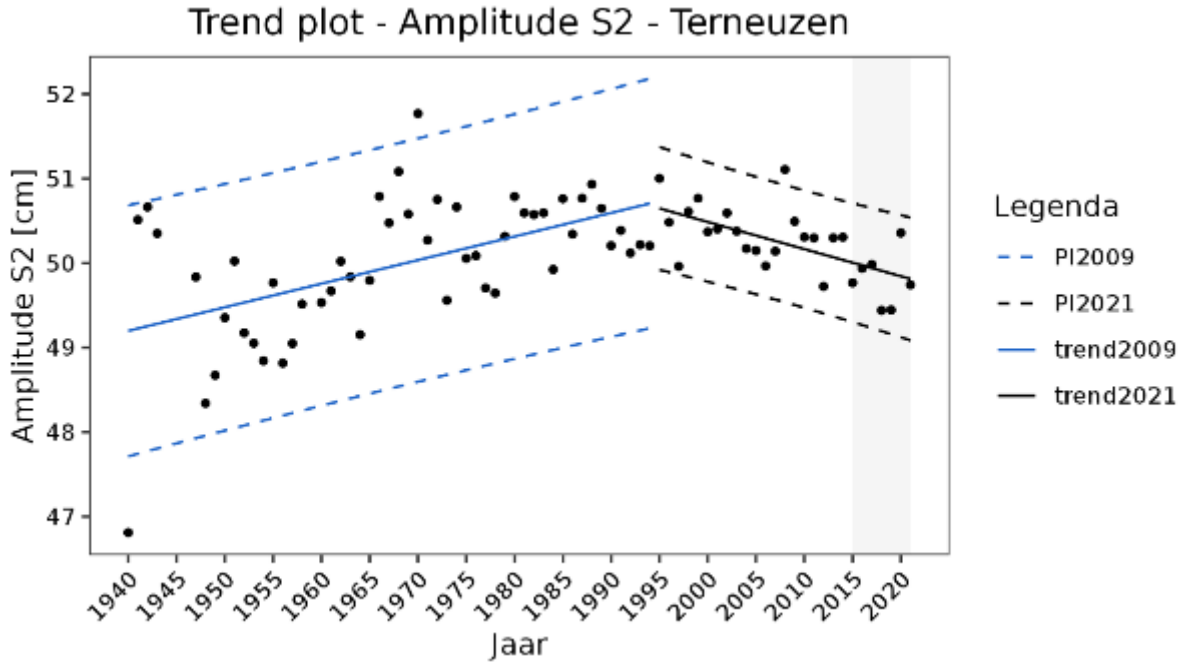
Terneuzen



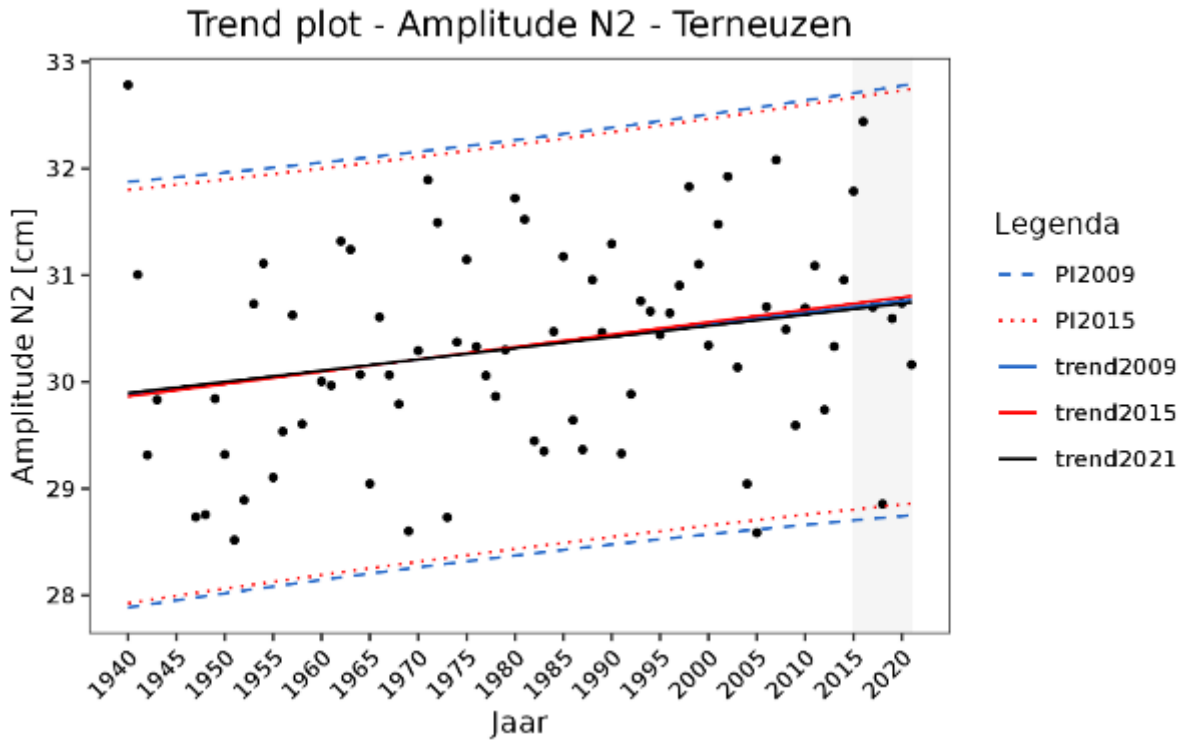
Figuur 9-185: Resultaten trendanalyse M2 amplitude Terneuzen met de trend tot en met de opgelegde trendbreuk in 1995 en de trend met de data vanaf de trendbreuk en bijbehorende predictie-intervallen.



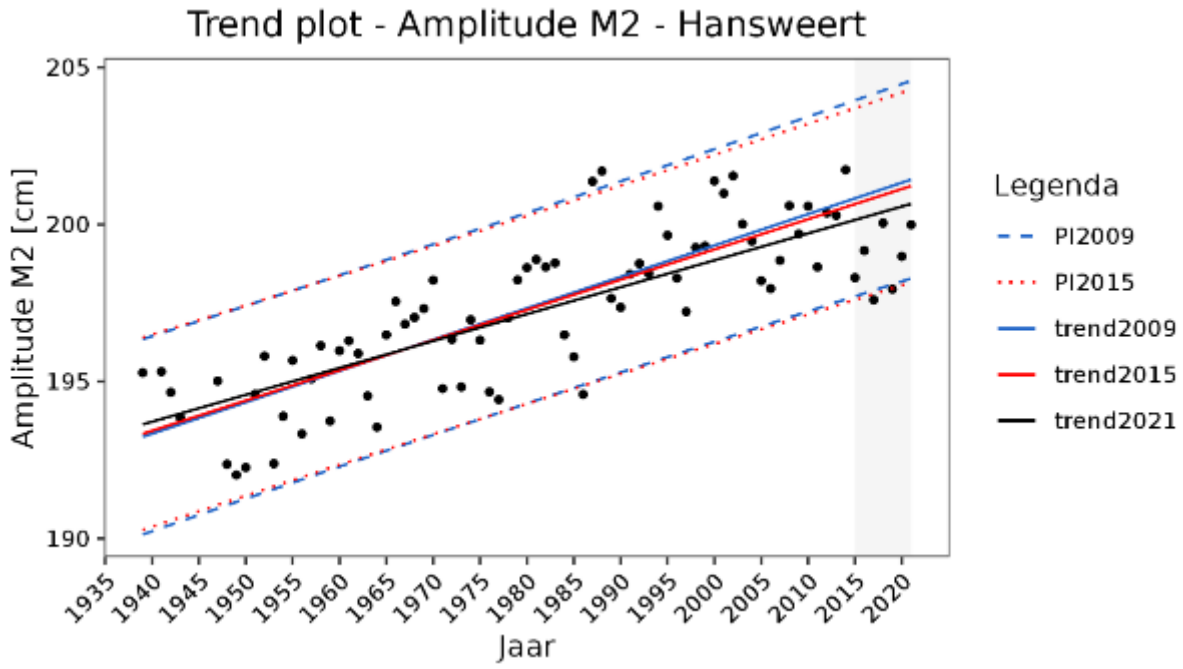
Figuur 9-186: Resultaten trendanalyse M4 amplitude Terneuzen met de trend tot en met de opgelegde trendbreuk in 1995 met bijbehorend predictie-interval en een LOESS-filter voor de data sinds de trendbreuk.



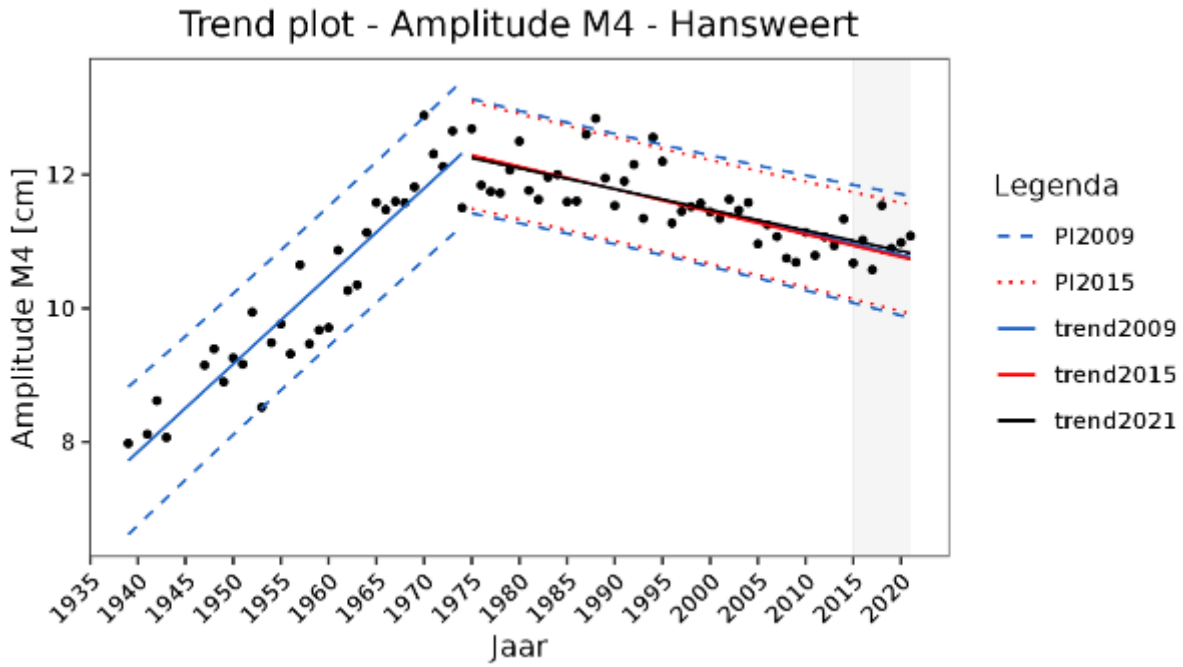
Figuur 9-187: Resultaten trendanalyse S2 amplitude Terneuzen met de trend tot en met de opgelegde trendbreuk in 1995 en de trends met de data vanaf de trendbreuk t/m 2021 en bijbehorende predictie-intervallen.



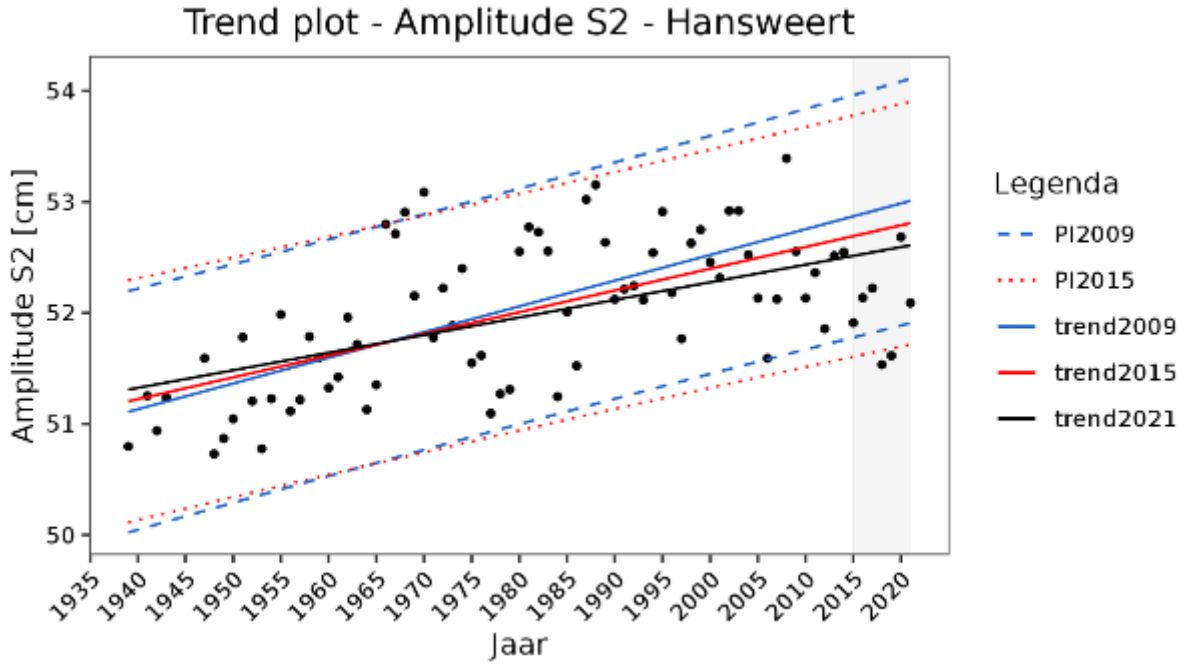
Hansweert



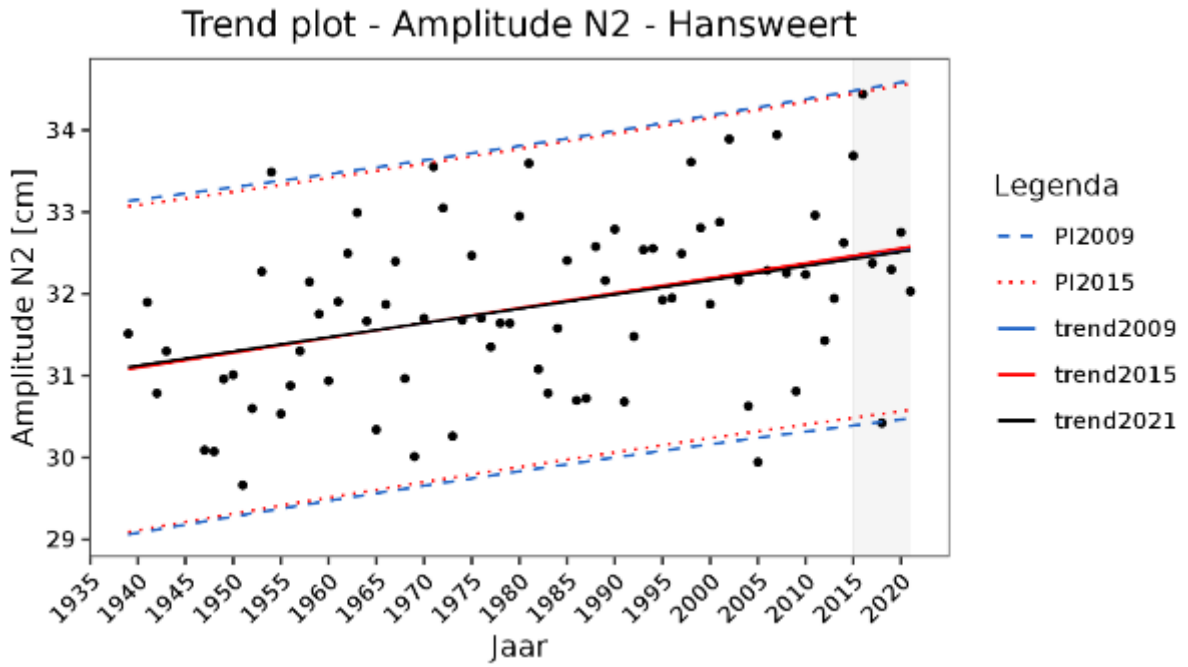
Figuur 9-188: Resultaten trendanalyse M2 amplitude Hansweert met de trends t/m 2009, 2015 en 2021 voor de periode 1939-2021 en de bijbehorende en bijbehorende predictie-intervallen.



Figuur 9-189: Resultaten trendanalyse M4 amplitude Hansweert met de trends t/m 2009, 2015 en 2021 voor de periode 1939-2021 en de bijbehorende en bijbehorende predictie-intervallen. Trendbreuk in 1975.

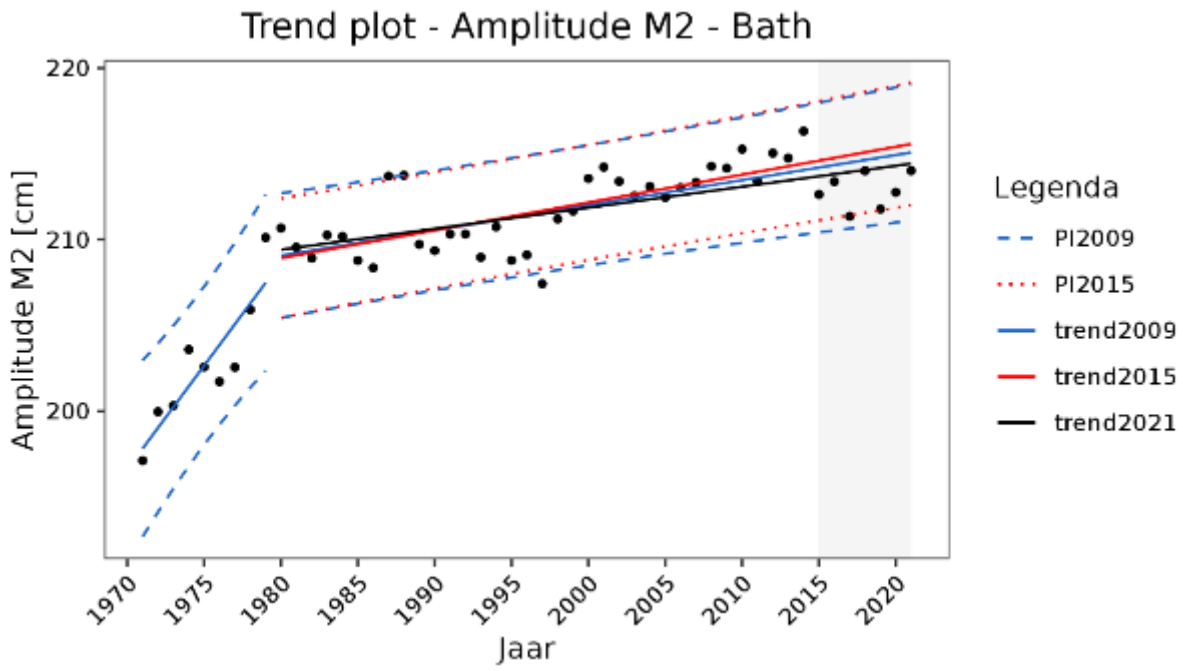


Figuur 9-190: Resultaten trendanalyse S2 amplitude Hansweert met de trends t/m 2009, 2015 en 2021 voor de periode 1939-2021 en de bijbehorende en bijbehorende predictie-intervallen.

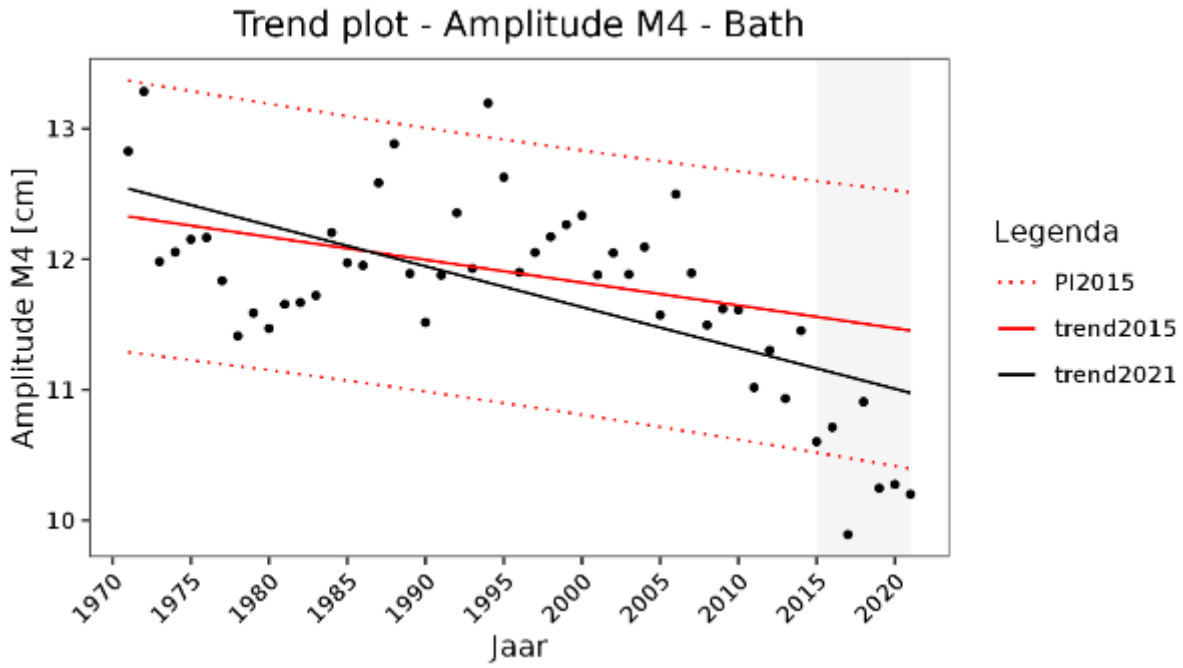


Figuur 9-191: Resultaten trendanalyse N2 amplitude Hansweert met de trends t/m 2009, 2015 en 2021 voor de periode 1939-2021 en de bijbehorende en bijbehorende predictie-intervallen.

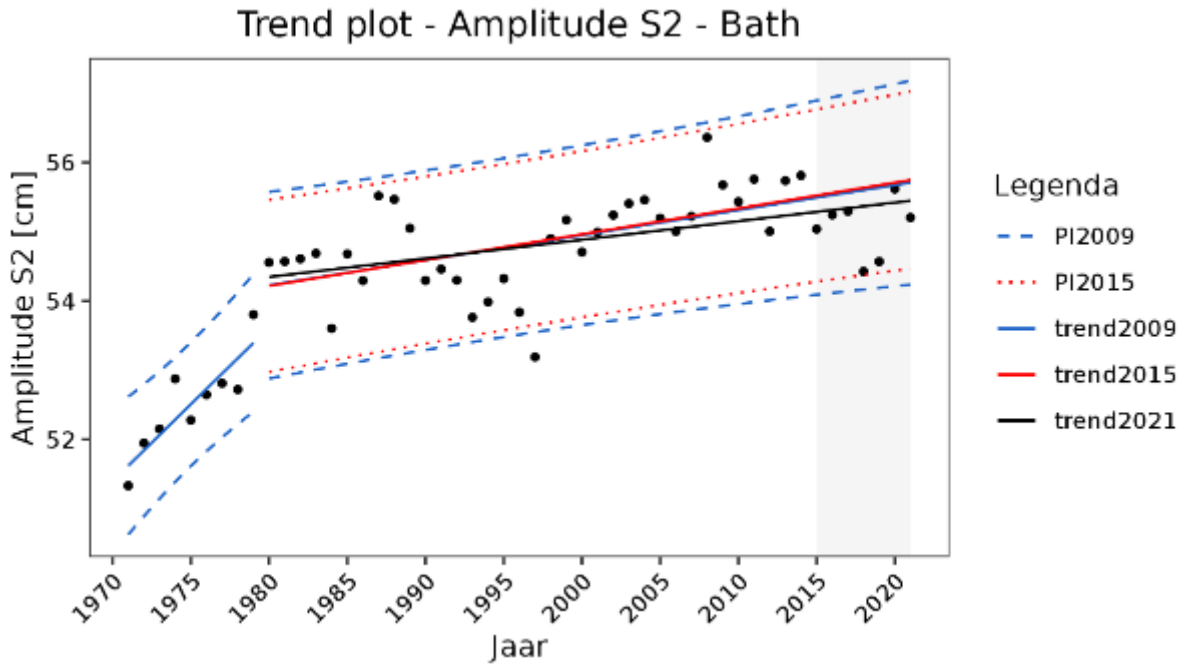
Bath



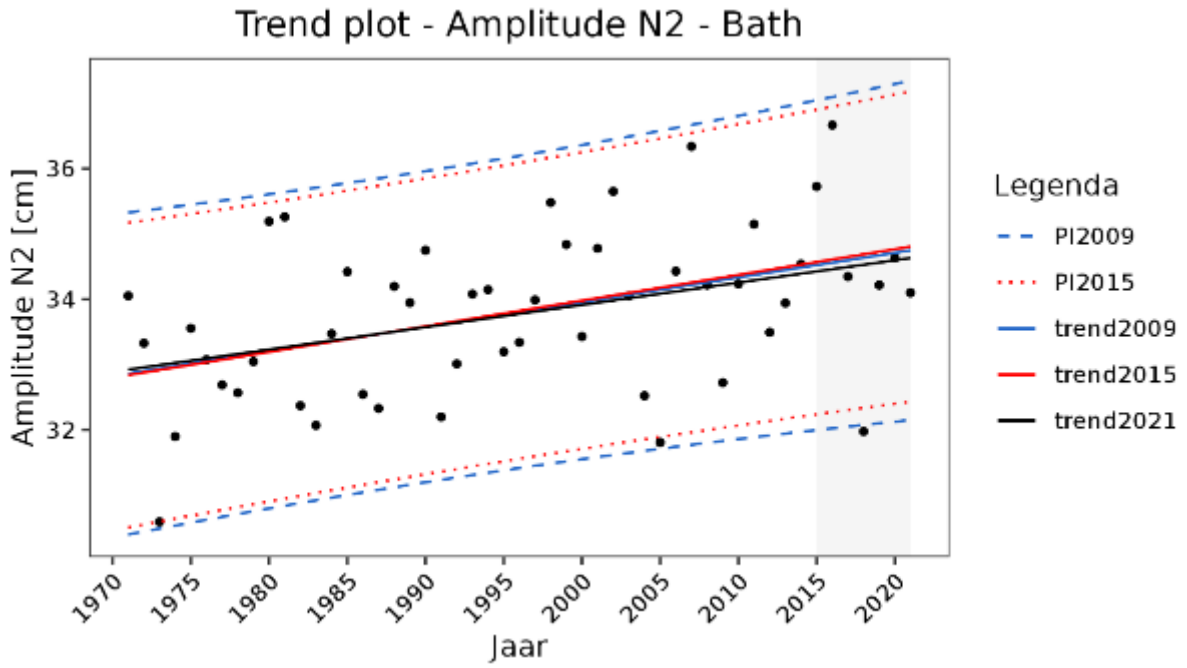
Figuur 9-192: Resultaten trendanalyse M2 amplitude Bath met de trends t/m 2009, 2015 en 2021 voor de periode 1971-2021 en de bijbehorende en bijbehorende predictie-intervallen. Trendbreuk in 1980.



Figuur 9-193: Resultaten trendanalyse M4 amplitude Bath met de trends t/m 2015 en 2021 voor de periode 1971-2021 en de bijbehorende en bijbehorende predictie-intervallen.



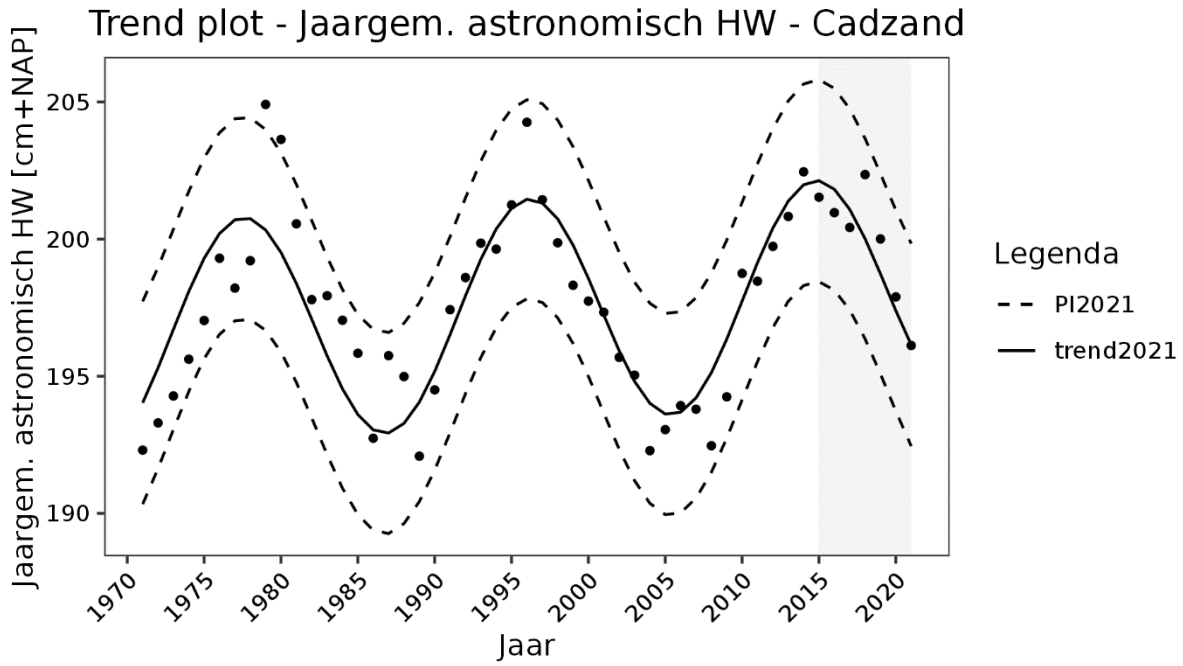
Figuur 9-194: Resultaten trendanalyse S2 amplitude Bath met de trends t/m 2009, 2015 en 2021 voor de periode 1971-2021 en de bijbehorende en bijbehorende predictie-intervallen. Trendbreuk in 1980.



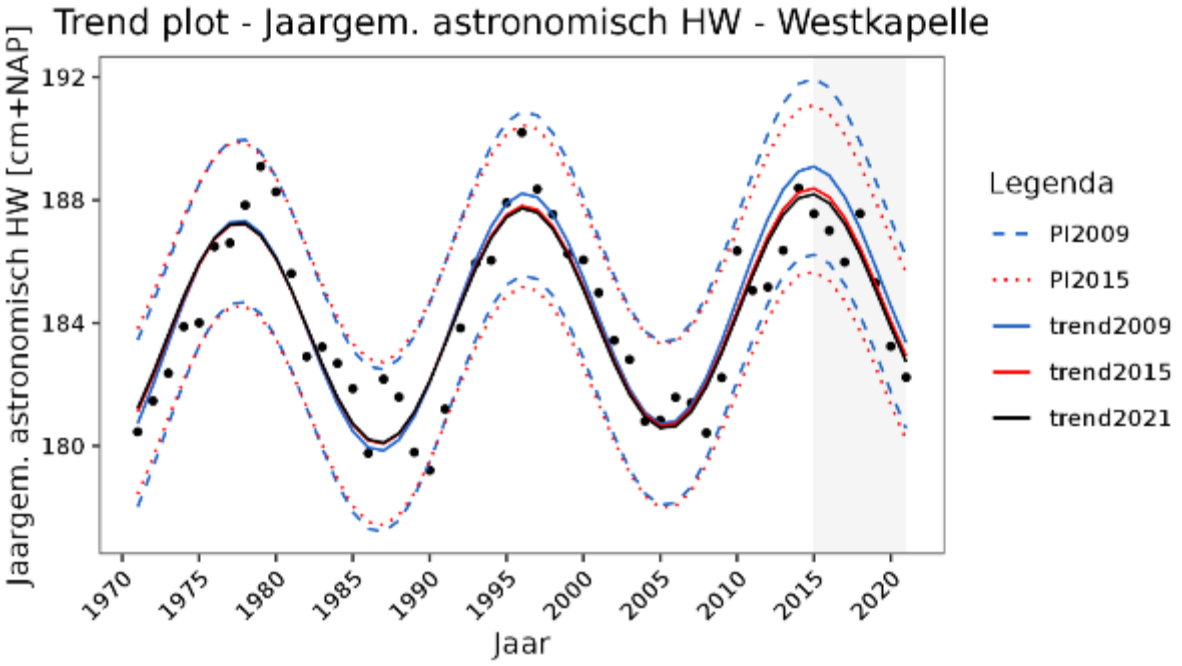
Figuur 9-195: Resultaten trendanalyse N2 amplitude Bath met de trends t/m 2009, 2015 en 2021 voor de periode 1971-2021 en de bijbehorende en bijbehorende predictie-intervallen.

A.9. Astronomisch hoog- en laagwater

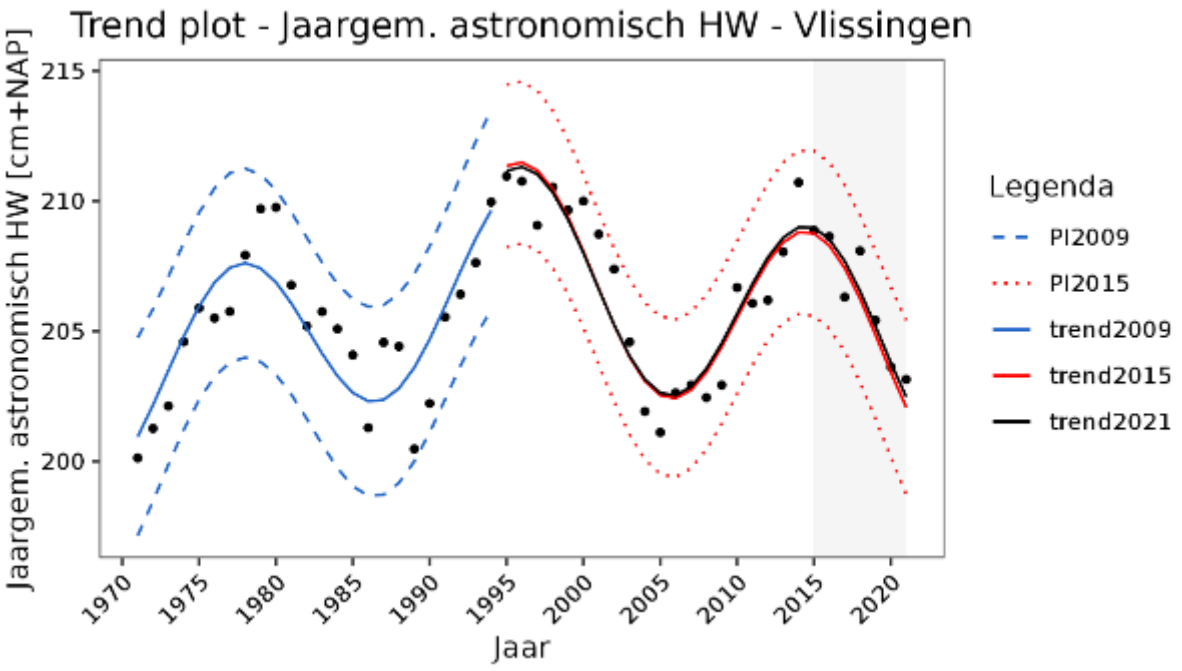
Jaargemiddelde astronomische hoogwaterstanden



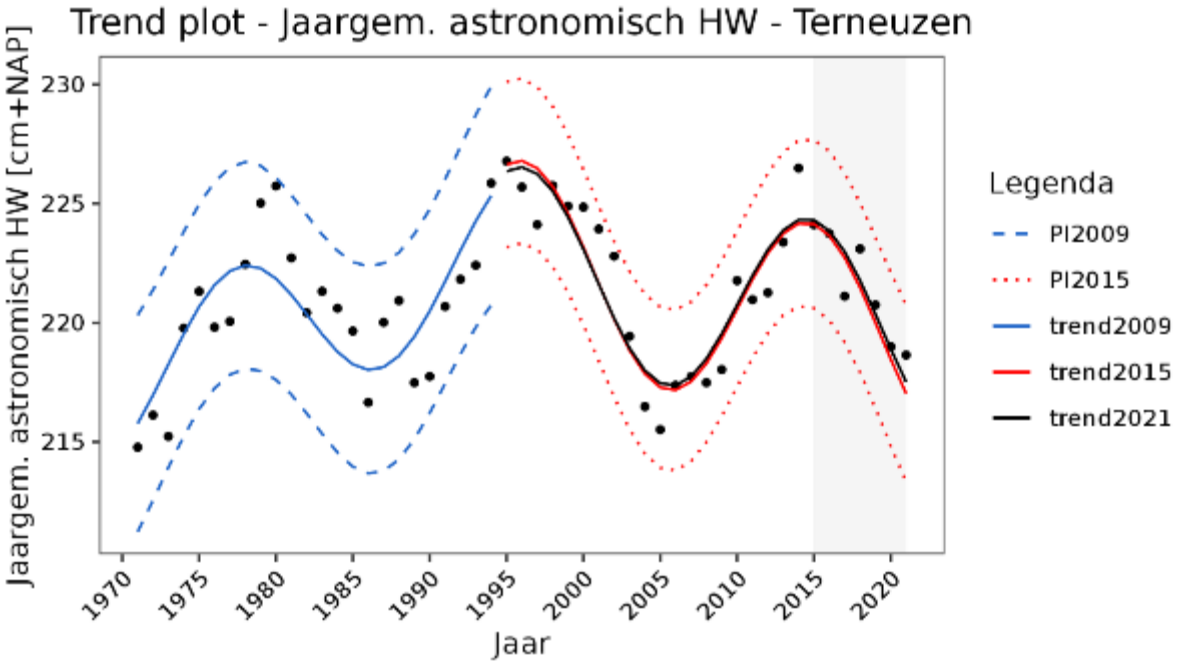
Figuur 9-196: Resultaten trendanalyse jaargemiddelde astronomische hoogwaterstanden te Cadzand met de trend tot en met 2021 voor de periode 1971-2021 en het bijbehorende predictie-interval.



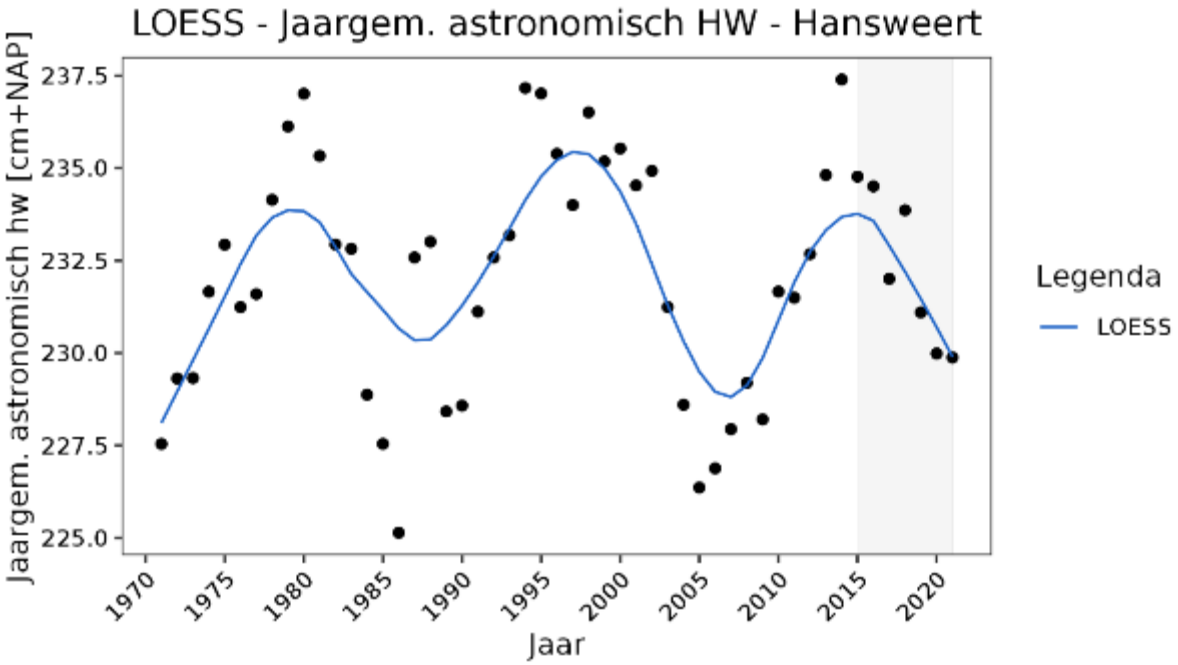
*Figuur 9-197: R*esultaten trendanalyse jaargemiddelde astronomische hoogwaterstanden te Westkapelle met de trends tot en met 2009, 2015 en 2021 voor de periode 1971-2021 en de bijbehorende predictie-intervallen.



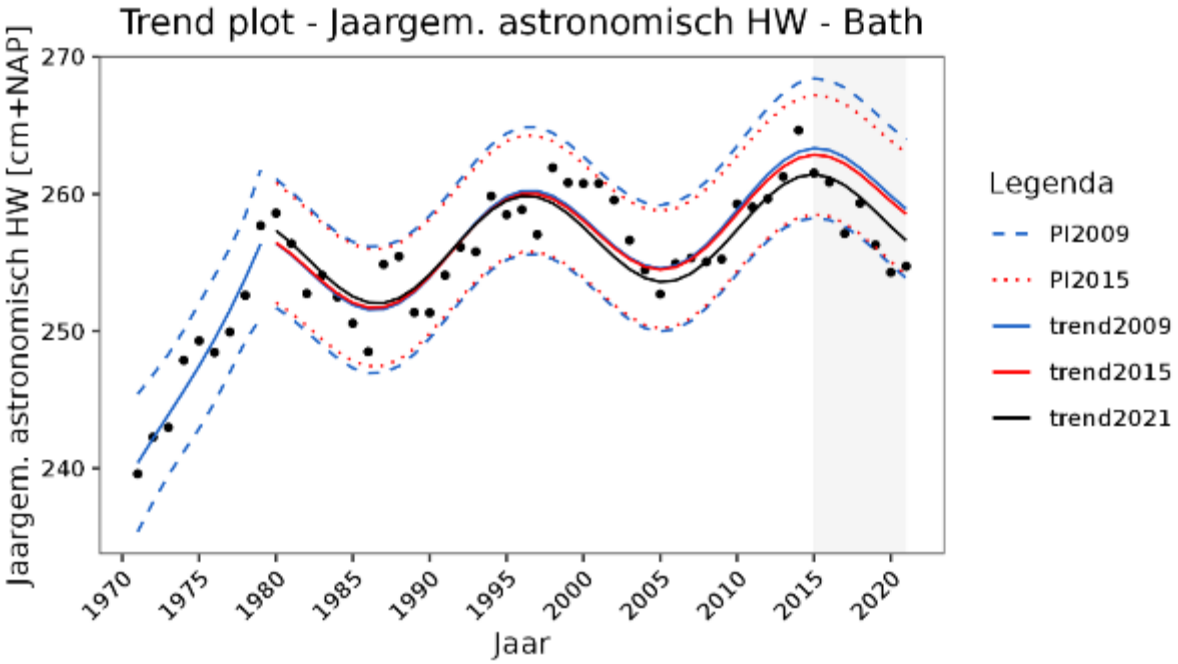
*Figuur 9-198: R*esultaten trendanalyse jaargemiddelde astronomische hoogwaterstanden te Vlissingen met de trends tot en met 2009, 2015 en 2021 voor de periode 1971-2021 en de bijbehorende predictie-intervallen. Trendbreuk in 1995



*Figuur 9-199: Re*sultaten trendanalyse jaargemiddelde astronomische hoogwaterstanden te Terneuzen met de trends tot en met 2009, 2015 en 2021 voor de periode 1971-2021 en de bijbehorende predictie-intervallen. Trendbreuk in 1995

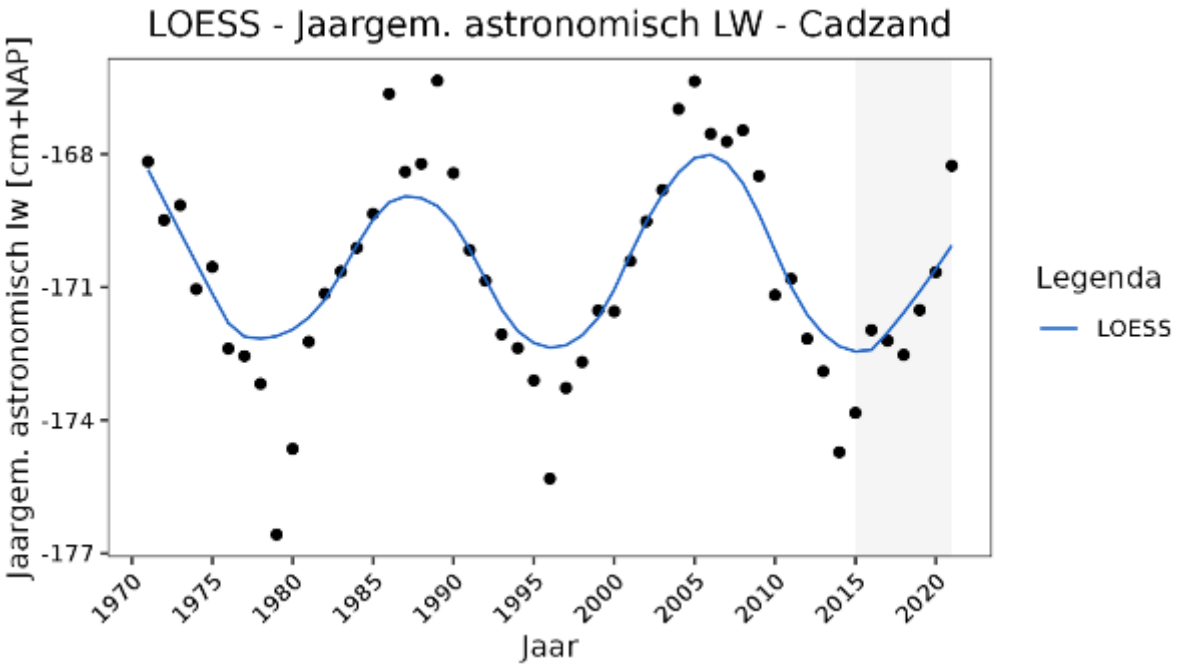


Figuur 9-200: Datapunten van de jaargemiddelde astronomische hoogwaterstanden te Hansweert voor de periode 1971-2021 en een LOESS filter met spanwijdte van 6 jaar.

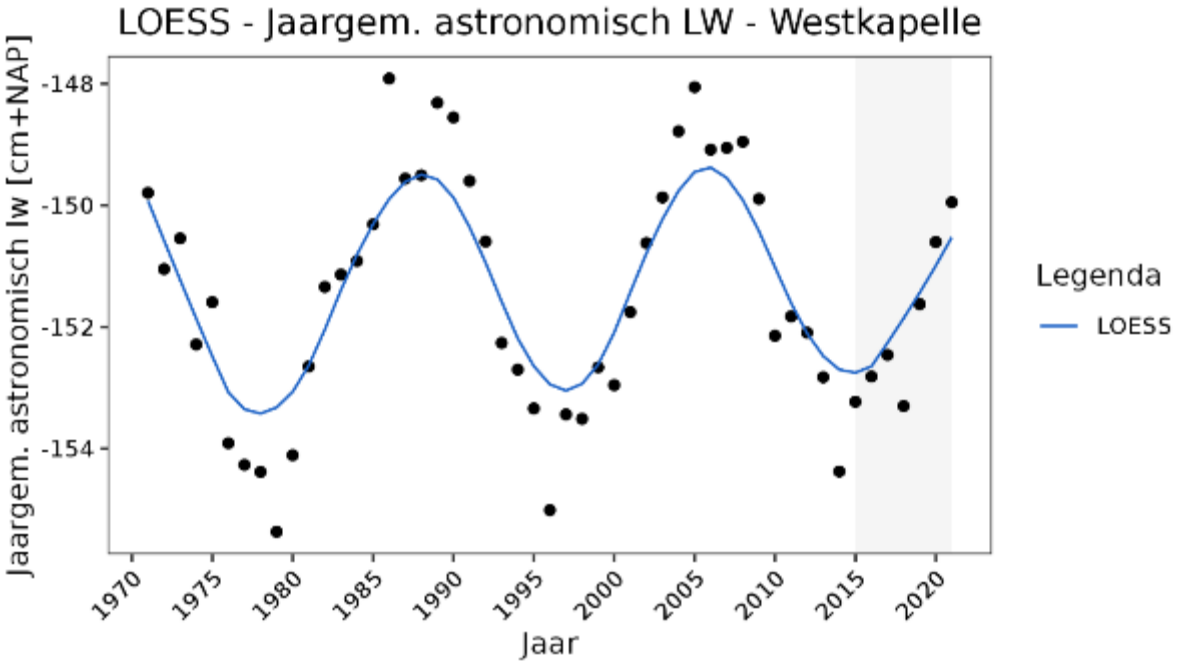


*Figuur 9-201: Re*sultaten trendanalyse jaargemiddelde astronomische hoogwaterstanden te Bath met de trends t/m 2009, 2015 en 2021 voor de periode 1971-2021 en de bijbehorende predictie-intervallen. Trendbreuk in 1980

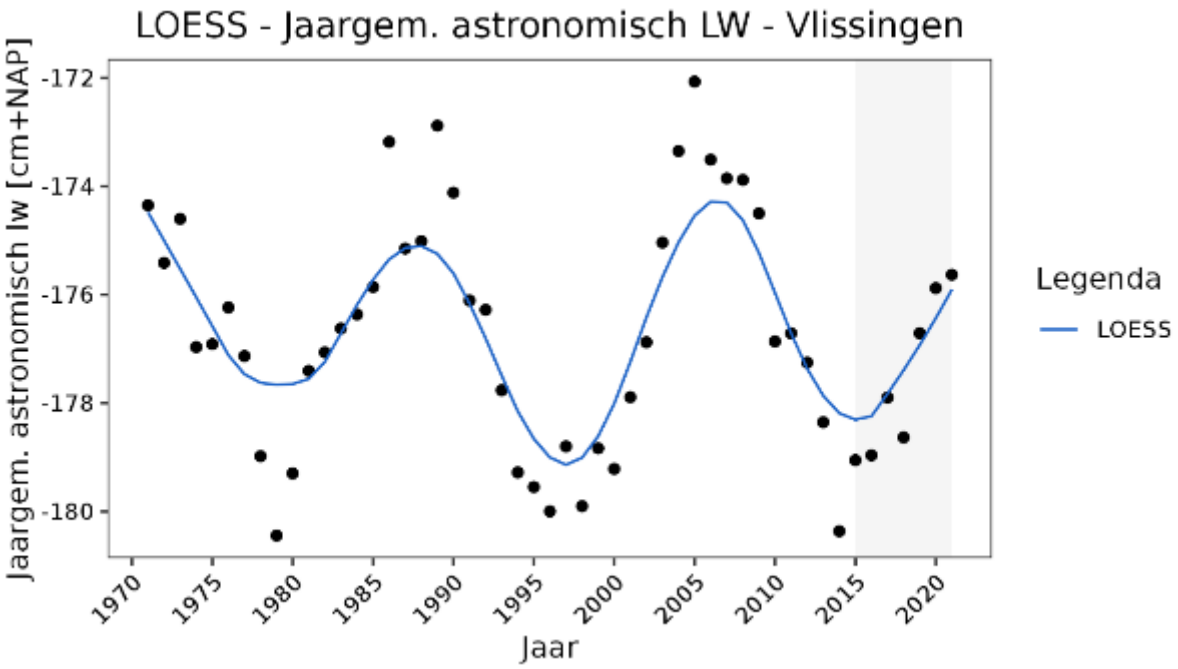
Jaargemiddelde astronomische laagwaterstanden



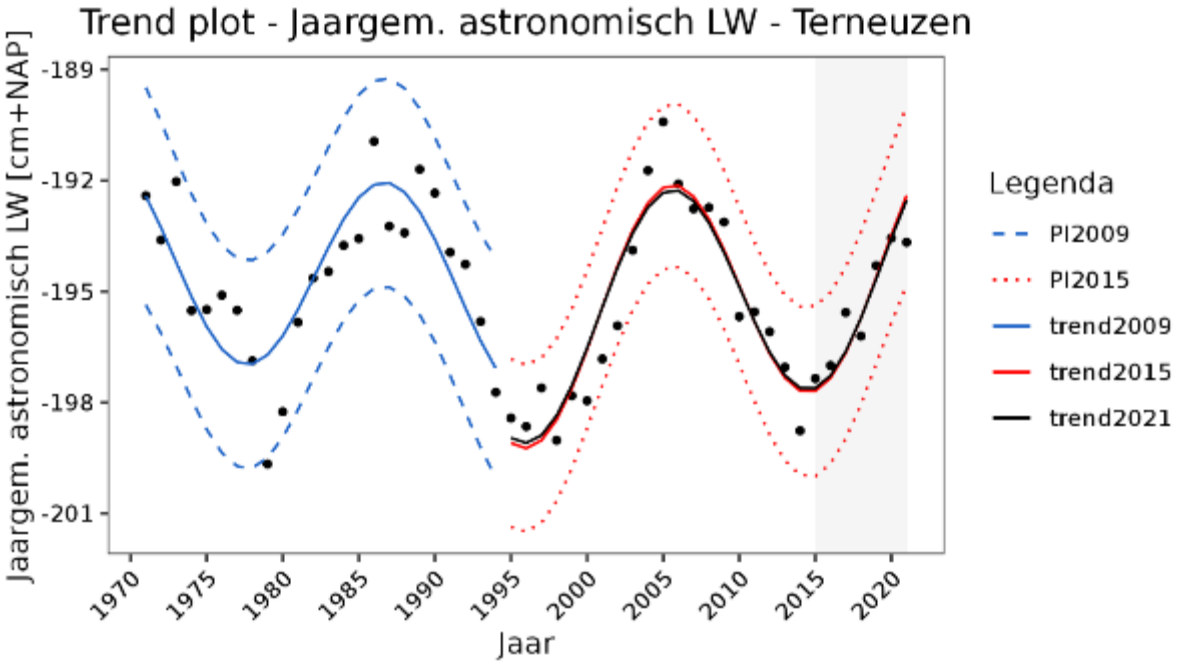
Figuur 9-202: Datapunten van de jaargemiddelde astronomische laagwaterstanden te Cadzand voor de periode 1971-2021 en een LOESS filter met spanwijdte van 6 jaar.



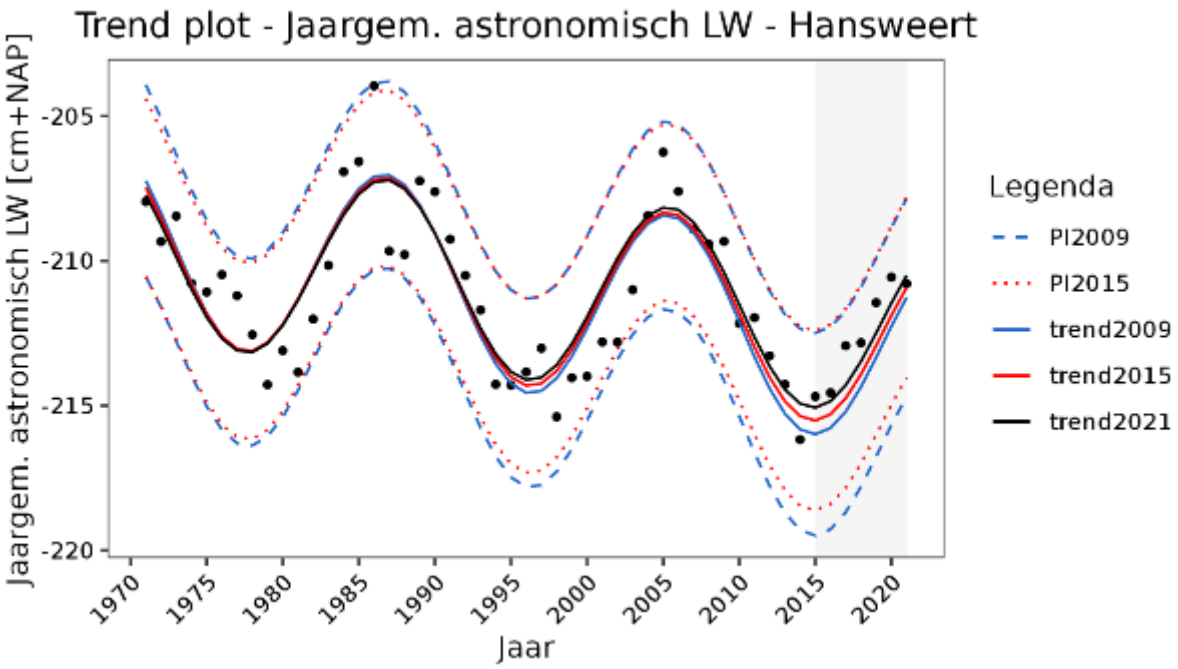
Figuur 9-203: Datapunten van de jaargemiddelde astronomische laagwaterstanden te Westkapelle voor de periode 1971-2021 en een LOESS filter met spanwijdte van 6 jaar.



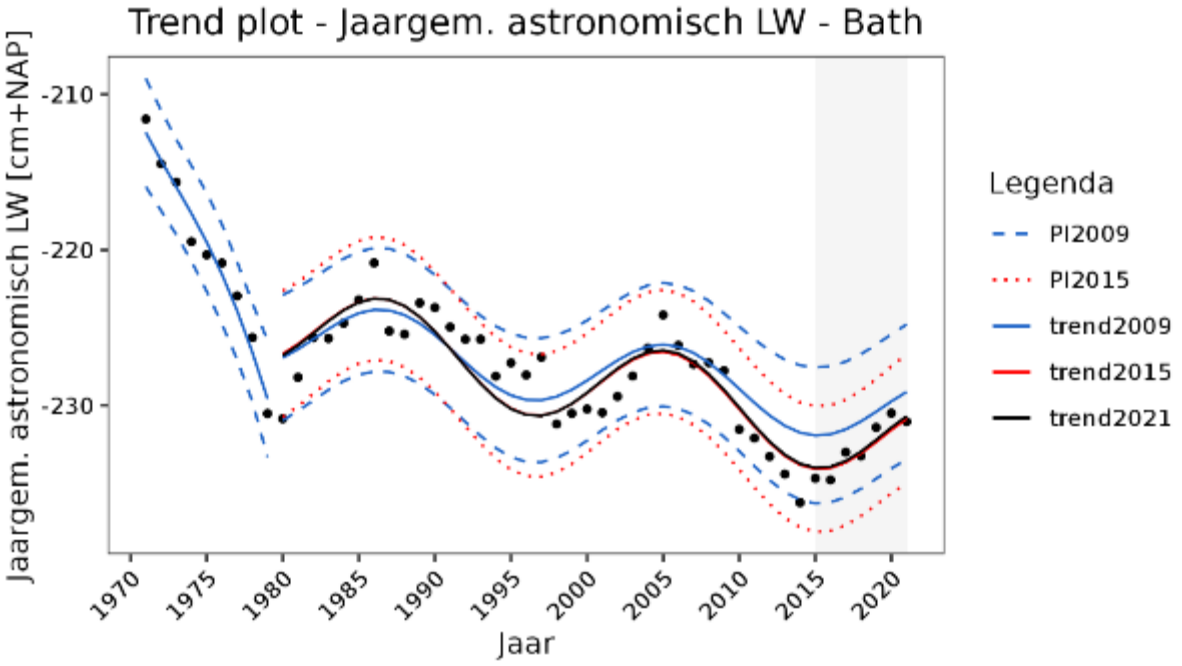
Figuur 9-204: Datapunten van de jaargemiddelde astronomische laagwaterstanden te Vlissingen voor de periode 1971-2021 en een LOESS filter met spanwijdte van 6 jaar.



*Figuur 9-205: Re*sultaten trendanalyse jaargemiddelde astronomische laagwaterstanden te Terneuzen met de trends t/m 2009, 2015 en 2021 voor de periode 1971-2021 en de bijbehorende predictie-intervallen. Trendbreuk in 1995



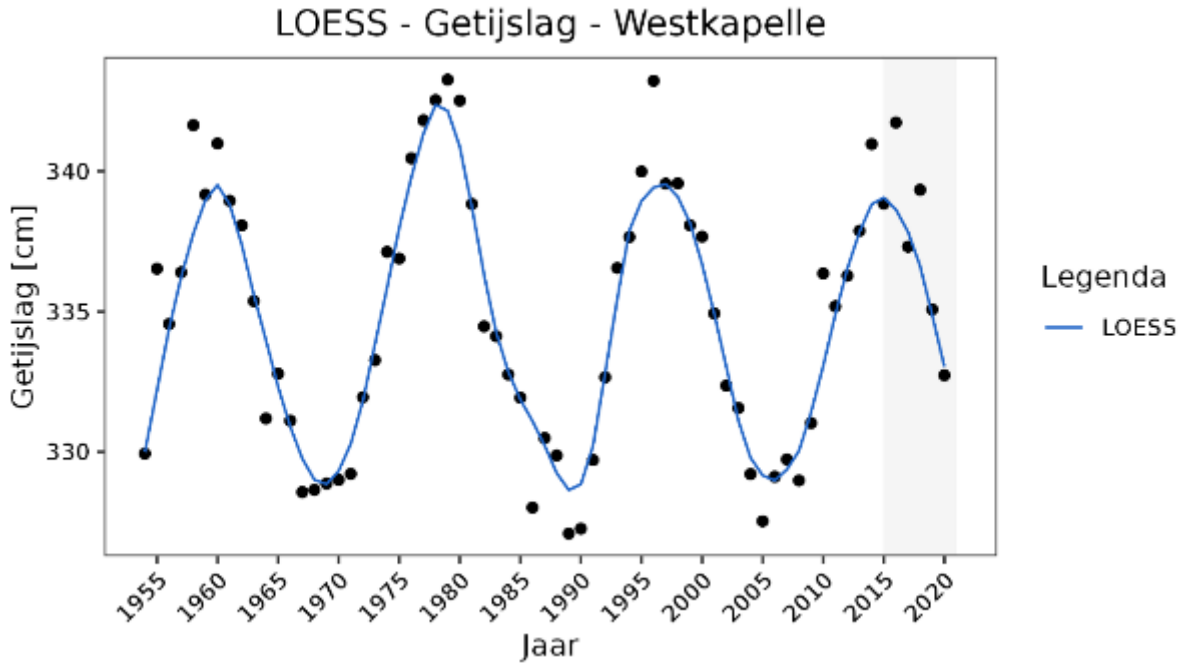
*Figuur 9-206: Re*sultaten trendanalyse jaargemiddelde astronomische laagwaterstanden te Hansweert met de trends t/m 2009, 2015 en 2021 voor de periode 1971-2021 en de bijbehorende predictie-intervallen.



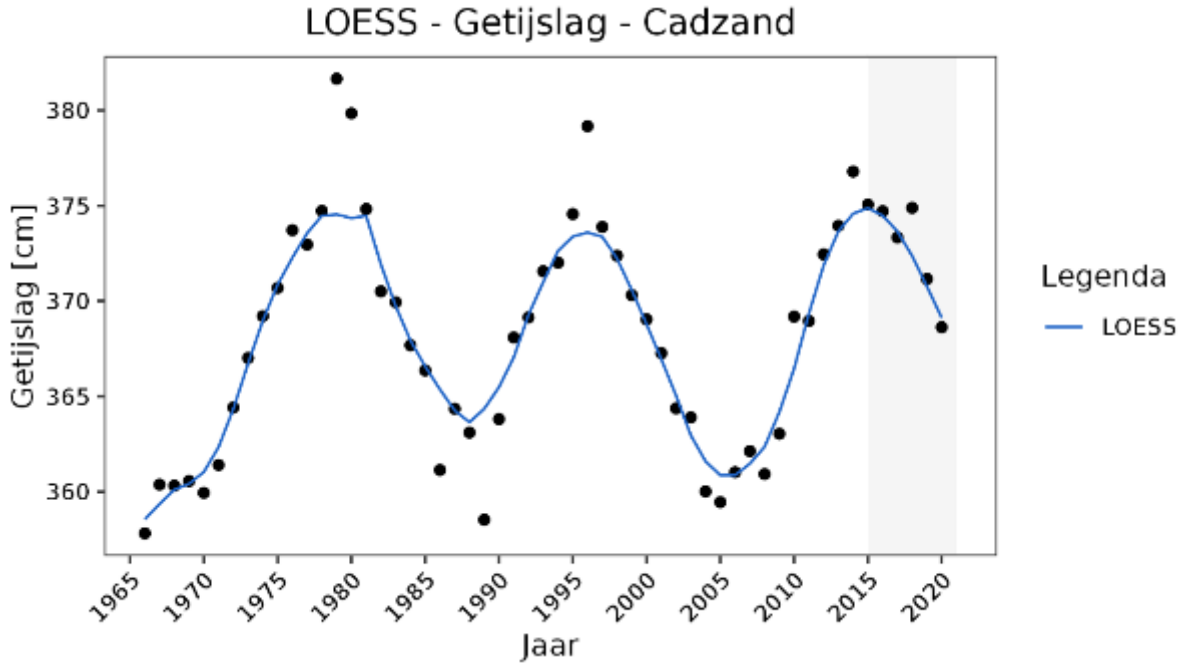
*Figuur 9-207: R*esultaten trendanalyse jaargemiddelde astronomische laagwaterstanden te Bath met de trends t/m 2009, 2015 en 2021 voor de periode 1971-2021 en de bijbehorende predictie-intervallen. Trendbreuk in 1980

A.10. Getijslag

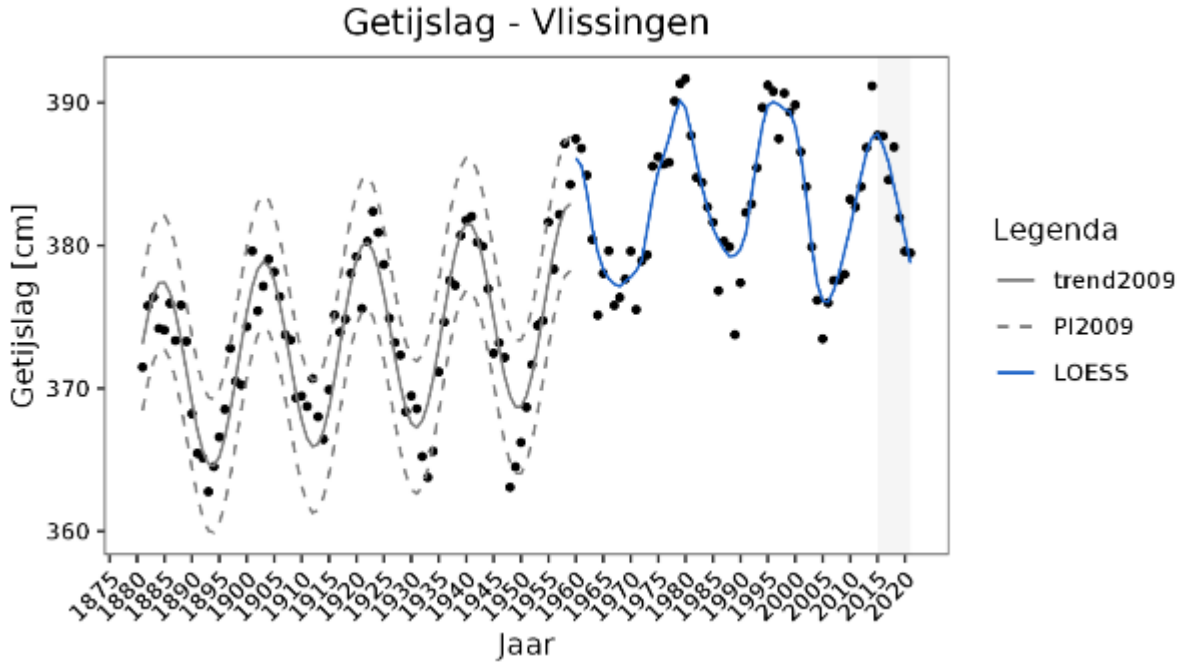
Hoofdstations buiten het estuarium en monding



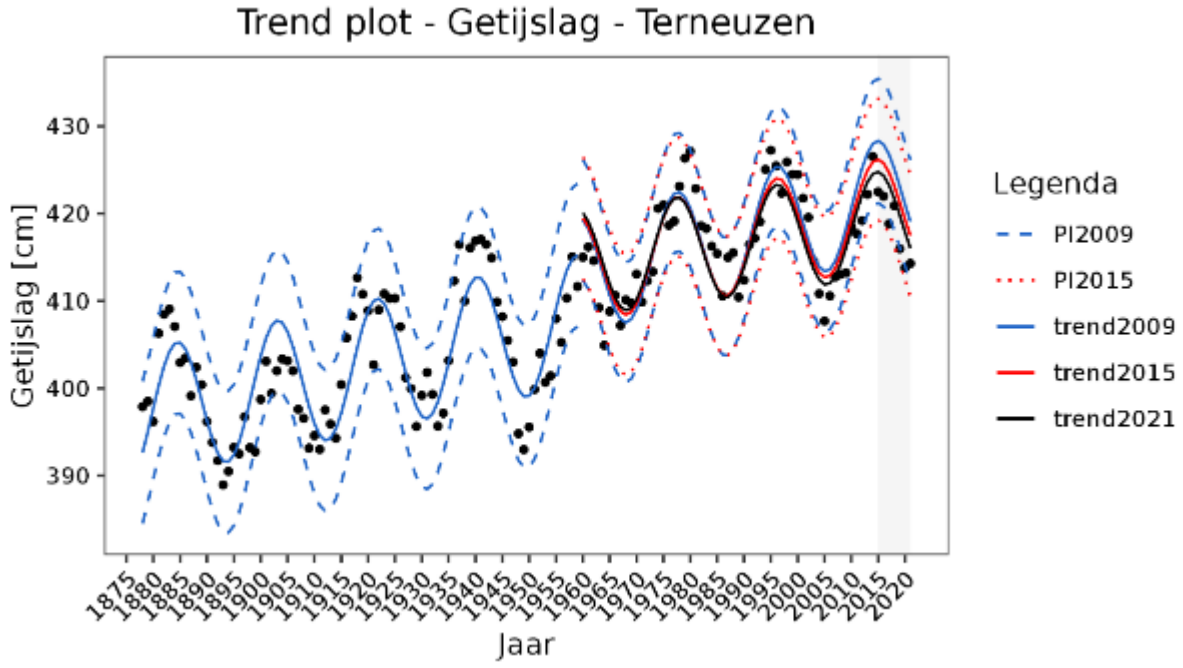
Figuur 9-208: Datapunten van de jaargemiddelde getijslag voor Westkapelle voor de periode 1954-2021 en een LOESS filter met spanwijdte van 6 jaar.



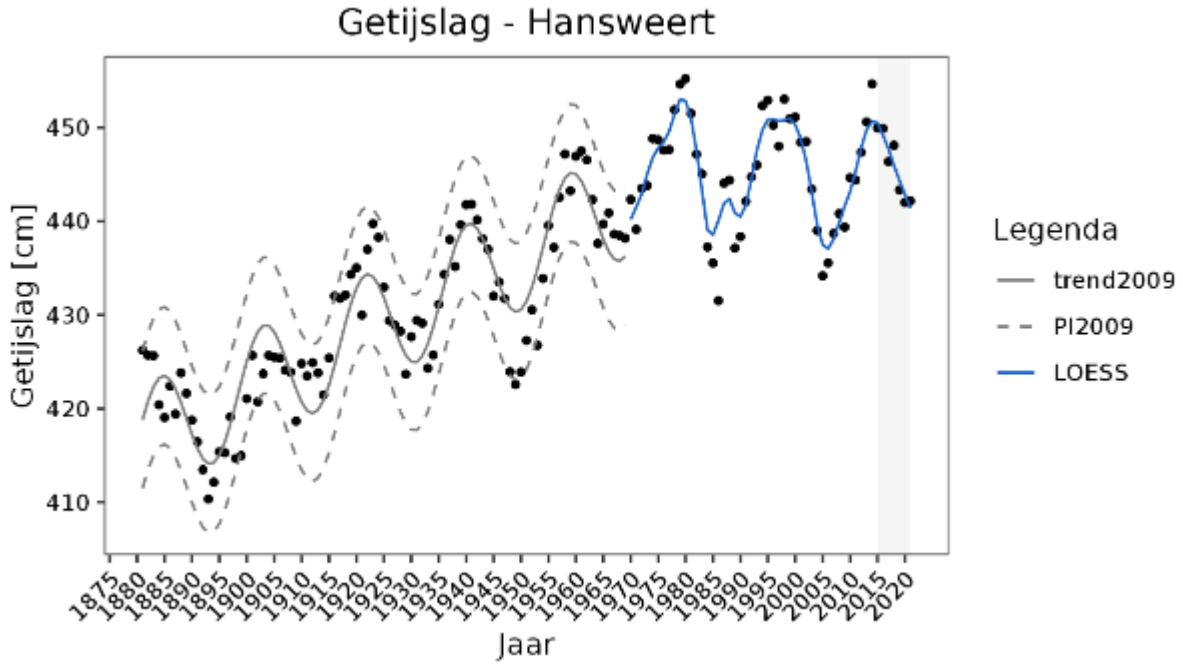
Figuur 9-209: Datapunten van de jaargemiddelde getijslag voor Cadzand voor de periode 1966-2021 en een LOESS filter met spanwijdte van 6 jaar.



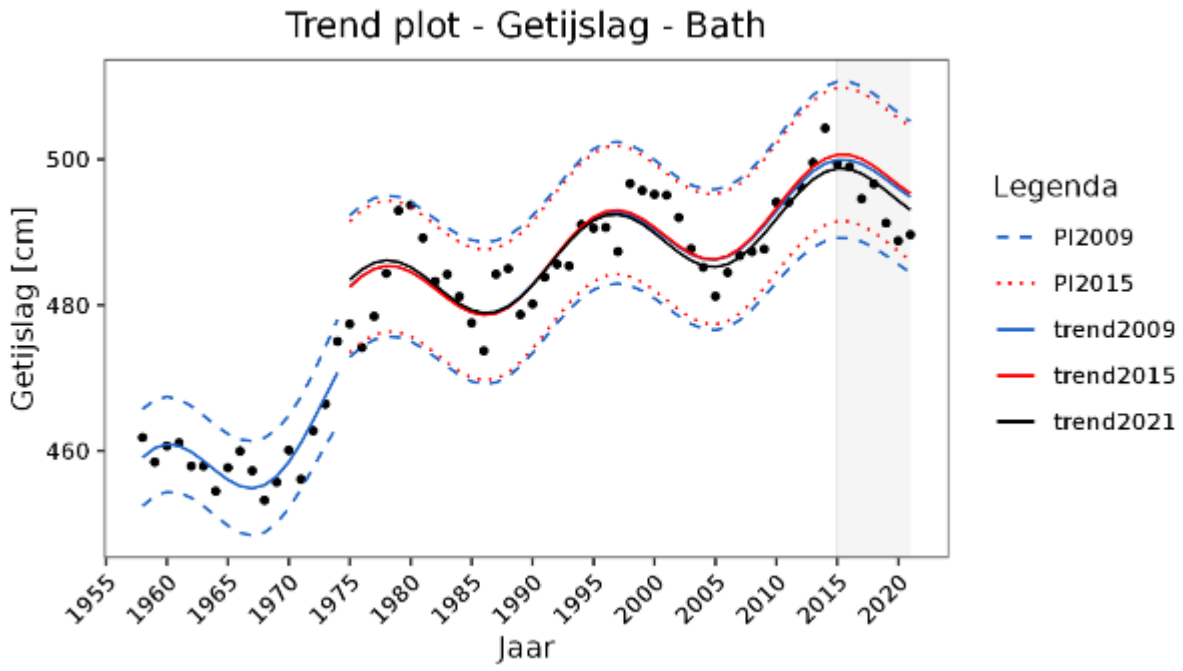
Figuur 9-210: Resultaten trendanalyse van de jaargemiddelde getijslag voor Vlissingen met de trend voor de data tot de trendbreuk in 1960. Voor de data tussen 1960 en 2021 is een LOESS filter met spanwijdte van 6 jaar getoond.



Figuur 9-211: Resultaten trendanalyse van de jaargemiddelde getijslag voor Terneuzen met de trends t/m 2009, 2015 en 2021 voor de periode 1878-2021 en de bijbehorende betrouwbaarheidsintervallen en predictie-intervallen. Trendbreuk: jaar 1960.

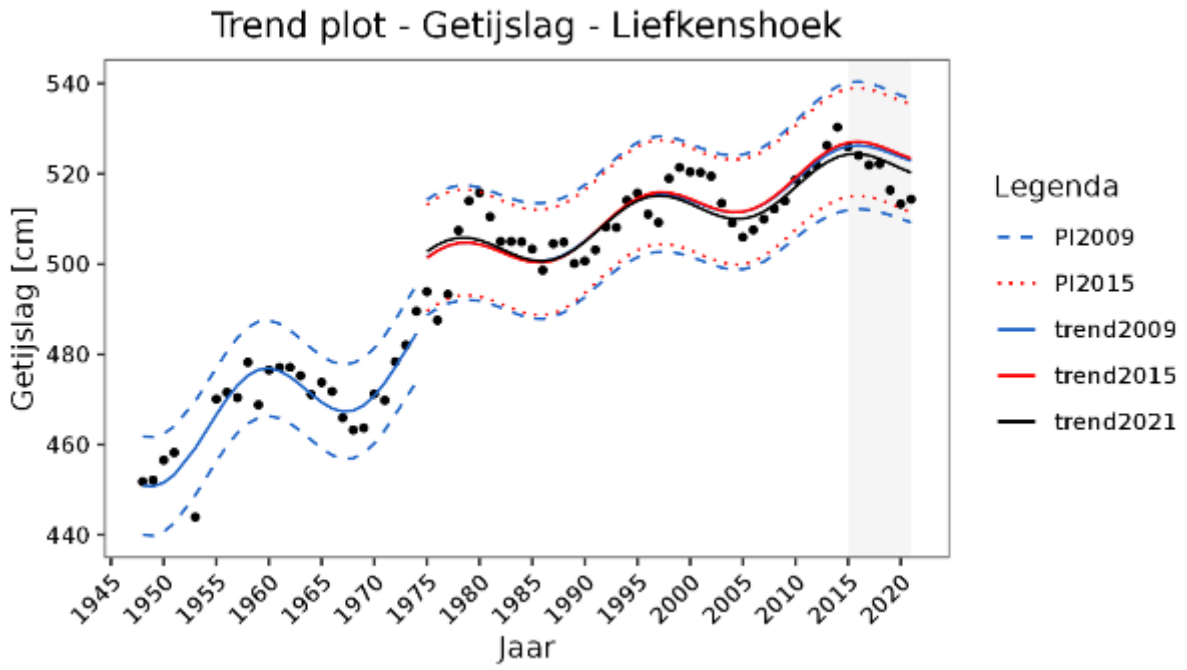


Figuur 9-212: Resultaten trendanalyse van de jaargemiddelde getijslag voor Hansweert met de trend voor de data tot de trendbreuk in 1970. Voor de data tussen 1970 en 2021 is een LOESS filter met spanwijdte van 6 jaar getoond.

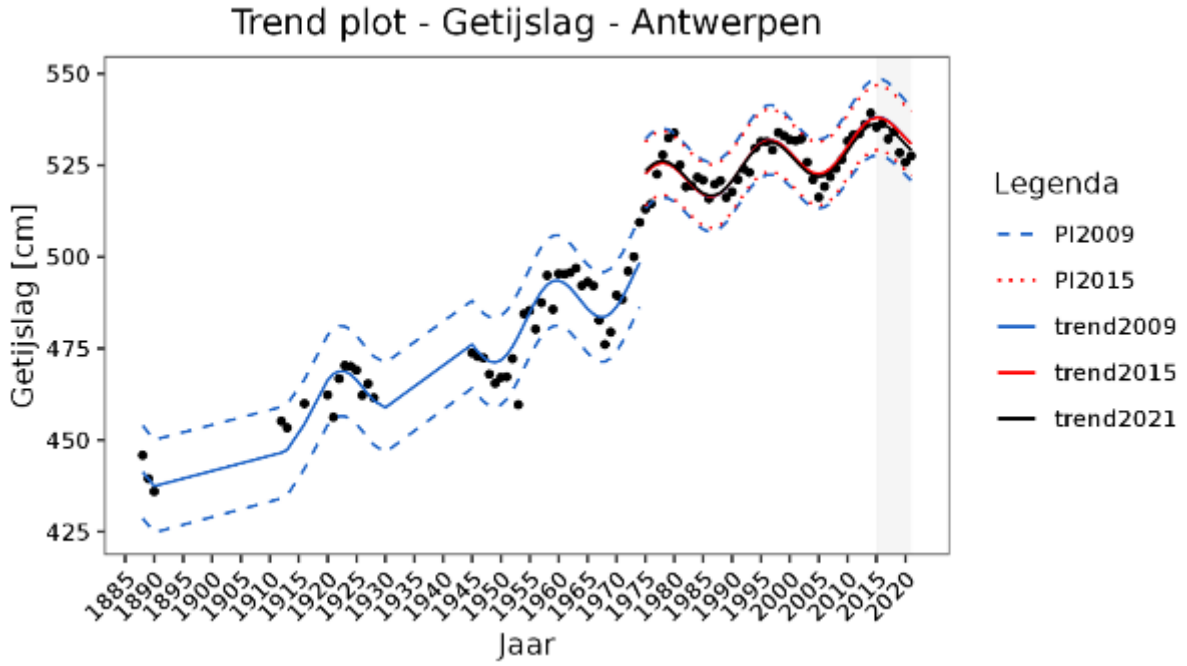


Figuur 9-213: Resultaten trendanalyse van de jaargemiddelde getijslag voor Bath met de trends t/m 2009, 2015 en 2021 voor de periode 1958-2021 en de bijbehorende betrouwbaarheidsintervallen en predictie-intervallen. Trendbreuk: jaar 1975.

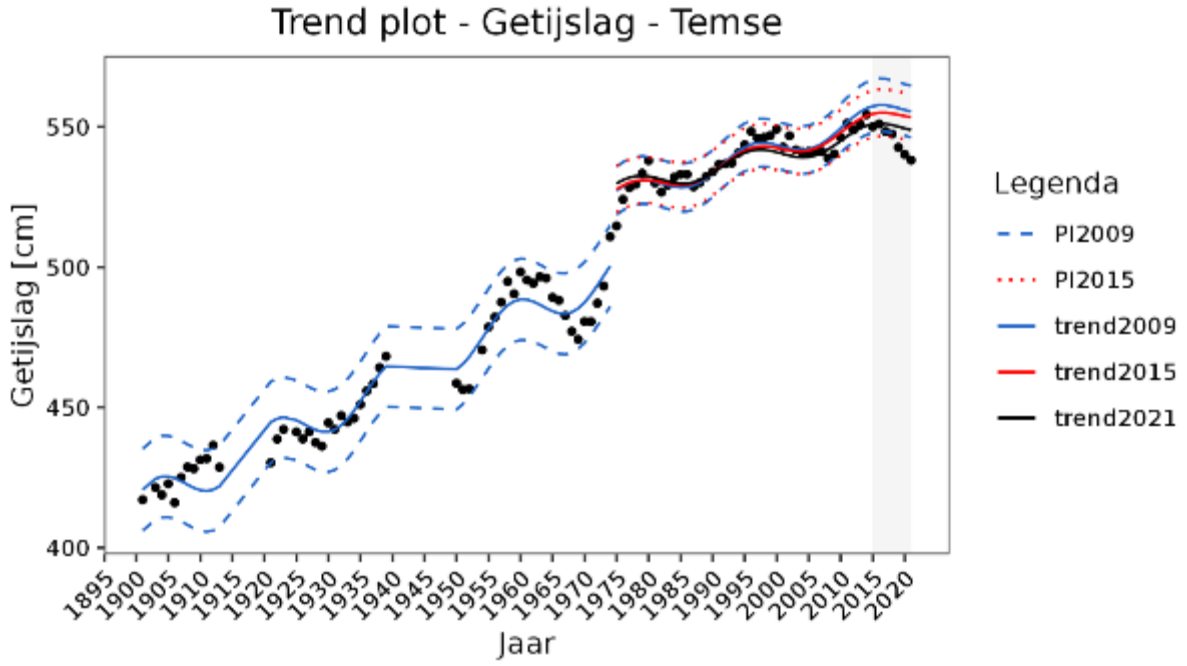
Zeeschelde



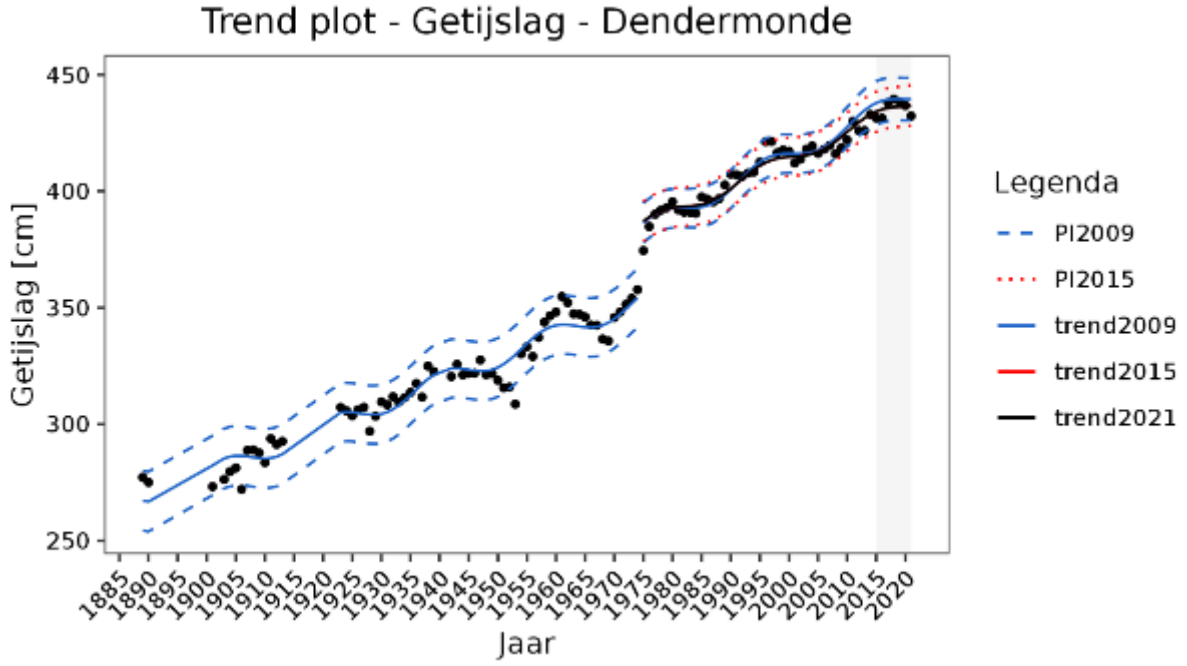
Figuur 9-214: Resultaten trendanalyse van de jaargemiddelde getijslag voor Liefkenshoek met de trends t/m 2009, 2015 en 2021 en de bijbehorende betrouwbaarheidsintervallen en predictie-intervallen. Trendbreuk: jaar 1975.



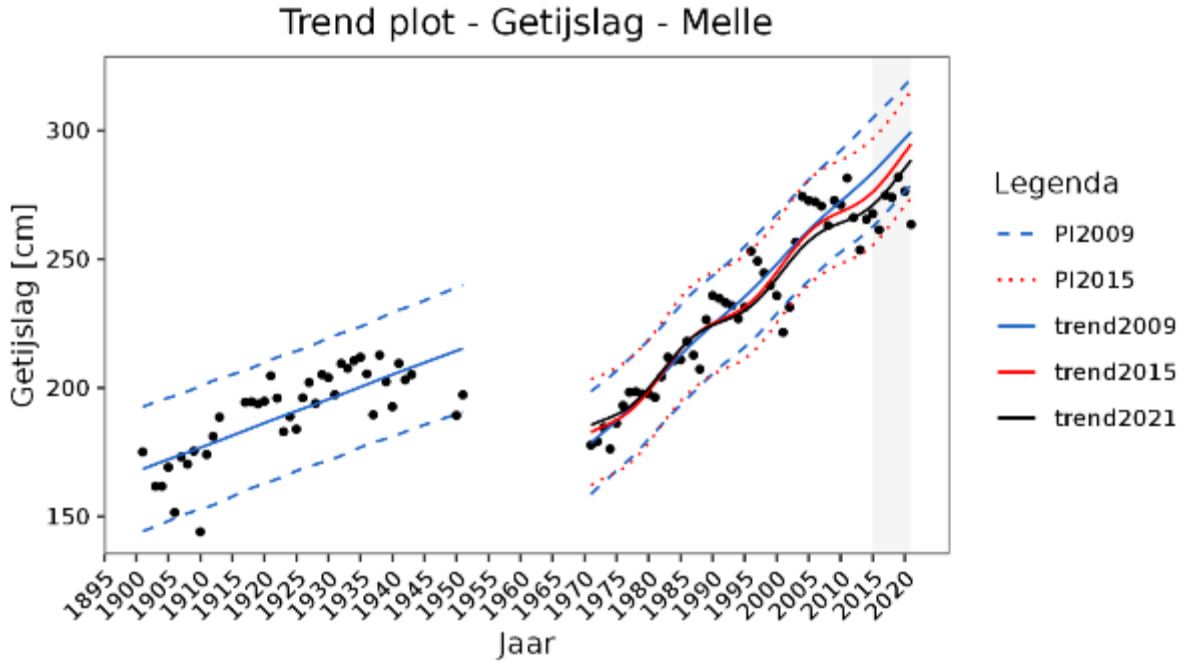
Figuur 9-215: Resultaten trendanalyse van de jaargemiddelde getijslag voor Antwerpen met de trends t/m 2009, 2015 en 2021 en de bijbehorende betrouwbaarheidsintervallen en predictie-intervallen. Trendbreuk: jaar 1975.



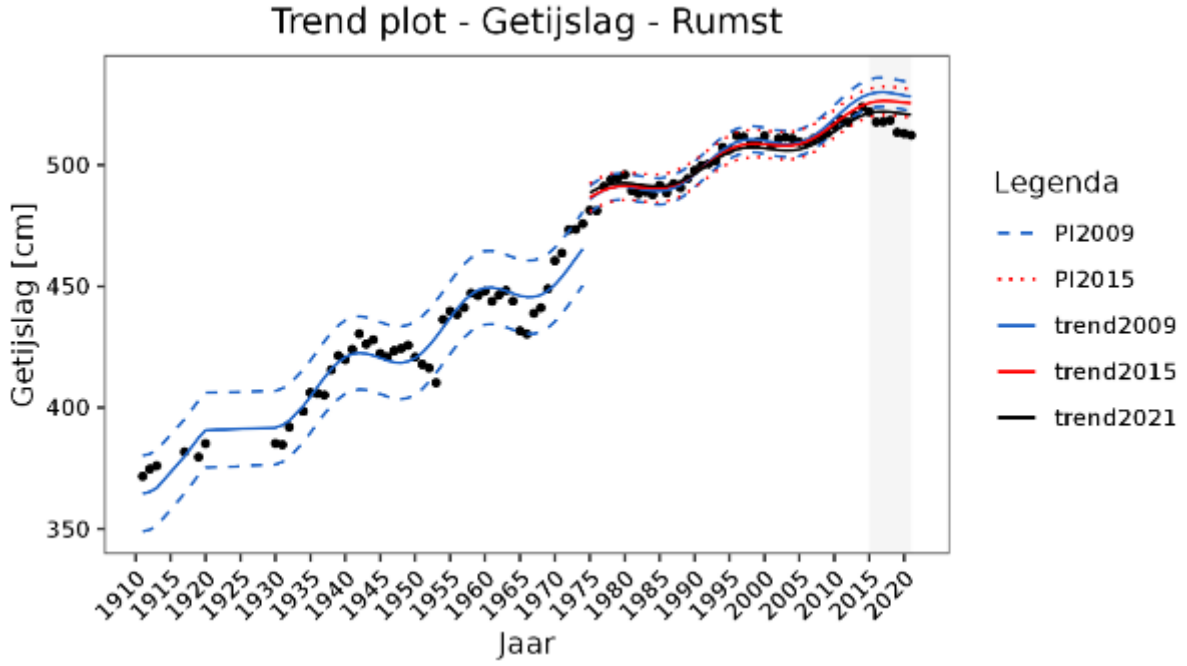
Figuur 9-216: Resultaten trendanalyse van de jaargemiddelde getijslag voor Temse met de trends t/m 2009, 2015 en 2021 en de bijbehorende betrouwbaarheidsintervallen en predictie-intervallen. Trendbreuk: jaar 1975.



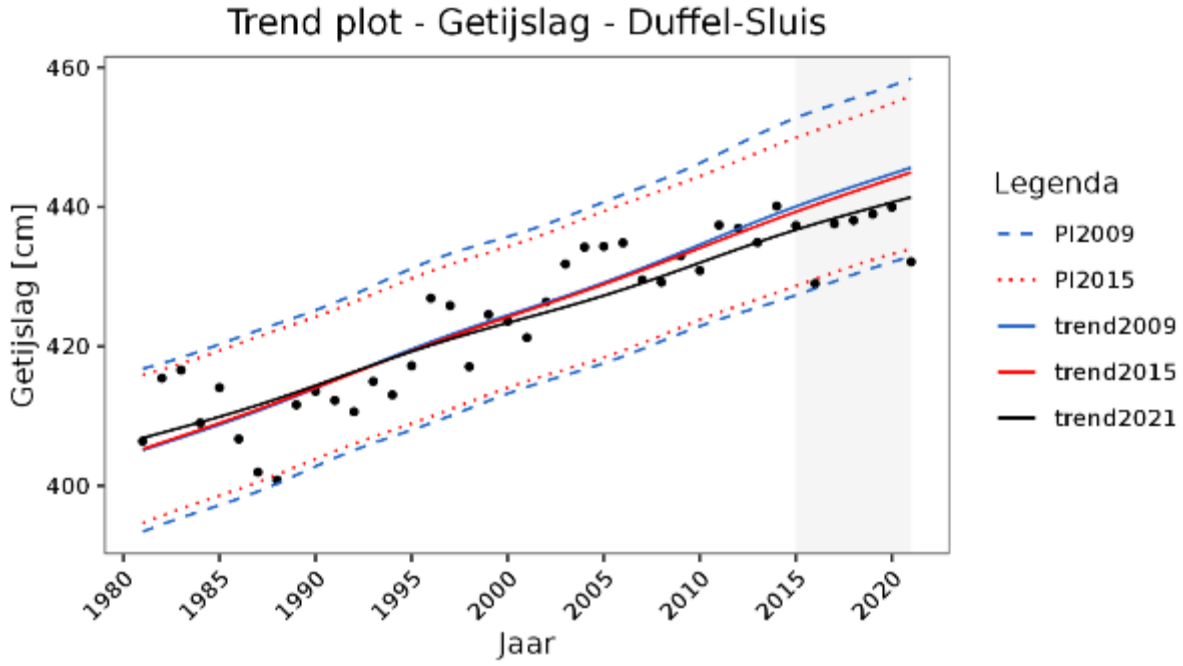
Figuur 9-217: Resultaten trendanalyse van de jaargemiddelde getijslag voor Dendermonde met de trends t/m 2009, 2015 en 2021 en de bijbehorende betrouwbaarheidsintervallen en predictie-intervallen. Trendbreuk: jaar 1975.



Figuur 9-218: Resultaten trendanalyse van de jaargemiddelde getijslag voor Melle met de trends t/m 2009, 2015 en 2021 en de bijbehorende betrouwbaarheidsintervallen en predictie-intervallen.

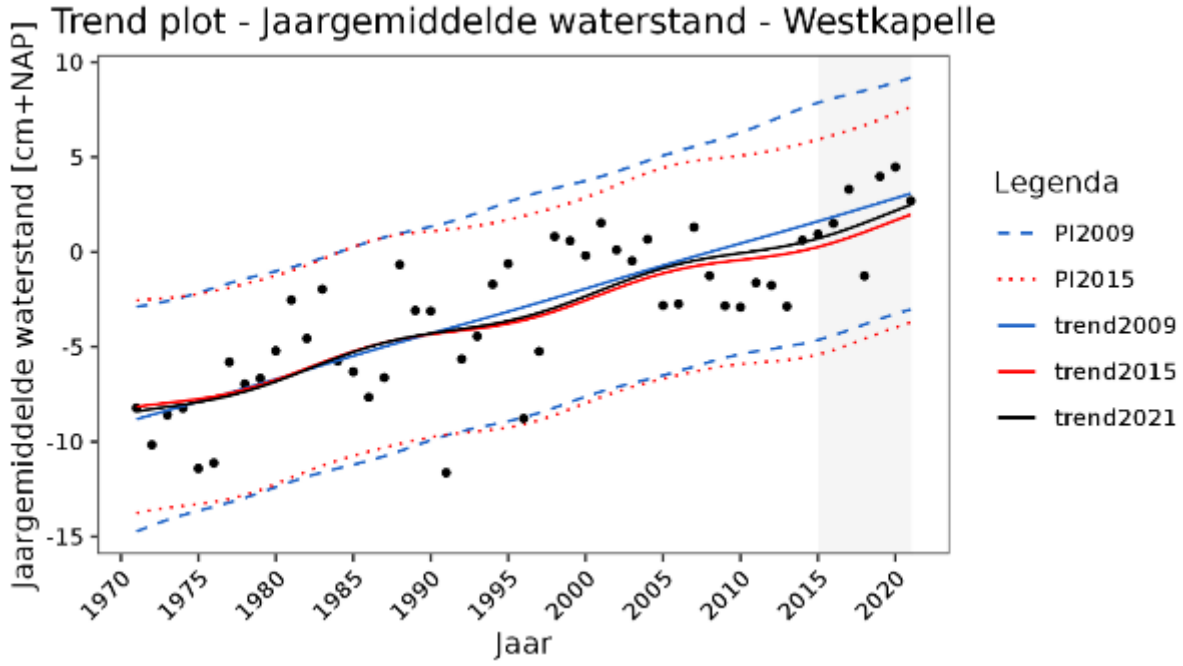


Figuur 9-219: Resultaten trendanalyse van de jaargemiddelde getijslag voor Rumst met de trends t/m 2009, 2015 en 2021 en de bijbehorende betrouwbaarheidsintervallen en predictie-intervallen. Trendbreuk in 1975

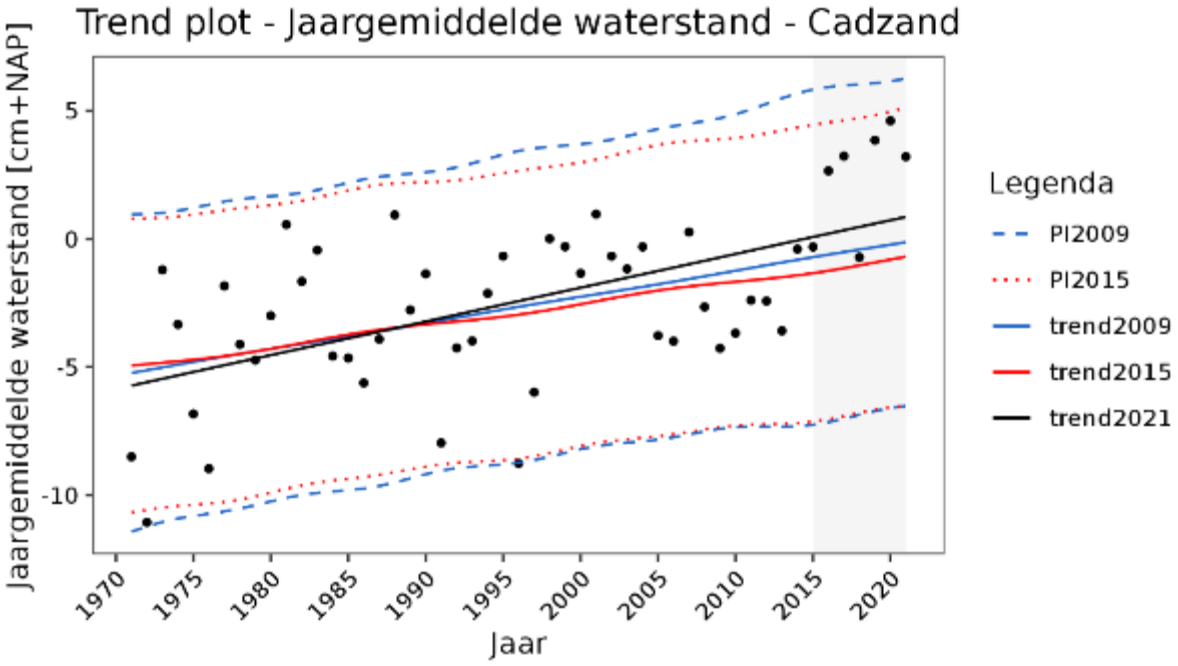


Figuur 9-220: Resultaten trendanalyse van de jaargemiddelde getijslag voor Duffel-Sluis met de trends t/m 2009, 2015 en 2021 en de bijbehorende betrouwbaarheidsintervallen en predictie-intervallen.

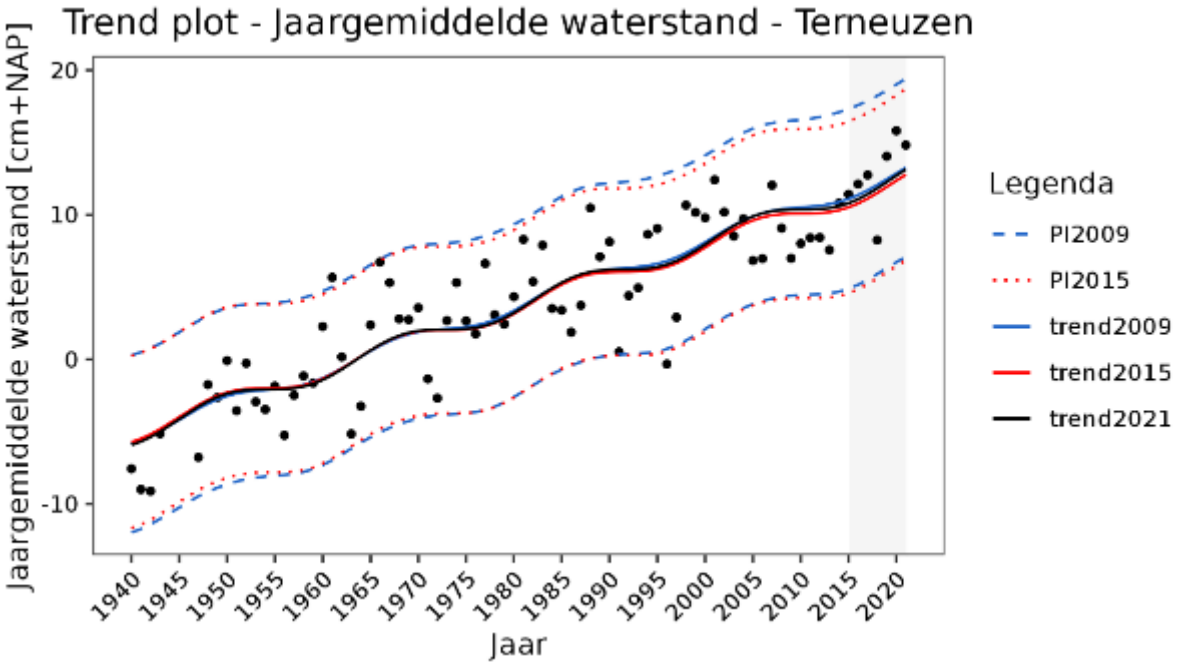
A.11. Gemiddeld zeeniveau



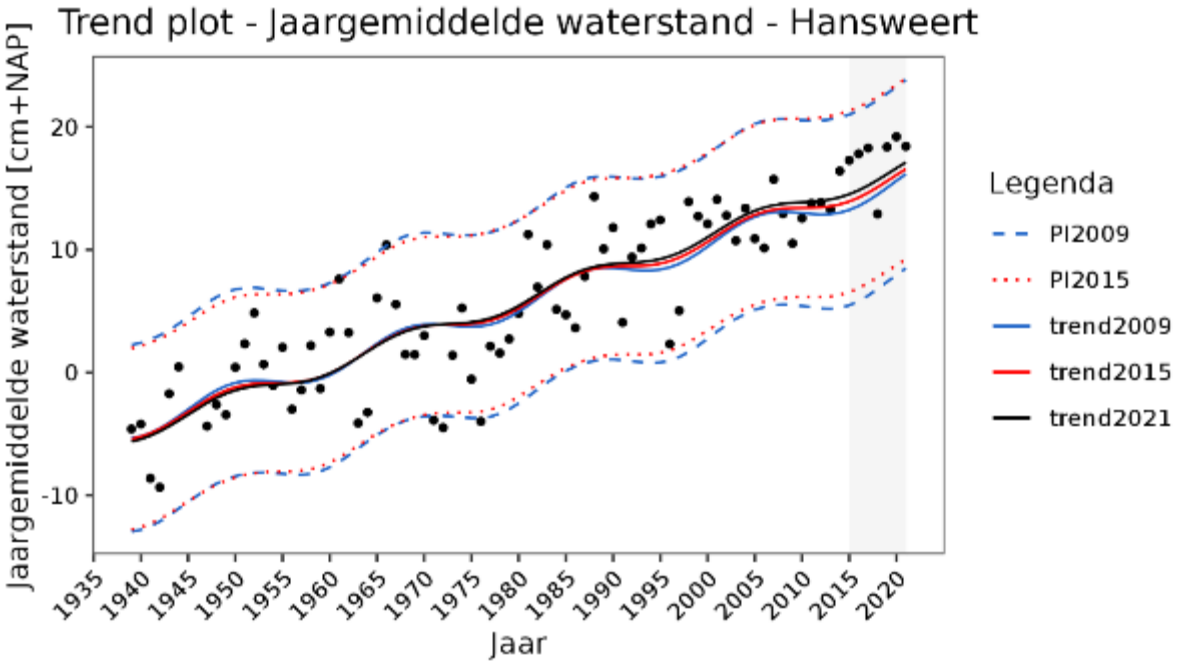
Figuur 9-221: Jaargemiddelde waterstand te Westkapelle voor de periode 1971-2021.



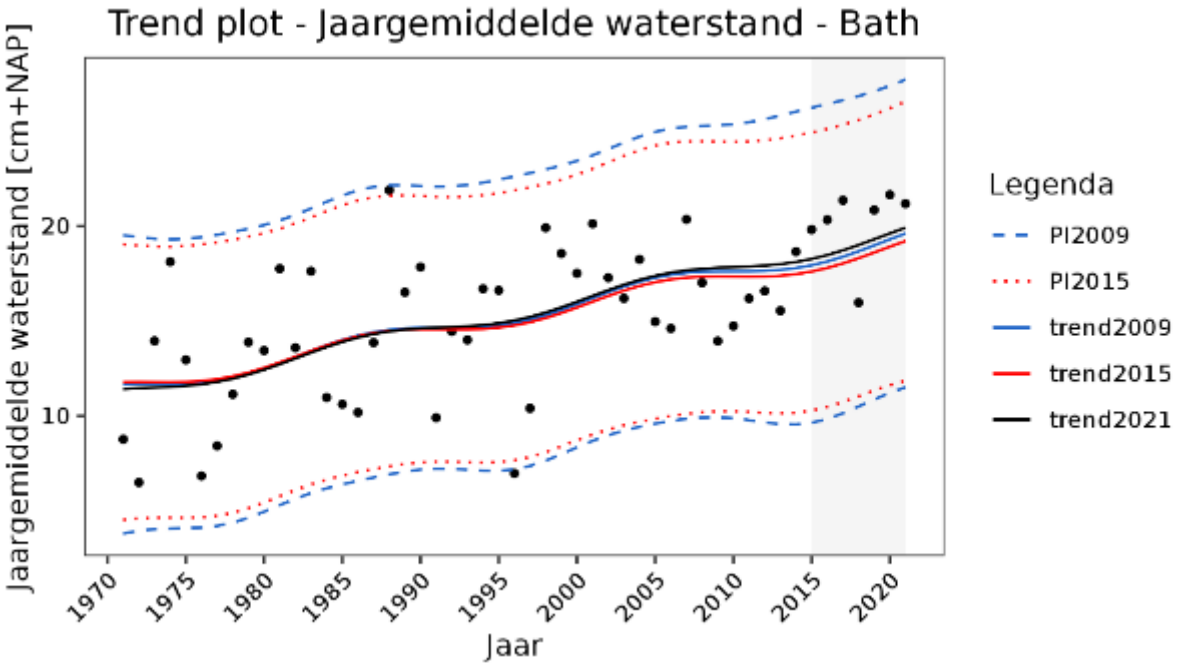
Figuur 9-222: Jaargemiddelde waterstand te Cadzand voor de periode 1971-2021.



Figuur 9-223: Jaargemiddelde waterstand te Terneuzen voor de periode 1940-2021.

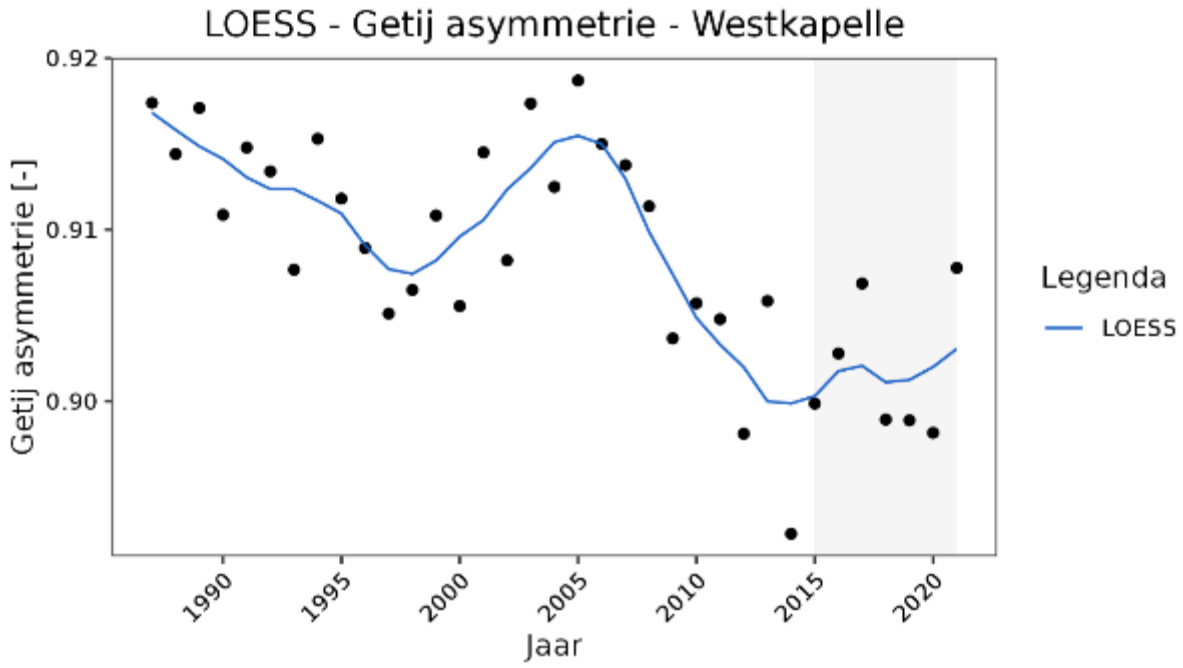


Figuur 9-224: Jaargemiddelde waterstand te Hansweert voor de periode 1971-2021.

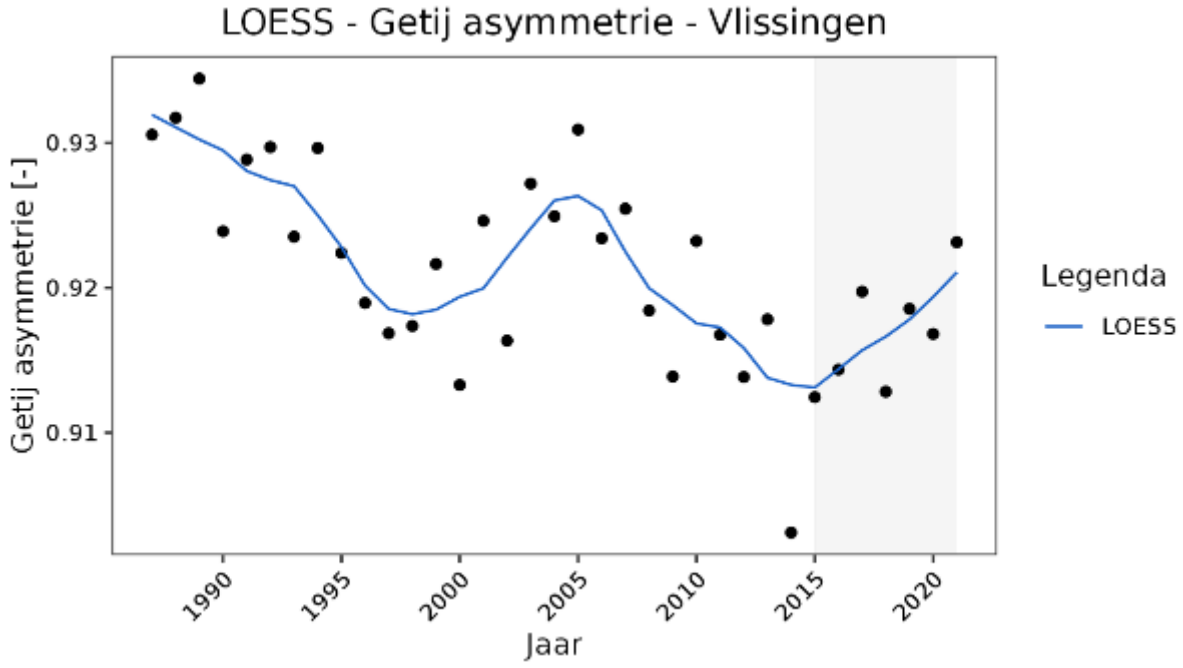


Figuur 9-225: Jaargemiddelde waterstand te Bath voor de periode 1971-2021.

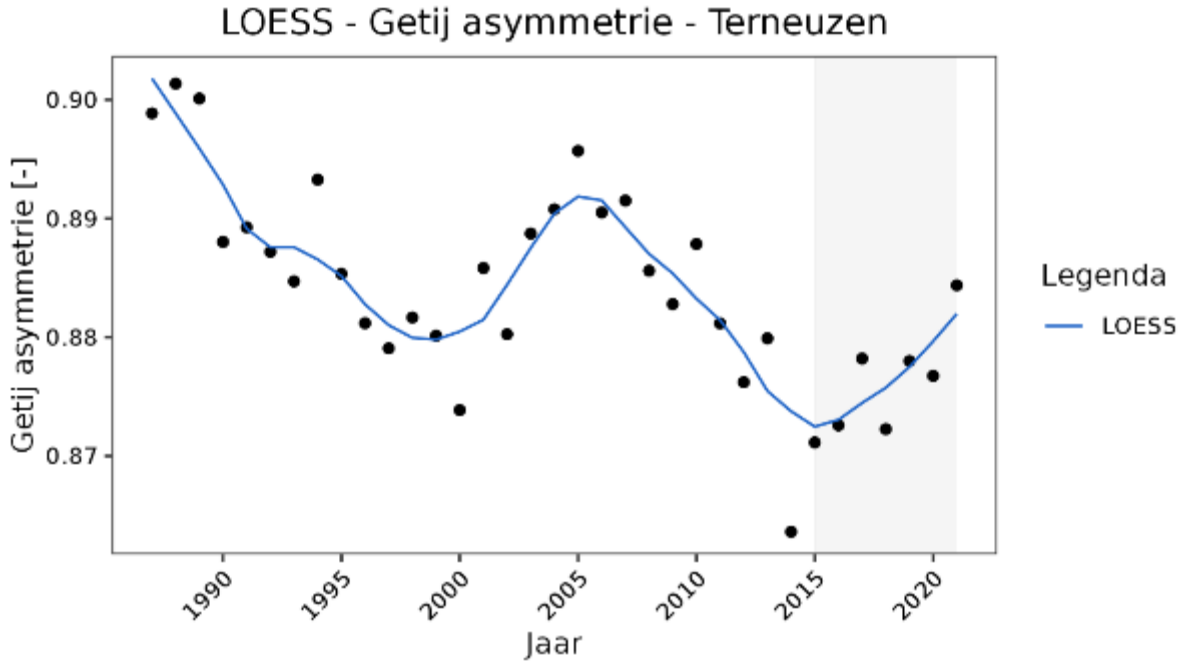
A.12. Getijasymmetrie



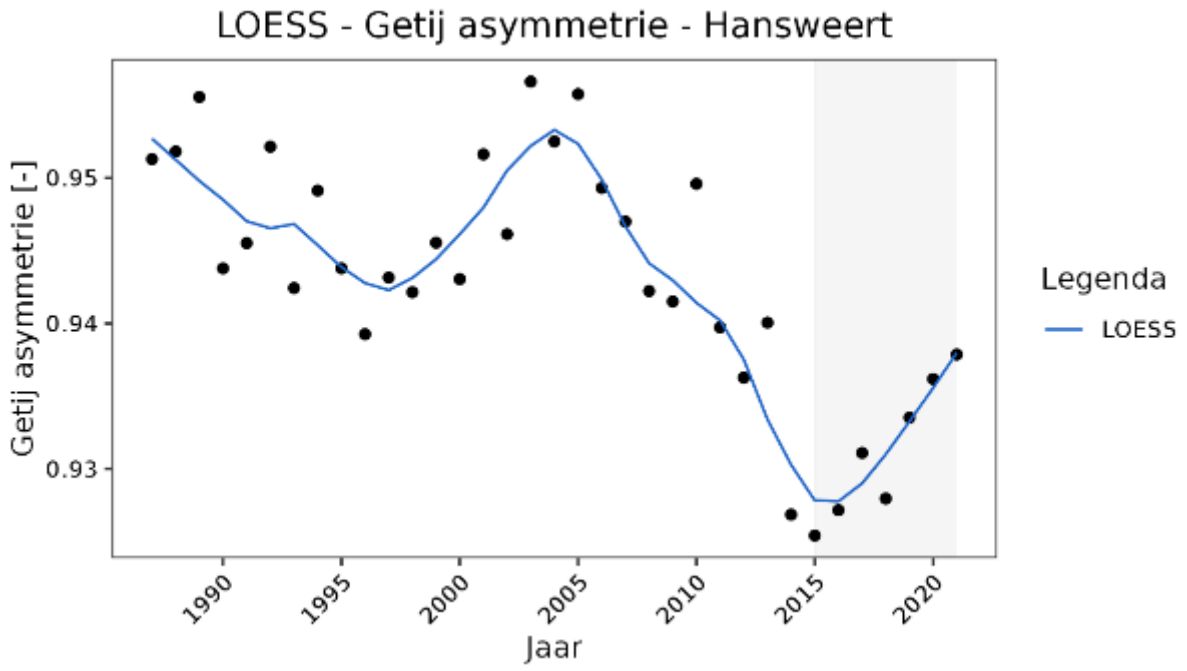
Figuur 9-226: Getijasymmetrie te Westkapelle in de periode 1987-2021 met een LOESS filter met een spanwijdte van 6 jaar.



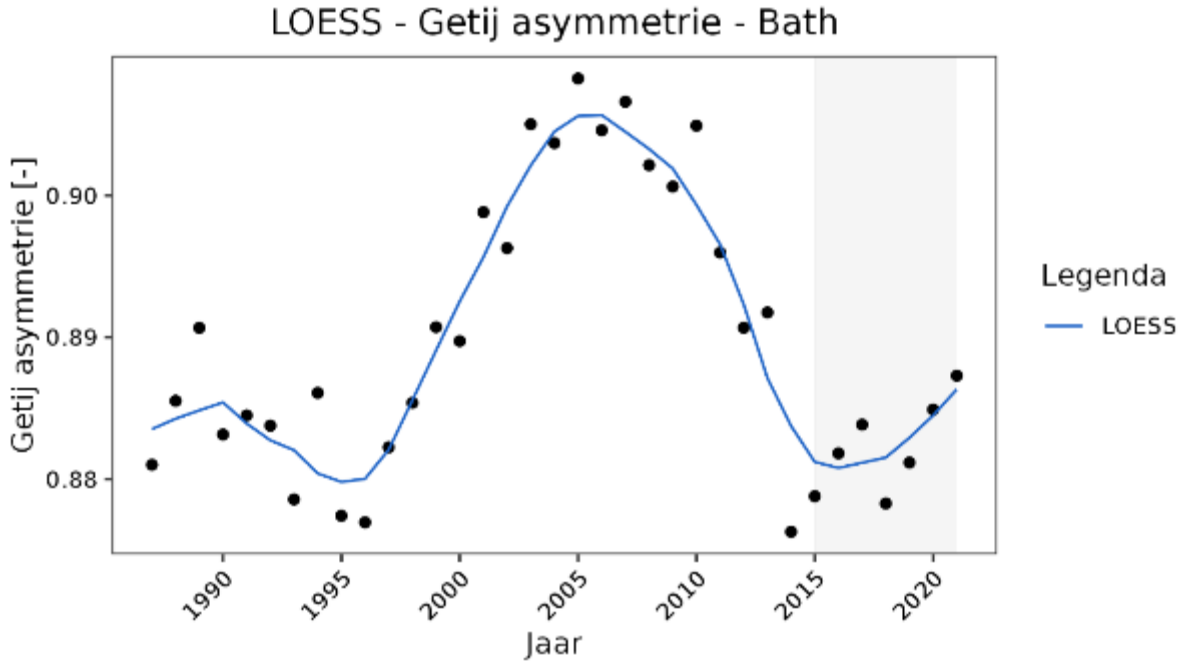
Figuur 9-227: Getijasymmetrie te Vlissingen in de periode 1987-2021 met een LOESS filter met een spanwijdte van 6 jaar.



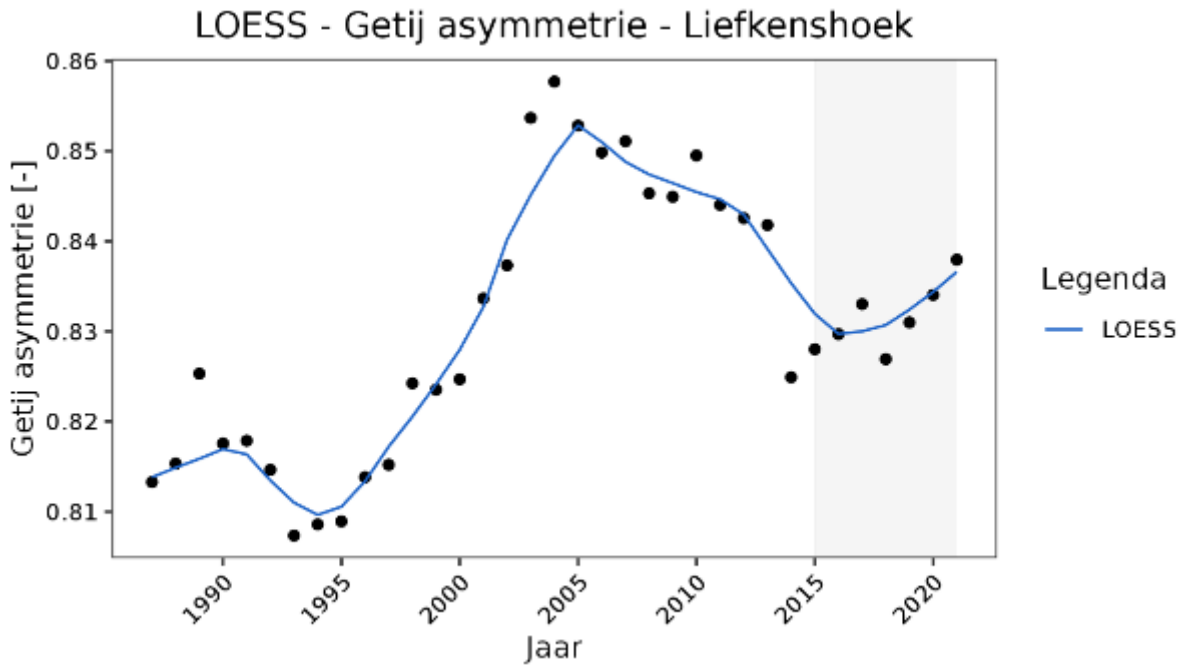
Figuur 9-228: Getijasymmetrie te Terneuzen in de periode 1987-2021 met een LOESS filter met een spanwijdte van 6 jaar.



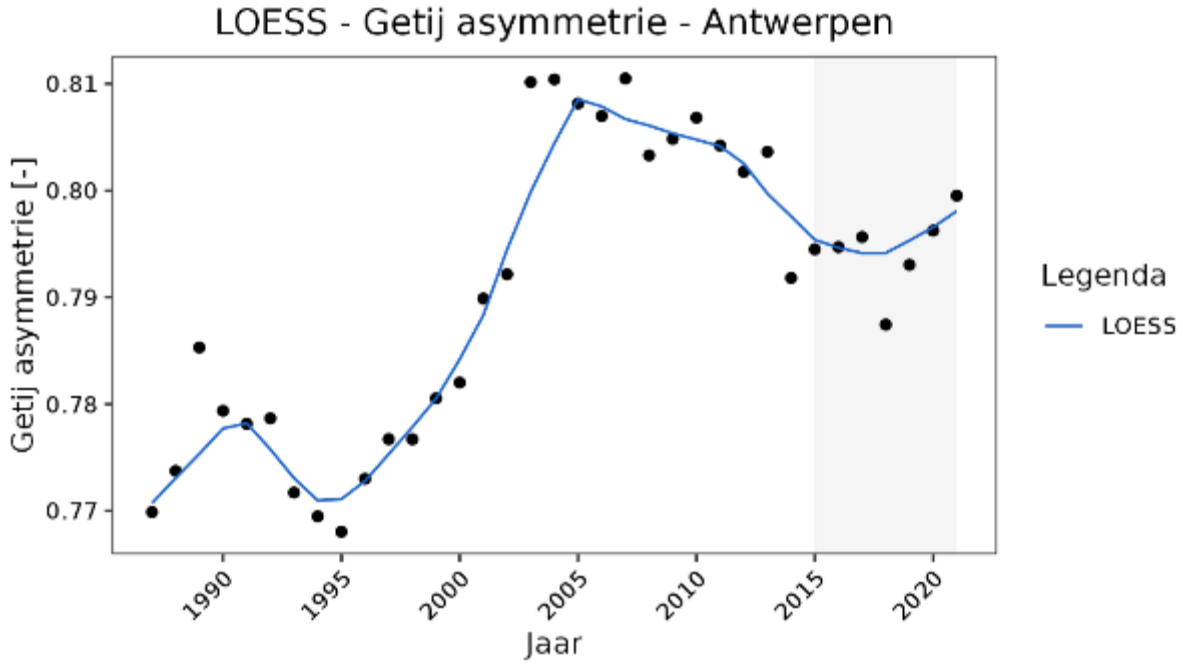
Figuur 9-229: Getijasymmetrie te Hansweert in de periode 1987-2021 met een LOESS filter met een spanwijdte van 6 jaar.



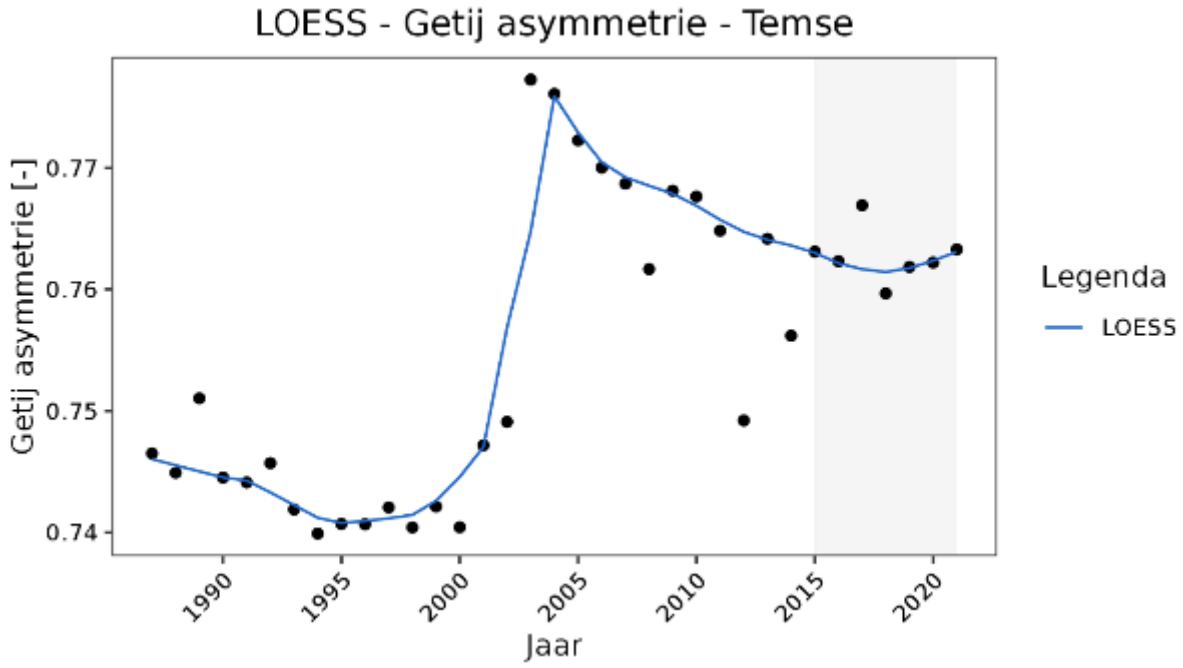
Figuur 9-230: Getijasymmetrie te Bath in de periode 1987-2021 met een LOESS filter met een spanwijdte van 6 jaar.



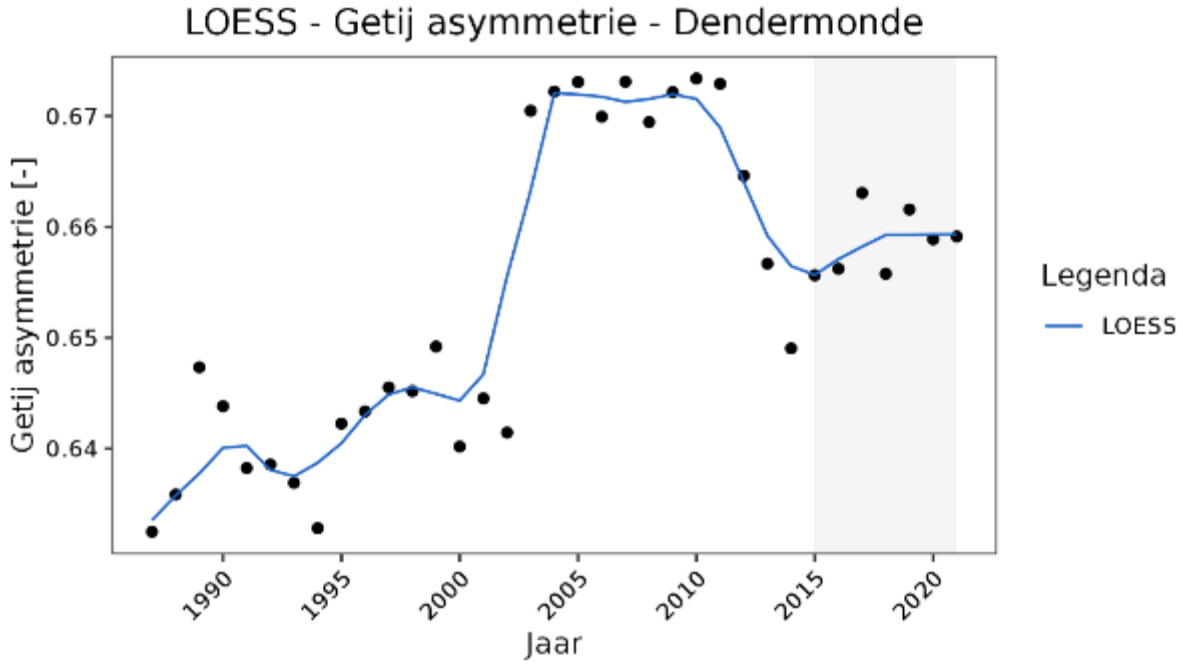
Figuur 9-231: Getijasymmetrie te Liefkenshoek in de periode 1987-2021 met een LOESS filter met een spanwijdte van 6 jaar.



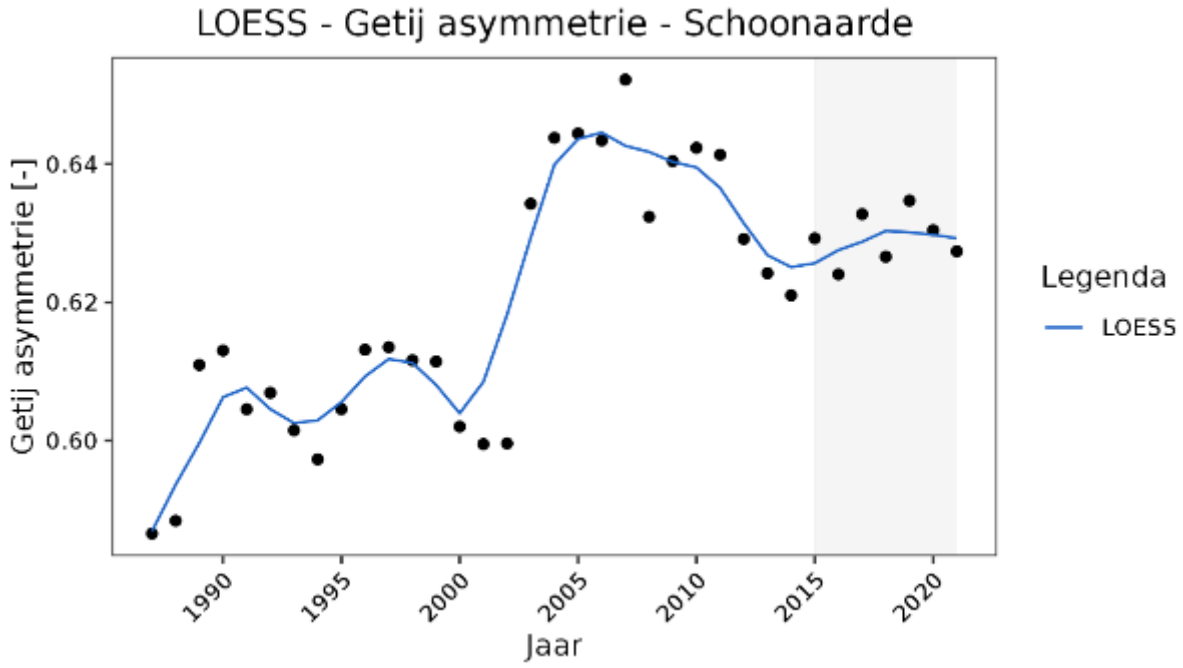
Figuur 9-232: Getijasymmetrie te Antwerpen in de periode 1987-2021 met een LOESS filter met een spanwijdte van 6 jaar.



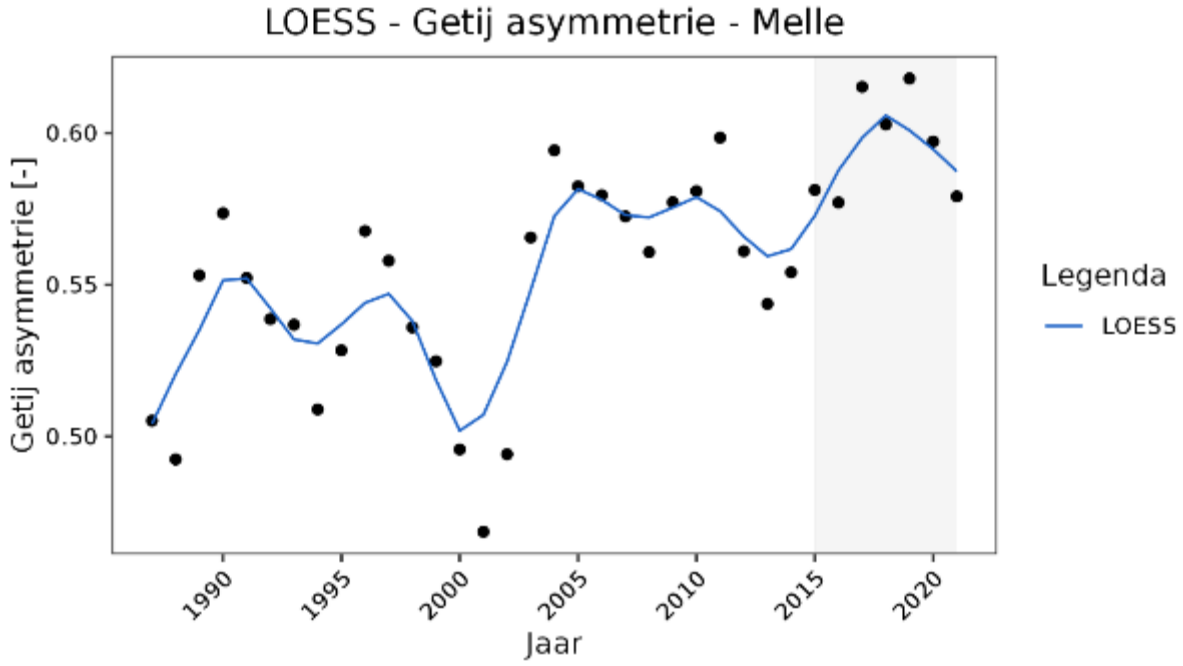
Figuur 9-233: Getijasymmetrie te Temse in de periode 1987-2021 met een LOESS filter met een spanwijdte van 6 jaar.



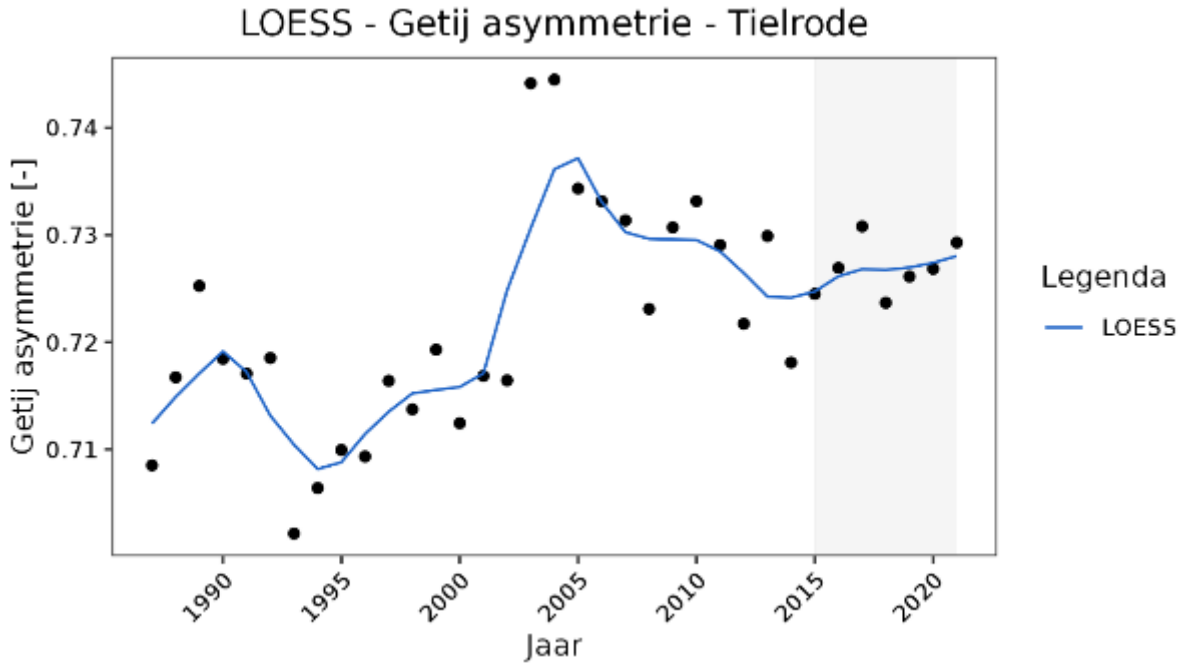
Figuur 9-234: Getijasymmetrie te Dendermonde in de periode 1987-2021 met een LOESS filter met een spanwijdte van 6 jaar.



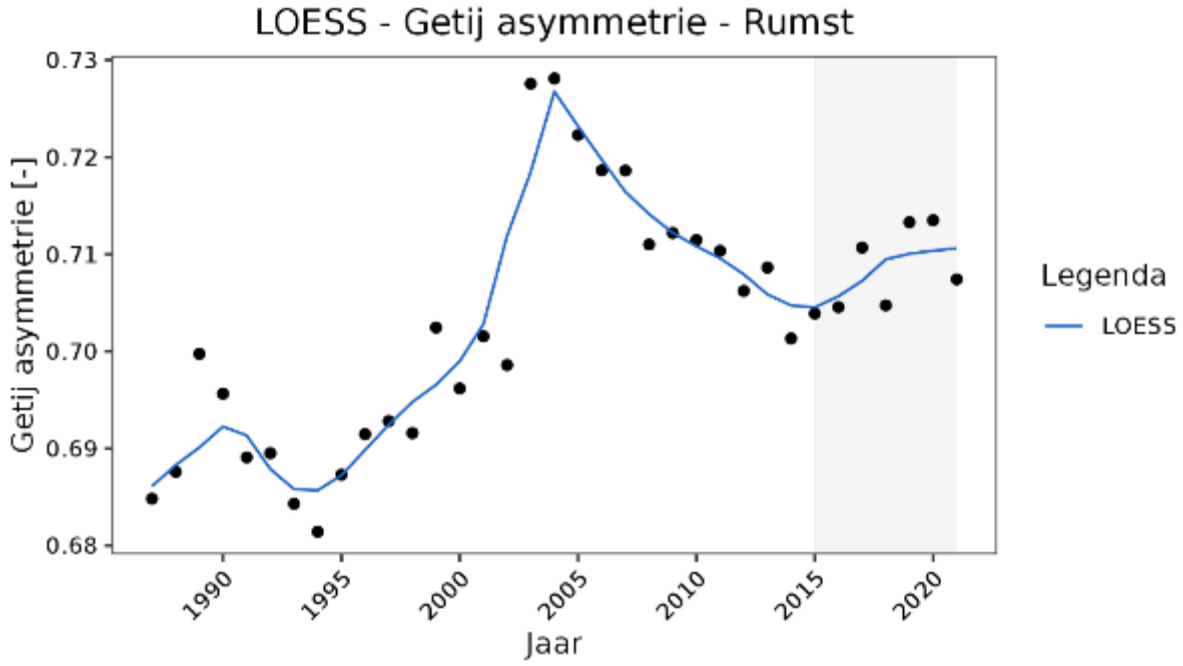
Figuur 9-235: Getijasymmetrie te Schoonaarde in de periode 1987-2021 met een LOESS filter met een spanwijdte van 6 jaar.



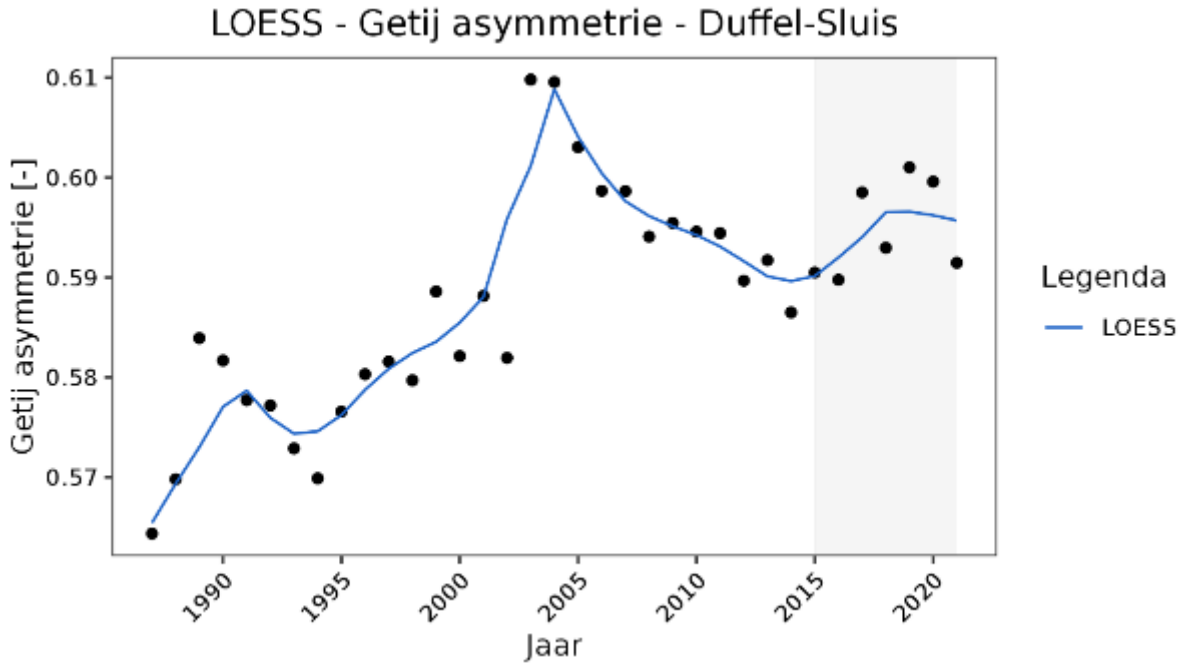
Figuur 9-236: Getijasymmetrie te Melle in de periode 1987-2021 met een LOESS filter met een spanwijdte van 6 jaar.



Figuur 9-237: Getijasymmetrie te Tielrode in de periode 1987-2021 met een LOESS filter met een spanwijdte van 6 jaar.

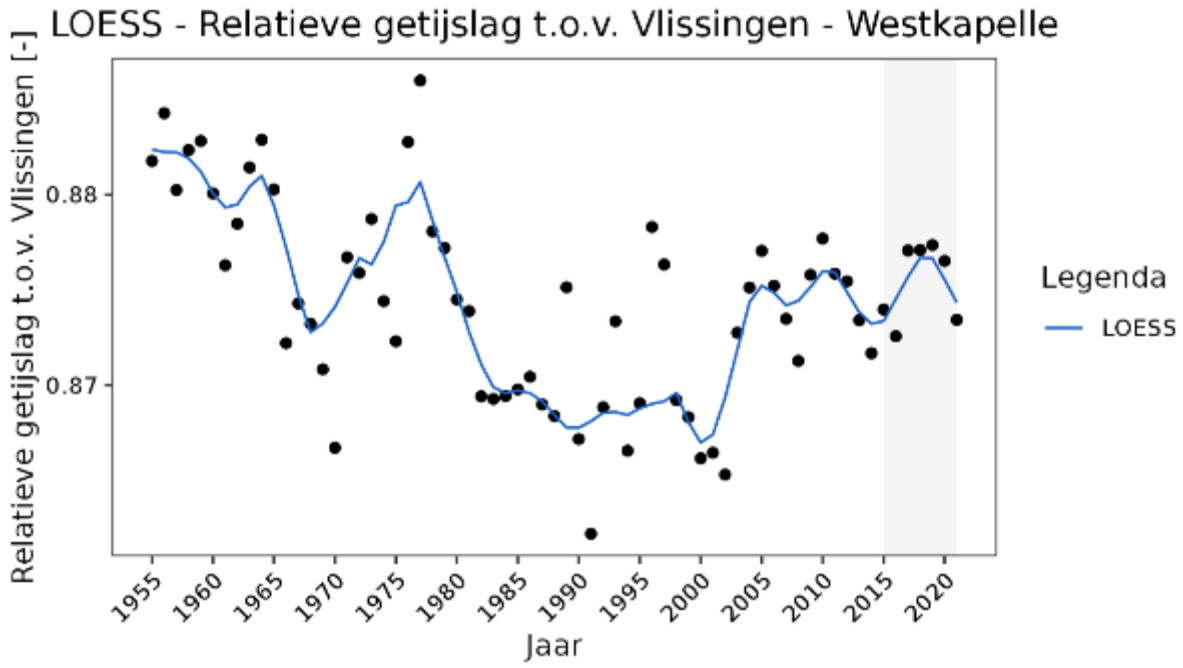


Figuur 9-238: Getijasymmetrie te Rumst in de periode 1987-2021 met een LOESS filter met een spanwijdte van 6 jaar.

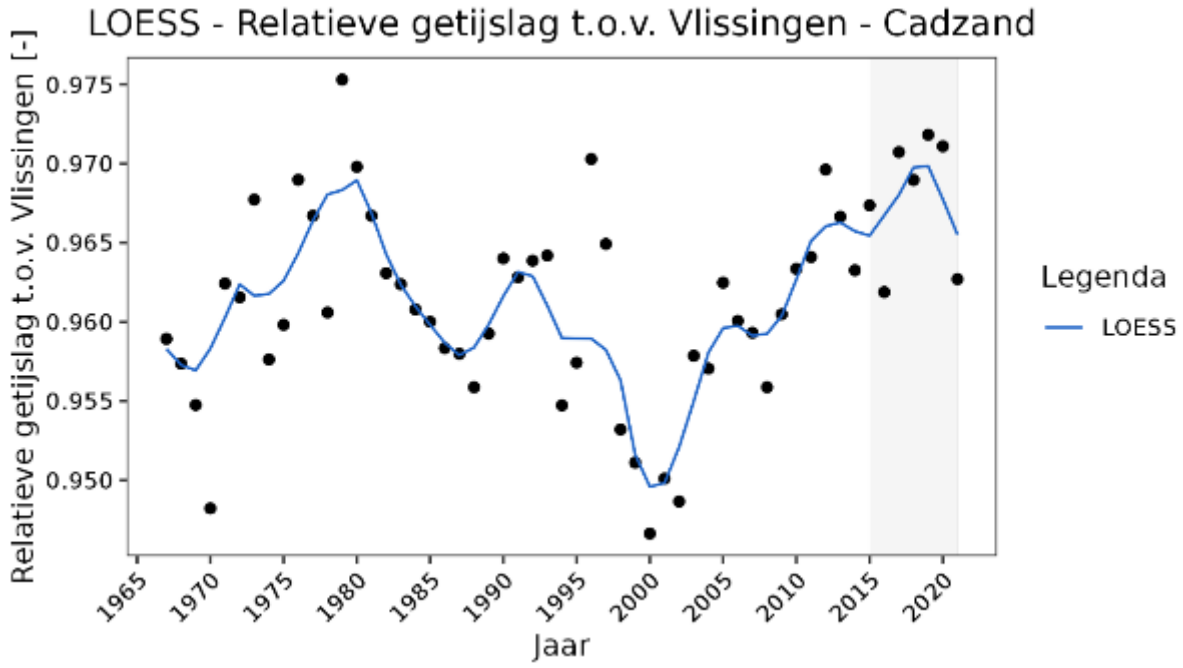


Figuur 9-239: Getijasymmetrie te Duffel-Sluis in de periode 1987-2021 met een LOESS filter met een spanwijdte van 6 jaar.

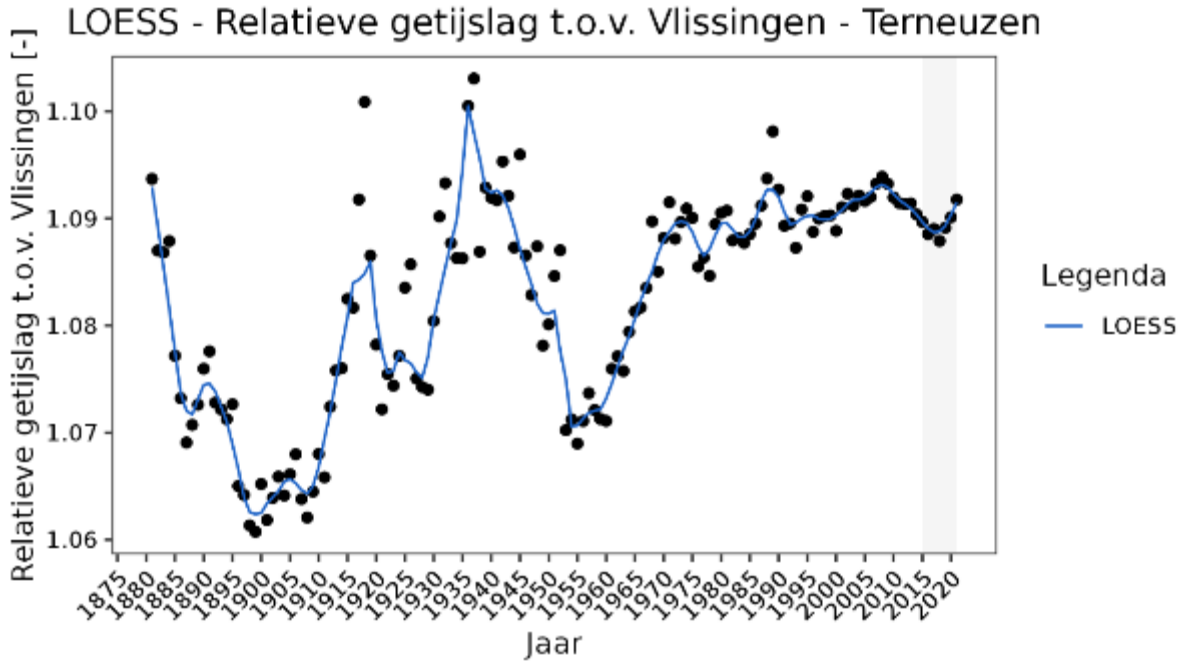
A.13. Relatieve getijslag



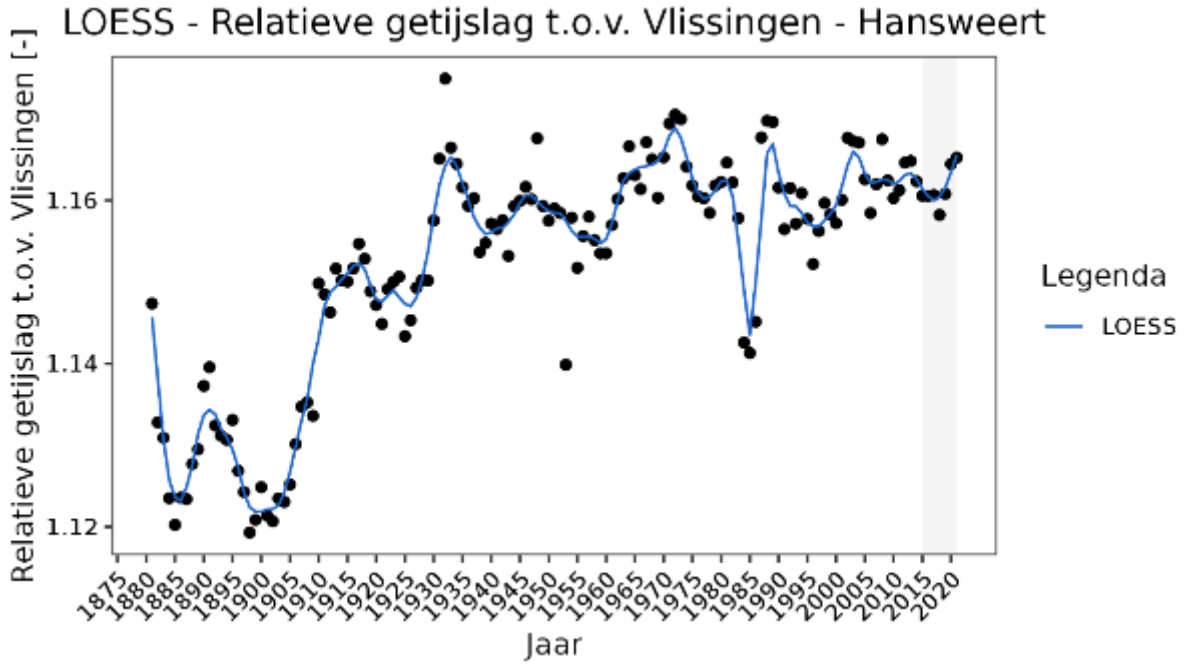
Figuur 9-240: Datapunten van het jaargemiddelde relatieve getijslag Westkapelle t.o.v. Vlissingen voor de periode 1966-2021 en een LOESS filter met spanwijdte van 6 jaar.



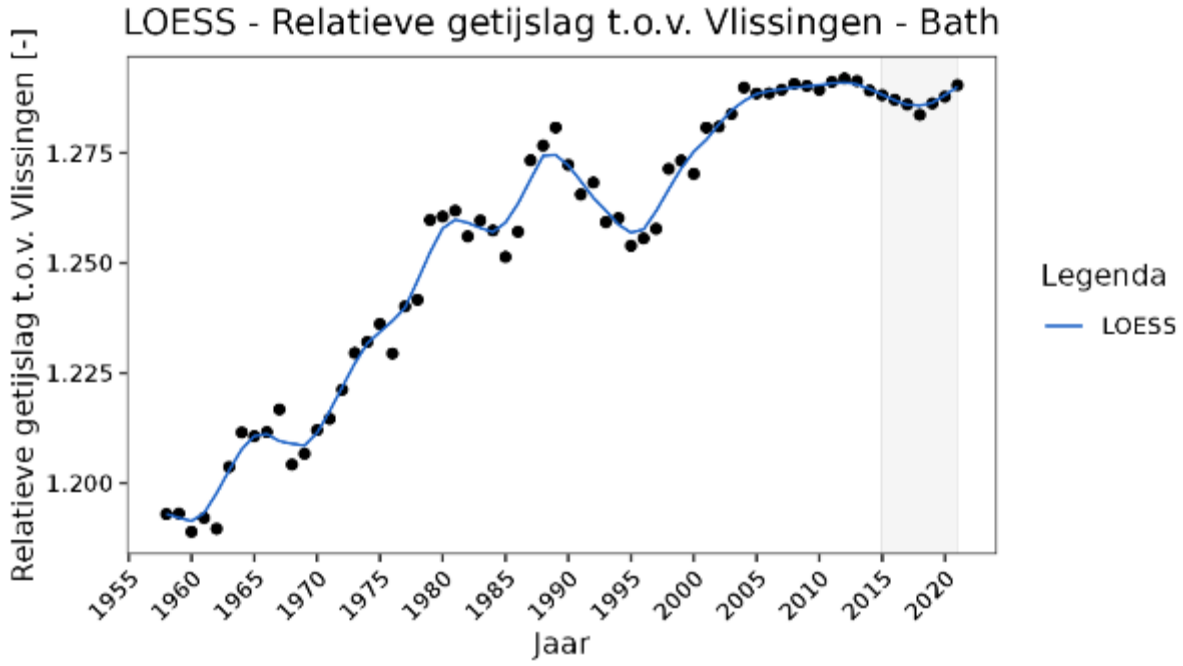
Figuur 9-241: Datapunten van het jaargemiddelde relatieve getijslag Cadzand t.o.v. Vlissingen voor de periode 1966-2021 en een LOESS filter met spanwijdte van 6 jaar.



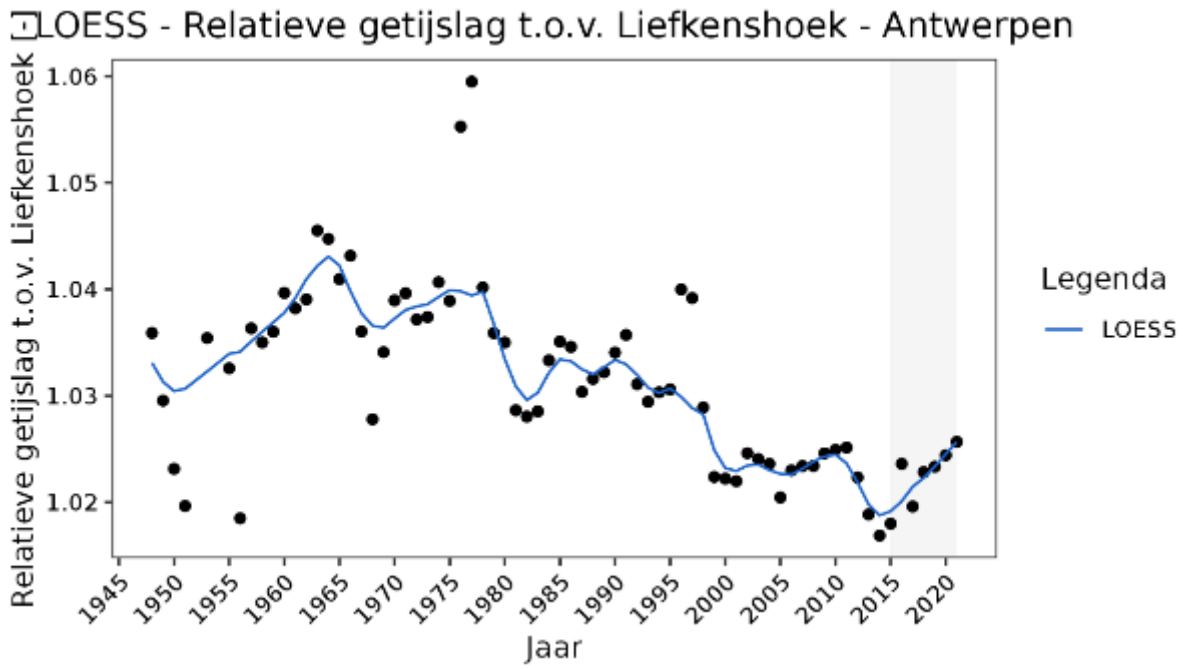
Figuur 9-242: Datapunten van het jaargemiddelde relatieve getijslag Terneuzen t.o.v. Vlissingen voor de periode 1966-2021 en een LOESS filter met spanwijdte van 6 jaar.



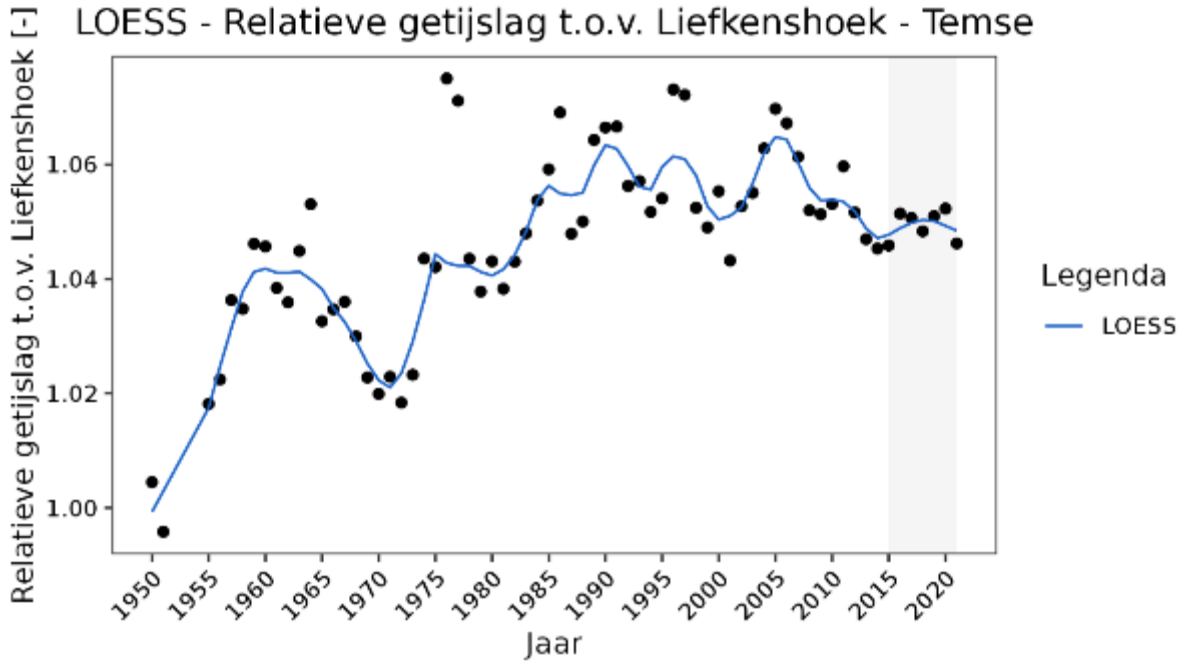
Figuur 9-243: Datapunten van het jaargemiddelde relatieve getijslag Hansweert t.o.v. Vlissingen voor de periode 1966-2021 en een LOESS filter met spanwijdte van 6 jaar.



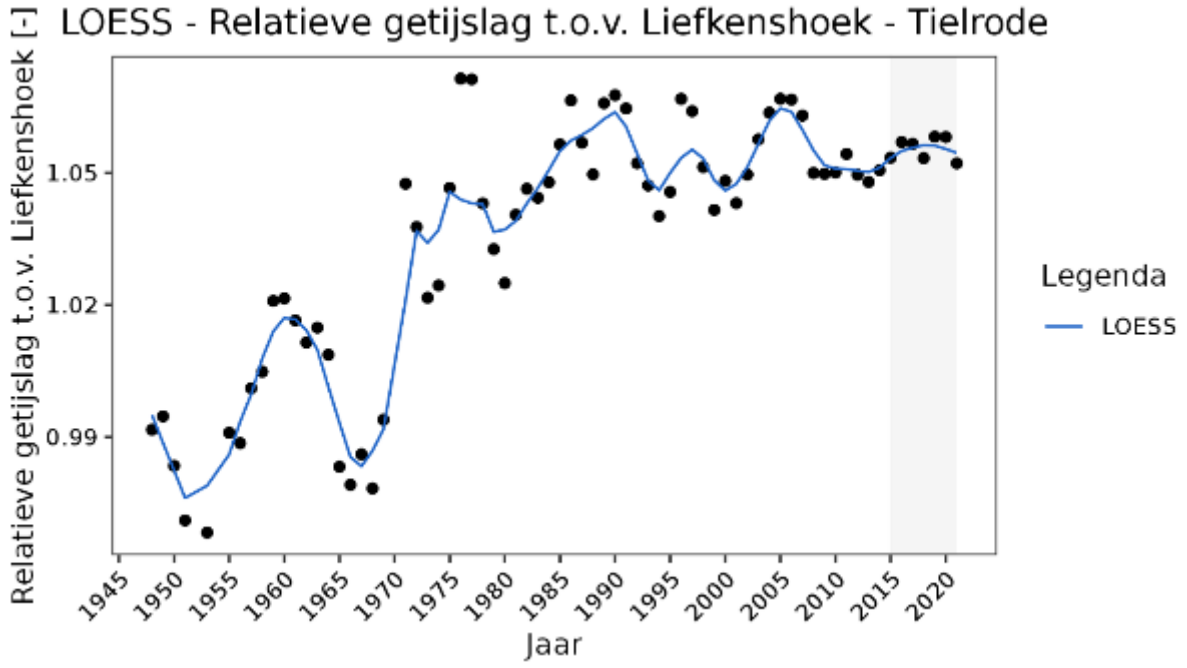
Figuur 9-244: Datapunten van het jaargemiddelde relatieve getijslag Bath t.o.v. Vlissingen voor de periode 1966-2021 en een LOESS filter met spanwijdte van 6 jaar.



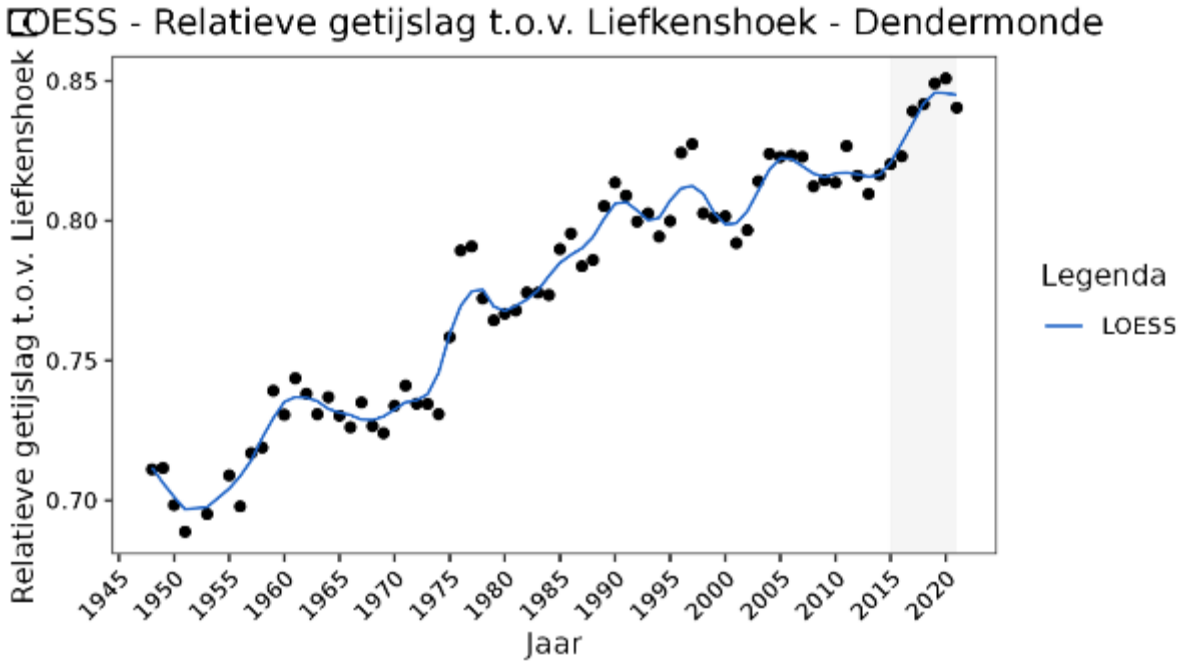
Figuur 9-245: Datapunten van het jaargemiddelde relatieve getijslag (amplificatie) te Antwerpen t.o.v. Liefkenshoek en een LOESS filter met spanwijdte van 6 jaar.



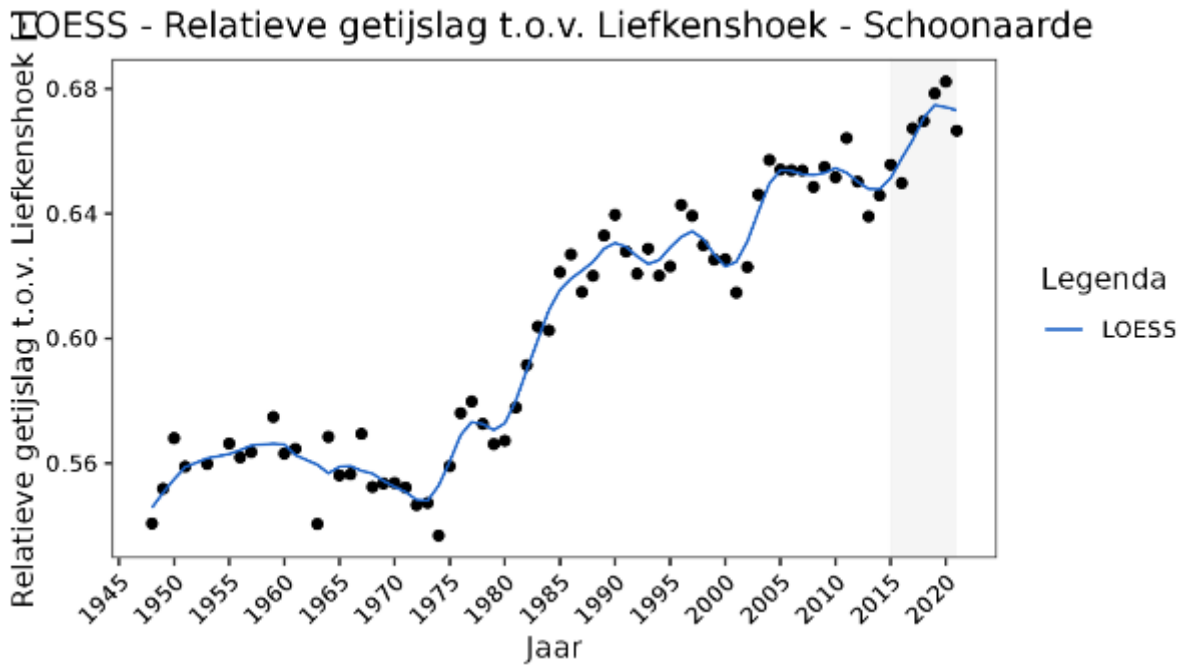
Figuur 9-246: Datapunten van het jaargemiddelde relatieve getijslag (amplificatie) te Temse t.o.v. Liefkenshoek en een LOESS filter met spanwijdte van 6 jaar.



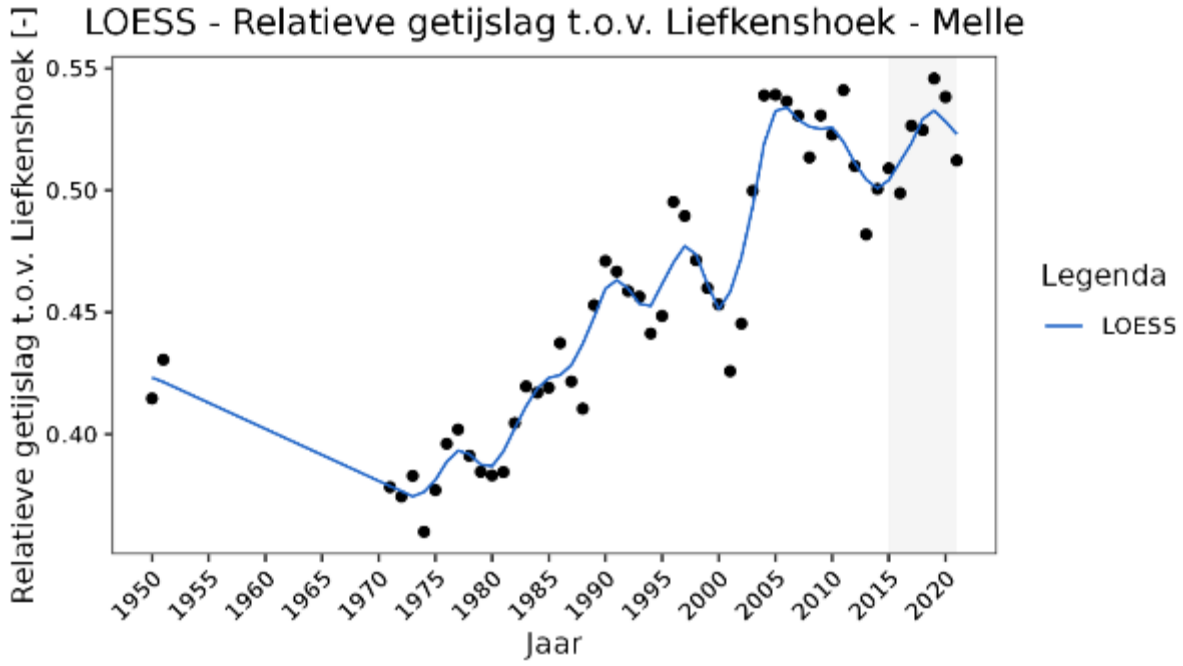
Figuur 9-247: Datapunten van het jaargemiddelde relatieve getijslag (amplificatie) te Tielrode t.o.v. Liefkenshoek en een LOESS filter met spanwijdte van 6 jaar.



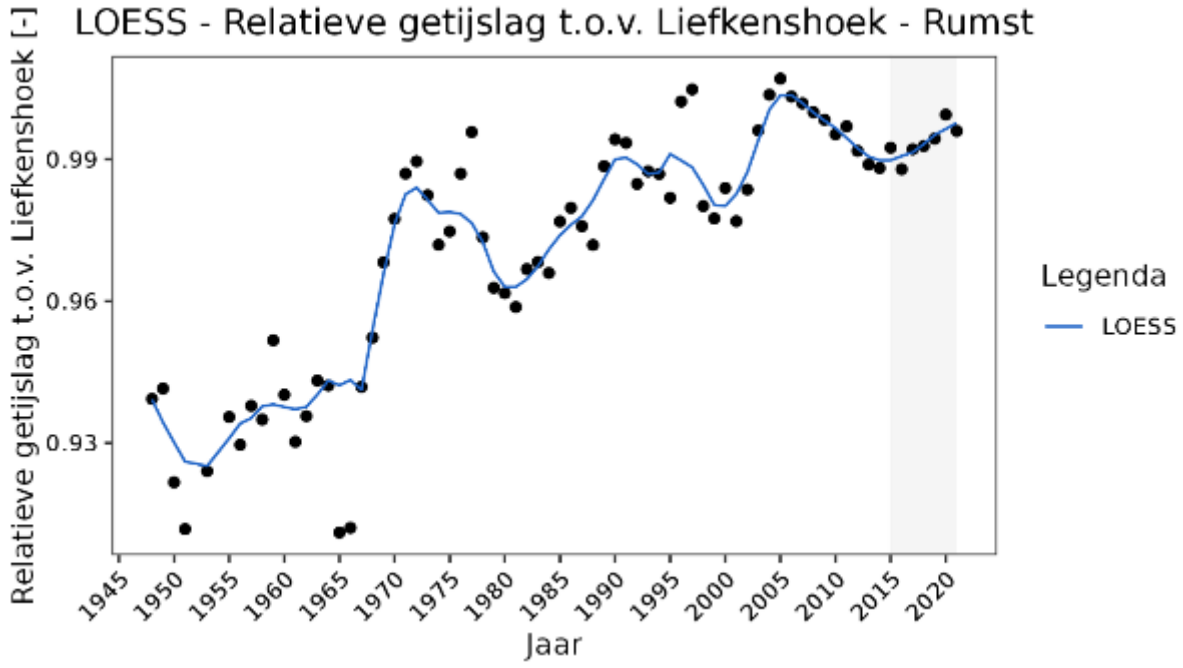
Figuur 9-248: Datapunten van het jaargemiddelde relatieve getijslag (amplificatie) te Dendermonde t.o.v. Liefkenshoek en een LOESS filter met spanwijdte van 6 jaar.



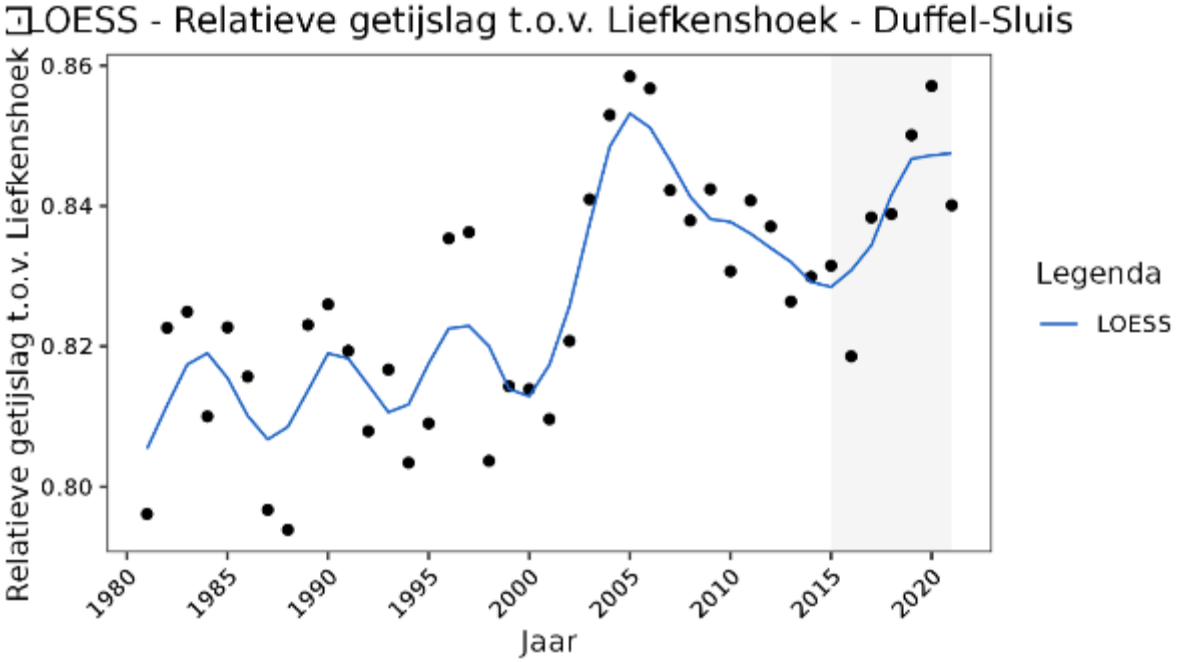
Figuur 9-249: Datapunten van het jaargemiddelde relatieve getijslag (amplificatie) te Schoonaarde t.o.v. Liefkenshoek en een LOESS filter met spanwijdte van 6 jaar.



Figuur 9-250: Datapunten van het jaargemiddelde relatieve getijslag (amplificatie) te Melle t.o.v. Liefkenshoek en een LOESS filter met spanwijdte van 6 jaar.

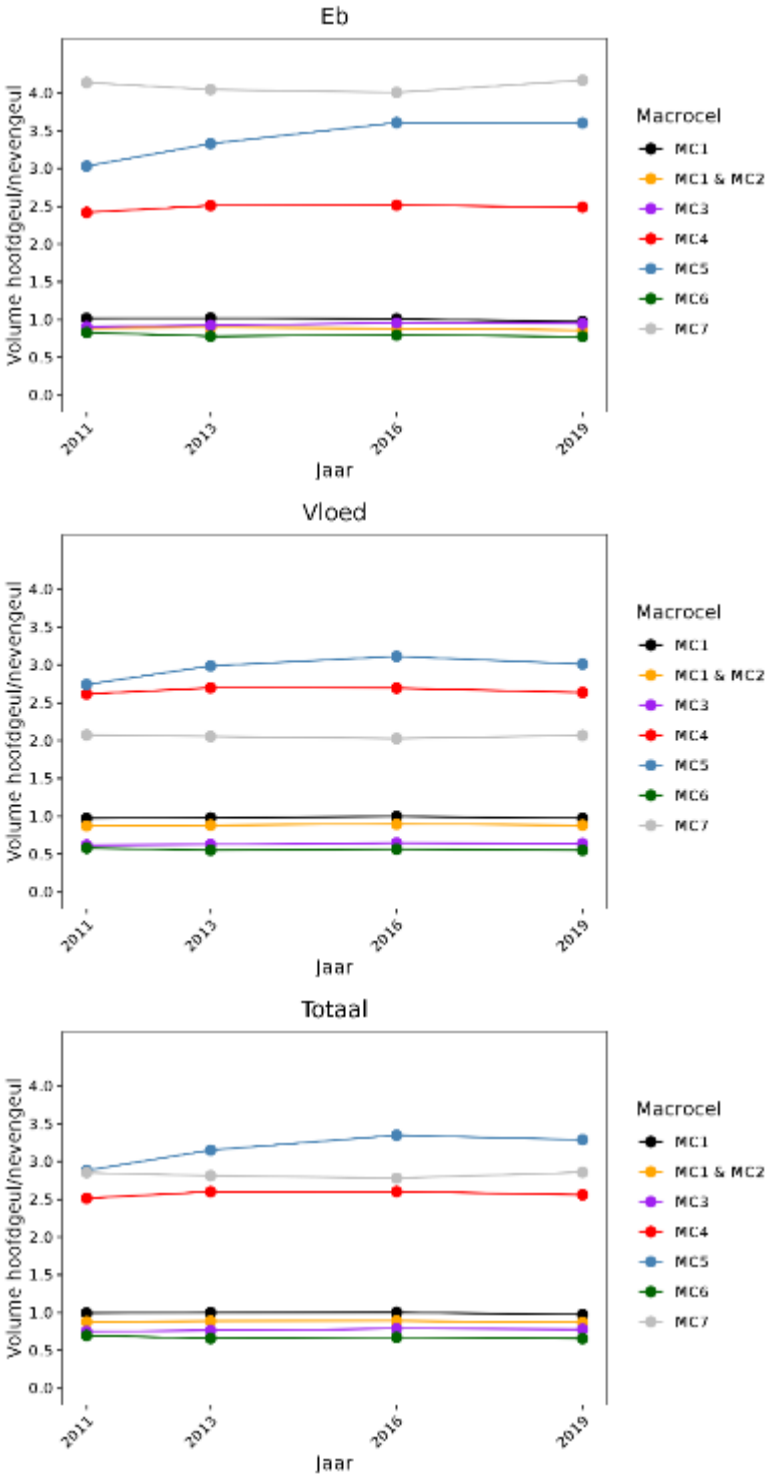


Figuur 9-251: Datapunten van het jaargemiddelde relatieve getijslag (amplificatie) te Rumst t.o.v. Liefkenshoek en een LOESS filter met spanwijdte van 6 jaar.



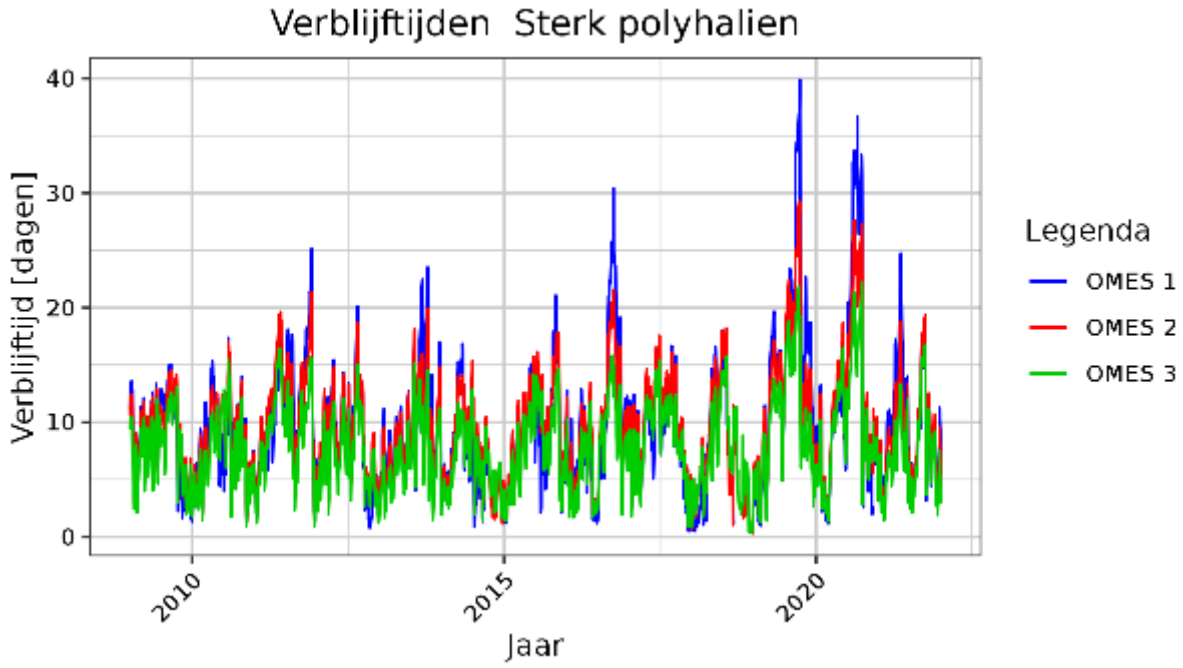
Figuur 9-252: Datapunten van het jaargemiddelde relatieve getijslag (amplificatie) te Duffel-Sluis t.o.v. Liefkenshoek en een LOESS filter met spanwijdte van 6 jaar.

A.14. Verhouding getijvolumes

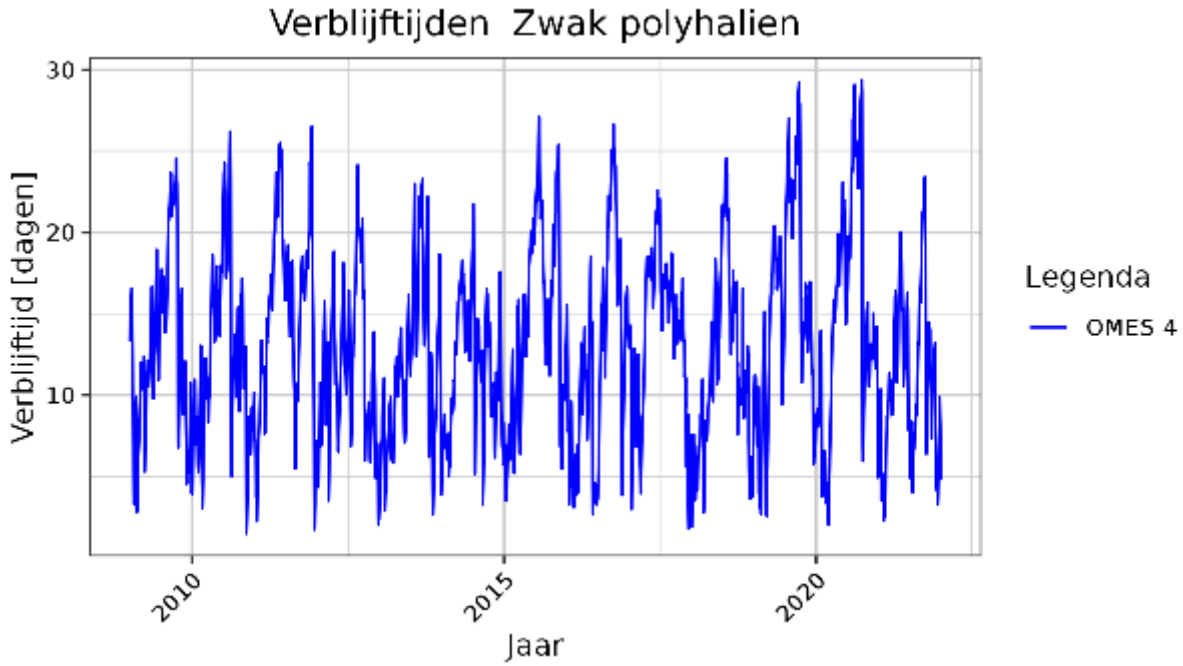


Figuur 9-253: Verhouding van watervolumes die doorheen de hoofd- versus nevengeul stromen tijdens eb (boven), vloed (midden) en de totale getijcyclus (onder) voor de jaren 2011, 2013, 2016 en 2019. Gebaseerd op de uitkomsten van het Scaldis model beschreven in Stark et al. (2022).

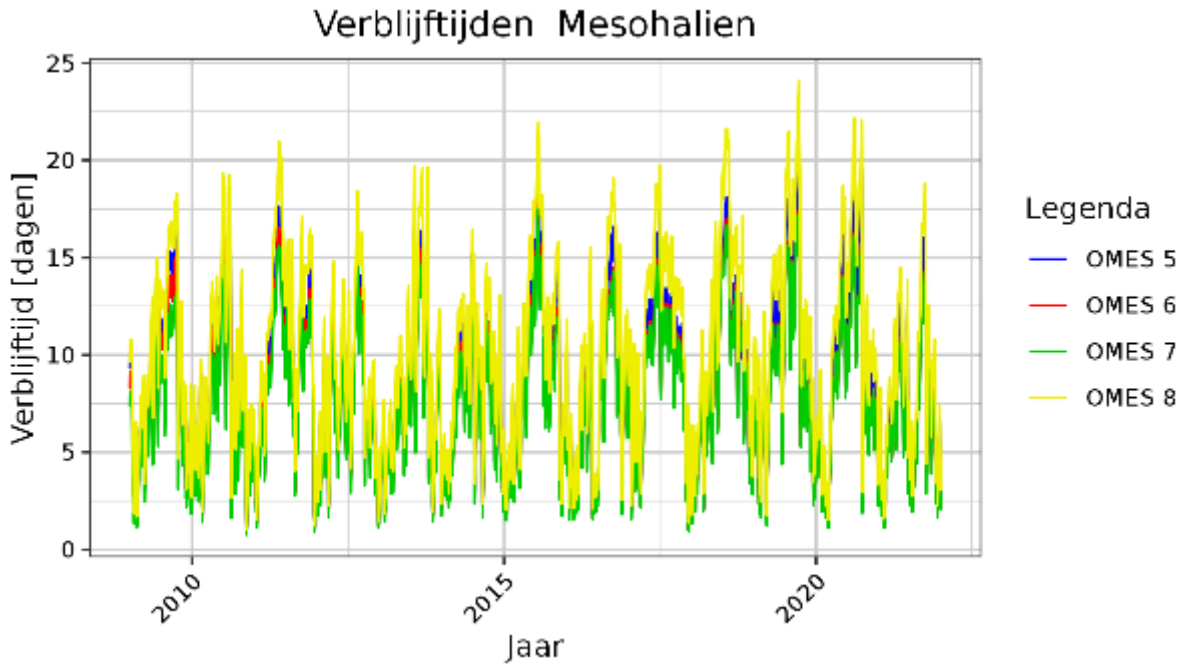
A.15. Verblijftijd



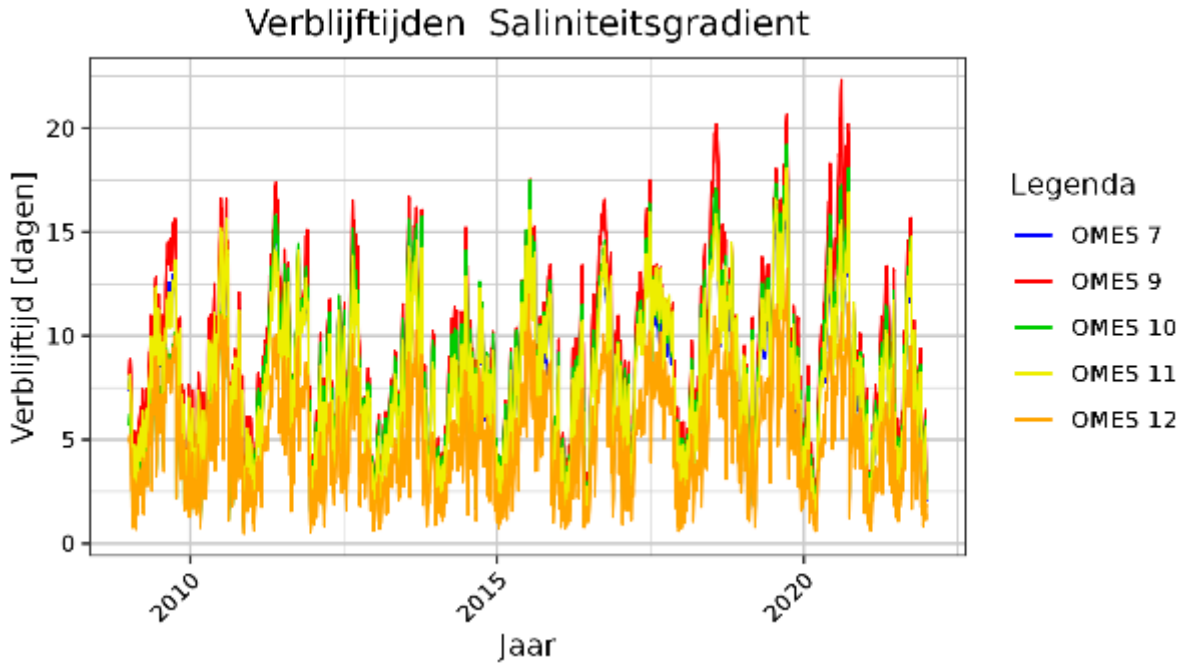
Figuur 9-254: Verblijftijd in de periode 2009-2021 voor de OMES-segmenten in de zone Sterk polyhalien.



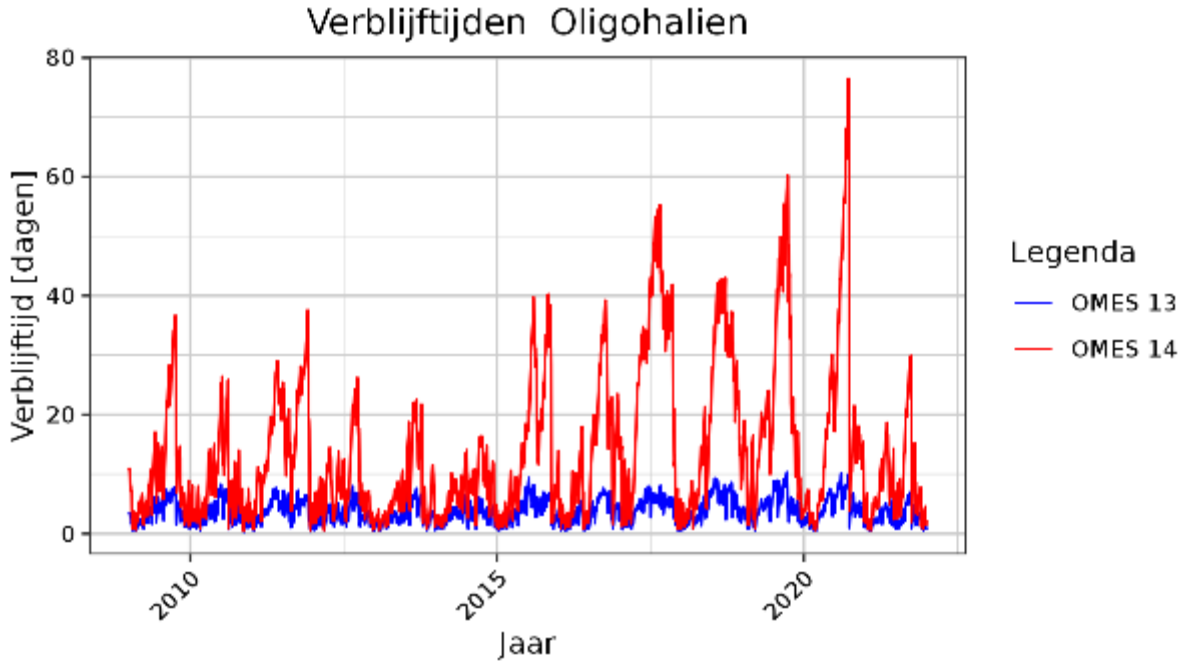
Figuur 9-255: Verblijftijd in de periode 2009-2021 voor de OMES-segmenten in de zone Zwak polyhalien.



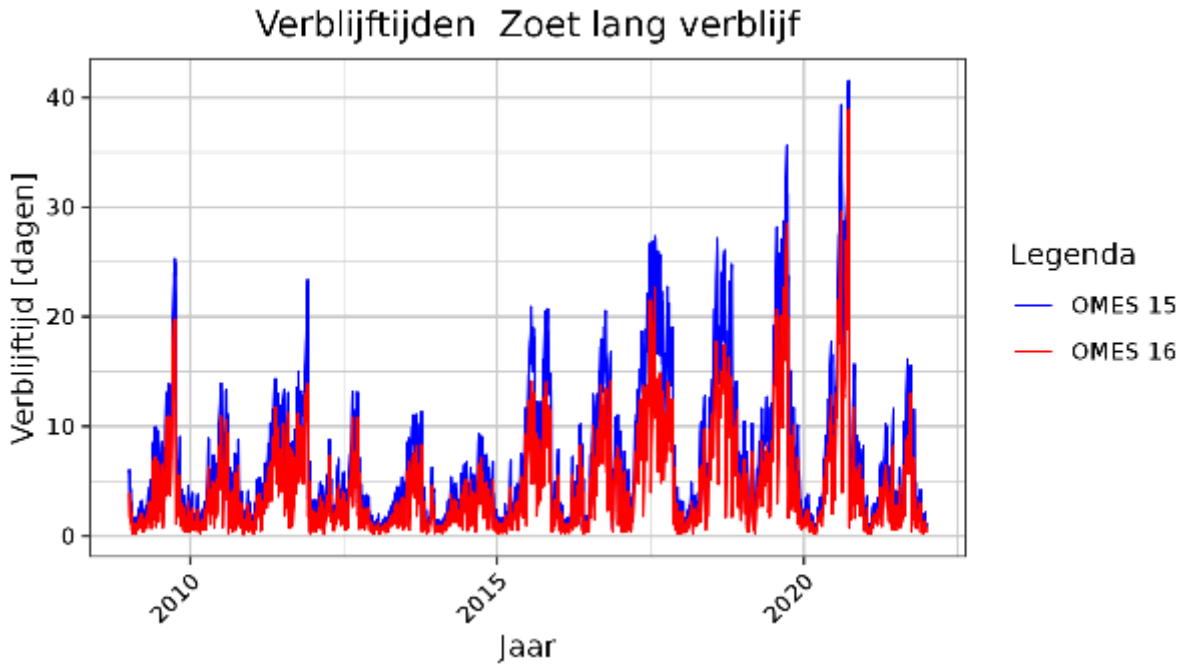
Figuur 9-256: Verblijftijd in de periode 2009-2021 voor de OMES-segmenten in de zone Oligohalien.



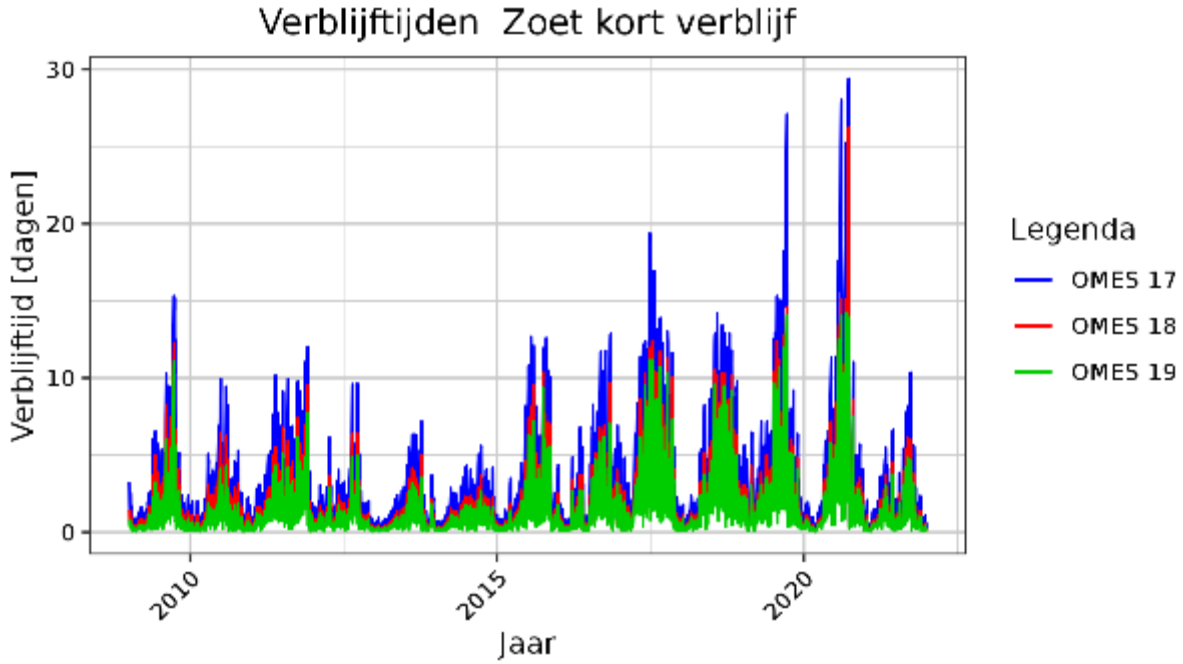
Figuur 9-257: Verblijftijd in de periode 2009-2021 voor de OMES-segmenten in de zone Saliniteitsgradiënt.



Figuur 9-258: Verblijftijd in de periode 2009-2021 voor de OMES-segmenten in de zone Oligohalien.



Figuur 9-259: Verblijftijd in de periode 2009-2021 voor de OMES-segmenten in de zone Zoet lang verblijf.



Figuur 9-260: Verblijftijd in de periode 2009-2021 voor de OMES-segmenten in de zone Zoet kort verblijf.

B. Bijlage B - Bronnen van verontreiniging

Tabel 9-1: Overzicht van de hoeveelheid nutriënten per sector en per jaar voor de Zeeschelde. Rode cijfers duiden de sector aan die het meeste bijdraagt aan de totale hoeveelheid.

	Hoeveelheden in kg					
	Bedrijven en diensten	**Depositie**	**Huishoudens**	**Landbouw**	**RWZI**	**Eindtotaal**
N t	**2.067.027**	**1.655.462**	**958.555**	**1.954.956**	**2.383.052**	**9.019.053**
2015	482.374	342.876	206.542	436.871	495.142	1.963.806
2018	420.765	357.898	204.475	416.796	434.585	1.834.519
2019	352.142	337.451	197.530	367.097	433.729	1.687.949
2020	446.994	308.356	173.163	367.097	451.938	1.747.548
2021	364.753	308.880	176.845	367.097	567.658	1.785.232
P t	**356.968**		**142.837**	**125.152**	**301.363**	**926.321**
2015	59.626		30.899	26.124	61.586	178.236
2018	72.366		30.414	24.922	54.923	182.625
2019	75.838		29.556	24.702	60.440	190.536
2020	78.340		25.825	24.702	55.729	184.597
2021	70.797		26.143	24.702	68.686	190.328
Eindtotaal	**2.423.996**	**1.655.462**	**1.101.393**	**2.080.109**	**2.684.415**	**9.945.374**

Tabel 9-2: Overzicht van de hoeveelheid metalen per sector en per jaar voor de Zeeschelde. Rode cijfers duiden de sector aan die het meeste bijdraagt aan de totale hoeveelheid.

	Hoeveelheden in kg									
	Bedrijven en diensten	Bodem	Depositie	Grondwater	Huishoudens	Infrastructuur	Landbouw	RWZI	Transport	Eindtotaal
As t	**1.109**	**512**	**521**	**181**	**36**	**0**	**0**	**724**	**1**	**3.082**
2015	219	102	92	36	8	0	0	137	0	595
2018	211	102	104	36	8	0	0	130	0	591
2019	179	102	108	36	7	0	0	97	0	530
2020	67	102	108	36	6	0	0	139	0	459
2021	432	102	108	36	7	0	0	222	0	907
Cd t	**52**	**28**	**113**	**0**	**1**	**0**	**0**	**117**	**4**	**316**
2015	17	6	25	0	0	0	0	7	1	56
2018	4	6	23	0	0	0	0	24	1	58
2019	4	6	22	0	0	0	0	21	1	53
2020	21	6	22	0	0	0	0	23	1	72
2021	5	6	22	0	0	0	0	43	1	77
Cr t	**609**	**1.963**	**490**	**0**	**142**	**76**	**0**	**554**	**115**	**3.948**
2015	131	393	115	0	30	17	0	58	23	768
2018	168	392	98	0	30	14	0	103	24	831
2019	141	393	92	0	29	15	0	132	24	825
2020	77	393	92	0	26	14	0	84	22	707
2021	92	393	92	0	26	15	0	177	22	817
Cu t	**876**	**875**	**8.447**	**0**	**680**	**1.219**	**0**	**5.562**	**5.381**	**23.040**
2015	280	175	1.469	0	146	243	0	955	1.071	4.339
2018	254	175	1.699	0	145	242	0	1.232	1.078	4.825
2019	126	175	1.768	0	140	242	0	1.341	1.081	4.873
2020	133	175	1.756	0	123	242	0	860	1.078	4.367
2021	83	175	1.755	0	126	250	0	1.174	1.074	4.637
Hg t	**14**	**5**	**28**	**0**	**2**	**0**	**0**	**9**	**0**	**58**
2015	7	1	8	0	0	0	0	0	0	16
2018	2	1	6	0	0	0	0	1	0	10
2019	3	1	5	0	0	0	0	1	0	10
2020	2	1	5	0	0	0	0	3	0	11
2021	1	1	5	0	0	0	0	4	0	12
N t	**2.067**	**0**	**1.655**	**0**	**959**	**0**	**1.955**	**2.383**	**0**	**9.019**
2015	482	0	343	0	207	0	437	495	0	1.964
2018	421	0	358	0	204	0	417	435	0	1.835
2019	352	0	337	0	198	0	367	434	0	1.688
2020	447	0	308	0	173	0	367	452	0	1.748
2021	365	0	309	0	177	0	367	568	0	1.785
Ni t	**2.185**	**655**	**1.544**	**917**	**120**	**17**	**0**	**1.014**	**68**	**6.521**
2015	424	131	259	183	26	4	0	165	14	1.205
2018	479	131	310	183	26	3	0	172	14	1.318
2019	384	131	326	183	25	3	0	176	14	1.242
2020	533	131	325	183	22	3	0	198	13	1.408
2021	366	131	324	183	22	3	0	305	13	1.349
Pb t	**152**	**2.061**	**3.410**	**0**	**0**	**1.247**	**0**	**1.499**	**284**	**8.654**
2015	39	413	645	0	0	264	0	360	56	1.777
2018	22	412	684	0	0	240	0	265	58	1.682
2019	19	412	696	0	0	244	0	261	58	1.691
2020	38	412	693	0	0	246	0	224	56	1.670
2021	34	412	692	0	0	252	0	388	56	1.835
Zn t	**12.067**	**3.676**	**26.314**	**0**	**225**	**17.021**	**0**	**16.480**	**9.009**	**84.792**
2015	3.361	736	3.883	0	48	3.482	0	2.807	1.779	16.096
2018	2.879	735	5.280	0	48	3.302	0	3.318	1.862	17.423
2019	2.210	735	5.732	0	46	3.392	0	3.540	1.853	17.509
2020	1.502	735	5.715	0	41	3.384	0	2.446	1.754	15.577
2021	2.115	735	5.703	0	42	3.460	0	4.370	1.760	18.186
Eindtotaal	**19.132**	**9.777**	**42.522**	**1.098**	**2.164**	**19.579**	**1.955**	**28.342**	**14.862**	**139.430**

Tabel 9-3: Overzicht van de hoeveelheid PAK's per sector en per jaar voor de Zeeschelde. Rode cijfers duiden de sector aan die het meeste bijdraagt aan de totale hoeveelheid.

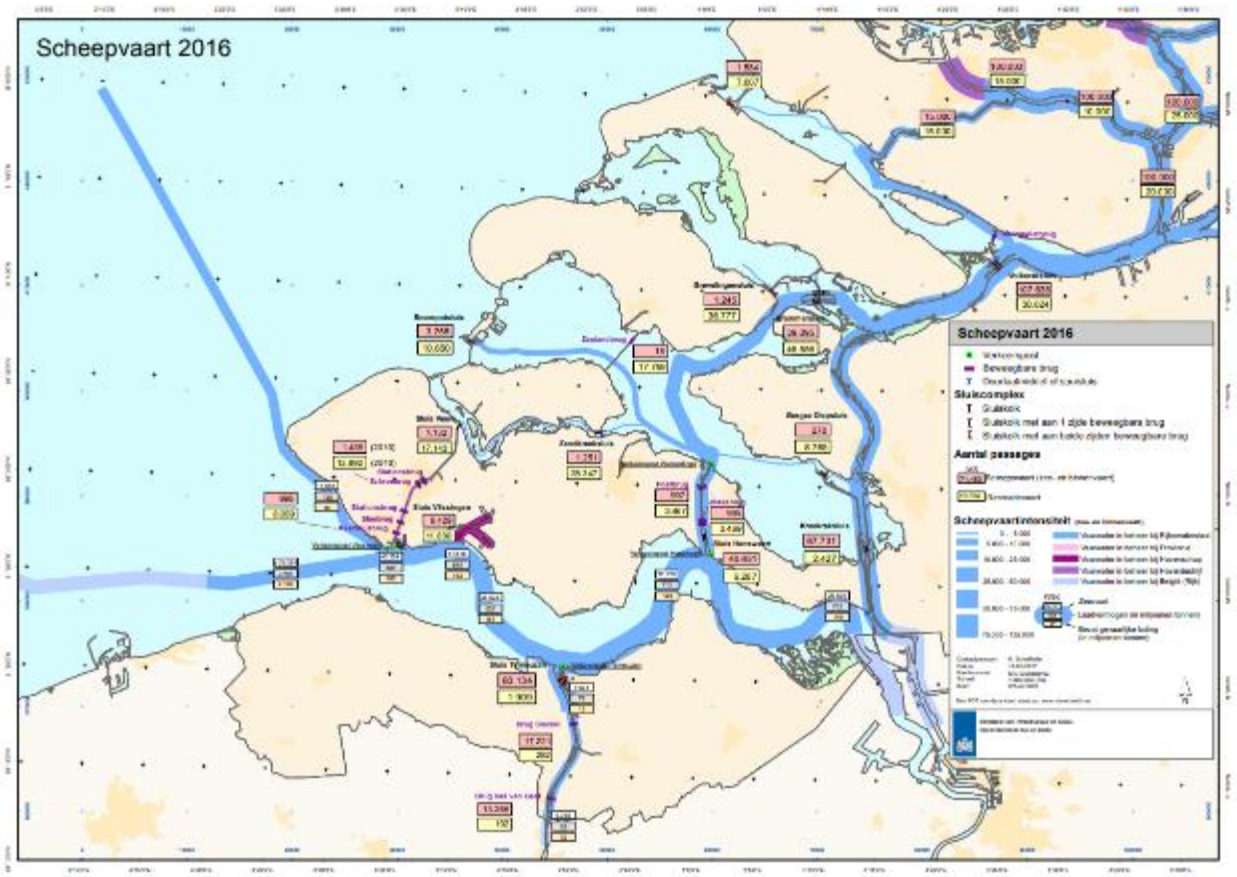
	Hoeveelheid in g							
	Bedrijven en diensten	**Depositie**	**Huishoudens**	**Infrastructuur**	**RWZI**	**Toerisme en recreatie**	**Transport**	**Eindtotaal**
Ant	**1.802**	**8.575**	**212**	**24**	**101**	**152**	**15.341**	**26.206**
2015	193	1.719	45	5	20	30	3.051	5.063
2018	233	1.726	45	5	20	30	3.139	5.198
2019	1.248	1.715	43	5	20	30	3.129	6.191
2020	45	1.709	38	5	20	30	3.008	4.855
2021	83	1.706	39	5	20	30	3.014	4.899
B(a)P	**166**	**14.572**	**1.222**	**13**	**470**	**70**	**20.463**	**36.977**
2015	97	4.399	262	3	102	14	4.070	8.948
2018	27	2.926	261	3	94	14	4.203	7.528
2019	13	2.423	251	3	90	14	4.188	6.981
2020	26	2.414	221	3	92	14	3.997	6.766
2021	3	2.411	227	3	92	14	4.005	6.754
B(b)Flu	**357**	**18.871**	**2.200**	**15**	**1.065**	**70**	**34.560**	**57.139**
2015	326	5.581	472	3	225	14	6.878	13.499
2018	2	3.790	470	3	213	14	7.131	11.622
2019	2	3.176	452	3	206	14	7.100	10.954
2020	2	3.164	398	3	211	14	6.718	10.510
2021	25	3.160	409	3	211	14	6.732	10.554
B(ghi)Pe	**759**	**12.068**	**283**	**6**	**313**	**47**	**28.166**	**41.644**
2015	217	3.850	61	1	69	9	5.607	9.814
2018	57	2.424	60	1	63	9	5.810	8.424
2019	115	1.937	58	1	59	9	5.785	7.966
2020	323	1.930	51	1	61	9	5.477	7.853
2021	46	1.928	53	1	61	9	5.488	7.586
B(k)Flu	**62**	**9.374**	**486**	**7**	**485**	**38**	**18.028**	**28.481**
2015	49	2.502	104	1	102	8	3.588	6.354
2018	0	1.884	104	1	97	8	3.725	5.819
2019	0	1.669	100	1	94	8	3.709	5.580
2020	1	1.660	88	1	96	8	3.499	5.354
2021	12	1.659	90	1	96	8	3.507	5.374
Flu	**619**	**48.279**	**7.453**	**117**	**2.015**	**203**	**53.474**	**112.160**
2015	308	11.412	1.599	23	407	41	10.635	24.425
2018	36	9.697	1.591	23	402	41	11.015	22.805
2019	163	9.084	1.530	23	397	41	10.970	22.208
2020	71	9.049	1.347	23	405	41	10.416	21.352
2021	40	9.038	1.385	23	404	41	10.439	21.371
IP	**388**	**10.659**	**250**	**5**	**292**	**45**	**12.143**	**23.782**
2015	186	3.726	54	1	74	9	2.419	6.470
2018	4	2.140	53	1	59	9	2.473	4.739
2019	62	1.602	51	1	52	9	2.467	4.245
2020	134	1.596	45	1	53	9	2.390	4.229
2021	1	1.594	47	1	53	9	2.394	4.099
Naft	**28.008**	**17.730**	**5.068**	**190**	**5.816**	**7.180**	**248.432**	**312.424**
2015	1.824	7.426	1.087	38	1.190	1.436	49.440	62.441
2018	4.524	3.560	1.082	38	1.165	1.436	50.702	62.506
2019	5.988	2.255	1.041	38	1.137	1.436	50.551	62.446
2020	7.397	2.246	916	38	1.164	1.436	48.825	62.022
2021	8.275	2.244	942	38	1.160	1.436	48.914	63.009
Eindtotaal	**32.161**	**140.131**	**17.176**	**377**	**10.556**	**7.806**	**430.608**	**638.813**

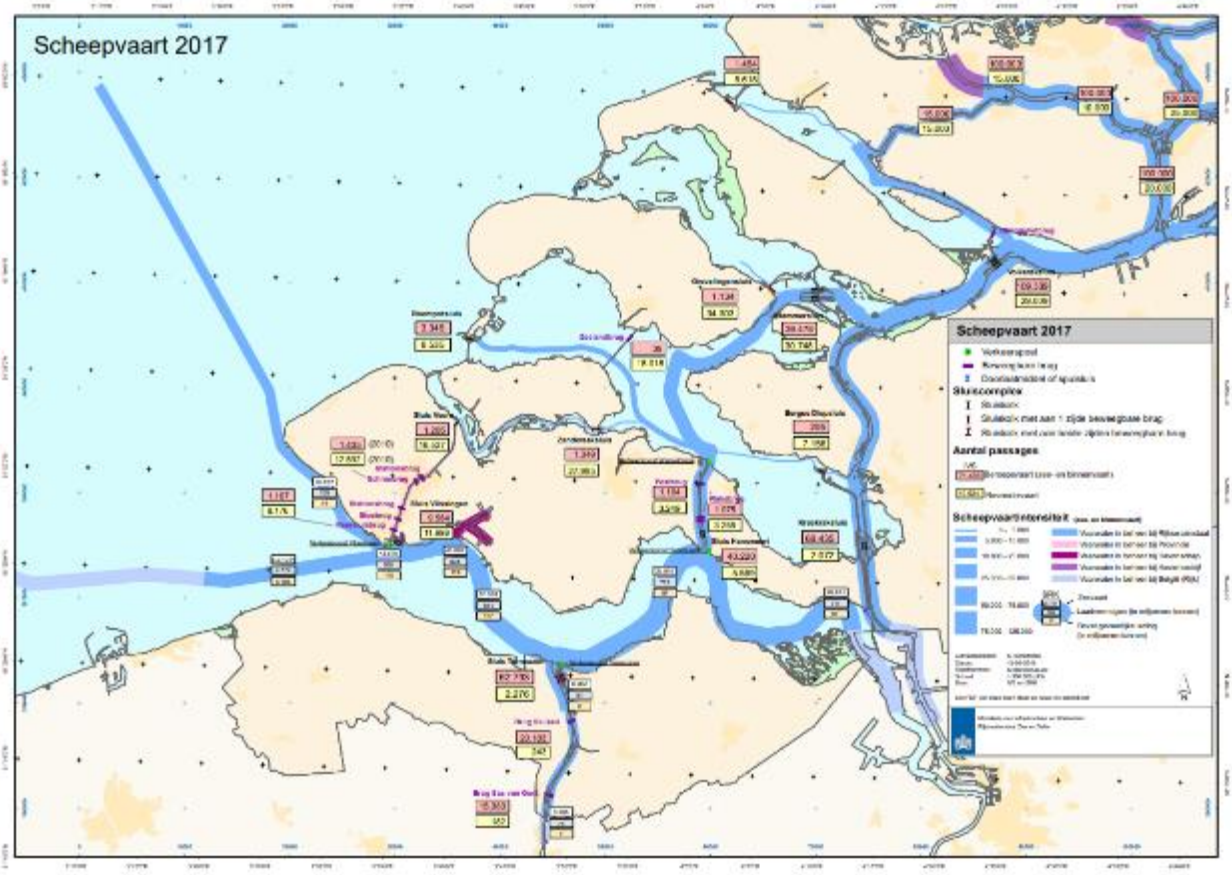
Tabel 9-4: Overzicht van de impact van de verschillende types incidenten per jaar en maand.

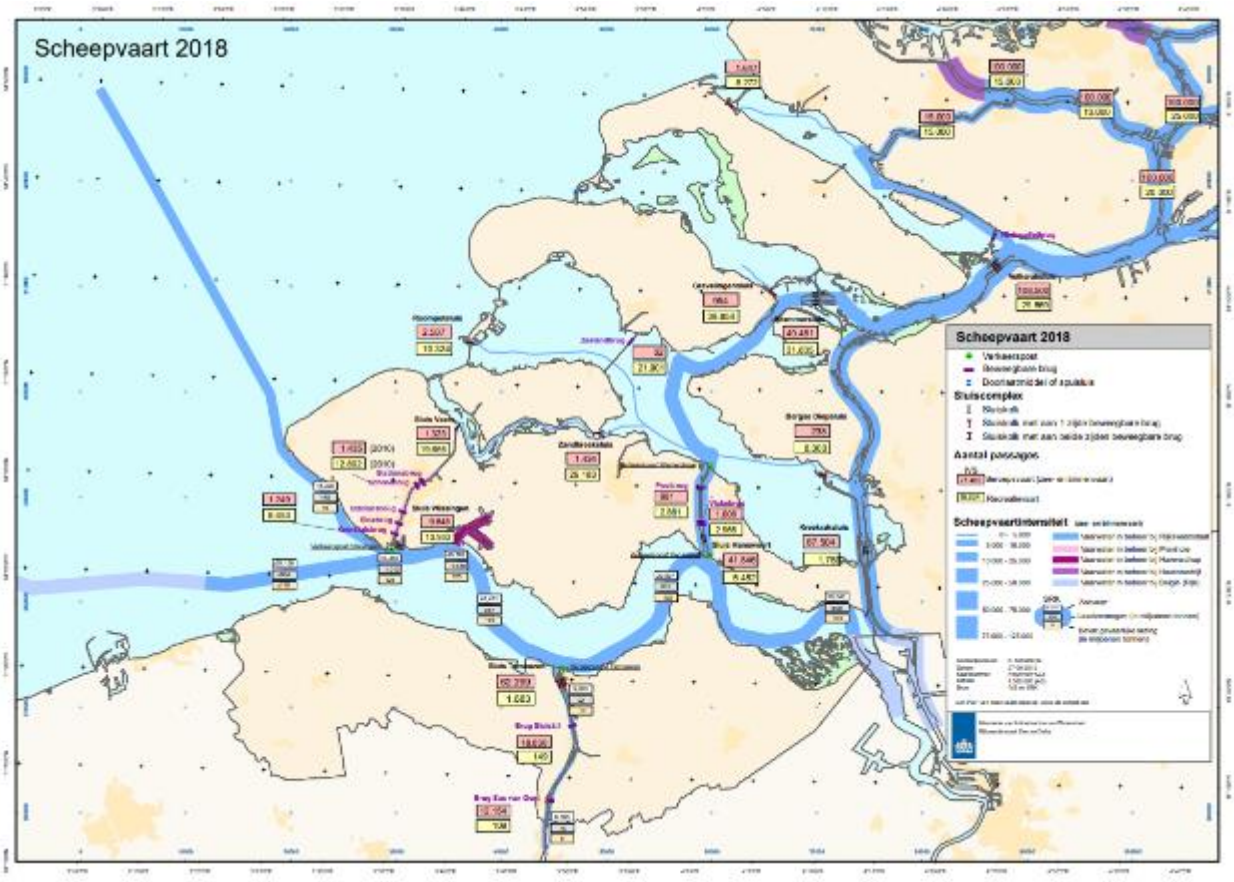
Aantal van Incident Begindatum	BEPERKT	ERNSTIG	MATIG	ZEER ERNSTIG	INCIDENT	Eindtotaal
ZEESCHELDE - BENEDEN-ZEESCHELDE	**5**	**8**	**4**	**5**	**3**	**25**
Bedrijfsincident					**3**	**3**
2018					1	1
okt					1	1
2019					2	2
jan					1	1
mrt					1	1
RWZI Incident	**5**	**8**	**4**	**5**		**22**
2016		1	1			2
jun			1			1
nov		1				1
2017	1			1		2
nov				1		1
dec	1					1
2018	2	1	1	1		5
jan	1	1				2
mrt				1		1
apr			1			1
sep	1					1
2019		1	1	2		4
jan			1			1
mrt		1		1		2
sep				1		1
2020	1	2		1		4
jan	1					1
feb		1				1
sep				1		1
nov		1				1
2021	1	3	1			5
jan		1				1
feb			1			1
mei		1				1
jun	1	1				2
ZEESCHELDE - BOVEN-ZEESCHELDE	**2**		**1**			**3**
Noodlozing	**1**					**1**
2017	1					1
mrt	1					1
RWZI Incident	**1**		**1**			**2**
2018	1					1
aug	1					1
2021			1			1
apr			1			1
Eindtotaal	**7**	**8**	**5**	**5**	**3**	**28**

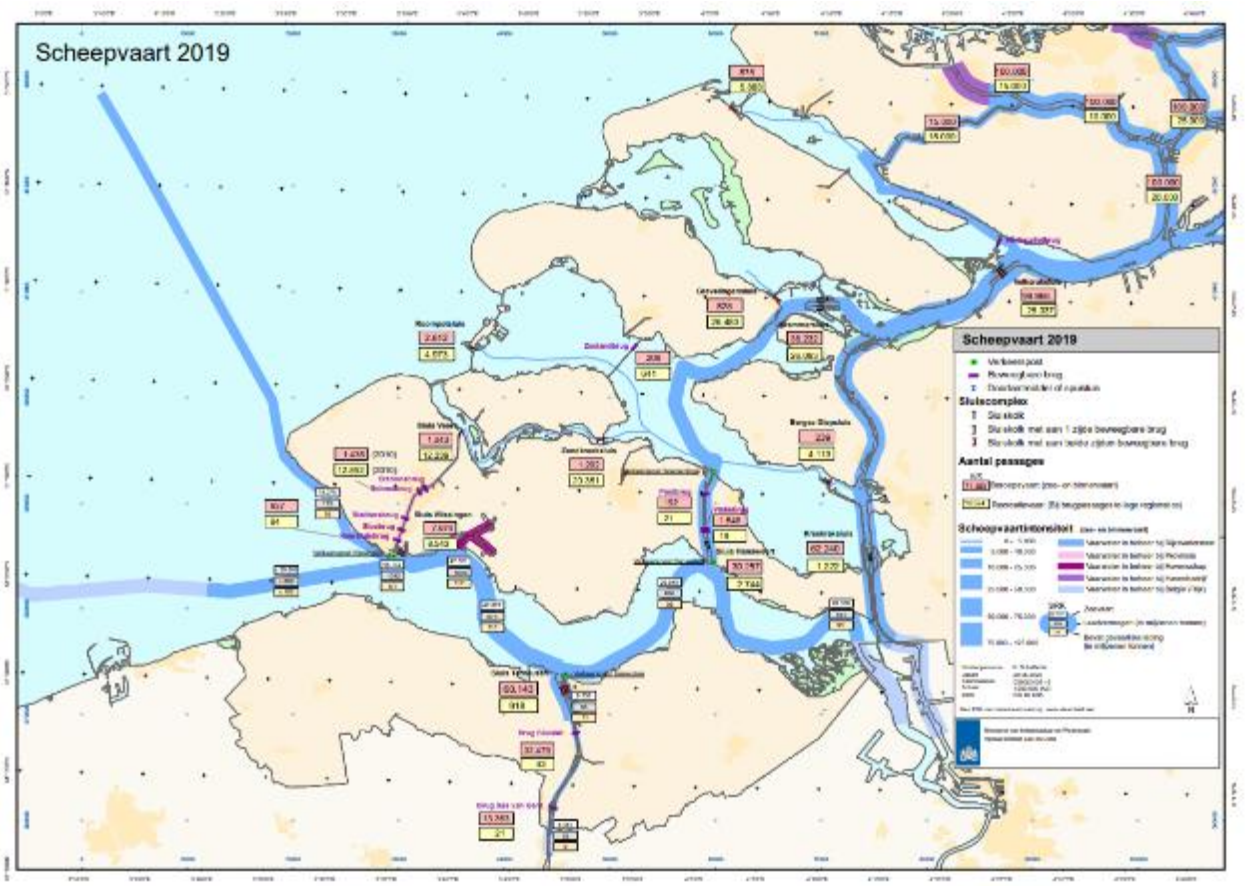
C. Bijlage C - Scheepvaartkaarten VTS

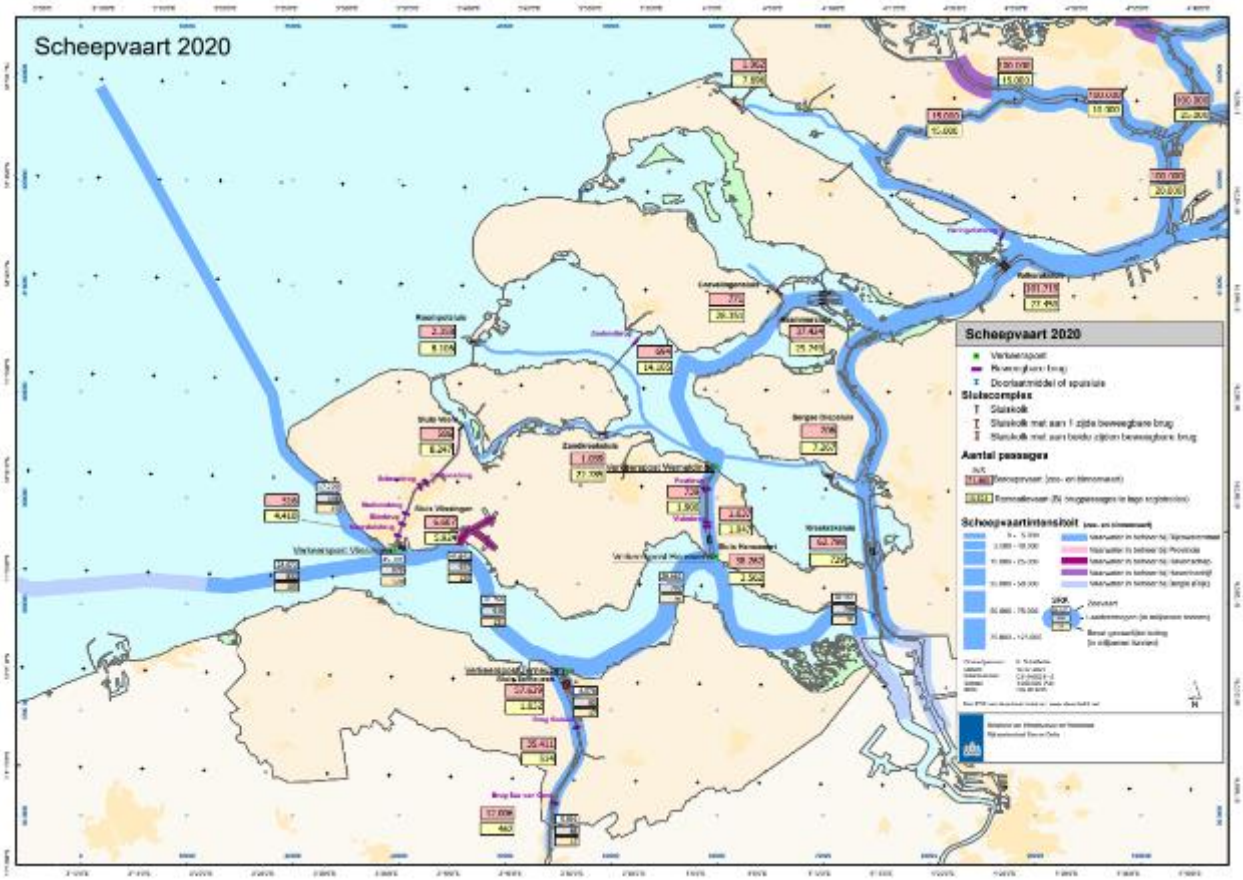
Hieronder worden de jaarlijkse scheepvaartkaarten weergegeven voor de beschouwde periode 2016 – 2021 (VTS – Afdeling Maritieme Dienstverlening en Kust).

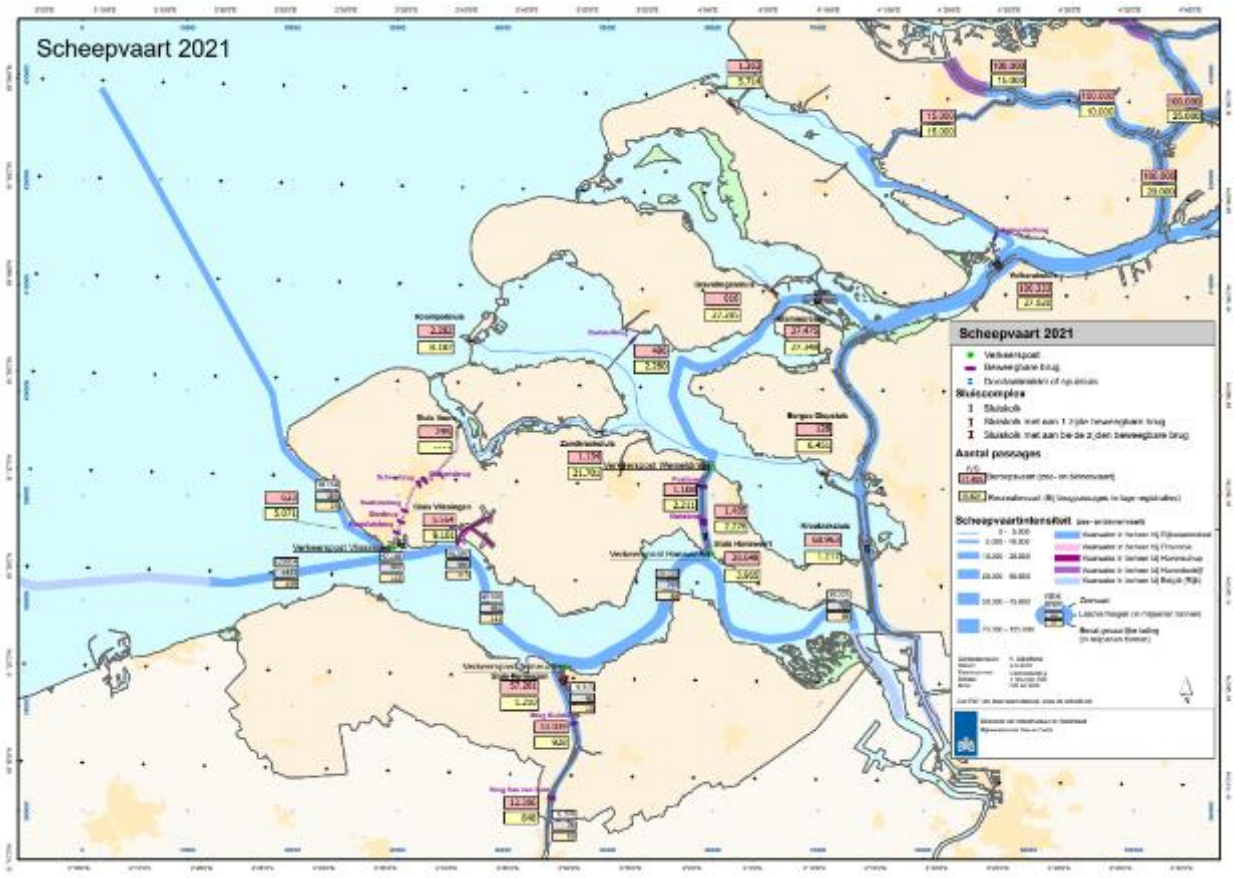



Scheepvaart 2017
Scheepvaart 2017
Aantal passages
Scheepvaartintensiteit


Scheepvaart 2018
Scheepvaart 2018
Verkeerspost
Beweegbare brug
Doorlaatmiddel of sluisdok
Sluiscomplex
Sluisdeuren
Aantal passages
Scheepvaartintensiteit


Scheepvaart 2019
Scheepvaart 2019
Sluiscomplex
Aantal passages


Scheepvaart 2020
Scheepvaart 2020
Aantal passages
Scheepvaartintensiteit


Scheepvaart 2021
Scheepvaart 2021
Verkeerspost
Beweegbare brug
Sluiscomplex
Sluiskolk
Aantal passages
Scheepvaartintensiteit

D. Bijlage D – Waterkwaliteit

D.1. Toetsparameter Zuurstof

D.1.1. Gehanteerde data

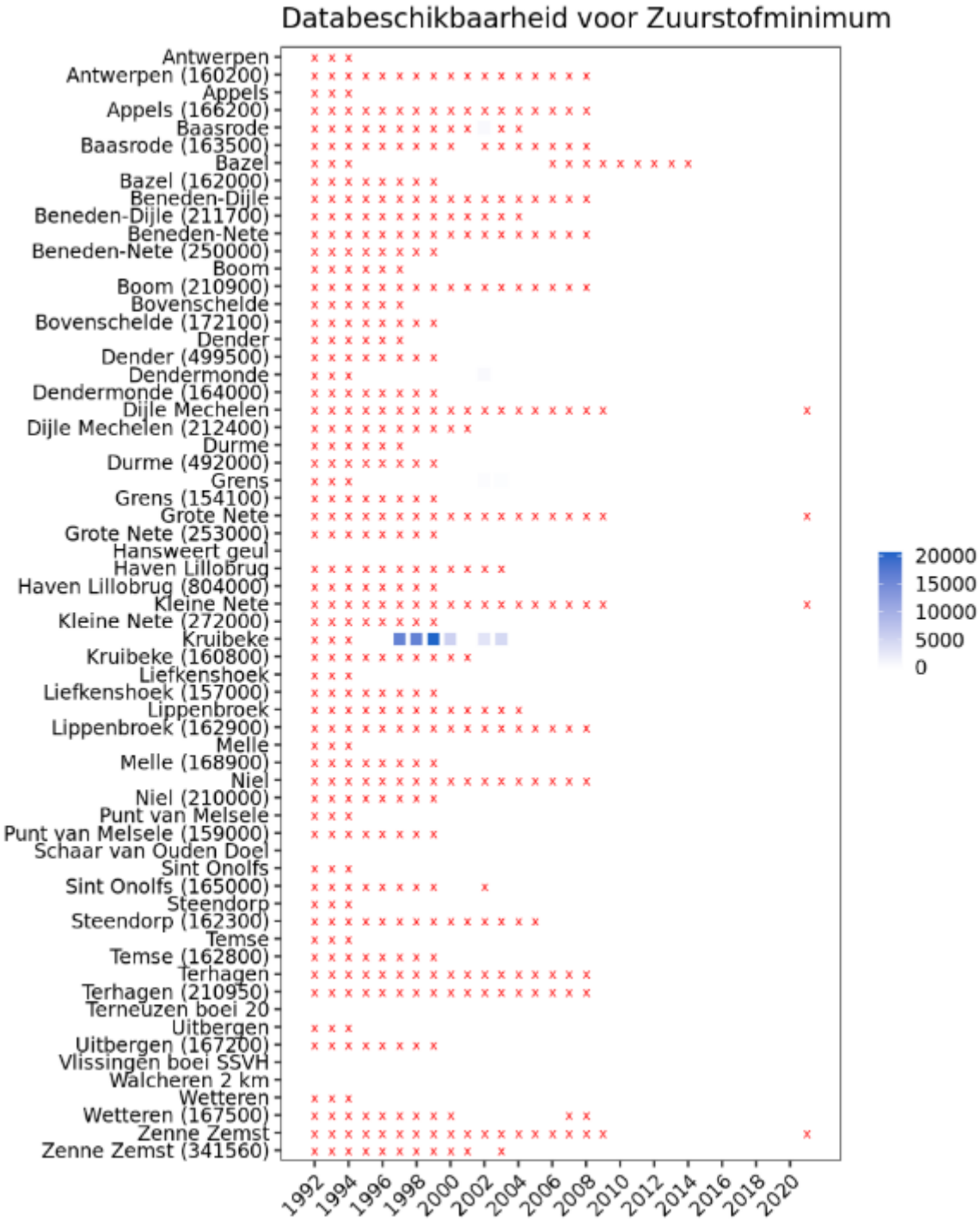
Tabel 9-5: Meetstations voor de rekenparameters Absoluut minimum *en* 95%.

Station	Segment	Zone	Afstand (km)
Monding			
Walcheren 2 km uit de kust	Monding	Monding	-
Westerschelde			
Vlissingen boei SSVH	Comp. 1	Sterk polyhalien	0,4
Terneuzen boei 20	Comp. 3	Sterk polyhalien	20,2
Hansweert geul	Comp. 4	Zwak polyhalien	36,7
Zeeschelde			
Grens (154100)	Comp. 7b	Saliniteitsgradient	57,7
Schaar van Ouden Doel	Comp. 9	Saliniteitsgradient	58,6
Grens	Comp. 9	Saliniteitsgradient	59,4
Liefkenshoek (157000)	Comp. 10	Saliniteitsgradient	65,3
Liefkenshoek	Comp. 10	Saliniteitsgradient	66
Punt van Melsele (159000)	Comp. 11	Saliniteitsgradient	71,2
Punt van Melsele	Comp. 11	Saliniteitsgradient	73,5
Antwerpen (160200)	Comp. 12	Saliniteitsgradient	80,6
Antwerpen	Comp. 12	Saliniteitsgradient	80,6
Kruibeke	Comp. 13	Oligohalien	88,2
Kruibeke (160800)	Comp. 13	Oligohalien	88,2
Bazel (162000)	Comp. 13	Oligohalien	91,7
Bazel	Comp. 13	Oligohalien	92
Steendorp (162300)	Comp. 14	Oligohalien	96,1
Steendorp	Comp. 14	Oligohalien	96,9
Temse (162800)	Comp. 14	Oligohalien	101
Temse	Comp. 14	Oligohalien	101
Lippenbroek (162900)	Comp. 15	Zoet lang verblijf	106,6
Lippenbroek	Comp. 15	Zoet lang verblijf	106,7
Baasrode (163500)	Comp. 15	Zoet lang verblijf	116,1
Baasrode	Comp. 15	Zoet lang verblijf	116,2
Dendermonde (164000)	Comp. 16	Zoet lang verblijf	122,9
Dendermonde	Comp. 16	Zoet lang verblijf	124,4
Sint Onolfs	Comp. 17	Zoet kort verblijf	128,7
Sint Onolfs (165000)	Comp. 17	Zoet kort verblijf	128,9
Appels (166200)	Comp. 17	Zoet kort verblijf	131,6
Appels	Comp. 17	Zoet kort verblijf	131,6
Uitbergen (167200)	Comp. 18	Zoet kort verblijf	141,1
Uitbergen	Comp. 18	Zoet kort verblijf	141,1
Wetteren (167500)	Comp. 19	Zoet kort verblijf	148,1

Station	Segment	Zone	Afstand (km)
Wetteren	Comp. 19	Zoet kort verblijf	148,1
Melle	Comp. 19	Zoet kort verblijf	154,1
Melle (168900)	Comp. 19	Zoet kort verblijf	154,2
Zijrivieren			
Niel (210000)	Rupel	Rupel	97,6
Niel	Rupel	Rupel	97,7
Boom	Rupel	Rupel	100,6
Boom (210900)	Rupel	Rupel	101,1
Terhagen	Rupel	Rupel	103,8
Terhagen (210950)	Rupel	Rupel	105,7
Durme	GetijdeDurme	Durme	106
Durme (492000)	GetijdeDurme	Durme	106
Beneden-Dijle (211700)	GetijdeDijle	Zoet zijrivier	106,5
Beneden-Dijle	GetijdeDijle	Zoet zijrivier	106,6
Beneden-Nete	GetijdeNete	Zoet zijrivier	108,6
Beneden-Nete (250000)	GetijdeNete	Zoet zijrivier	108,8
Boundaries			
Haven Lillobrug	Boundary	Boundary	66,7
Haven Lillobrug (804000)	Boundary	Boundary	66,7
Dijle Mechelen	Boundary	Boundary	114,7
Dijle Mechelen (212400)	Boundary	Boundary	114,7
Zenne Zemst	Boundary	Boundary	115,5
Zenne Zemst (341560)	Boundary	Boundary	115,5
Grote Nete	Boundary	Boundary	121
Grote Nete (253000)	Boundary	Boundary	121
Kleine Nete	Boundary	Boundary	121,5
Kleine Nete (272000)	Boundary	Boundary	121,5
Dender	Boundary	Boundary	126,2
Dender (499500)	Boundary	Boundary	126,2
Bovenschelde	Boundary	Boundary	156,3
Bovenschelde (172100)	Boundary	Boundary	156,3

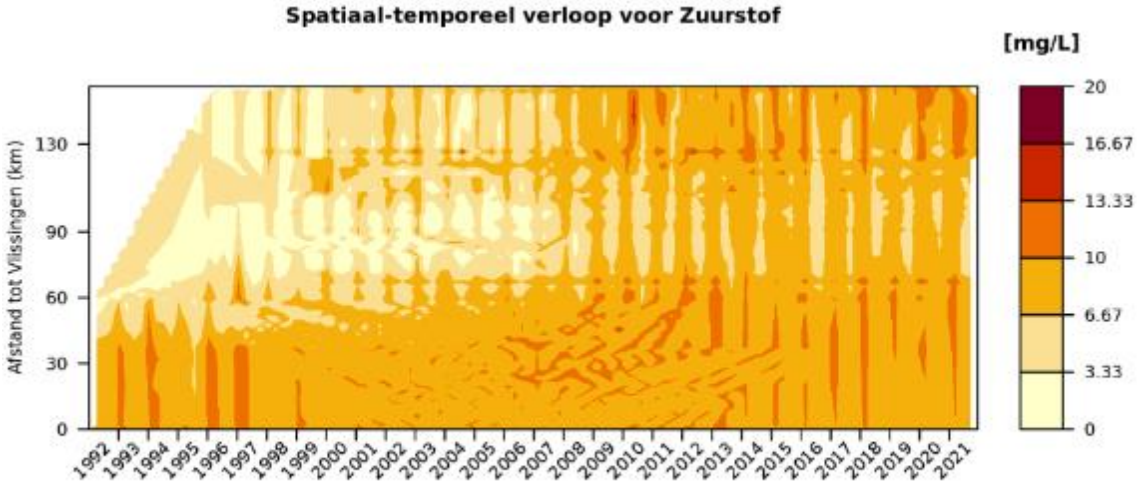
Tabel 9-6: Meetstations voor continue zuurstofdata voor de rekenparameters Absoluut minimum, 95% *en* zuurstofdip.

Station	Segment	Zone	Afstand (km)
Zeeschelde			
Kruibeke	Comp. 13	Oligohalien	88,2
Duffel	GetijdeNete	Zoet zijrivier	116,2
Schellebelle	Comp. 18	Zoet kort verblijf	143,8
Melle	Comp. 19	Zoet kort verblijf	153,9
Boundaries			
Eppegem	Boundary	Boundary	116,7
Dendermonde	Boundary	Boundary	126,2

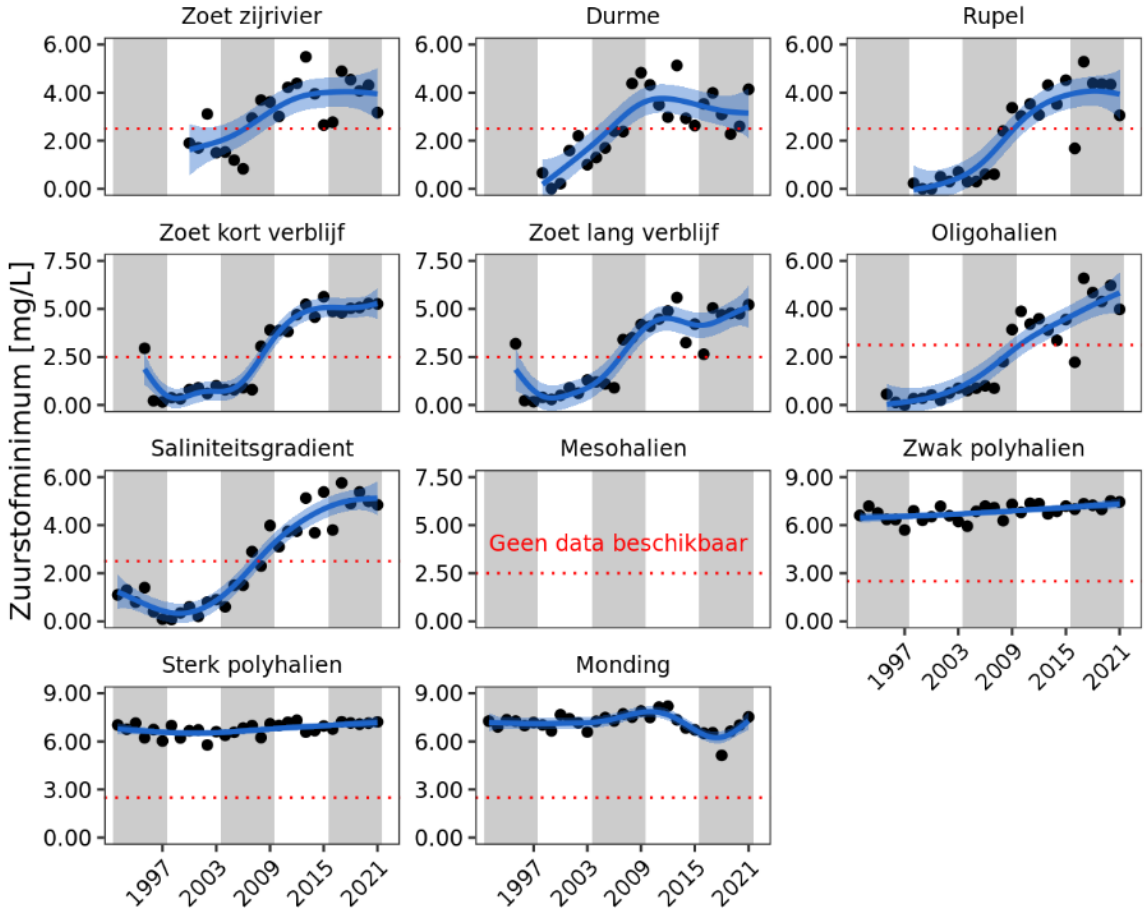


Figuur 9-261: Databeschikbaarheid geselecteerde stations voor het bepalen van het zuurstofminimum.

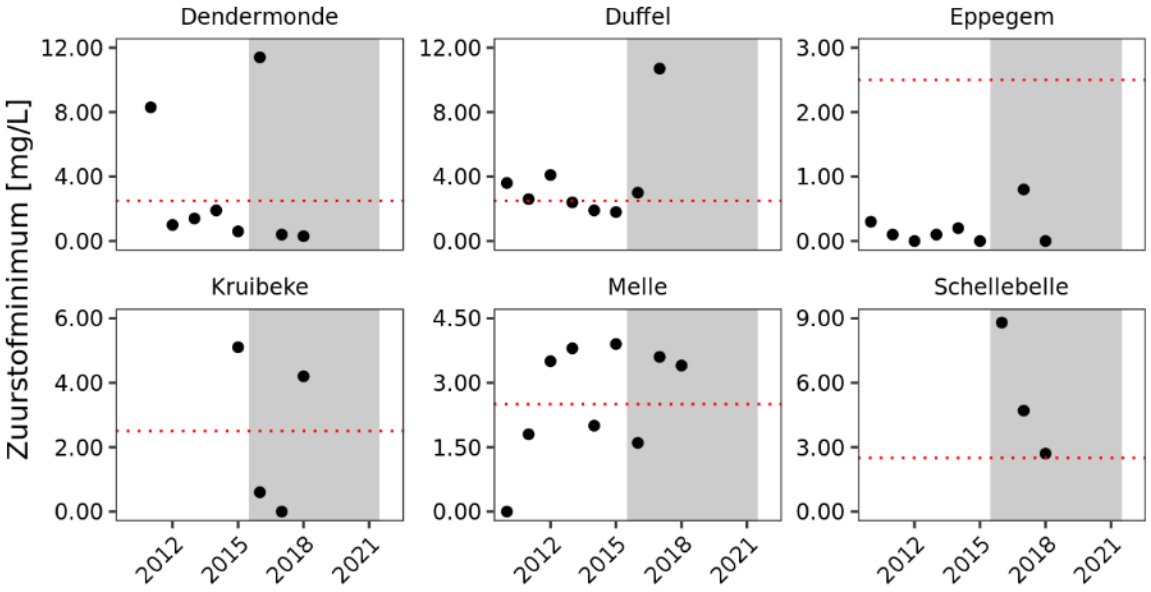
D.1.2. Additionele analyses



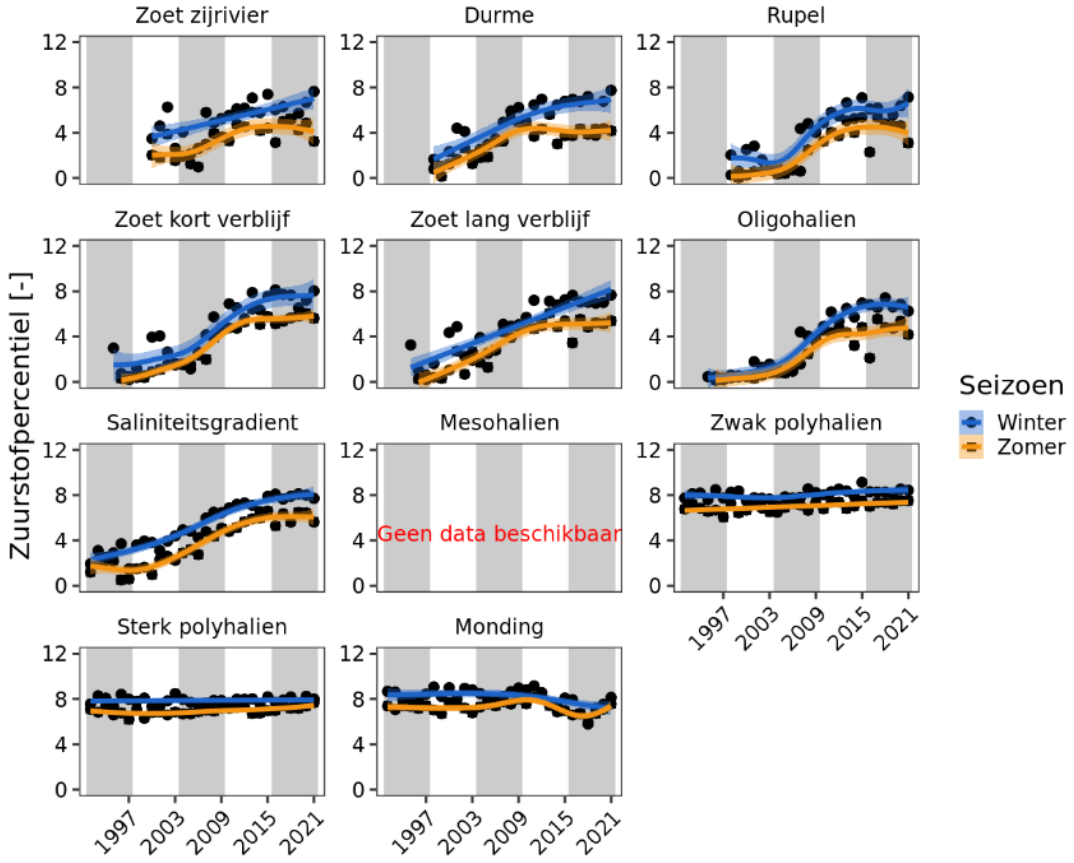
Figuur 9-262: Spatiaal-temporeel verloop van de parameter zuurstof, op basis van de periodieke metingen.



Figuur 9-263: Trendplot van het zuurstofminimum op basis van de periodieke metingen, weergegeven per zone.



Figuur 9-264: Trendplot van het zuurstofminimum op basis van de continue metingen, weergegeven per meetstation.



Figuur 9-265: Trendplot van het 95ste zuurstofpercentiel. Temporeel verloop weergegeven per seizoen (kleur) en per zone.

D.2. Toetsparameter Nutriënten

D.2.1. Gehanteerde data

Tabel 9-7: Meetstations voor de rekenparameters NOD, BOD-C, TDIN, Fosfaat, Silicaat, Nitriet en Ammoniak.

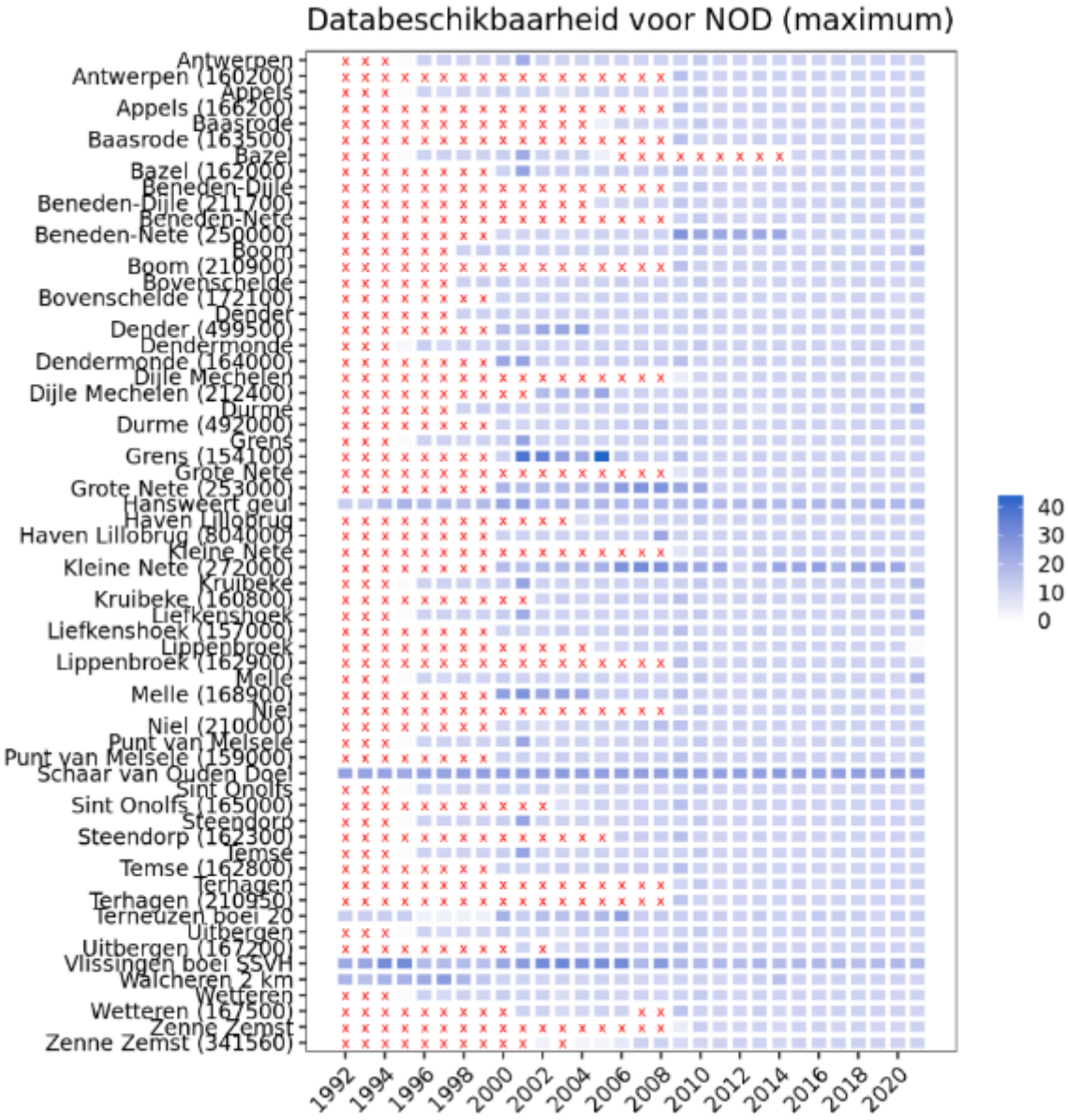
Station	Segment	Zone	Afstand (km)
Monding			
Walcheren 2 km uit de kust [a]	Monding	Monding	-
Westerschelde			
Vlissingen boei SSVH	Comp. 1	Sterk polyhalien	0,4
Terneuzen boei 20	Comp. 3	Sterk polyhalien	20,2
Hansweert geul [a]	Comp. 4	Zwak polyhalien	36,7
Zeeschelde			
Grens (154100)	Comp. 7b	Saliniteitsgradient	57,7
Schaar van Ouden Doel	Comp. 9	Saliniteitsgradient	58,6
Grens	Comp. 9	Saliniteitsgradient	59,4
Liefkenshoek (157000)	Comp. 10	Saliniteitsgradient	65,3
Liefkenshoek	Comp. 10	Saliniteitsgradient	66
Punt van Melsele (159000)	Comp. 11	Saliniteitsgradient	71,2
Punt van Melsele	Comp. 11	Saliniteitsgradient	73,5
Antwerpen (160200)	Comp. 12	Saliniteitsgradient	80,6
Antwerpen	Comp. 12	Saliniteitsgradient	80,6
Kruibeke	Comp. 13	Oligohalien	88,2
Kruibeke (160800)	Comp. 13	Oligohalien	88,2
Bazel (162000)	Comp. 13	Oligohalien	91,7
Bazel	Comp. 13	Oligohalien	92
Steendorp (162300)	Comp. 14	Oligohalien	96,1
Steendorp	Comp. 14	Oligohalien	96,9
Temse (162800)	Comp. 14	Oligohalien	101
Temse	Comp. 14	Oligohalien	101
Lippenbroek (162900)	Comp. 15	Zoet lang verblijf	106,6
Lippenbroek	Comp. 15	Zoet lang verblijf	106,7
Baasrode (163500)	Comp. 15	Zoet lang verblijf	116,1
Baasrode	Comp. 15	Zoet lang verblijf	116,2
Dendermonde (164000)	Comp. 16	Zoet lang verblijf	122,9
Dendermonde	Comp. 16	Zoet lang verblijf	124,4
Sint Onolfs	Comp. 17	Zoet kort verblijf	128,7
Sint Onolfs (165000)	Comp. 17	Zoet kort verblijf	128,9
Appels (166200)	Comp. 17	Zoet kort verblijf	131,6
Appels	Comp. 17	Zoet kort verblijf	131,6
Uitbergen (167200)	Comp. 18	Zoet kort verblijf	141,1
Uitbergen	Comp. 18	Zoet kort verblijf	141,1
Wetteren (167500)	Comp. 19	Zoet kort verblijf	148,1
Wetteren	Comp. 19	Zoet kort verblijf	148,1
Melle	Comp. 19	Zoet kort verblijf	154,1
Melle (168900)	Comp. 19	Zoet kort verblijf	154,2
Zijrivieren			
Niel (210000)	Rupel	Rupel	97,6

Station	Segment	Zone	Afstand (km)
Niel	Rupel	Rupel	97,7
Boom	Rupel	Rupel	100,6
Boom (210900)	Rupel	Rupel	101,1
Terhagen	Rupel	Rupel	103,8
Terhagen (210950)	Rupel	Rupel	105,7
Durme	GetijdeDurme	Durme	106
Durme (492000)	GetijdeDurme	Durme	106
Beneden-Dijle (211700)	GetijdeDijle	Zoet zijrivier	106,5
Beneden-Dijle	GetijdeDijle	Zoet zijrivier	106,6
Beneden-Nete	GetijdeNete	Zoet zijrivier	108,6
Beneden-Nete (250000)	GetijdeNete	Zoet zijrivier	108,8
Boundaries			
Haven Lillobrug	Boundary	Boundary	66,7
Haven Lillobrug (804000)	Boundary	Boundary	66,7
Dijle Mechelen	Boundary	Boundary	114,7
Dijle Mechelen (212400)	Boundary	Boundary	114,7
Zenne Zemst	Boundary	Boundary	115,5
Zenne Zemst (341560)	Boundary	Boundary	115,5
Grote Nete	Boundary	Boundary	121
Grote Nete (253000)	Boundary	Boundary	121
Kleine Nete	Boundary	Boundary	121,5
Kleine Nete (272000)	Boundary	Boundary	121,5
Dender	Boundary	Boundary	126,2
Dender (499500)	Boundary	Boundary	126,2
Bovenschelde	Boundary	Boundary	156,3
Bovenschelde (172100)	Boundary	Boundary	156,3

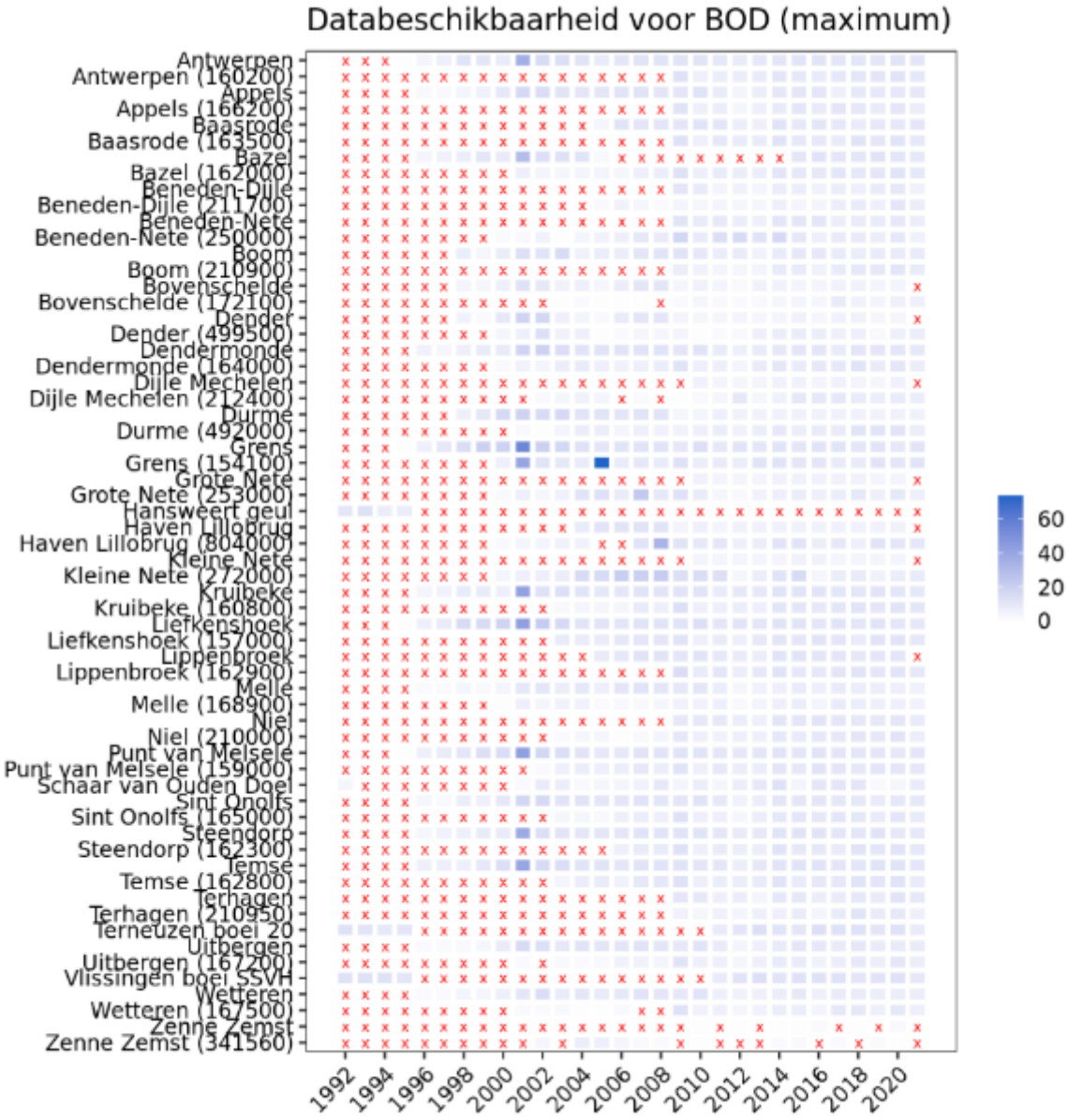
[a] Niet gebruikt voor *BOD-C*;

Tabel 9-8: Continue meetstations gehanteerd voor rekenparameters ICEP-DSi, ICEP-TSi en TDINflux

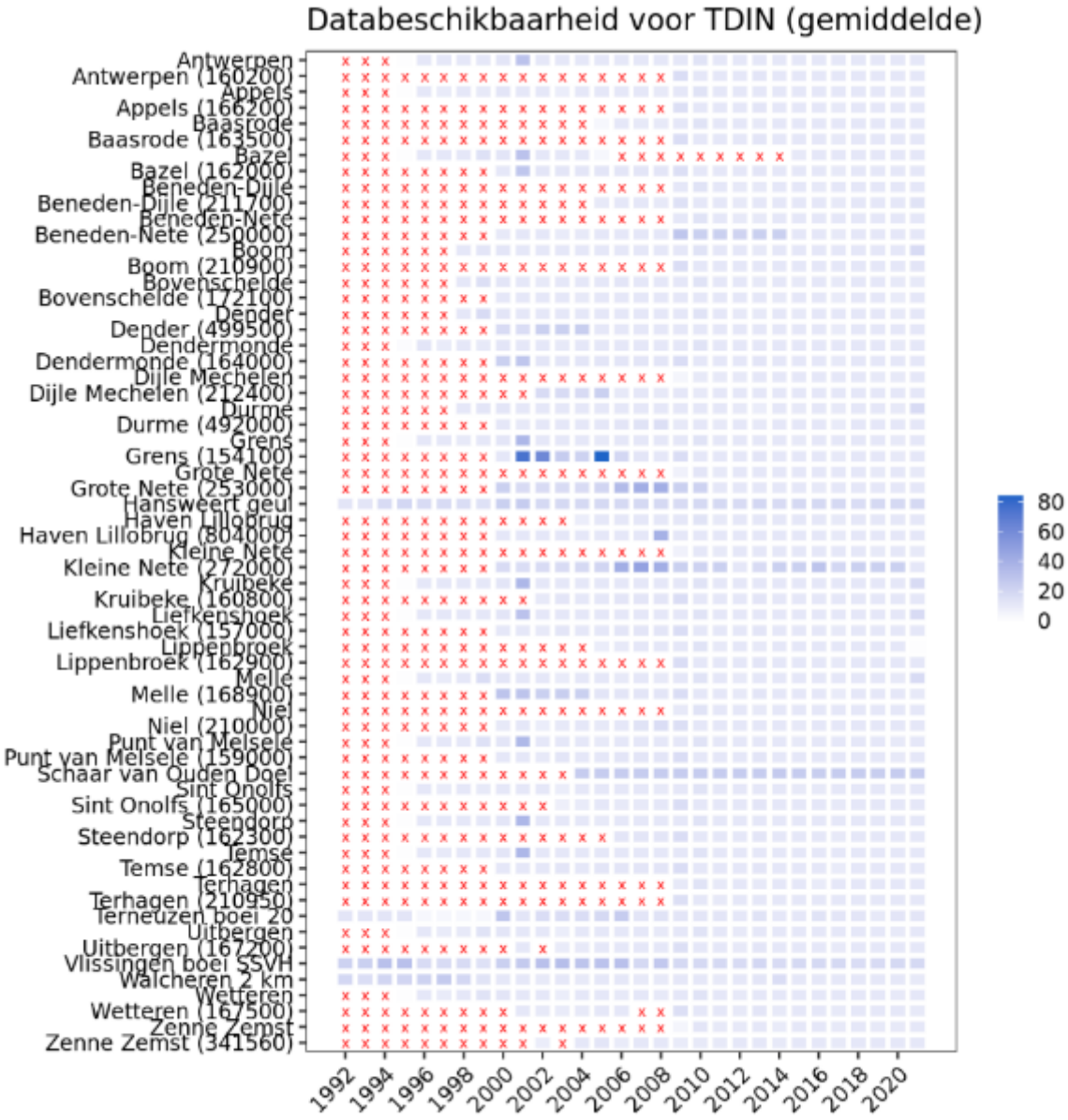
Station	Segment	Zone	Afstand (km)
Zeeschelde			
Kruibeke	Comp. 13	Oligohalien	88,2
Schellebelle	Comp. 18	Zoet kort verblijf	143,8
Melle	Comp. 19	Zoet kort verblijf	153,9
Zijrivieren			
Duffel	GetijdeNete	Zoet zijrivier	116,2
Boundaries			
Eppegem	Boundary	Boundary	116,7
Dendermonde	Boundary	Boundary	126,2



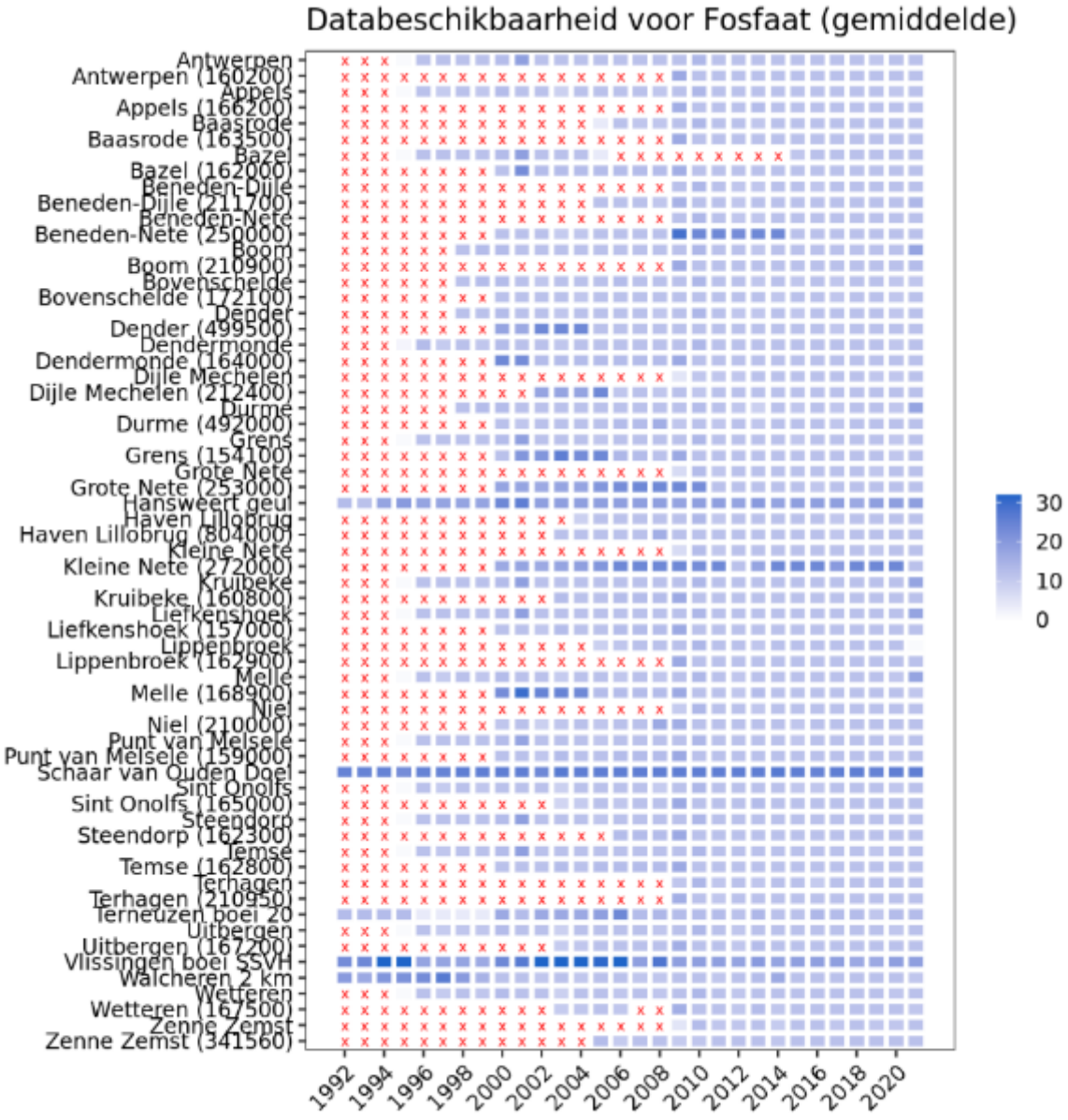
Figuur 9-266: Databeschikbaarheid van de geselecteerde stations voor de analyse van het NOD-maximum.



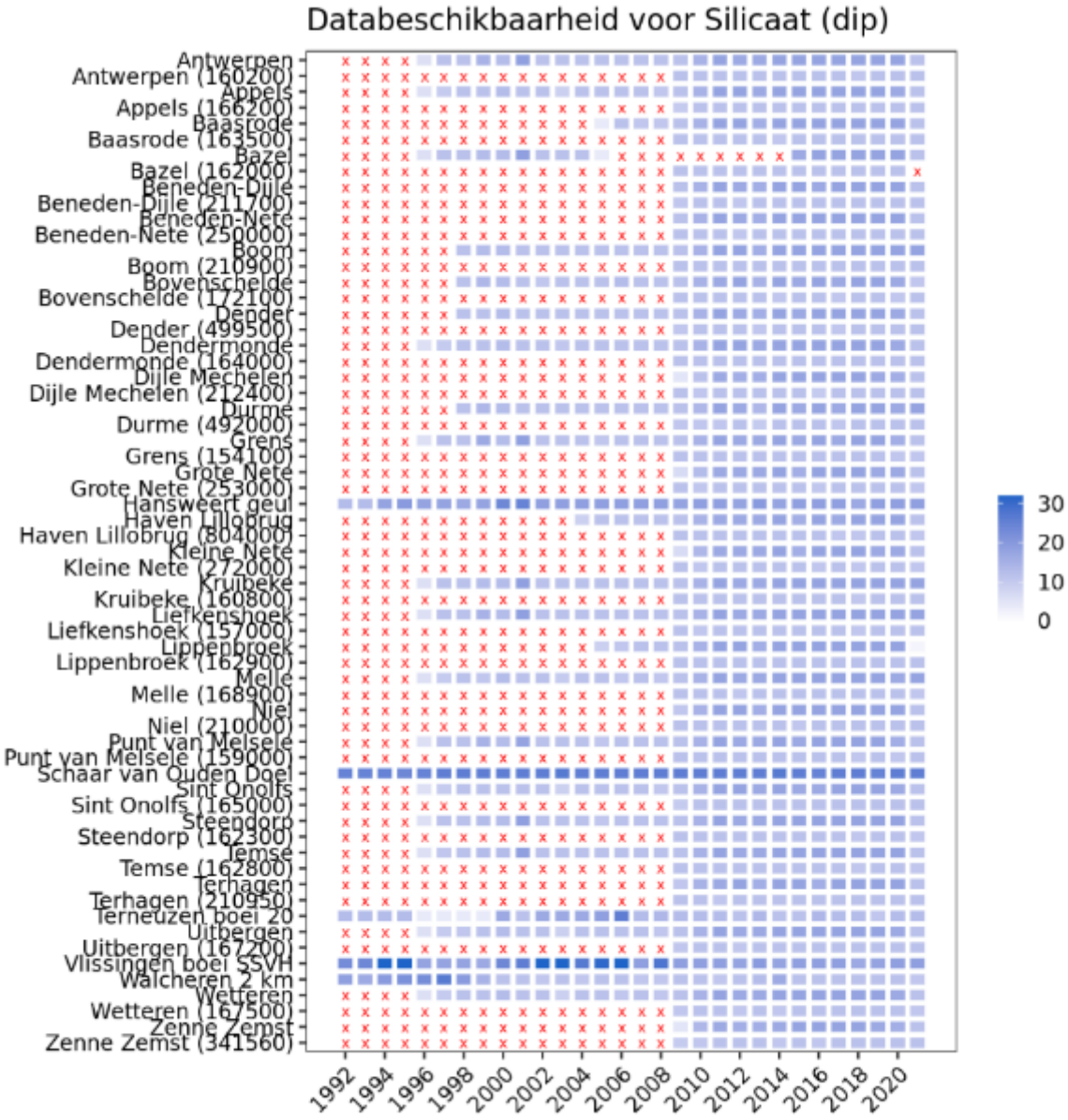
Figuur 9-267: Databeschikbaarheid van de geselecteerde stations voor de analyse van het BOD-C-maximum.



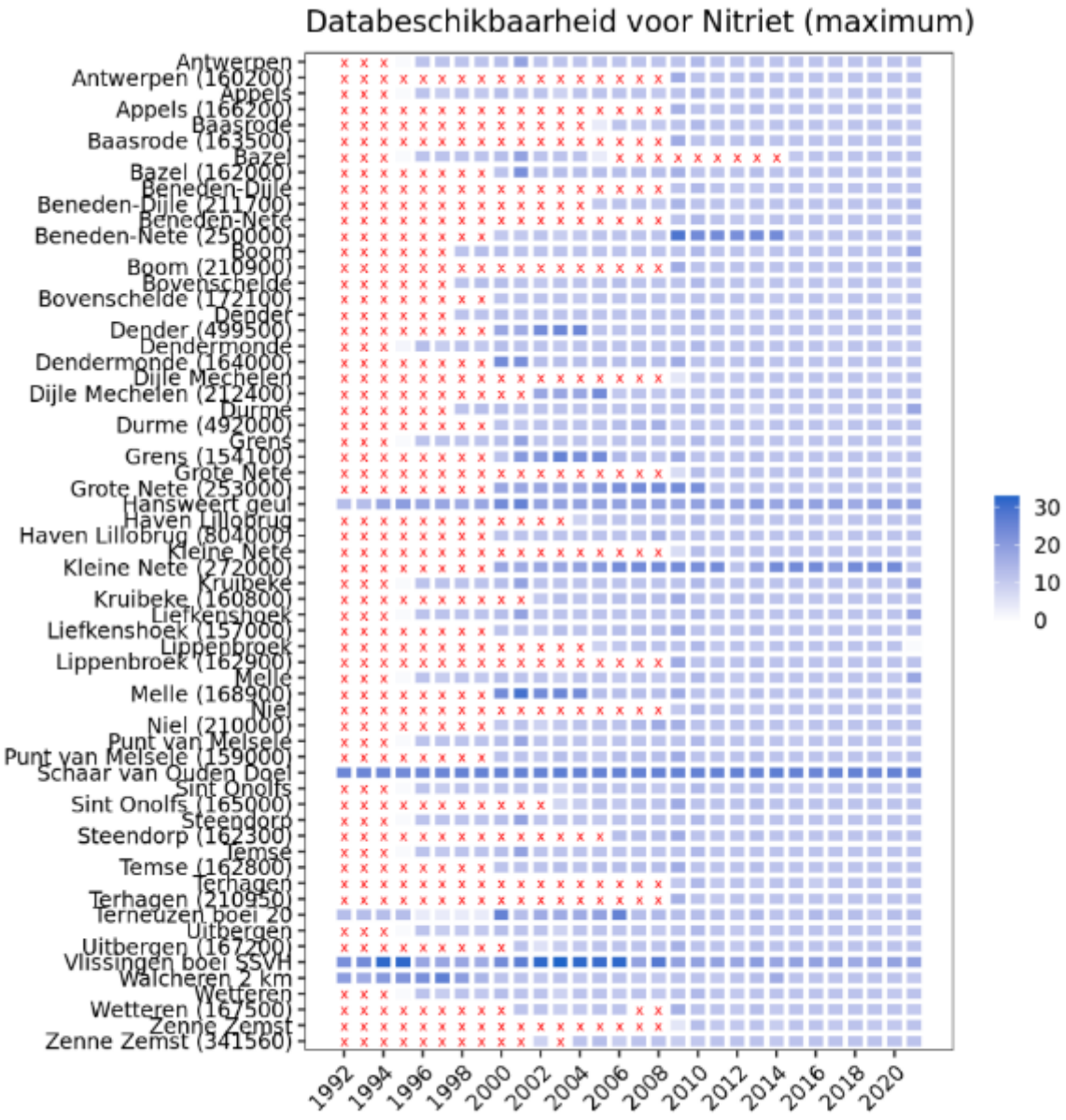
Figuur 9-268: Databeschikbaarheid van de geselecteerde stations voor de analyse van het TDIN-gemiddelde.



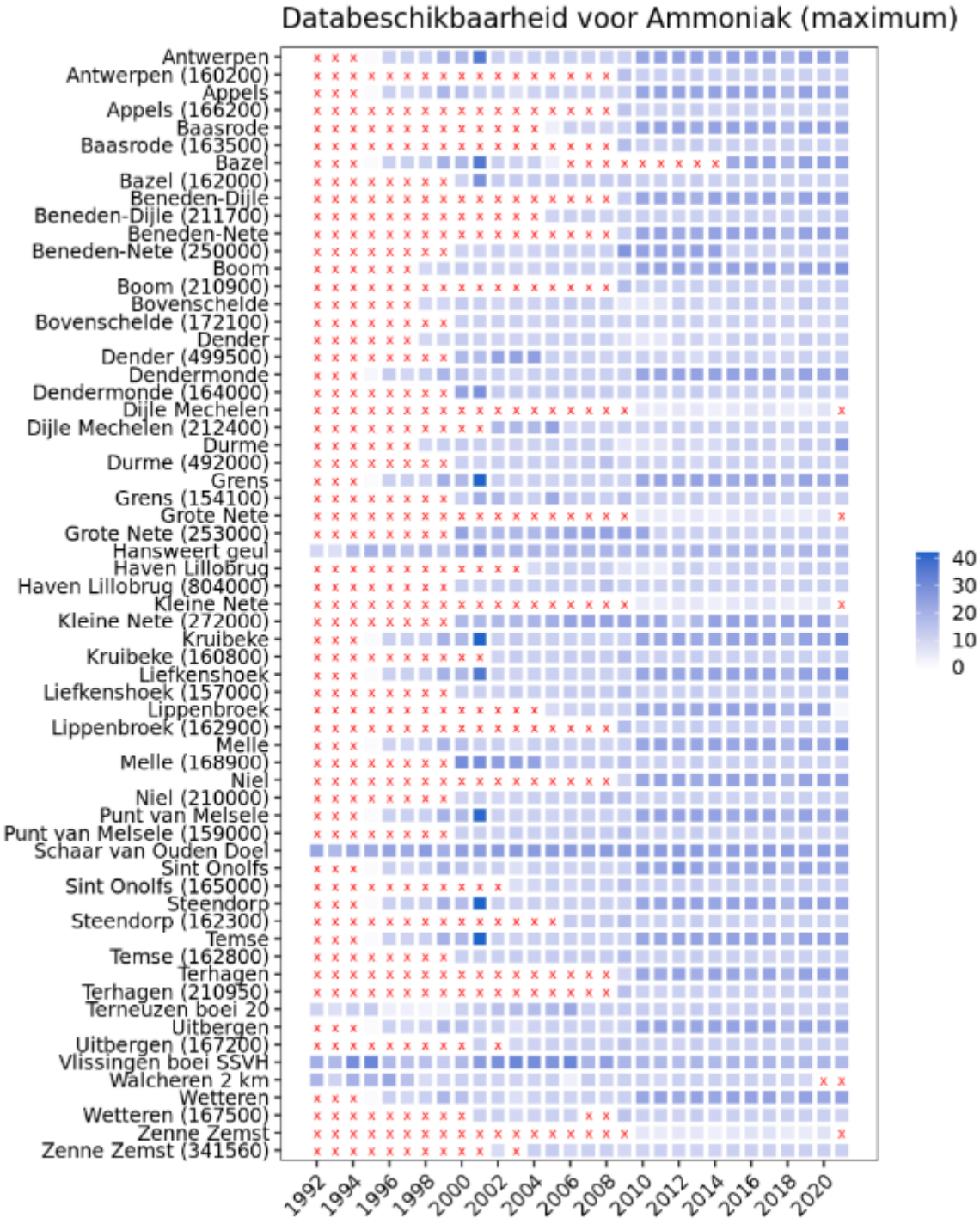
Figuur 9-269: Databeschikbaarheid van de geselecteerde stations voor de analyse van het Fosfaat-gemiddelde.



Figuur 9-270: Databeschikbaarheid van de geselecteerde stations voor de analyse van de silicaatdip.

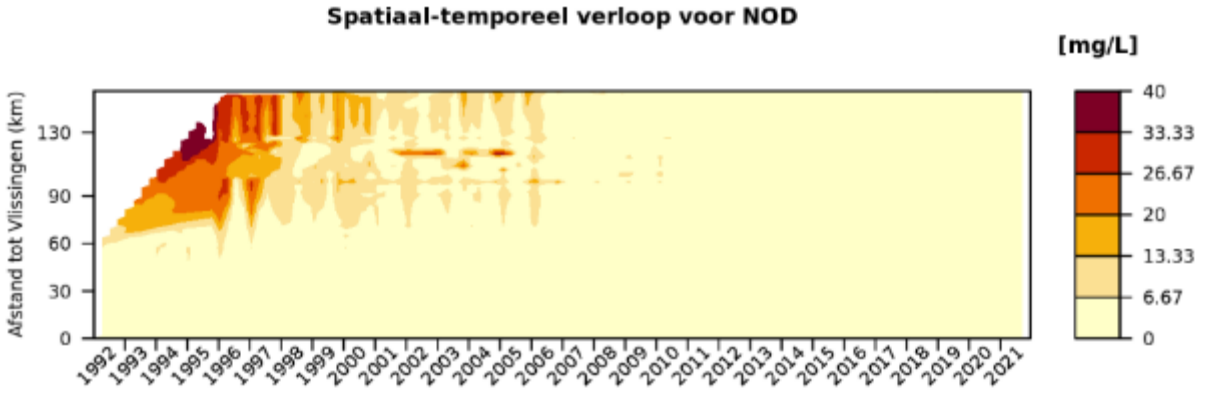


Figuur 9-271: Databeschikbaarheid van de geselecteerde stations voor de analyse van het Nitriet-maximum.

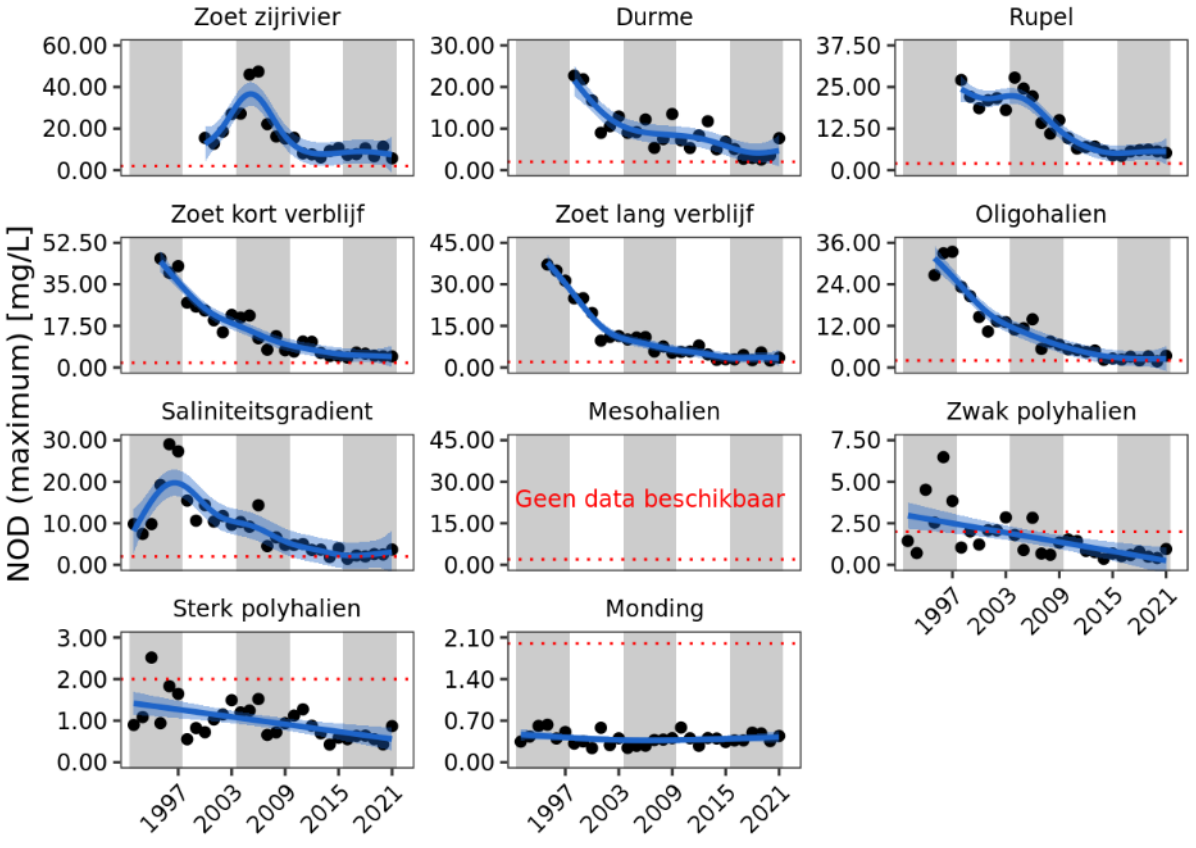


Figuur 9-272: Databeschikbaarheid van de geselecteerde stations voor de analyse van het Ammoniak-maximum.

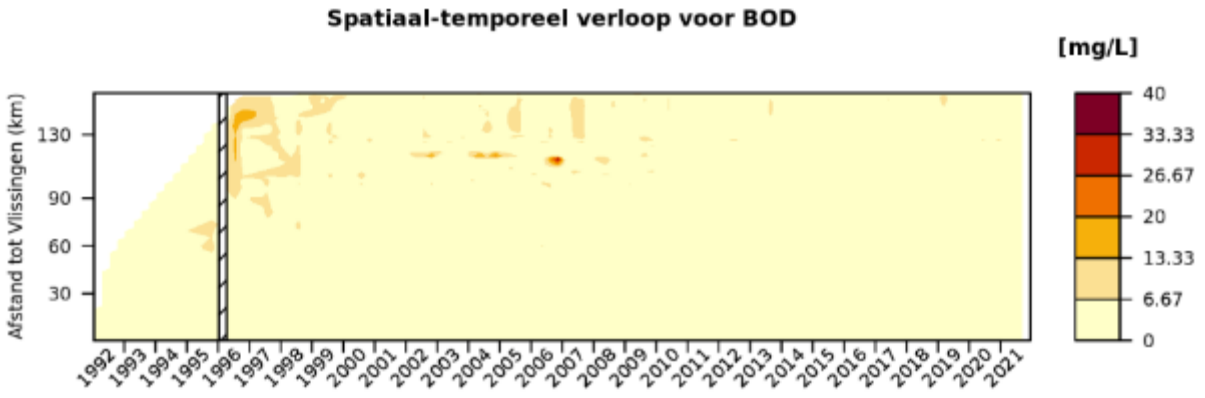
D.2.2. Additionele analyses



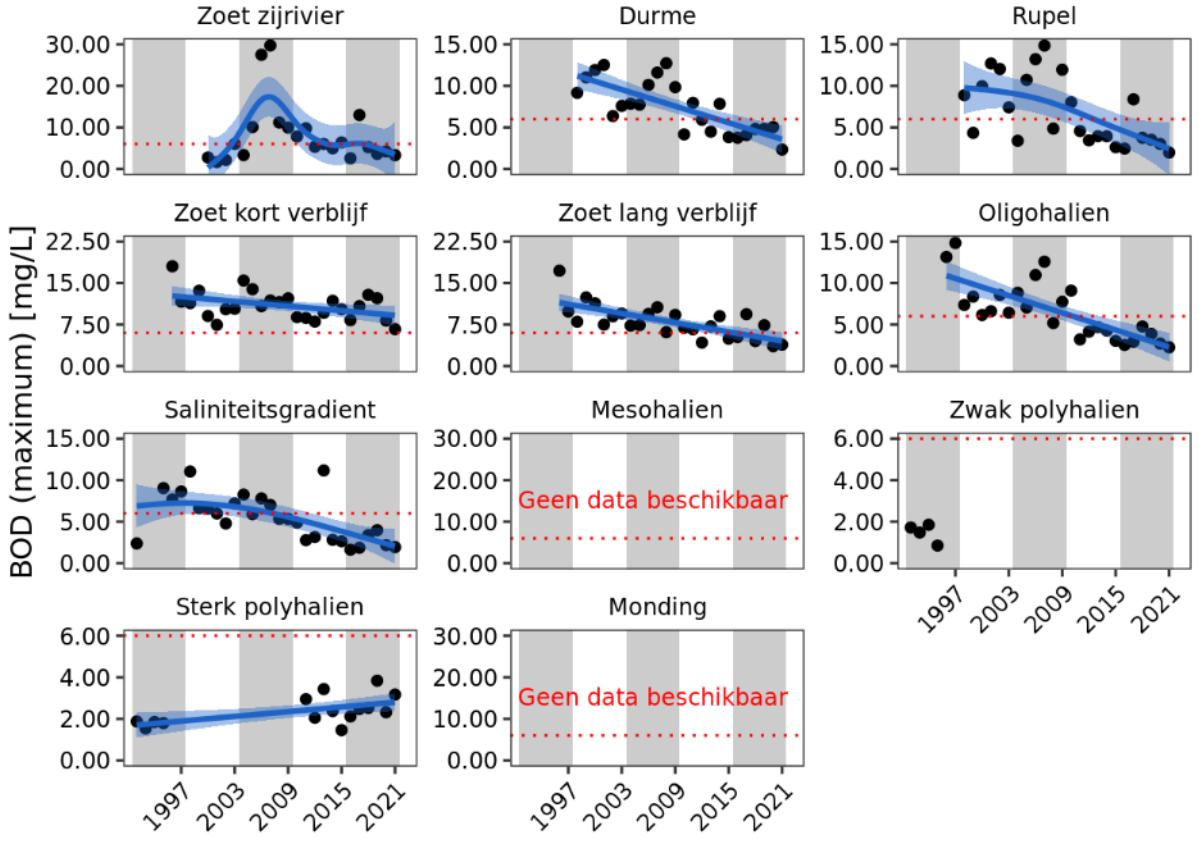
Figuur 9-273: Spatiaal-temporeel verloop voor NOD.



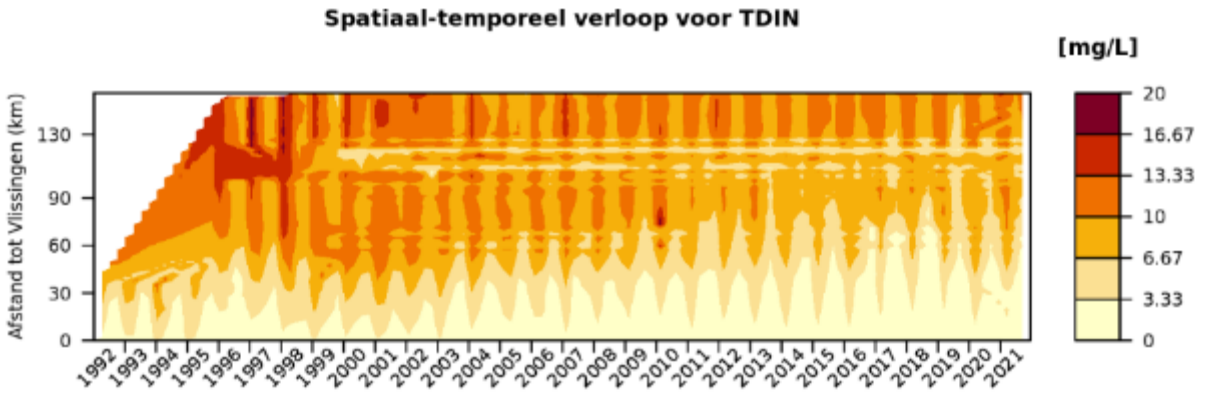
Figuur 9-274: Trendplot voor maximale NOD-waarden per zone.



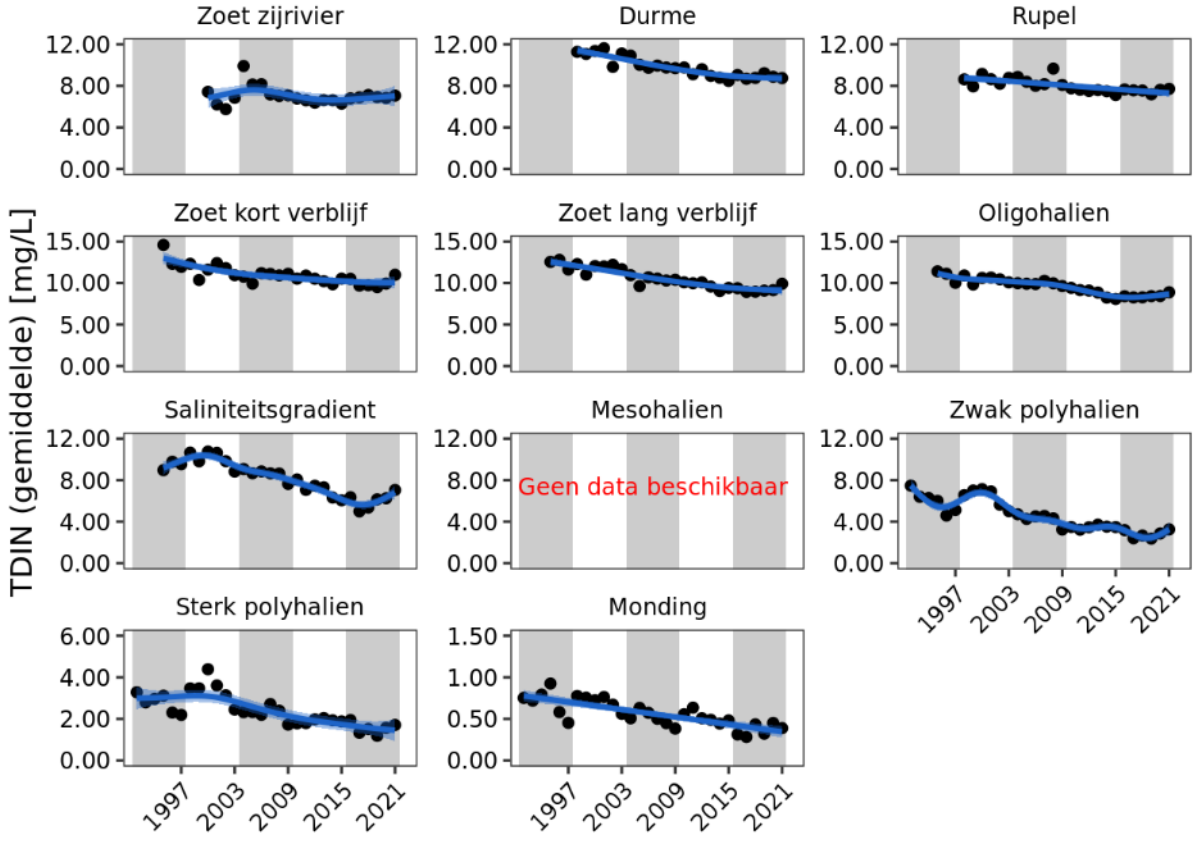
Figuur 9-275: Spatiaal-temporeel verloop voor BOD-C.



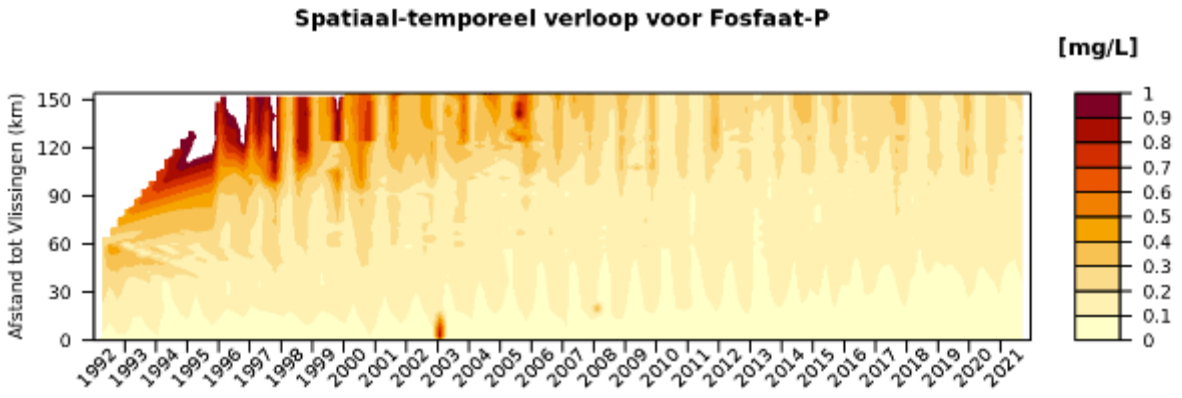
Figuur 9-276: Trendplot voor maximale BOD-C-waarden per zone.



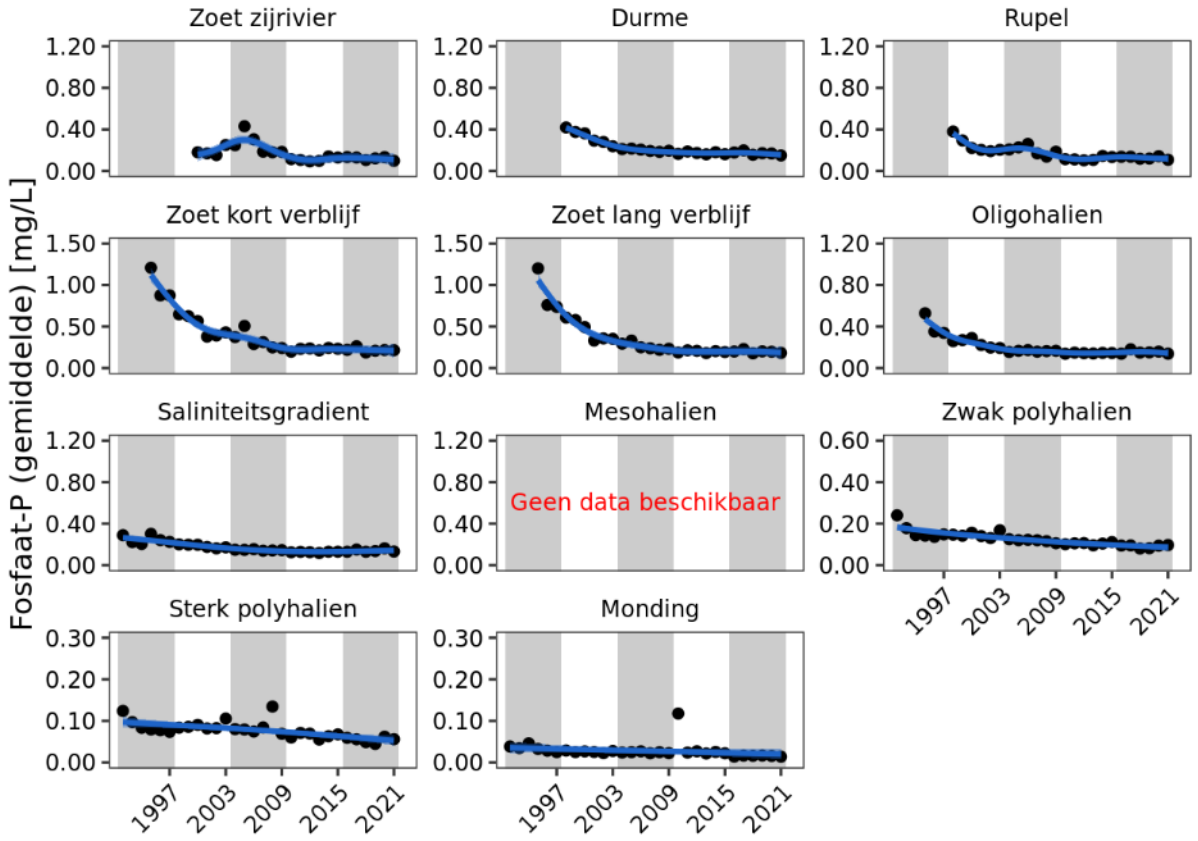
Figuur 9-277: Spatiaal-temporeel verloop voor TDIN.



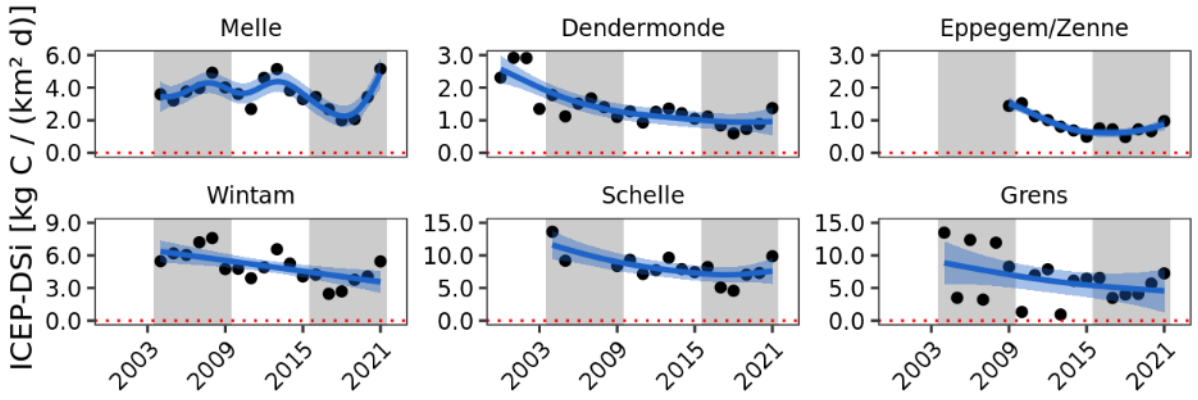
Figuur 9-278: Trendplot voor gemiddelde TDIN-waarden per zone.



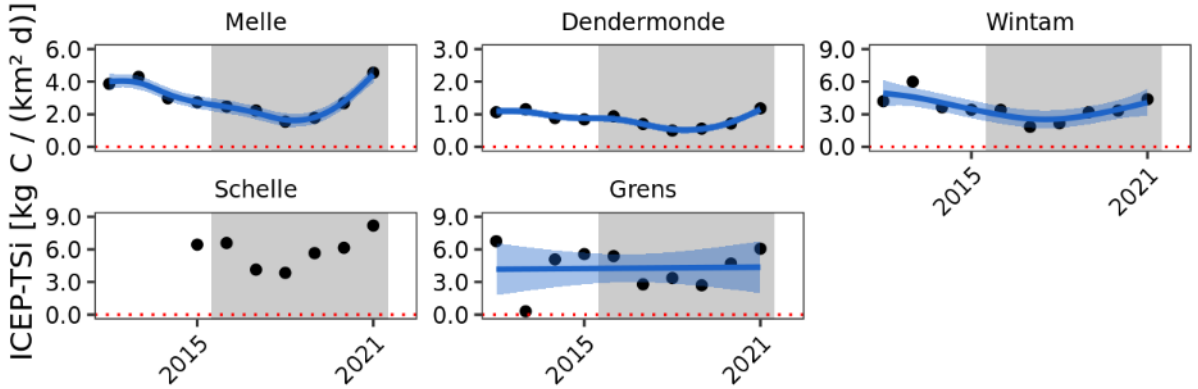
Figuur 9-279: Spatiaal-temporeel verloop voor Fosfaat.



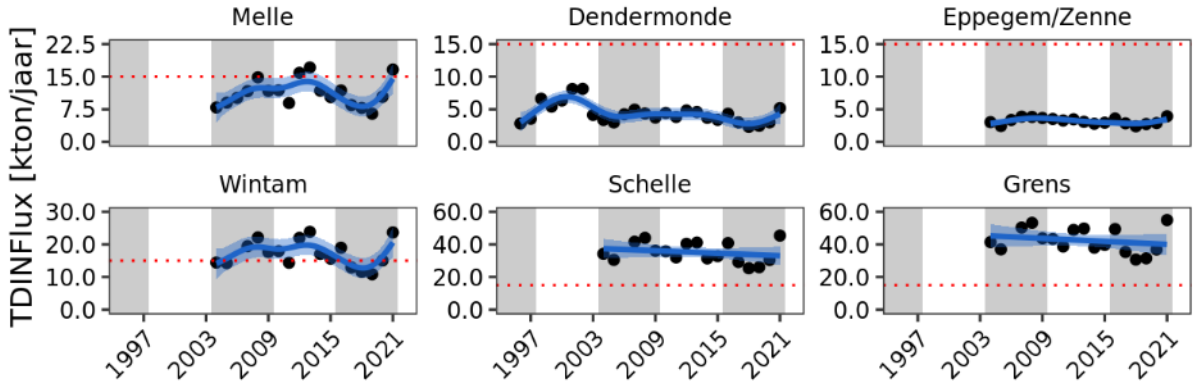
Figuur 9-280: Trendplot voor gemiddelde Fosfaat-waarden per zone.



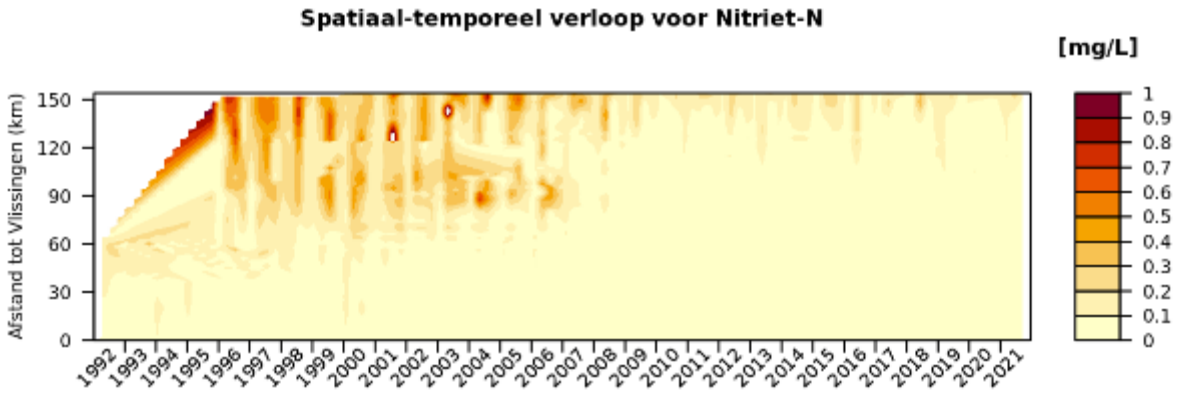
Figuur 9-281: Trendplot voor afgeleide ICEP-DSi-waarden per meetstation met continue debietsmetingen.



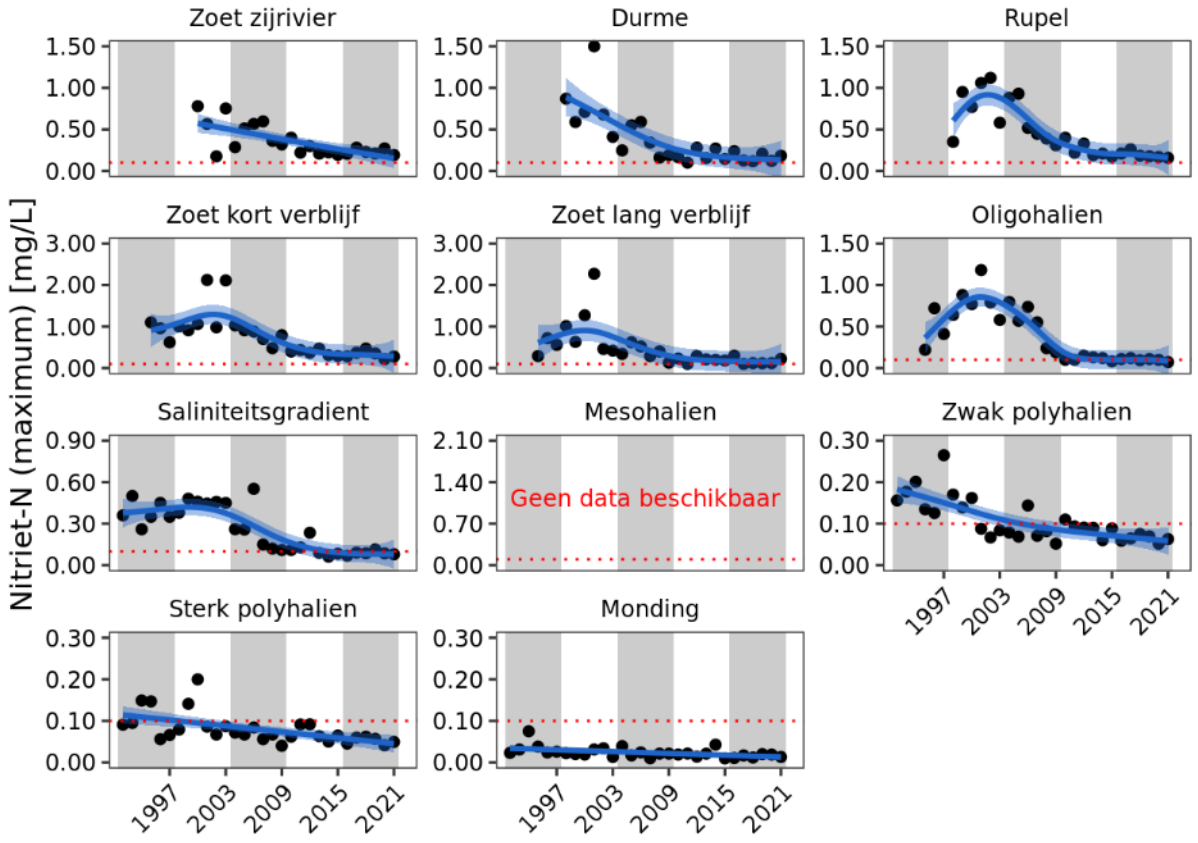
Figuur 9-282: Trendplot voor afgeleide ICEP-TSi-waarden per meetstation met continue debietsmetingen.



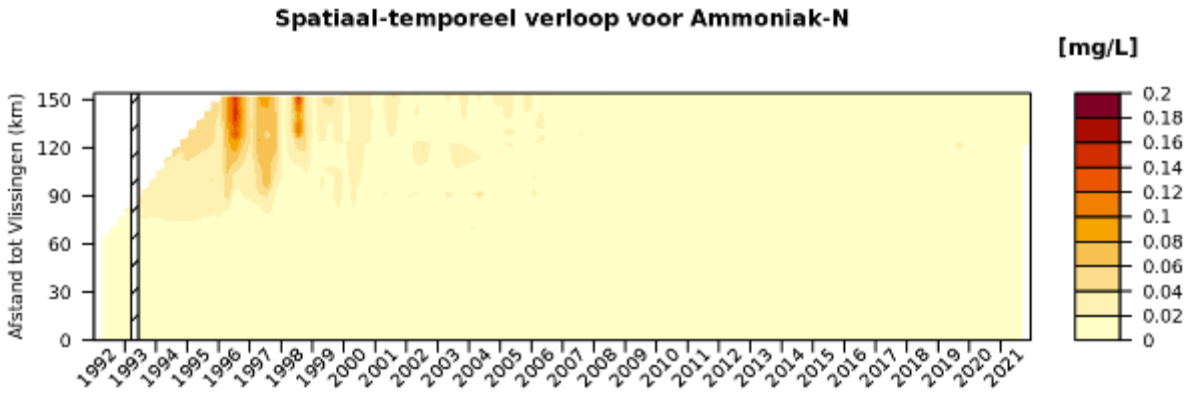
Figuur 9-283: Trendplot voor afgeleide TDINflux-waarden per meetstation met continue debietsmetingen.



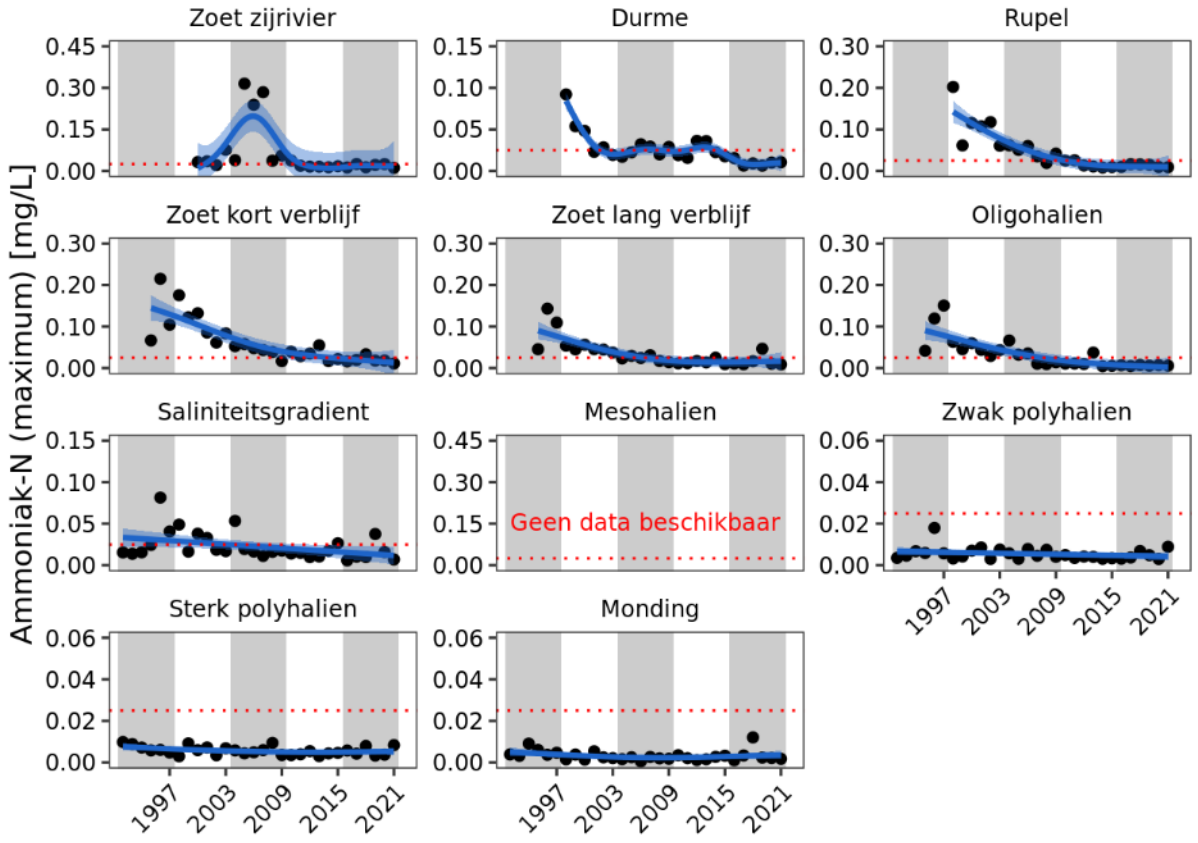
Figuur 9-284: Spatiaal-temporeel verloop voor Nitriet.



Figuur 9-285: Trendplot voor maximale Nitriet-waarden per zone.



Figuur 9-286: Spatiaal-temporeel verloop voor Ammoniak.



Figuur 9-287: Trendplot voor maximale Ammoniak-waarden per zone.

D.3. Toetsparameter Abiotisch klimaat

D.3.1. Gehanteerde data

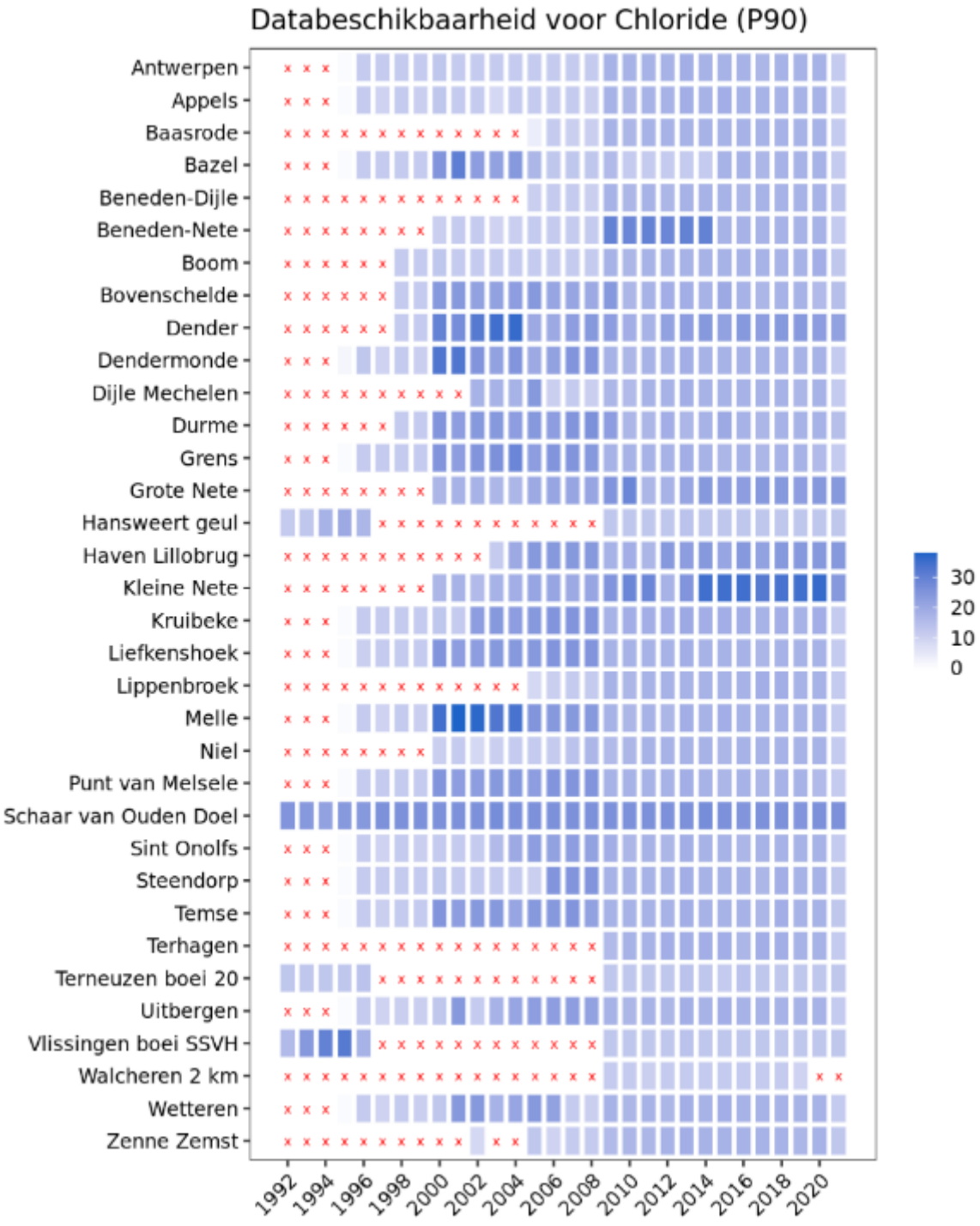
Tabel 9-9: Meetstations voor de rekenparameters Chloride, Zwevende stof en Watertemperatuur.

Station	Segment	Zone	Afstand (km)
Monding			
Walcheren 2 km uit de kust	Monding	Monding	-
Westerschelde			
Vlissingen boei SSVH	Comp. 1	Sterk polyhalien	0,4
Terneuzen boei 20	Comp. 3	Sterk polyhalien	20,2
Hansweert geul	Comp. 4	Zwak polyhalien	36,7
Zeeschelde			
Grens (154100)	Comp. 7b	Saliniteitsgradient	57,7
Schaar van Ouden Doel	Comp. 9	Saliniteitsgradient	58,6
Grens	Comp. 9	Saliniteitsgradient	59,4
Liefkenshoek (157000)	Comp. 10	Saliniteitsgradient	65,3
Liefkenshoek	Comp. 10	Saliniteitsgradient	66
Punt van Melsele (159000)	Comp. 11	Saliniteitsgradient	71,2
Punt van Melsele	Comp. 11	Saliniteitsgradient	73,5
Antwerpen (160200)	Comp. 12	Saliniteitsgradient	80,6
Antwerpen	Comp. 12	Saliniteitsgradient	80,6
Kruibeke	Comp. 13	Oligohalien	88,2
Kruibeke (160800)	Comp. 13	Oligohalien	88,2
Bazel (162000)	Comp. 13	Oligohalien	91,7
Bazel	Comp. 13	Oligohalien	92
Steendorp (162300)	Comp. 14	Oligohalien	96,1
Steendorp	Comp. 14	Oligohalien	96,9
Temse (162800)	Comp. 14	Oligohalien	101
Temse	Comp. 14	Oligohalien	101
Lippenbroek (162900)	Comp. 15	Zoet lang verblijf	106,6
Lippenbroek	Comp. 15	Zoet lang verblijf	106,7
Baasrode (163500)	Comp. 15	Zoet lang verblijf	116,1
Baasrode	Comp. 15	Zoet lang verblijf	116,2
Dendermonde (164000)	Comp. 16	Zoet lang verblijf	122,9
Dendermonde	Comp. 16	Zoet lang verblijf	124,4
Sint Onolfs	Comp. 17	Zoet kort verblijf	128,7
Sint Onolfs (165000)	Comp. 17	Zoet kort verblijf	128,9
Appels (166200)	Comp. 17	Zoet kort verblijf	131,6
Appels	Comp. 17	Zoet kort verblijf	131,6
Uitbergen (167200)	Comp. 18	Zoet kort verblijf	141,1
Uitbergen	Comp. 18	Zoet kort verblijf	141,1
Wetteren (167500)	Comp. 19	Zoet kort verblijf	148,1
Wetteren	Comp. 19	Zoet kort verblijf	148,1
Melle	Comp. 19	Zoet kort verblijf	154,1
Melle (168900)	Comp. 19	Zoet kort verblijf	154,2
Zijrivieren			
Niel (210000)	Rupel	Rupel	97,6

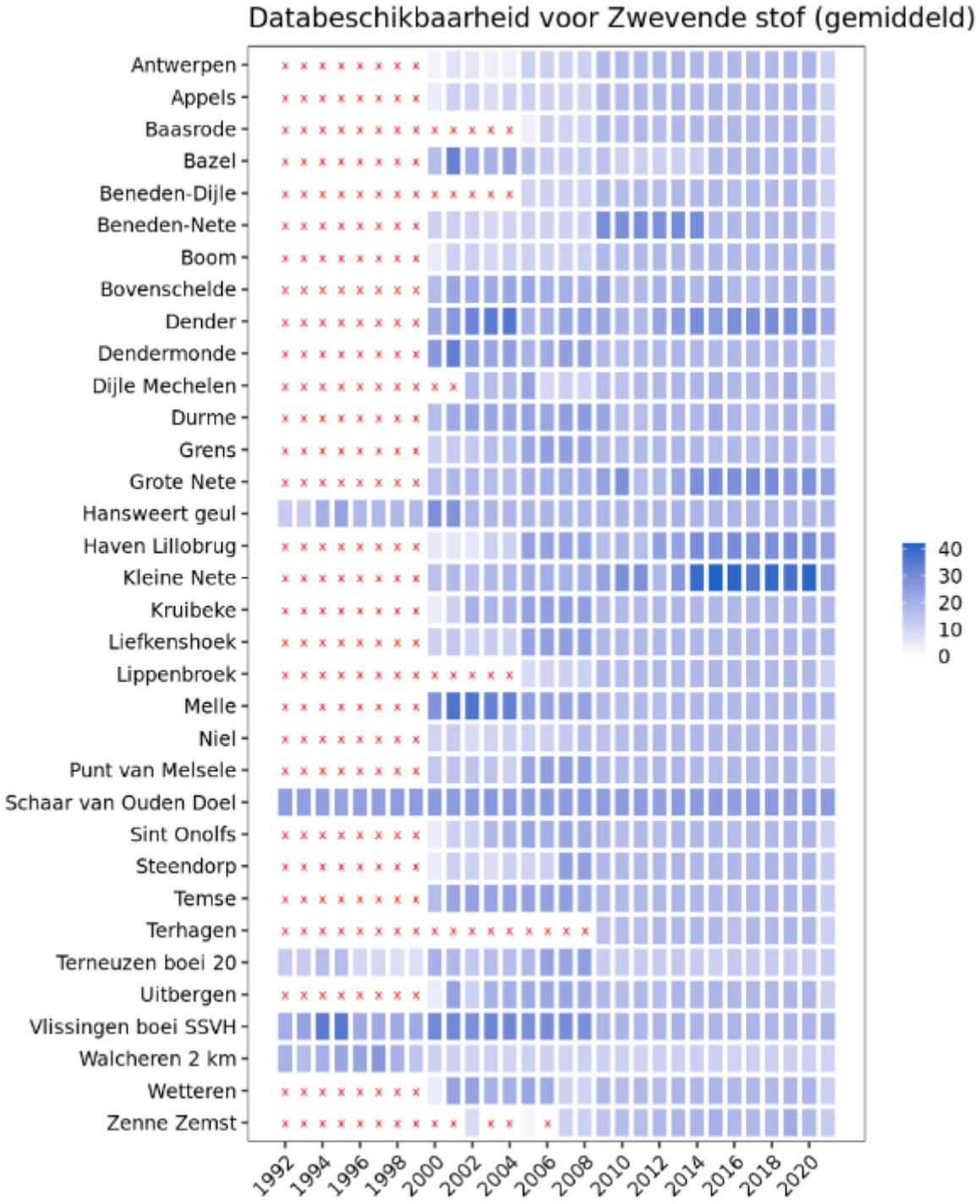
Station	Segment	Zone	Afstand (km)
Niel	Rupel	Rupel	97,7
Boom	Rupel	Rupel	100,6
Boom (210900)	Rupel	Rupel	101,1
Terhagen	Rupel	Rupel	103,8
Terhagen (210950)	Rupel	Rupel	105,7
Durme	GetijdeDurme	Durme	106
Durme (492000)	GetijdeDurme	Durme	106
Beneden-Dijle (211700)	GetijdeDijle	Zoet zijrivier	106,5
Beneden-Dijle	GetijdeDijle	Zoet zijrivier	106,6
Beneden-Nete	GetijdeNete	Zoet zijrivier	108,6
Beneden-Nete (250000)	GetijdeNete	Zoet zijrivier	108,8
Boundaries			
Haven Lillobrug	Boundary	Boundary	66,7
Haven Lillobrug (804000)	Boundary	Boundary	66,7
Dijle Mechelen	Boundary	Boundary	114,7
Dijle Mechelen (212400)	Boundary	Boundary	114,7
Zenne Zemst	Boundary	Boundary	115,5
Zenne Zemst (341560)	Boundary	Boundary	115,5
Grote Nete	Boundary	Boundary	121
Grote Nete (253000)	Boundary	Boundary	121
Kleine Nete	Boundary	Boundary	121,5
Kleine Nete (272000)	Boundary	Boundary	121,5
Dender	Boundary	Boundary	126,2
Dender (499500)	Boundary	Boundary	126,2
Bovenschelde	Boundary	Boundary	156,3
Bovenschelde (172100)	Boundary	Boundary	156,3

Tabel 9-10: Meetstations voor continue data voor de rekenparameters Chloride, Zwevende stof en Watertemperatuur.

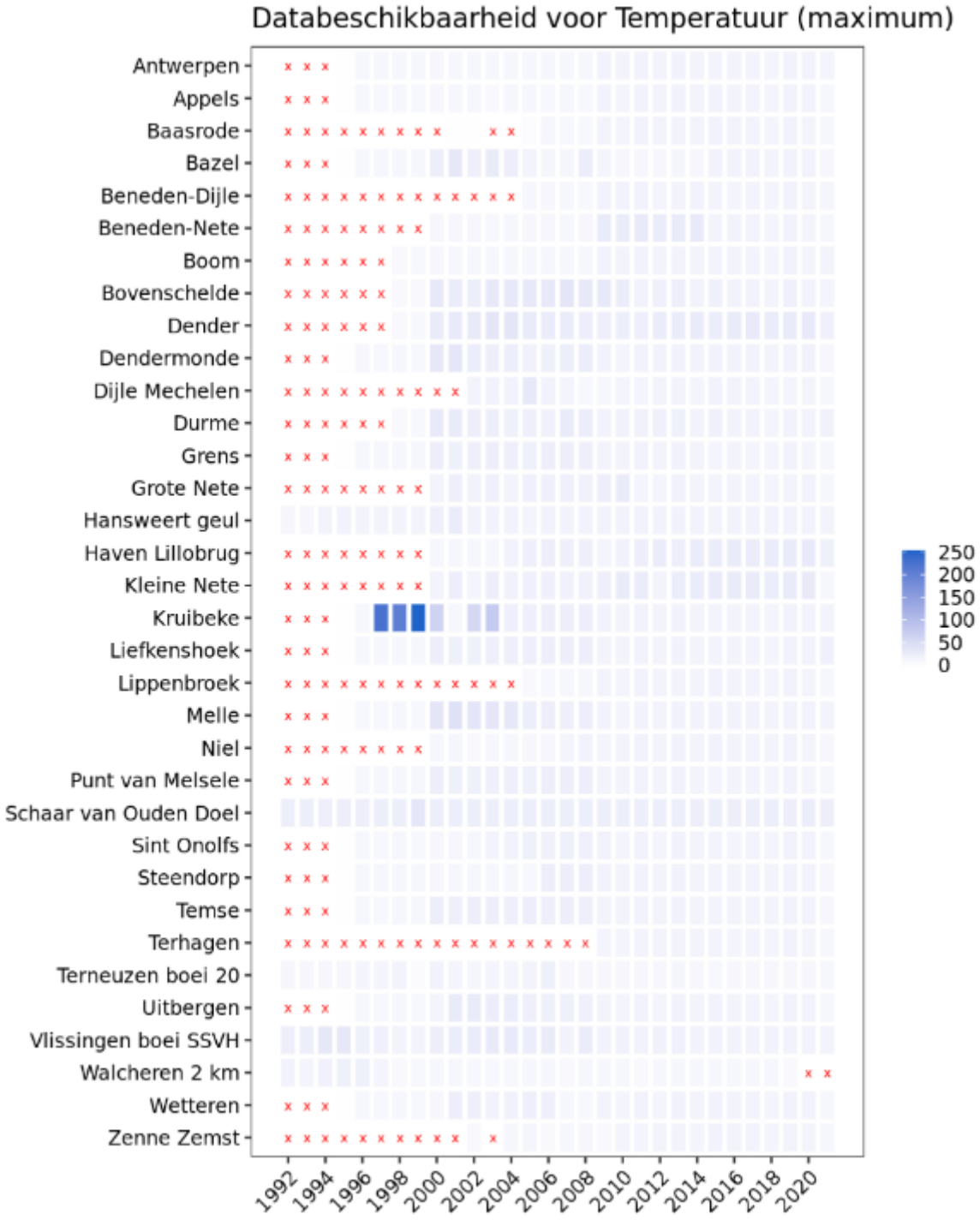
Station	Segment	Zone	Afstand (km)
Zeeschelde			
Kruibeke	Comp. 13	Oligohalien	88,2
Schellebelle	Comp. 18	Zoet kort verblijf	143,8
Melle	Comp. 19	Zoet kort verblijf	153,9
Zijrivieren			
Duffel	GetijdeNete	Zoet zijrivier	116,2
Boundaries			
Eppegem	Boundary	Boundary	116,7
Dendermonde	Boundary	Boundary	126,2



Figuur 9-288: Databeschikbaarheid van de geselecteerde stations voor de analyse van het chloride-percentiel.

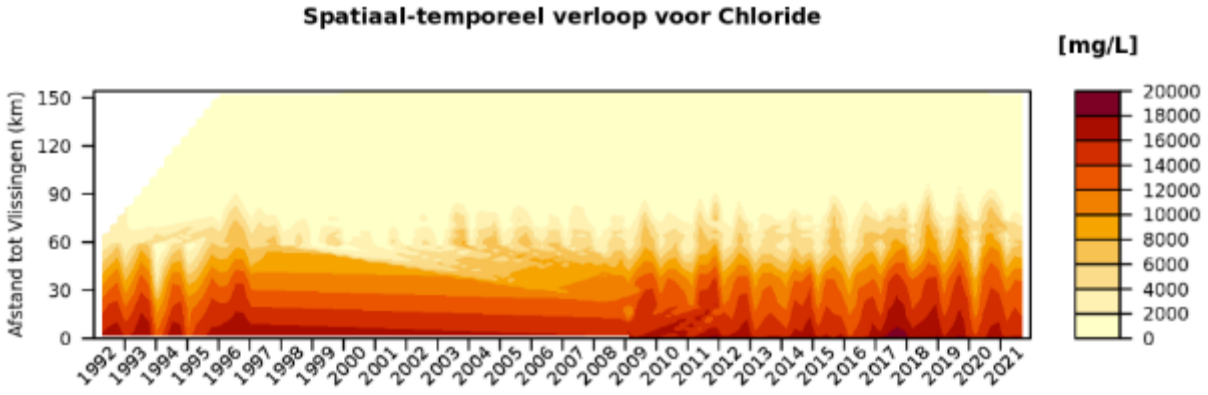


Figuur 9-289: Databeschikbaarheid van de geselecteerde stations voor de analyse van de gemiddelde hoeveelheid zwevende stof.

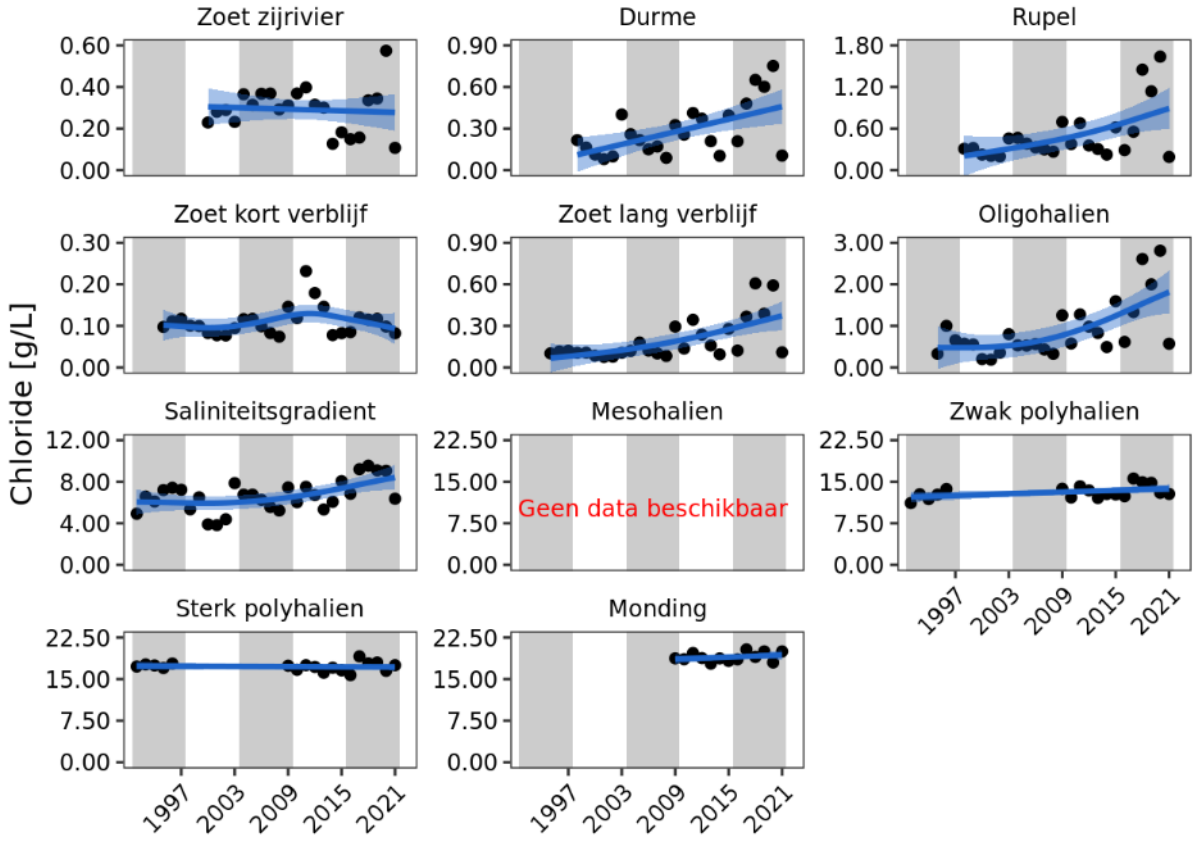


Figuur 9-290: Databeschikbaarheid van de geselecteerde stations voor de analyse van het temperatuur-maximum.

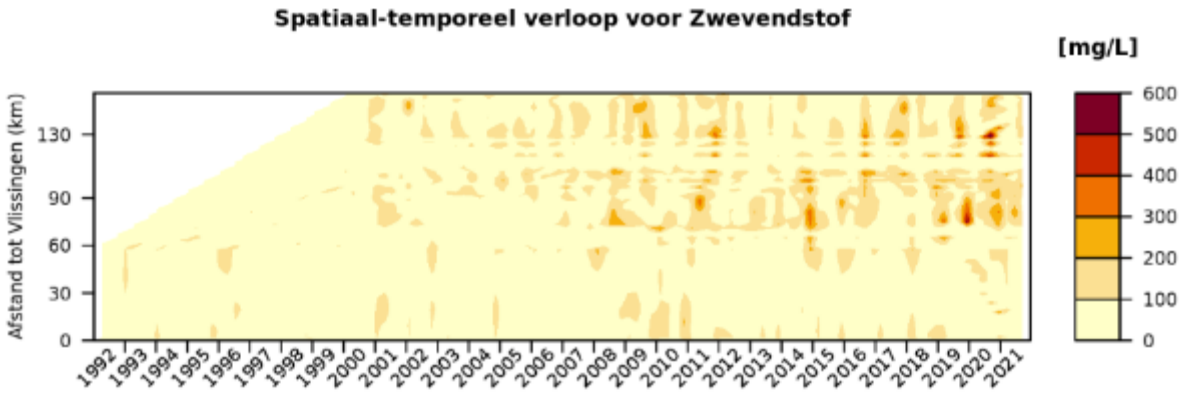
D.3.2. Additionele analyses



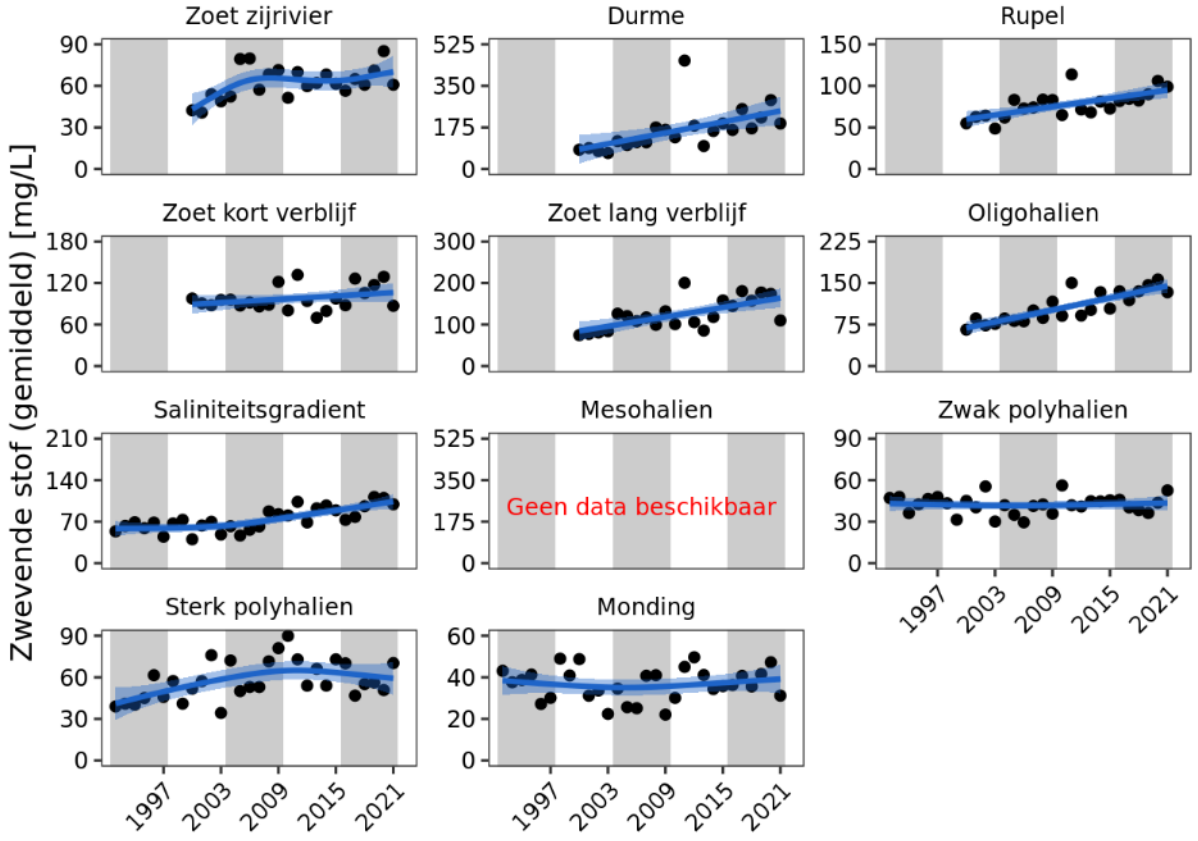
Figuur 9-291: Spatiaal-temporeel verloop voor Chloride.



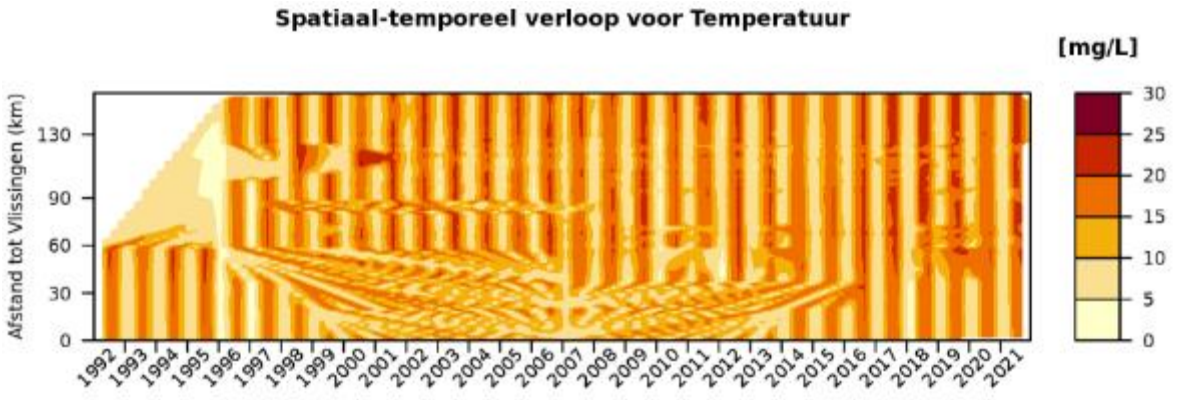
Figuur 9-292: Trendplot voor 90-percentiel Chloride-waarden per zone.



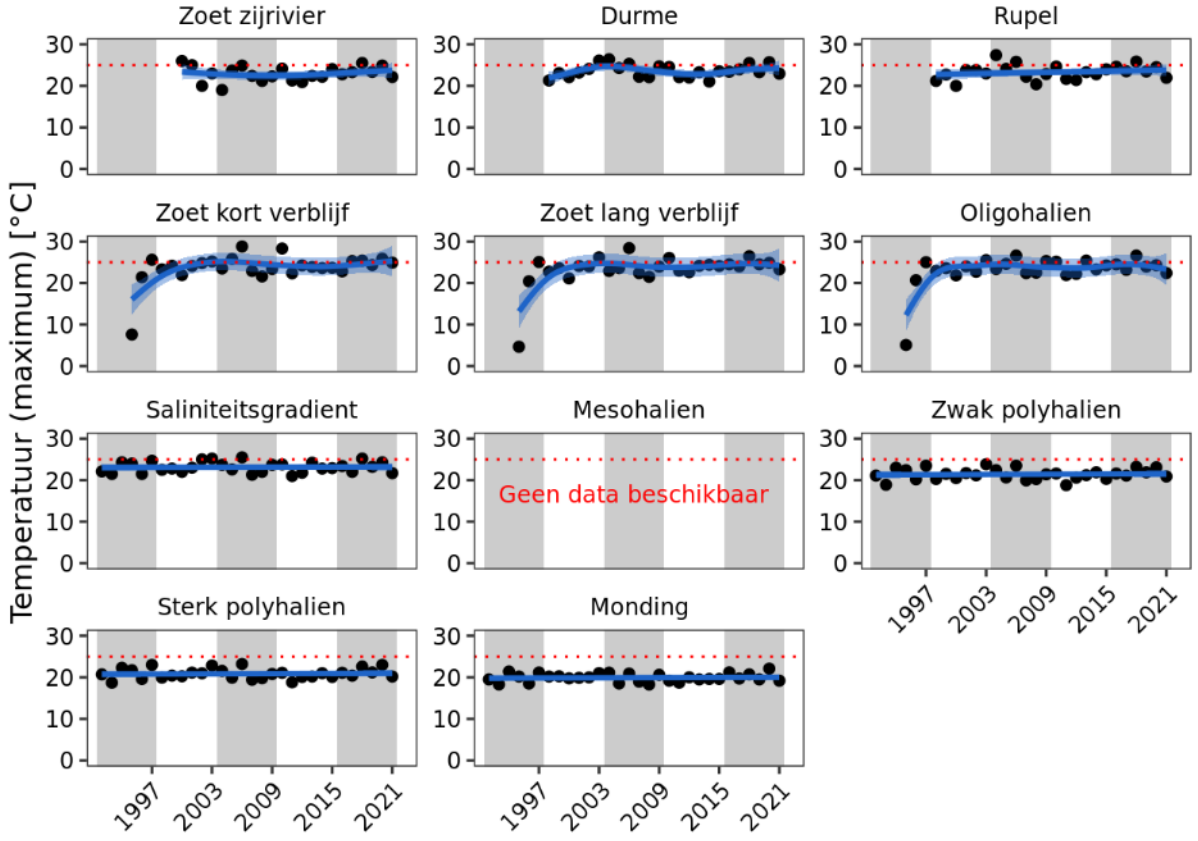
Figuur 9-293: Spatiaal-temporeel verloop voor Zwevende stof.



Figuur 9-294: Trendplot voor gemiddelde zwevende-stof-waarden per zone.



Figuur 9-295: Spatiaal-temporeel verloop voor Watertemperatuur.



Figuur 9-296: Trendplot voor maximale watertemperatuur-waarden per zone.

D.4. Toetsparameter Verontreinigende stoffen

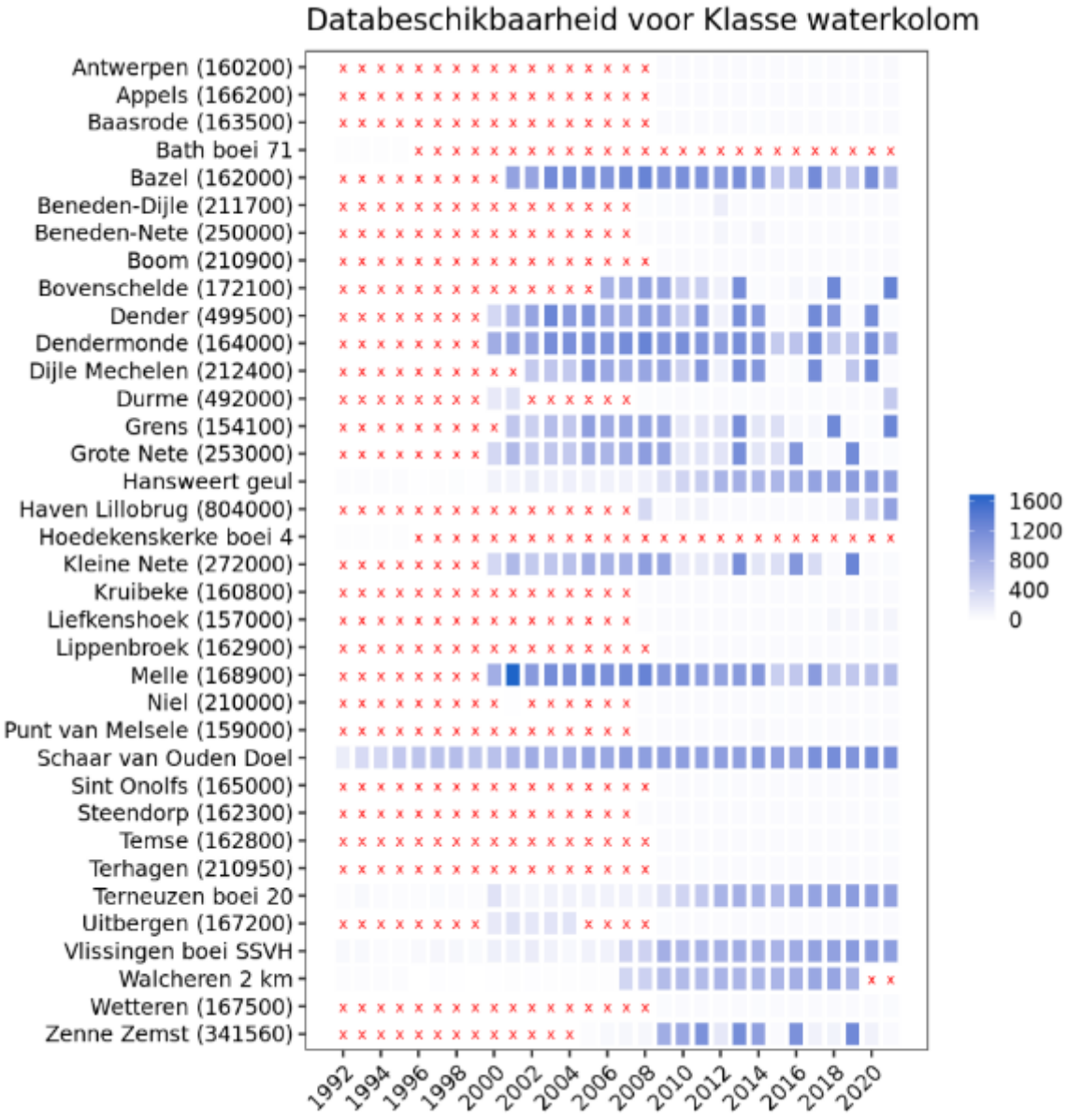
D.4.1. Gehanteerde data

Tabel 9-11: Meetstations voor de rekenparameters Verontreinigende stoffen. Merk op dat verontreinigende stoffen in biota slechts sinds 2015 door VMM gemeten worden.

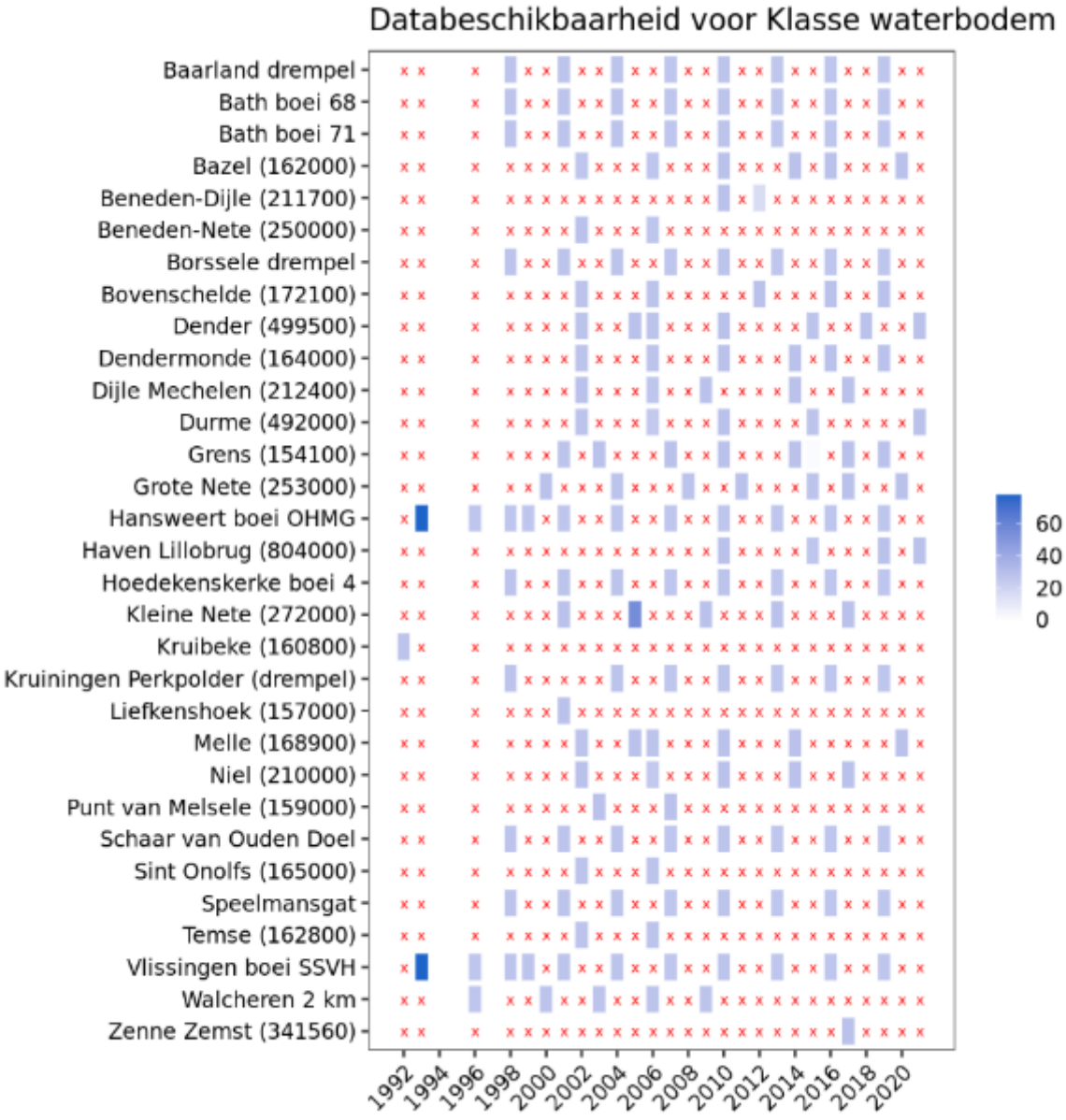
Station	Segment	Zone	Afstand (km)
Monding			
Walcheren 2 km uit de kust [c]	Monding	Monding	-
Westerschelde			
Vlissingen boei SSVH [c]	Comp. 1	Sterk polyhalien	0,4
Borssele drempel [a, c]	Comp. 3	Sterk polyhalien	11,1
Terneuzen boei [b, c]	Comp. 3	Sterk polyhalien	20,2
Baarland drempel [a, c]	Comp. 4	Zwak polyhalien	25,8
Knuitershoek [a, b]	Comp. 4	Zwak polyhalien	30,8
Hoedekenskerke boei 4 [a, c]	Comp. 4	Zwak polyhalien	32,0
Hansweert boei OHMG [a, c]	Comp. 4	Zwak polyhalien	35,6
Hansweert geul [b, c]	Comp. 4	Zwak polyhalien	36,7
Kruiningen Perkpolder (drempel) [a, c]	Comp. 5	Mesohalien	38,6
Speelmansgat [a, c]	Comp. 8	Mesohalien	45,6
Bath boei 71 [a, c]	Comp. 6	Mesohalien	49,9
Bath boei 68 [a, c]	Comp. 7a	Mesohalien	52,8
Zeeschelde			
Grens (154100)	Comp. 7b	Saliniteitsgradient	57,7
Schaar van Ouden Doel [c]	Comp. 9	Saliniteitsgradient	58,6
Liefkenshoek (157000) [b, c]	Comp. 10	Saliniteitsgradient	65,3
Punt van Melsele (159000) [c]	Comp. 11	Saliniteitsgradient	71,2
Antwerpen (160200) [b, c]	Comp. 12	Saliniteitsgradient	80,6
Bazel (162000)	Comp. 13	Oligohalien	91,7
Steendorp (162300) [b, c]	Comp. 14	Oligohalien	96,1
Temse (162800) [c]	Comp. 14	Oligohalien	101
Lippenbroek (162900) [b, c]	Comp. 15	Zoet lang verblijf	106,6
Baasrode (163500) [b, c]	Comp. 15	Zoet lang verblijf	116,1
Dendermonde (164000)	Comp. 16	Zoet lang verblijf	122,9
Sint Onolfs (165000) [c]	Comp. 17	Zoet kort verblijf	128,9
Appels (166200) [b, c]	Comp. 17	Zoet kort verblijf	131,6
Uitbergen (167200) [b, c]	Comp. 18	Zoet kort verblijf	141,1
Wetteren (167500) [b, c]	Comp. 19	Zoet kort verblijf	148,1
Melle (168900) [c]	Comp. 19	Zoet kort verblijf	154,2
Zijrivieren			
Niel (210000) [c]	Rupel	Rupel	97,6
Boom (210900) [b, c]	Rupel	Rupel	101,1
Terhagen (210950) [b, c]	Rupel	Rupel	105,7
Durme (492000) [c]	GetijdeDurme	Durme	106
Beneden-Dijle (211700) [c]	GetijdeDijle	Zoet zijrivier	106,5
Beneden-Nete (250000) [c]	GetijdeNete	Zoet zijrivier	108,8
Boundaries			
Haven Lillobrug (804000) [c]	Boundary	Boundary	66,7

Station	Segment	Zone	Afstand (km)
Dijle Mechelen (212400) [c]	Boundary	Boundary	114,7
Zenne Zemst (341560) [c]	Boundary	Boundary	115,5
Grote Nete (253000)	Boundary	Boundary	121
Kleine Nete (272000) [c]	Boundary	Boundary	121,5
Dender (499500) [c]	Boundary	Boundary	126,2
Bovenschelde (172100)	Boundary	Boundary	156,3

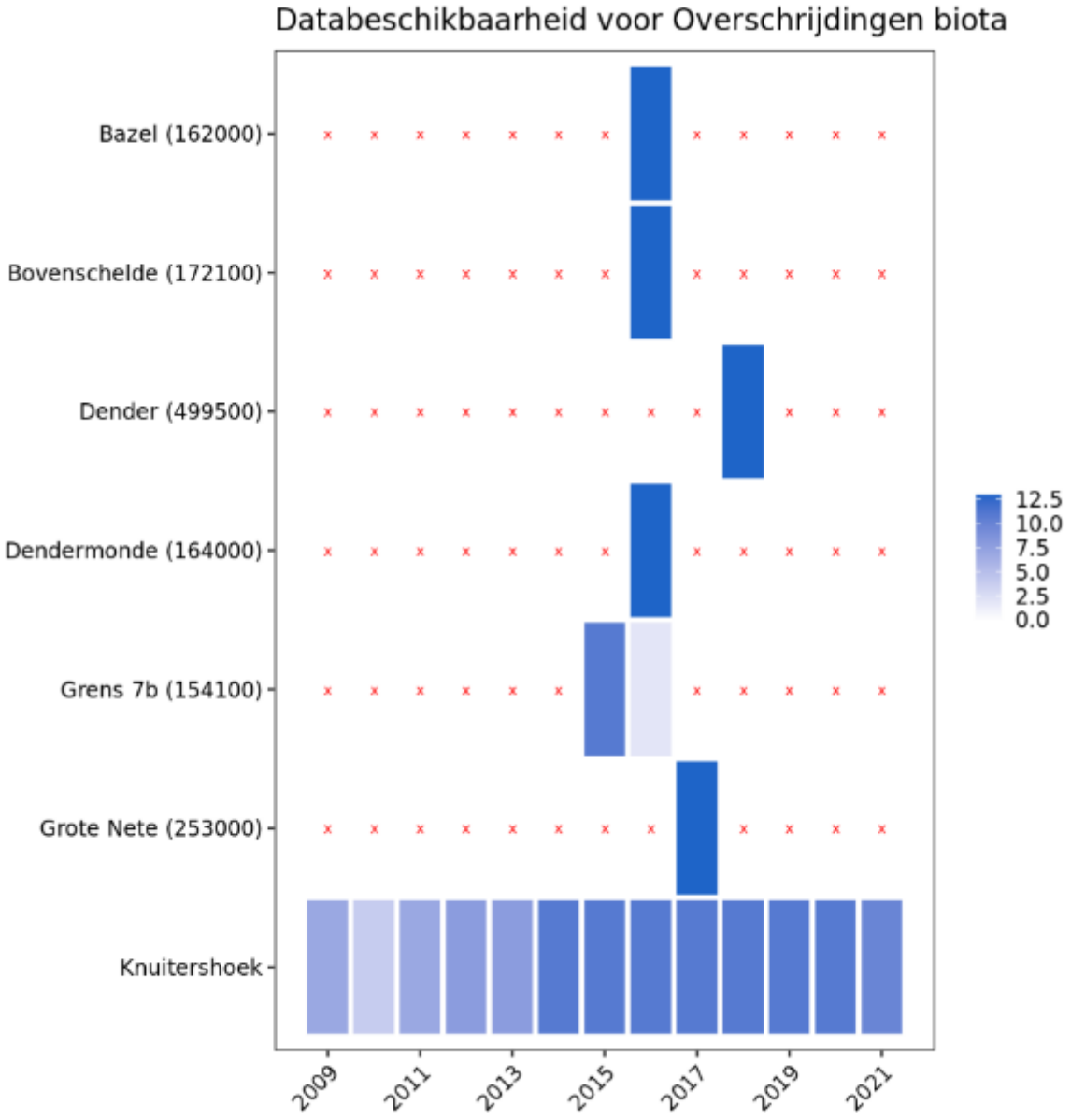
[a] Niet voor waterkolom; [b] Niet voor verontreiniging in waterbodem; [c] Niet voor verontreiniging in biota



Figuur 9-297: Databeschikbaarheid van de geselecteerde stations voor de analyse van de verontreinigende stoffen in de waterkolom.



Figuur 9-298: Databeschikbaarheid van de geselecteerde stations voor de analyse van de verontreinigende stoffen in de waterbodem.



Figuur 9-299: Databeschikbaarheid van de geselecteerde stations voor de analyse van de verontreinigende stoffen in biota.

D.4.2. Gehanteerde grenswaarden

D.4.2.1. Oppervlaktewater

Een overzicht van de bestaande milieukwaliteitsnormen (nationaal en Europees) voor verontreinigende stoffen in de waterkolom wordt gegeven in Tabel 9-12. Deze tabel omvat zowel organische verbindingen, anorganische stoffen en groepsnormen voor de verschillende Scheldezones (Vlaanderen en Nederland). Met uitzondering van de metalen worden de in deze tabel opgenomen milieukwaliteitsnormen uitgedrukt als totale concentratie in het volledige watermonster. Voor metalen hebben de milieukwaliteitsnormen betrekking op de opgeloste concentratie. Dat is de opgeloste fase van een watermonster die wordt

verkregen door filtratie over een filter van 0,45 µm of een gelijkwaardige voorbehandeling. De MKN voor Cd houdt rekening met de waterhardheid (in (mg $CaCO_3$)/L) (Vlaamse Regering, 2012). De MKN zijn afgeleid van de Vlaamse richtlijnen voor zoete (zones *Zoet, korte verblijftijd* en *Zoet, lange verblijftijd*) en overgangswateren (zones *Oligohalien* en *Sterke saliniteitsgradiënt*) en van de Nederlandse richtlijnen voor specifiek verontreinigende stoffen in overgangswateren (zones *Mesohalien*, *Zwak polyhalien* en *Sterk polyhalien*).

Tabel 9-12: Overzicht van de milieukwaliteitsnormen voor de beschouwde verontreinigende stoffen in oppervlaktewater met een onderscheid voor bestrijdingsmiddelen, PAKs, (overige) organische stoffen en metalen. Voor de Westerschelde wordt gebruik gemaakt van de Nederlandse normen voor overgangswater ('Andere oppervlaktewateren'), aangevuld met de Vlaamse normen indien geen Nederlandse normen worden gespecificeerd (cursief weergegeven). Richtwaarden voor detectiegrenzen kunnen gevonden worden via VLAREM en de Evaluatie-methodiek van het Schelde-estuarium.

		Zoet, korte verblijftijd Zoet, lange verblijftijd		**Oligohalien Sterke sal. gradiënt**		**Mesohalien Zwak polyhalien Sterk polyhalien**		
Parameter[4]	**Eenheid**	**JG-MKN[1]**	**MAC-MKN[2]**	**JG-MKN[1]**	**MAC-MKN[2]**	**JG-MKN[1]**	**MAC-MKN[2]**	**Context[5]**
Bestrijdingsmiddelen								
aldrin dieldrin endrin isodrin	µg/l	Σ= 0,01	-	Σ= 0,005	-	Σ= 0,005	-	VS
azinfos-ethyl	µg/l	0,01	0,1	0,01	0,1	0,00011	0,0011	
azinfos-methyl	µg/l	0,002	0,01	0,002	0,01	0,0013	0,0028	
cumafos	µg/l	0,001	0,01	0,001	0,01	0,00068	0,00068	
(2,4-dichloorfenoxy)azijn-zuur (2,4-D)	µg/l	20	200	20	200	-	-	
p,p'-DDT o,p'-DDT p,p'-DDD p,p'-DDE	µg/l	Σ= 0,025	-	Σ= 0,025	-	Σ= 0,025	-	VS
p,p'-DDT	µg/l	0,01	-	0,01	-	0,01	-	VS
demeton	µg/l	0,05	0,5	0,05	0,5	-	-	
dichlorprop	µg/l	20	200	20	200	-	-	
dichloorvos	µg/l	0,0006	0,0007	0,00006	0,0007	0,00006	0,00007	
dimethoaat	µg/l	0,02	0,2	0,02	0,2	0,07	0,7	
disulfoton	µg/l	0,01	0,07	0,01	0,07	-	-	
α-endosulfan β-endosulfan	µg/l	Σ= 0,005	Σ= 0,01	Σ= 0,0005	Σ= 0,004	Σ= 0,0005	Σ= 0,004	PGS
fenitrothion	µg/l	0,0009	0,002	0,0009	0,002	-	-	
fenthion	µg/l	0,0002	0,002	0,0002	0,002	-	-	
heptachloor heptachloorepoxide	µg/l	0,0000002	0,0003	$1 \cdot 10^{-8}$	0,00003	$1 \cdot 10^{-8}$	0,00003	
hexachloorbenzeen (HCB)	µg/l	-	0,05	-	0,05	0,000026	0,05	PGS
hexachloorbutadieen (HCBD)	µg/l	-	0,6	-	0,6	0,00055	0,6	PGS
α-hexachloorcyclohexaan (α-HCH), β-hexachloorcyclohexaan (β-HCH) γ-hexachloorcyclohexaan (γ-HCH) δ-hexachloorcyclohexaan (δ-HCH)	µg/l	Σ= 0,02	Σ= 0,04	Σ= 0,002	Σ= 0,02	Σ= 0,002	Σ= 0,02	PGS, ISC
linuron	µg/l	0,3	0,7	0,3	0,7	-	-	
malathion	µg/l	0,0008	0,003	0,0008	0,003	-	-	
MCPA	µg/l	0,7	20	0,7	20	0,14	1,5	
mecoprop (MCPP)	µg/l	10	40	10	40	1,8	16	
methamidofos	µg/l	0,3	3	0,3	3	-	-	
mevinfos	µg/l	0,002	0,02	0,002	0,02	0,000017	0,0017	
monolinuron	µg/l	0,3	10	0,3	10	-	-	
omethoaat	µg/l	0,02	0,2	0,02	0,2	-	-	
oxydemeton-methyl (methyloxydemeton)	µg/l	0,4	4	0,4	4	-	-	
parathion-ethyl	µg/l	0,0002	0,004	0,0002	0,004	-	-	
parathion-methyl	µg/l	0,01	0,02	0,01	0,02	-	-	
pentachloorfenol	µg/l	0,4	1	0,4	1	0,4	1	PS
foxim	µg/l	0,02	0,2	0,02	0,2	-	-	
propanil	µg/l	0,2	3	0,2	3	-	-	
chloridazon (pyrazon)	µg/l	10	20	10	20	-	-	
simazine	µg/l	1	4	1	4	1	4	PS
2,4,5-trichloorfenoxy-azijnzuur (2,4,5-T)	µg/l	2	20	2	20	-	-	
tetrabutyltin	µg/l	0,012	0,12	0,012	0,12	-	-	

		Zoet, korte verblijftijd Zoet, lange verblijftijd		Oligohalien Sterke sal. gradiënt		Mesohalien Zwak polyhalien Sterk polyhalien		
Parameter[4]	**Eenheid**	**JG-MKN[1]**	**MAC-MKN[2]**	**JG-MKN[1]**	**MAC-MKN[2]**	**JG-MKN[1]**	**MAC-MKN[2]**	**Context[5]**
triazofos	µg/l	0,03	-	0,03	-	0,0001	0,002	
tributyltin	µg/l	0,0002	0,0015	0,0002	0,0015	0,0002	0,0015	PGS
trichloorfon	µg/l	0,001	0,01	0,001	0,01	-	-	
trifluralin	µg/l	0,03	-	0,03	-	0,03	-	PS
atrazine	µg/l	0,6	2	0,6	2	0,6	2	PS, ISC
bentazon	µg/l	50	500	50	500	7,3	45	
alachloor	µg/l	0,3	0,7	0,3	0,7	0,3	0,7	PS
chlorfenvinphos	µg/l	0,1	0,3	0,1	0,3	0,1	0,3	PS
chlorpyrifos	µg/l	0,03	0,1	0,03	0,1	0,03	0,1	PS
diuron	µg/l	0,2	1,8	0,2	1,8	0,2	1,8	PS, ISC
isoproturon	µg/l	0,3	1	0,3	1	0,3	1	PS, ISC
heptenofos	µg/l	-	-	-	-	0,002	0,002	
imidacloprid	µg/l	-	-	-	-	0,00083	0,02	
pyridaben	µg/l	-	-	-	-	0,00094	0,0012	
Polycyclische aromatische koolwaterstoffen (PAK's)								
benzo(a)pyreen	µg/l	0,00017	0,27	0,00017	0,027	0,00017	0,027	PGS, ISC
benzo(b)fluoranteen	µg/l	-	0,017	-	0,017	-	0,017	PGS, ISC
benzo(k)fluoranteen	µg/l	-	0,017	-	0,017	-	0,017	ISC
benzo(g,h,i)peryleen	µg/l	-	0,0082	-	0,00082	-	0,00082	PGS, ISC
indeno(1,2,3-cd)pyreen	µg/l	-	-	-	-	-	-	ISC
fluoranteen	µg/l	0,0063	0,12	0,0063	0,12	0,1	1	PS, ISC
anthraceen	µg/l	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	PGS, ISC
naftaleen	µg/l	2	130	2	130	2	130	PS
fenanthreen	µg/l	0,1	-	0,1	-	1,1	6,7	
acenafteen	µg/l	0,06	-	0,06	-	-	-	
chryseen	µg/l	1	-	1	-	0,0012	0,007	
benzo(a)anthraceen	µg/l	0,3	-	0,3	-	0,00027	0,012	
fluoreen	µg/l	2	-	2	-	0,3	6,8	
pyreen	µg/l	0,04	-	0,04	-	0,023	0,024	
acenaftyleen	µg/l	4	-	4	-	0,1	3,3	
dibenzo(a,h)antraceen	µg/l	0,5	-	0,5	-	-	-	
(Overige) organische verbindingen								
2-amino-4-chloorfenol	µg/l	10	-	10	-	-	-	
benzeen	µg/l	10	50	8	50	8	50	PS
benzidine	µg/l	0,6	6	0,6	6	-	-	
alfa-chloortolueen (benzylchloride)	µg/l	1	10	1	10	0,02	-	
alfa-alfa-dichloortolueen (benzalchloride) (benzylideenchloride)	µg/l	5	-	5	-	0,0034	-	
aclonifen	µg/l	0,12	0,12	0,012	0,012	0,012	0,012	PS
bifenox	µg/l	0,012	0,04	0,0012	0,004	0,0012	0,004	PS
cybutryne	µg/l	0,0025	0,016	0,0025	0,016	0,0025	0,016	PS
cypermethrin	µg/l	0,00008	0,0006	0,000008	0,00006	0,000008	0,00006	PS
difenyl (bifenyl)	µg/l	2	10	2	10	-	-	
koolstoftetrachloride	µg/l	12	-	12	-	12	-	VS
Trichlooracetaldehyde-hydraat	µg/l	500	5000	500	5000	-	-	
cis-chloordaan trans-chloordaan	µg/l	Σ= 0,002	Σ= 0,04	Σ= 0,002	Σ= 0,04	-	-	
chloorazijnzuur	µg/l	0,6	3	0,6	3	0,058	0,058	
o-chlooraniline m-chlooraniline p-chlooraniline	µg/l	Σ= 1	Σ= 5	Σ= 1	Σ= 5	-	-	
chloorbenzeen (monochloorbenzeen)	µg/l	6	40	6	40	4	40	
1-chloor-2,4-dinitrobenzeen	µg/l	5	20	5	20	-	-	
2-chlooretha nol	µg/l	30	300	30	300	-	-	
Chloroform	µg/l	2,5	-	2,5	-	2,5	-	PS
4-chloor-3-methylfenol	µg/l	9	90	9	90	0,64	6,4	
1-chloornaftaleen 2-chloornaftaleen	µg/l	Σ= 1	Σ= 40	Σ= 1	Σ= 40	-	-	
4-chloor-2-nitroaniline	µg/l	2	20	2	20	-	-	
1-chloor-2-nitrobenzeen 1-chloor-3-nitrobenzeen 1-chloor-4-nitrobenzeen	µg/l	Σ= 3	Σ= 60	Σ= 3	Σ= 60	-	-	
Chloornitrotoluenen	µg/l	Σ= 3	Σ= 40	Σ= 3	Σ= 40	-	-	
2-chloorfenol 3-chloorfenol 4-chloorfenol	µg/l	Σ= 20	Σ= 120	Σ= 20	Σ= 120	3,5 0,4 3,2	11 40 18	
2-chloor-1,3-butadieen	µg/l	10	-	10	-	-	-	
3-chloorpropeen	µg/l	3	30	3	30	0,034	0,34	
2-chloortolueen 3-chloortolueen 4-chloortolueen	µg/l	Σ= 3	Σ= 200	Σ= 3	Σ= 200	-	-	

		Zoet, korte verblijftijd Zoet, lange verblijftijd		Oligohalien Sterke sal. gradiënt		Mesohalien Zwak polyhalien Sterk polyhalien		
Parameter[4]	**Eenheid**	**JG-MKN[1]**	**MAC-MKN[2]**	**JG-MKN[1]**	**MAC-MKN[2]**	**JG-MKN[1]**	**MAC-MKN[2]**	**Context[5]**
2-chloor-para-toluidine chloortoluidinen (andere dan 2-chloor-para-toluïdine)	µg/l	Σ= 8	Σ= 60	Σ= 8	Σ= 60	-	-	
2,4,6-trichloor-1,3,5-triazine (cyanuurchloride)	µg/l	0,1	-	0,1	-	-	-	
1,2-dibroomethaan	µg/l	0,003	0,4	0,003	0,4	0,0033	n.v.t.	
dibutyltindichloride dibutyltinoxide dibutyltinzouten	µg Sn/l	Σ= 0,08	Σ= 0,7	Σ= 0,08	Σ= 0,7	-	-	
2,3-dichlooraniline 2,4-dichlooraniline 2,5-dichlooraniline 2,6-dichlooraniline 3,5-dichlooraniline 3,4-dichlooraniline	µg/l	Σ= 0,2	Σ= 0,6	Σ= 0,2	Σ= 0,6	-	-	
1,2-dichloorbenzeen 1,3-dichloorbenzeen 1,4-dichloorbenzeen	µg/l	Σ= 20	Σ= 70	Σ= 20	Σ= 70	Σ= 2	Σ= 2	
dichloorbenzidines	µg/l	0,5	5	0,5	5	$5{,}2 \cdot 10^{-6}$	-	
bis-(2-chloorisopropyl)-ether	µg/l	10	-	10	-	-	-	
1,1-dichloorethaan	µg/l	100	8000	100	8000	-	-	
1,2-dichloorethaan (EDC)	µg/l	10	-	10	-	10	-	PS
1,1-dichlooretheen	µg/l	50	500	50	500	0,9	9	
1,2-dichlooretheen, cis 1,2-dichlooretheen, trans	µg/l	Σ= 10	Σ= 100	Σ= 10	Σ= 100	Σ= 0,68	-	
dichloormethaan	µg/l	20	-	20	-	20	-	PS
dichloornitrobenzenen	µg/l	3	60	3	60	-	-	
2,4-dichloorfenol	µg/l	2	70	2	70	0,16	7	
1,2-dichloorpropaan	µg/l	400	1000	400	1000	28	130	
1,3-dichloor-2-propanol	µg/l	100	2000	100	2000	-	-	
1,3-dichloorpropeen, cis 1,3-dichloorpropeen, trans	µg/l	Σ= 2	Σ= 20	Σ= 2	Σ= 20	Σ= 0,018	Σ= 5,1	
2,3-dichloorpropeen	µg/l	2	20	2	20	-	-	
dicofol	µg/l	0,0013	-	0,000032	-	0,000032	-	
diethylamine	µg/l	30	200	30	200	-	-	
dimethylamine	µg/l	6	80	6	80	-	-	
1-chloor-2,3-epoxypropaan (epichloorhydrine)	µg/l	10	100	10	100	0,065	-	
ethylbenzeen	µg/l	5	50	5	50	10	22	
hexachloorethaan	µg/l	3	80	3	80	0,067	0,28	
Isopropylbenzeen (cumeen)	µg/l	1	10	1	10	2,2	2,2	
PCB 28 PCB 52 PCB 101 PCB 118 PCB 138 PCB 153 PCB 180	µg/l	Σ= 0,002	Σ= 0,02	Σ= 0,002	Σ= 0,02	-	-	
perfluoroctaansulfonzuur en derivaten (PFOS)	µg/l	0,00065	36	0,00013	7,2	0,00013	7,2	PGS
quinoxyfen	µg/l	0,15	2,7	0,015	0,54	0,015	0,54	PGS
1,2,4,5-tetrachloorbenzeen	µg/l	9	30	9	30	0,019	0,013	
1,1,2,2-tetrachloorethaan	µg/l	100	900	100	900	0,8	8,4	
terbutryn	µg/l	0,065	0,34	0,0065	0,034	0,0065	0,034	
tetrachlooretheen (PER)	µg/l	10	-	10	-	10	-	VS
tolueen	µg/l	90	700	90	700	7,4	55	
tri-n-butylfosfaat (tributylfosfaat)	µg/l	40	100	40	100	6,6	17	
1,2,3-trichloorbenzeen 1,2,4-trichloorbenzeen 1,3,5-trichloorbenzeen	µg/l	Σ= 0,4	-	Σ= 0,4	-	Σ= 0,4	-	PS
1,1,1-trichloorethaan	µg/l	20	50	20	50	2,1	5,4	
1,1,2-trichloorethaan	µg/l	20	300	20	300	22	190	
trichloorethyleen (TRI)	µg/l	10	-	10	-	10	-	VS
2,3,5-trichloorfenol 2,4,6-trichloorfenol 2,4,5-trichloorfenol 2,3,4-trichloorfenol 2,3,6-trichloorfenol 3,4,5-trichloorfenol	µg/l	Σ= 6	Σ= 20	Σ= 6	Σ= 20	geen MKN 0,26 0,13 0,12 geen MKN 0,02	geen MKN 3,2 2,0 1,2 geen MKN 0,20	
1,1,2-trichloortrifluorethaan	µg/l	7	70	7	70	-	-	
trifenyltinacetaat trifenyltinchloride	ng/l	Σ= 0,3	Σ= 3	Σ= 0,3	Σ= 3	Σ= 0,23	470	

		Zoet, korte verblijftijd Zoet, lange verblijftijd		Oligohalien Sterke sal. gradiënt		Mesohalien Zwak polyhalien Sterk polyhalien		
Parameter[4]	**Eenheid**	**JG-MKN[1]**	**MAC-MKN[2]**	**JG-MKN[1]**	**MAC-MKN[2]**	**JG-MKN[1]**	**MAC-MKN[2]**	**Context[5]**
trifenyltinhydroxide								
vinylchloride	µg/l	100	1000	100	1000	0,091	-	
xylenen	µg/l	4	40	4	40	1,7	49	
nonylfenol	µg/l	0,3	2	0,3	2	0,3	2	PGS
C10-13-chlooralkanen	µg/l	0,4	1,4	0,4	1,4	0,4	1,4	PGS
di(2-ethylhexyl)-ftalaat (DEHP)	µg/l	1,3	-	1,3	-	1,3	-	PS
gebromeerde difenylethers[3]	µg/l	-	0,14	-	0,014	0,0002	-	PGS
octylfenol	µg/l	0,1	-	0,01	-	0,01	-	PS
pentachloorbenzeen	µg/l	0,007	-	0,0007	-	0,0007	-	PGS
diflufenican	µg/l	0,03	0,05	0,03	0,05	-	-	
flufenacet	µg/l	0,04	0,2	0,04	0,2	-	-	
Metalen (opgelost)								
arseen	µg/l	3	-	3	-	0,6	1,1	
cadmium	µg/l	<=0,08 (hardheid <40 mg CaCO3/l) 0,08 (hardheid = 40-50 mg CaCO3/l) 0,09 (hardheid = 50-100 mg CaCO3/l) 0,15 (hardheid = 100-200 mg CaCO3/l) 0,25 (hardheid >= 200 mg CaCO3/l)	<= 0,45 (hardheid < 40 mg CaCO3/l) 0,45 (hardheid = 40-50 mg CaCO3/l) 0,6 (hardheid = 50-100 mg CaCO3/l) 0,9 (hardheid = 100-200 mg CaCO3/l) 1,5 (hardheid >= 200 mg CaCO3/l)	0,2	<= 0,45 (hardheid < 40 mg CaCO3/l) 0,45 (hardheid = 40-50 mg CaCO3/l) 0,6 (hardheid = 50-100 mg CaCO3/l) 0,9 (hardheid = 100-200 mg CaCO3/l) 1,5 (hardheid >= 200 mg CaCO3/l)	0,2	<= 0,45 (hardheid < 40 mg CaCO3/l) 0,45 (hardheid = 40-50 mg CaCO3/l) 0,6 (hardheid = 50-100 mg CaCO3/l) 0,9 (hardheid = 100-200 mg CaCO3/l) 1,5 (hardheid >= 200 mg CaCO3/l)	PGS, ISC
kwik	µg/l	-	0,07	-	0,07	0,00007	0,07	PGS
barium	µg/l	60	-	60	-	-	-	
beryllium	µg/l	0,08	-	0,08	-	-	-	
boor	µg/l	700	-	700	-	-	-	
chroom	µg/l	5	-	5	-	0,6	-	
kobalt	µg/l	0,5	-	0,5	-	-	0,21	
koper	µg/l	7	-	7	-	1,1	-	ISC
lood	µg/l	1,2 (biobe-schikbaar)	14	1,3	14	1,3	14	PS, ISC
molybdeen	µg/l	340	-	340	-	-	-	
nikkel	µg/l	4 (biobe-schikbaar)	34	8,6	34	8,6	34	PS, ISC
Seleen	µg/l	2	-	2	-	-	2,6	
thallium	µg/l	0,2	-	0,2	-	-	0,34	
tin	µg/l	3	-	3	-	-	-	
uranium	µg/l	1	-	1	-	-	-	
vanadium	µg/l	4	-	4	-	-	-	
zilver	µg/l	0,08	-	0,08	-	0,081	0,081	
zink	µg/l	20	-	20	-	3	-	ISC
antimoon	µg/l	100	-	100	-	-	-	
tellurium	µg/l	100	-	100	-	-	-	
titanium	µg/l	20	-	20	-	-	-	

[1] Deze parameter is de milieukwaliteitsnorm uitgedrukt als jaargemiddelde (JG-MKN). Tenzij anders is aangegeven, is hij van toepassing op de totale concentratie van alle isomeren.

[2] Deze parameter is de milieukwaliteitsnorm uitgedrukt als maximaal aanvaardbare concentratie (MAC-MKN). Als voor de MAC-MKN "niet van toepassing" wordt aangegeven, worden de JG-MKN-waarden verondersteld bescherming te bieden tegen kortdurende verontreinigingspieken in continue lozingen, aangezien die aanzienlijk lager zijn dan de op basis van de acute toxiciteit afgeleide waarden.

[3] Voor de groep prioritaire stoffen die vallen onder gebromeerde difenylethers, wordt alleen voor de congeneren nummer 28, 47, 99, 100, 153 en 154 een milieukwaliteitsnorm vastgesteld.

[4] Met uitzondering van de metalen worden de in dit artikel vastgestelde milieukwaliteitsnormen uitgedrukt als totale concentratie in het volledige watermonster. Voor metalen hebben de milieukwaliteitsnormen betrekking op de opgeloste concentratie. Dat is de opgeloste fase van een watermonster die wordt verkregen door filtratie over een filter van 0,45 µm of een gelijkwaardige voorbehandeling.

[5] De milieukwaliteitsnormen voor de gevaarlijke stoffen, waarvoor in de laatste kolom de vermelding "PS", "PGS" of "VS" is opgenomen, zijn bepalend voor het rapporteren van de beoordeling van de chemische toestand aan de Europese Unie. Daarnaast wordt ook nog aangegeven of deze stof mee is opgenomen door de internationale Schelde-commissie ("ISC").

D.4.2.2. Waterbodem

Tabel 9-13: Grenswaarden voor verontreinigende stoffen in zoete, brakke en zoute waterbodems. Gebaseerd op de consensuswaarden en de Vlaamse waterbodemdatabank, als onderdeel van de herwerkte triade-methodiek. Het gebruik van drie grenswaarden laat toe om vier klassen te hanteren voor de finale evaluatie. Voor sommige stoffen zijn nog geen grenswaarden gedefinieerd, (opgenomen als '-'). Grenswaarden zijn vastgelegd op 31 oktober 2022 op basis van de meest recente ontwerpversie van de vernieuwde triade-methodiek.

Stof		Grenswaarde 1	Grenswaarde 2	Grenswaarde 3
Metalen (mg/(kg ds))				
Arseen		7,9	12,52	50
Cadmium		0,93	1,47	7,8
Chroom	Zoet	44,54	70,59	123,28
	Brak/Zout	66,65	105,63	265
Lood		25	39,62	118
Kwik		0,23	0,36	1,2
Koper		33,14	52,53	170,13
Nikkel		11	17,43	32
Zink		147,03	231,39	416,97
Polycyclische aromatische koolwaterstoffen (PAK's) (µg/(kg ds))				
Acenafteen		40	100,47	409,63
Acenaftyleen		30	75,36	383,94
Antraceen		30	75,36	506
Benzo(a)antraceen		120	301,43	886,79
Benzo(a)pyreen		181,82	351,66	1145,03
Benzo(b)fluoreen		170	427,02	660
Benzo(g,h,i)peryleen		110	276,31	450
Benzo(k)fluoranteen		80	200,95	320
Chryseen		150	376,78	830
Dibenzo(a,h)antraceen		20	50,24	120
Fenanthreen		20	452,14	890
Fluoranteen		303,97	627,97	1200
Indeno(1,2,3-cd)pyreen		120	301,43	480
Fluoreen		33,76	100,48	260
Naftaleen		154,26	502,38	1981,94
Pyreen		240	602,85	1431,8
Polychloorbifenylen (PCB's) (µg/(kg ds))				
PCB28		0,04	0,10	2,00
PCB52		0,10	0,25	4,60
PCB101		0,54	1,36	6,70
PCB118		0,43	1,08	6,90
PCB138		1,00	2,51	7,50
PCB153		1,50	3,77	9,70
PCB180		0,44	1,11	5,50
Bestrijdingsmiddelen (µg/(kg ds))				
2,4'-DDD (o,p'-DDD)		-	-	-
2,4'-DDE (o,p'-DDE)		-	-	-
2,4'-DDT (o,p'-DDT)		-	-	-
4,4'-DDD (p,p'-DDD)		0,06	0,10	3,20
4,4'-DDE (p,p'-DDE)		0,31	0,49	6,80
4,4'-DDT (p,p'-DDT)		1,00	1,58	5,89
α-endosulfan		0,09	0,14	0,16
α-hexachloorcyclohexaan		-	-	-
β-hexachloorcyclohexaan		-	-	-
γ-hexachloorcyclohexaan		0,32	0,51	1,00
Chlordaan		0,50	0,79	5,40
Aldrin		-	-	-
Dieldrin		0,02	0,03	6,15
Endrin		0,02	0,03	8,00
Hexachloorbenzeen		0,0004	0,0006	0,72

Stof	Grenswaarde 1	Grenswaarde 2	Grenswaarde 3
Tributyltin (TBTSn)[1]	3	9	100
Minerale olie (mg/(kg ds))			
KWS-ap	154	244	628
Extraheerbare organische halogeenverbindingen (EOX) (mg/(kg ds))			
EOX	5	7,9	27

[1] Eenheid is (µg Sn)/(kg ds)

D.4.2.3. Biota

Tabel 9-14 geeft de biota-MKN weer die werden opgesteld door de Europese Commissie en de respectievelijke EU-richtlijnen waarin deze MKN staan vermeld (EC, 2011; EC, 2013). Deze biota-MKN kunnen worden gebruikt voor de normalisatie van gemeten concentraties in biota (paling voor het Vlaamse deel, bot voor het Nederlandse deel), volgens eenzelfde methodologie die ook voor het oppervlaktewater werd gebruikt.

Tabel 9-14: Biota-MKN (µg per kg natgewicht (wet weight; ww)) opgesteld door de Europese Commissie voor de bescherming van toppredatoren tegen secundaire vergiftiging. MKN: Milieukwaliteitsnorm; TEQ: Toxische equivalenten.

Chemische stof	MKN (µg/kg ww)	EU-richtlijn
Hexachloorbenzeen (HCBz)	10	2008/105/EU
Hexachloorbutadieen (HCBd)	55	
Kwik (Hg) en gerelateerde verbindingen	20	
Hexabroomcyclododecaan (HBCDD)	167	2013/39/EU
Polygebromeerde difenylethers (*Polybrominated diphenylethers*; PBDE) ΣPBDE(#28-154)	0,0085	
Perfluoroctaansulfonzuur (*Perfluorooctane sulfonic acid*; PFOS) en afgeleiden	9,1	
Dicofol	33	
Heptachloor	0,0067	
Heptachloorepoxide	0,0067	
Dioxinen	0,0065 TEQ	
Fluorantheen*	30	
Benzo(a)pyreen*	5	

* De opgestelde biota-MKN dienen te worden getoetst a.d.h.v. metingen in visweefsel (soort mag vrij worden bepaald), echter de PAK's fluorantheen en benzo(a)pyreen dienen te worden gemeten in crustaceeën of weekdieren (EC, 2013).

Naast bovenstaande Europese normen voor biota in oppervlaktewateren, zijn er ook normen opgesteld binnen OSPAR, ter bescherming van de voedselketen. Deze worden in de Westerschelde opgevolgd door bemonstering van onder andere blauwe mosselen (*Mytilus edulis*), Japanse oester (*Magallana gigas*, vroeger *Crassostrea gigas*), bot (*Platichthys flesus*) en schol (*Pleuronectes platessa*). Een overzicht van deze normen wordt gegeven in Tabel 9-15. De rapportage van de metingen voor OSPAR verschilt van de KRW, doordat bij OSPAR gewerkt wordt met weefselspecifieke normen terwijl de KRW het volledige organisme als basis hanteert. Dit is voornamelijk verschillend met betrekking tot de vissen, waarbij binnen OSPAR gebruik gemaakt wordt van zowel filets als levers. Voor OSPAR kunnen een aantal normen online geraadpleegd worden, namelijk voor Metalen, PAKs en PCBs.

Tabel 9-15: Biota-MKN (µg per kg natgewicht (wet weight; ww)) opgesteld door OSPAR voor de bescherming van de voedselketen tegen vergiftiging. BAC: Background assessment concentration (achtergrondwaarde); EAC: Environmental Assessment Criteria (milieunorm); EC: Criteria Europese commissie ter bescherming van de publieke gezondheid. Voor de vissen wordt de lever als basis gebruikt, tenzij anders vermeld. Voor de weekdieren wordt het zachte weefsel als basis gebruikt, tenzij anders vermeld. Overgenomen van Sneekers en Kotterman (2019) en gebaseerd op OSPAR (2017).

Parameter	**Bot**		**Schol**		**Blauwe mossel**		**Japanse oester**	
µg/kg ww	**BAC**	**EAC/EC**	**BAC**	**EAC/EC**	**BAC**	**EAC/EC**	**BAC**	**EAC/EC**
Metalen								
Cadmium	26	1000	26	1000	163	1000	570	1000
Koper	-	-	-	-	1020	-	1140	-
Kwik	35*	500*	35*	500*	15	500	34	500
Lood	26	1500	26	1500	221	1500	247	1500
Zink	-	-	-	-	10710	-	11970	-
TBT	-	-	-	-	0,85	2,0	0,95	2,3
Polyaromatische koolwaterstoffen (PAKs)								
Antraceen	-	-	-	-	-	49	-	55
Benzo(a)antraceen	-	-	-	-	0,43	14	0,48	15
Benzo(a)pyreen	-	-	-	-	0,24	102	0,27	114
Benzo(ghi)peryleen	-	-	-	-	0,43	19	0,48	21
Chryseen	-	-	-	-	1,4	-	1,54	-
Fenantreen	-	-	-	-	1,9	289	2,09	323
Fluorantheen	-	-	-	-	2,1	19	2,32	21
Indeno(123-cd)pyreen	-	-	-	-	0,41	-	0,46	-
Naftaleen	-	-	-	-	-	58	-	65
Pyreen	-	-	-	-	1,5	17	1,71	19
Polychloor bifenylen (PCBs)								
PCB-28	0,1	8,7	0,1	6,7	0,13	0,87	0,14	1,2
PCB-52	0,08	14	0,08	11	0,13	1,4	0,14	1,9
PCB-101	0,08	16	0,08	12	0,12	1,6	0,13	2,2
PCB-105	0,08	-	0,08	-	0,13	-	0,14	-
PCB-118	0,1	3,3	0,1	2,5	0,10	0,33	0,11	0,45
PCB-138	0,09	41	0,09	32	0,10	4,1	0,11	5,7
PCB-153	0,1	206	0,1	159	0,10	21	0,11	29
PCB-156	0,08	-	0,08	-	0,10	-	0,11	-
PCB-180	0,11	61	0,11	47	0,10	6,1	0,11	8,4
Pesticiden								
(p,p')-DDE	0,1	-	0,1	-	0,11	-	0,12	-
HCB	0,09	-	0,09	-	0,11	-	0,12	-
α-HCH	-	-	-	-	0,11	-	0,12	-
γ-HCH	-	-	-	-	0,16	0,25	0,18	0,28

*Voor kwik worden metingen in vissen niet in de lever maar in de filet uitgevoerd.

D.4.3. Originele analyse waterkolom

Methodiek

De grote hoeveelheid aan stoffen maakt een trendbepaling en vergelijking met voorgaande jaren of een vergelijking tussen zones onoverzichtelijk. Voor een snel en alomvattend beeld wordt daarom gebruik gemaakt van toxische eenheden (*Toxic Units*; TU). Hierbij worden de concentraties van de gemeten verontreinigende stoffen gedeeld door hun respectievelijke milieukwaliteitsnorm (MKN) (Tabel 9-12 in Bijlage D.4.2), zoals getoond in Vergelijking D.1.

$$TU_i = \frac{C_i}{C_{R,i}} \tag{D.1}$$

Met TU_i de toxische eenheid voor stof i (-), C_i de concentratie van stof i en $C_{R,i}$ de respectievelijke referentieconcentratie (zijnde de MKN) van deze stof. Belangrijk hierbij is dat C_i en $C_{R,i}$ in dezelfde eenheid uitgedrukt zijn.

Om de totale vracht van de gemeten stoffen in oppervlaktewater in te schatten en deze te vergelijken met vroegere metingen, kan een globale score worden berekend (TU_t, zie Vergelijking D.2). Hierbij wordt dus één waarde bekomen die de toxische lading in het oppervlaktewater weergeeft, onafhankelijk van het aantal metingen. Deze onafhankelijkheid is een belangrijke factor aangezien het aantal gemeten stoffen in oppervlaktewater soms sterk kan verschillen per meetcampagne. Hierdoor kan een ruwe vergelijking tussen meetplaatsen en in de tijd uitgevoerd worden. Een nadeel van deze benadering is evenwel het introduceren van een uitmiddeling.

$$TU_t = \frac{1}{N}\sum_{i}^{N} TU_i = \frac{1}{N}\sum_{i}^{N} \frac{C_i}{C_{R,i}} \tag{D.2}$$

Met TU_t de totale toxische eenheid (-), N het totaal aantal beschouwde parameters (-), TU_i de toxische eenheid voor stof i (-), C_i de concentratie van stof i en $C_{R,i}$ de respectievelijke referentieconcentratie van deze stof. Belangrijk hierbij is dat C_i en $C_{R,i}$ in dezelfde eenheid uitgedrukt zijn.

De berekende TU_t's zijn dimensieloos en de grenzen worden op 1 en 100 ingesteld. Waarden kleiner dan 1 worden aan 1 gelijkgesteld, waarden groter dan 100 worden gelijk aan 100 gesteld. Van elke TU_t wordt vervolgens de logaritme genomen om een normale verdeling van de TU_t's te bekomen (zie Vergelijking D.3). De grenzen worden aldus respectievelijk 0 en 2.

$$LogIndex_i = \log(TU_t) \tag{D.3}$$

Om het staal per chemische parameter te klasseren, wordt de (arbitraire) klasseindeling gebruikt zoals getoond in Tabel 9-16. Op deze manier wordt per staal een klasse bekomen. De hoogste van alle klassen van alle verontreinigende stoffen wordt de globale klasse van het staal. De bovengrens wordt gelegd op *Klasse 2* en wordt beschouwd in elke zone (Zeeschelde en Westerschelde).

Tabel 9-16: Klasseindeling voor verontreinigende stoffen in het oppervlaktewater.

LogIndex	Klasse	Betekenis (afwijking t.o.v. referentie)
0 ≤ LogIndex < 0,4	1	Niet afwijkend
0,4 ≤ LogIndex < 0,8	2	Licht afwijkend
0,8 ≤ LogIndex < 1,2	3	Afwijkend
1,2 ≤ LogIndex < 2	4	Sterk afwijkend

Analyse

De hoogste klasse kan voor het merendeel van de zones bepaald worden voor de periode *2016-2021*. Enkel voor de zone *Mesohalien* zijn er geen gegevens beschikbaar voor de periode *2016-2021* (noch voor de voorgaande periodes).

De resultaten vertonen grotendeels dezelfde trend in de verschillende zones, met gelijkaardige klasse-scores ten opzichte van de periodes *2010-2015* en *2004-2009*. Zo wordt de (relatief gunstige) situatie van de metalen in de periode *2010-2015* verdergezet, inclusief een verbetering in de zones *Zwak polyhalien* en *Sterk polyhalien*. Een overzicht van de bekomen klassen op basis van de metalen wordt gegeven in Tabel 9-17.

Tabel 9-17: Hoogste klasse voor metalen in de waterkolom die afgeleid werd in de verschillende zones (Zeeschelde en Westerschelde) in het Schelde-estuarium. Maxima zijn berekend per periode van zes jaar.

Zone	> Grenswaarde			Alle metalen		
	2004-2009	2010-2015	2016-2021	2004-2009	2010-2015	2016-2021
Zijrivieren						
Zoet zijrivier	1	2	1	1	1	1
Durme	1	1	1	1	1	1
Rupel	1	1	1	1	1	1
Zeeschelde						
Zoet kort verblijf	4	1	1	3	1	1
Zoet lang verblijf	1	1	1	1	1	1
Oligohalien	1	1	1	1	1	1
Saliniteitsgradient	1	1	1	1	1	1
Westerschelde						
Mesohalien	-	-	-	-	-	-
Zwak polyhalien	1	2	1	1	1	1
Sterk polyhalien	1	2	1	1	1	1
Monding						
Monding	1	1	1	1	1	1

Op basis van de aanwezigheid van PAK's in de waterkolom is de situatie minder rooskleurig, met voornamelijk overschrijdingen in de zones *Oligohalien* en *Saliniteitsgradiënt*. In de zones *Zwak polyhalien* en *Sterk polyhalien* wordt dan weer een lichte verbetering van de PAK-concentraties waargenomen, met een reductie van de klasse-score tot het laagste niveau. Voor de zijrivieren zijn er geen gegevens beschikbaar met betrekking tot de aanwezigheid van PAK's in de waterkolom. Een overzicht van de bekomen klassen op basis van de PAK's wordt gegeven in Tabel 9-18.

Tabel 9-18: Hoogste klasse voor PAK's in de waterkolom die afgeleid werd in de verschillende zones (Zeeschelde en Westerschelde) in het Schelde-estuarium. Maxima zijn berekend per periode van zes jaar.

Zone	> Grenswaarde			Alle PAKs		
	2004-2009	2010-2015	2016-2021	2004-2009	2010-2015	2016-2021
Zijrivieren						
Zoet zijrivier	-	-	-	-	-	-
Durme	-	-	-	-	-	-
Rupel	-	-	-	-	-	-
Zeeschelde						
Zoet kort verblijf	3	2	2	3	2	2
Zoet lang verblijf	3	2	2	3	2	2
Oligohalien	4	4	4	4	3	4
Saliniteitsgradient	4	4	4	4	4	4
Westerschelde						
Mesohalien	-	-	-	-	-	-
Zwak polyhalien	-	2	1	2	2	1
Sterk polyhalien	1	2	2	3	1	1
Monding						
Monding	4	1	1	4	1	1

Ook op basis van de aanwezigheid van bestrijdingsmiddelen in de waterkolom is de situatie niet rooskleurig, met voornamelijk overschrijdingen in de zones in de Zeeschelde (*Zoet, korte verblijftijd*, *Zoet, lange verblijftijd*, *Oligohalien* en *Saliniteitsgradiënt*). In de zones *Zwak polyhalien*, *Sterk polyhalien* en *Monding* wordt dan weer een lichte verbetering van de bestrijdingsmiddelen waargenomen (indien alle stoffen worden beschouwd), met een reductie van de klasse-score tot het laagste niveau. Voor de zijrivieren zijn er onvoldoende gegevens om de overschrijding (met beschouwing van alle stoffen) in de periode *2010-2015* op te volgen. Een overzicht van de bekomen klassen op basis van de bestrijdingsmiddelen wordt gegeven in Tabel 9-19.

Tabel 9-19: Hoogste klasse voor bestrijdingsmiddelen in de waterkolom die afgeleid werd in de verschillende zones (Zeeschelde en Westerschelde) in het Schelde-estuarium. Maxima zijn berekend per periode van zes jaar.

Zone	> Grenswaarde			Alle stoffen		
	2004-2009	2010-2015	2016-2021	2004-2009	2010-2015	2016-2021
Zijrivieren						
Zoet zijrivier	-	1	-	-	3	-
Durme	-	-	1	-	-	1
Rupel	-	-	-	-	-	-
Zeeschelde						
Zoet kort verblijf	4	4	4	4	4	4
Zoet lang verblijf	4	4	4	4	4	4
Oligohalien	4	4	4	4	4	4
Saliniteitsgradient	4	4	4	4	4	4
Westerschelde						
Mesohalien	-	-	-	-	-	-
Zwak polyhalien	1	1	1	3	3	1
Sterk polyhalien	1	1	2	3	3	1
Monding						
Monding	1	3	1	3	3	1

Op basis van de aanwezigheid van overige organische stoffen (i.e. organische stoffen die niet als bestrijdingsmiddel of PAK beschouwd worden) in de waterkolom worden de voorbije observaties verder bevestigd, met voornamelijk overschrijdingen in de zones in de Zeeschelde (*Zoet, lange verblijftijd*, *Oligohalien* en *Saliniteitsgradiënt*). Opvallend in deze zones is de sterke toename in klasse in de periode *2016-2021* wanneer alle stoffen beschouwd worden. In de zones *Zwak polyhalien*, *Sterk polyhalien* en *Monding* wordt de laagste klasse dan weer behouden en wordt er geen verandering ten opzichte van de voorbije periodes waargenomen. Voor de zijrivieren zijn er onvoldoende gegevens beschikbaar met betrekking tot de aanwezigheid van deze overige organische stoffen in de waterkolom. Een overzicht van de bekomen klassen op basis van deze overige organische stoffen wordt gegeven in Tabel 9-20.

Tabel 9-20: Hoogste klasse voor overige organische stoffen in de waterkolom die afgeleid werd in de verschillende zones (Zeeschelde en Westerschelde) in het Schelde-estuarium. Maxima zijn berekend per periode van zes jaar. Een overzicht van de beschouwde organische stoffen wordt gegeven in Bijlage D.4.2.

Zone	> Grenswaarde			Alle stoffen		
	2004-2009	2010-2015	2016-2021	2004-2009	2010-2015	2016-2021
Zijrivieren						
Zoet zijrivier	-	1	-	-	1	-
Durme	-	-	1	-	-	1
Rupel	-	-	-	-	-	-
Zeeschelde						
Zoet kort verblijf	1	2	2	1	1	2
Zoet lang verblijf	4	3	4	2	1	3
Oligohalien	4	3	4	2	1	4
Saliniteitsgradient	4	1	1	1	1	4

Zone	> Grenswaarde			Alle stoffen		
	2004-2009	2010-2015	2016-2021	2004-2009	2010-2015	2016-2021
Westerschelde						
Mesohalien	-	-	-	-	-	-
Zwak polyhalien	-	1	1	-	1	1
Sterk polyhalien	1	1	1	1	1	1
Monding						
Monding	1	1	1	1	1	1

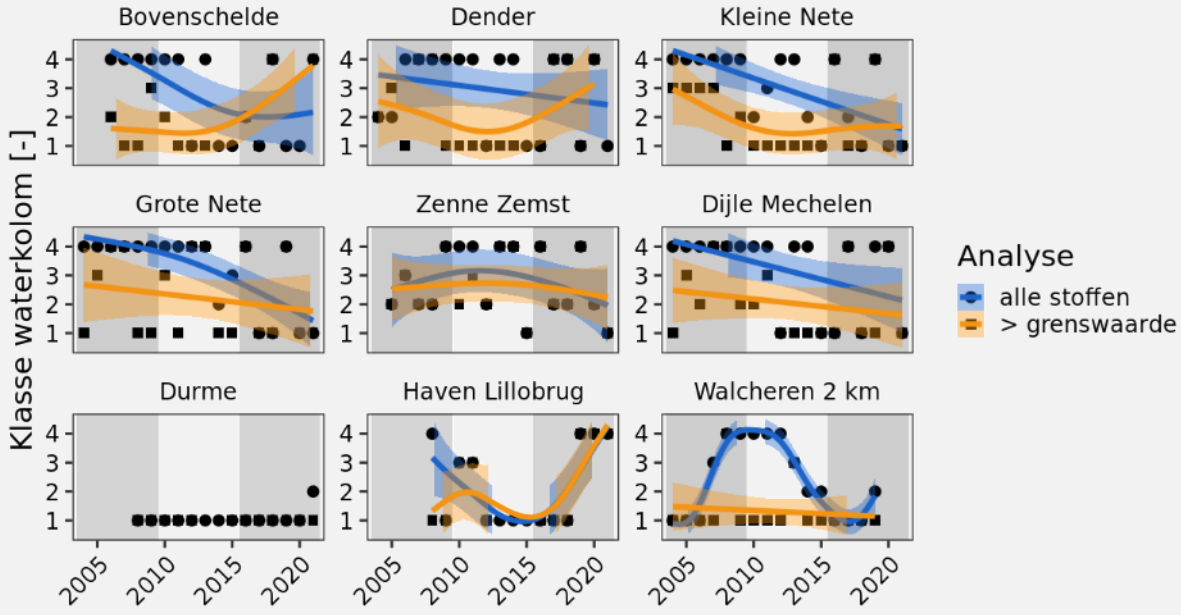
De groep-specifieke analyses van de verontreinigende stoffen in de waterkolom maakt het mogelijk om de problematische stoffengroepen te identificeren. Op basis van de groep-specifieke analyses kan bovendien een samenvattende analyse uitgevoerd worden, waarbij per zone en per periode de maximale klasse-score over alle stoffengroepen gerapporteerd wordt. Hieruit blijkt dat, ondanks de eventuele verbeteringen binnen een specifieke stoffengroep, nog steeds de hoogste klasse gerapporteerd dient te worden. Een overzicht van de bekomen klassen op basis van de groep-specifieke analyses wordt gegeven in Tabel 9-21 en aangevuld met de resultaten van de stations nabij de grenzen van het estuarium (Kader 5-14).

Tabel 9-21: Hoogste klasse voor verontreinigende stoffen in de waterkolom die afgeleid werd in de verschillende zones (Zeeschelde en Westerschelde) in het Schelde-estuarium. Maxima zijn afgeleid van de groep-specifieke analyses en weergegeven per periode van zes jaar. De sturende stof-groepen worden tussen haakjes weergegeven (1: Metalen; 2: PAK's; 3: Bestrijdingsmiddelen; 4: Overige organische stoffen).

Zone	> Grenswaarde			Alle stoffen		
	2004-2009	2010-2015	2016-2021	2004-2009	2010-2015	2016-2021
Zijrivieren						
Zoet zijrivier	1 (1)	2 (1)	1 (1)	1 (1)	3 (3)	1 (1)
Durme	1 (1)	1 (1)	1 (1,3,4)	1 (1)	1 (1)	1 (1,3,4)
Rupel	1 (1)	1 (1)	1 (1)	1 (1)	1 (1)	1 (1)
Zeeschelde						
Zoet kort verblijf	4 (1,3)	4 (3)	4 (3)	4 (3)	4 (3)	4 (3)
Zoet lang verblijf	4 (3,4)	4 (3)	4 (3,4)	4 (3)	4 (3)	4 (3)
Oligohalien	4 (2,3,4)	4 (2,3)	4 (2,3,4)	4 (2,3)	4 (3)	4 (2,3,4)
Saliniteitsgradient	4 (2,3,4)	4 (2,3)	4 (2,3)	4 (2,3)	4 (2,3)	4 (2,3,4)
Westerschelde						
Mesohalien	-	-	-	-	-	-
Zwak polyhalien	1 (1,3)	2 (1,2)	1 (1,2,3,4)	3 (3)	3 (3)	1 (1,2,3,4)
Sterk polyhalien	1 (1,2,3,4)	2 (1,2)	2 (2,3)	3 (2,3)	3 (3)	1 (1,2,3,4)
Monding						
Monding	4 (2,4)	3 (3)	1 (1,2,3,4)	4 (2)	3 (3)	1 (1,2,3,4)

Kader 9-1 – Verontreinigende stoffen in de waterkolom op de *boundaries*

Voor de stations die buiten het estuarium vallen, zijn de resultaten eerder variërend (zie Figuur 9-300). Nagenoeg alle meetstations worden gekarakteriseerd door minstens eenmalig de hoogste score-klasse te rapporteren, met uitzondering van de stations *Durme* en *Walcheren 2 km*. In meerdere stations kan een afname van de maximale score-klasse in de tijd worden waargenomen, wanneer alle stoffen beschouwd worden. De toename van de score-klasse bij het hanteren van de stoffen die de rapportagegrens overschrijden kan deels verklaard worden door een daling van de concentratie van overige stoffen, zodat deze onder de rapportagegrens vallen. Daarmee vallen deze stoffen buiten de selectie en krijgen de overige stoffen een relatief zwaarder gewicht in de berekening van de score.



Figuur 9-300: Hoogste klasse die afgeleid werd in de verschillende meetstation aan de grenzen van het Schelde-estuarium.

D.4.4. Aanvullende analyses waterkolom

Tabel 9-22: Aantal overschrijdingen van de jaargemiddelde normwaarden voor de 'toetsbare' PAK's in de periode 2010-2015, weergegeven als aantal overschrijdingen t.o.v. het aantal metingen. Resultaten worden weergegeven als 'X/Y', met 'X' het aantal overschrijdingen en 'Y' het aantal jaargemiddeldes dat werd berekend. Achtergrondkleuren geven een idee van de fractie aan overschrijdingen: groen (0%), geel (0,01 – 25%), oranje (25,01 – 50%), rood (50,01 – 75%) en donkerrood (75,01 – 100%). '-': Geen toetsbare bemonstering van de betrokken stof.

Stof	Zoet zijrivier	Durme	Rupel	Zoet kort verblijf	Zoet lang verblijf	Oligohalien	Saliniteitsgradient	Mesohalien	Zwak polyhalien	Sterk polyhalien	Monding
antimoon	0/12	0/6	0/18	0/30	0/18	0/24	0/30	-	-	-	-
arseen	0/12	1/6	0/18	0/30	1/18	2/24	22/30	-	6/6	12/12	6/6
barium	0/12	0/6	0/18	0/30	0/18	0/24	0/30	-	-	-	-
beryllium	-	-	-	-	-	-	0/6	-	-	-	-
boor	0/12	0/6	0/18	0/30	0/18	0/24	18/30	-	-	-	-
cadmium	-	-	0/18	-	-	0/24	2/25	-	0/6	0/12	0/6
chroom	0/12	0/6	0/18	0/30	0/18	0/24	0/30	-	-	-	-
kobalt	12/12	6/6	18/18	2/30	0/18	14/24	8/30	-	-	-	-
koper	0/12	0/6	0/18	0/30	0/18	0/24	0/30	-	0/6	0/12	0/6
kwik	-	-	-	-	-	-	-	-	4/4	4/4	-
lood	0/10	0/6	0/18	0/30	0/18	0/24	0/30	-	0/6	0/12	0/6
molybdeen	0/12	0/6	0/18	0/30	0/18	0/24	0/30	-	-	-	-
nikkel	0/11	0/6	0/18	0/30	0/18	0/24	0/30	-	0/6	0/12	0/6
selenium	0/11	0/6	0/18	0/30	0/18	0/24	1/30	-	-	-	-
tellurium	0/12	0/6	0/18	0/30	0/18	0/24	0/30	-	-	-	-
thallium	-	-	-	-	-	-	0/6	-	-	-	-
tin	0/12	0/6	0/18	0/30	0/18	0/24	0/30	-	-	-	-
titaan	0/12	0/6	0/18	0/30	0/18	0/24	0/30	-	-	-	-
uranium	0/12	0/6	0/18	18/30	4/18	0/24	24/30	-	-	-	-
vanadium	0/12	0/6	0/18	0/30	0/18	0/24	0/30	-	-	-	-
zilver	-	-	-	-	-	-	0/3	-	0/5	0/10	0/5
zink	3/12	0/6	1/18	1/30	0/18	0/24	0/30	-	5/6	5/12	1/6

Tabel 9-23: Aantal overschrijdingen van de jaargemiddelde normwaarden voor de 'toetsbare' PAK's in de periode 2010-2015, weergegeven als aantal overschrijdingen t.o.v. het aantal metingen. Resultaten worden weergegeven als 'X/Y', met 'X' het aantal overschrijdingen en 'Y' het aantal jaargemiddeldes dat werd berekend. Achtergrondkleuren geven een idee van de fractie aan overschrijdingen: groen (0%), geel (0,01 – 25%), oranje (25,01 – 50%), rood (50,01 – 75%) en donkerrood (75,01 – 100%). '-': Geen toetsbare bemonstering van de betrokken stof.

Stof	Zoet zijrivier	Durme	Rupel	Zoet kort verblijf	Zoet lang verblijf	Oligohalien	Saliniteitsgradient	Mesohalien	Zwak polyhalien	Sterk polyhalien	Monding
acenafteen	-	-	-	0/6	0/6	0/6	0/2	-	-	-	-
acenaftyleen	-	-	-	0/6	0/6	0/6	0/2	-	-	-	-
anthraceen	-	-	-	0/6	0/6	0/6	0/10	-	0/6	0/12	0/6
benzo(a)antraceen	-	-	-	0/6	0/6	0/6	0/8	-	4/4	8/8	-
benzo(a)pyreen	-	-	-	6/6	6/6	6/6	10/10	-	3/3	4/4	-
chryseen	-	-	-	0/6	0/6	0/6	0/2	-	-	-	-
dibenzo(a,h)antraceen	-	-	-	0/6	0/6	0/6	0/2	-	-	-	-
fenantreen	-	-	-	0/6	1/6	0/6	0/8	-	0/5	0/11	0/6
fluorantheen	-	-	-	6/6	6/6	6/6	10/10	-	0/6	0/12	0/6
fluoreen	-	-	-	0/6	0/6	0/6	0/2	-	-	-	-
naftaleen	-	-	-	0/6	0/6	0/6	0/10	-	0/6	0/12	0/6
pyreen	-	-	-	6/6	6/6	6/6	2/4	-	-	-	-

Tabel 9-24: Aantal overschrijdingen van de jaargemiddelde normwaarden voor de 'toetsbare' bestrijdingsmiddelen in de periode 2010-2015, weergegeven als aantal overschrijdingen t.o.v. het aantal metingen. Resultaten worden weergegeven als 'X/Y', met 'X' het aantal overschrijdingen en 'Y' het aantal jaargemiddeldes dat werd berekend. Achtergrondkleuren geven een idee van de fractie aan overschrijdingen: groen (0%), geel (0,01 – 25%), oranje (25,01 – 50%), rood (50,01 – 75%) en donkerrood (75,01 – 100%). '-': Geen toetsbare bemonstering van de betrokken stof.

Stof	Zoet zijrivier	Durme	Rupel	Zoet kort verblijf	Zoet lang verblijf	Oligohalien	Saliniteitsgradient	Mesohalien	Zwak polyhalien	Sterk polyhalien	Monding
2,4,5-trichloorfenoxyazijnzuur	-	-	-	-	0/2	0/2	0/2	-	-	-	-
(2,4-dichloorfenoxy)azijnzuur	-	-	-	0/1	0/5	0/5	0/8	-	-	-	-
alachloor	0/1	-	-	0/6	0/6	0/6	0/12	-	0/6	0/12	0/6
aldrin + dieldrin + endrin + isodrin	-	-	-	0/5	0/5	0/4	0/7	-	0/6	0/12	0/6

Stof	Zoet zijrivier	Durme	Rupel	Zoet kort verblijf	Zoet lang verblijf	Oligohalien	Saliniteitsgradient	Mesohalien	Zwak polyhalien	Sterk polyhalien	Monding
alfa-endosulfan + beta-endosulfan	-	-	-	0/4	0/4	-	0/5	-	0/5	0/10	0/5
alfa-hexachloorcyclohexaan + beta-hexachloorcyclohexaan + delta-hexachloorcyclohexaan + gamma-hexachloorcyclohexaan	0/1	-	-	0/6	0/6	0/1	0/7	-	0/6	0/12	0/6
atrazine	0/1	-	-	0/6	0/6	0/6	0/12	-	0/6	0/12	0/6
azinfos-ethyl	-	-	-	0/1	0/1	0/1	0/7	-	-	-	1/1
bentazon	-	-	-	0/3	0/6	0/6	0/8	-	-	0/6	0/6
Chloorfenvinphos	0/1	-	-	0/3	0/5	0/5	0/10	-	0/6	0/12	0/6
chloridazon	-	-	-	0/6	0/6	0/6	0/9	-	-	-	-
chlorpyrifos	-	-	-	-	-	-	0/6	-	0/6	0/12	0/6
cumafos	-	-	-	-	-	-	0/1	-	-	-	-
dichloorvos	-	-	-	-	-	-	-	-	0/2	0/4	0/2
dichlorprop	-	-	-	0/1	0/5	0/5	0/2	-	-	-	-
dimethoaat	-	-	-	1/3	0/2	0/2	0/10	-	0/6	0/12	0/6
diuron	0/1	-	-	0/6	0/6	0/6	0/12	-	0/6	0/12	0/6
heptachloorepoxiden	-	-	-	-	-	-	4/4	-	-	-	-
isoproturon	0/1	-	-	0/6	0/6	0/6	0/12	-	0/6	0/12	0/6
linuron	0/1	-	-	0/6	0/6	0/6	0/10	-	-	-	-
malathion	-	-	-	-	-	-	0/1	-	-	-	-
MCPA	-	-	-	0/5	0/6	0/6	0/8	-	-	0/6	0/6
mecoprop	-	-	-	0/1	0/5	0/5	0/8	-	-	0/6	0/6
mevinfos	-	-	-	-	-	-	0/1	-	-	-	-
monolinuron	0/1	-	-	0/6	0/6	0/6	0/10	-	-	-	-
o,p'-DDT	-	-	-	0/5	0/5	0/5	0/1	-	-	-	-
parathion-methyl	-	-	-	-	-	-	0/6	-	-	-	-
pentachloorfenol	-	-	-	0/5	0/5	0/5	0/11	-	0/5	0/11	0/6
Pyridaben	-	-	-	-	-	-	-	-	0/1	0/2	0/1
simazine	0/1	-	-	0/6	0/6	0/6	0/12	-	0/6	0/12	0/6
tetrabutyltin	-	-	-	0/4	0/4	0/4	0/2	-	-	-	-
triazofos	-	-	-	-	-	-	0/6	-	-	-	-
tributyltin	-	-	-	0/5	0/5	-	-	-	-	-	-
trifluralin	0/1	-	-	0/6	0/6	0/6	0/10	-	0/6	0/12	0/6

Tabel 9-25: Aantal overschrijdingen van de jaargemiddelde normwaarden voor de 'toetsbare' bestrijdingsmiddelen in de periode 2010-2015, weergegeven als aantal overschrijdingen t.o.v. het aantal metingen. Resultaten worden weergegeven als 'X/Y', met 'X' het aantal overschrijdingen en 'Y' het aantal jaargemiddeldes dat werd berekend.

Achtergrondkleuren geven een idee van de fractie aan overschrijdingen: groen (0%), geel (0,01 – 25%), oranje (25,01 – 50%), rood (50,01 – 75%) en donkerrood (75,01 – 100%). '-': Geen toetsbare bemonstering van de betrokken stof.

Stof	Zoet zijrivier	Durme	Rupel	Zoet kort verblijf	Zoet lang verblijf	Oligohalien	Saliniteitsgradient	Mesohalien	Zwak polyhalien	Sterk polyhalien	Monding
1,1,1-trichloorethaan	-	-	-	0/5	0/5	0/5	0/8	-	0/4	0/11	0/6
1,1,2,2-tetrachloorethaan	-	-	-	0/5	0/5	0/5	0/8	-	0/4	0/11	0/6
1,1,2-trichloorethaan	-	-	-	0/5	0/5	0/5	0/8	-	0/4	0/11	0/6
1,1,2-trichloortrifluorethaan	-	-	-	0/5	0/5	0/5	0/2	-	-	-	-
1,1-dichloorethaan	-	-	-	0/5	0/5	0/5	0/8	-	-	-	-
1,1-dichlooretheen	-	-	-	0/5	0/5	0/5	0/8	-	0/4	0/11	0/6
1,2,3-trichloorbenzeen + 1,2,4-trichloorbenzeen + 1,3,5-trichloorbenzeen	-	-	-	0/5	0/5	0/5	0/8	-	0/4	0/11	0/6
1,2,4,5-tetrachloorbenzeen	-	-	-	0/5	0/5	0/6	0/1	-	-	-	-
1,2-dichloorbenzeen + 1,3-dichloorbenzeen + 1,4-dichloorbenzeen	-	-	-	0/5	0/5	0/5	0/8	-	0/4	0/11	0/6
1,2-dichloorethaan	-	-	-	0/5	0/5	0/5	0/10	-	0/4	0/11	0/6
1,2-dichlooretheen + 1,2-dichlooretheen	-	-	-	0/5	0/5	0/5	0/8	-	0/4	0/11	0/6
1,2-dichloorpropaan	-	-	-	0/5	0/5	0/5	0/8	-	0/4	0/11	0/6
1,3-dichloorpropeen + 1,3-dichloorpropeen	-	-	-	0/5	0/5	0/5	0/2	-	-	-	-
2,3,4-trichloorfenol + 2,3,5-trichloorfenol + 2,3,6-trichloorfenol + 2,4,5-trichloorfenol + 2,4,6-trichloorfenol + 3,4,5-trichloorfenol	-	-	-	0/5	0/5	0/5	0/7	-	-	-	-
2,3-dichloorpropeen	-	-	-	0/5	0/5	0/5	0/2	-	-	-	-
2,4-dichloorfenol	-	-	-	0/5	0/5	0/5	0/2	-	-	-	-
2-chloorfenol + 3-chloorfenol + 4-chloorfenol	-	-	-	0/5	0/5	0/5	0/2	-	-	-	-
2-chloortolueen + 3-chloortolueen + 4-chloortolueen	-	-	-	0/5	0/5	0/5	0/8	-	-	-	-
3-chloorpropeen	-	-	-	0/5	0/5	0/5	0/8	-	-	-	-
4-chloor-3-methylfenol	-	-	-	0/5	0/5	0/5	0/2	-	-	-	-
benzeen	-	-	-	0/5	0/5	0/5	0/9	-	0/4	0/11	0/6
C10-C13-chlooralkanen	-	-	-	-	-	-	0/1	-	-	0/1	0/1
chloorbenzeen	-	-	-	0/5	0/5	0/5	0/8	-	0/4	0/11	0/6
chloortoluron	-	-	-	-	-	-	-	-	0/6	0/12	0/6

Stof	Zoet zijrivier	Durme	Rupel	Zoet kort verblijf	Zoet lang verblijf	Oligohalien	Saliniteitsgradient	Mesohalien	Zwak polyhalien	Sterk polyhalien	Monding
chloroform	-	-	-	0/5	0/5	0/5	0/10	-	0/4	0/11	0/6
cis-chloordaan + trans-chloordaan	-	-	-	0/3	0/3	0/3	0/1	-	-	-	-
cybutryne	-	-	-	0/1	0/1	0/1	-	-	-	-	-
di(2-ethylhexyl)-ftalaat	-	-	-	0/5	1/5	0/5	0/10	-	0/5	0/11	0/6
dichloormethaan	-	-	-	0/5	0/5	0/5	0/10	-	0/4	0/11	0/6
diflufenican	1/1	-	-	5/6	5/6	6/6	0/6	-	-	-	-
ethylbenzeen	-	-	-	0/5	0/5	0/5	0/8	-	0/4	0/11	0/6
flufenacet	0/1	-	-	0/6	2/6	0/6	0/6	-	-	-	-
hexachloorethaan	-	-	-	-	-	-	0/6	-	0/4	0/11	0/6
isopropylbenzeen	-	-	-	0/5	0/5	0/5	0/8	-	0/4	0/11	0/6
nonylfenol	-	-	-	4/4	2/4	1/4	0/4	-	-	-	-
octylfenol	-	-	-	0/5	0/5	-	0/6	-	0/5	0/11	0/6
PCB's	-	-	-	-	-	1/1	6/6	-	-	-	-
pentachloorbenzeen	-	-	-	0/6	0/6	-	0/6	-	0/6	0/12	0/6
quinoxyfen	-	-	-	0/4	0/3	0/3	0/3	-	-	-	-
terbutryn	-	-	-	0/1	0/1	-	-	-	-	-	-
tetrachlooretheen	-	-	-	0/5	0/5	0/5	0/8	-	0/4	0/11	0/6
tolueen	-	-	-	0/5	0/5	0/5	0/9	-	0/4	0/11	0/6
trifenyltinsom	-	-	-	0/5	0/5	0/5	0/2	-	-	-	-
tri-n-butylfosfaat	-	-	-	-	0/1	0/1	0/1	-	-	-	-
vinylchloride	-	-	-	0/5	0/5	0/5	0/8	-	-	-	-
xylenen	-	-	-	0/5	0/5	0/5	0/8	-	0/4	0/11	0/6

Tabel 9-26: Aantal jaargemiddeldes die lager liggen dan de grenswaarde en waarvoor ook de norm lager ligt dan de grenswaarde. Voor deze stoffen kan geen beoordeling afgeleid worden, maar het voorziet wel de nodige input om specifieke analysetechnieken te verbeteren (en de bemonsteringsinspanning mee in rekening te brengen).

Stof	Zoet zijrivier	Durme	Rupel	Zoet kort verblijf	Zoet lang verblijf	Oligohalien	Saliniteitsgradient	Mesohalien	Zwak polyhalien	Sterk polyhalien	Monding
antimoon	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
arseen	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Stof	Zoet zijrivier	Durme	Rupel	Zoet kort verblijf	Zoet lang verblijf	Oligohalien	Saliniteitsgradient	Mesohalien	Zwak polyhalien	Sterk polyhalien	Monding
barium	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
beryllium	12	6	18	30	18	24	24	-	-	-	-
boor	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
cadmium	8	4	-	20	12	-	2	-	-	-	-
chroom	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
kobalt	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
koper	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
kwik	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1
lood	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
molybdeen	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
nikkel	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
selenium	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
tellurium	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
thallium	2	1	3	5	3	4	4	-	-	-	-
tin	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
titaan	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
uranium	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
vanadium	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
zilver	4	2	6	10	6	8	8	-	-	-	-
zink	4	-	5	-	-	-	-	-	-	-	-
PAK's											
acenafteen	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
acenaftyleen	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
anthraceen	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
benzo(a)antraceen	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3	6
benzo(a)pyreen	-	-	-	-	-	-	-	-	1	6	6
chryseen	-	-	-	-	-	-	-	-	5	10	5
dibenzo(a,h)antraceen	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
fenantreen	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
fluorantheen	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
fluoreen	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
naftaleen	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
pyreen	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Bestrijdingsmiddelen											

Stof	Zoet zijrivier	Durme	Rupel	Zoet kort verblijf	Zoet lang verblijf	Oligohalien	Saliniteitsgradient	Mesohalien	Zwak polyhalien	Sterk polyhalien	Monding
2,4,5-trichloorfenoxyazijnzuur	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
(2,4-dichloorfenoxy)azijnzuur	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
alachloor	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
aldrin + dieldrin + endrin + isodrin	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-
alfa-endosulfan + beta-endosulfan	-	-	-	2	-	6	2	-	-	-	-
alfa-hexachloorcyclohexaan + beta-hexachloorcyclohexaan + delta-hexachloorcyclohexaan + gamma-hexachloorcyclohexaan	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
atrazine	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
azinfos-ethyl	-	-	-	2	2	2	1	-	6	12	6
bentazon	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
chloridazon	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
chlorpyrifos	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
cumafos	-	1	-	6	6	6	2	-	-	-	-
dichloorvos	-	-	-	5	5	5	8	-	6	12	6
dichlorprop	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
dimethoaat	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
diuron	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
fenitrothion	-	1	-	6	6	6	8	-	-	-	-
fenthion	-	1	-	6	6	6	8	-	-	-	-
heptachloor	-	1	-	6	6	6	8	-	6	12	6
heptachloorepoxiden	-	2	-	8	8	8	12	-	11	22	11
hexachloorbenzeen	-	-	-	-	-	-	-	-	6	12	6
hexachloorbutadieen	-	-	-	-	-	-	-	-	6	12	6
isoproturon	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
linuron	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
malathion	-	1	-	6	6	6	8	-	-	-	-
MCPA	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
mecoprop	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
mevinfos	-	1	-	6	6	6	1	-	6	12	6
monolinuron	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
o,p'-DDT	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-
parathion-methyl	-	1	-	6	6	6	8	-	-	-	-
pentachloorfenol	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Stof	Zoet zijrivier	Durme	Rupel	Zoet kort verblijf	Zoet lang verblijf	Oligohalien	Saliniteitsgradient	Mesohalien	Zwak polyhalien	Sterk polyhalien	Monding
simazine	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
tetrabutyltin	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
triazofos	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
tributyltin	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
trifluralin	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
(Overige) organische verbindingen											
1,1,1-trichloorethaan	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1,1,2,2-tetrachloorethaan	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1,1,2-trichloorethaan	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1,1,2-trichloortrifluorethaan	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1,1-dichloorethaan	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1,1-dichlooretheen	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1,2-dibroomethaan	-	-	-	1	2	2	2	-	-	-	-
1,2,3-trichloorbenzeen + 1,2,4-trichloorbenzeen + 1,3,5-trichloorbenzeen	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1,2,4,5-tetrachloorbenzeen	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1,2-dichloorbenzeen + 1,3-dichloorbenzeen + 1,4-dichloorbenzeen	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1,2-dichloorethaan	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1,2-dichlooretheen + 1,2-dichlooretheen	-	-	-	-	-	-	-	-	1	4	-
1,2-dichloorpropaan	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1,3-dichloorpropeen + 1,3-dichloorpropeen	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2,3,4-trichloorfenol + 2,3,5-trichloorfenol + 2,3,6-trichloorfenol + 2,4,5-trichloorfenol + 2,4,6-trichloorfenol + 3,4,5-trichloorfenol	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2,3-dichloorpropeen	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2,4-dichloorfenol	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2-chloorfenol + 3-chloorfenol + 4-chloorfenol	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2-chloortolueen + 3-chloortolueen + 4-chloortolueen	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3-chloorpropeen	-	-	-	-	-	-	-	-	6	12	6
4-chloor-3-methylfenol	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Stof	Zoet zijrivier	Durme	Rupel	Zoet kort verblijf	Zoet lang verblijf	Oligohalien	Saliniteitsgradient	Mesohalien	Zwak polyhalien	Sterk polyhalien	Monding
aclonifen	-	-	-	-	-	4	3	-	-	-	-
benzeen	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
bifenox	-	-	-	4	4	6	4	-	-	-	-
C10-C13-chlooralkanen	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
chloorbenzeen	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
chloroform	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
cis-chloordaan + trans-chloordaan	-	-	-	2	1	-	-	-	-	-	-
cybutryne	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
cypermethrin	-	1	-	6	6	6	8	-	4	8	4
di(2-ethylhexyl)-ftalaat	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
dichloormethaan	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
dicofol	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	2
diflufenican	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-
ethylbenzeen	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
flufenacet	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
hexachloorethaan	-	-	-	-	-	-	-	-	1	2	1
isopropylbenzeen	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
nonylfenol	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
octylfenol	-	-	-	-	-	2	2	-	-	-	-
PCB's	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
pentachloorbenzeen	-	-	-	1	-	6	2	-	-	-	-
perfluoroctaanzuur	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-
quinoxyfen	-	-	-	-	-	2	1	-	-	-	-
terbutryn	-	-	-	-	-	6	2	-	-	-	-
tetrachlooretheen	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
tolueen	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
trifenyltinsom	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
tri-n-butylfosfaat	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
vinylchloride	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
xylenen	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Tabel 9-27: Aantal overschrijdingen van de jaargemiddelde normwaarden voor de "toetsbare" verontreinigende stoffen in de periode 2016-2021, weergegeven als aantal overschrijdingen ten opzichte van het aantal metingen uitgevoerd op de meetstations aan de grenzen van het estuarium. Resultaten worden weergegeven als 'X/Y', met 'X' het aantal overschrijdingen en 'Y' het aantal jaargemiddeldes dat werd berekend. Achtergrondkleuren geven een idee

van de fractie aan overschrijdingen: groen (0%), geel (0,01 – 25%), oranje (25,01 – 50%), rood (50,01 – 75%) en donkerrood (75,01 – 100%). '-': Geen toetsbare bemonstering van de stof.

Stof	Bovenschelde	Dender	Kleine Nete	Grote Nete	Zenne Zemst	Dijle Mechelen	Durme	Haven Lillobrug	Walcheren 2 km
Metalen									
Antimoon	0/6	0/6	0/6	0/6	0/6	0/6	0/6	0/6	-
Arseen	0/6	0/6	0/6	0/6	6/6	0/6	2/6	1/6	6/6
Barium	0/6	0/6	0/6	0/6	0/6	0/6	0/6	0/6	-
Beryllium	-	-	-	-	0/3	0/4	-	-	-
Boor	0/6	0/6	0/6	0/6	0/6	0/6	0/6	5/6	-
Cadmium	0/2	0/2	0/3	0/2	0/6	0/6	0/2	0/3	0/6
Chroom	0/6	0/6	0/6	0/6	0/6	0/6	0/6	0/6	-
Kobalt	0/6	4/6	6/6	6/6	5/6	1/6	4/6	1/6	-
Koper	0/6	0/6	0/6	0/6	0/6	0/6	0/6	0/6	4/6
Kwik	-	-	-	-	-	-	-	-	6/6
Lood	0/6	0/6	0/6	0/6	0/6	0/6	0/6	0/6	0/6
Molybdeen	0/6	0/6	0/6	0/6	0/6	0/6	0/6	0/6	-
Nikkel	0/6	0/6	2/4	0/5	0/6	0/6	0/6	1/6	0/6
Selenium	0/6	0/6	0/6	0/6	0/6	0/6	0/6	0/6	-
Tellurium	0/6	0/6	0/6	0/6	0/6	0/6	0/6	0/6	-
Thallium	0/5	0/5	0/5	0/5	0/6	0/6	0/5	0/5	-
Tin	0/6	0/6	0/6	0/6	0/6	0/6	0/6	0/6	-
Titaan	0/6	0/6	0/6	0/6	0/6	0/6	0/6	0/6	-
Uranium	6/6	0/6	0/6	0/6	0/6	0/6	1/6	5/6	-
Vanadium	0/6	0/6	0/6	0/6	0/6	0/6	0/6	0/6	-
Zilver	0/4	0/4	0/4	0/4	0/3	0/3	0/4	0/4	0/6
Zink	0/6	0/6	0/6	6/6	0/6	0/6	0/6	0/4	0/6
PAK's									
Acenafteen	0/2	0/3	0/2	0/2	5/5	0/3	-	0/3	-
Acenaftyleen	0/2	0/3	0/2	0/2	0/5	0/3	-	0/3	-
Anthraceen	0/2	0/3	0/2	0/2	0/5	0/3	-	0/3	0/6
Benzo(a)antraceen	0/2	0/3	0/2	0/2	0/5	0/3	-	0/3	-
Benzo(a)pyreen	2/2	-	-	-	5/5	2/2	-	-	-
Chryseen	0/2	0/3	0/2	0/2	0/5	0/3	-	0/3	-
Dibenzo(a,h)antraceen	0/2	0/3	0/2	0/2	0/5	0/3	-	0/3	0/5
Fenantreen	0/2	0/3	0/2	0/2	0/5	0/3	-	0/3	0/6
Fluorantheen	2/2	2/2	-	2/2	5/5	3/3	-	-	0/6

Stof	Bovenschelde	Dender	Kleine Nete	Grote Nete	Zenne Zemst	Dijle Mechelen	Durme	Haven Lillobrug	Walcheren 2 km
Fluoreen	0/2	0/3	0/2	0/2	0/5	0/3	-	0/3	-
Naftaleen	0/2	0/3	0/2	0/2	0/5	0/3	-	0/3	0/6
Pyreen	1/2	0/3	0/2	0/2	5/5	0/3	-	0/3	0/5
Bestrijdingsmiddelen									
2,4,5-trichloorfenoxyazijnzuur	0/2	0/2	0/3	0/2	0/2	0/2	0/1	0/1	-
(2,4-dichloorfenoxy)azijnzuur (2,4-D)	0/2	0/2	0/3	0/2	0/2	0/2	0/1	0/1	-
Alachloor	0/2	0/3	0/3	0/2	0/2	0/3	0/1	0/1	0/6
Aldrin + dieldrin + endrin + isodrin	0/2	0/3	0/2	0/2	0/2	0/3	0/1	0/1	0/6
Alfa-endosulfan + beta-endosulfan	0/2	0/3	0/3	0/2	0/2	0/3	0/1	-	0/6
Alfa-hexachloorcyclohexaan + beta-hexachloorcyclohexaan + delta-hexachloorcyclohexaan + gamma-hexachloorcyclohexaan	0/2	0/3	0/3	0/2	0/2	0/3	0/1	0/1	0/6
Atrazine	0/2	0/3	0/3	0/2	0/2	0/3	0/1	0/1	0/6
Azinfos-ethyl	0/1	0/1	-	-	-	0/1	0/1	0/1	-
Azinfos-methyl	0/1	-	-	-	-	-	0/1	0/1	-
Bentazon	0/2	0/2	0/3	0/2	0/2	0/2	0/1	0/1	0/6
Chloridazon	0/2	0/3	0/3	0/2	0/2	0/3	0/1	0/1	-
Chlorpyrifos	-	-	-	-	-	-	-	-	0/6
Cumafos	-	-	-	-	-	-	-	-	0/6
Dichlorvos	0/1	-	-	-	-	-	0/1	-	-
Dichlorprop	0/2	0/2	0/3	0/2	0/2	0/2	0/1	0/1	-
Dimethoaat	0/2	0/3	0/3	0/2	0/2	0/3	0/1	0/1	0/6
Disulfoton	0/1	-	-	-	-	-	0/1	0/1	-
Diuron	0/2	0/3	0/3	0/2	0/2	0/3	0/1	0/1	0/6
Heptachloorepoxiden	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Isoproturon	0/2	0/3	0/3	0/2	0/2	0/3	0/1	0/1	0/6
Linuron	0/2	0/3	0/3	0/2	0/2	0/3	0/1	0/1	-
MCPA	0/2	0/2	0/3	0/2	0/2	0/2	0/1	0/1	0/6
Mecoprop	0/2	0/2	0/3	0/2	0/2	0/2	0/1	0/1	0/6
Mevinfos	-	-	-	-	-	-	-	0/1	-
Monolinuron	0/2	0/3	0/3	0/2	0/2	0/3	0/1	0/1	-
o,p'-DDT	0/2	0/3	0/2	0/2	0/2	0/3	0/1	0/1	-
Parathion-methyl	0/1	0/1	-	-	-	0/1	0/1	0/1	-
Pentachloorfenol	0/2	0/3	0/2	0/2	0/2	0/2	-	-	0/6
Propanil	0/2	0/3	0/3	0/2	0/2	0/3	0/1	0/1	-

Stof	Bovenschelde	Dender	Kleine Nete	Grote Nete	Zenne Zemst	Dijle Mechelen	Durme	Haven Lillobrug	Walcheren 2 km
Simazine	0/2	0/3	0/3	0/2	0/2	0/3	0/1	0/1	0/6
Tetrabutyltin	0/1	0/1	0/1	0/1	0/1	0/1	-	0/3	-
Triazofos	0/1	0/1	-	-	-	0/1	0/1	0/1	0/6
Tributyltin	0/2	0/3	0/2	0/2	0/2	0/2	-	3/3	-
Trifluralin	0/2	0/3	0/3	0/2	0/2	0/3	0/1	0/1	0/6
(Overige) organische stoffen									
1,1,1-trichloorethaan	0/2	0/3	0/2	0/2	0/2	0/2	-	0/3	0/6
1,1,2,2-tetrachloorethaan	0/2	0/3	0/2	0/2	0/2	0/2	-	0/3	0/6
1,1,2-trichloorethaan	0/2	0/3	0/2	0/2	0/2	0/2	-	0/3	0/6
1,1,2-trichloortrifluorethaan	0/2	0/3	0/2	0/2	0/2	0/2	-	0/3	-
1,1-dichloorethaan	0/2	0/3	0/2	0/2	0/2	0/2	-	0/3	-
1,1-dichlooretheen	0/2	0/3	0/2	0/2	0/2	0/2	-	0/3	0/6
1,2,3-trichloorbenzeen + 1,2,4-trichloorbenzeen + 1,3,5-trichloorbenzeen	0/2	0/3	0/2	0/2	0/2	0/2	-	0/3	0/6
1,2-dichloorbenzeen + 1,3-dichloorbenzeen + 1,4-dichloorbenzeen	0/2	0/3	0/2	0/2	0/2	0/2	-	0/3	0/6
1,2-dichloorethaan	0/2	0/3	0/2	0/2	0/2	0/2	-	0/3	0/6
1,2-dichlooretheen + 1,2-dichlooretheen	0/2	0/3	0/2	0/2	0/2	0/2	-	0/3	0/6
1,2-dichloorpropaan	0/2	0/3	0/2	0/2	0/2	0/2	-	0/3	0/6
1,3-dichloorpropeen + 1,3-dichloorpropeen	0/2	0/3	0/2	0/2	0/2	0/2	-	0/3	-
2,3,4-trichloorfenol + 2,3,5-trichloorfenol + 2,3,6-trichloorfenol + 2,4,5-trichloorfenol + 2,4,6-trichloorfenol + 3,4,5-trichloorfenol	0/2	0/3	0/2	0/2	0/2	0/2	-	-	-
2,3-dichloorpropeen	0/2	0/3	0/2	0/2	0/2	0/2	-	0/3	-
2,4-dichloorfenol	0/1	0/2	0/1	0/1	0/1	0/1	-	-	-
2-chloorfenol + 3-chloorfenol + 4-chloorfenol	0/2	0/3	0/2	0/2	0/2	0/2	-	-	-
2-chloortolueen + 3-chloortolueen + 4-chloortolueen	0/2	0/3	0/2	0/2	0/2	0/2	-	0/3	-
3-chloorpropeen	0/2	0/3	0/2	0/2	0/2	0/2	-	0/3	-
4-chloor-3-methylfenol	0/2	0/3	0/2	0/2	0/2	0/2	-	-	-
Aclonifen	0/4	0/3	0/3	0/2	0/2	0/3	0/1	0/1	0/5
Benzeen	0/2	0/3	0/2	0/2	0/2	0/2	-	0/3	0/6
Bifenox	0/1	0/1	-	-	-	0/1	0/1	-	0/4

Stof	Bovenschelde	Dender	Kleine Nete	Grote Nete	Zenne Zemst	Dijle Mechelen	Durme	Haven Lillobrug	Walcheren 2 km
Chloorbenzeen	0/2	0/3	0/2	0/2	0/2	0/2	-	0/3	0/6
Chloroform	0/2	0/3	0/2	0/2	0/2	0/2	-	0/3	0/6
Cis-chloordaan + trans-chloordaan	0/2	0/3	0/2	0/2	0/2	0/3	0/1	0/1	-
Cybutryne	0/2	0/3	0/3	0/2	0/1	0/3	0/1	0/1	-
Di(2-ethylhexyl)-ftalaat	0/2	0/3	0/2	0/2	0/2	0/2	-	-	1/6
Dibutyltinzouten	0/1	0/1	-	-	-	0/1	-	0/2	-
Dichloormethaan	0/2	0/3	0/2	0/2	0/2	0/2	-	0/3	0/6
Dicofol	-	-	-	-	-	-	-	-	2/2
Diflufenican	1/4	0/3	0/3	0/3	0/3	0/4	0/1	0/1	-
Ethylbenzeen	0/2	0/3	0/2	0/2	0/2	0/2	-	0/3	0/6
Flufenacet	2/2	0/3	0/3	0/2	1/2	0/3	0/1	0/1	-
Hexachloorethaan	-	-	-	-	-	-	-	-	0/5
Isopropylbenzeen	0/2	0/3	0/2	0/2	0/2	0/2	-	0/3	0/6
Nonylfenol	1/2	0/3	0/2	0/2	1/2	0/2	-	-	-
Octylfenol	0/2	0/3	0/2	0/2	0/2	0/2	-	-	0/6
PCB's	0/2	0/2	0/2	0/2	2/2	0/2	1/1	0/1	-
Pentachloorbenzeen	0/2	0/3	0/2	0/2	0/2	0/3	0/1	-	0/6
Perfluoroctaansulfonzuur	1/1	2/2	1/1	1/1	1/1	2/2	-	1/1	-
Perfluoroctaanzuur	1/1	-	-	-	-	-	-	1/1	3/3
Quinoxyfen	0/2	0/3	0/3	0/2	0/2	0/3	0/1	0/1	0/5
Terbutryn	0/2	0/3	0/3	0/2	0/2	0/3	0/1	-	0/5
Tetrachlooretheen	0/2	0/3	0/2	0/2	0/2	0/2	-	0/3	0/6
Tolueen	0/2	0/3	0/2	0/2	0/2	0/2	-	0/3	0/6
Trifenyltinsom	0/2	0/3	0/2	0/2	0/2	0/2	-	0/3	-
Tri-n-butylfosfaat	0/2	0/2	0/2	0/2	0/2	0/2	-	-	-
Vinylchloride	0/2	0/3	0/2	0/2	0/2	0/2	-	0/3	-
Xylenen	0/2	0/3	0/2	0/2	0/2	0/2	-	0/3	0/6

D.4.5. Triade-berekening waterbodem

Voor de triade-gebaseerde analyses wordt deze fysicochemische component aangevuld met een ecotoxicologische en biologische beoordeling van de waterbodem. Beide componenten zijn zo opgebouwd dat er voor elk staal een score bekomen wordt, lopende van 1 (geen effect) tot 4 (sterk effect). Alle component-specifieke scores kunnen vervolgens omgezet worden in een algemeen signaal (zie Tabel 9-28), dat de basis vormt voor de finale beoordeling (zie Tabel 9-29). De bovengrens wordt gelegd op *Klasse 2* en wordt beschouwd in elke zone waarvoor de noodzakelijke gegevens voorhanden zijn (Zeeschelde en Westerschelde).

Tabel 9-28: Toekenning van een signaal (-: beperkte afwijking/effect; +: sterke afwijking/effect) aan de bekomen score, opgedeeld per component.

	Signaal		
Score/Klasse	**Fysicochemie**	**Ecotoxicologie**	**Biologie**
1	-	-	-
2	-	+	+
3	+	+	+
4	+	+	+

Tabel 9-29: Finale beoordeling gebaseerd op de component-specifieke signalen. De finale beoordeling loopt van score 1 (geen/beperkte verontreiniging) tot 4 (sterke verontreiniging).

Component			Finale
Fysicochemie	**Ecotoxicologie**	**Biologie**	**beoordeling**
+	+	+	4
-	+	+	
+	-	+	3
+	+	-	
-	-	+	
-	+	-	2
+	-	-	
-	-	-	1

De maximale finale triade-klasse omvat de fysicochemie, ecotoxicologie en biologie en wordt weergegeven in Tabel 9-30. Deze klasse wordt rechtstreeks ter beschikking gesteld in de Scheldemonitor, maar kan aangevuld worden met de resultaten van de voorgaande analyses voor de component fysicochemie. Dit kan er toe leiden dat de finale triade-klasse verschilt tussen beide analyses, aangezien hier de maximale klasse van de groep-specifieke analyses is gerapporteerd en dit in de originele triade berekening niet uitgevoerd wordt.

Tabel 9-30: Hoogste triade-klasse voor verontreinigende stoffen in de waterbodem die afgeleid werd in de verschillende zones (Zeeschelde) in het Schelde-estuarium. Maxima zijn berekend per periode van zes jaar. Tussen haakjes staan de aangepaste triade-klasse op basis van de analyses voor de fysicochemische component (zie voorgaande analyses; eerste klasse: > grenswaarde en tweede klasse: alle stoffen). Door de beperkte frequentie kan de alternatieve klasse bepaald zijn door een ander staal (in tijd en/of ruimte) dan de originele klasse.

Zone	2004-2009	2010-2015	2016-2021
Zijrivieren			
Rupel	4	4 (2; 2)	3
Zeeschelde			
Zoet kort verblijf	4	3 (3; 3)	3
Zoet lang verblijf	4	3 (3; 3)	4
Oligohalien	4	4 (3; 3)	4
Saliniteitsgradiënt	4	3 (3; 2)	3 (3; -)

D.4.6. Originele analyses biota

Methodiek

De grote hoeveelheid aan stoffen maakt een trendbepaling en vergelijking met voorgaande jaren of een vergelijking tussen zones onoverzichtelijk. Voor een snel en alomvattend beeld wordt daarom gebruik gemaakt van toxische eenheden (*Toxic Units*; TU). Hierbij worden de concentraties van de gemeten verontreinigende stoffen gedeeld door hun respectievelijke milieukwaliteitsnorm (zie Tabel 9-14 in Bijlage D.4.2), zoals getoond in Vergelijking D.4.

$$TU_{biota,i} = \frac{C_{biota,i}}{C_{biota,R,i}} \quad \text{(D.4)}$$

Met $TU_{biota,i}$ de toxische eenheid voor stof *i* (-), $C_{biota,i}$ de concentratie van stof *i* in het weefsel van paling en/of bot en $C_{biota,R,i}$ de respectievelijke referentieconcentratie van deze stof (zie Tabel 9-14 in Bijlage D.4.2). Belangrijk hierbij is dat $C_{biota,i}$ en $C_{biota,R,i}$ in dezelfde eenheid uitgedrukt zijn.

Net zoals bij oppervlaktewater, kunnen hier totale $TU_{biota,t}$'s bepaald worden (zie Vergelijking D.5). Aangezien de gevoeligheid aan verontreinigende stoffen verschillend is voor verschillende weefsels, worden de $TU_{biota,t}$'s bepaald per weefseltype (of orgaan). Bijgevolg wordt één waarde bekomen die de toxische lading weergeeft, onafhankelijk van het aantal metingen. Hierdoor kan een vergelijking tussen meetplaatsen en in de tijd uitgevoerd worden.

$$TU_{biota,t} = \frac{1}{N}\sum_{i}^{N} TU_{biota,i} = \frac{1}{N}\sum_{i}^{N} \frac{C_{biota,i}}{C_{biota,R,i}} \quad \text{(D.5)}$$

Met $TU_{biota,t}$ de totale toxische eenheid (-), *N* het totaal aantal beschouwde parameters (-), $TU_{biota,i}$ de toxische eenheid voor stof *i* (-), $C_{biota,i}$ de concentratie van stof *i* en $C_{biota,R,i}$ de respectievelijke referentieconcentratie van deze stof (met $C_{biota,i}$ en $C_{biota,R,i}$ in dezelfde eenheid uitgedrukt).

De berekende $TU_{biota,i}$'s zijn dimensieloos en de grenzen worden op 1 en 100 ingesteld. Waarden kleiner dan 1 worden aan 1 gelijkgesteld, waarden groter dan 100 worden gelijk aan 100 gesteld. Van elke $TU_{biota,i}$ per verontreinigende stof *i* wordt vervolgens de logaritme genomen om een normale verdeling van de $TU_{biota,i}$'s te bekomen (zie Vergelijking D.6). De grenzen worden aldus respectievelijk 0 en 2.

$$LogIndex_i = \log\left(TU_{biota,i}\right) \quad \text{(D.6)}$$

Om het staal per chemische parameter te klasseren, wordt de (arbitraire) klasseindeling gebruikt zoals getoond in Tabel 9-31. Op deze manier wordt per staal voor elke verontreinigende stof een klasse bekomen. De hoogste van alle klassen van alle verontreinigende stoffen wordt de globale klasse van het staal. De bovengrens wordt gelegd op *Klasse 2* en wordt beschouwd in elke zone (Zeeschelde en Westerschelde).

Tabel 9-31: Klasseindeling voor geaccumuleerde concentraties aan verontreinigende stoffen in biota.

LogIndex	Klasse	Betekenis (afwijking t.o.v. referentie)
0 ≤ LogIndex < 0,4	1	Niet afwijkend
0,4 ≤ LogIndex < 0,8	2	Licht afwijkend
0,8 ≤ LogIndex < 1,2	3	Afwijkend
1,2 ≤ LogIndex < 2	4	Sterk afwijkend

Analyse

De hoogste klasse kan voor het merendeel van de zones niet bepaald worden voor de periode *2016-2021*. Enkel voor de zones *Zoet lang verblijf*, *Oligohalien*, *Saliniteitsgradiënt* en *Zwak polyhalien* zijn er gegevens beschikbaar voor de periode *2016-2021*.

De resultaten voor de periode *2016-2021* variëren tussen de verschillende zones, gaande van de laagste klasse (zones *Saliniteitgradiënt* en *Zwak polyhalien*) tot de hoogste klasse (zones *Zoet lange verblijftijd* en *Oligohalien*). Deze hoogste klassen worden enkel in de Zeeschelde waargenomen, terwijl er voor de Zijrivieren en Monding geen gegevens beschikbaar zijn. Een overzicht van het absoluut en relatief aantal overschrijdingen wordt gegeven in Tabel 9-32.

Tabel 9-32: Hoogste klasse voor verontreinigende stoffen in biota die afgeleid werd in de verschillende zones (Zeeschelde en Westerschelde) in het Schelde-estuarium. Maxima zijn berekend per periode van zes jaar.

Zone	> Grenswaarde			Alle stoffen		
	2004-2009	2010-2015	2016-2021	2004-2009	2010-2015	2016-2021
Zijrivieren						
Zoet zijrivier	-	-	-	-	-	-
Durme	-	-	-	-	-	-
Rupel	-	-	-	-	-	-
Zeeschelde						
Zoet kort verblijf	-	-	-	-	-	-
Zoet lang verblijf	-	-	4	-	-	4
Oligohalien	-	-	4	-	-	4
Saliniteitsgradient	-	4	-	-	4	1
Westerschelde						
Mesohalien	-	-	-	-	-	-
Zwak polyhalien	4	1	1	4	1	1
Sterk polyhalien	-	-	-	-	-	-
Monding						
Monding	-	-	-	-	-	-

D.4.7. Aanvullende analyses biota

Tabel 9-33: Aantal overschrijdingen van de jaargemiddelde normwaarden voor de "toetsbare" stoffen in de periode 2010-2015, weergegeven als aantal overschrijdingen ten opzichte van het aantal metingen. Resultaten worden weergegeven als 'X/Y', met 'X' het aantal overschrijdingen en 'Y' het aantal jaargemiddeldes dat werd berekend. Achtergrondkleuren geven een idee van de fractie aan overschrijdingen: groen (0%), geel (0,01 – 25%), oranje (25,01 – 50%), rood (50,01 – 75%) en donkerrood (75,01 – 100%). '-': Geen toetsbare bemonstering van de stof.

Stof	Zoet kort verblijf	Zoet lang verblijf	Oligohalien	Saliniteitsgradient	Mesohalien	Zwak polyhalien	Sterk polyhalien	Monding
Benzo(a)pyreen	-	-	-	-	-	0/6	-	-
Dicofol	-	-	-	0/1	-	-	-	-
Dioxinen	-	-	-	1/1	-	-	-	-
Fluorantheen	-	-	-	-	-	0/5	-	-
Heptachloorepoxiden	-	-	-	1/1	-	5/5	-	-
Hexabroomcyclododecaan (HBCDD)	-	-	-	0/1	-	0/2	-	-
Hexachloorbenzeen (HCBz)	-	-	-	0/1	-	0/6	-	-
Hexachloorbutadieen (HCBd)	-	-	-	0/1	-	0/6	-	-
Kwik (Hg)	-	-	-	1/1	-	3/5	-	-
PBDEs	-	-	-	1/1	-	6/6	-	-
Perfluoroctaansulfonzuur (PFOS)	-	-	-	1/1	-	0/2	-	-

Tabel 9-34: Aantal jaargemiddeldes die in de periode 2016-2021 lager liggen dan de grenswaarde en waarvoor ook de norm lager ligt dan de grenswaarde. Voor deze stoffen kan geen beoordeling afgeleid worden, maar het voorziet wel de nodige input om specifieke analysetechnieken te verbeteren (en de bemonsteringsinspanning mee in rekening te brengen).

Stof	Zoet kort verblijf	Zoet lang verblijf	Oligohalien	Saliniteitsgradient	Mesohalien	Zwak polyhalien	Sterk polyhalien	Monding
Benzo(a)pyreen	-	-	-	-	-	-	-	-
Dicofol	-	-	-	-	-	-	-	-
Dioxinen	-	-	-	-	-	-	-	-
Fluorantheen	-	-	-	-	-	-	-	-
Heptachloor	-	1	1	-	-	6	-	-
Heptachloorepoxiden	-	1	1	-	-	-	-	-

Stof	Zoet kort verblijf	Zoet lang verblijf	Oligohalien	Saliniteitsgradient	Mesohalien	Zwak polyhalien	Sterk polyhalien	Monding
Hexabroomcyclododecaan (HBCDD)	-	-	-	-	-	-	-	-
Hexachloorbenzeen (HCBz)	-	-	-	-	-	-	-	-
Hexachloorbutadieen (HCBd)	-	-	-	-	-	-	-	-
Kwik (Hg)	-	-	-	-	-	-	-	-
PBDEs	-	-	-	-	-	-	-	-
Perfluoroctaansulfonzuur (PFOS)	-	-	-	-	-	-	-	-

D.5. Verklarende parameters

D.5.1. Gehanteerde data

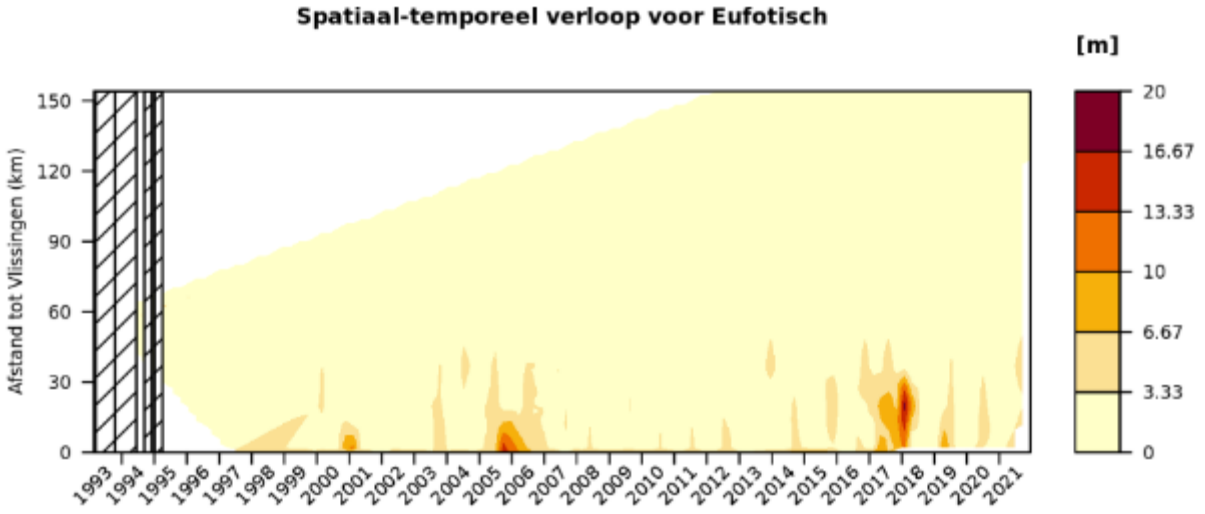
Tabel 9-35: Meetstations voor de verklarende parameters.

Station	Segment	Zone	Afstand (km)
Monding			
Walcheren 2 km uit de kust	Monding	Monding	-
Westerschelde			
Vlissingen boei SSVH	Comp. 1	Sterk polyhalien	0,4
Terneuzen boei 20	Comp. 3	Sterk polyhalien	20,2
Hansweert geul	Comp. 4	Zwak polyhalien	36,7
Zeeschelde			
Grens (154100) [a, b]	Comp. 7b	Saliniteitsgradient	57,7
Schaar van Ouden Doel [b]	Comp. 9	Saliniteitsgradient	58,6
Grens	Comp. 9	Saliniteitsgradient	59,4
Liefkenshoek (157000) [a, b]	Comp. 10	Saliniteitsgradient	65,3
Liefkenshoek	Comp. 10	Saliniteitsgradient	66
Punt van Melsele (159000) [a, b]	Comp. 11	Saliniteitsgradient	71,2
Punt van Melsele	Comp. 11	Saliniteitsgradient	73,5
Antwerpen (160200) [a, b]	Comp. 12	Saliniteitsgradient	80,6
Antwerpen	Comp. 12	Saliniteitsgradient	80,6
Kruibeke	Comp. 13	Oligohalien	88,2
Kruibeke (160800) [a, b]	Comp. 13	Oligohalien	88,2
Bazel (162000) [a, b]	Comp. 13	Oligohalien	91,7
Bazel	Comp. 13	Oligohalien	92
Steendorp (162300) [a, b]	Comp. 14	Oligohalien	96,1
Steendorp	Comp. 14	Oligohalien	96,9
Temse (162800) [a, b]	Comp. 14	Oligohalien	101
Temse	Comp. 14	Oligohalien	101
Lippenbroek (162900) [a, b]	Comp. 15	Zoet lang verblijf	106,6
Lippenbroek	Comp. 15	Zoet lang verblijf	106,7
Baasrode (163500) [a, b]	Comp. 15	Zoet lang verblijf	116,1
Baasrode	Comp. 15	Zoet lang verblijf	116,2
Dendermonde (164000) [a, b]	Comp. 16	Zoet lang verblijf	122,9
Dendermonde	Comp. 16	Zoet lang verblijf	124,4
Sint Onolfs	Comp. 17	Zoet kort verblijf	128,7
Sint Onolfs (165000) [a, b]	Comp. 17	Zoet kort verblijf	128,9
Appels (166200) [a, b]	Comp. 17	Zoet kort verblijf	131,6
Appels	Comp. 17	Zoet kort verblijf	131,6
Uitbergen (167200) [a, b]	Comp. 18	Zoet kort verblijf	141,1
Uitbergen	Comp. 18	Zoet kort verblijf	141,1
Wetteren (167500) [a, b]	Comp. 19	Zoet kort verblijf	148,1

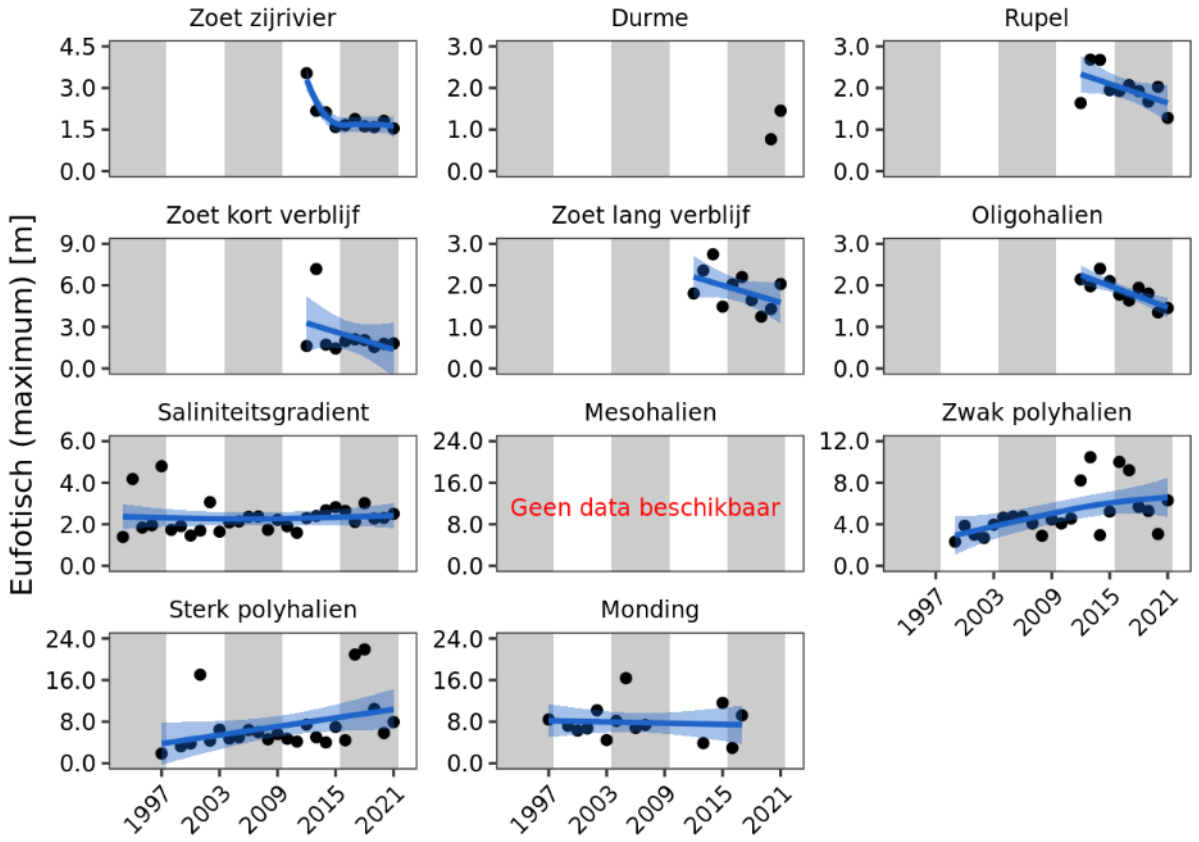
Station	Segment	Zone	Afstand (km)
Wetteren	Comp. 19	Zoet kort verblijf	148,1
Melle	Comp. 19	Zoet kort verblijf	154,1
Melle (168900) [a, b]	Comp. 19	Zoet kort verblijf	154,2
Zijrivieren			
Niel (210000) [a, b]	Rupel	Rupel	97,6
Niel	Rupel	Rupel	97,7
Boom	Rupel	Rupel	100,6
Boom (210900) [a, b]	Rupel	Rupel	101,1
Terhagen	Rupel	Rupel	103,8
Terhagen (210950) [a, b]	Rupel	Rupel	105,7
Durme	GetijdeDurme	Durme	106
Durme (492000) [a, b]	GetijdeDurme	Durme	106
Beneden-Dijle (211700) [a, b]	GetijdeDijle	Zoet zijrivier	106,5
Beneden-Dijle	GetijdeDijle	Zoet zijrivier	106,6
Beneden-Nete	GetijdeNete	Zoet zijrivier	108,6
Beneden-Nete (250000) [a, b]	GetijdeNete	Zoet zijrivier	108,8
Boundaries			
Haven Lillobrug [a]	Boundary	Boundary	66,7
Haven Lillobrug (804000) [a, b]	Boundary	Boundary	66,7
Dijle Mechelen [a]	Boundary	Boundary	114,7
Dijle Mechelen (212400) [a, b]	Boundary	Boundary	114,7
Zenne Zemst [a, b]	Boundary	Boundary	115,5
Zenne Zemst (341560) [a, b]	Boundary	Boundary	115,5
Grote Nete [a]	Boundary	Boundary	121
Grote Nete (253000) [a, b]	Boundary	Boundary	121
Kleine Nete [a]	Boundary	Boundary	121,5
Kleine Nete (272000) [a, b]	Boundary	Boundary	121,5
Dender [a]	Boundary	Boundary	126,2
Dender (499500) [a, b]	Boundary	Boundary	126,2
Bovenschelde [a]	Boundary	Boundary	156,3
Bovenschelde (172100) [a, b]	Boundary	Boundary	156,3

[a] Niet gebruikt voor *Eufotische diepte* en *Lichtlimitatie*; [b] Niet gebruikt voor *POC*.

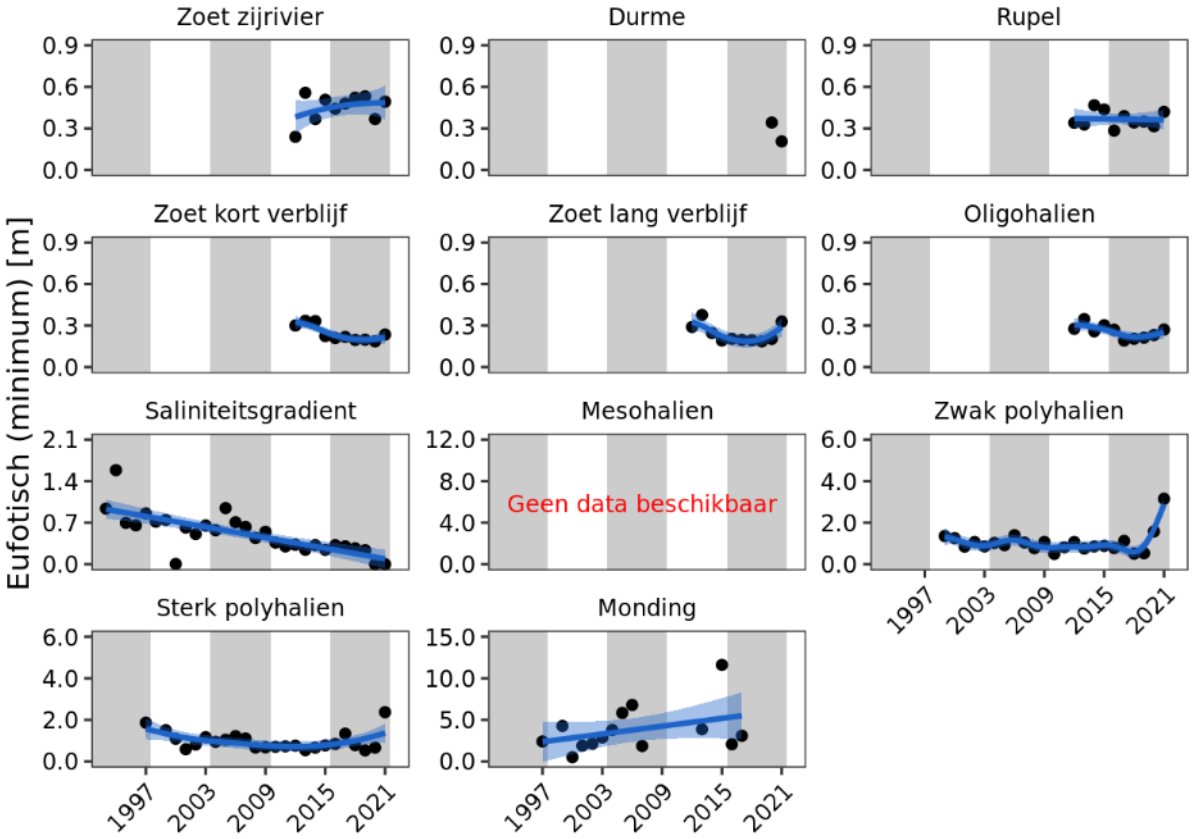
D.5.2. Additionele analyses



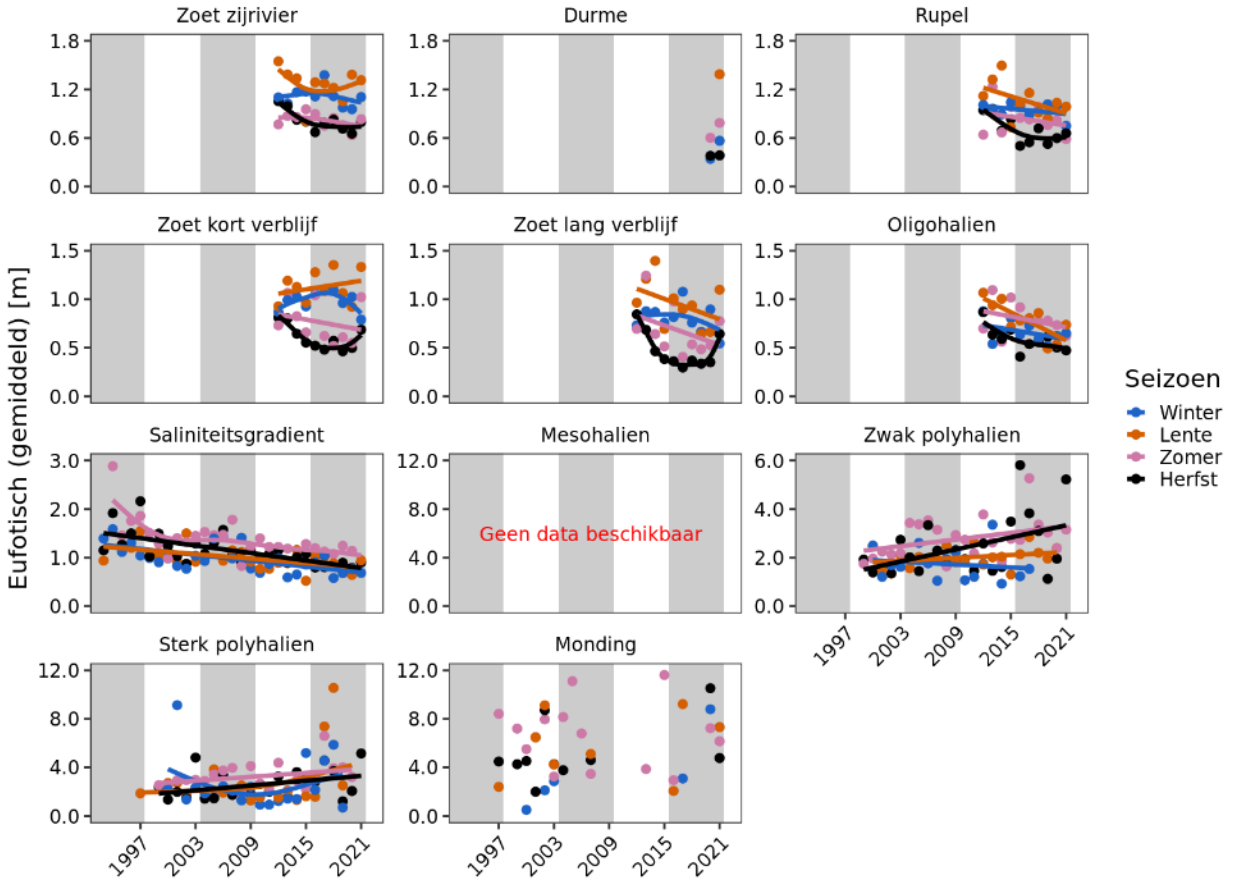
Figuur 9-301: Spatiaal-temporeel verloop voor eufotische diepte.



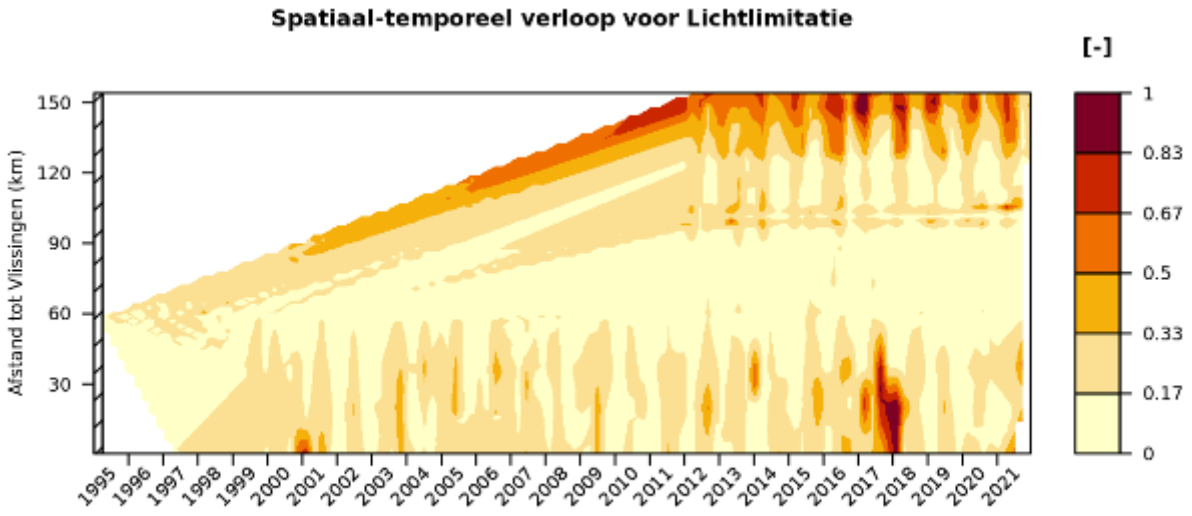
Figuur 9-302: Maximale eufotische diepte die afgeleid werd in de verschillende zones (niveau 3) van het Schelde-estuarium, gebruik makende van Vergelijking 5.15.



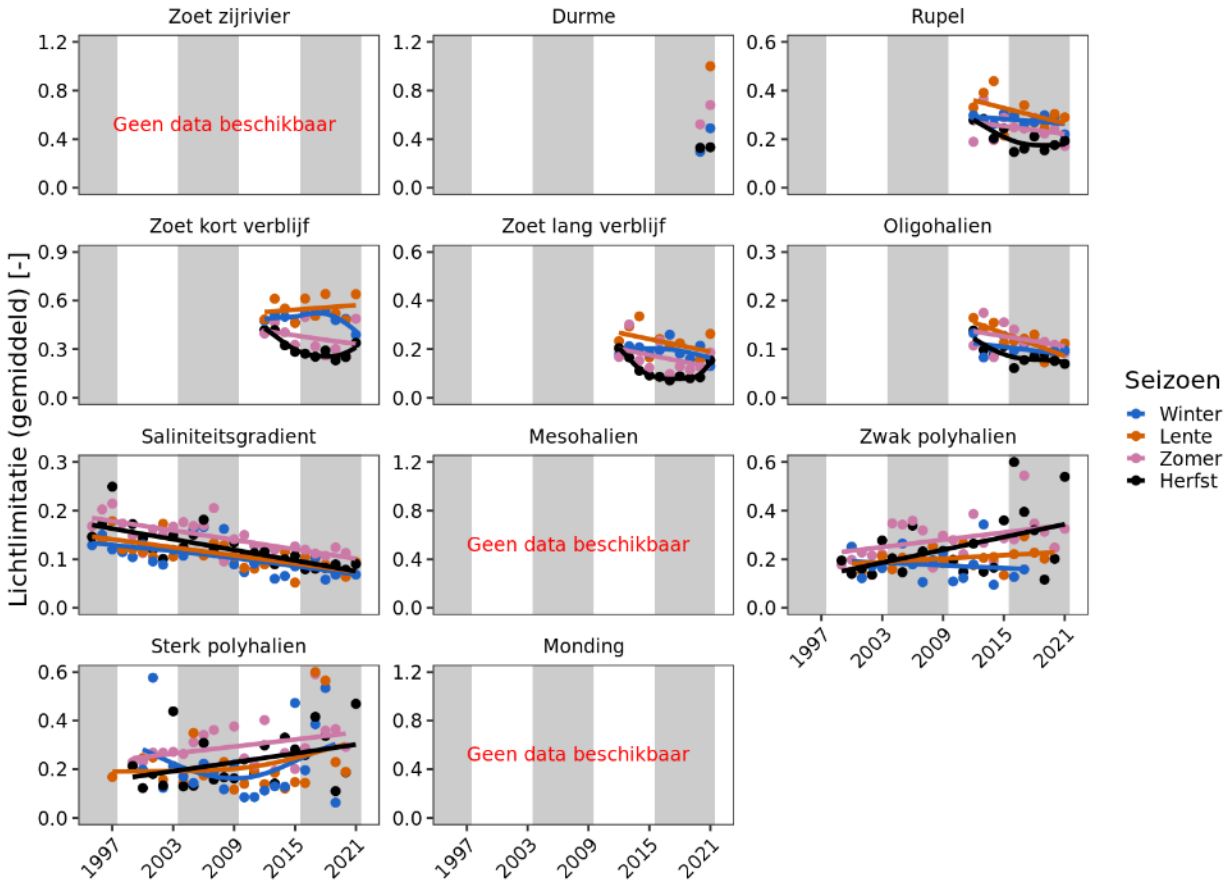
Figuur 9-303: Minimale eufotische diepte die afgeleid werd in de verschillende zones (niveau 3) van het Schelde-estuarium, gebruik makende van Vergelijking 5.15.



Figuur 9-304: Gemiddelde eufotische diepte die afgeleid werd in de verschillende zones (niveau 3) van het Schelde-estuarium, weergegeven per seizoen.

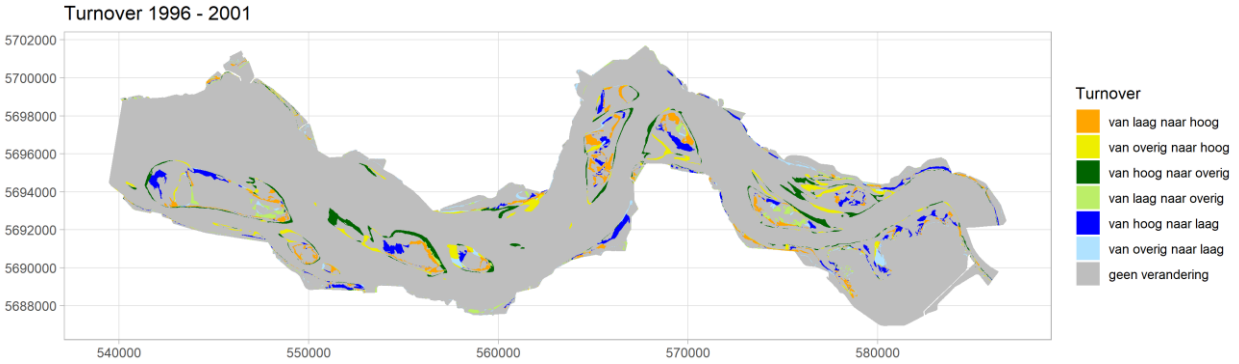


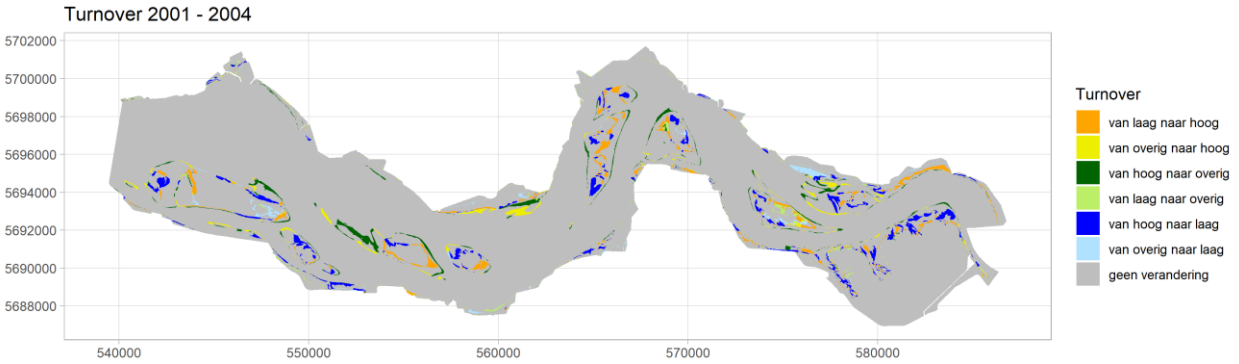
Figuur 9-305: Spatiaal-temporeel verloop voor lichtlimitatie.

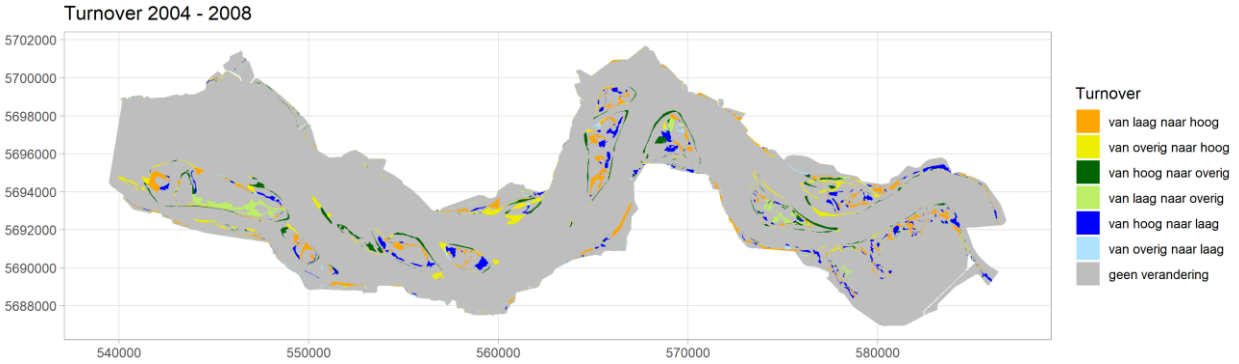


Figuur 9-306: Gemiddelde lichtlimitatie die afgeleid werd in de verschillende zones (niveau 3) van het Schelde-estuarium, weergegeven per seizoen.

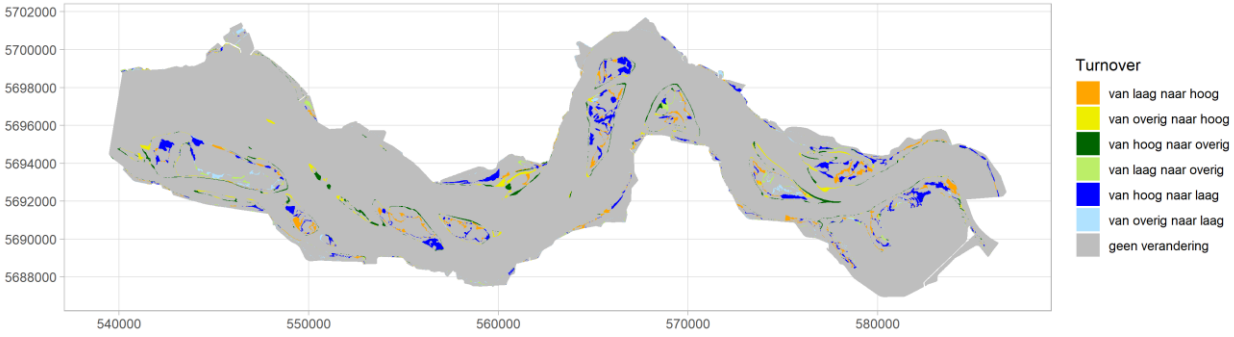
E. Bijlage E - Leefomgeving



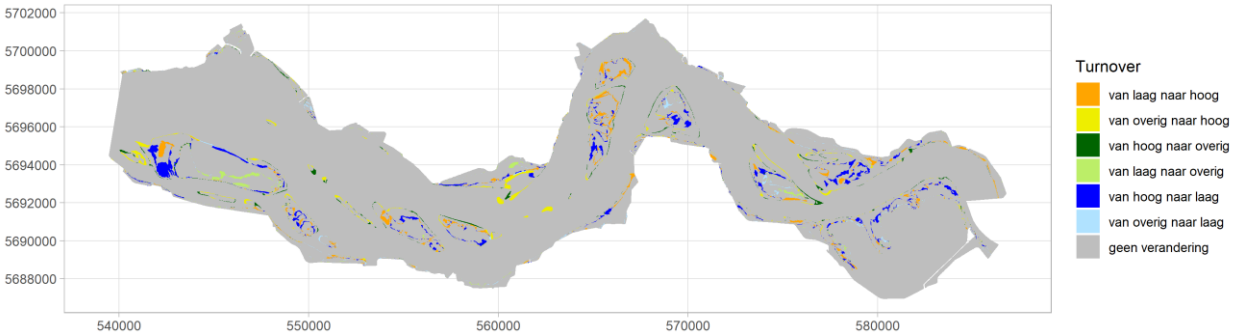




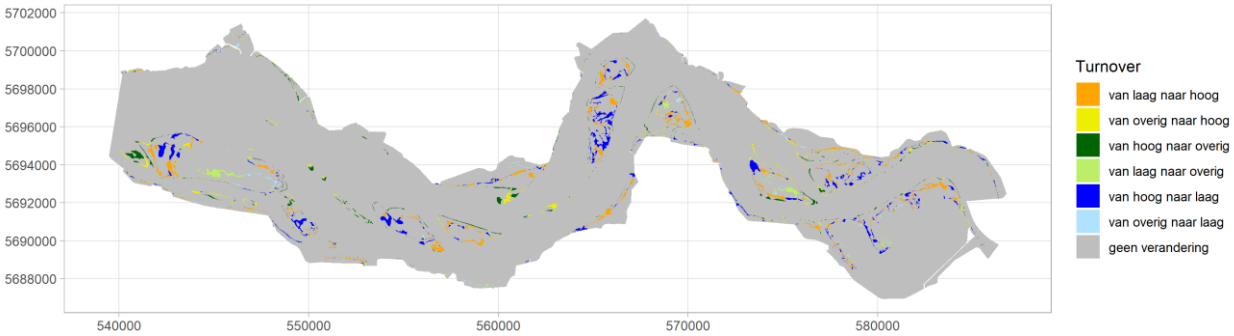
Turnover 2008 - 2010

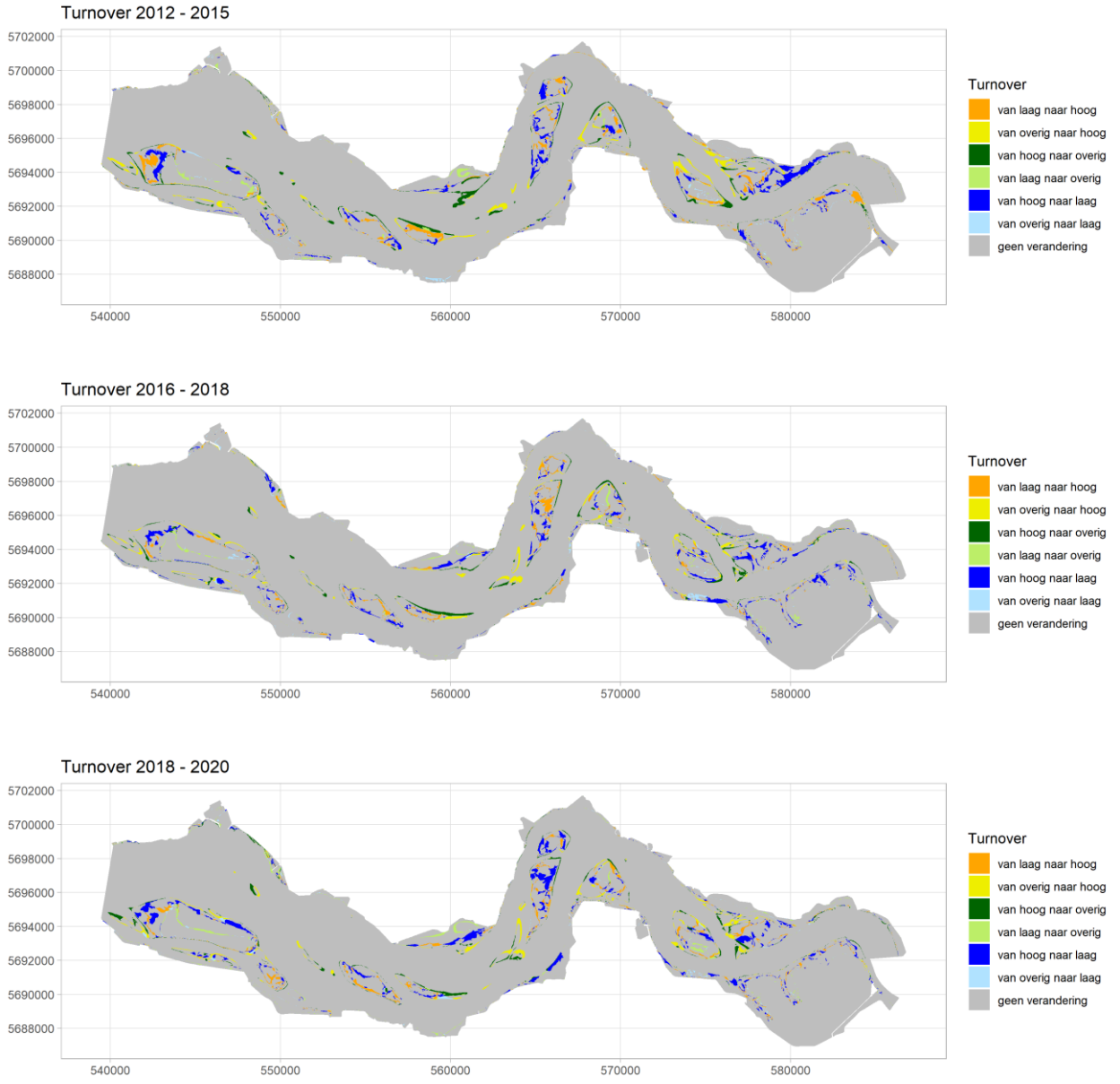


Turnover 2010 - 2011

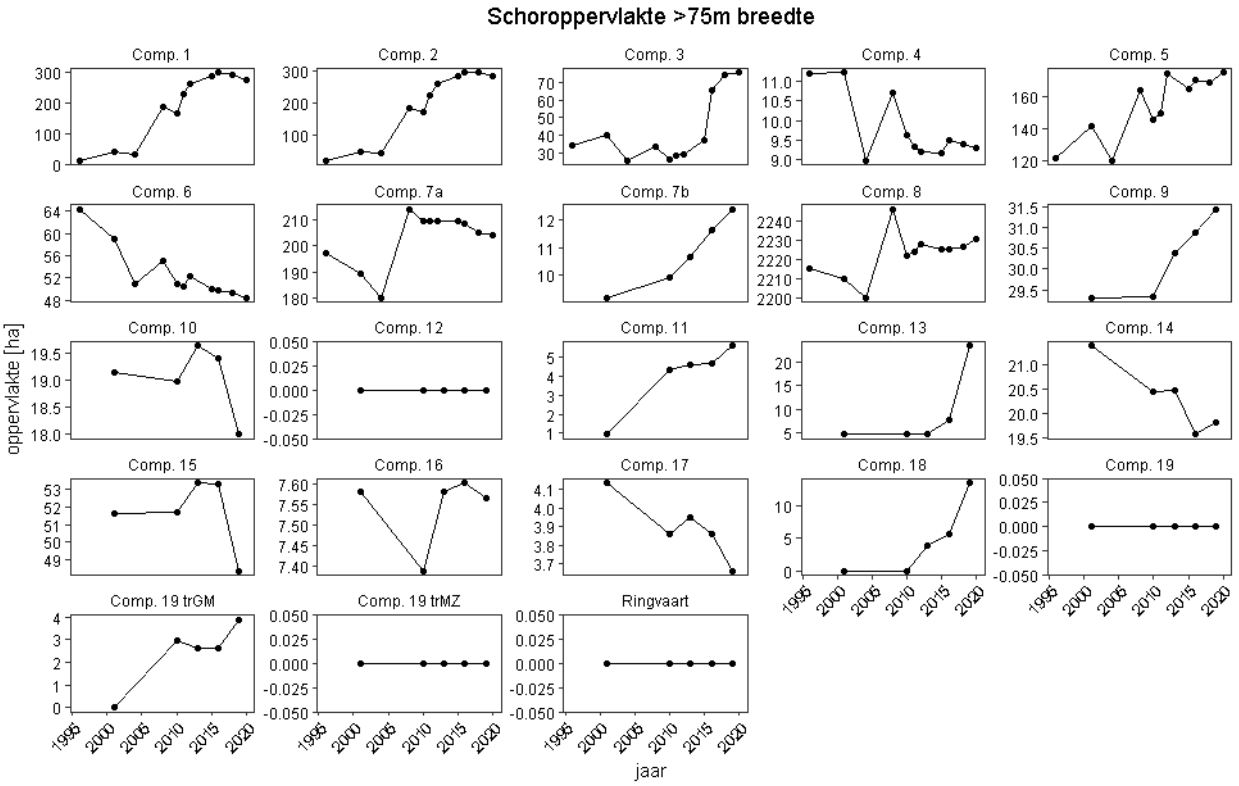


Turnover 2011 - 2012

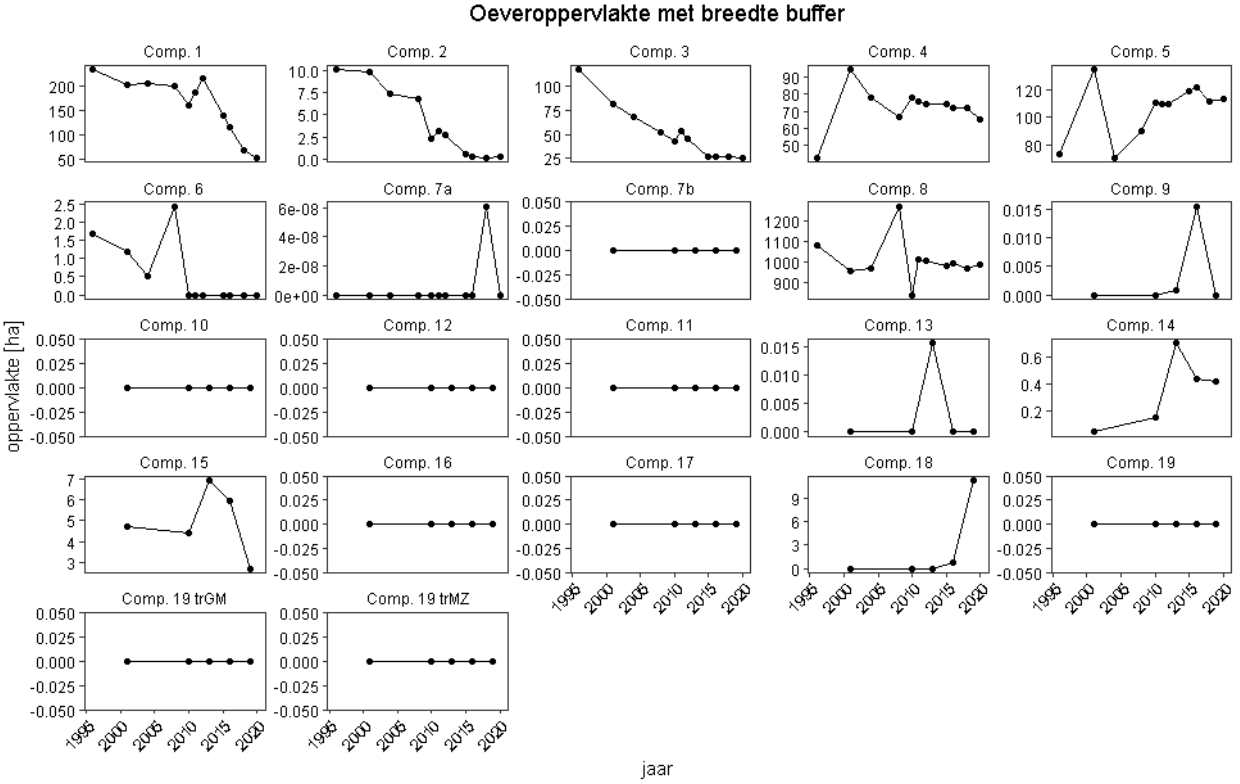




Figuur 9-307: Overzicht van de vergelijking van twee opeenvolgende ecotopenkaarten, waarbij de nadruk ligt van hoogdynamisch litoraal in laagdynamisch litoraal en overige ecotopen, en ook de omgekeerde omzetting.



Figuur 9-308: Overzicht van de ontwikkeling van de oppervlakte schor met een minimale breedte van 75 m in de tijd per compartiment.



Figuur 9-309: Ontwikkeling van de oppervlakte oever met de voorgeschreven minimale oeverbreedte in de Westerschelde (compartiment 1 - 7A) en de Zeeschelde (compartiment 7B – 19). In de Zeeschelde is een specifieke minimale oeverbreedte per compartiment voorgeschreven (Tabel 6 3), terwijl in de Westerschelde de minimale oeverbreedte 1.000 m moet zijn.

F. Bijlage F – Ecologie

F.1. Toetsparameter Primaire productie

F.1.1. Gehanteerde data

Tabel 9-36: Meetstations voor de rekenparameters verbonden met het fytoplankton (o.a. Biomassa, Cyanobacteria, Phaeocystis, Algal Pollution Index, Diatomeeën).

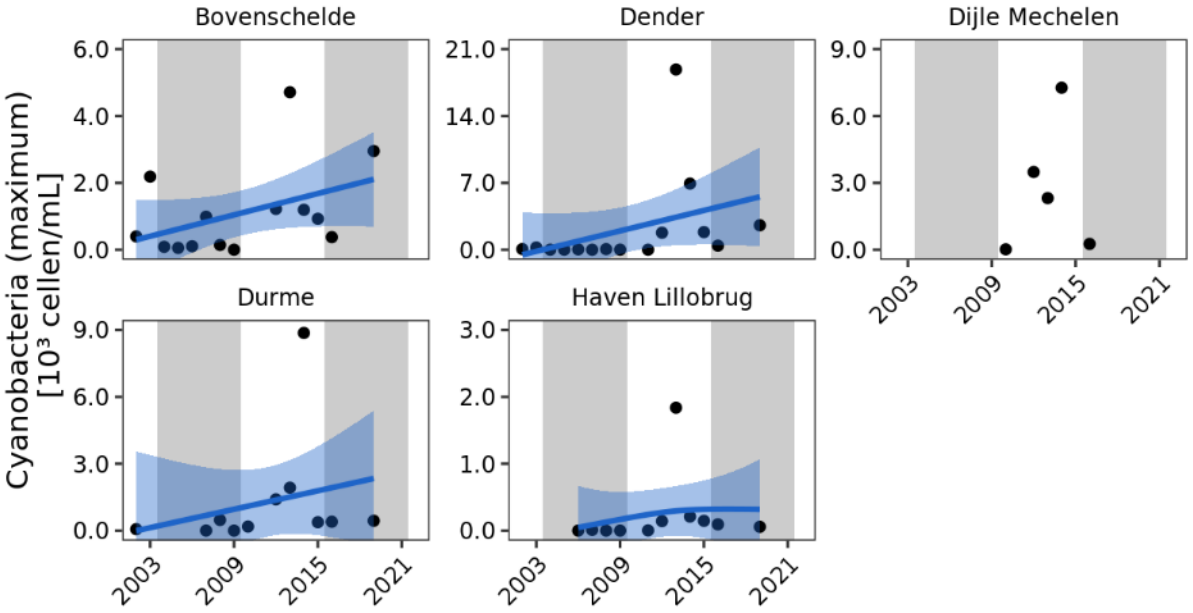
Station	Segment	Zone	Afstand (km)
Monding			
Walcheren 2 km uit de kust [b]	Monding	Monding	-
Westerschelde			
Vlissingen boei SSVH [b]	Comp. 1	Sterk polyhalien	0,4
Terneuzen boei 20 [b, c, d]	Comp. 3	Sterk polyhalien	20,2
Hansweert geul	Comp. 4	Zwak polyhalien	36,7
Zeeschelde			
Grens (154100) [b, c, d]	Comp. 7b	Saliniteitsgradient	57,7
Schaar van Ouden Doel	Comp. 9	Saliniteitsgradient	58,6
Grens [b, c, d]	Comp. 9	Saliniteitsgradient	59,4
Liefkenshoek [b, c, d]	Comp. 10	Saliniteitsgradient	66
Punt van Melsele [b, c, d]	Comp. 11	Saliniteitsgradient	73,5
Antwerpen [c]	Comp. 12	Saliniteitsgradient	80,6
Kruibeke [b, c, d]	Comp. 13	Oligohalien	88,2
Bazel (162000) [b, c, d]	Comp. 13	Oligohalien	91,7
Bazel [b, c, d]	Comp. 13	Oligohalien	92
Steendorp [b, c, d]	Comp. 14	Oligohalien	96,9
Temse [c]	Comp. 14	Oligohalien	101
Lippenbroek [b, c, d]	Comp. 15	Zoet lang verblijf	106,7
Baasrode [b, c, d]	Comp. 15	Zoet lang verblijf	116,2
Dendermonde (164000) [b, c, d]	Comp. 16	Zoet lang verblijf	122,9
Dendermonde [c]	Comp. 16	Zoet lang verblijf	124,4
Sint Onolfs [b, c, d]	Comp. 17	Zoet kort verblijf	128,7
Appels [b, c, d]	Comp. 17	Zoet kort verblijf	131,6
Uitbergen [c]	Comp. 18	Zoet kort verblijf	141,1
Wetteren [b, c, d]	Comp. 19	Zoet kort verblijf	148,1
Melle [b, c, d]	Comp. 19	Zoet kort verblijf	154,1
Melle (168900) [b, c, d]	Comp. 19	Zoet kort verblijf	154,2
Zijrivieren			
Niel (210000) [b, c, d]	Rupel	Rupel	97,6
Niel [c]	Rupel	Rupel	97,7
Boom [c]	Rupel	Rupel	100,6

Station	Segment	Zone	Afstand (km)
Terhagen [b, c, d]	Rupel	Rupel	103,8
Durme [c]	GetijdeDurme	Durme	106
Durme (492000) [b, c, d]	GetijdeDurme	Durme	106
Beneden-Dijle (211700) [b, c, d]	GetijdeDijle	Zoet zijrivier	106,5
Beneden-Dijle [c]	GetijdeDijle	Zoet zijrivier	106,6
Beneden-Nete [c]	GetijdeNete	Zoet zijrivier	108,6
Beneden-Nete (250000) [b, c, d]	GetijdeNete	Zoet zijrivier	108,8
Boundaries			
Haven Lillobrug	Boundary	Boundary	66,7
Haven Lillobrug (804000) [b, c, d]	Boundary	Boundary	66,7
Dijle Mechelen [c]	Boundary	Boundary	114,7
Dijle Mechelen (212400) [b, c, d]	Boundary	Boundary	114,7
Zenne Zemst [b, c, d]	Boundary	Boundary	115,5
Zenne Zemst (341560) [b, c, d]	Boundary	Boundary	115,5
Grote Nete [b, c, d]	Boundary	Boundary	121
Grote Nete (253000) [b, c, d]	Boundary	Boundary	121
Kleine Nete [b, c, d]	Boundary	Boundary	121,5
Kleine Nete (272000) [b, c, d]	Boundary	Boundary	121,5
Dender [c]	Boundary	Boundary	126,2
Dender (499500) [b, c, d]	Boundary	Boundary	126,2
Bovenschelde [c]	Boundary	Boundary	156,3
Bovenschelde (172100) [b, c, d]	Boundary	Boundary	156,3

[a] Niet gebruikt voor *Biomassa fytoplankton*; [b] Niet gebruikt voor *Cyanobacteriën*; [c] Niet gebruikt voor *Phaeocystis*; [d] Niet gebruikt voor *Algal Pollution Index*, voor *Diversiteit fytoplankton* en voor *Diatomeeën*.

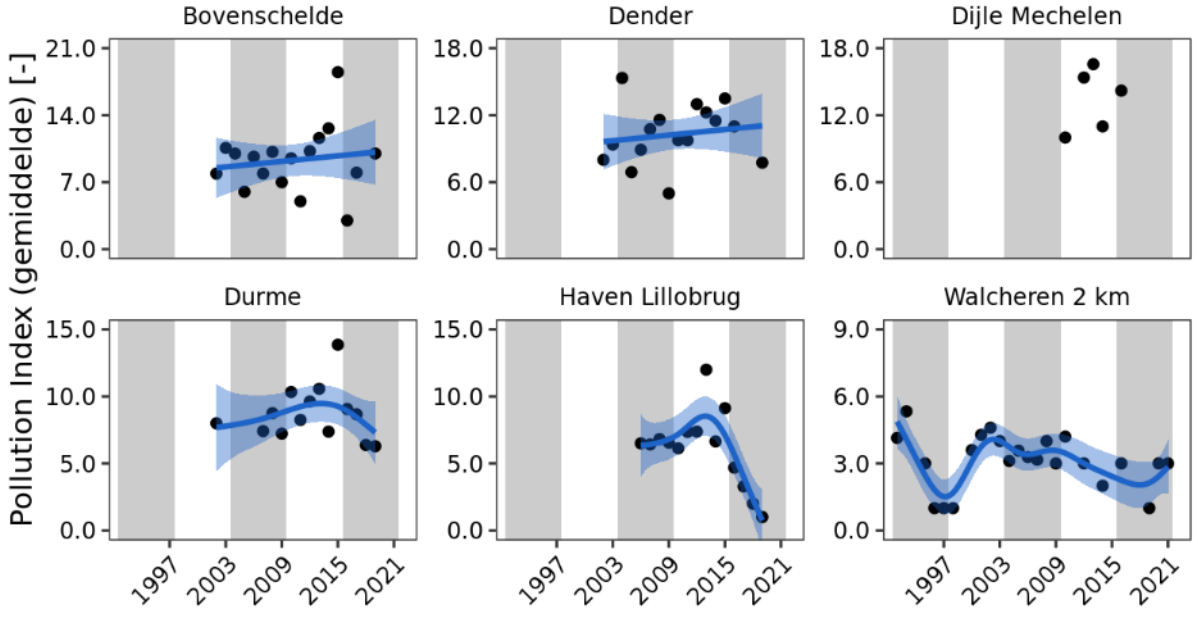
F.1.2. Additionele analyses

Voor de stations die buiten het estuarium vallen, zijn de resultaten met betrekking tot de aanwezigheid van cyanobacteria eerder gelijklopend (zie Figuur 9-310). Het meetstation *Dender* toont hierbij de hoogste dichtheid van cyanobacteriën van alle stations aan de grenzen van het estuarium in de periode *2010-2015*. Voor de periode *2016-2021* worden er geen extreme waarden waargenomen, maar algemeen lijkt er wel een lichte toename van de maximale dichtheid plaats te vinden.



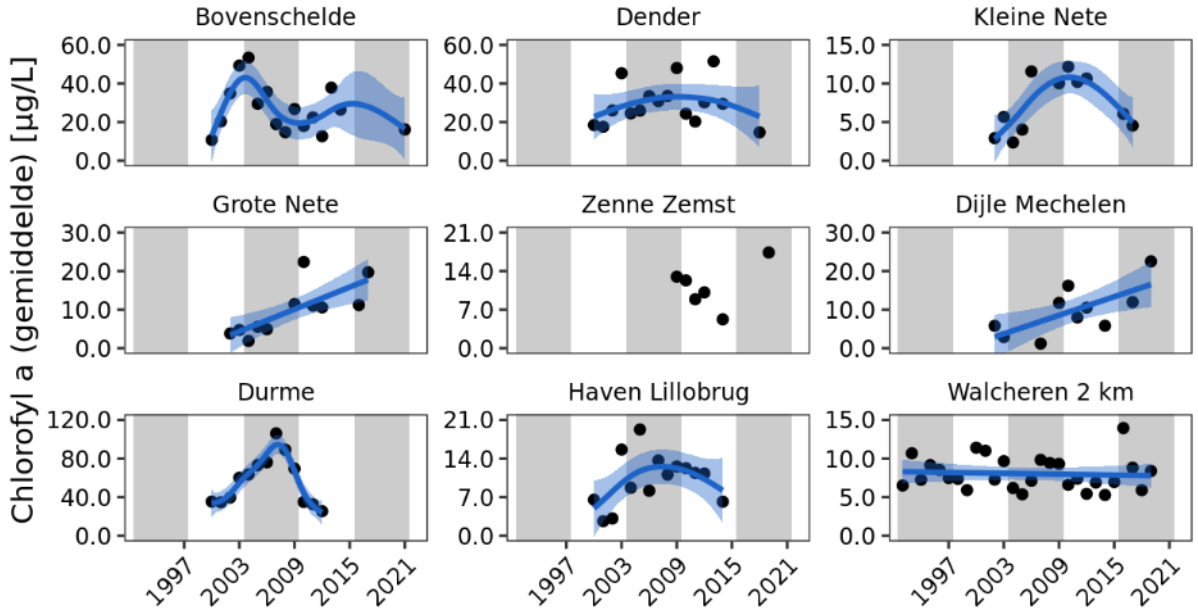
Figuur 9-310: Hoogste dichtheid van cyanobacteriën (in 10^3 cellen/mL) die afgeleid werd in de verschillende meetstations aan de grenzen van het Schelde-estuarium. Maxima zijn bepaald per jaar.

Voor de stations die buiten het estuarium vallen, zijn de resultaten met betrekking tot de Genus Pollution Index eerder variërend (zie Figuur 9-311). Het meetstation *Dijle Mechelen* toont hierbij de hoogste indexwaarde van alle stations aan de grenzen van het estuarium in de periode *2016-2021*. Verder is ook de afname in het meetstation *Haven Lillobrug* opvallend.



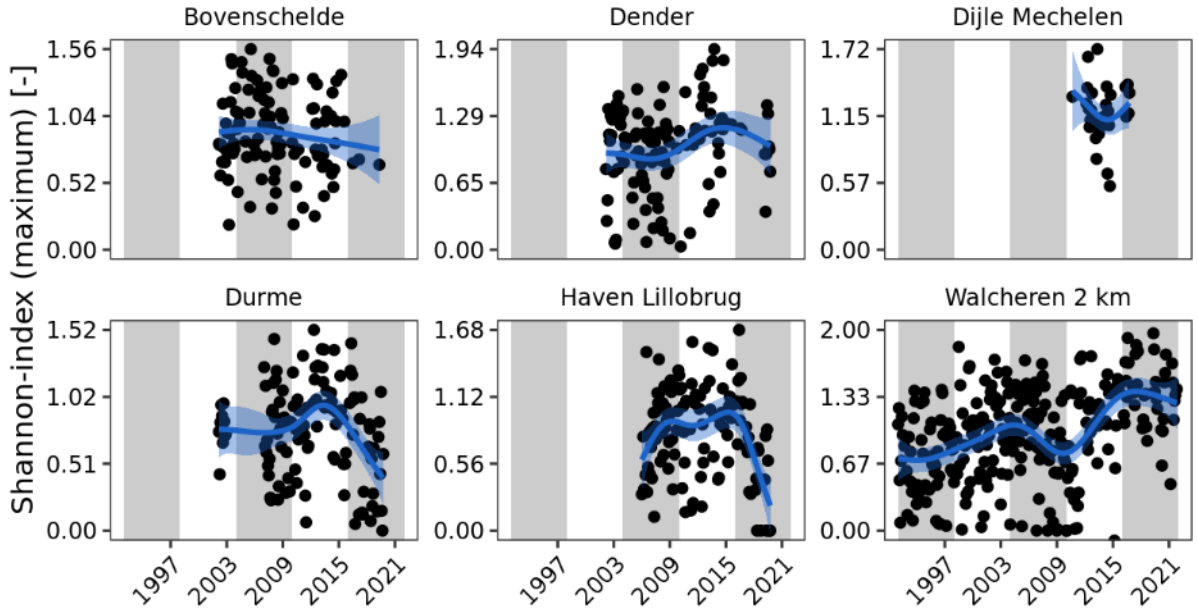
Figuur 9-311: Gemiddelde indexwaarde (Genus Pollution Index) die afgeleid werd in de verschillende meetstations aan de grenzen van het Schelde-estuarium. Gemiddeldes zijn bepaald per jaar.

Voor de stations die buiten het estuarium vallen, zijn de resultaten eerder variërend (zie Figuur 9-312). Het meetstation *Dijle Mechelen* toont hierbij de hoogste concentratie van chlorofyl *a* van alle stations aan de grenzen van het estuarium in de periode *2016-2021* en toont een toename ten opzichte van de periode *2010-2015* en *2004-2009*. Ook in de stations *Grote Nete* en *Zenne Zemst* wordt een toename gesuggereerd, maar hiervoor is verdere opvolging in de komende jaren nodig. De overige stations vertonen eerder een stabiele tot afnemende trend in de tijd, alsook het ontbreken van gegevens uit de voorbije zes jaar.



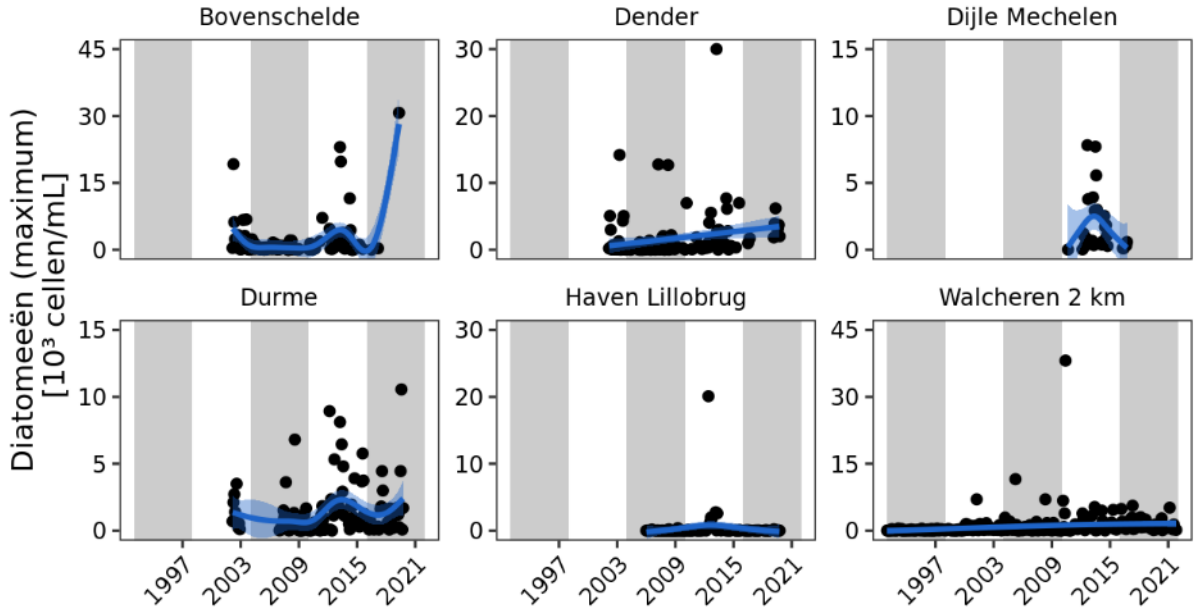
Figuur 9-312: Verloop van de gemiddelde concentratie van chlorofyl a (in µg/L) die afgeleid werd in de verschillende meetstations aan de grenzen van het Schelde-estuarium.

Voor de stations die buiten het estuarium vallen, vertonen de resultaten met betrekking tot de diversiteit van de fytoplanktongemeenschap een gelijkaardig verloop (zie Figuur 9-313). Het meetstation *Walcheren 2 km* toont hierbij de hoogste diversiteit van de fytoplanktongemeenschap (op basis van de Orde) van alle stations aan de grenzen van het estuarium in de periode *2016-2021* en toont een toename ten opzichte van de periode *2010-2015* en *2004-2009*. In de overige stations wordt voornamelijk een afname van de diversiteit gesuggereerd, waarvoor verdere opvolging in de komende jaren nodig is.



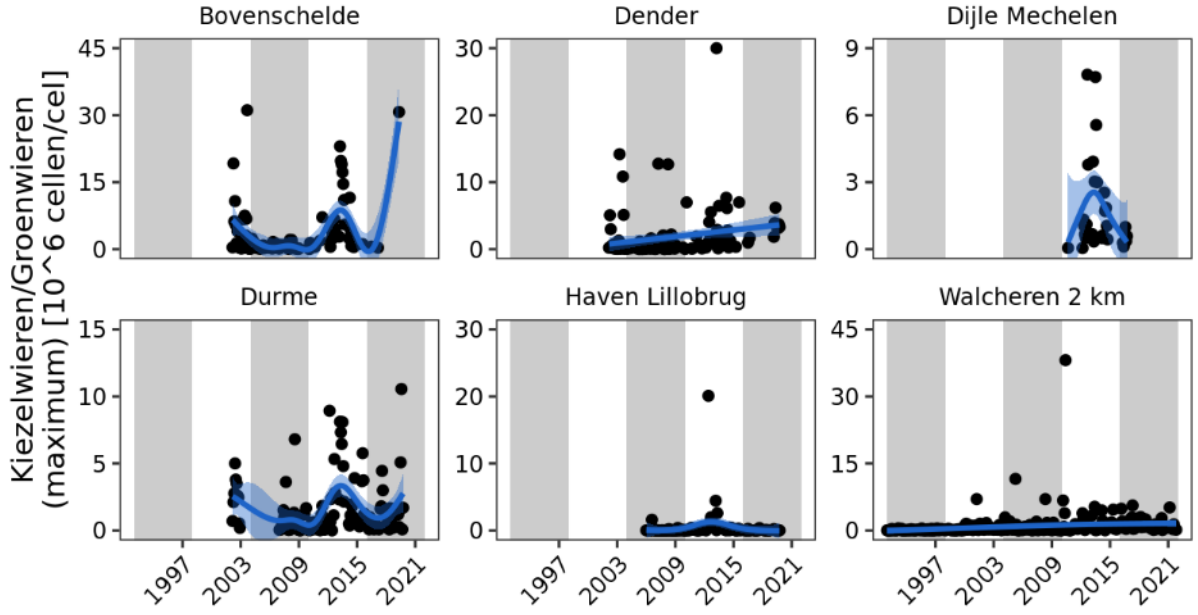
Figuur 9-313: Verloop van de maandelijkse Shannon-index voor de fytoplanktongemeenschap die afgeleid werd in de verschillende meetstations aan de grenzen van het Schelde-estuarium.

Voor de stations die buiten het estuarium vallen, zijn de resultaten eerder variërend (zie Figuur 9-312). Het meetstation *Walcheren 2 km* toont hierbij de hoogste dichtheid van diatomeeën van alle stations aan de grenzen van het estuarium in de periode *2016-2021*, maar toont wel een afname ten opzichte van de periode *2010-2015*. In het station *Durme* wordt een toename gesuggereerd, terwijl de tend in de overige stations sterk gestuurd wordt door een uitzonderlijk hoge dichtheid.



Figuur 9-314: Verloop van de gemiddelde dichtheid van de diatomeeën (in 10^3 ind/L) die afgeleid werd in de verschillende meetstations aan de grenzen van het Schelde-estuarium.

Voor de stations die buiten het estuarium vallen, zijn de resultaten eerder variërend (zie Figuur 9-315). Het meetstation *Bovenschelde* toont hierbij de hoogste verhouding van diatomeeën ten opzichte van de groenwieren van alle stations aan de grenzen van het estuarium in de periode *2016-2021*, maar dit is mogelijk slechts een uitzonderlijke situatie.



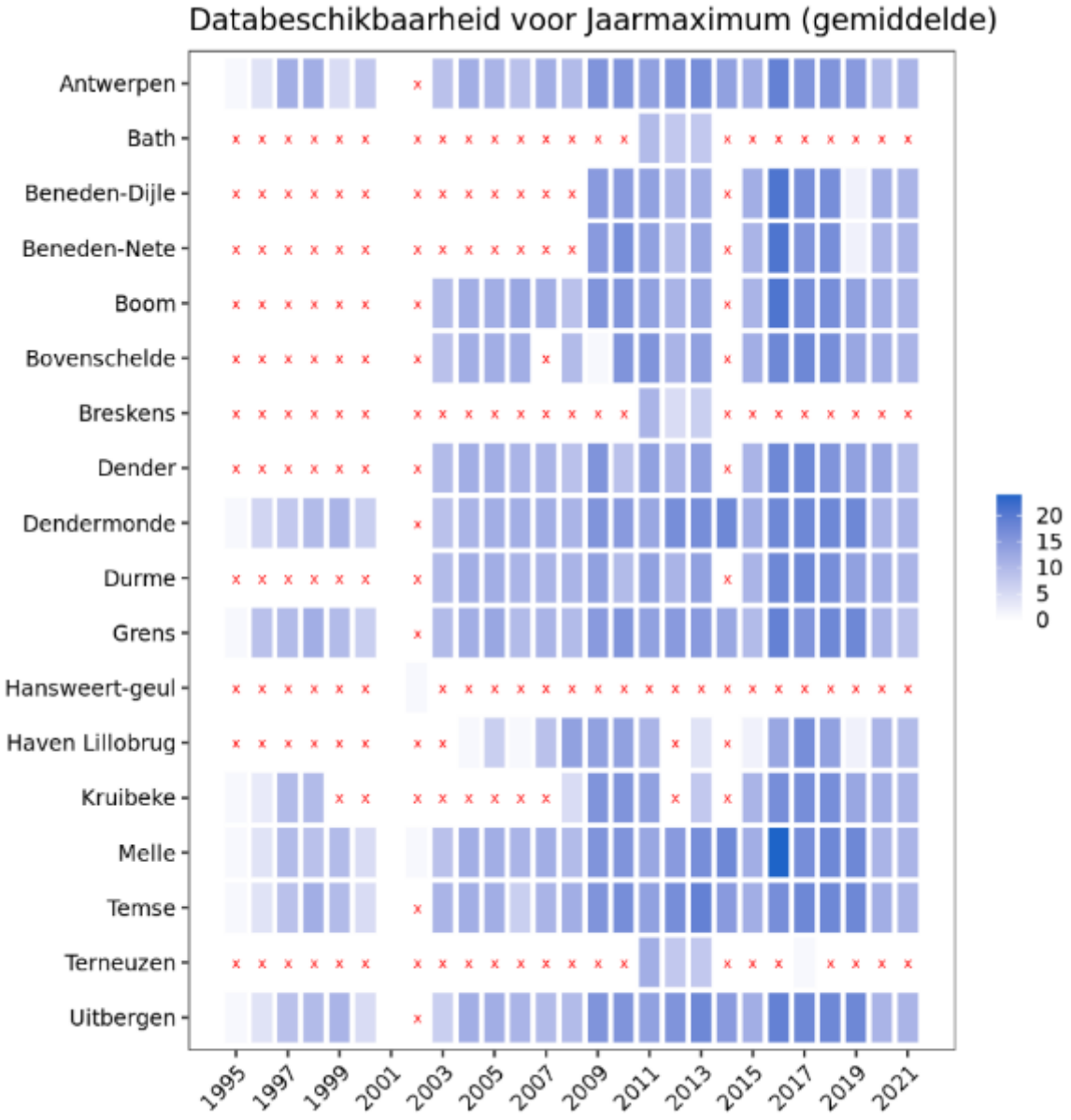
Figuur 9-315: Verloop van de maandelijkse verhouding van de diatomeeën ten opzichte van de groenwieren (in 10^6 cellen/cel) die afgeleid werd in de verschillende meetstations aan de grenzen van het Schelde-estuarium.

F.2. Toetsparameter Zoöplankton

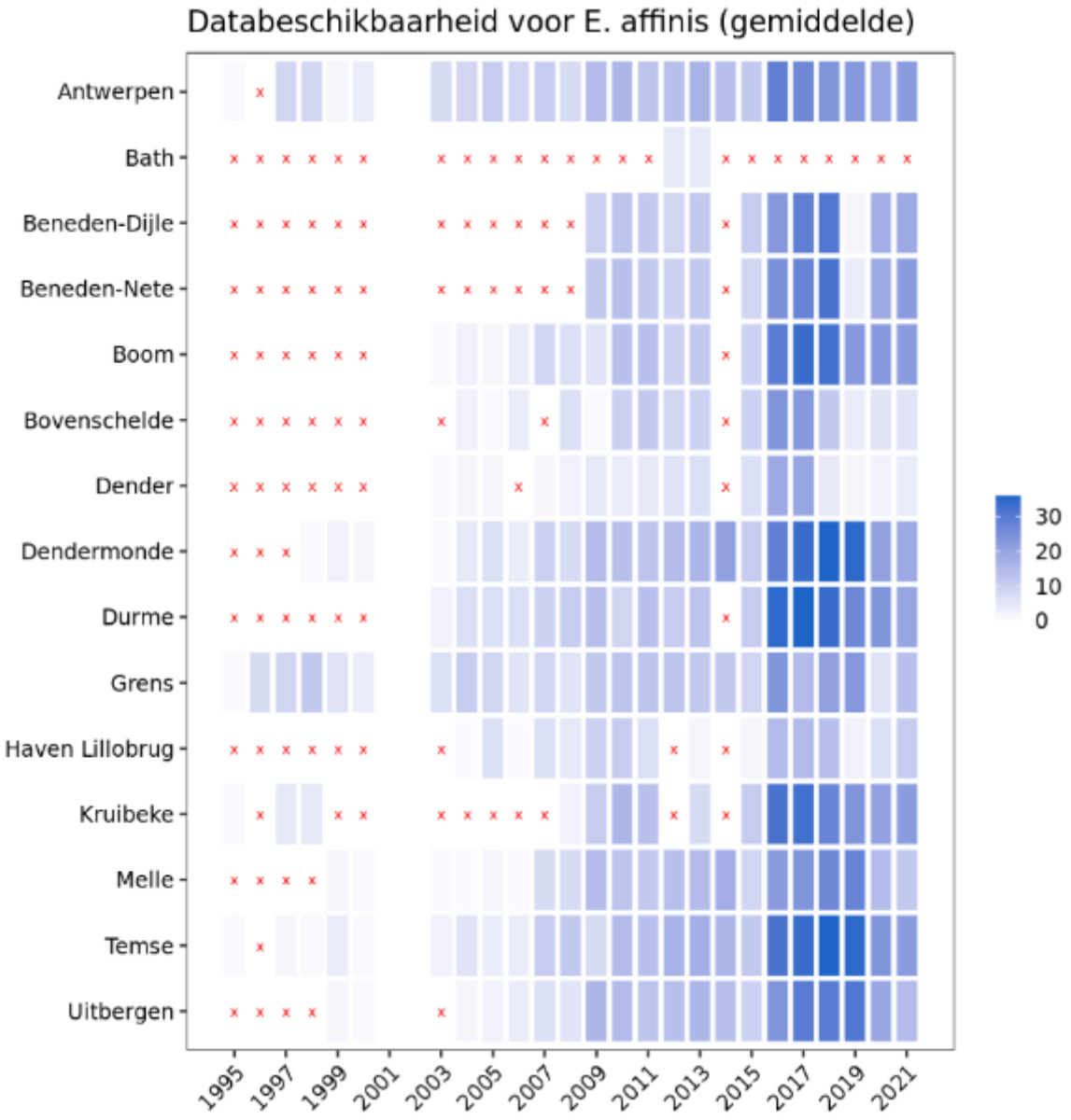
F.2.1. Gehanteerde data

Tabel 9-37: Meetstations voor de rekenparameters Jaarmaximum*, Eurytemora affinis,* Verhouding Cladocera/Calanoida *en* Verhouding Cyclopoida/Calanoida*.*

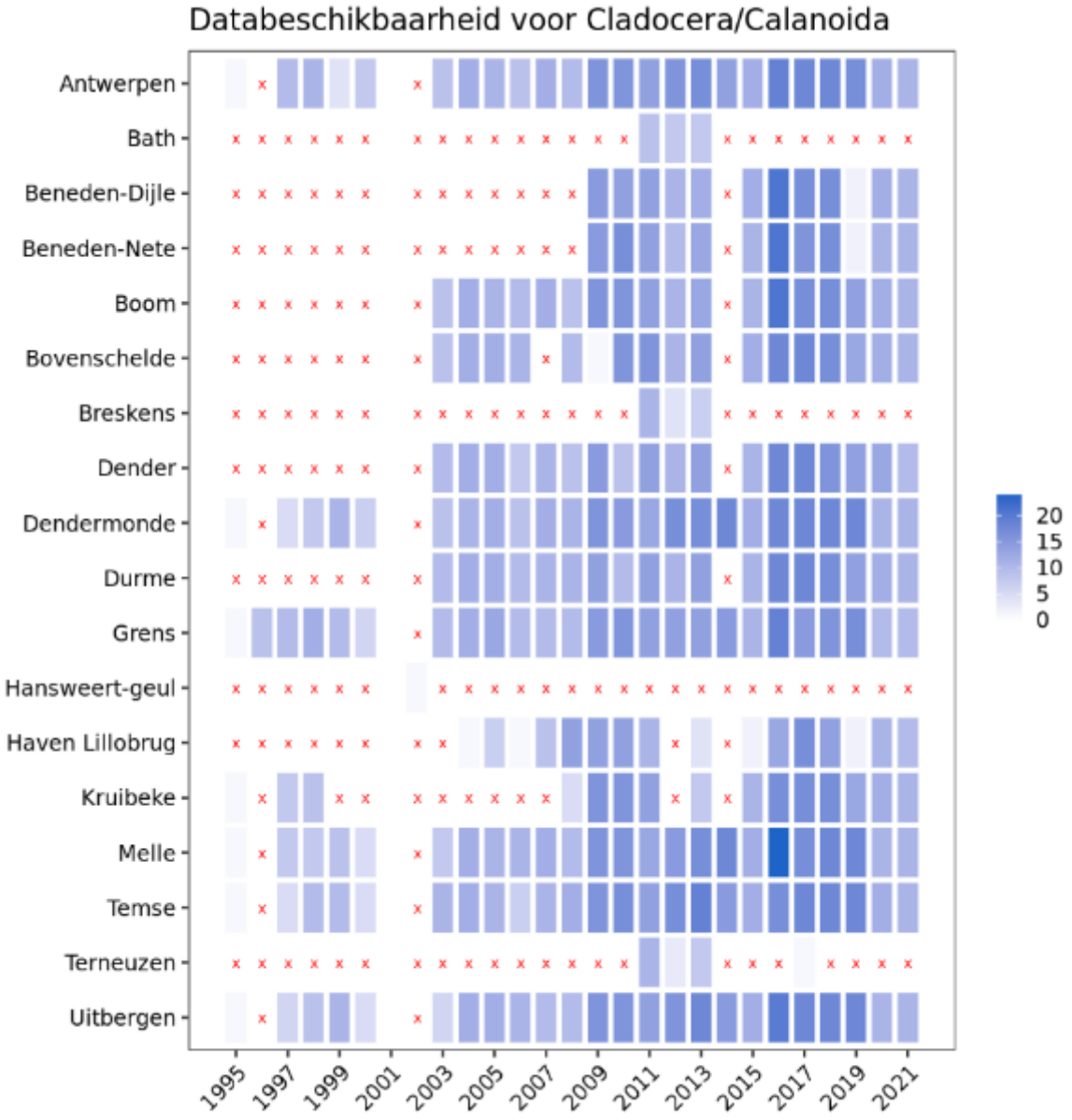
Station	Segment	Zone	Afstand (km)
Monding			
Breskens (W1)	Monding	Monding	-
Westerschelde			
Terneuzen (W4)	Comp. 3	Sterk polyhalien	20,0
Hansweert (W6)	Comp. 4	Zwak polyhalien	37,3
Bath (W10)	Comp. 6	Mesohalien	52,5
Zeeschelde			
Grens	Comp. 9	Saliniteitsgradient	59,4
Antwerpen	Comp. 12	Saliniteitsgradient	80,6
Kruibeke	Comp. 13	Oligohalien	88,2
Temse	Comp. 14	Oligohalien	101
Dendermonde	Comp. 16	Zoet lang verblijf	124,4
Uitbergen	Comp. 18	Zoet kort verblijf	141,1
Melle	Comp. 19	Zoet kort verblijf	154,1
Zijrivieren			
Boom	Rupel	Rupel	100,6
Durme	GetijdeDurme	Durme	106
Beneden-Dijle	GetijdeDijle	Zoet zijrivier	106,6
Beneden-Nete	GetijdeNete	Zoet zijrivier	108,6
Boundaries			
Haven Lillobrug	Boundary	Boundary	66,7
Dender	Boundary	Boundary	126,2
Bovenschelde	Boundary	Boundary	156,3



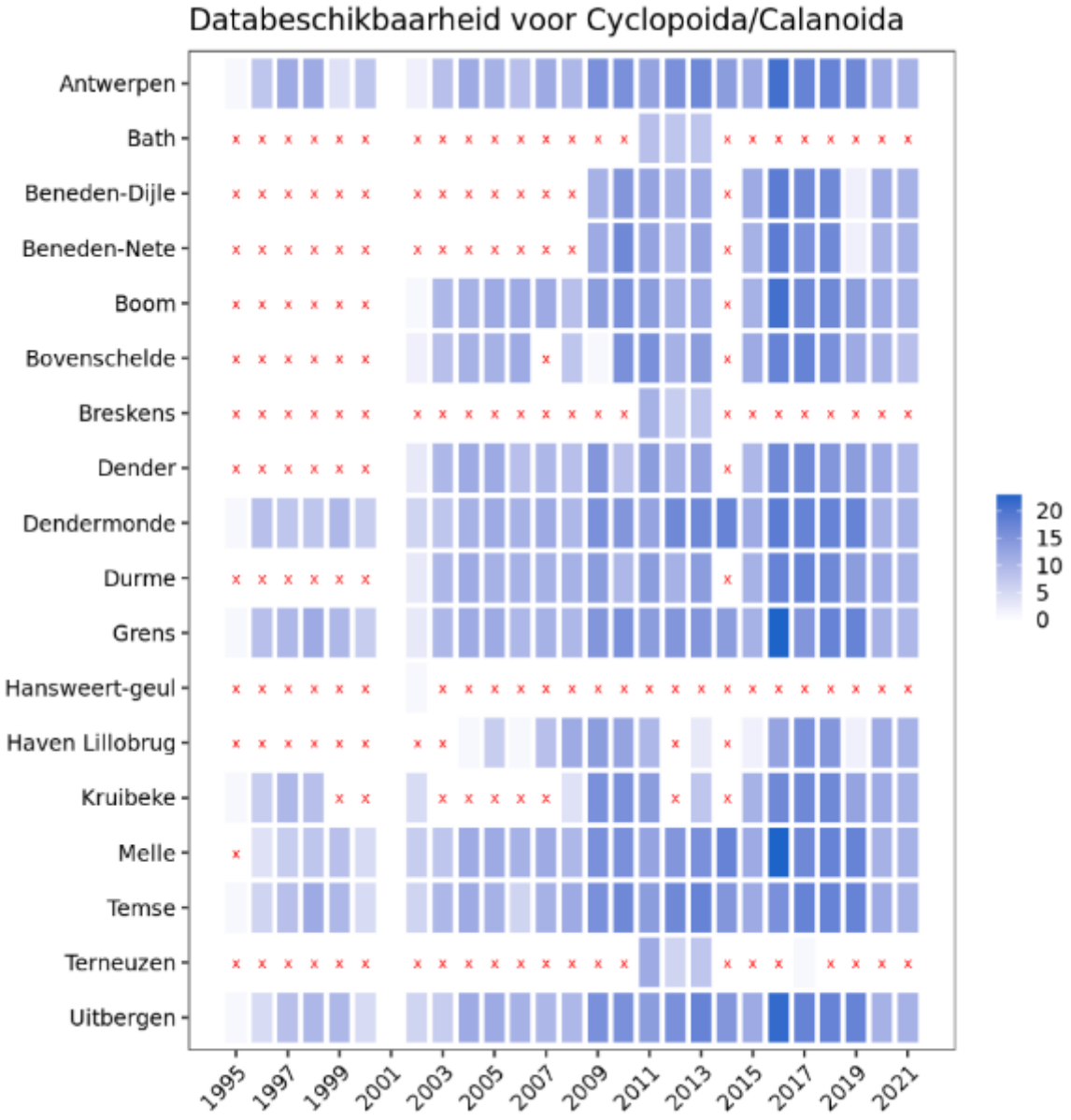
Figuur 9-316: Databeschikbaarheid geselecteerde stations voor het bepalen van het jaarmaximum (natte) biomassa van het (meso)zoöplankton.



Figuur 9-317: Databeschikbaarheid geselecteerde stations voor het bepalen van de gemiddelde maximale densiteit van Eurytemora affinis.

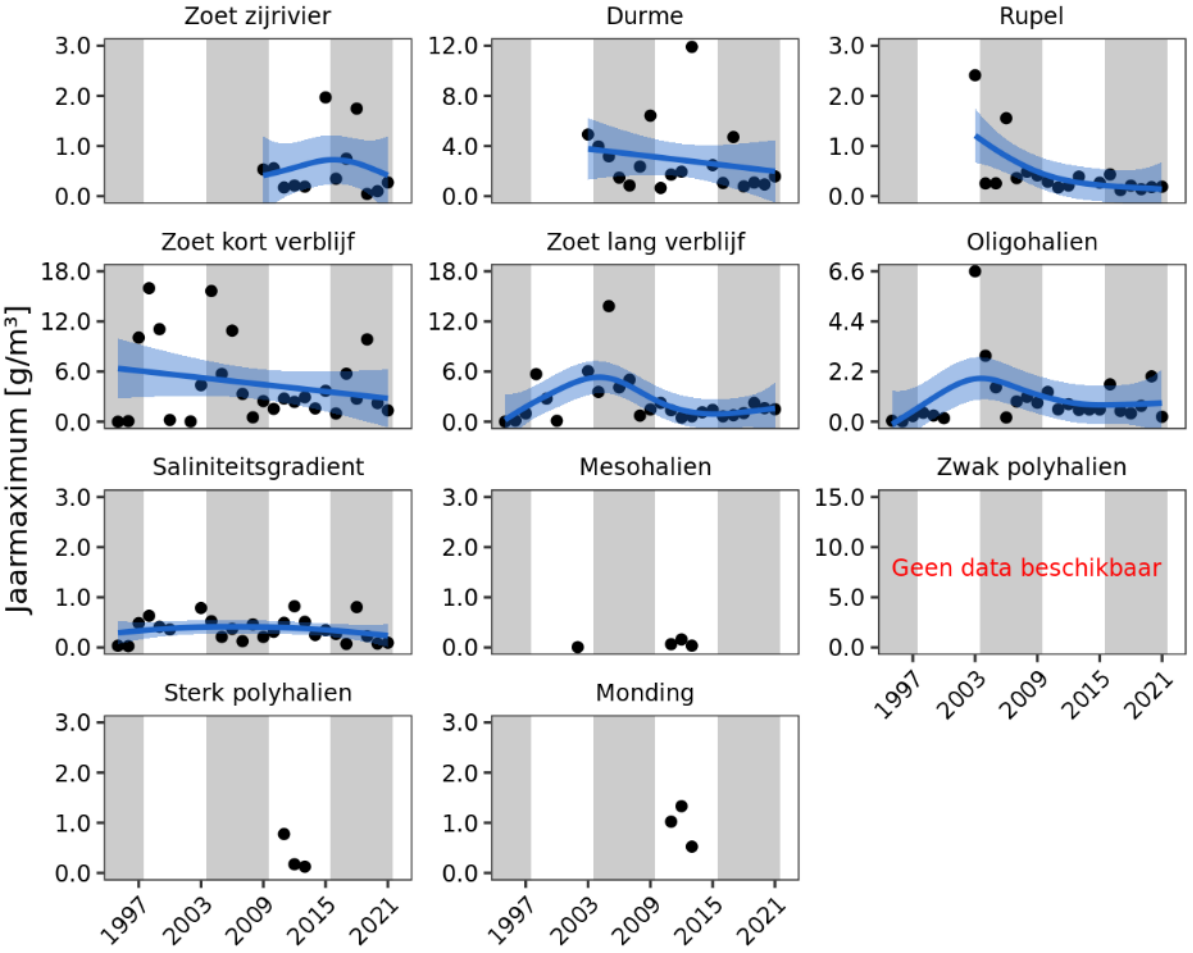


Figuur 9-318: Databeschikbaarheid geselecteerde stations voor het bepalen van de verhouding cladocera ten opzichte van calanoida.



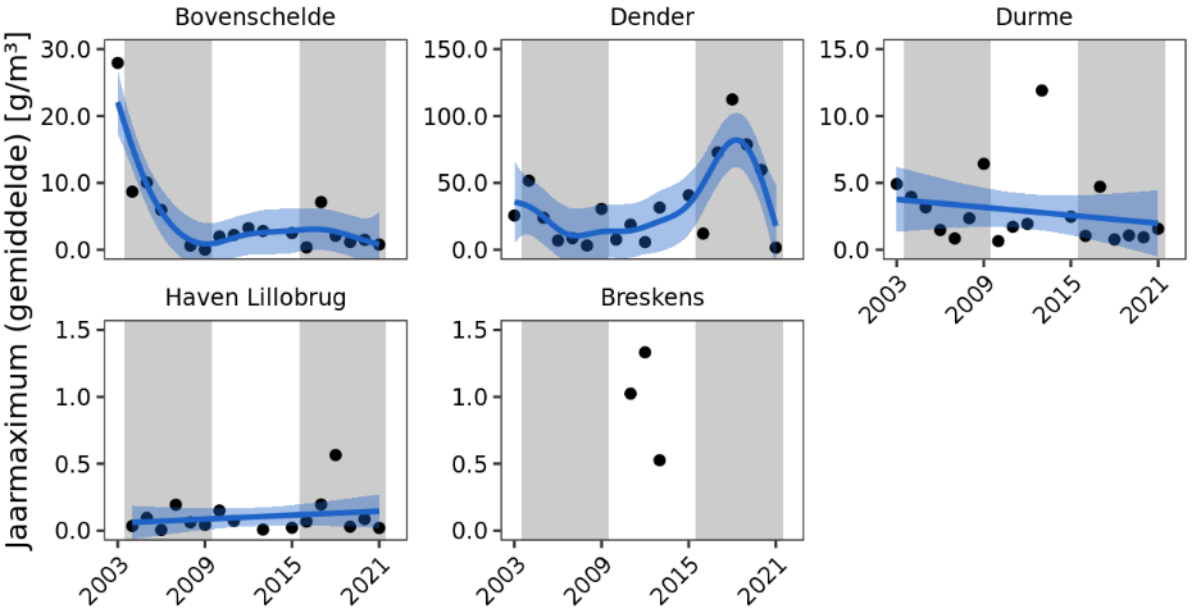
Figuur 9-319: Databeschikbaarheid geselecteerde stations voor het bepalen van de verhouding cyclopoida ten opzichte van calanoida.

F.2.2. Additionele analyses

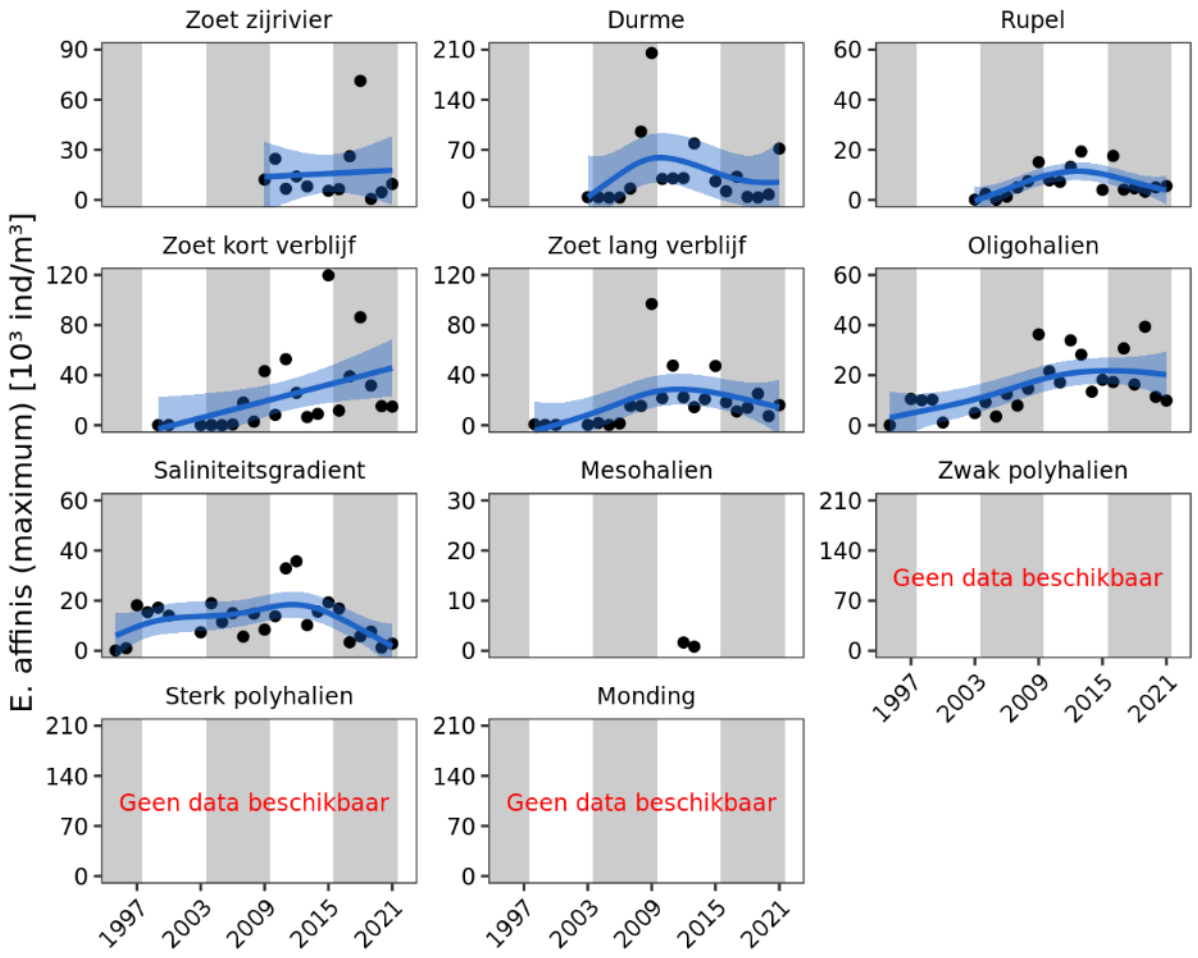


Figuur 9-320: Trendplot van het jaarmaximum (natte) biomassa van het (meso)zoöplankton op basis van de periodieke metingen, weergegeven per zone.

Voor de stations die buiten het estuarium vallen, zijn de resultaten eerder variërend (zie Figuur 9-321). Het meetstation *Dender* toont hierbij de hoogste zoöplanktonbiomassa van alle stations aan de grenzen van het estuarium in de periode *2016-2021* en vertoont een duidelijk maximum in 2018. In het meetstation *Durme* kan dan weer een geleidelijke afname in de tijd waargenomen worden.

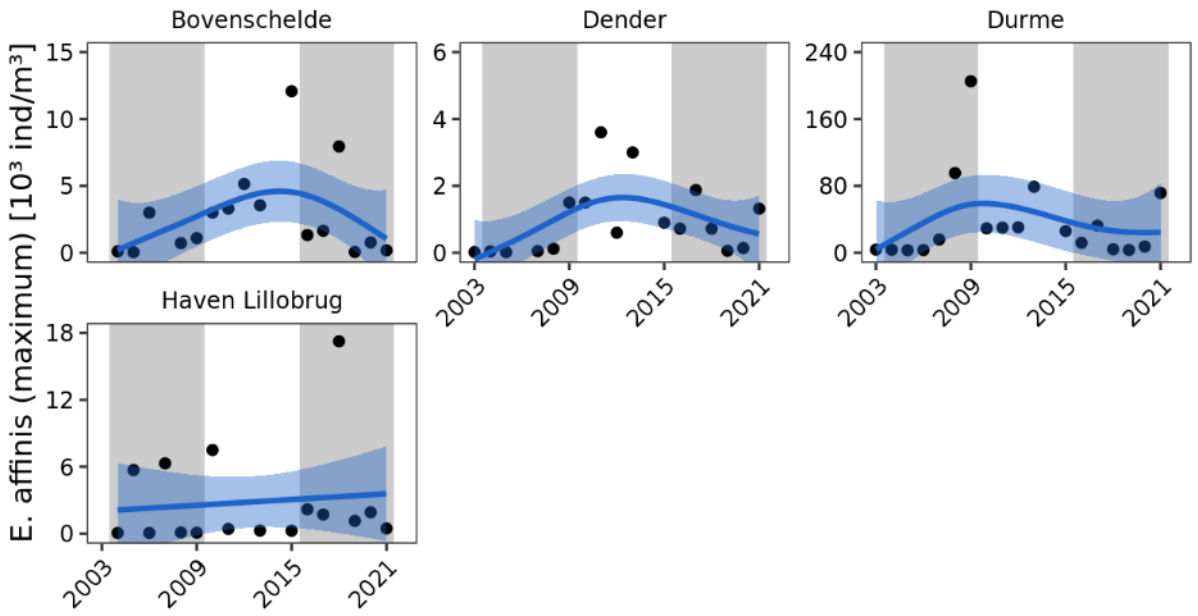


Figuur 9-321: Gemiddelde jaarmaximum aan zoöplanktonbiomassa die afgeleid werd in de verschillende meetstations aan de grenzen van het Schelde-estuarium. Maxima zijn berekend per jaar.

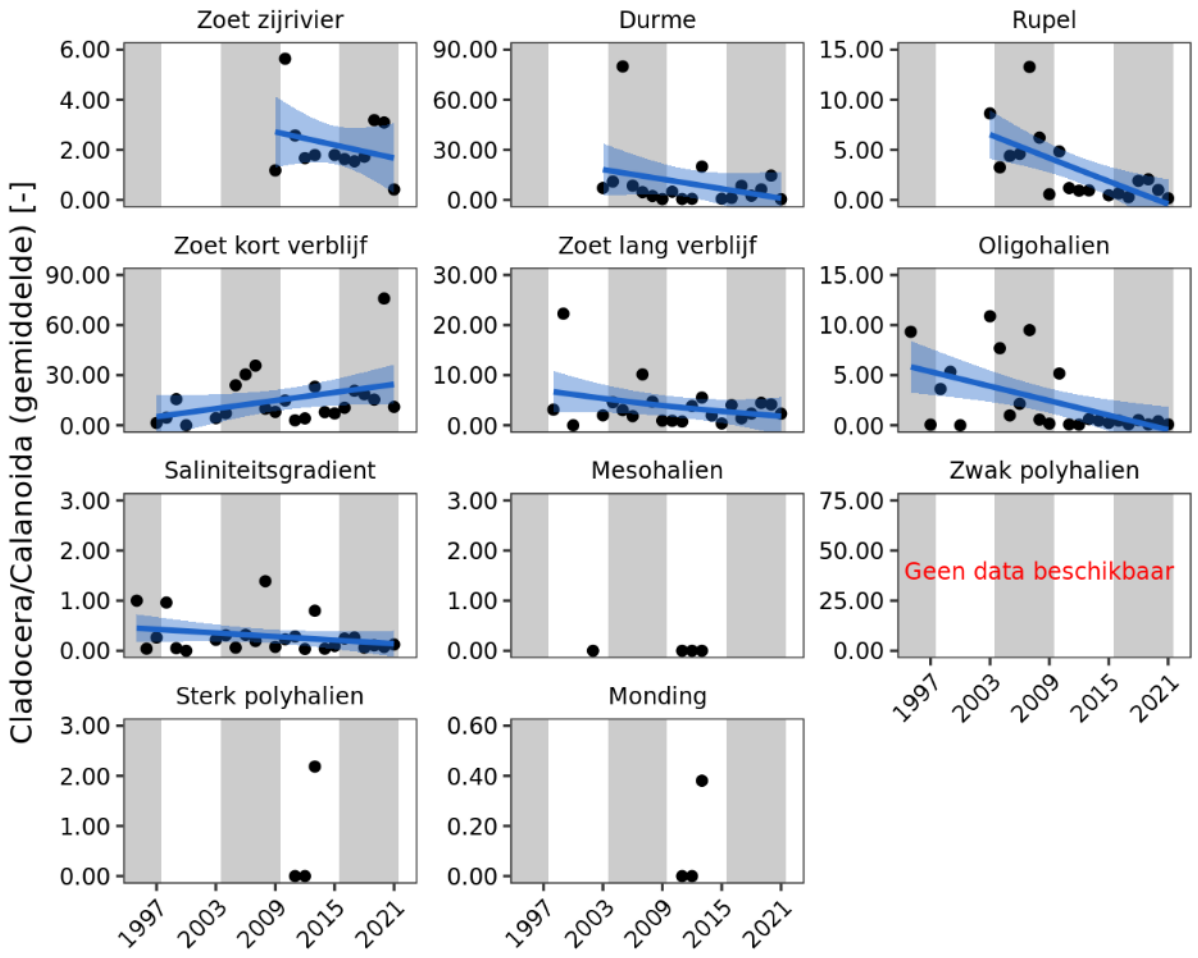


Figuur 9-322: Trendplot van de maximale densiteit van Eurytemora affinis *op basis van de periodieke metingen, weergegeven per zone.*

Voor de stations die buiten het estuarium vallen, zijn de resultaten eerder variërend (zie Figuur 9-323). Het meetstation *Durme* toont hierbij de hoogste gemiddelde aanwezigheid van *Eurytemora affinis* van alle stations aan de grenzen van het estuarium in de periode *2016-2021*, maar toont een lichte afname ten opzichte van de periode *2010-2015* en *2004-2009*. Enkel in het meetstation *Haven Lillobrug* wordt een (lichte) toename in de tijd waargenomen.

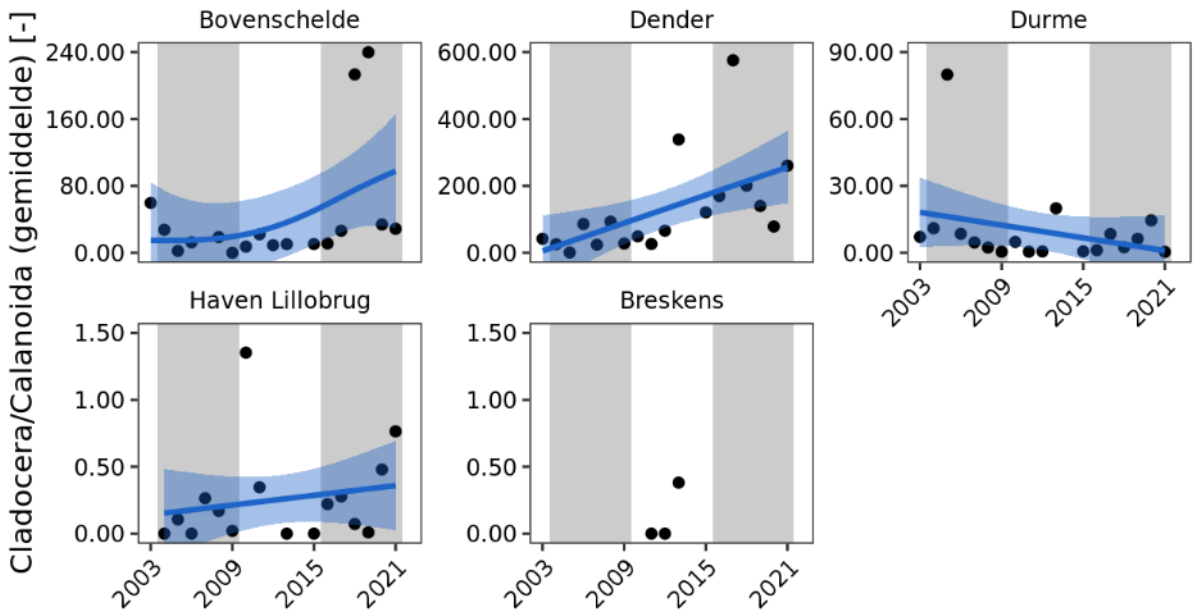


Figuur 9-323: Gemiddelde jaarmaximum aan Eurytemora affinis (in 1000 ind/m³) die afgeleid werd in de verschillende meetstation aan de grenzen van het Schelde-estuarium. Maxima zijn berekend per jaar

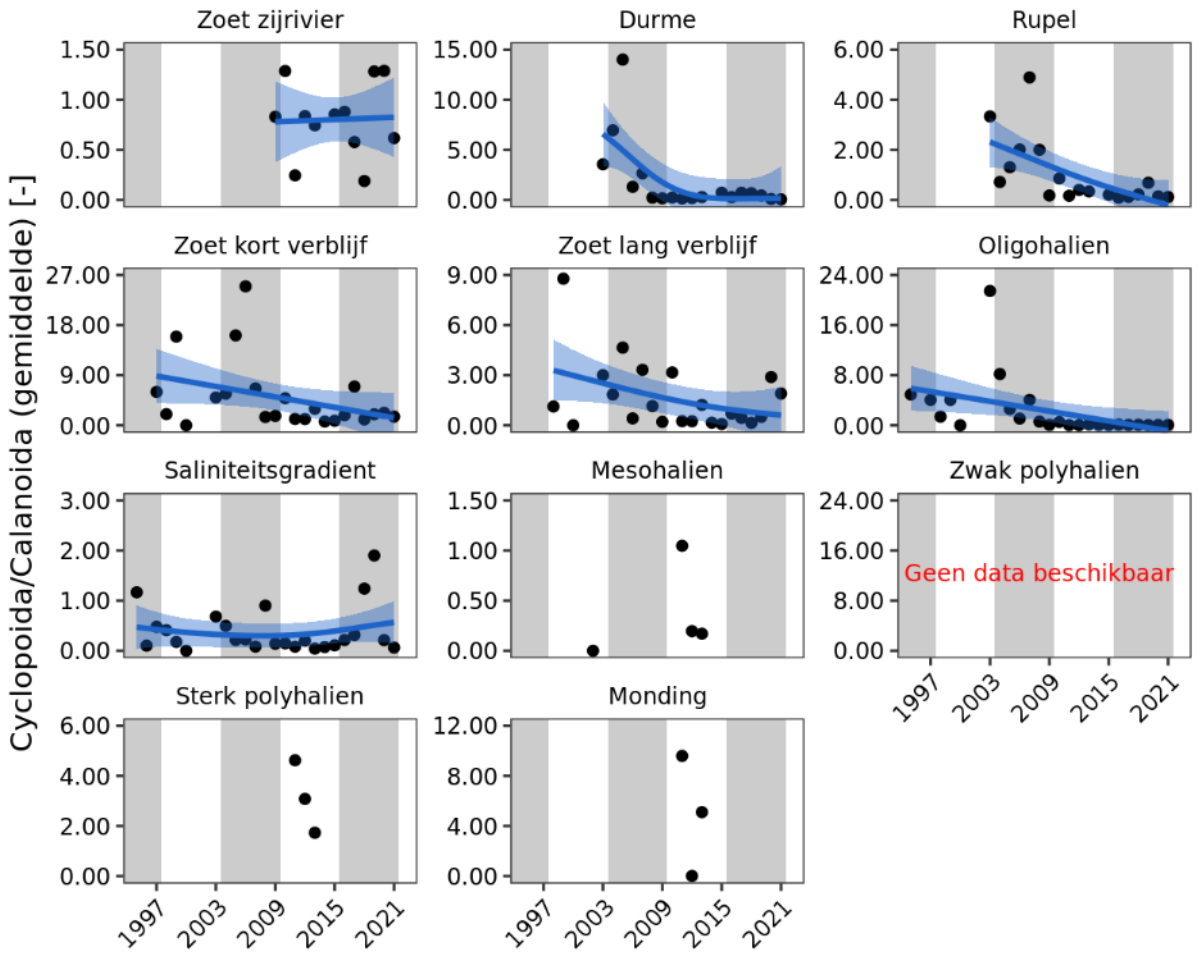


Figuur 9-324: Trendplot van de gemiddelde verhouding van cladocera ten opzichte van calanoida op basis van de periodieke metingen, weergegeven per zone.

Voor de stations die buiten het estuarium vallen, zijn de resultaten gelijkaardig (zie Figuur 9-325). Het meetstation *Durme* toont hierbij de hoogste verhouding van alle stations in het estuarium in de periode *2016-2021* en toont een toename ten opzichte van de periode *2010-2015* en *2004-2009*. Ook in het meetstation *Haven Lillobrug* wordt een toename van de verhouding in de laatste waargenomen.

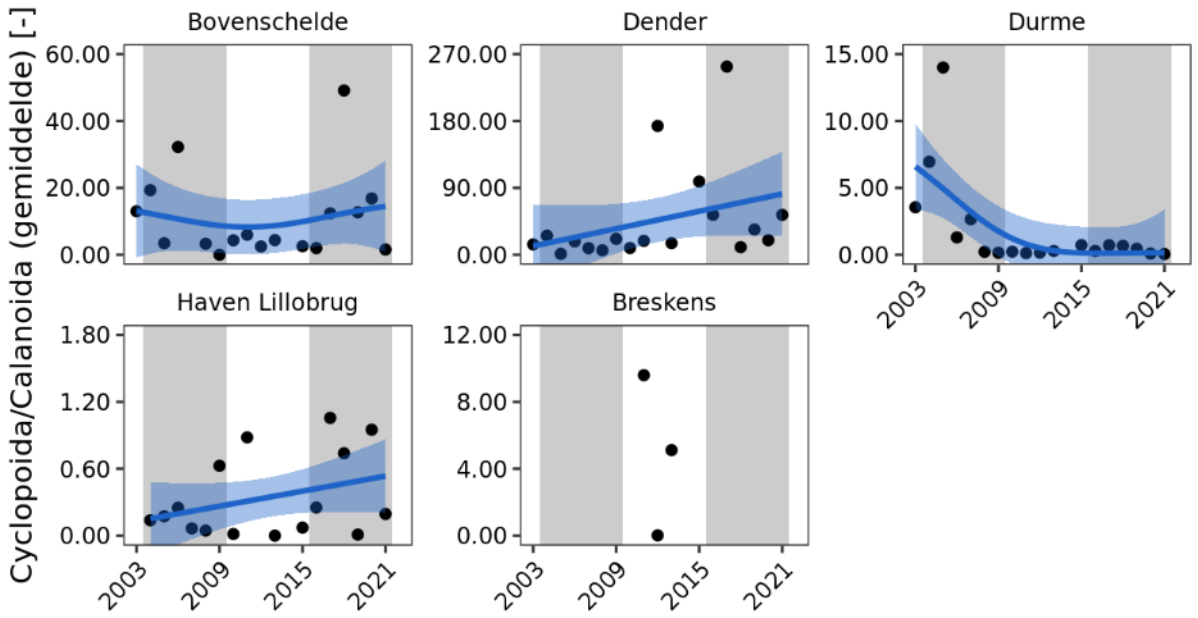


Figuur 9-325: Gemiddelde verhouding van Cladocera versus Calanoida die afgeleid werd in de verschillende meetstation aan de grenzen van het Schelde-estuarium. Gemiddeldes zijn berekend per jaar.



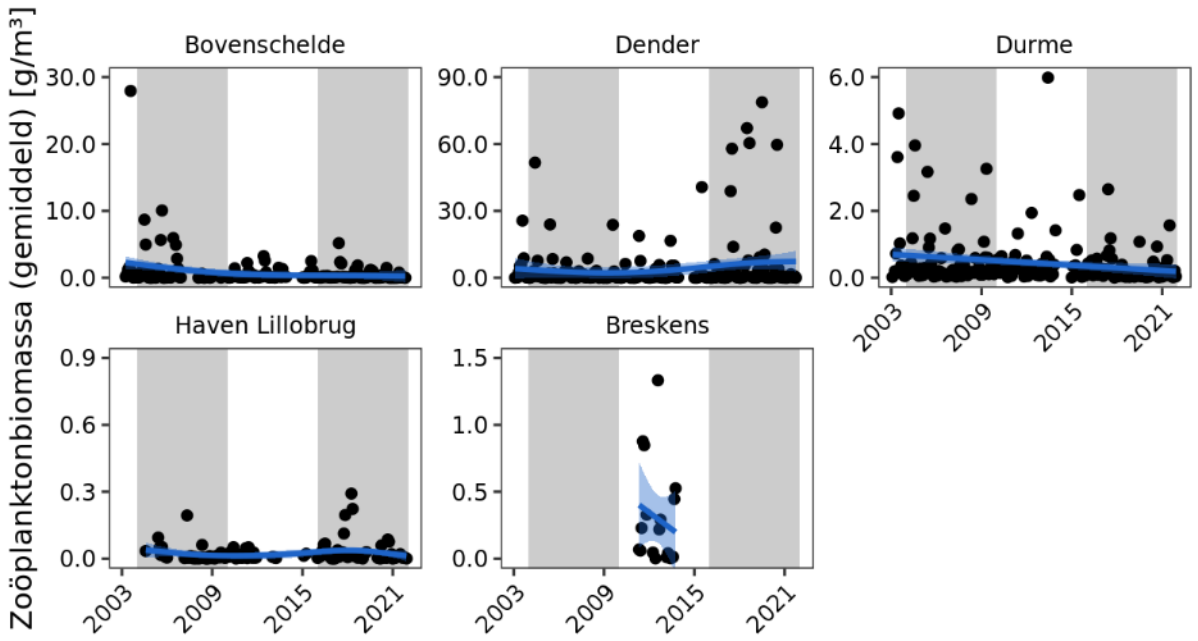
Figuur 9-326: Trendplot van de gemiddelde verhouding van cyclopoida ten opzichte van calanoida op basis van de periodieke metingen, weergegeven per zone.

Voor de stations die buiten het estuarium vallen, zijn de resultaten gelijkaardig (zie Figuur 9-327). Het meetstation *Durme* toont hierbij de hoogste verhouding van alle stations aan de grenzen van het estuarium in de periode *2016-2021* en een lichte toename ten opzichte van de periode *2010-2015*. Ook in het meetstation *Haven Lillobrug* wordt een lichte toename van de verhouding in de tijd waargenomen.



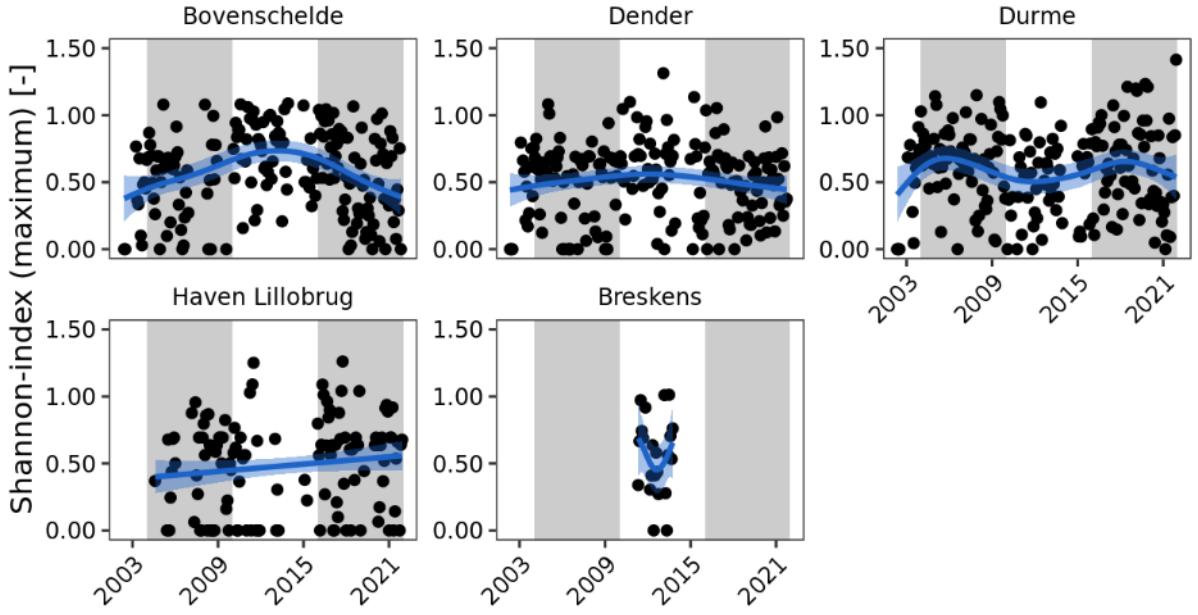
Figuur 9-327: Gemiddelde verhouding van Cyclopoida versus Calanoida die afgeleid werd in de verschillende meetstations aan de grenzen van het Schelde-estuarium. Gemiddeldes zijn berekend per jaar.

Voor de stations die buiten het estuarium vallen, zijn de resultaten eerder variërend (zie Figuur 9-328). Het meetstation *Dender* toont hierbij de hoogste zoöplanktonbiomassa van alle stations aan de grenzen van het estuarium in de periode *2016-2021* en toont een lichte toename ten opzichte van de periode *2010-2015* en *2004-2009*. De overige stations vertonen eerder een stabiele tot afnemende trend in de tijd.



Figuur 9-328: Verloop van de maandelijkse zoöplanktonbiomassa die afgeleid werd in de verschillende meetstations aan de grenzen van het Schelde-estuarium.

Voor de stations die buiten het estuarium vallen, zijn de resultaten gelijkaardig (zie Figuur 9-329). Het meetstation *Haven Lillobrug* toont hierbij de hoogste Shannon-index van alle stations aan de grenzen van het estuarium in de periode *2016-2021*, doch verschilt nauwelijks met de overige stations.

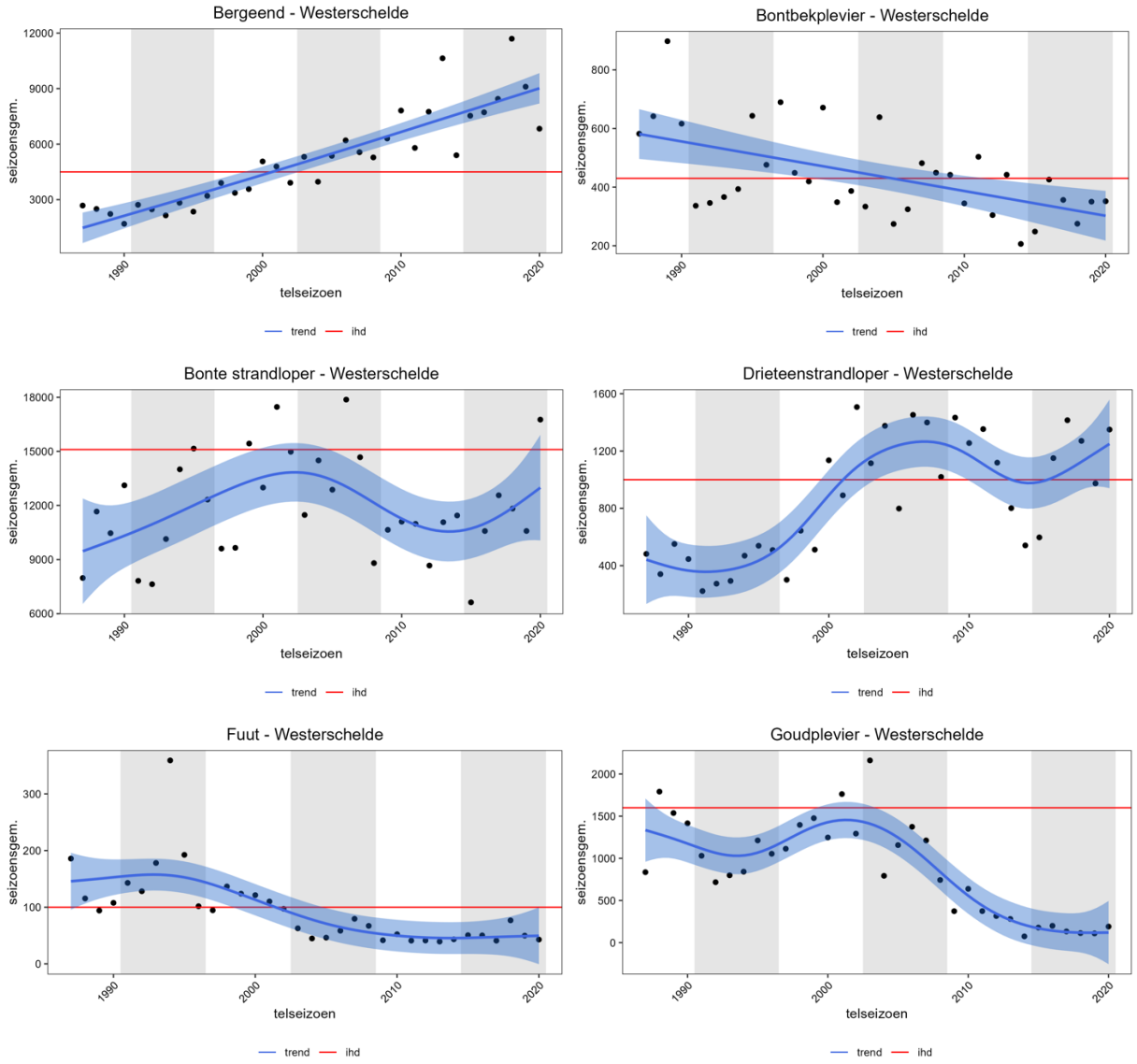


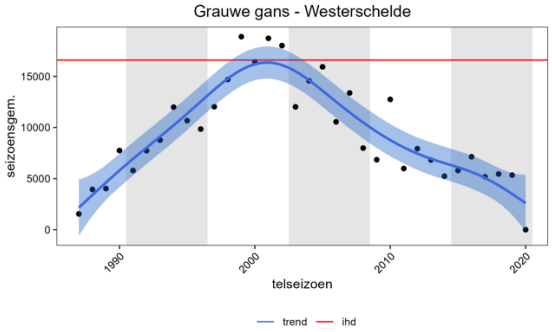
Figuur 9-329: Shannon-index van de mesozoöplanktongemeenschap die afgeleid werd in de verschillende meetstations aan de grenzen van het Schelde-estuarium.

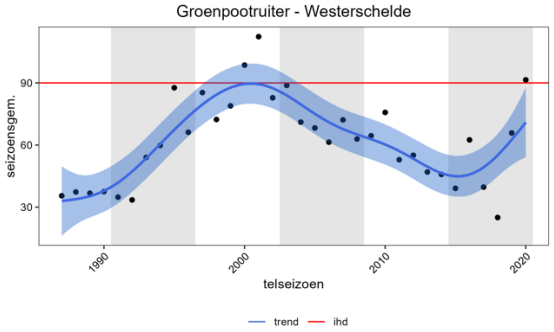
F.3. Toetsparameter Vogels

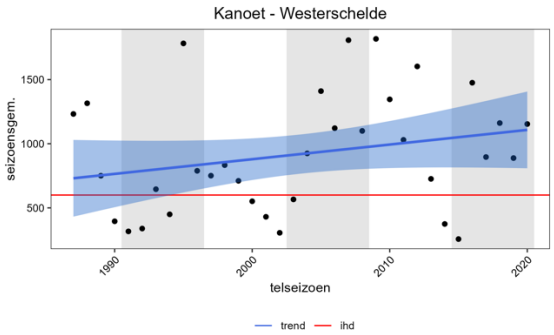
F.3.1. Niet-broedvogels Westerschelde

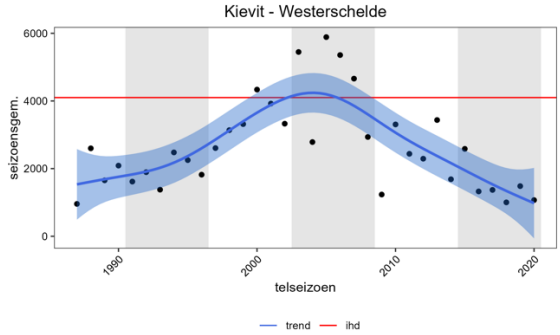
Hieronder staat het aantalsverloop, op basis van het seizoensgemiddelde, weergegeven voor niet-broedvogels met een instandhoudingsdoel voor de Westerschelde.

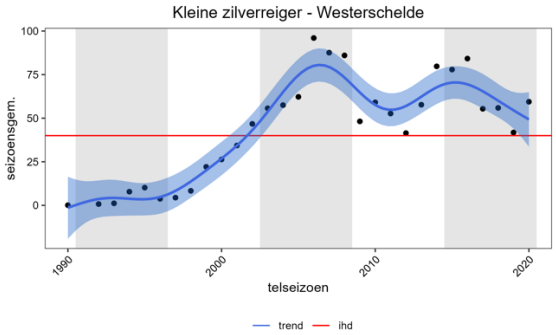


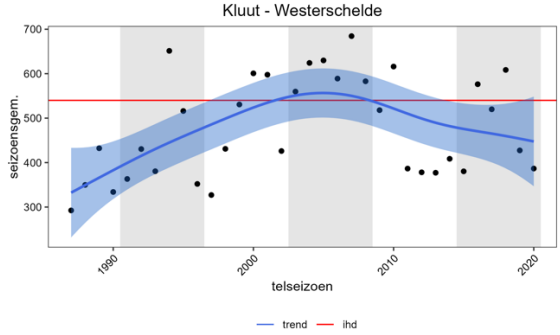

Grauwe gans - Westerschelde
seizoensgem.
telseizoen
trend
ihd

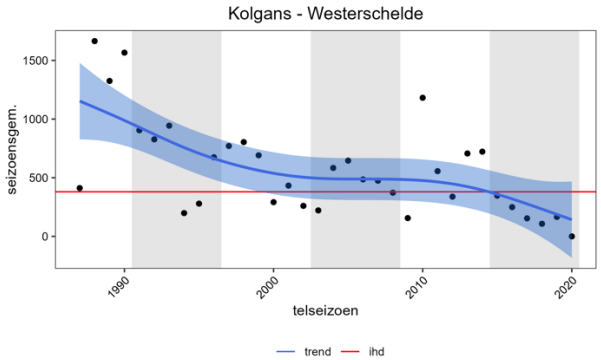

Groenpootruiter - Westerschelde
seizoensgem.
telseizoen
trend
ihd

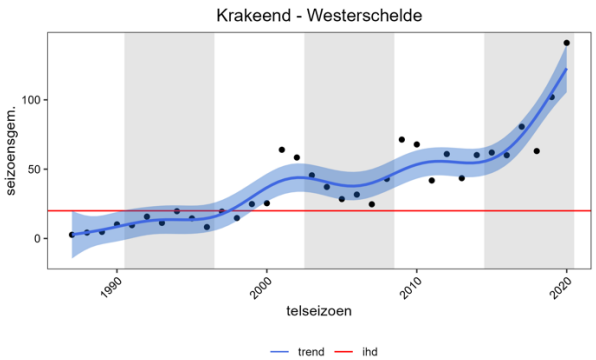

Kanoet - Westerschelde
seizoensgem.
telseizoen
trend
ihd

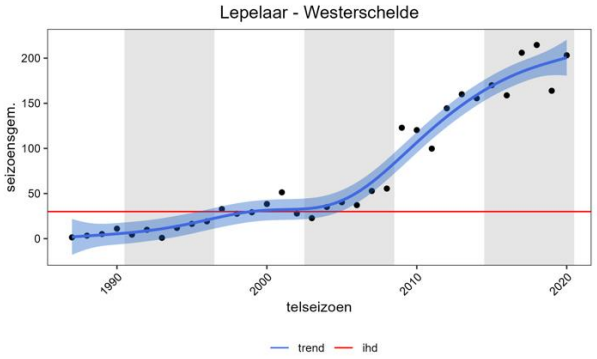

Kievit - Westerschelde
seizoensgem.
telseizoen
trend
ihd

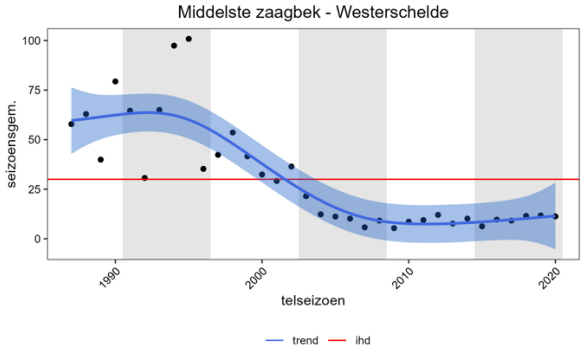

Kleine zilverreiger - Westerschelde
seizoensgem.
telseizoen
trend
ihd

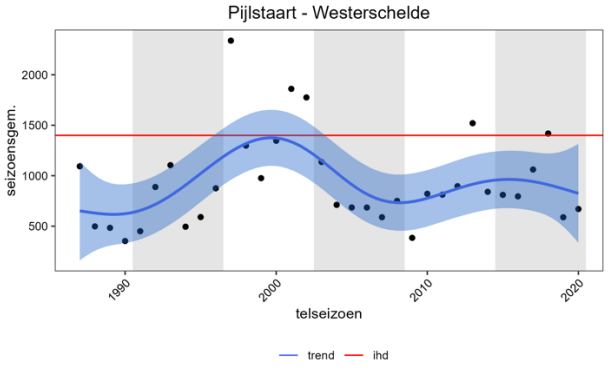

Kluut - Westerschelde
seizoensgem.
telseizoen
trend
ihd

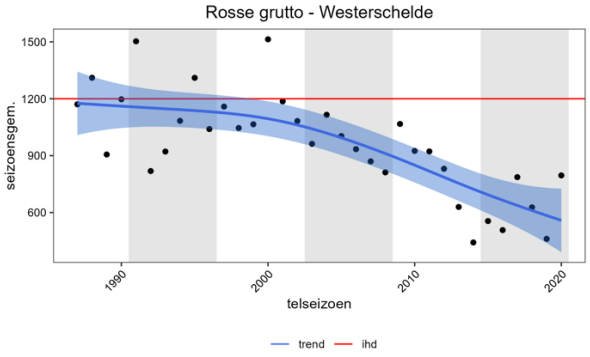

Kolgans - Westerschelde
seizoensgem.
telseizoen
trend
ihd

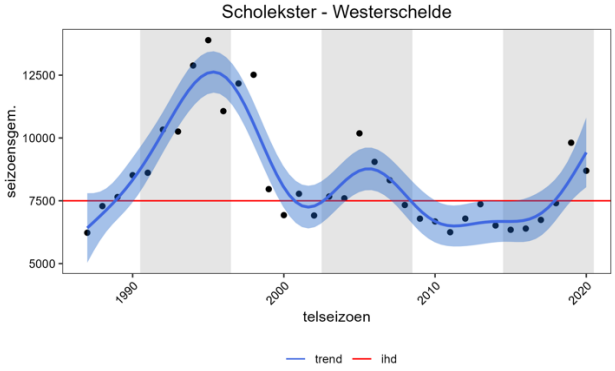

Krakeend - Westerschelde
seizoensgem.
telseizoen
trend
ihd

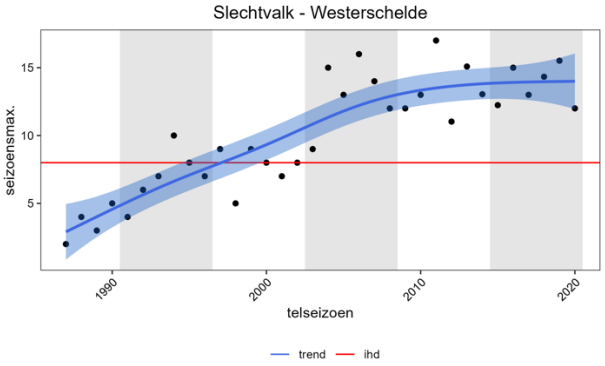

Lepelaar - Westerschelde
seizoensgem.
telseizoen
trend
ihd

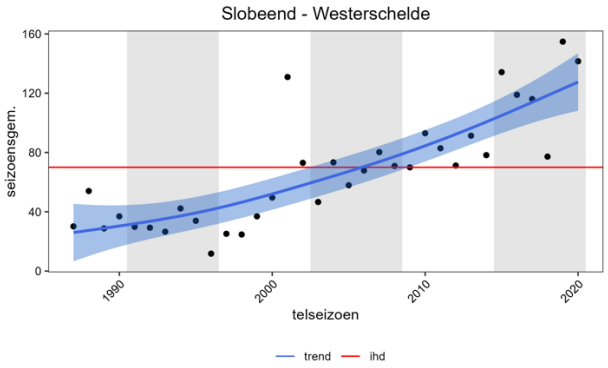

Middelste zaagbek - Westerschelde
seizoensgem.
telseizoen
trend
ihd

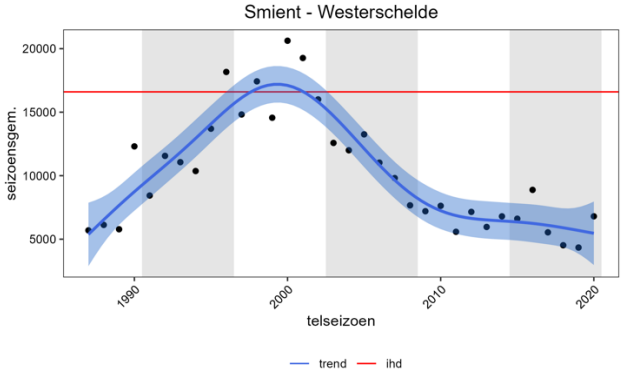

Pijlstaart - Westerschelde
seizoensgem.
telseizoen
trend
ihd

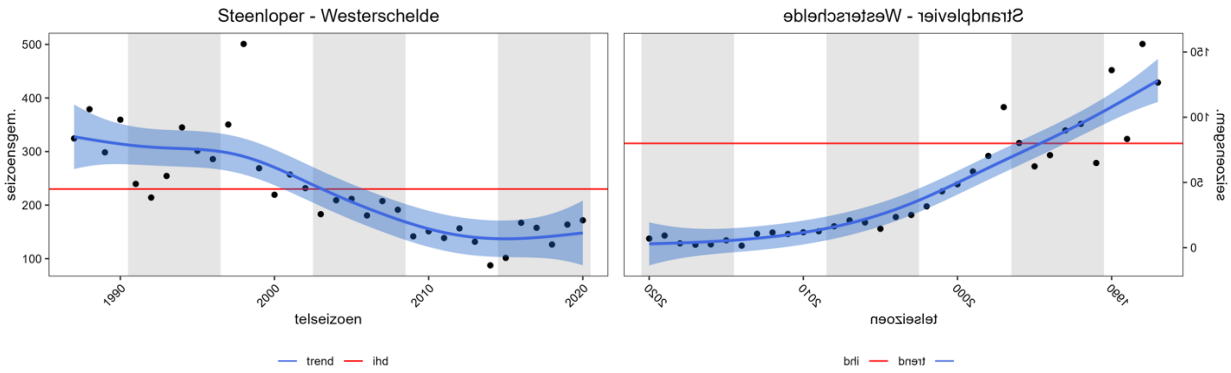

Rosse grutto - Westerschelde
seizoensgem.
telseizoen
trend
ihd

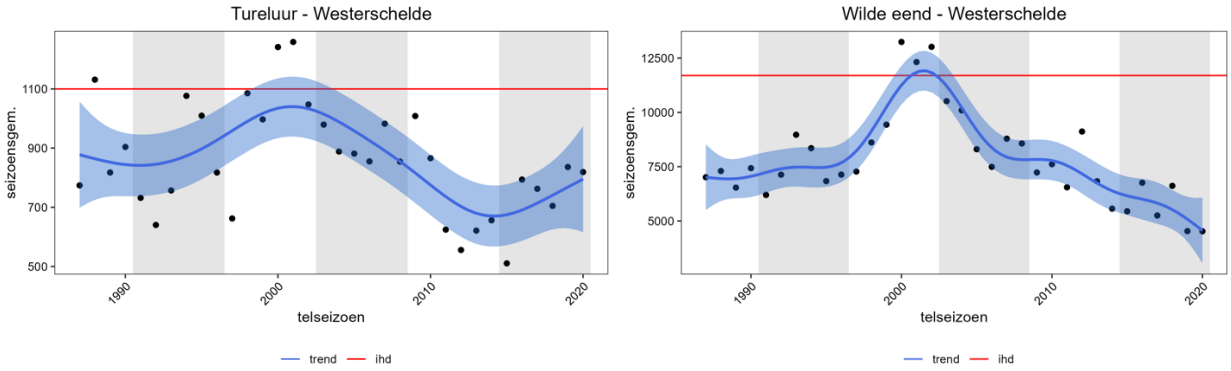

Scholekster - Westerschelde
seizoensgem.
telseizoen
trend
ihd

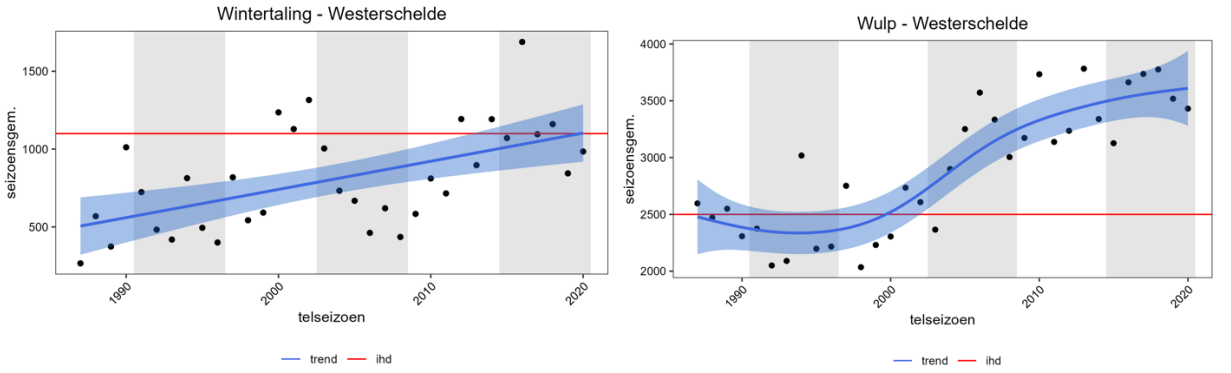

Slechtvalk - Westerschelde
seizoensmax.
telseizoen
trend
ihd


Slobeend - Westerschelde
seizoensgem.
telseizoen
trend
ihd


Smient - Westerschelde
seizoensgem.
telseizoen
trend
ihd

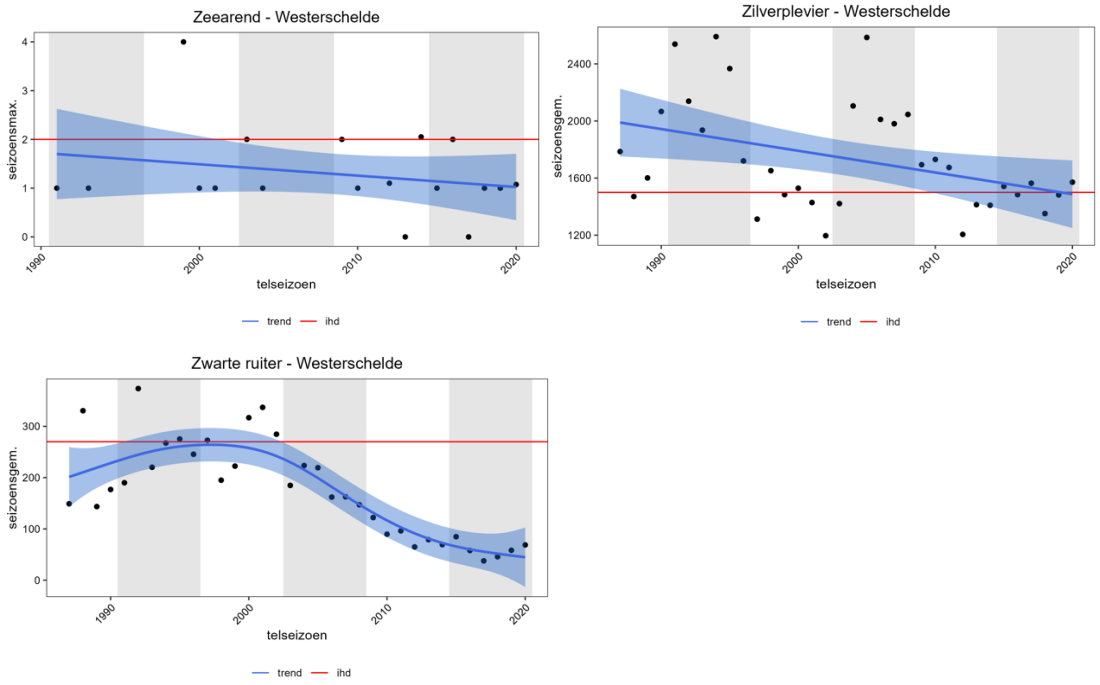

Steenloper - Westerschelde
seizoensgem.
telseizoen
trend
ihd


Tureluur - Westerschelde
seizoensgem.
telseizoen
trend
ihd


Wintertaling - Westerschelde
seizoensgem.
telseizoen
trend
ihd

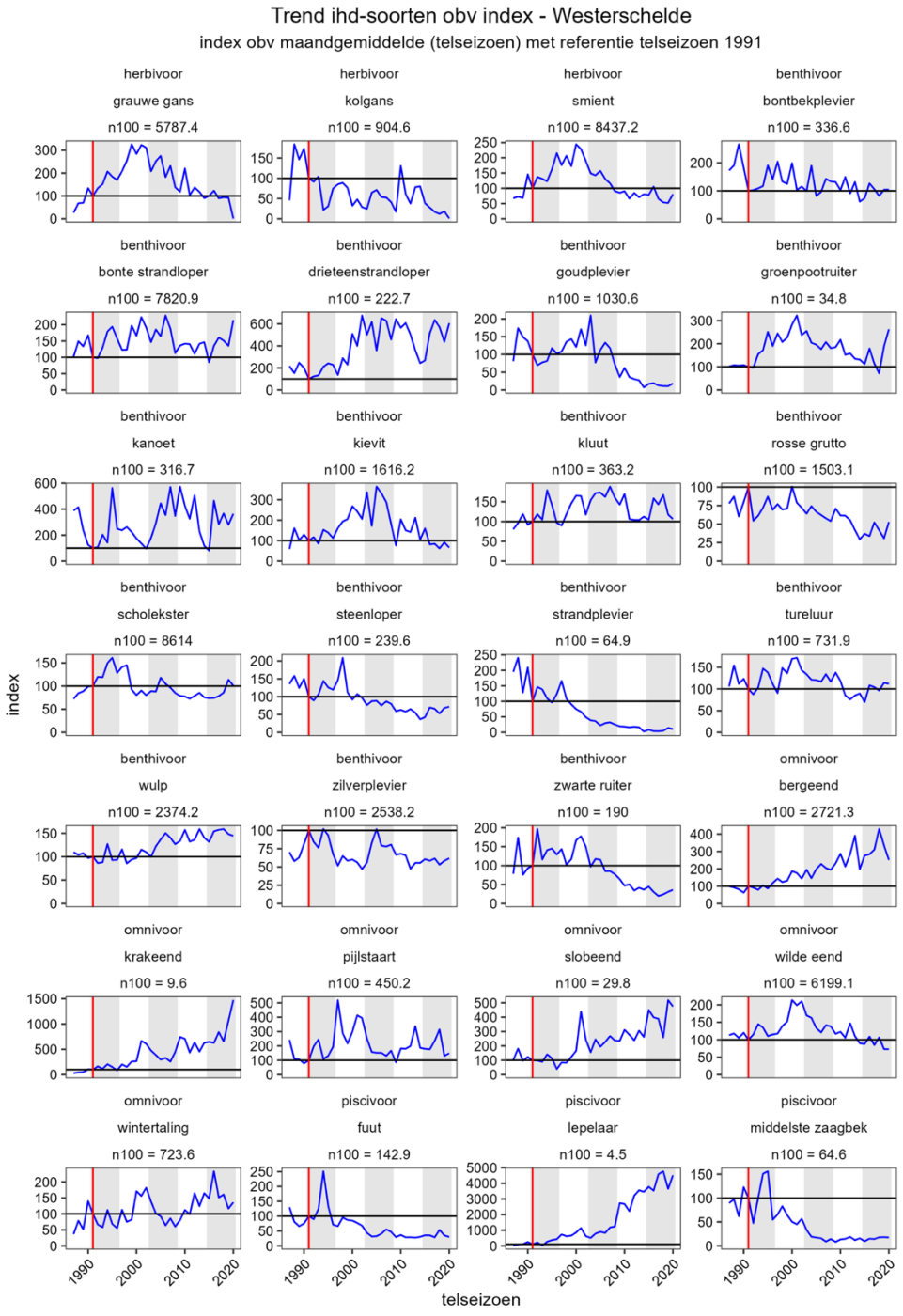
Wilde eend - Westerschelde
seizoensgem.
telseizoen
trend
ihd

Wulp - Westerschelde
seizoensgem.
telseizoen
trend
ihd



Index-ontwikkeling van niet-broedvogelsoorten met een instandhoudingsdoel voor de Westesrchelde, waarbij 1991 als referentiejaar is gekozen.

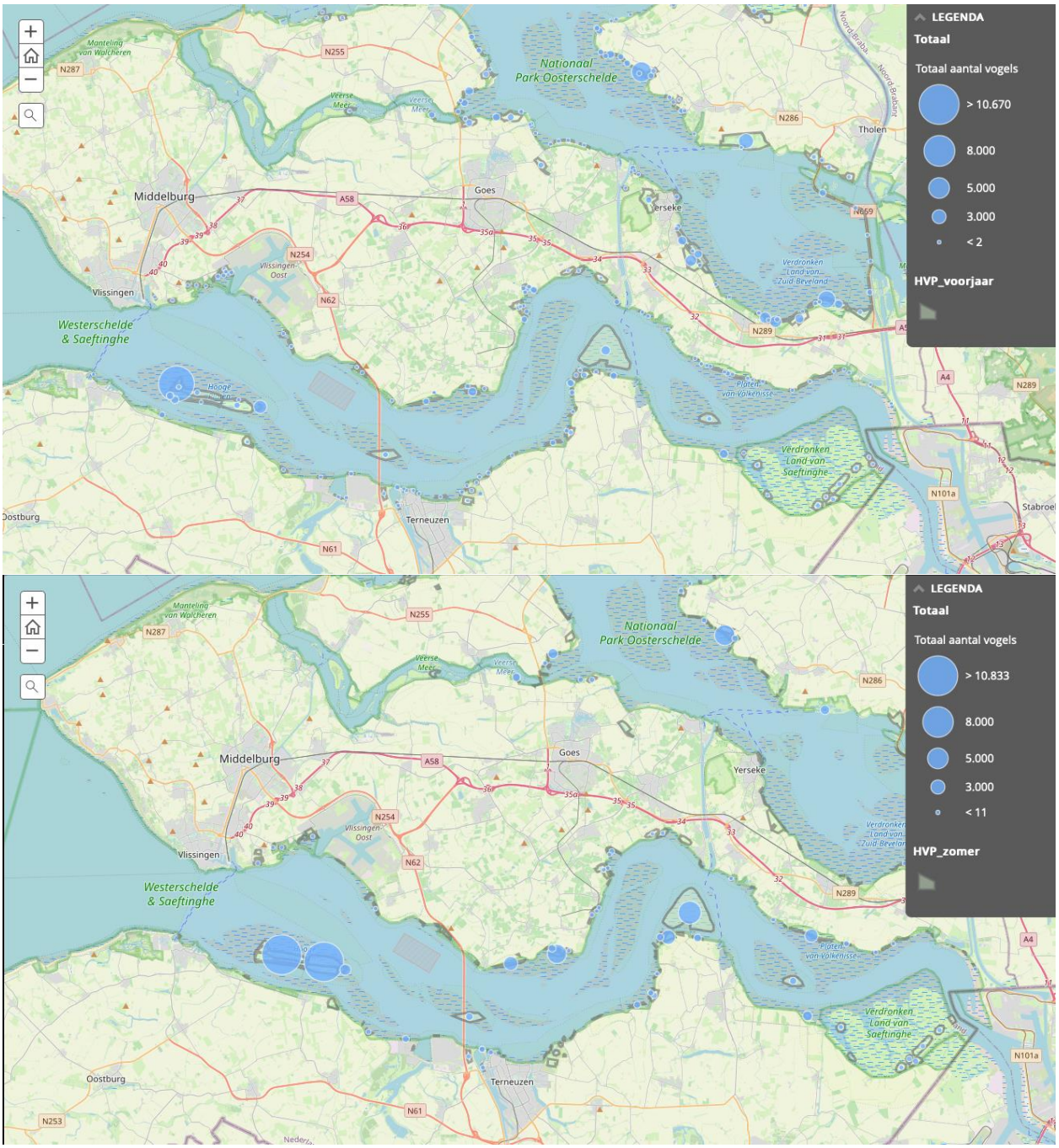
F.3.2. Index niet-broedvogels Westerschelde



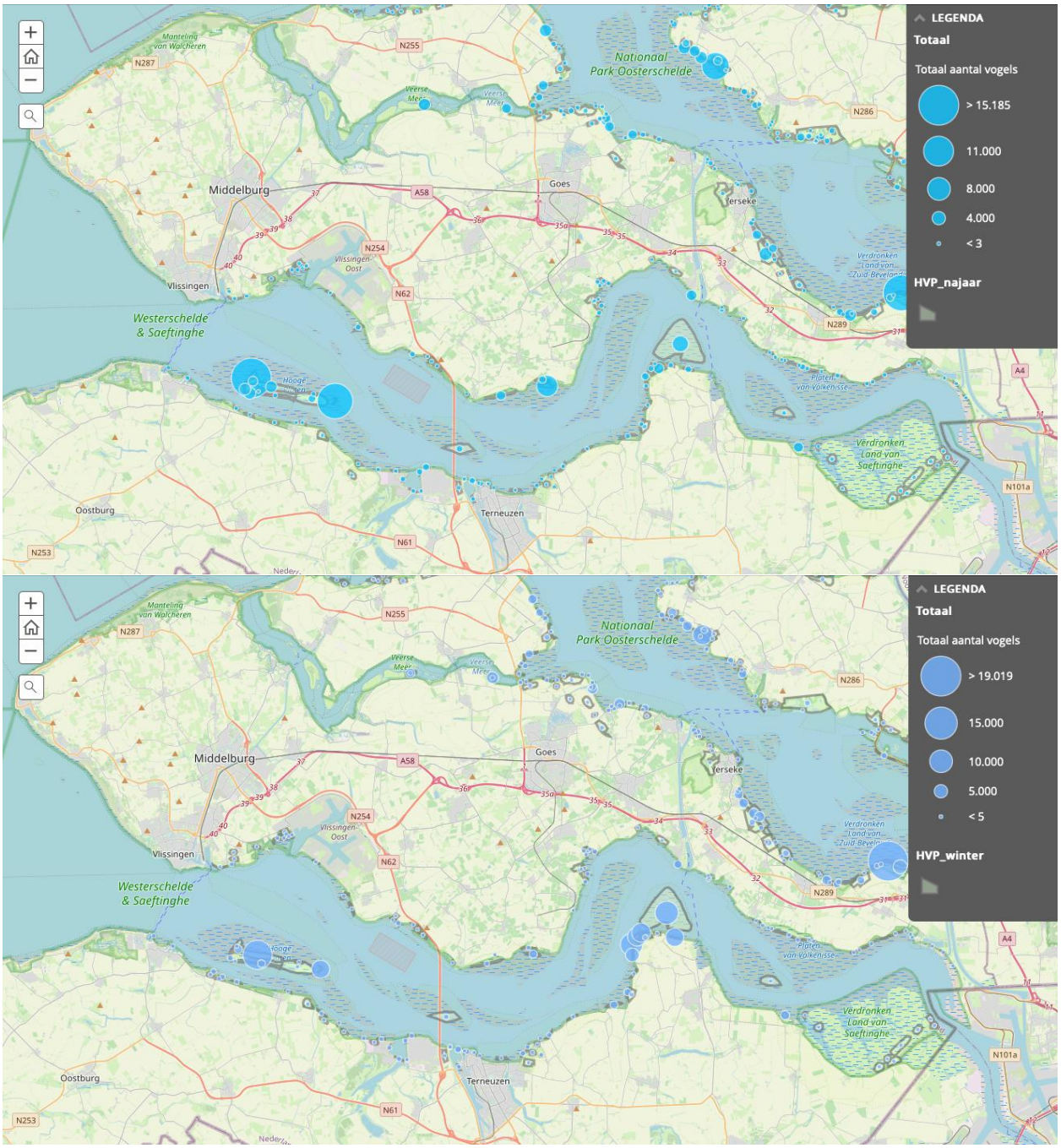
F.3.3. Hoogwatervluchtplaatsen Westerschelde

Onderstaande kaarten komen van:

- https://maps.arcgis.com/apps/MapJournal/index.html?appid=be5a06b9e65d4054a4b7c825d68c72a7



Figuur 9-330: Hoogwatervluchtplaatsen Westerschelde voor het voorjaar (BOVEN) en de zomer (ONDER).



Figuur 9-331: Hoogwatervluchtplaatsen Westerschelde voor het herfst (BOVEN) en winter (ONDER).

F.4. Toetsparameter Exoten

Tabel 9-38: Overzichtslijst van exoten uit bestaande lijsten en/of waargenomen in het Schelde-estuarium. Soorten zijn gegroepeerd per trofische groep en de referentie per soort voor classificatie als exoot is weergegeven.

Soort	Alternatieve naam	Groep	Type	Referentie
Coscinodiscus wailesii	-	fytoplankton	overig	VLIZ
Mediopyxis helysia	-	fytoplankton	overig	T2015
Odontella longicruris	Hobaniella longicruris	fytoplankton	overig	T2015
Odontella sinensis	-	fytoplankton	overig	VLIZ
Thalassiosira punctigera	-	fytoplankton	overig	VLIZ
Thalassiosira sp 1	-	fytoplankton	overig	T2015
Agarophyton vermiculophyllum	Ziltwaterknoopwier	macroalgen	overig	VLIZ
Antithamnionella ternifolia	Drietakkig rooddonswier	macroalgen	overig	VLIZ
Caulacanthus okamurae	-	macroalgen	overig	VLIZ
Codium fragile subsp. *fragile*	Vertakt viltwier	macroalgen	overig	VLIZ
Dasysiphonia japonica	Veelvertakt pluimwier	macroalgen	overig	VLIZ
Melanothamnus harveyi	Violet buiswier	macroalgen	overig	VLIZ
Polysiphonia senticulosa	Puntig buiswier	macroalgen	overig	VLIZ
Sargassum muticum	Japans bessenwier	macroalgen	overig	VLIZ
Undaria pinnatifida	Wakame	macroalgen	invasief	NL1
Arthurdendyus triangulates	Nieuw-Zeelandse platworm	macro-invertebraten	invasief	EU, NL1
Asterias amurensis	- (zeester)	macro-invertebraten	invasief	NL1
Caenoplana alba	- (platworm)	macro-invertebraten	overig	NL2
Caenoplana bicolor	- (platworm)	macro-invertebraten	overig	NL2
Crassostrea gigas	Japanse oester	macro-invertebraten	invasief	NL1
Elminius modestus	Nieuw-Zeelandse zeepok	macro-invertebraten	overig	NL2
Ensis directus	Amerikaanse zwaardschede	macro-invertebraten	overig	NL2
Eriocheir sinensis	Chinese wolhandkrab	macro-invertebraten	invasief	EU
Faxonius limosus	Gevlekte rivierkreeft	macro-invertebraten	invasief	EU
Faxonius rusticus	Roestbruine Amerikaanse rivierkreeft	macro-invertebraten	invasief	NL1
Faxonius virilis	Geknobbelde Amerikaanse rivierkreeft	macro-invertebraten	invasief	EU, NL1
Haminoea japonica	Japanse zeepbelslak	macro-invertebraten	overig	NL2
Limnoperna fortunei	-	macro-invertebraten	invasief	NL1
Magallana gigas	Japanse oester	macro-invertebraten	invasief	NL1
Marenzelleria viridis	Gewone groenworm	macro-invertebraten	overig	NL2
Marphysa sanguinea	Bloedworm	macro-invertebraten	overig	NL2
Mytilicola orientalis	Eenoogkreeftje	macro-invertebraten	overig	NL2
Ocenebra inornata	Japanse stekelhoorn	macro-invertebraten	invasief	NL1
Orconectes immunis	Calicotrivierkreeft	macro-invertebraten	invasief	NL1
Orconectes limosus	Gevlekte rivierkreeft	macro-invertebraten	invasief	EU
Orconectes rusticus	Roestbruine Amerikaanse rivierkreeft	macro-invertebraten	invasief	NL1
Orconectes virilis	Geknobbelde Amerikaanse rivierkreeft	macro-invertebraten	invasief	EU, NL1
Pacifastacus leniusculus	Californische rivierkreeft	macro-invertebraten	invasief	EU, NL1
Potamocorbula amurensis	Brakwaterkorfschelp	macro-invertebraten	overig	NL2
Procambarus acutus	Gestreepte Amerikaanse rivierkreeft	macro-invertebraten	invasief	NL1
Procambarus clarkii	Rode rivierkreeft	macro-invertebraten	invasief	EU, NL1
Procambarus fallax f. *virginalis*	Marmerkreeft	macro-invertebraten	invasief	EU
Procambarus virginalis	Marmerkreeft	macro-invertebraten	invasief	EU
Rapana venosa	Geaderde stekelhoren	macro-invertebraten	invasief	NL1
Styela clava	Japanse zakpijp	macro-invertebraten	overig	NL2
Urosalpinx cinerea	Amerikaanse oesterboorder	macro-invertebraten	invasief	NL1
Xenostrobus secures	Xenostrobus secures (tweekleppig)	macro-invertebraten	overig	NL2
Erigeron canadensis	Canadese fijnstraal	planten	overig	ecobase

Soort	Alternatieve naam	Groep	Type	Referentie
Galinsoga quadriradiata	Harig knopkruid	planten	overig	ecobase
Hepatica	Leverbloempje	planten	overig	NSR
Juglans regia	Okkernoot	planten	overig	ecobase
Lolium multiflorum	Italiaans raaigras	planten	overig	ecobase
Populus x canadensi	Canadapopulier	planten	overig	ecobase
Acacia cyanophylla	Wilgacacia	planten + mossen	invasief	EU
Acacia saligna	Wilgacacia	planten + mossen	invasief	EU
Acer negundo	Vederesdoorn	planten + mossen	invasief	BE2
Acer rufinerve	Grijze bastesdoorn	planten + mossen	invasief	BE2
Acorus calamus	Kalmoes	planten + mossen	overig	T2015
Ailanthus altissima	Hemelboom	planten + mossen	invasief	EU+BE1+NL1
Alternanthera philoxeroides	Alligatorkruid	planten + mossen	invasief	EU
Ambrosia artemisiifolia	Alsemambrosia	planten + mossen	invasief	BE4+NL1
Amelanchier lamarckii	Amerikaans krentenboompje	planten + mossen	invasief	BE2
Amorpha fruticosa	Indigostruik	planten + mossen	invasief	NL1
Andropogon virginicus	Amerikaans bezemgras	planten + mossen	invasief	EU
Aronia x prunifolia	Zwarte appelbes	planten + mossen	overig	NL2
Asclepias syriaca	Zijdeplant	planten + mossen	invasief	EU
Aster lanceolatus	Smalle aster	planten + mossen	invasief	BE1
Aster novi-belgii	Nieuw-Nederlandse aster	planten + mossen	invasief	BE2
Aster x salignus	Wilgaster	planten + mossen	invasief	BE1
Azolla filiculoides	Kroosvaren	planten + mossen	invasief	BE2
Baccharis halimifolia	Struikaster	planten + mossen	invasief	EU, BE1, NL1
Berberis aquifolium	Mahonie	planten + mossen	overig	BE4, NL2
Bidens frondosa	Zwart tandzaad	planten + mossen	invasief	BE2
Brassica napus	Koolzaad	planten + mossen	overig	T2015
Buddleja davidii	Vlinderstruik	planten + mossen	invasief	BE2
Cabomba caroliniana	Waterwaaier	planten + mossen	invasief	EU, BE3, NL1
Campylopus introflexus	Grijs kronkelsteeltje	planten + mossen	overig	(leeg)
Cardiospermum grandiflorum	Ballonrank	planten + mossen	invasief	EU
Carpobrotus spp.	Hottentotvijg	planten + mossen	invasief	BE3, NL1
Conyza canadensis	Canadese fijnstraal	planten + mossen	overig	T2015
Cornus sericea	Canadese kornoelje	planten + mossen	invasief	BE1, NL2
Coronopus didymus	Kleine varkenskers	planten + mossen	overig	T2015
Cortaderia jubata	Hoog pampagras	planten + mossen	invasief	EU
Cotoneaster ambiguous	Dwergmispel	planten + mossen	invasief	NL2
Cotoneaster bullatus	Dwergmispel	planten + mossen	invasief	NL2
Cotoneaster dielsianus	Dwergmispel	planten + mossen	invasief	NL1
Cotoneaster horizontalis	Dwergmispel	planten + mossen	invasief	BE1, NL1
Cotula coronopifolia	Goudknopje	planten + mossen	overig	T2015
Crassula helmsii	Watercrassula	planten + mossen	invasief	BE1, NL1
Cyperus eragrostis	Bleek cypergras	planten + mossen	invasief	BE2
Duchesnea indica	Schijnaardbei	planten + mossen	invasief	BE2
Echinocystis lobata	Stekelaugurk	planten + mossen	invasief	BE3
Egeria densa	Egeria	planten + mossen	invasief	BE1
Ehrharta calycina	Roze rimpelgras	planten + mossen	invasief	EU
Eichhornia crassipes	Waterhyacint	planten + mossen	invasief	EU
Elaeagnus angustifolia	Smalle olijfwilg	planten + mossen	invasief	BE2
Elodea canadensis	Brede waterpest	planten + mossen	invasief	BE1
Elodea nuttallii	Smalle waterpest	planten + mossen	invasief	EU, BE1
Epilobium ciliatum	Beklierde basterdwederik	planten + mossen	overig	T2015
Fallopia aubertii	Chinese bruidssluier	planten + mossen	overig	BE4
Fallopia japonica	Japanse duizendknoop	planten + mossen	invasief	BE1, NL1

Soort	Alternatieve naam	Groep	Type	Referentie
Fallopia sachalinensis	Sachalinse duizendknoop	planten + mossen	invasief	BE1, NL1
Fallopia x bohemica	Basterdduizendknoop	planten + mossen	invasief	BE1, NL1
Fraxinus pennsylvanica	Zachte es	planten + mossen	invasief	BE2
Gunnera tinctoria	Gewone gunnera	planten + mossen	invasief	EU
Gymnocoronis spilanthoides	Smalle theeplant	planten + mossen	invasief	EU
Helianthus tuberosus	Aardpeer	planten + mossen	invasief	BE1
Heracleum mantegazzianum	Reuzenberenklauw	planten + mossen	invasief	EU, BE1, NL1
Heracleum persicum	Perzische berenklauw	planten + mossen	invasief	EU, NL1
Heracleum sosnowskyi	Sosnowsky's berenklauw	planten + mossen	invasief	EU, NL1
Homarus americanus	Amerikaanse kreeft	planten + mossen	invasief	NL1
Humulus scandens	Oosterse hop	planten + mossen	invasief	EU
Hyacinthoides hispanica	Spaanse hyacinth	planten + mossen	invasief	BE2
Hydrocotyle ranunculoides	Grote waternavel	planten + mossen	invasief	EU, BE1, NL1
Impatiens glandulifera	Reuzenbalsemien	planten + mossen	invasief	EU, BE1, NL2
Impatiens parviflora	Klein springzaad	planten + mossen	invasief	BE2
Koenigia polystachya	Afghaanse duizendknoop	planten + mossen	invasief	BE2
Lagarosiphon major	Verspreidbladige waterpest	planten + mossen	invasief	EU, BE1, NL1
Lamium galeobdolon sub. *argentatum*	Bonte gele dovenetel	planten + mossen	overig	BE4
Lemna minuta	Dwergkroos	planten + mossen	invasief	BE2
Lepidium draba	Pijlkruidkers	planten + mossen	overig	T2015
Lespedeza cuneata	Chinese struikklaver	planten + mossen	invasief	EU
Lespedeza juncea var. *sericea*	Chinese struikklaver	planten + mossen	invasief	EU
Lonicera japonica	Japanse kamperfoelie	planten + mossen	invasief	BE3
Lonicera nitida	Chinese kamperfoelie	planten + mossen	overig	NL2
Ludwigia grandiflora	Grote waterteunisbloem	planten + mossen	invasief	EU, BE1, NL1
Ludwigia peploides	Kleine waterteunisbloem	planten + mossen	invasief	EU, BE1, NL1
Lupinus polyphyllus	Vaste lupine	planten + mossen	invasief	BE2
Lygodium japonicum	Japanse klimvaren	planten + mossen	invasief	EU
Lysichiton americanus	Moerasaronskelk	planten + mossen	invasief	EU, BE2, NL1
Mahonia aquifolium	Mahonie	planten + mossen	invasief	BE1
Matricaria discoidea	Schijfkamille	planten + mossen	overig	T2015
Microstegium vimineum	Japans steltgras	planten + mossen	invasief	EU
Mimulus guttatus	Gele maskerbloem	planten + mossen	invasief	BE2
Myriophyllum aquaticum	Parelvederkruid	planten + mossen	invasief	EU, BE1, NL1
Myriophyllum heterophyllum	Ongelijkbladig vederkruid	planten + mossen	invasief	EU, BE1, NL1
Parthenium hysterophorus	Schijnambrosia	planten + mossen	invasief	EU
Parthenocissus inserta	Valse wingerd	planten + mossen	invasief	BE2, NL1
Pennisetum setaceum	Fraai lampenpoetsersgras	planten + mossen	invasief	EU
Persicaria perfoliata	Gestekelde duizendknoop	planten + mossen	invasief	EU
Persicaria wallichii	Afghaanse duizendknoop	planten + mossen	overig	NL2
Phytolacca americana	Westerse karmozijnbes	planten + mossen	invasief	BE3
Polygonum perfoliatum	Gestekelde duizendknoop	planten + mossen	invasief	EU
Populus canescens	Grauwe abeel	planten + mossen	overig	T2015
Populus x canadensis	Canadapopulier	planten + mossen	overig	T2015
Prosopis juliflora	Mesquite	planten + mossen	invasief	EU
Prunus laurocerasus	Laurierkers	planten + mossen	invasief	BE2
Prunus serotina	Amerikaanse vogelkers	planten + mossen	invasief	BE1, NL1
Prunus serotina -kl	Amerikaanse vogelkers	planten + mossen	invasief	BE1, NL1
Pueraria lobata	Kudzu	planten + mossen	invasief	EU, NL1
pueraria montana var. *lobata*	Kudzu	planten + mossen	invasief	EU, NL1
Quercus rubra	Amerikaanse eik	planten + mossen	invasief	BE2
Rhododendron ponticum	Pontische rododendron	planten + mossen	invasief	BE1, NL2
Rhus typhina	Fluweelboom	planten + mossen	invasief	BE2, NL2

Soort	Alternatieve naam	Groep	Type	Referentie
Robinia pseudoacacia	Robinia	planten + mossen	invasief	BE2
Rosa rugosa	Rimpelroos	planten + mossen	invasief	BE1, NL1
Rudbeckia laciniata	Slipbladige rudbeckia	planten + mossen	invasief	BE2
Salix dasyclados	Duitse dot	planten + mossen	overig	T2015
Salix eriocephala	Amerikaantje	planten + mossen	overig	ecobase
Salvinia adnata	Grote vlotvaren	planten + mossen	invasief	EU
Salvinia molesta	Grote vlotvaren	planten + mossen	invasief	EU
Sapium sebiferum	Talgboom	planten + mossen	invasief	EU
Senecio inaequidens	Bezemkruiskruid	planten + mossen	invasief	BE2
Solanum triflorum	Driebloemige nachtschade	planten + mossen	overig	T2015
Solidago canadensis	Canadese guldenroede	planten + mossen	invasief	BE1
Solidago gigantea	Late guldenroede	planten + mossen	invasief	BE1
Spartina anglica	Engels slijkgras	planten + mossen	overig	T2015
Spiraea alba	Witte pluimspirea	planten + mossen	invasief	BE1
Spiraea douglasii	Douglasspirea	planten + mossen	invasief	BE1
Spiraea tomentosa	Viltige spirea	planten + mossen	invasief	BE2
Spiraea x billardii	Spierstruik	planten + mossen	invasief	BE2
Symphoricarpos albus	Sneeuwbes	planten + mossen	overig	NL2
Triadica sebifera	Talgboom	planten + mossen	invasief	EU
Vaccinium corymbosum	Blauwe bes	planten + mossen	invasief	NL1
Acipenser baerii	Siberische gladbuiksteur	vissen	invasief	NL1
Acipenser gueldenstaedtii	Diamantsteur	vissen	overig	NL2
Acipenser ruthenus	Sterlet	vissen	overig	NL2
Acipenser stellatus	Spitssnuitsteur	vissen	overig	NL2
Ameiurus melas	Zwarte dwergmeerval	vissen	invasief	NL1
Ameiurus nebulosus	Bruine dwergmeerval	vissen	invasief	BE2+NL2
Carassius gibelio	Giebel	vissen	invasief	BE1, NL1
Ctenopharyngodon idella	Graskarper	vissen	invasief	NL1
Cygnus atratus	Zwarte zwaan	vissen	invasief	BE2, NL2
Cyprinus carpio	Karper	vissen	overig	NL2
Cyprinus carpio x Carassiu sp.	Hybride karper x goudvis	vissen	invasief	NL1
Hypophthalmichthys molitrix	Zilverkarper	vissen	overig	NL2
Hypophthalmichthys nobilis	Grootkopkarper	vissen	overig	NL2
Lepomis gibbosus	Zonnebaars	vissen	invasief	EU, BE2, NL1
Lepomis spp.	Zonnebaarzen	vissen	invasief	NL1
Leuciscus aspius	Roofblei	vissen	overig	NL2
Micropogonias undulatus	Knorrepos	vissen	overig	VLIZ
Micropterus dolomieu	Kleinbekbaars	vissen	invasief	NL1
Micropterus salmoides	Forelbaars	vissen	invasief	NL1
Misgurnus anguillicaudatus	Modderkruipers	vissen	invasief	NL1
Morone americana	Amerikaanse zeebaars	vissen	invasief	NL1
Neogobius fluviatilis	Pontische stroomgrondel	vissen	overig	NL2
Neogobius gymnotrachelus	Naakthalsgrondel	vissen	overig	NL2
Neogobius kessleri	Kesslers grondel	vissen	overig	NL2
Neogobius melanostomus	Zwartbekgrondel	vissen	invasief	BE1, NL2
Oncorhynchus mykiss	Regenboogforel	vissen	invasief	NL1
Perccottus glenii	Amoergrondel	vissen	invasief	EU, BE3, NL1
Pimephales promelas	Amerikaanse dikkop-elrits	vissen	invasief	BE2, NL1
Plotosus lineatus	Gestreepte koraalmeerval	vissen	invasief	EU
Pomoxix annularis	Zonnebaarzen	vissen	invasief	NL1
Pomoxix nigromaculatus	Zonnebaarzen	vissen	invasief	NL1
Proterorhinus semilunaris	Marmergrondel	vissen	overig	NL2
Pseudorasbora parva	Blauwbandgrondel	vissen	invasief	EU, BE1, NL1

Soort	Alternatieve naam	Groep	Type	Referentie
Romanogobio belingi	Witvingrondel	vissen	overig	NL2
Salvelinus fontinalis	Bronforel	vissen	invasief	NL1
Sander lucioperca	Snoekbaars	vissen	invasief	BE2, NL2
Umbra pygmaea	Amerikaanse hondsvis	vissen	overig	NL2
Acridotheres ginginianus	Oevermaina	vogels	exoot	
Acridotheres tristis	Treurmaina	vogels	invasief	EU
Aix galericulata	Mandarijneend	vogels	exoot	NL2
Aix sponsa	Carolina-eend	vogels	exoot	NL2
Alectoris chukar	Aziatische Steenpatrijs	vogels	exoot	
Alectoris rufa	Rode Patrijs	vogels	exoot	
Alopochen aegyptiaca	Nijlgans	vogels	invasief	EU, BE1, NL1
Amazonetta brasiliensis	Amazonetaling	vogels	exoot	
Anas bahamensis	Bahamapijlstaart	vogels	exoot	
Anas capensis	Kaapse Taling	vogels	exoot	
Anas flavirostris	Chileense Taling	vogels	exoot	
Anas georgica	Zuid-Amerikaanse Pijlstaart	vogels	exoot	
Anas poecilorhyncha	Indische Vlekbekeend	vogels	exoot	
Anser canagicus	Keizergans	vogels	exoot	
Anser cearulescens	Sneeuwgans	vogels	exoot	NL2
Anser cygnoides	Zwaangans	vogels	exoot	
Anser indicus	Indische gans	vogels	invasief	BE2, NL1
Ara macao	Geelvleugelara	vogels	exoot	
Aythya valisineria	Grote Tafeleend	vogels	exoot	
Balearica regulorum	Grijze Kroonkraanvogel	vogels	exoot	
Bombycilla japonica	Japanse Pestvogel	vogels	exoot	
Branta canadensis	Grote Canadese Gans	vogels	invasief	BE1, NL1
Branta hutchinsii	Kleine Canadese gans	vogels	exoot	NL2
Branta sandvicensis	Hawaiigans	vogels	exoot	
Bucephala islandica	IJslandse Brilduiker	vogels	exoot	
Cairina moschata	Muskuseend	vogels	exoot	
Callonetta leucophrys	Ringtaling	vogels	exoot	
Cardinalis cardinalis	Rode Kardinaal	vogels	exoot	
Carpodacus sibiricus	Langstaartroodmus	vogels	exoot	
Chenonetta jubata	Manengans	vogels	exoot	
Chloephaga picta	Magelhaengans	vogels	exoot	
Chloephaga rubidiceps	Roodkopgans	vogels	exoot	
Chrysolophus amherstiae	Lady-Amherstfazant	vogels	exoot	
Chrysolophus pictus	Goudfazant	vogels	exoot	
Ciconia abdimii	Abdims Ooievaar	vogels	exoot	
Corvus splendens	Huiskraai	vogels	invasief	EU, NL1
Cyanistes cyanus	Azuurmees	vogels	exoot	
Cyanochen cyanoptera	Blauwvleugelgans	vogels	exoot	
Cygnus atratus	Zwarte Zwaan	vogels	exoot	
Cygnus buccinator	Trompetzwaan	vogels	exoot	
Cygnus melancoryphus	Zwarthalszwaan	vogels	exoot	
Dendrocygna arborea	West-Indische Fluiteend	vogels	exoot	
Dendrocygna arcuata	Zwervende Fluiteend	vogels	exoot	
Dendrocygna bicolor	Rosse Fluiteend	vogels	exoot	
Eophona migratoria	Witvleugeldikbek	vogels	exoot	
Estrilda astrild	Sint-Helenafazantje	vogels	exoot	
Eudocimus albus	Witte Ibis	vogels	exoot	
Falco biarmicus	Lannervalk	vogels	exoot	
Falco sparverius	Amerikaanse Torenvalk	vogels	exoot	

Soort	Alternatieve naam	Groep	Type	Referentie
Gypaetus barbatus	Lammergier	vogels	exoot	
Leiothrix lutea	Japanse Nachtegaal	vogels	exoot	
Leptoptilos crumenifer	Afrikaanse Maraboe	vogels	exoot	
Lophodytes cucullatus	Kokardezaagbek	vogels	exoot	
Mareca sibilatrix	Chileense Smient	vogels	exoot	
Marmaronetta angustirostris	Marmereend	vogels	exoot	
Meleagris gallopavo	Kalkoen	vogels	exoot	
Melopsittacus undulatus	Grasparkiet	vogels	exoot	
Minla ignotincta	Roodstaartminla	vogels	exoot	
Mycteria ibis	Afrikaanse Nimmerzat	vogels	exoot	
Myiopsitta monachus	Monniksparkiet	vogels	invasief	NL1
Netta peposaca	Peposaka-eend	vogels	exoot	
Numida meleagris	Helmparelhoen	vogels	exoot	
Nymphicus hollandicus	Valkparkiet	vogels	exoot	
Oxyura jamaicensis	Rosse stekelstaart	vogels	invasief	EU, BE3, NL1
Parabuteo unicinctus	Woestijnbuizerd	vogels	exoot	
Pavo cristatus	Blauwe pauw	vogels	exoot	NL2
Pelecanus rufescens	Kleine Pelikaan	vogels	exoot	
Phasianus colchicus	Fazant	vogels	exoot	
Phoeniconaias minor	Kleine Flamingo	vogels	exoot	
Phoenicopterus chilensis	Chileense Flamingo	vogels	exoot	
Phoenicopterus ruber	Caribische Flamingo	vogels	exoot	
Phoenicopterus ruber	Rode Flamingo	vogels	exoot	
Platycercus elegans	Pennantrosella	vogels	exoot	
Plectropterus gambensis	Spoorwiekgans	vogels	exoot	
Porphyrio poliocephalus	Grijskoppurperkoet	vogels	exoot	
Psittacula eupatria	Grote alexanderparkiet	vogels	exoot	NL2
Psittacula krameri	Halsbandparkiet	vogels	invasief	BE2, NL1
Pycnonotus aurigaster	Roetkopbuulbuul	vogels	exoot	
Pycnonotus cafer	Roodbuikbuulbuul	vogels	exoot	
Serinus canaria	Kanarie	vogels	exoot	
Sinosuthora webbiana	Bruinkopdiksnavelmees	vogels	invasief	NL1
Spatula cyanoptera	Kaneeltaling	vogels	exoot	
Spatula rhynchotis	Australische Slobeend	vogels	exoot	
Spatula versicolor	Zilvertaling	vogels	exoot	
Streptopelia roseogrisea	Lachduif	vogels	exoot	
Syrmaticus reevesii	Koningsfazant	vogels	exoot	
Tadorna cana	Kaapse Casarca	vogels	exoot	
Tadorna ferruginea	Casarca	vogels	exoot	NL2
Tadorna tadornoides	Australische Bergeend	vogels	exoot	
Tadorna variegata	Paradijscasarca	vogels	exoot	
Threskiornis aethiopicus	Heilige ibis	vogels	invasief	EU, BE3, NL1
Urocissa erythroryncha	Roodsnavelkitta	vogels	exoot	
Vanellus armatus	Smidsplevier	vogels	exoot	
Callosciurus erythraeus	Pallas eekhoorn	zoogdieren	invasief	EU, BE1, NL1
Callosciurus finlaysonii	Finlaysonklappereekhoorn	zoogdieren	invasief	BE3
Castor canadensis	Canadese bever	zoogdieren	invasief	BE2, NL1
Cervus nippon	Sikahert	zoogdieren	invasief	BE3, NL1
Dama dama	Damhert	zoogdieren	invasief	BE2
Herpestes javanicus	Indische mangoeste	zoogdieren	invasief	EU
Mephitis mephitis	Gestreept stinkdier	zoogdieren	invasief	NL1
Muntiacus reevesi	Chinese muntjak	zoogdieren	invasief	EU, BE1, NL1
Mustela vison	Amerikaanse nerts	zoogdieren	invasief	BE3

Soort	Alternatieve naam	Groep	Type	Referentie
Myocastor coypus	Beverrat	zoogdieren	invasief	EU, BE1, NL1
Nasua nasua	Rode neusbeer	zoogdieren	invasief	EU
Neovison vison	Amerikaanse nerts	zoogdieren	invasief	NL1
Nyctereutes procyonoides	Wasbeerhond	zoogdieren	invasief	EU, BE2
Ondatra zibethicus	Muskusrat	zoogdieren	invasief	EU, BE1, NL1
Procyon lotor	Wasbeer	zoogdieren	invasief	EU, BE1
Rattus norvegicus	Bruine rat	zoogdieren	invasief	BE1
Sciurus carolinensis	Grijze eekhoorn	zoogdieren	invasief	EU, BE3, NL1
Sciurus lis	Japanse eekhoorn	zoogdieren	invasief	NL1
Sciurus niger	Amerikaanse voseekhoorn	zoogdieren	invasief	EU, NL1
Tamias sibiricus	Siberische grondeekhoorn	zoogdieren	invasief	EU, BE2
Tamiasciurus hudsonicus	Amerikaanse rode eekhoorn	zoogdieren	invasief	NL1
Tamiops swinhoei	Chinese boomeekhoorn	zoogdieren	overig	NL2
Acartia tonsa	Langsprietroeipootkreeft	zooplankton	overig	T2015
Hemimysis anomala	Kaspische aasgarnaal	zooplankton	overig	VLIZ
Incisocalliope aestuarius	Estuariene poliepvlo	zooplankton	overig	VLIZ
Keratella tropica		zooplankton	overig	VLIZ
Mytilicola intestinalis	Rood darmroeipootkreeftje	zooplankton	overig	VLIZ
Neomysis americana	Amerikaanse aasgarnaal	zooplankton	overig	VLIZ
Pseudodiaptomus marinus	Eenoogkreeft	zooplankton	overig	T2015
Pseudodiaptomus marinus	Pacifisch eenoogkreeftje	zooplankton	overig	VLIZ

G. Bijlage G - Morfologie

G.1. Diepte- erosie/sedimentatie en DVD-verschilkaarten

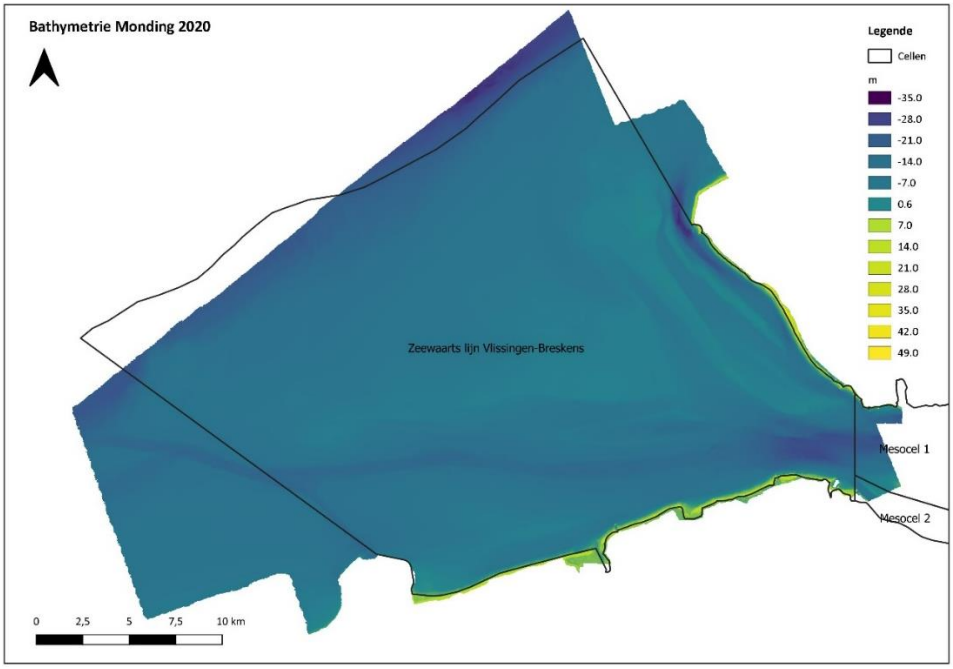
G.1.1. Definitie & Methode

Kaartmateriaal laat toe om snel een beeld te vormen van de morfologische dynamiek:

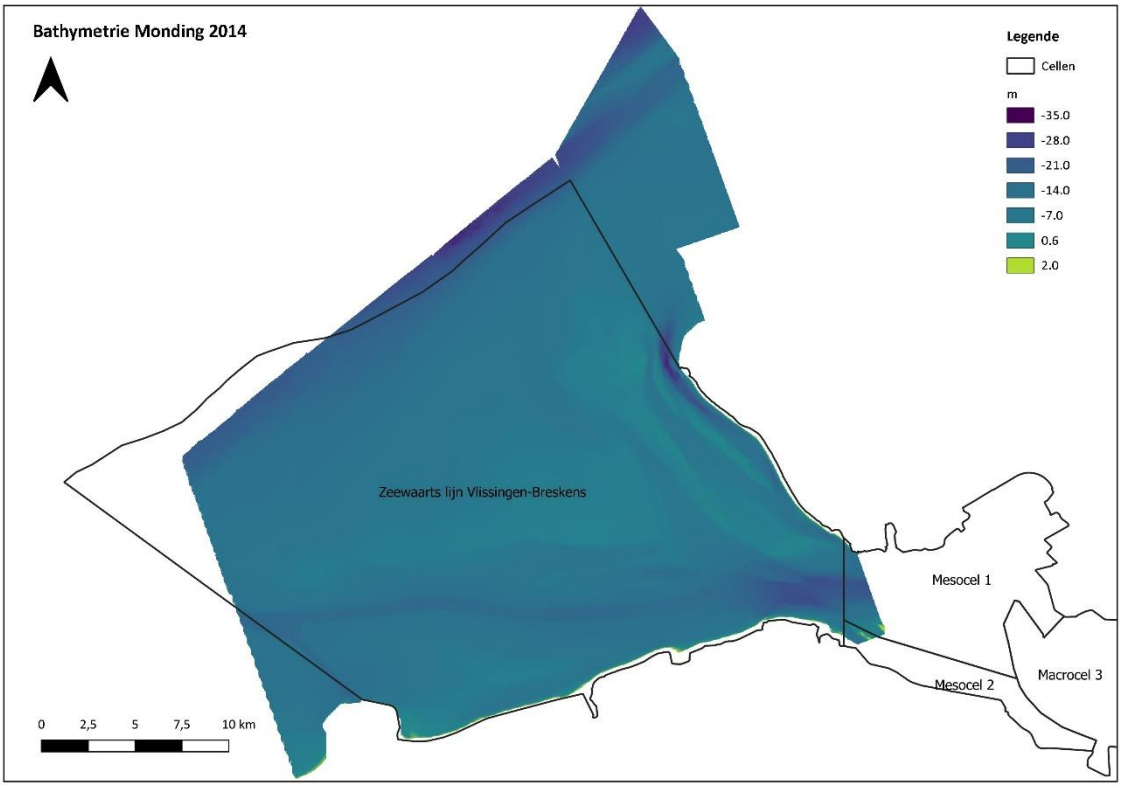
- Op bathymetrische kaarten kan men de morfologische elementen situeren.
- Op erosie/sedimentatiekaarten kan men de belangrijkste morfologische wijzigingen duiden. Deze kaarten worden opgesteld door de (topo-) bathymetrische rasters van elkaar af te trekken.
- Door deze te koppelen met droogvalduurverschilkaarten (DVD-verschilkaart) kan men inzoomen op wijzigingen op of nabij de intergetijdengebieden. Zo verkrijgt men niet enkel een coherent beeld van de volledige morfologische evolutie, maar dit vormt ook een opstapje naar de evaluatie van de ecotopen in het hoofdstuk Leefomgeving. Deze kaarten worden opgesteld door de droogvalduurverschilkaarten van elkaar af te trekken. De DVD-kaart van 2021 was niet beschikbaar, dus werd deze van 2020 aangewend als laatste jaar van de beschouwde zesjarige periode.
- Hellingskaarten worden op resolutie van de respectievelijke bathymetrische rasters berekend via een eenvoudige GIS-bewerking. Deze kunnen een handig hulpmiddel zijn bij de bespreking van de morfologische evolutie en vormen ook een bijkomende link met de evaluatie in hoofdstuk Leefomgeving.

G.1.2. Dieptekaarten

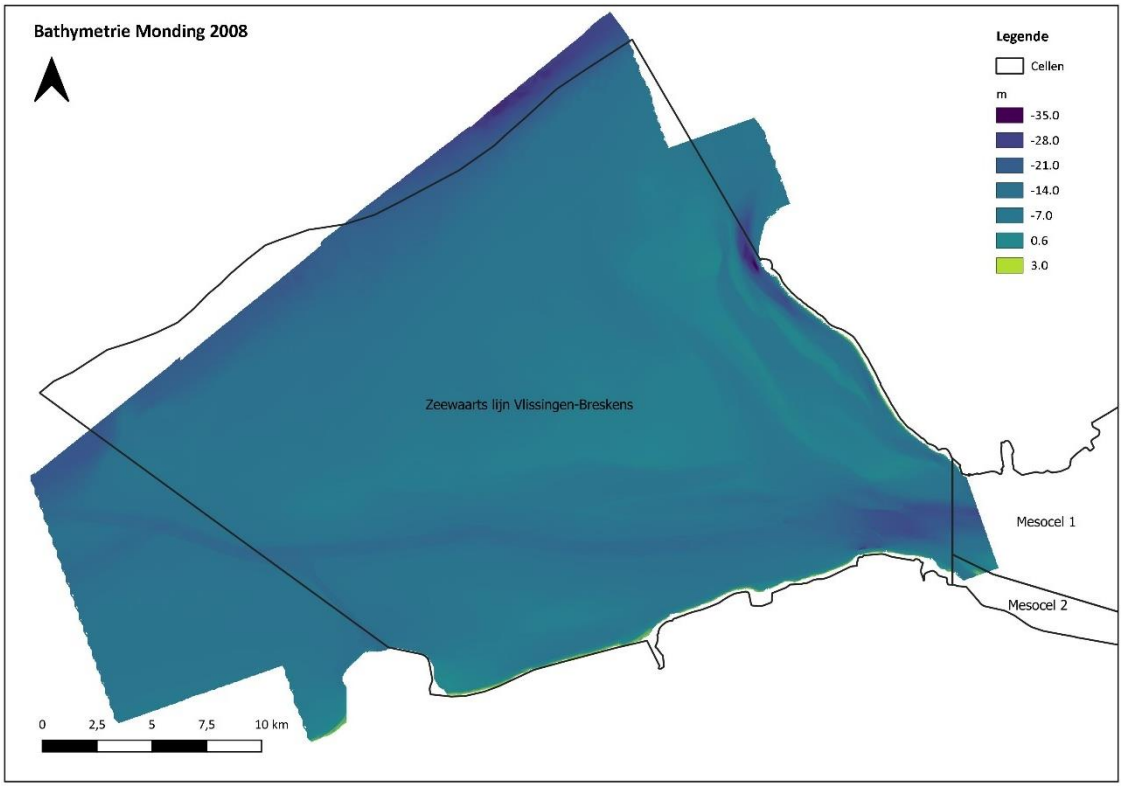
Monding



Figuur 9-332: Dieptekaart Monding 2020

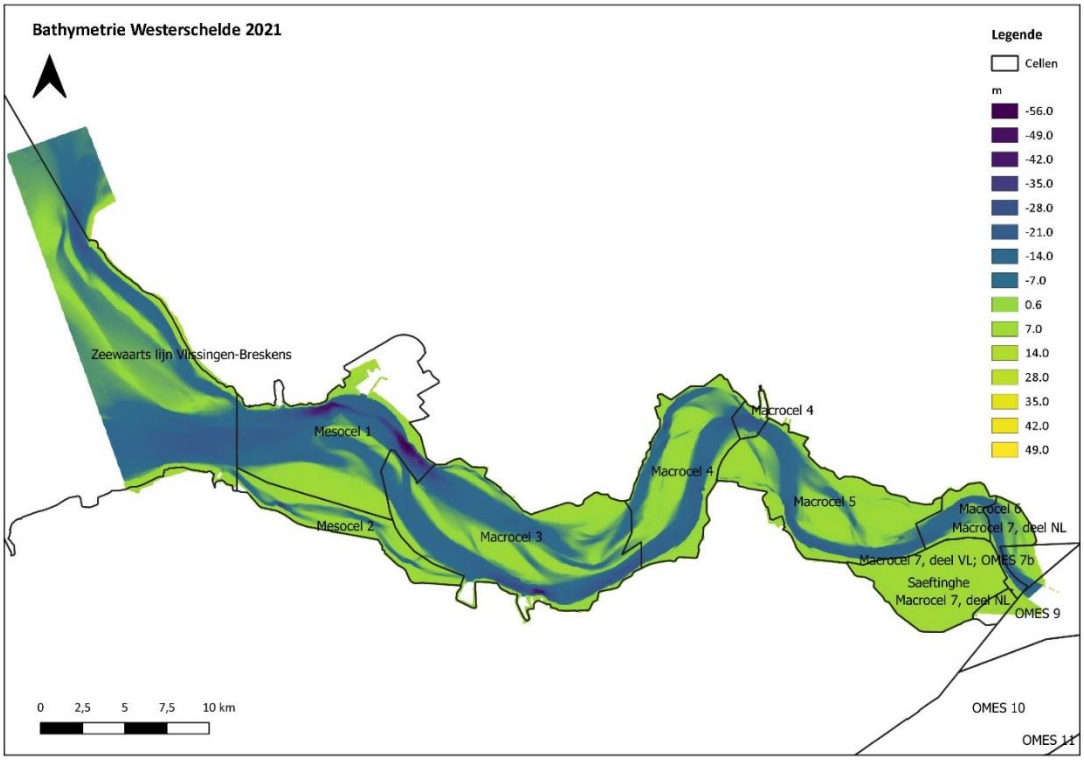


Figuur 9-333: Dieptekaart Monding 2014

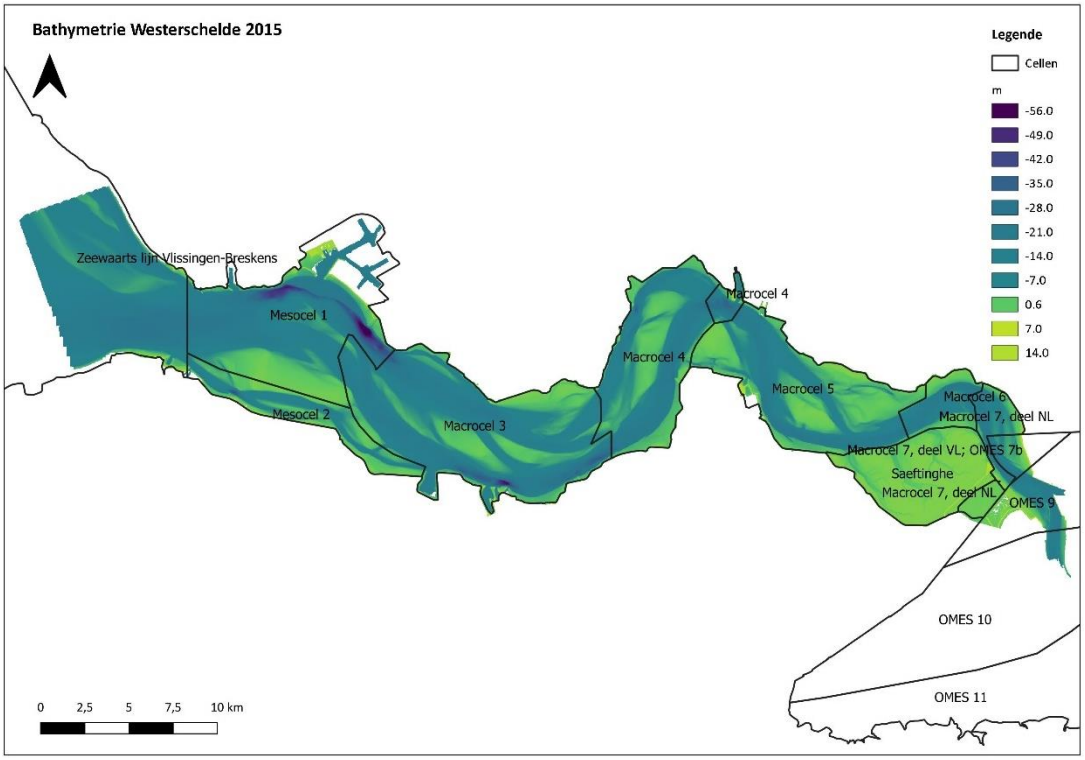


Figuur 9-334: Dieptekaart Monding 2008

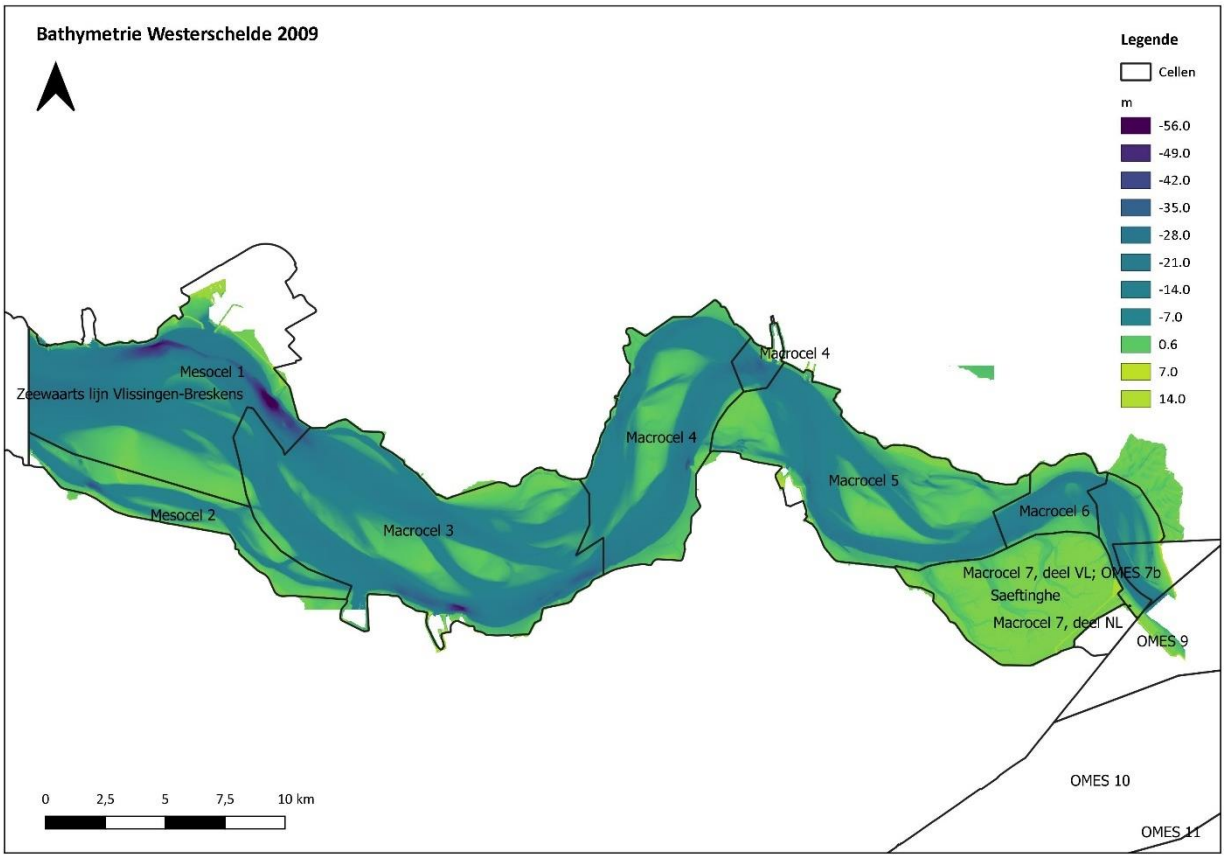
Westerschelde



Figuur 9-335: Dieptekaart Westerschelde 2021

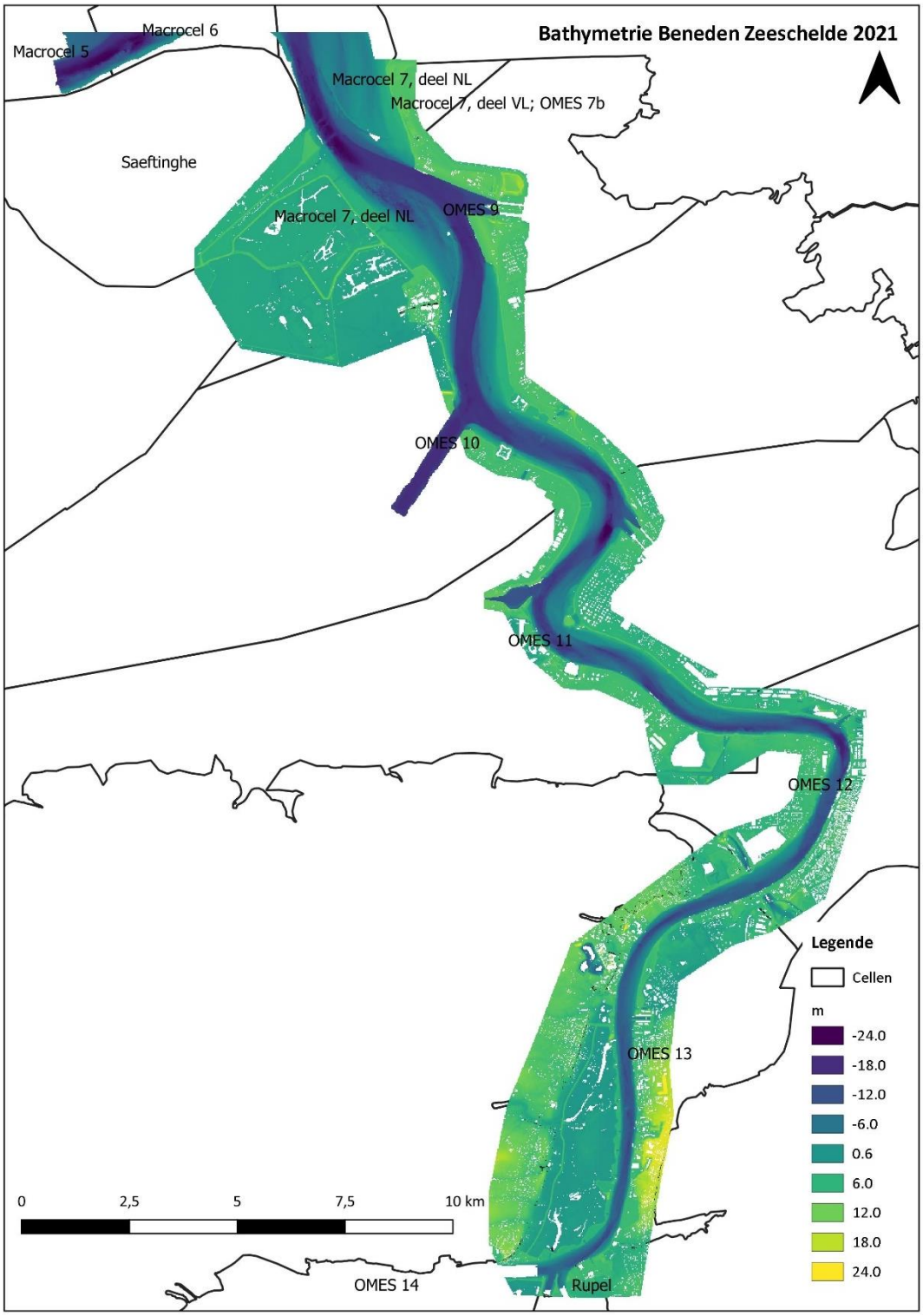


Figuur 9-336: Dieptekaart Westerschelde 2015

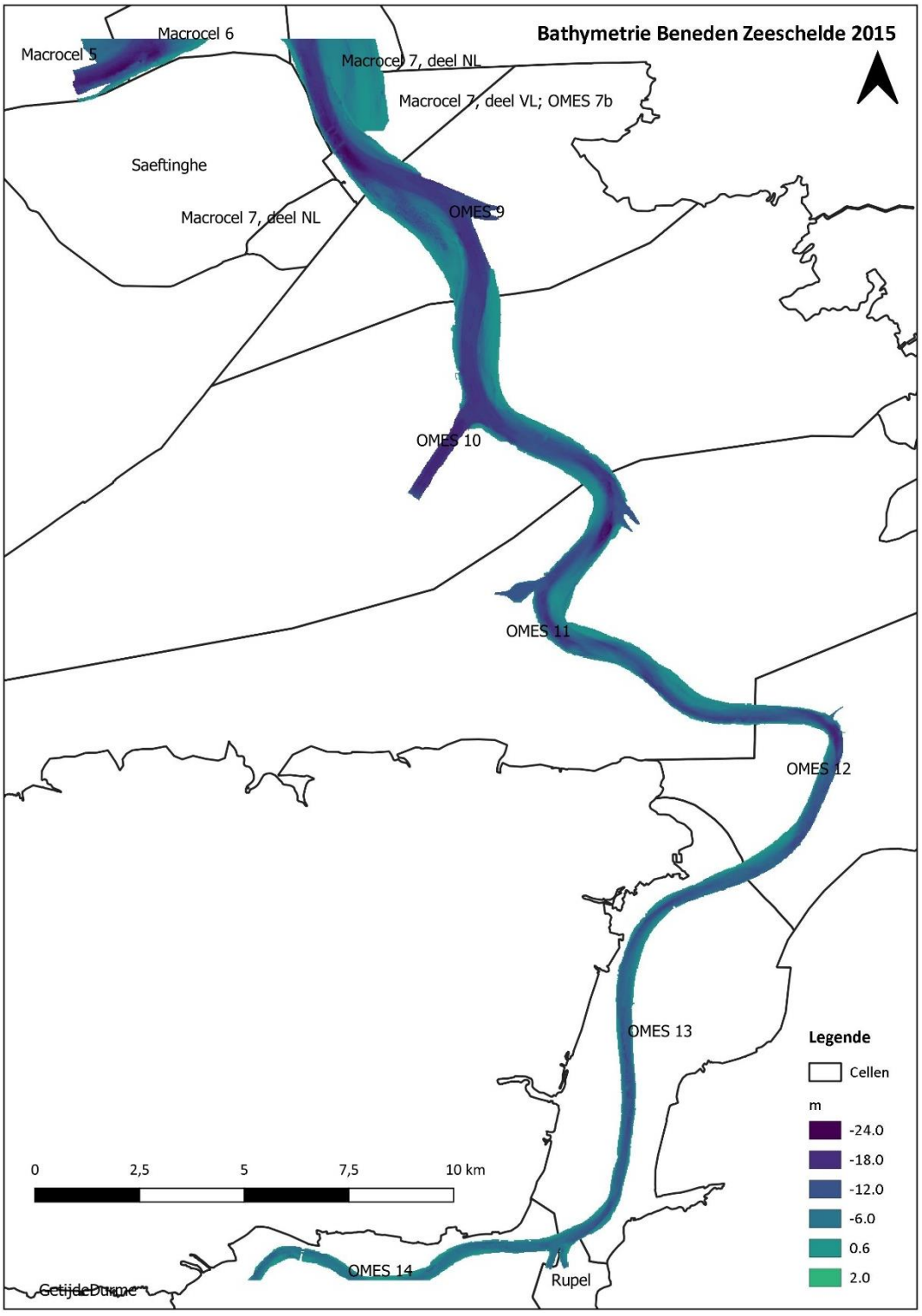


Figuur 9-337: Dieptekaart Westerschelde 2009

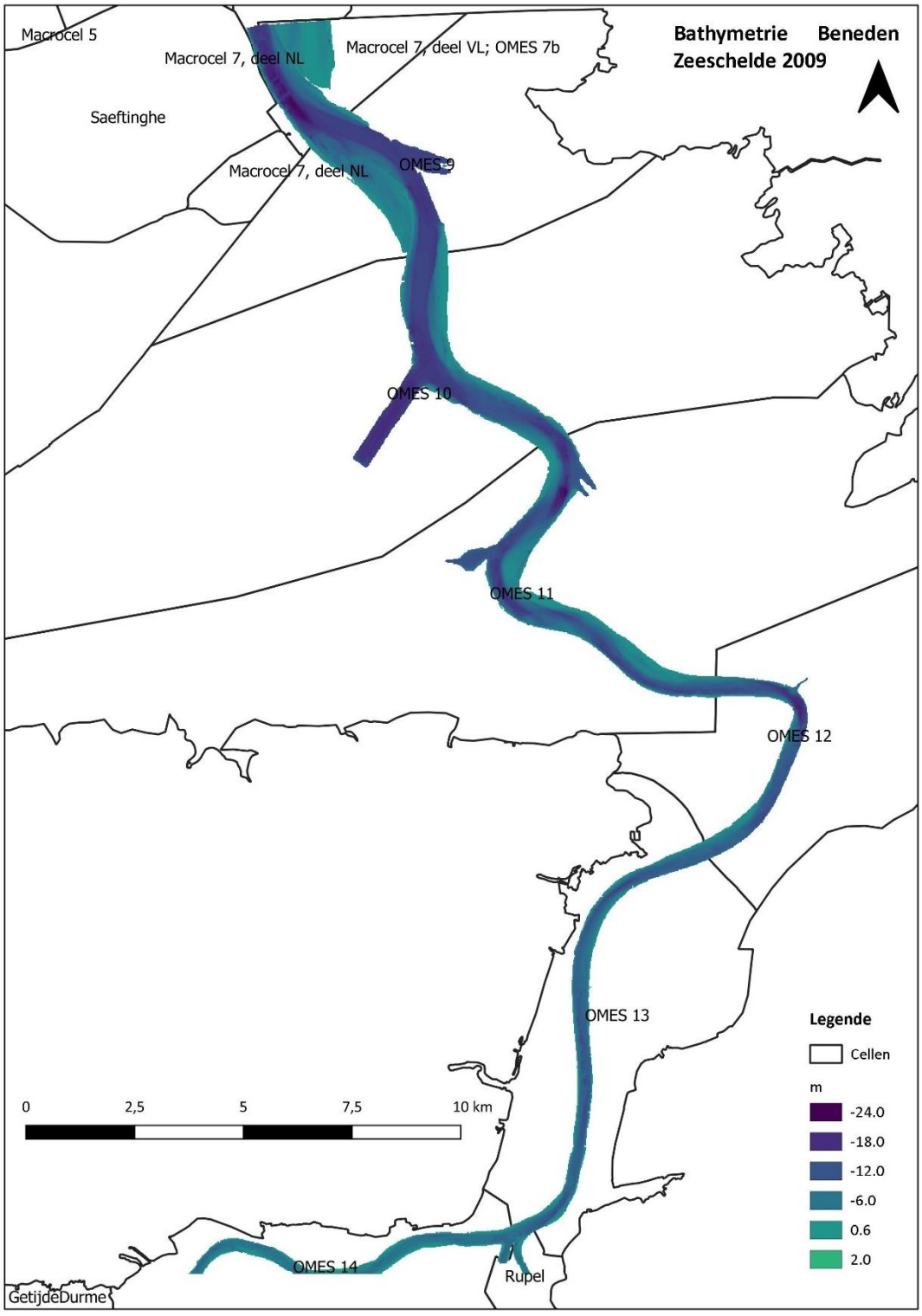
Beneden-Zeeschelde



Figuur 9-338: Dieptekaart Beneden-Zeeschelde 2021

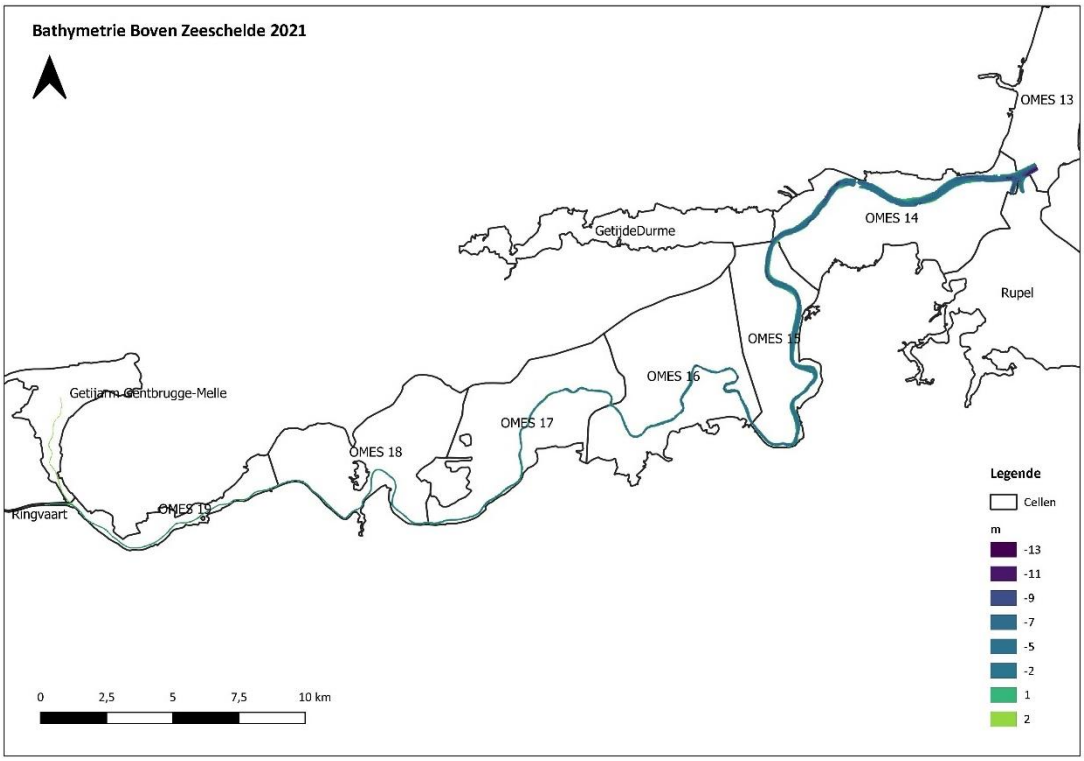


Figuur 9-339: Dieptekaart Beneden-Zeeschelde 2015

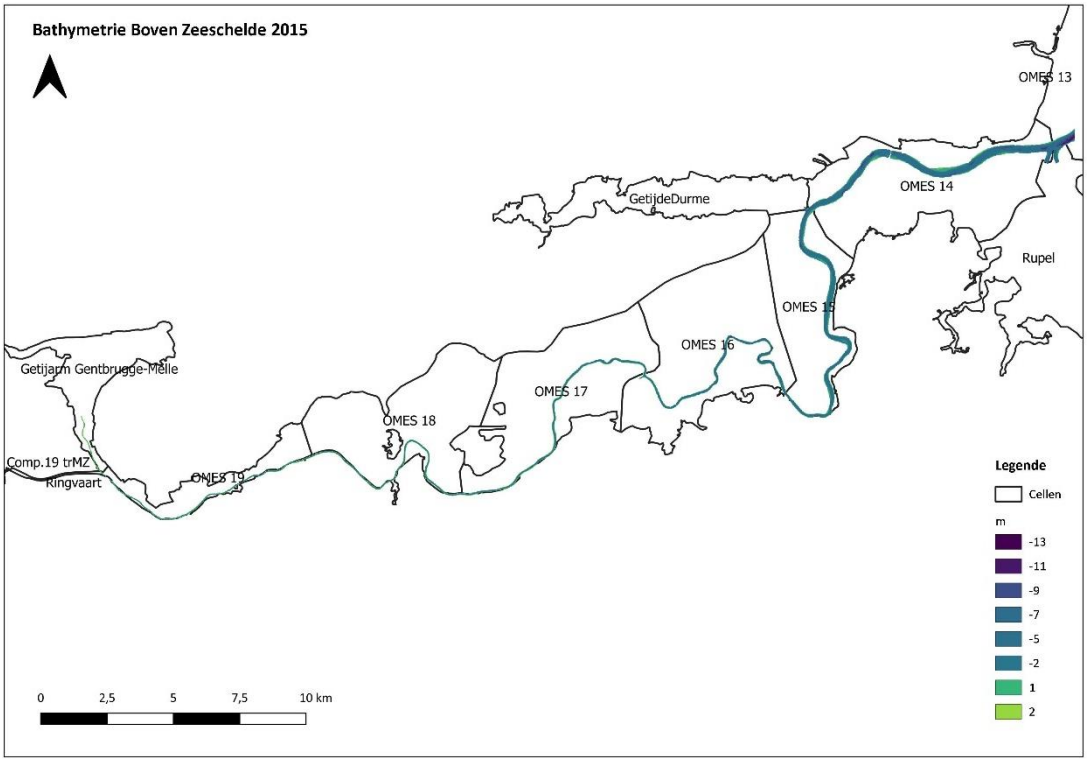


Figuur 9-340: Dieptekaart Beneden-Zeeschelde 2009

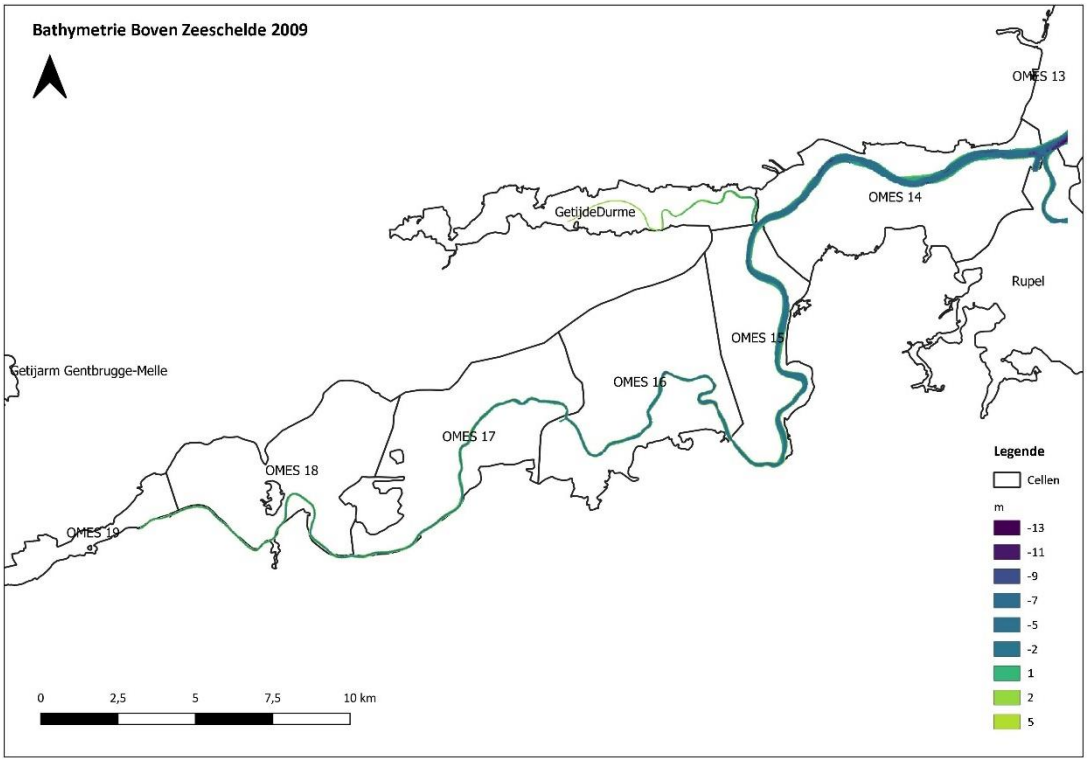
Boven-Zeeschelde



Figuur 9-341: Dieptekaart Boven-Zeeschelde 2021



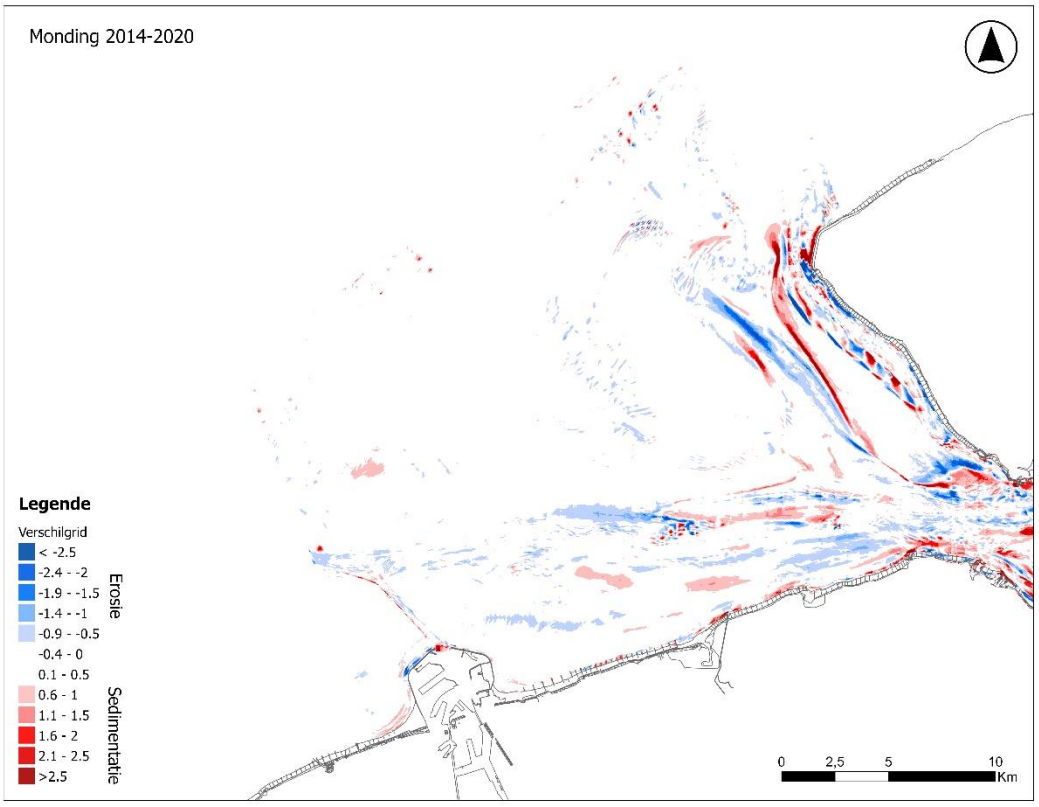
Figuur 9-342: Dieptekaart Boven-Zeeschelde 2015



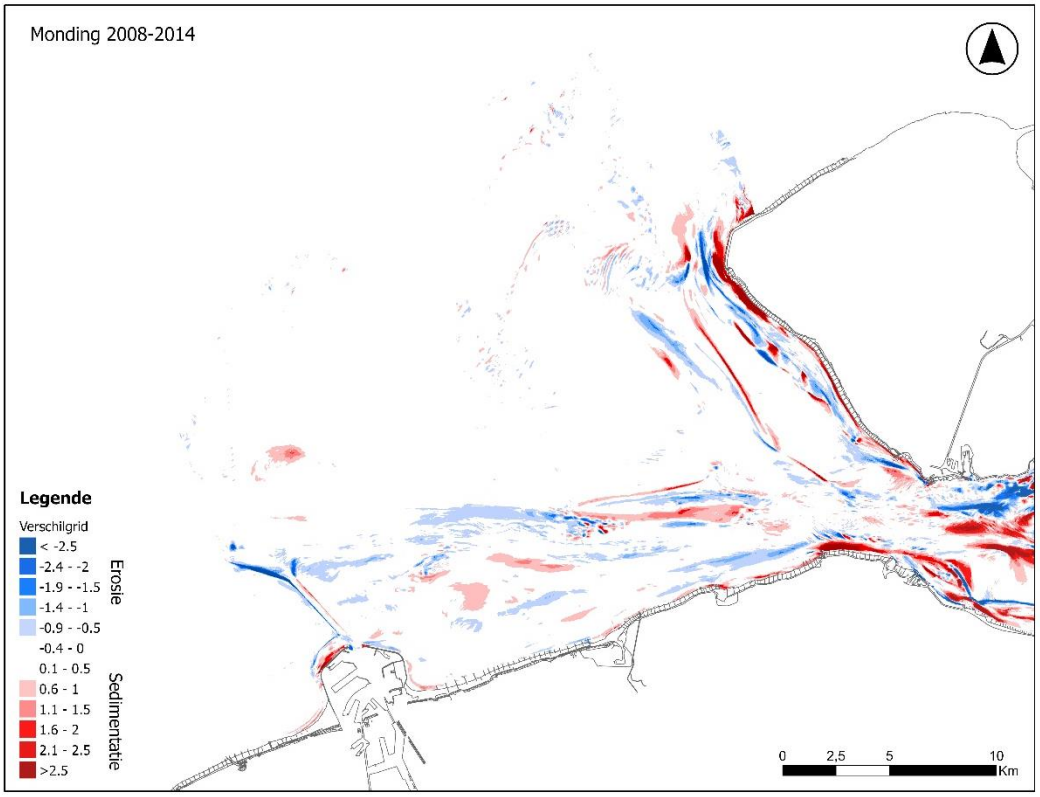
Figuur 9-343: Dieptekaart Boven-Zeeschelde 2009

G.1.3. Erosie-Sedimentatiekaarten

Monding

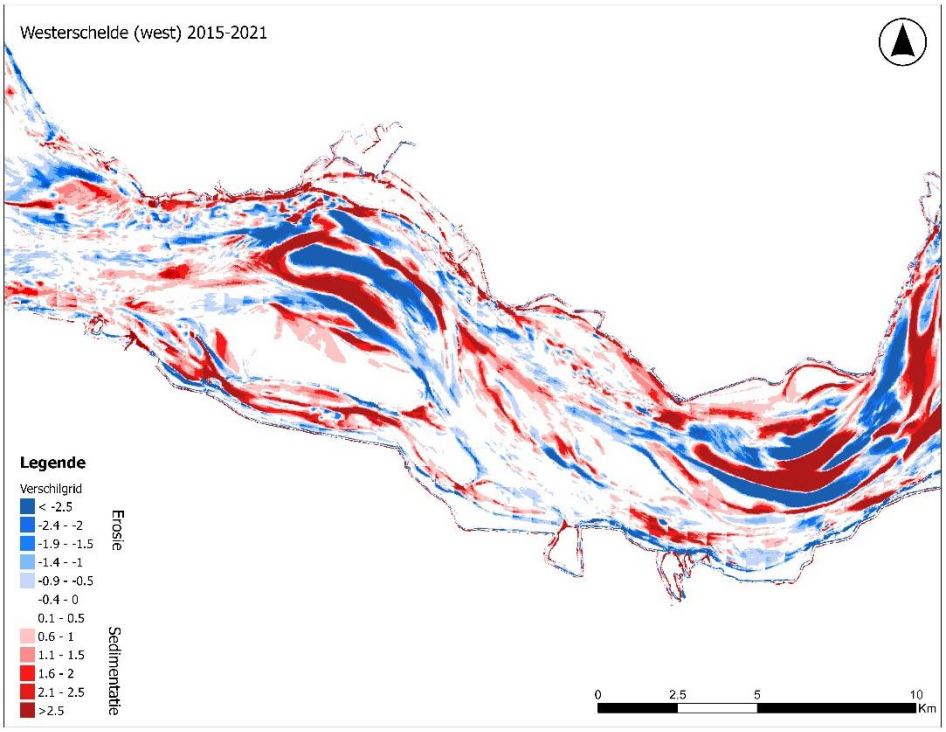


Figuur 9-344: Erosie-Sedimentatiekaart Monding (2020-2014)

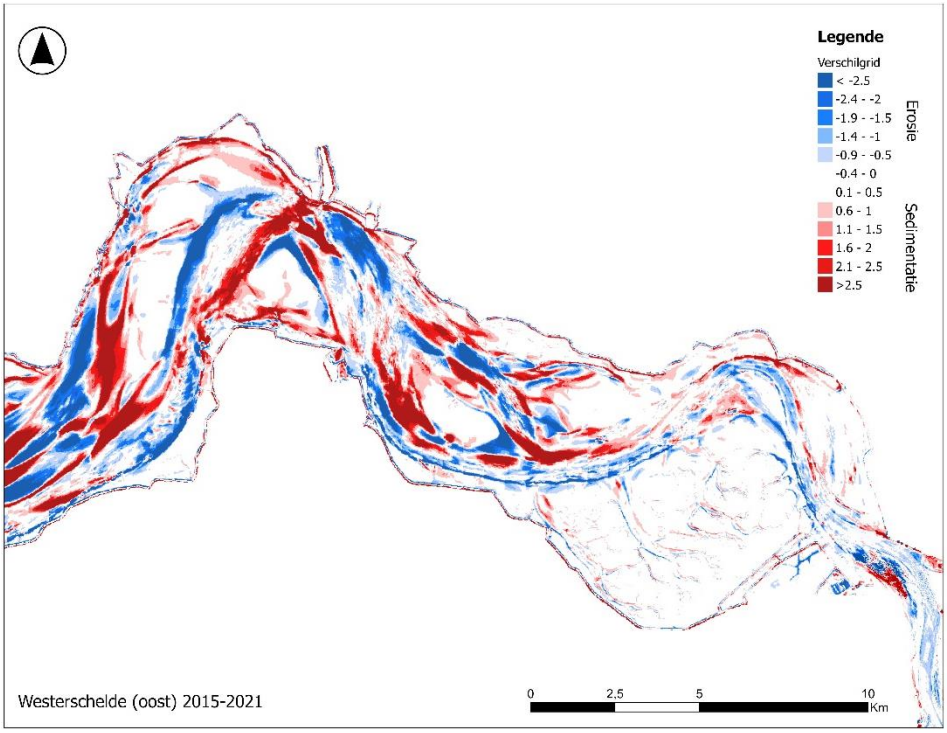


Figuur 9-345: Erosie-Sedimentatiekaart Monding (2014-2008)

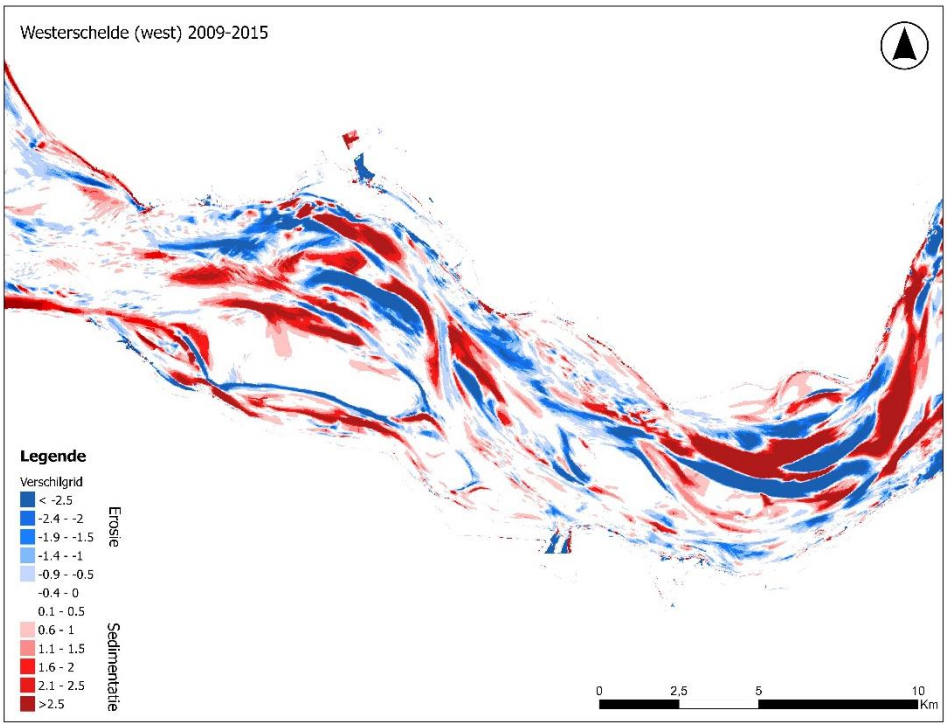
Westerschelde



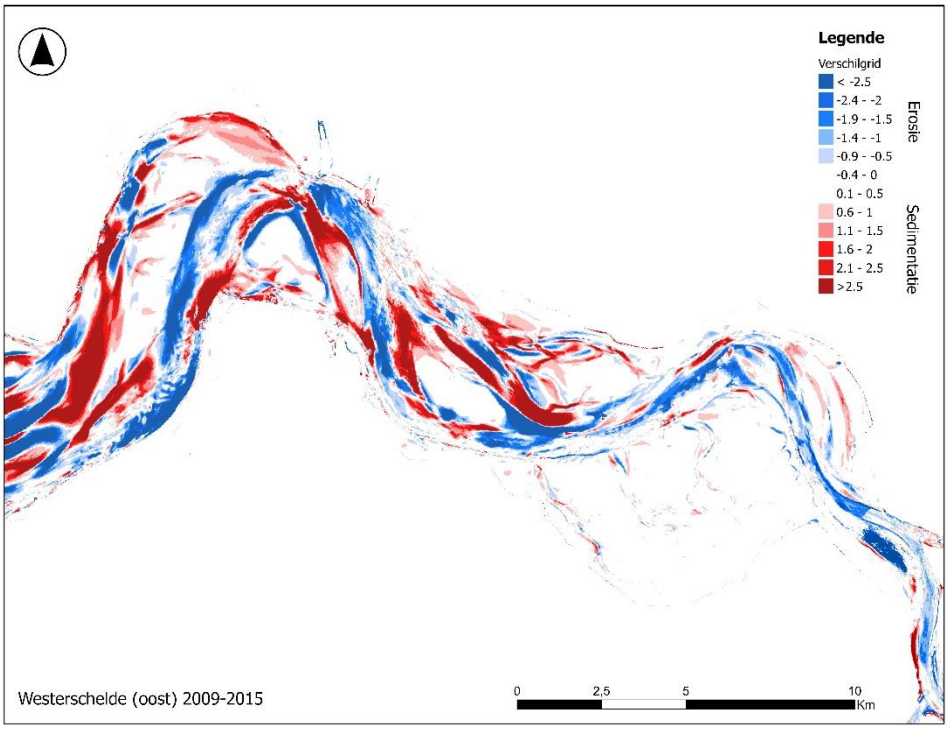
Figuur 9-346: Erosie-Sedimentatiekaart westelijk deel van de Westerschelde (2021-2015)



Figuur 9-347: Erosie-Sedimentatiekaart oostelijk deel van de Westerschelde (2021-2015)

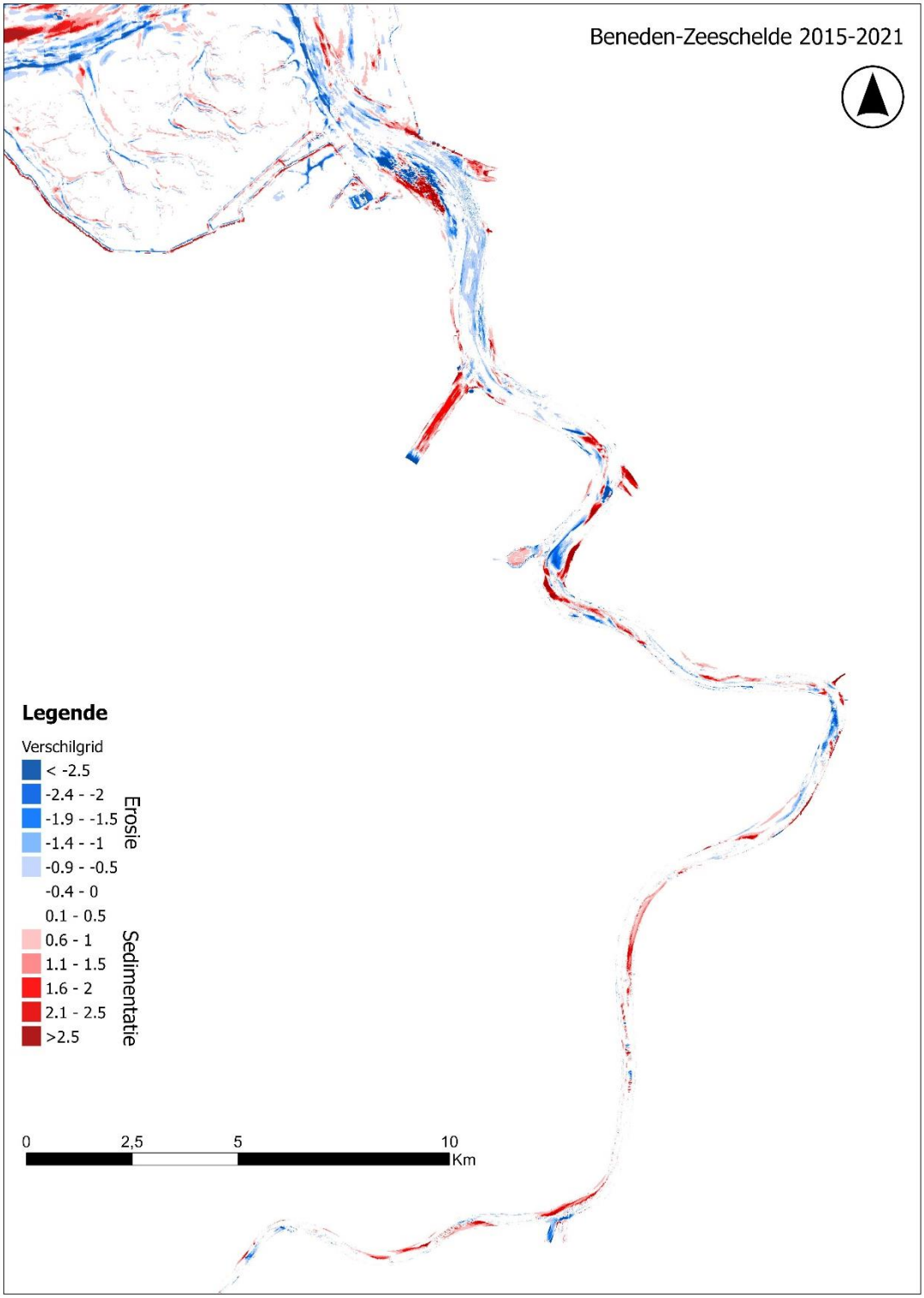


Figuur 9-348: Erosie-Sedimentatiekaart westelijk deel van de Westerschelde (2015-2009)

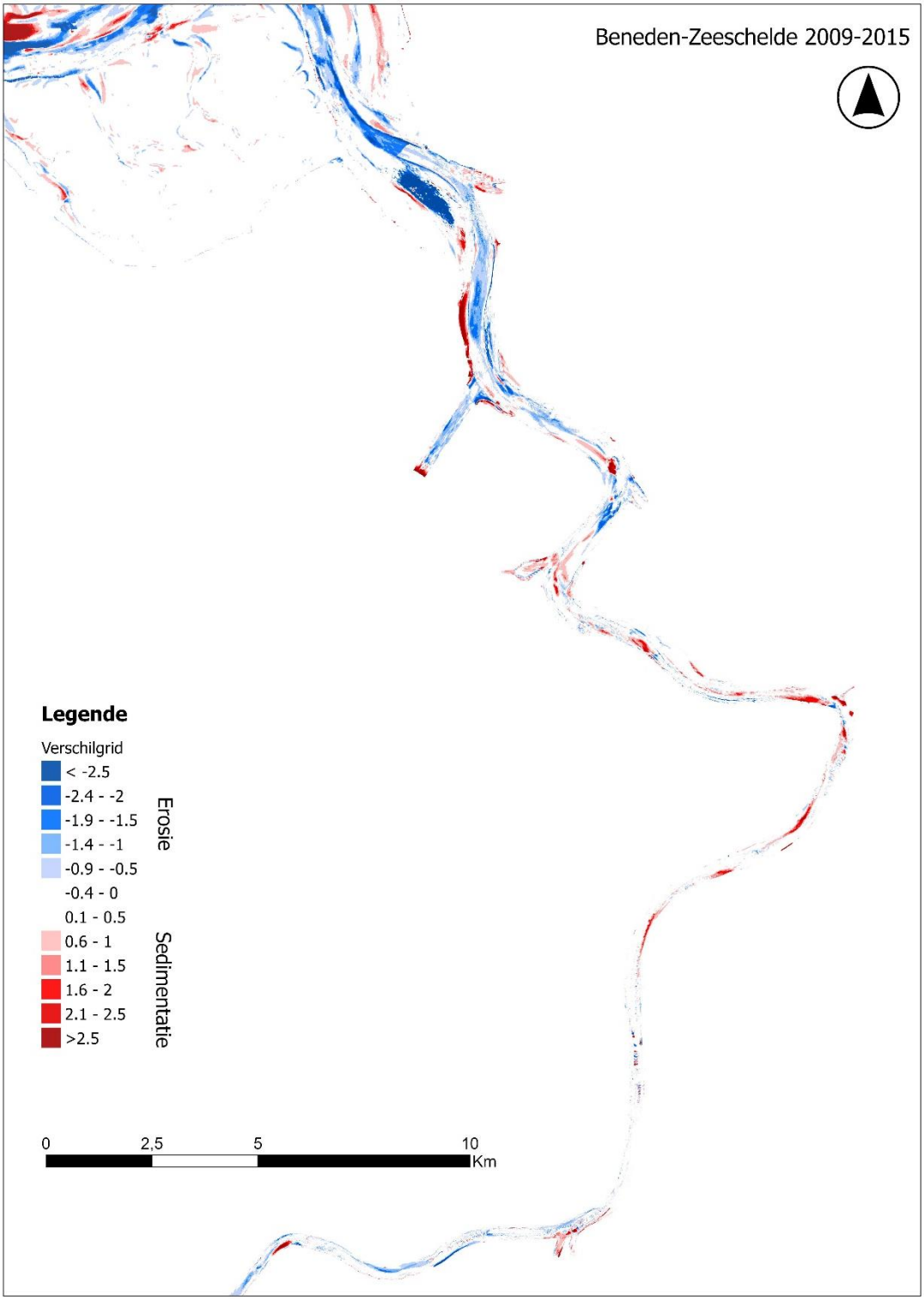


Figuur 9-349: Erosie-Sedimentatiekaart oostelijk deel van de Westerschelde (2015-2009)

Beneden-Zeeschelde

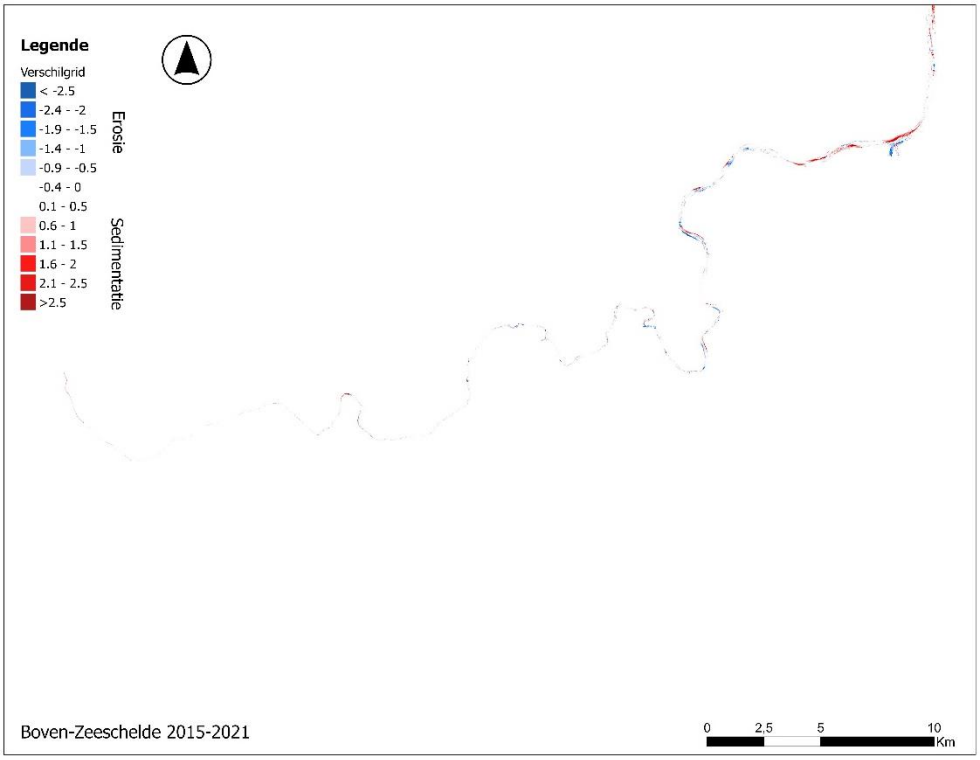


Figuur 9-350: Erosie-Sedimentatiekaart van de Beneden-Zeeschelde (2021-2015)

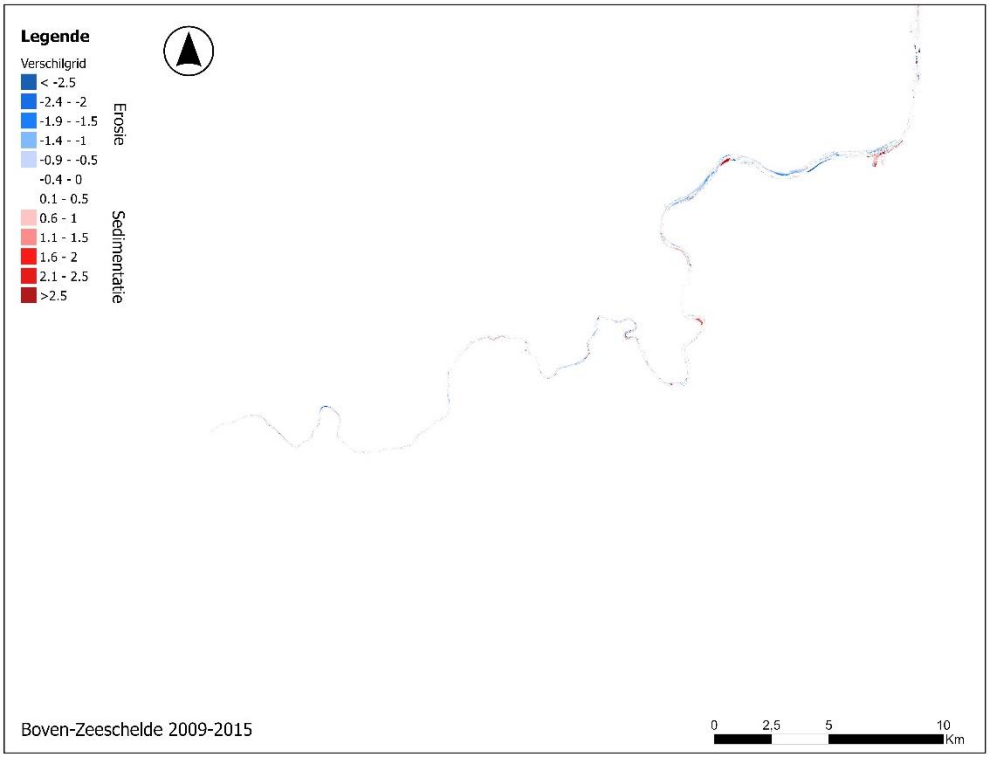


Figuur 9-351: Erosie-Sedimentatiekaart van de Beneden-Zeeschelde (2015-2009)

Boven-Zeeschelde

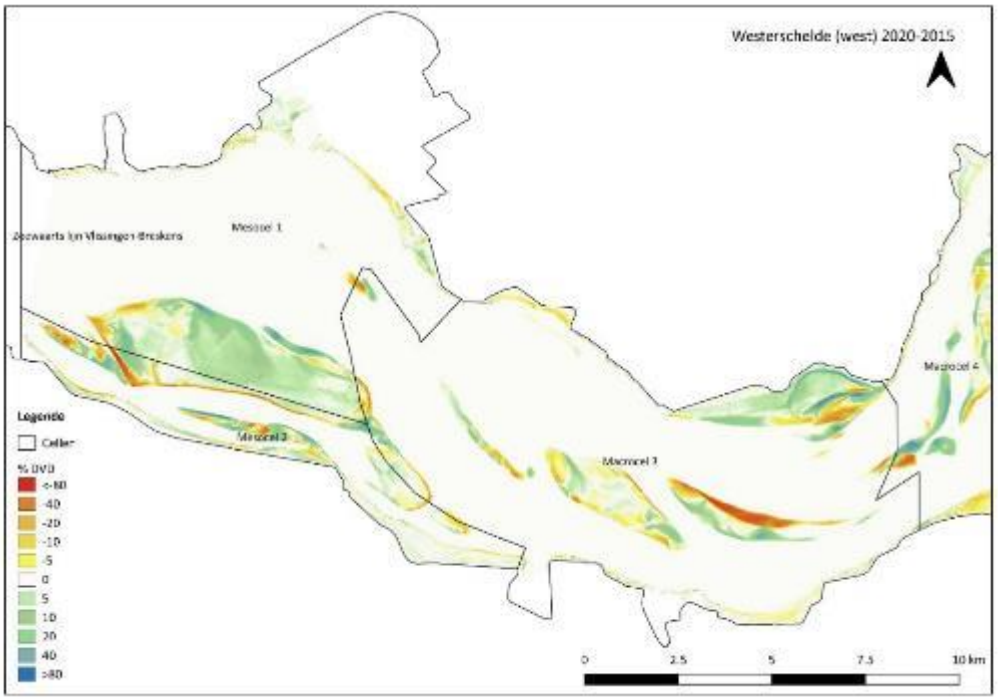


Figuur 9-352: Erosie-Sedimentatiekaart van de Boven-Zeeschelde (2021-2015)

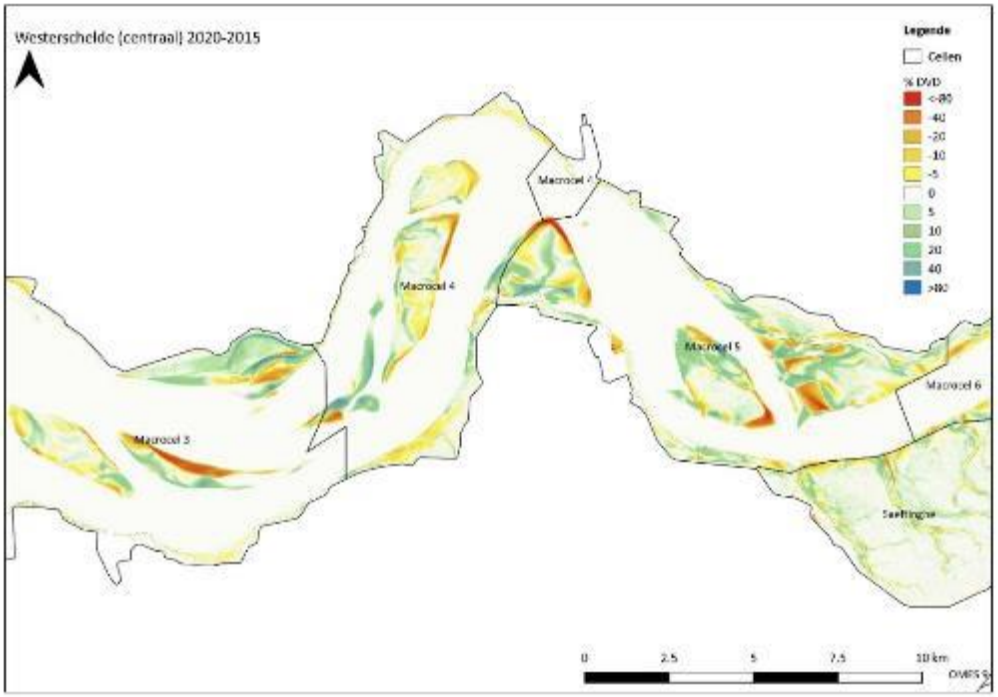


Figuur 9-353: Erosie-Sedimentatiekaart van de Boven-Zeeschelde (2015-2009)

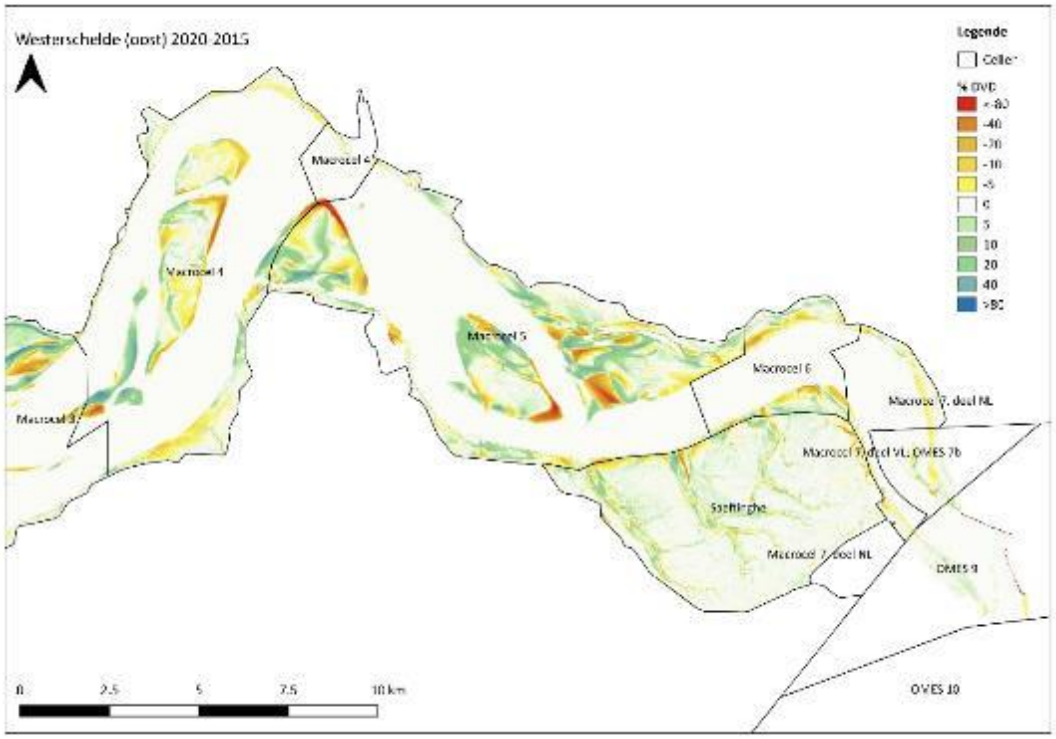
G.1.4. DVD-verschilkaarten Westerschelde



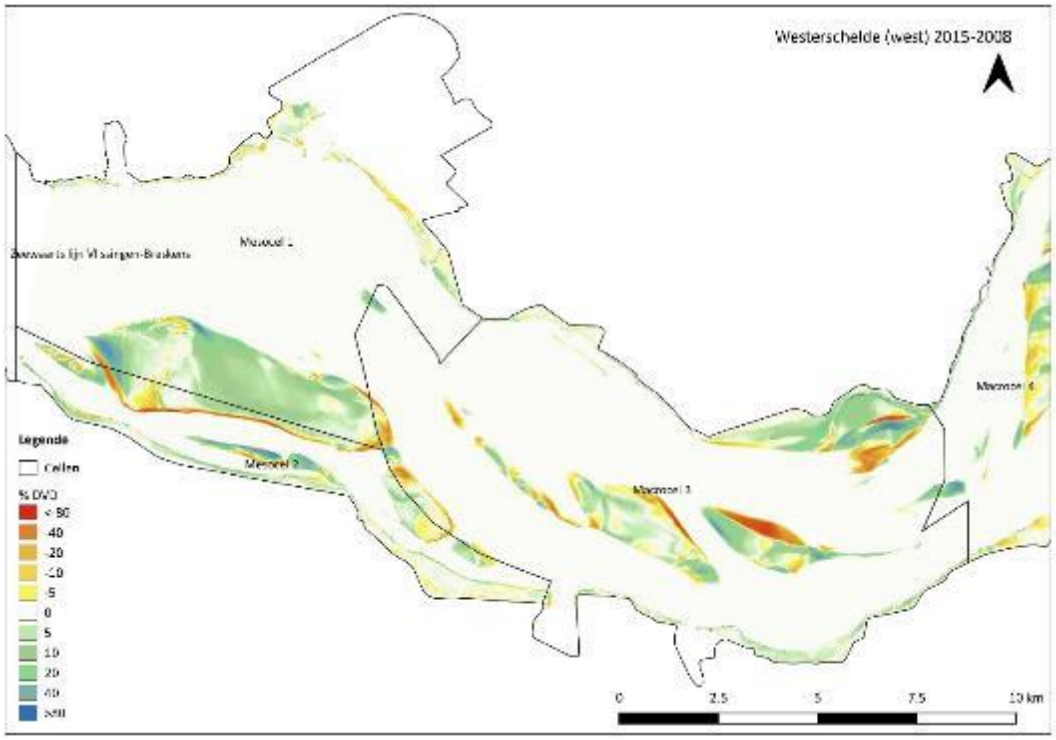
Figuur 9-354: DVD-verschilkaart (2020-2015) van het westelijke deel van de Westerschelde



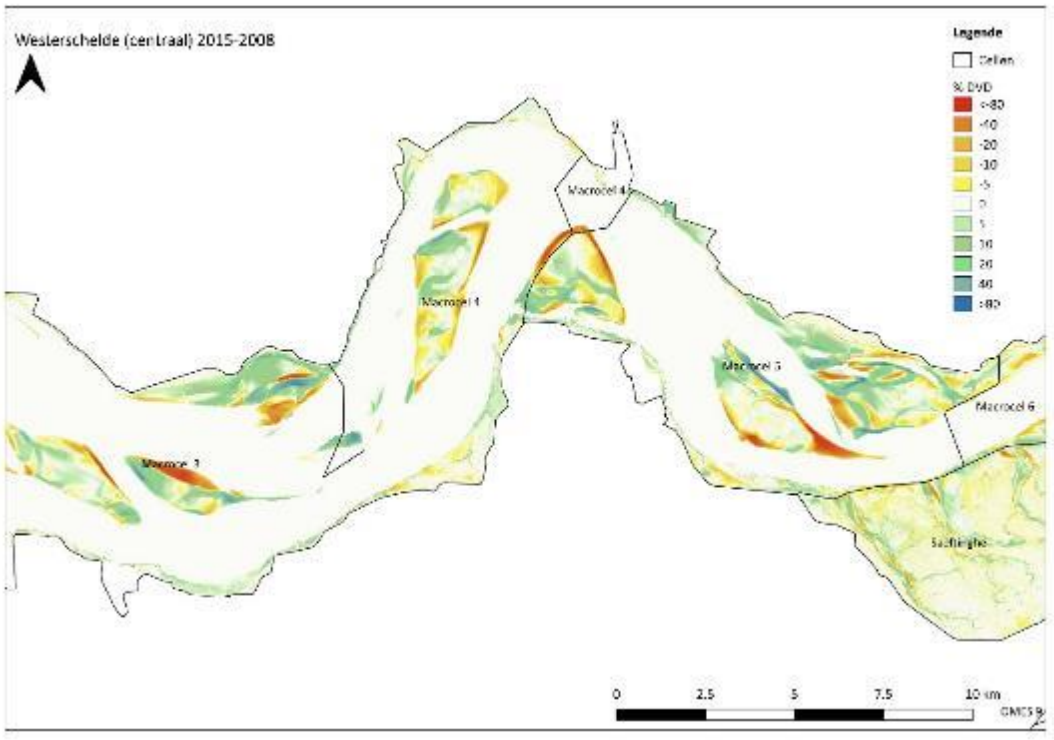
Figuur 9-355: DVD-verschilkaart (2020-2015) van het centrale deel van de Westerschelde



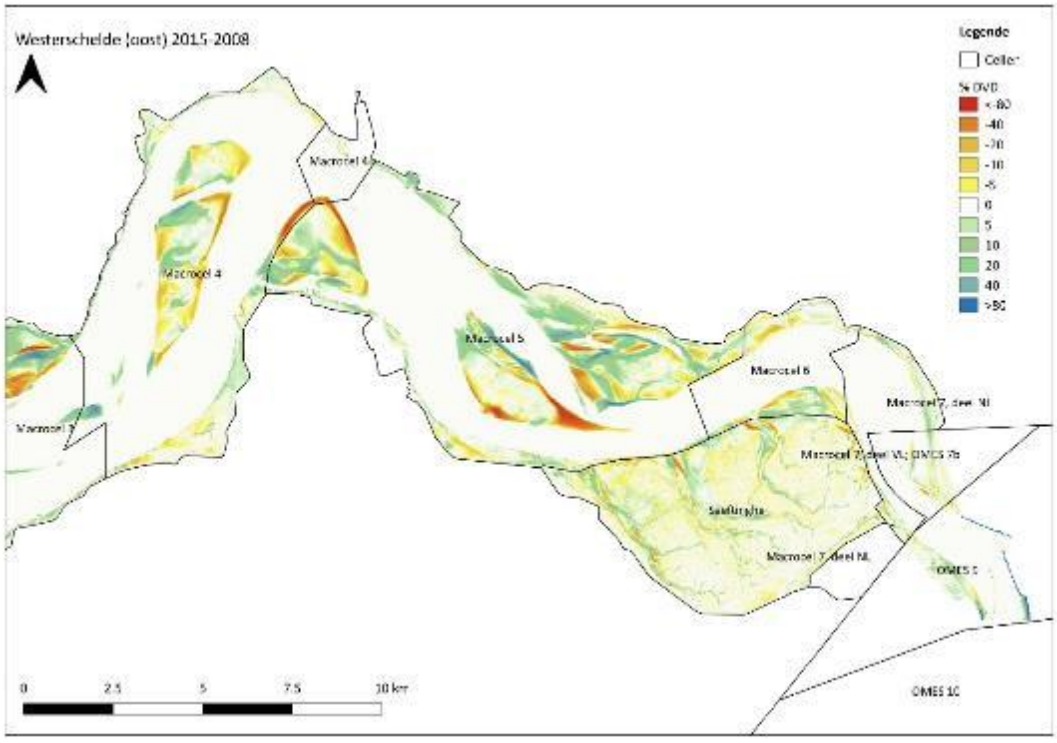
Figuur 9-356: DVD-verschilkaart (2020-2015) van het oostelijke deel van de Westerschelde



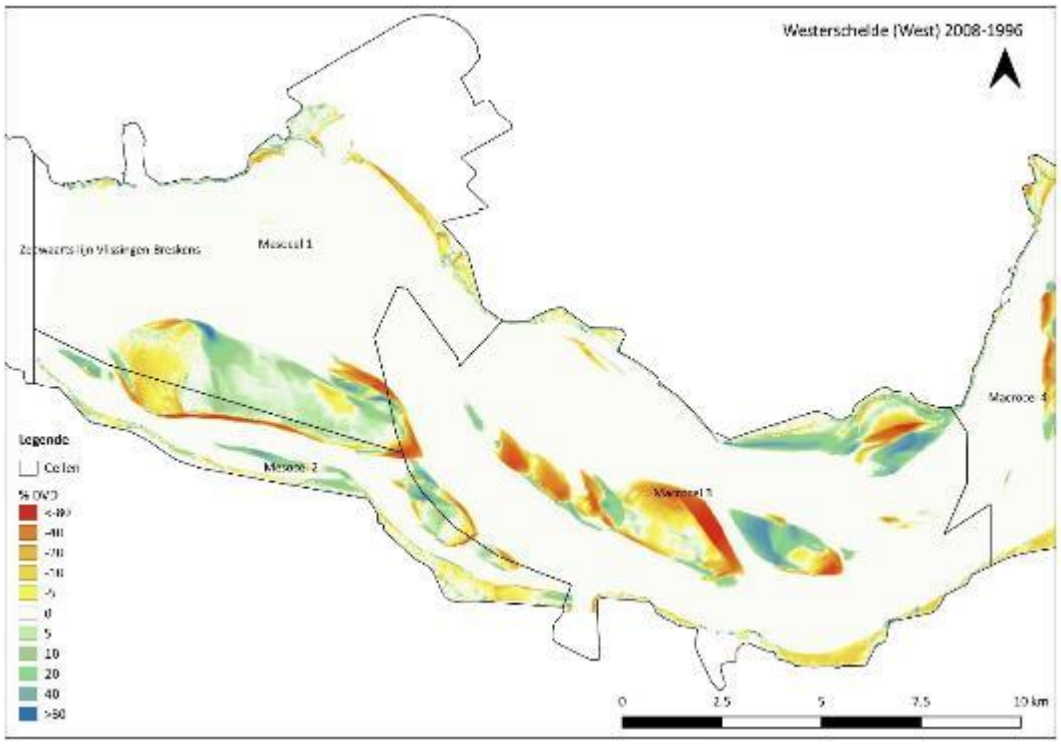
Figuur 9-357: DVD-verschilkaart (2015-2008) van het westelijke deel van de Westerschelde



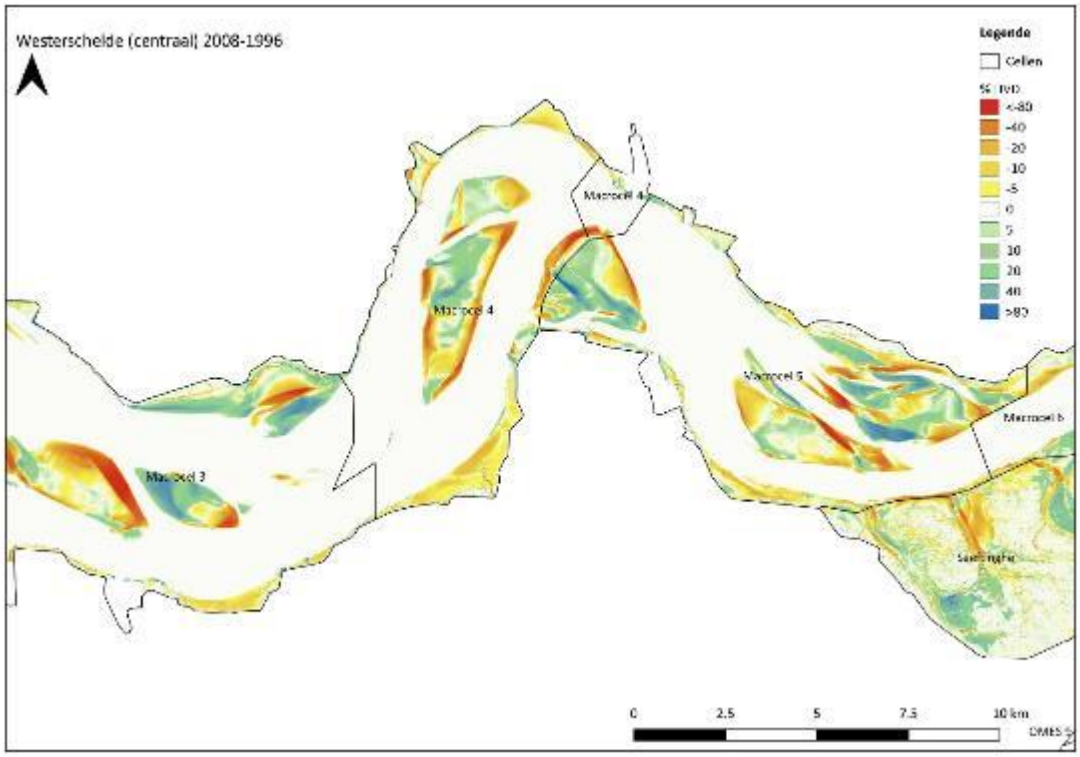
Figuur 9-358: DVD-verschilkaart (2015-2008) van het centrale deel van de Westerschelde



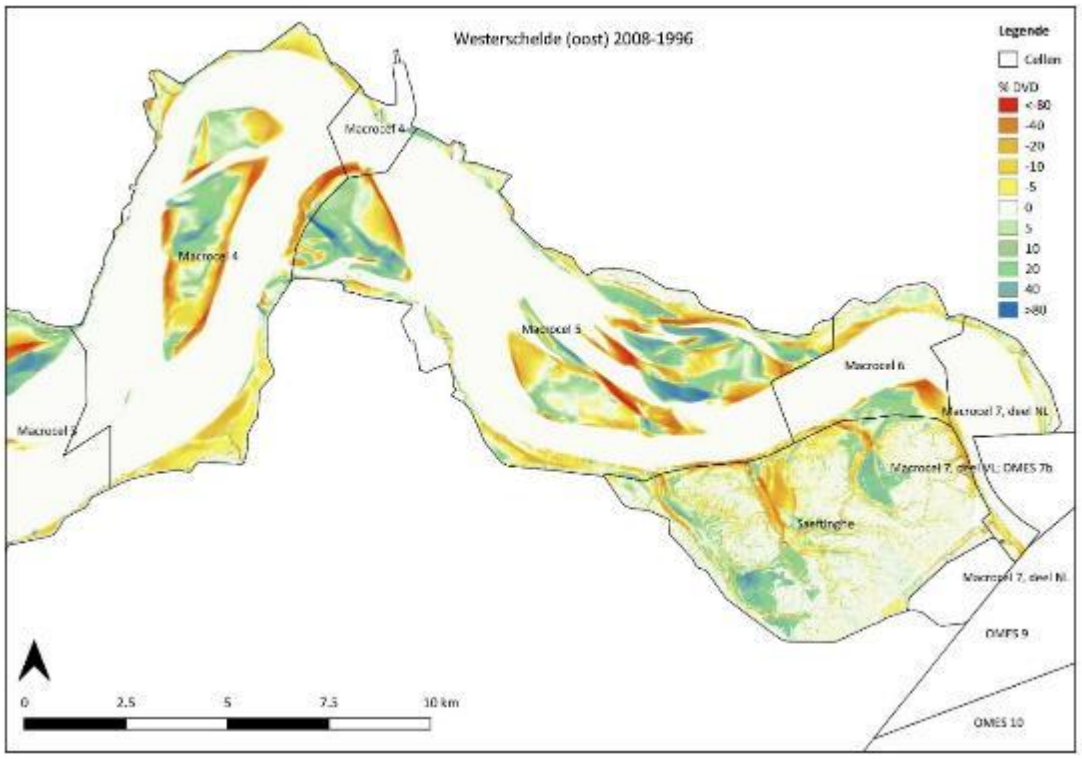
Figuur 9-359: DVD-verschilkaart (2015-2008)van het oostelijke deel van de Westerschelde



Figuur 9-360: DVD-verschilkaart (2008-1996) van het westelijke deel van de Westerschelde



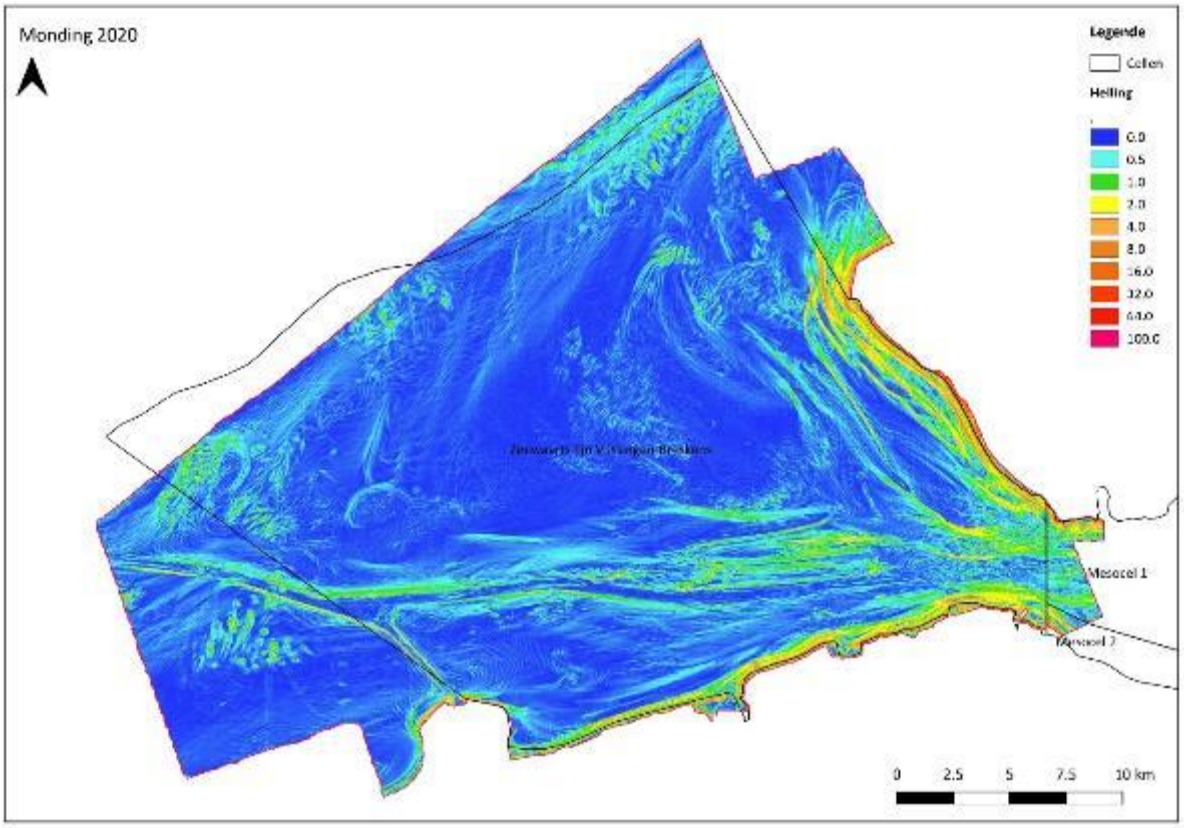
Figuur 9-361: DVD-verschilkaart (2008-1996) van het centrale deel van de Westerschelde



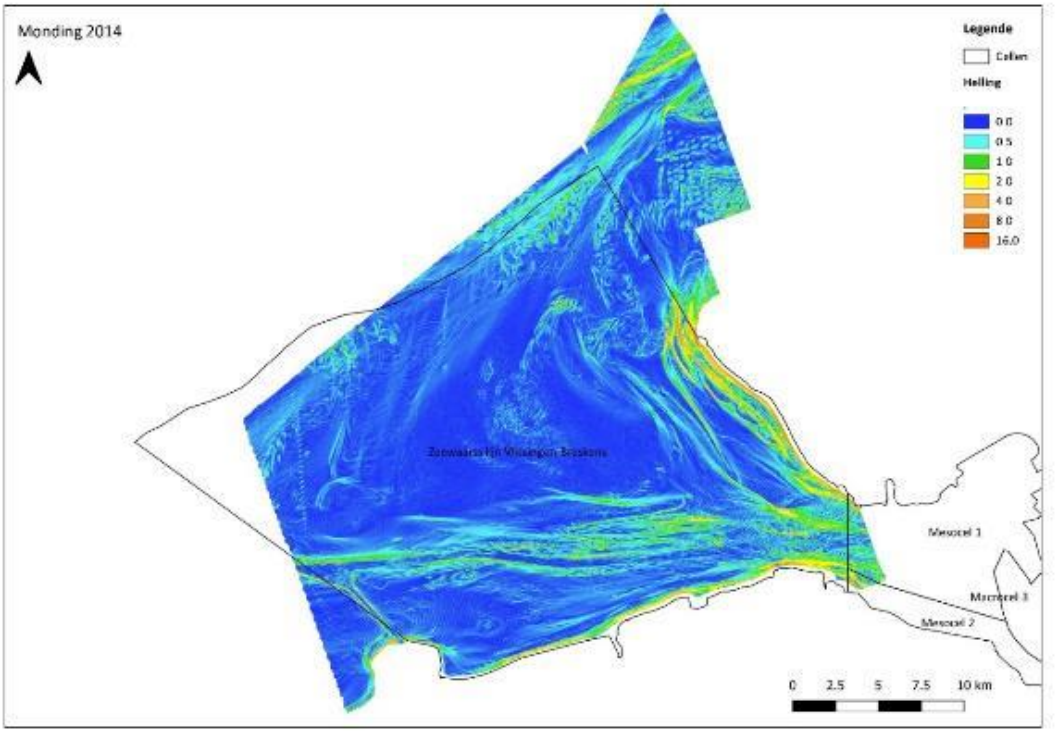
Figuur 9-362: DVD-verschilkaart (2008-1996) van het oostelijke deel van de Westerschelde

G.1.5. Hellingskaarten

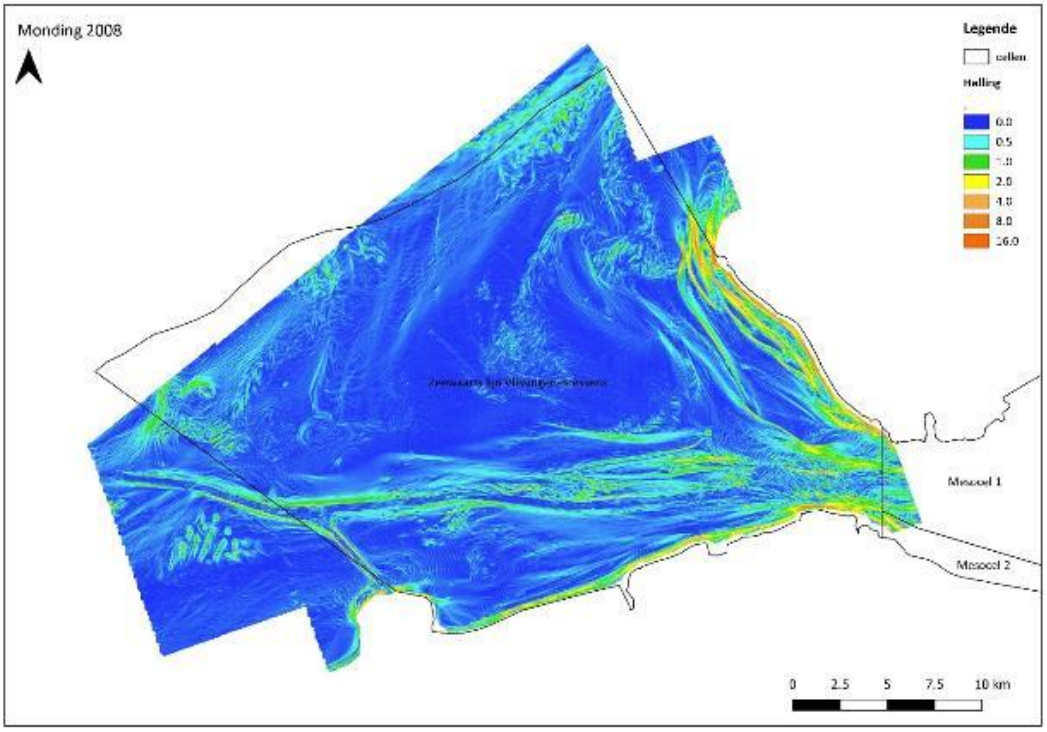
Monding



Figuur 9-363: Hellingskaart Monding (2020)

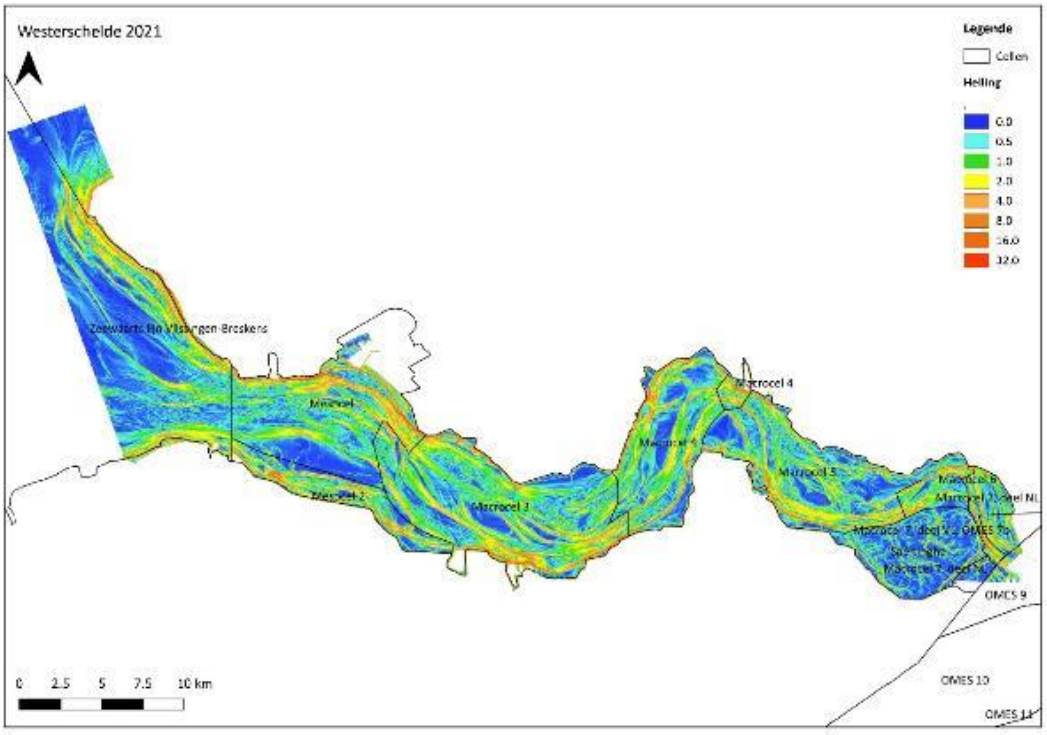


Figuur 9-364: Hellingskaart Monding (2014)

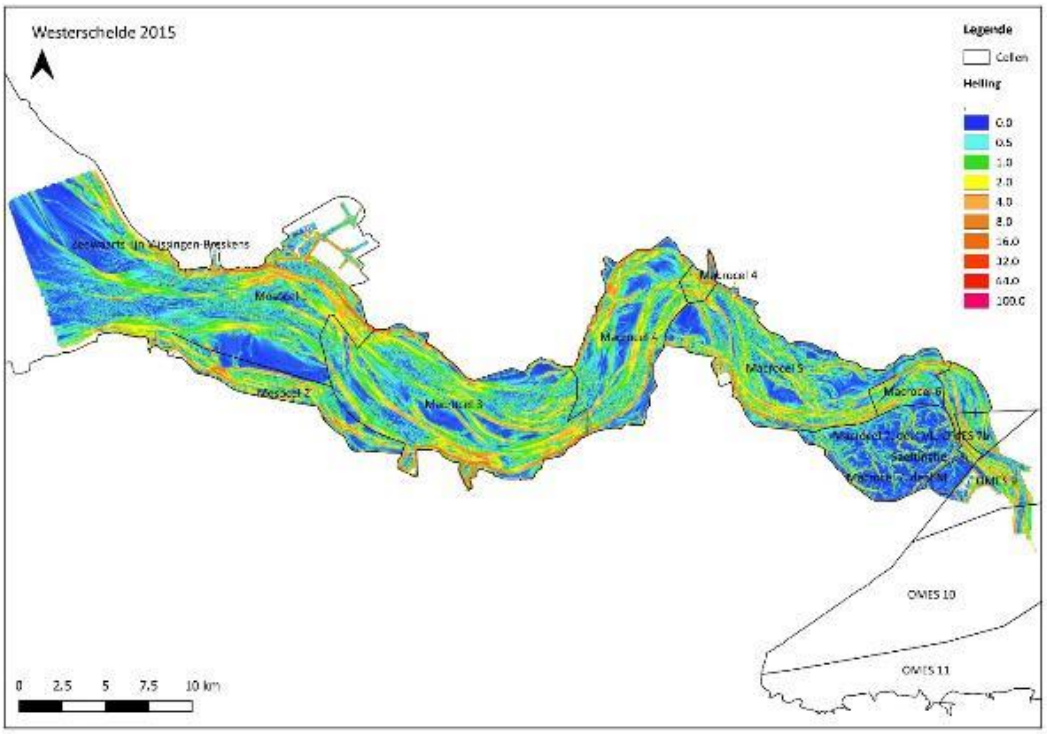


Figuur 9-365: Hellingskaart Monding (2008)

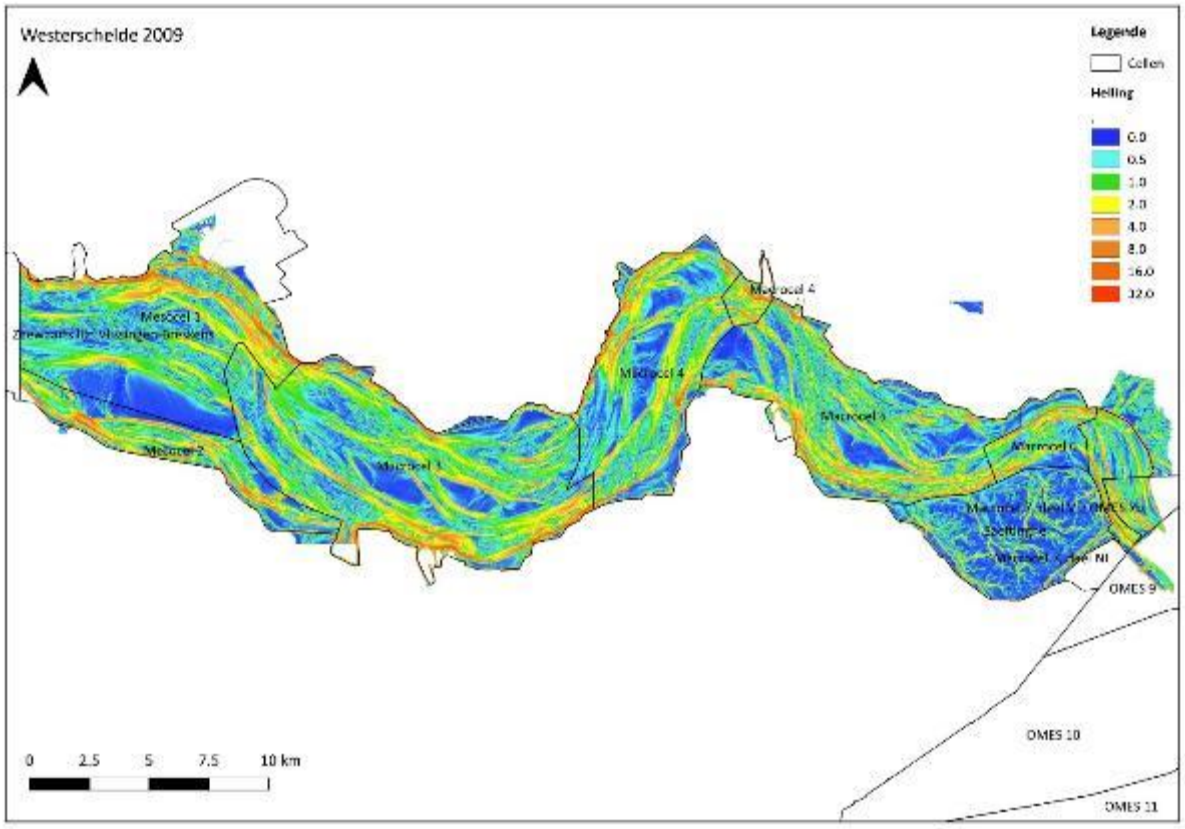
Westerschelde



Figuur 9-366: Hellingskaart Westerschelde (2021)

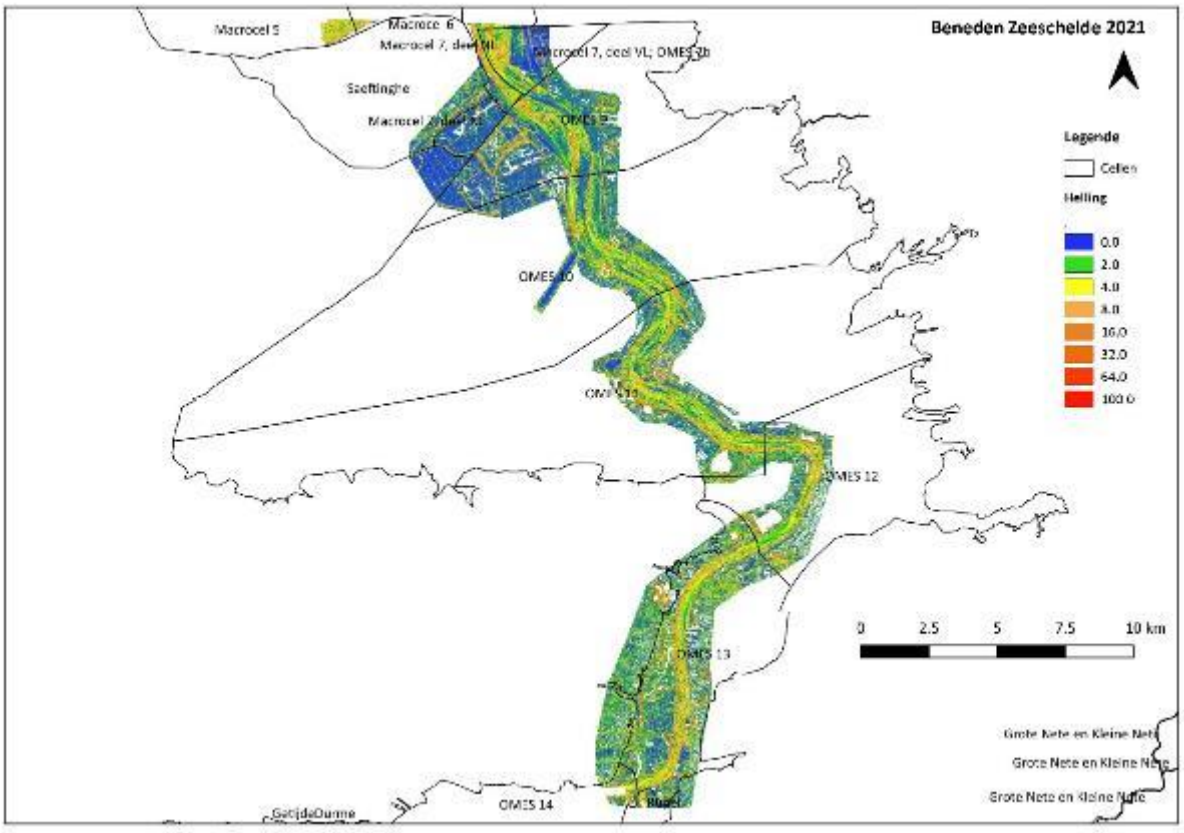


Figuur 9-367: Hellingskaart Westerschelde (2015)

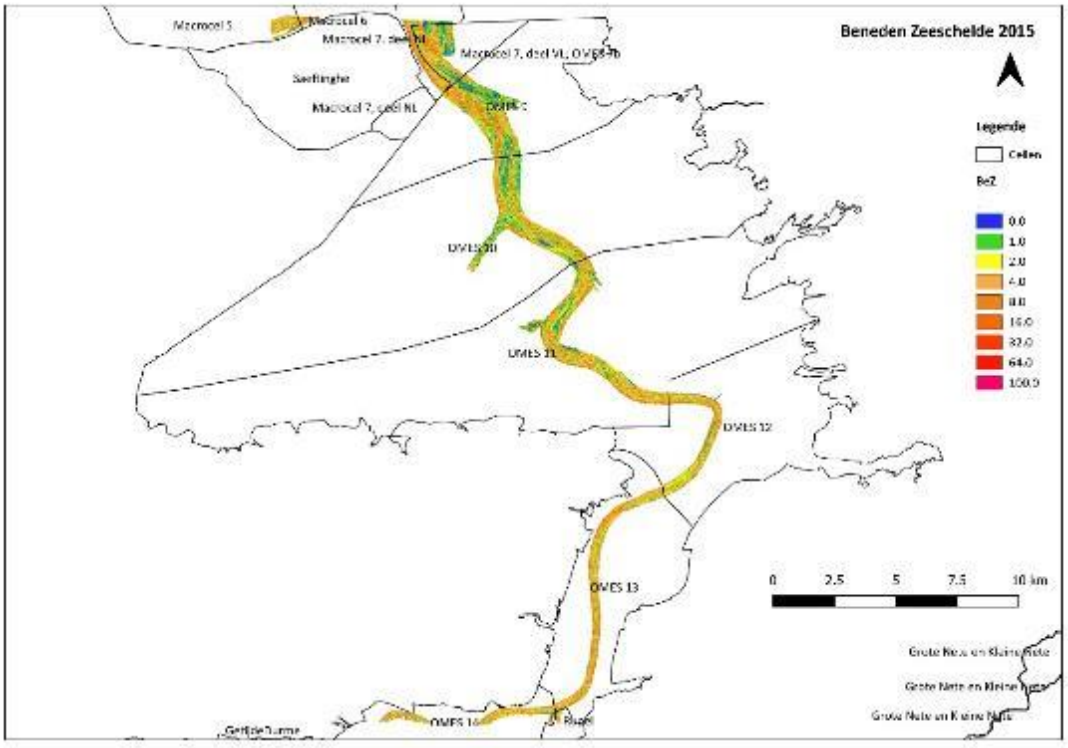


Figuur 9-368: Hellingskaart Westerschelde (2009)

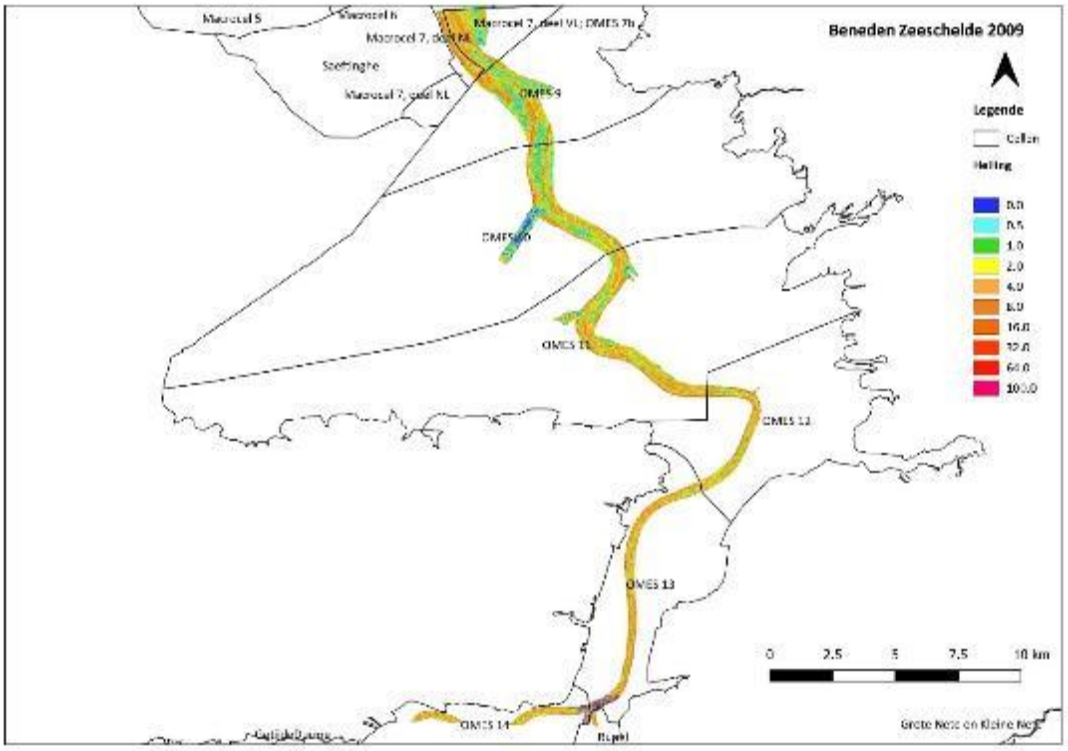
Beneden-Zeeschelde



Figuur 9-369: Hellingskaart Beneden-Zeeschelde (2021)

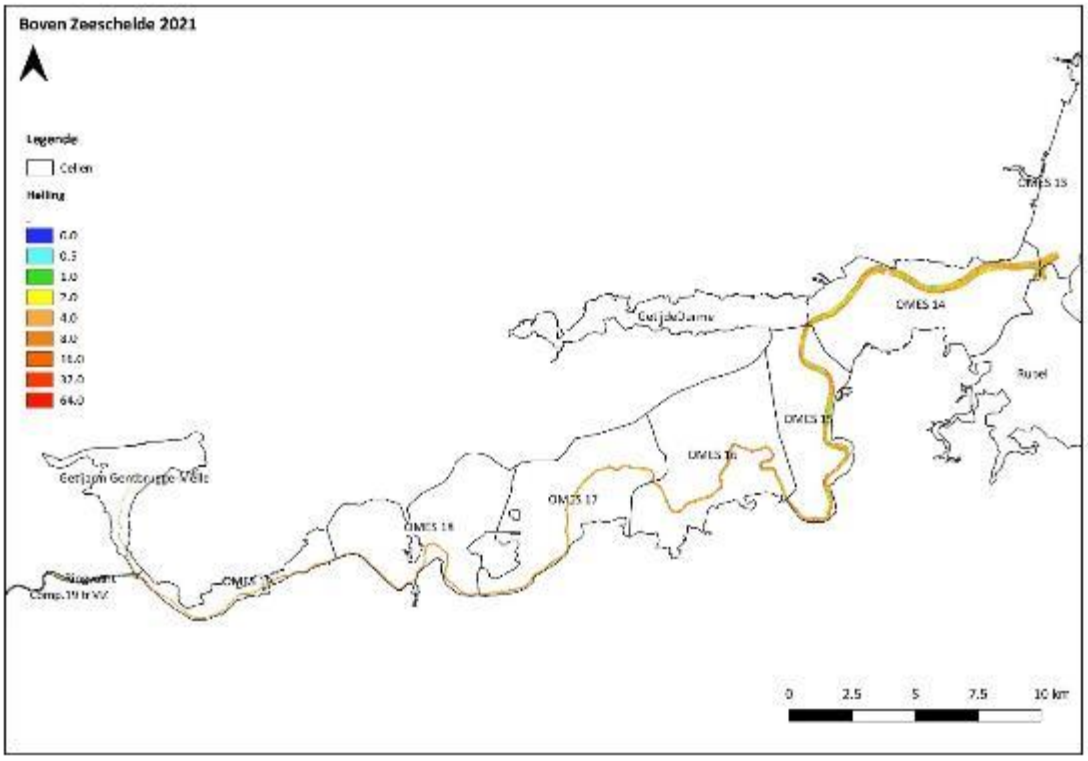


Figuur 9-370: Hellingskaart Beneden-Zeeschelde (2015)

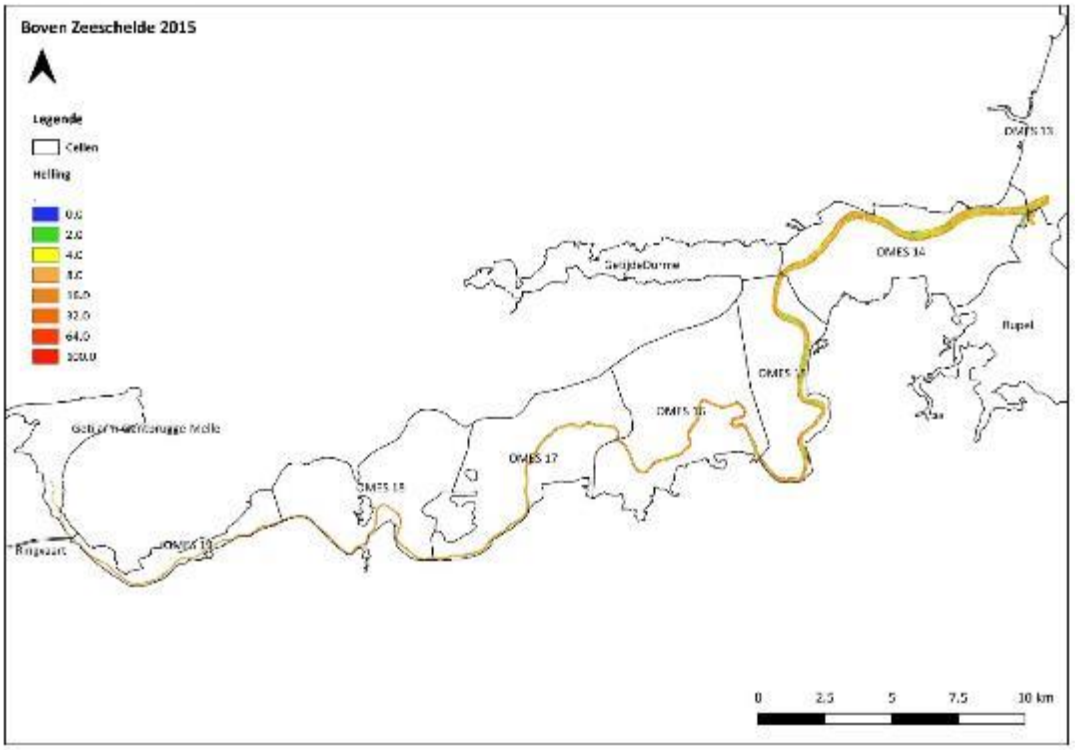


Figuur 9-371: Hellingskaart Beneden-Zeeschelde (2009)

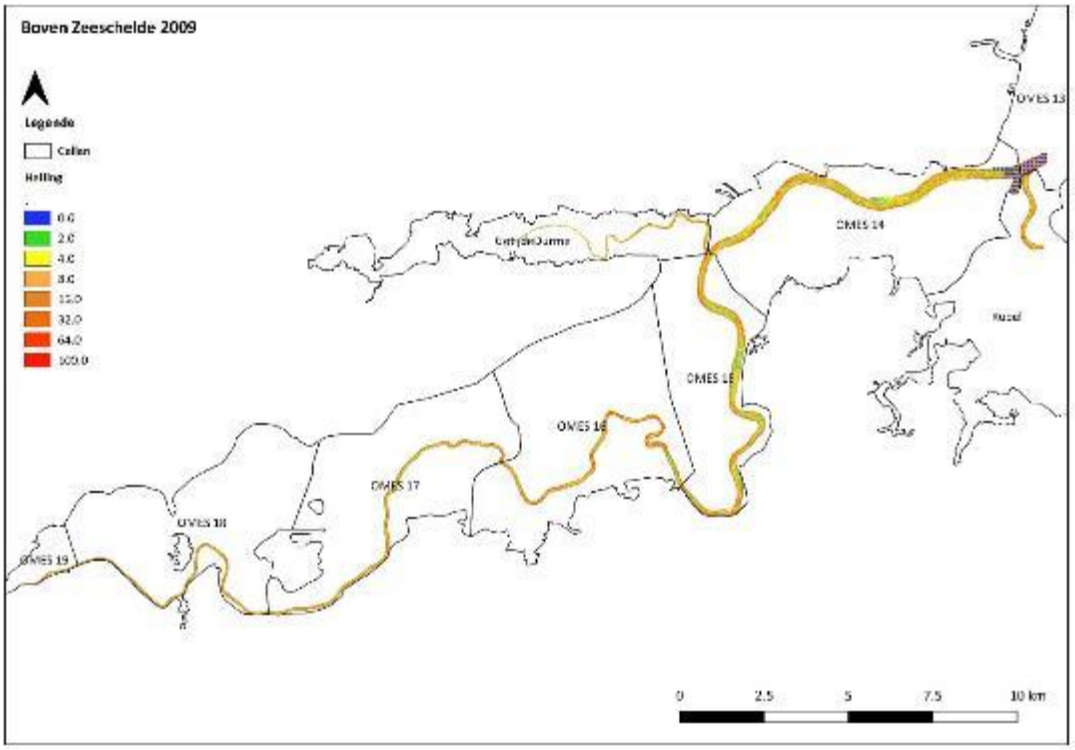
Boven-Zeeschelde



Figuur 9-372: Hellingskaart Boven-Zeeschelde (2021)



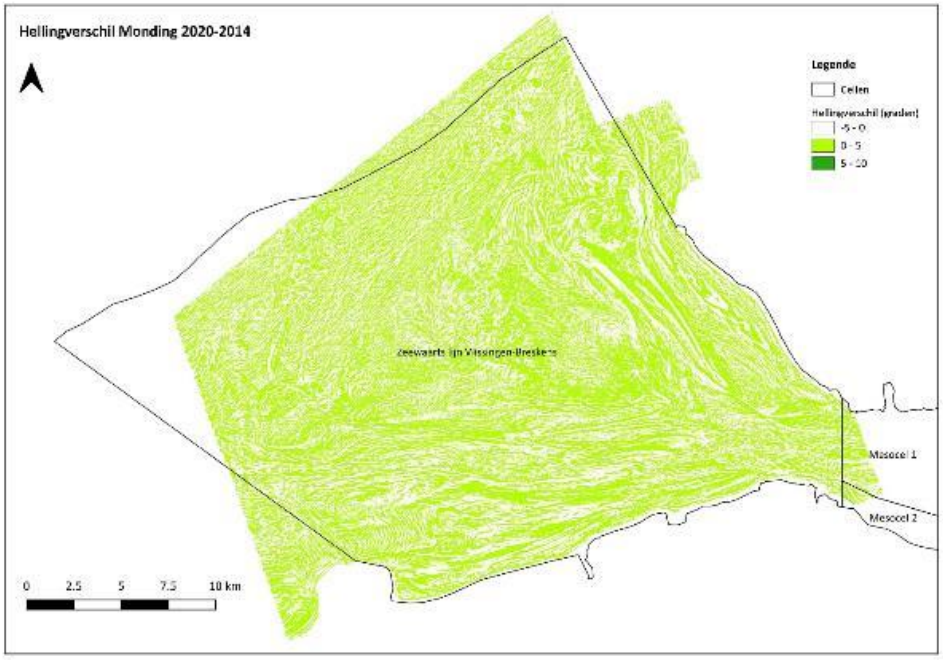
Figuur 9-373: Hellingskaart Boven-Zeeschelde (2015)



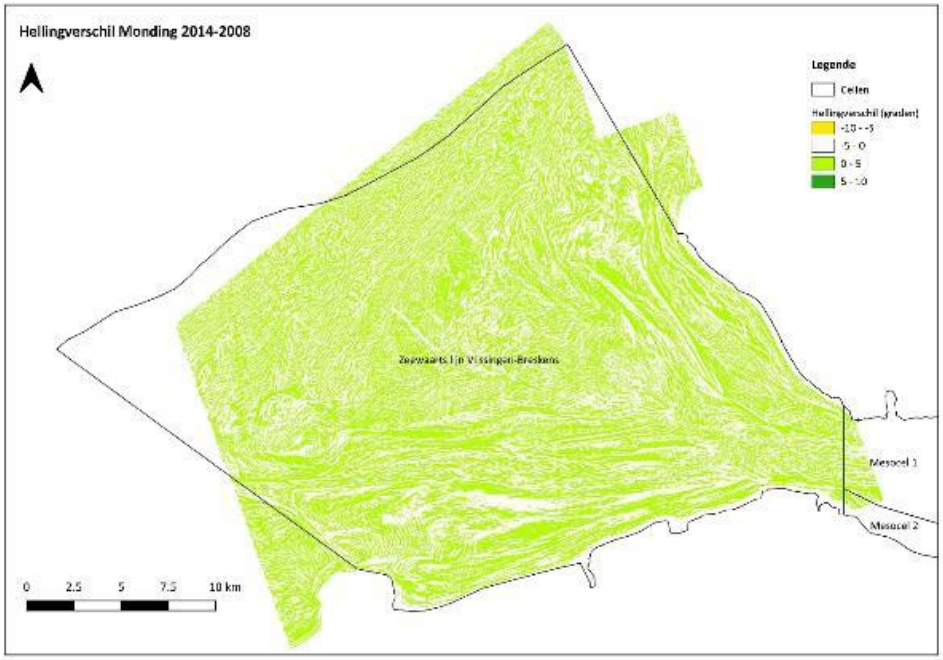
Figuur 9-374: Hellingskaart Boven-Zeeschelde (2009)

G.1.6. Hellingsverschilkaarten

Monding

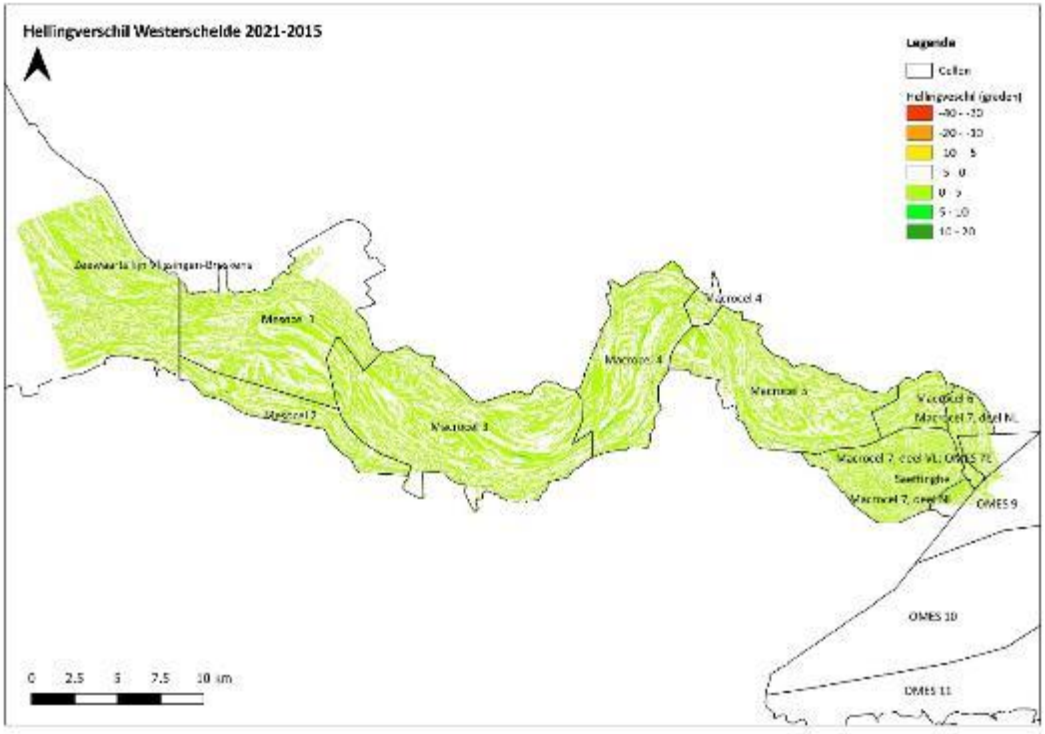


Figuur 9-375: Hellingsverschilkaart Monding (2020-2014)

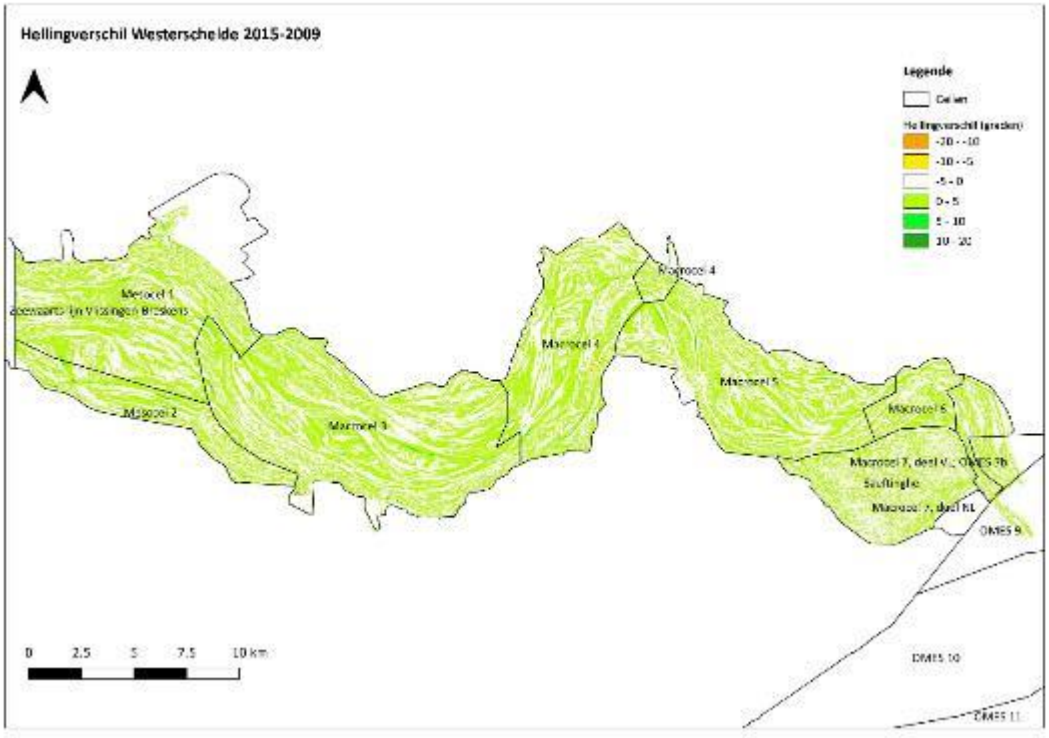


Figuur 9-376: Hellingsverschilkaart Monding (2014-2008)

Westerschelde

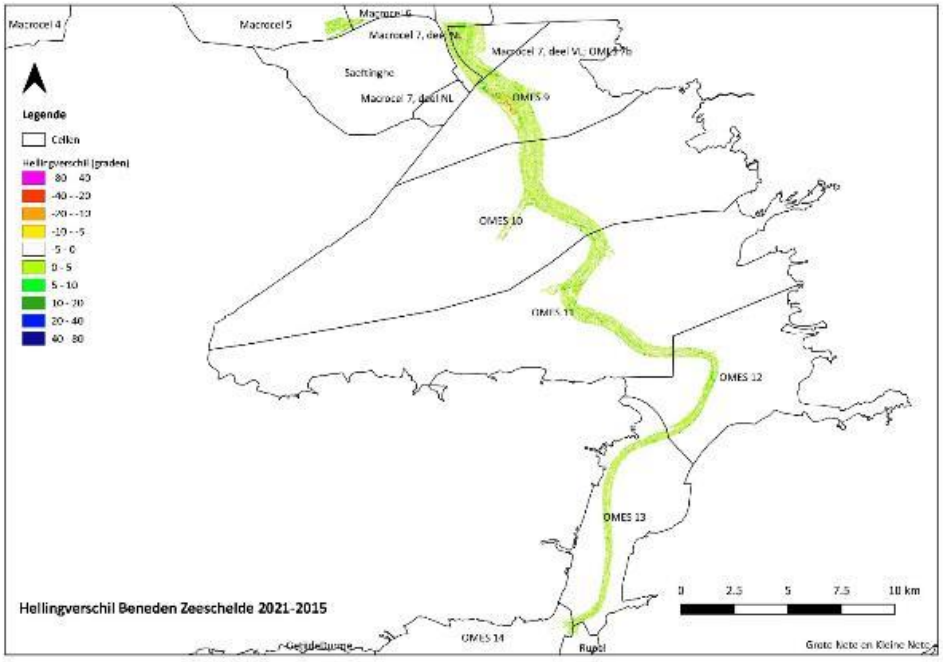


Figuur 9-377: Hellingsverschilkaart Westerschelde (2021-2015)

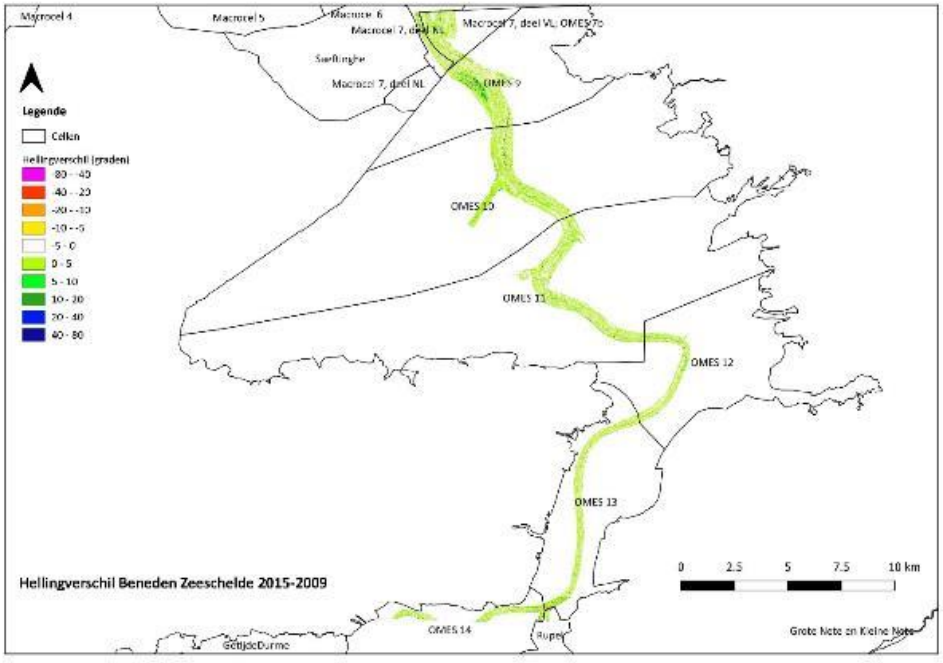


Figuur 9-378: Hellingsverschilkaart Westerschelde (2015-2009)

Beneden-Zeeschelde

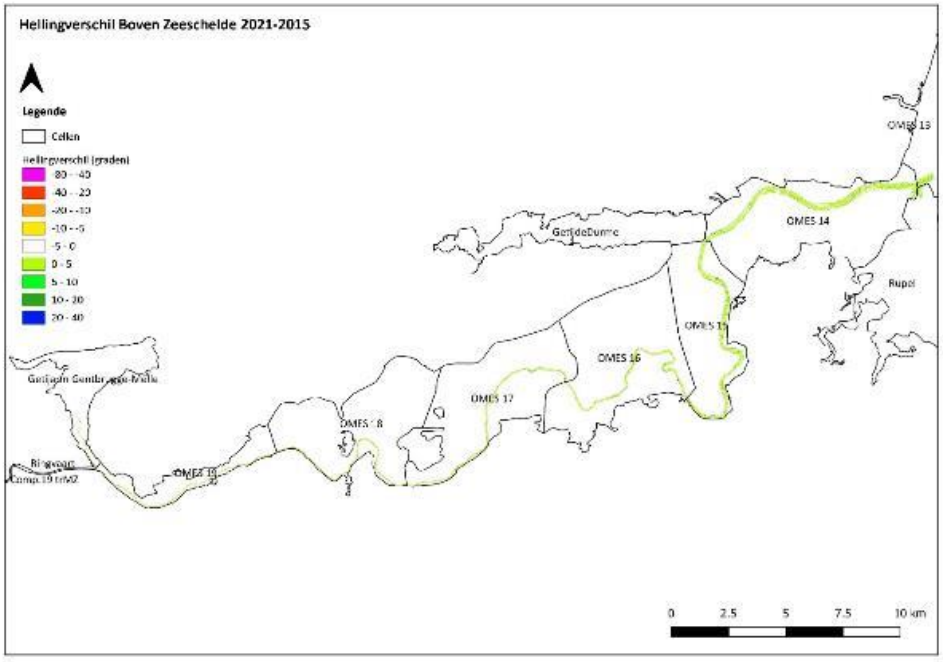


Figuur 9-379: Hellingsverschilkaart Beneden-Zeeschelde (2021-2015)

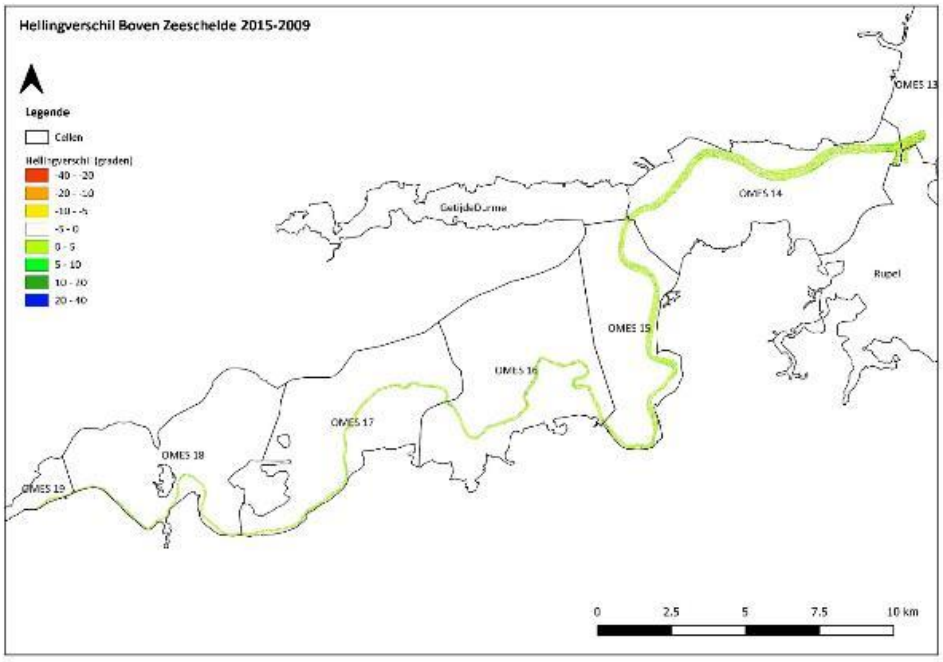


Figuur 9-380: Hellingsverschilkaart Beneden-Zeeschelde (2015-2009)

Boven-Zeeschelde



Figuur 9-381: Hellingsverschilkaart Boven-Zeeschelde (2021-2015)



Figuur 9-382: Hellingsverschilkaart Boven-Zeeschelde (2015-2009)

G.2. Dimensionering

G.2.1. Definitie

Kuberingen en areaalberekeningen zijn een handig hulpmiddel om trendveranderingen in specifieke onderdelen van het morfologisch systeem toe te lichten. Volgende hoofdstukken beschrijven de verklarende parameters die men minimaal moet berekenen om de morfologische systeembeschrijving en/of verklaring van rekenparameters in andere communicatie-indicatoren tot een goed eind te brengen.

Deze parameters houden een berekening in t.o.v. het referentieniveau dat verschilt afhankelijk van deelsysteem. Voor de correcte begrenzing wordt verwezen naar paragraaf 2.1.1.

G.2.2. Kombergend & watervoerend vermogen

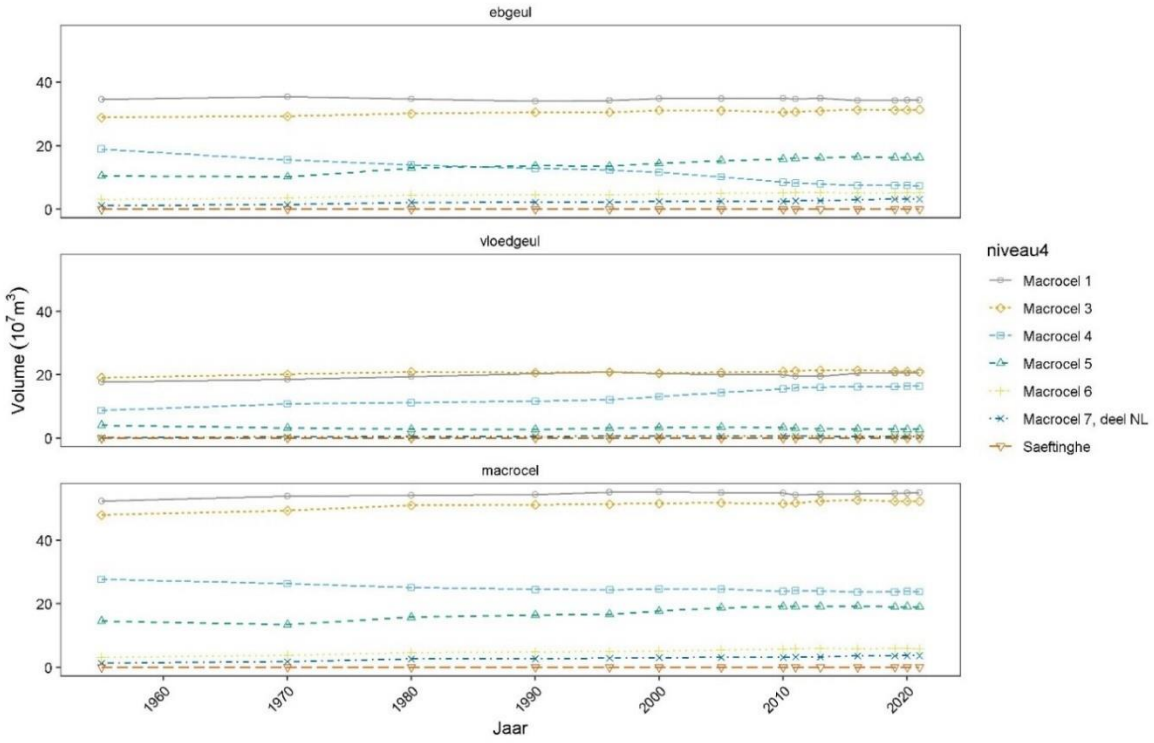
Definitie & Methodiek

Met het watervoerend en kombergend deel van het meergeulensysteem worden respectievelijk het deel onder de laagwaterlijn en deel bovenop de intergetijdengebieden aangeduid. Deze zones worden afgebakend aan de hand van een vaste diepte/hoogte t.o.v. de referentiepeilen NAP en TAW. Om louter op de morfologische verandering te kunnen focussen, zijn deze grenzen vastgelegd voor verschillende zones in het estuarium en variëren bijgevolg niet doorheen de tijd.

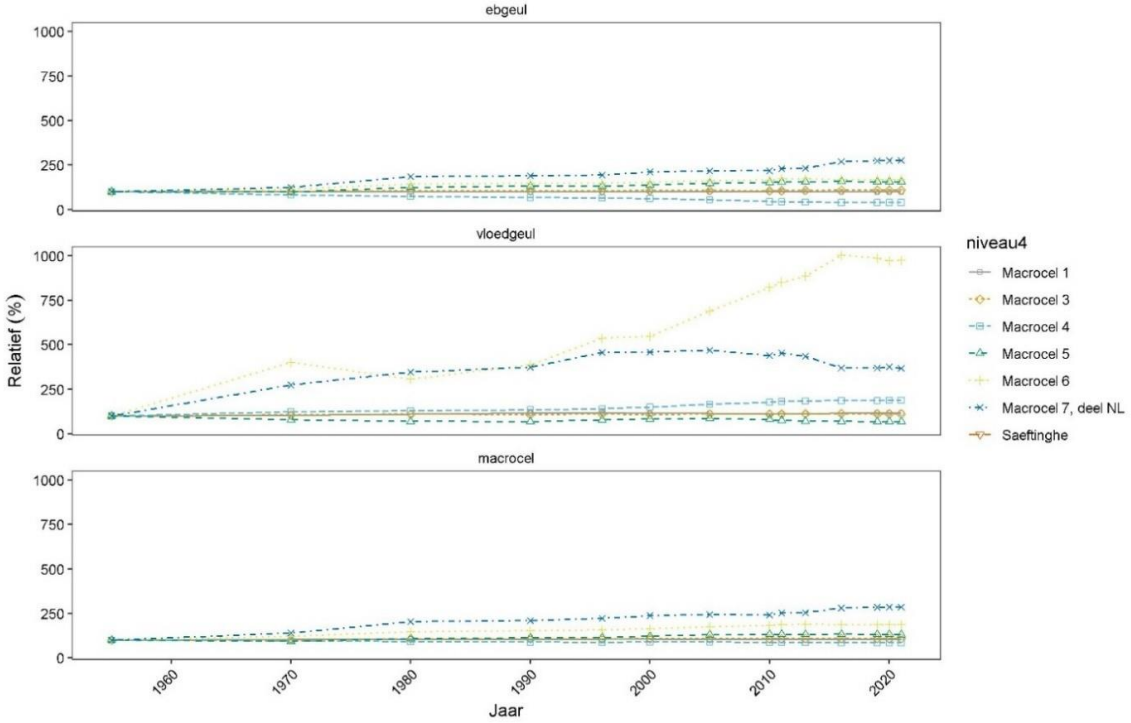
Via kuberingen wordt er een lange termijntrend van het watervolume in de geulen (op zowel macrocelniveau, als voor de individuele hoofd- en nevengeul binnen een macrocel) en boven op het intergetijdengebied (op macrocelniveau) opgesteld. De trends kunnen zowel absoluut als relatief ten opzichte van het volume tijdens het beginjaar opgesteld worden. Dit laatste helpt bij het visualiseren van beperkte wijzigingen.

Door verder in te zoomen op het wateroppervlak bij de bovengrens van resp. watervoerend en kombergend deel en de geuldiepte, kan men de waargenomen volumeverandering beter duiden. Het wateroppervlak kan men berekenen met een eenvoudige GIS-bewerking. De gemiddelde geuldiepte bekomt men door het watervolume te delen door het respectievelijke wateroppervlak.

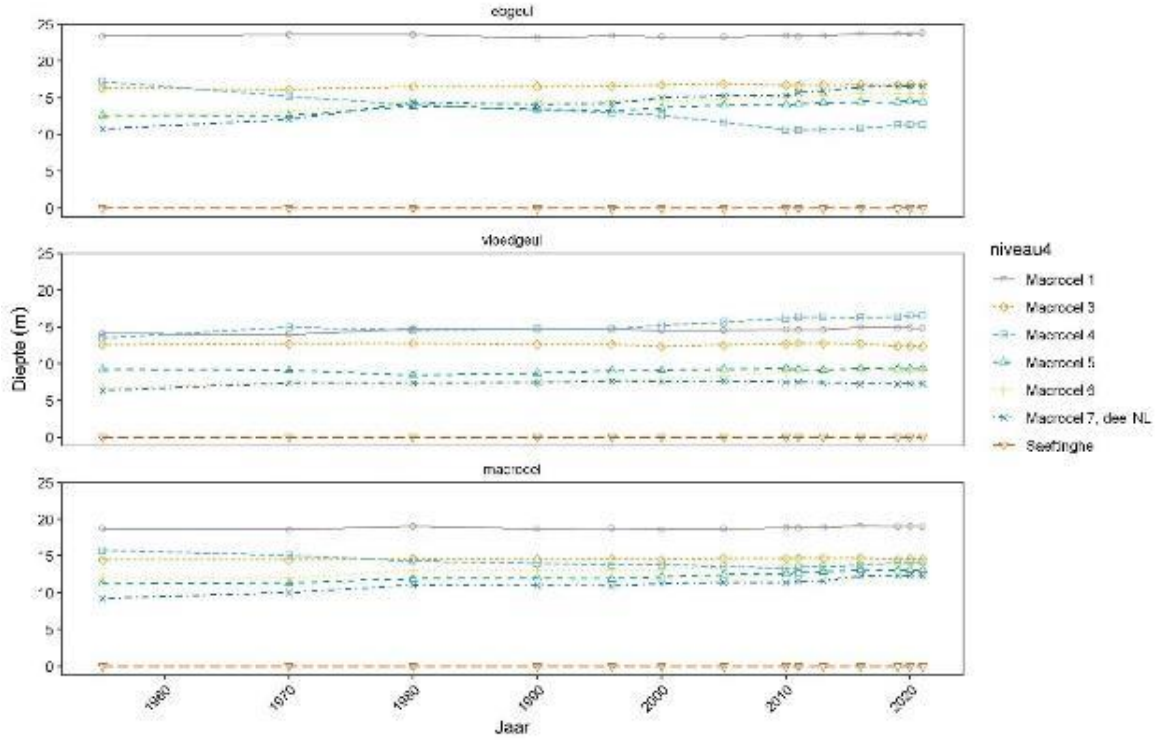
Westerschelde



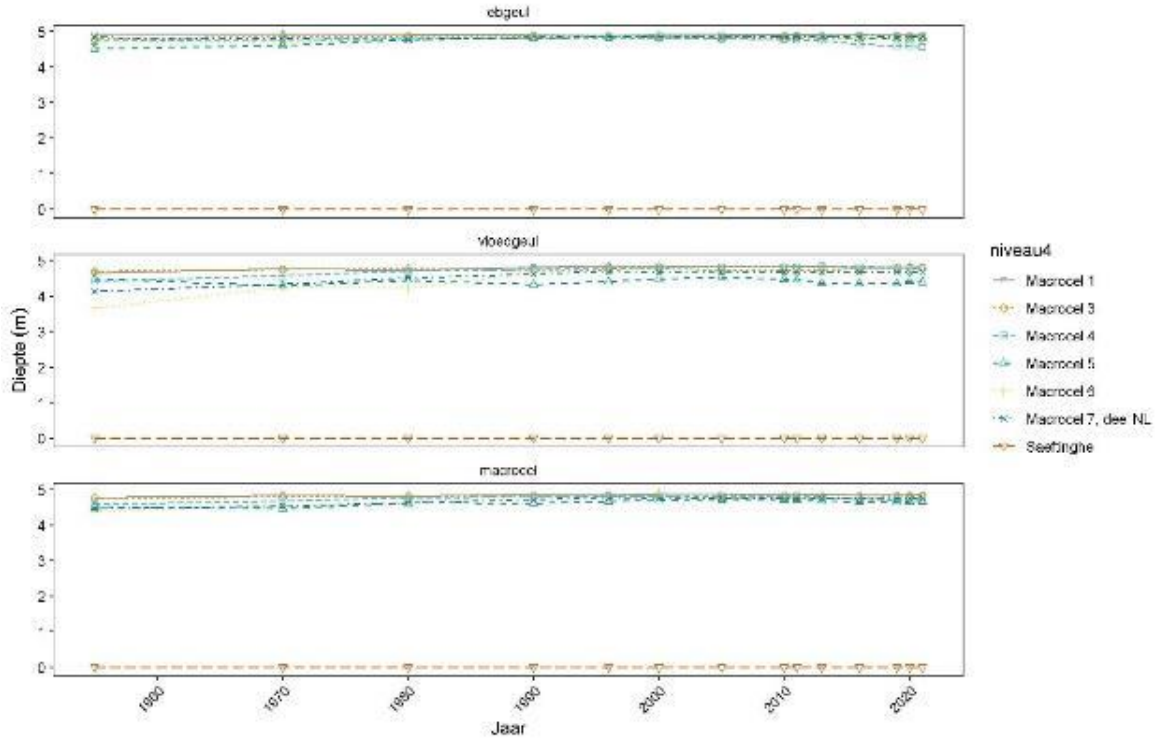
Figuur 9-383: Dimensies Westerschelde: watervolume van de diepe geulen (onder -5m NAP).



Figuur 9-384: Dimensies Westerschelde: relatieve verandering van het watervolume in de diepe geulen (onder -5 m NAP).

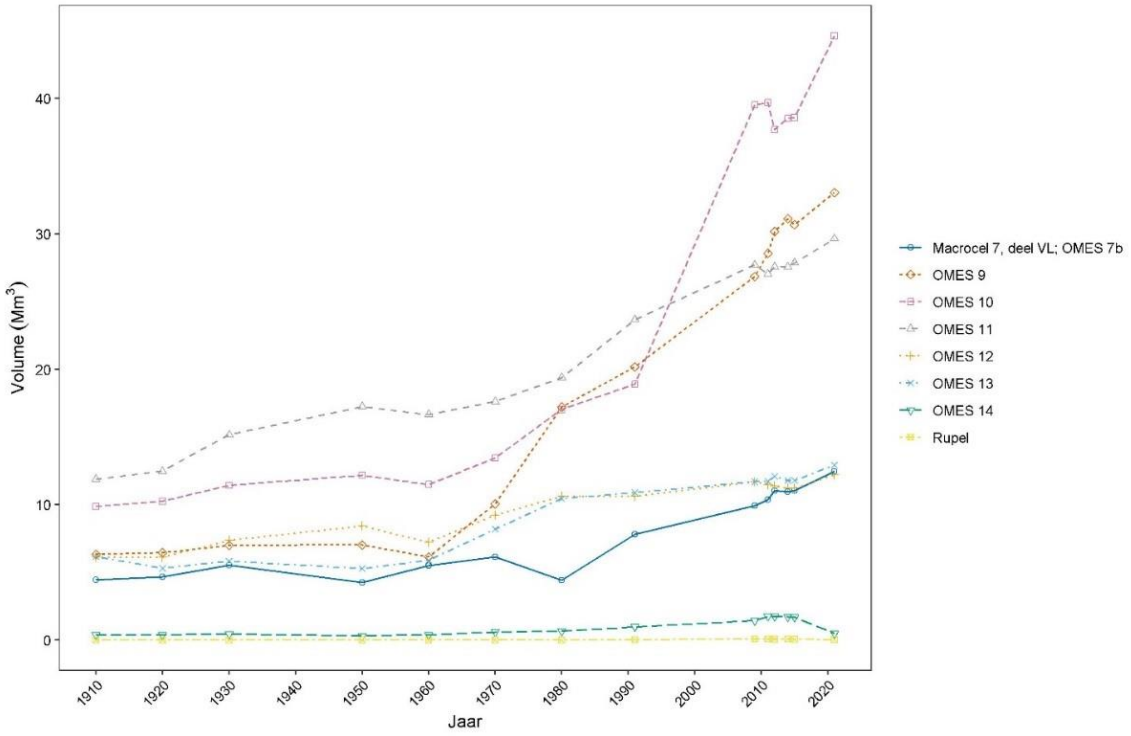


Figuur 9-385: Dimensies Westerschelde: Gemiddelde diepte van de diepe geulen onder -5 m NAP.

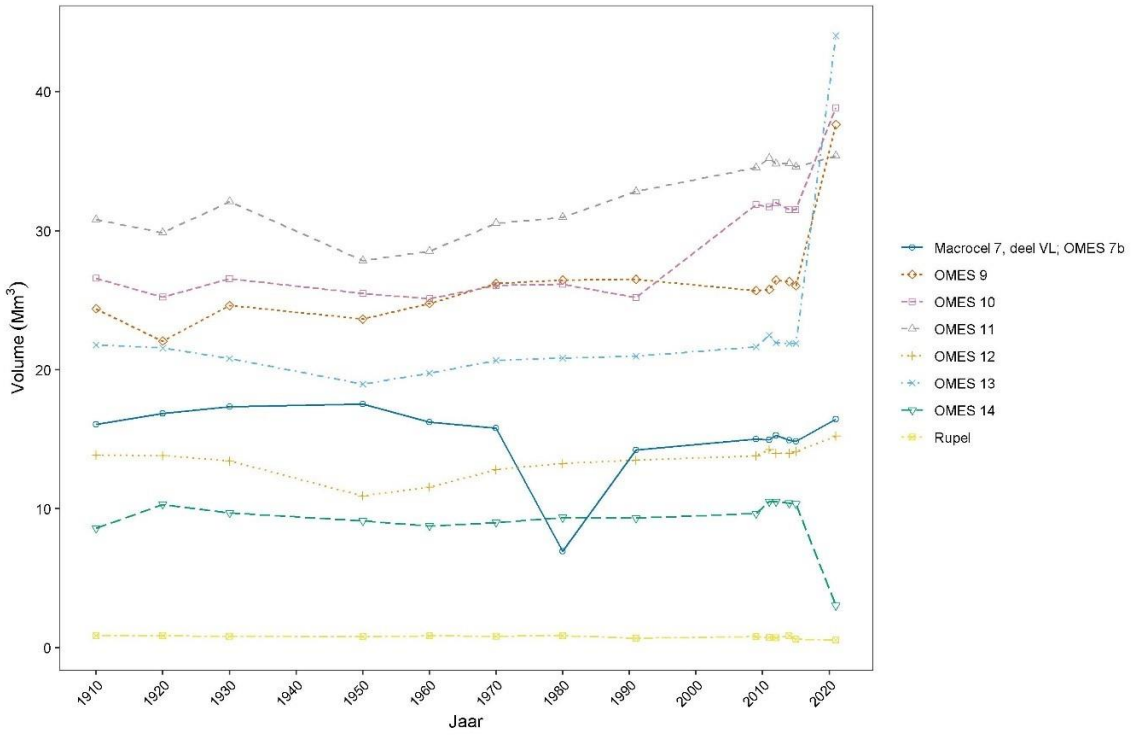


Figuur 9-386: Dimensies Westerschelde: Gemiddelde diepte van de ondiepe geulen.

Beneden-Zeeschelde

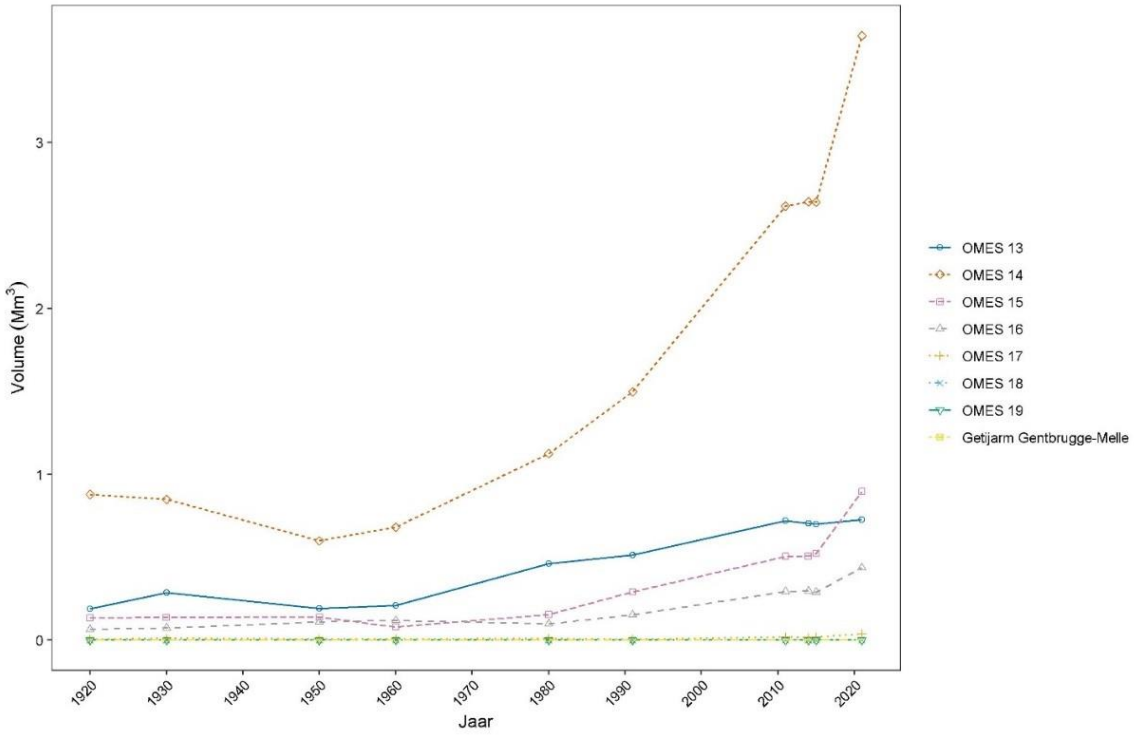


Figuur 9-387: Volume van de diepe zones (-5 mTAW) in de Beneden-Zeeschelde

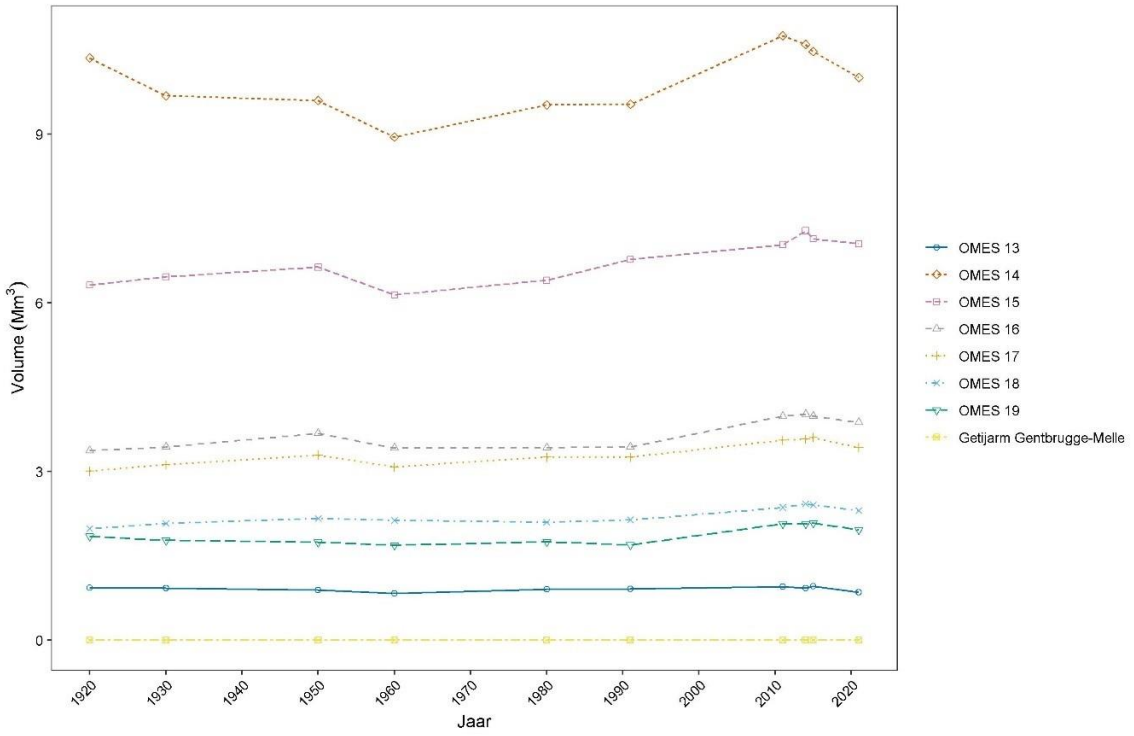


Figuur 9-388: Volume van de kombergende zones (0-5 mTAW) in de Beneden-Zeeschelde

Boven-Zeeschelde



Figuur 9-389: Volume van de diepe zones (-5 mTAW) in de Boven-Zeeschelde



Figuur 9-390: Volume van de kombergende zones (2-5 mTAW) in de Boven-Zeeschelde

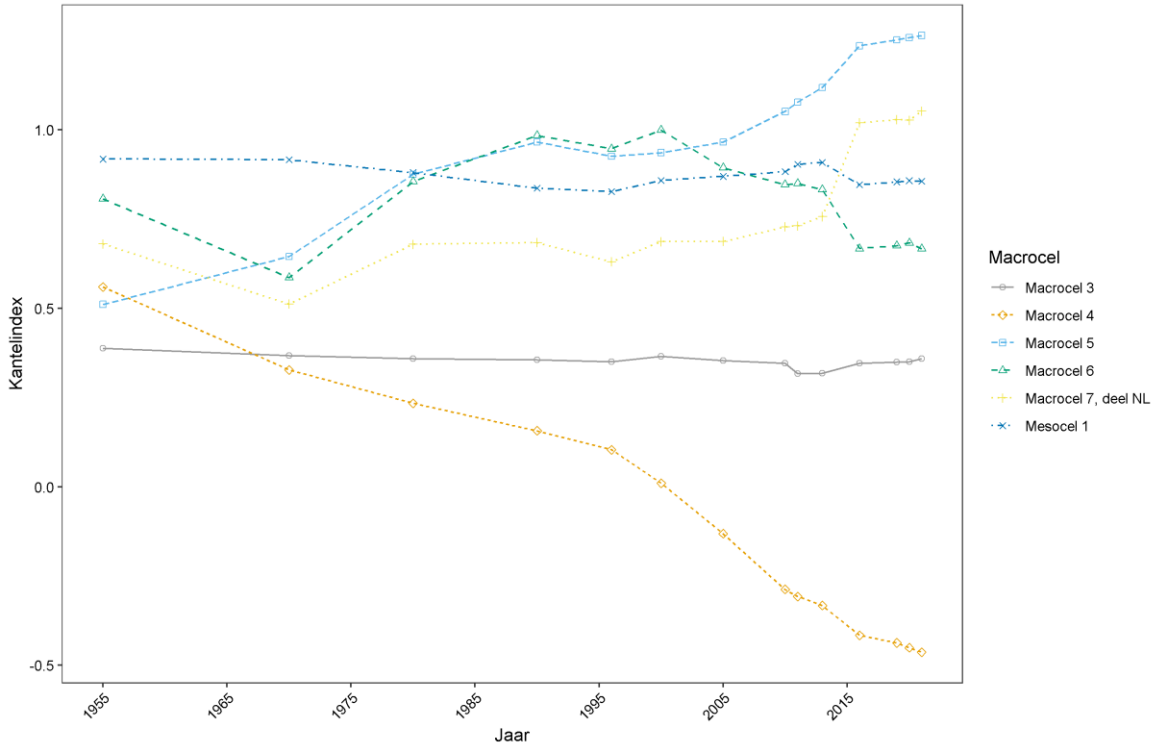
G.2.3. Kantelindex

Definitie & Methodiek

De kantelindex is de verhouding tussen de gemiddelde diepte in de ebgeul (zie §4.4.1) en de gemiddelde diepte in de vloedgeul (zie §4.4.1). Deze verklarende parameter geeft inzicht in het relatieve belang van de nevengeul en wordt voor het meergeulensysteem berekend met:

$$\text{kantelindex} = \ln\left(\frac{h_{ebgeul}}{h_{vloedgeul}}\right)$$

Westerschelde



Figuur 9-391: Dimensies Westerschelde: de Kantelindex

G.2.4. Relatief areaal intergetijdengebied vs. breedte-diepte verhouding (rs-β)

Definitie

De r_s-β is de verhouding tussen het **wateroppervlak bij hoogwater en laagwater (r_s)**, als karakterisering van het (relatieve) areaal intergetijdengebied, en de **breedte-diepte verhouding (β)** ten opzichte van gemiddeld zeeniveau.

Deze relatie geeft inzicht in de mate van grootschalige verandering van de geometrie van het estuarium. Grenswaarden zijn niet expliciet gegeven, maar het gaat om het waarnemen van de lange termijn trend per macrocel:

- Bij een afname van de parameter r_S neemt het areaal intergetijdengebied af. Hierbij neemt het wateroppervlak bij hoogwater af of het wateroppervlak bij laagwater toe.
- Een afname van de parameter β betekent dat het gebied dat dieper wordt bij gelijkblijvende breedte, wat een versteiling van de geulwanden impliceert.

Methodiek

De verhouding tussen het wateroppervlak op hoog- en laagwater (r_s) als karakterisering van het (relatieve) areaal intergetijdengebied wordt gegeven door onderstaande formule. Voor de berekening wordt voortgebouwd op de kuberingen.

$$r_s = \frac{S_{hw}}{S_{lw}} \qquad \text{(G.1)}$$

Met:

S_{hw}	wateroppervlak bij jaarlijks gemiddeld hoogwater [m^2]
S_{lw}	wateroppervlak bij jaarlijks gemiddeld laagwater [m^2]

De breedte/diepte verhouding (β) ten opzichte van een referentieniveau (-2 m NAP):

$$\beta = \frac{B}{h} \qquad \text{(G.2)}$$

Met:

B	gemiddelde breedte wateroppervlak macrocel [m] bij referentieniveau
h	gemiddelde diepte wateroppervlak macrocel [m] bij referentieniveau

De gemiddelde breedte (B) is:

$$B = \frac{S}{L} \qquad \text{(G.3)}$$

Met:

S	wateroppervlak van de macrocel [m^2] bij referentieniveau
L	representatieve van de lengte [m] van de macrocel

De gemiddelde diepte (h) is:

$$h = \frac{V}{S} \qquad \text{(G.4)}$$

Met:

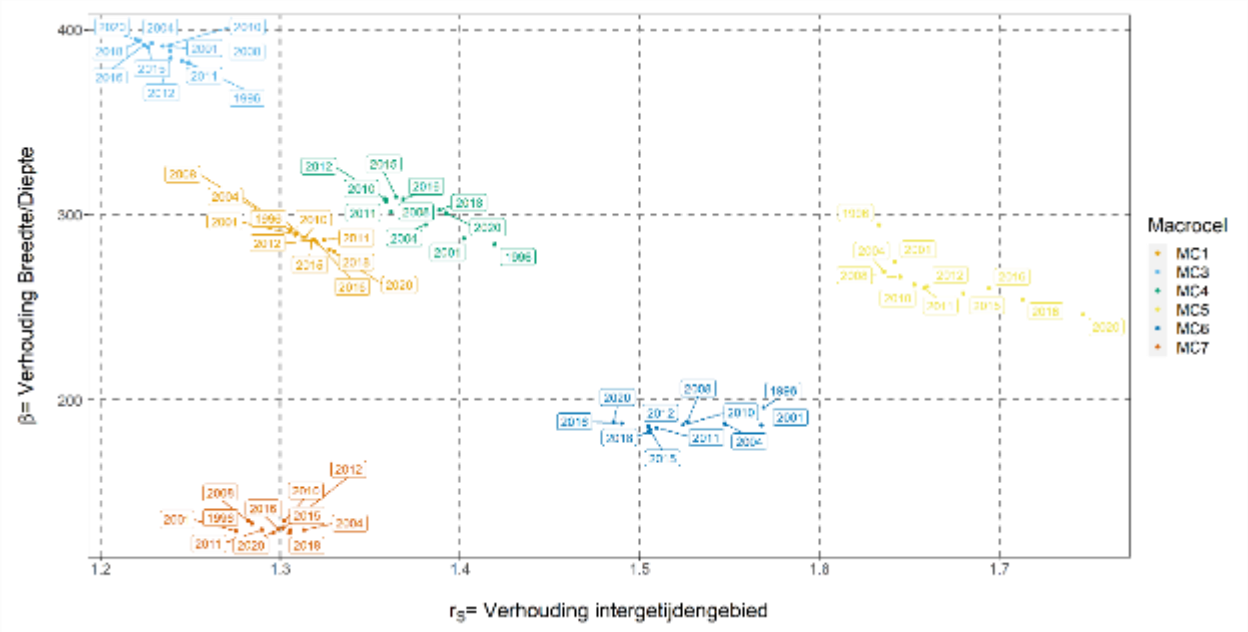
V	watervolume van de macrocel [m^3] bij referentieniveau
S	wateroppervlak van de macrocel [m^2] bij referentieniveau

Combinatie van bovenstaande formules, leidt tot de volgende formule voor de breedte/diepte verhouding (β):

$$\beta = \frac{B}{h} = \frac{S^2}{V \cdot L} \qquad \text{(G.5)}$$

Westerschelde

In Macrocel 1 is het areaal intergetijdengebied (r_s), t.o.v. 2016, toegenomen met een dalende breedte-diepte verhouding (versteiling). In Macrocel 3 gebeurt de omgekeerde beweging, zei het minder uitgesproken. Het areaal intergetijdengebied neemt licht af met een licht stijgende breedte-diepte verhouding. Net als in Macrocel 1 neemt ook in Macrocel 4 het intergetijdengebied toe terwijl de breedte-diepte verhouding afneemt. Ook in Macrocel 5 is er een uitgesproken toename van het areaal intergetijdengebied, met een licht afnemende breedte-diepte verhouding. In macrocellen 6 en 7 blijven de verhoudingen t.o.v. 2016 redelijk stabiel. Tussen 2016 en 2018 is het areaal intergetijdengebied wel toegenomen, om de komende jaren weer af te nemen.



Figuur 9-392: Relatief areaal intertijdengebied t.o.v. de breedte-diepte verhouding in de Westerschelde (1996-2020).

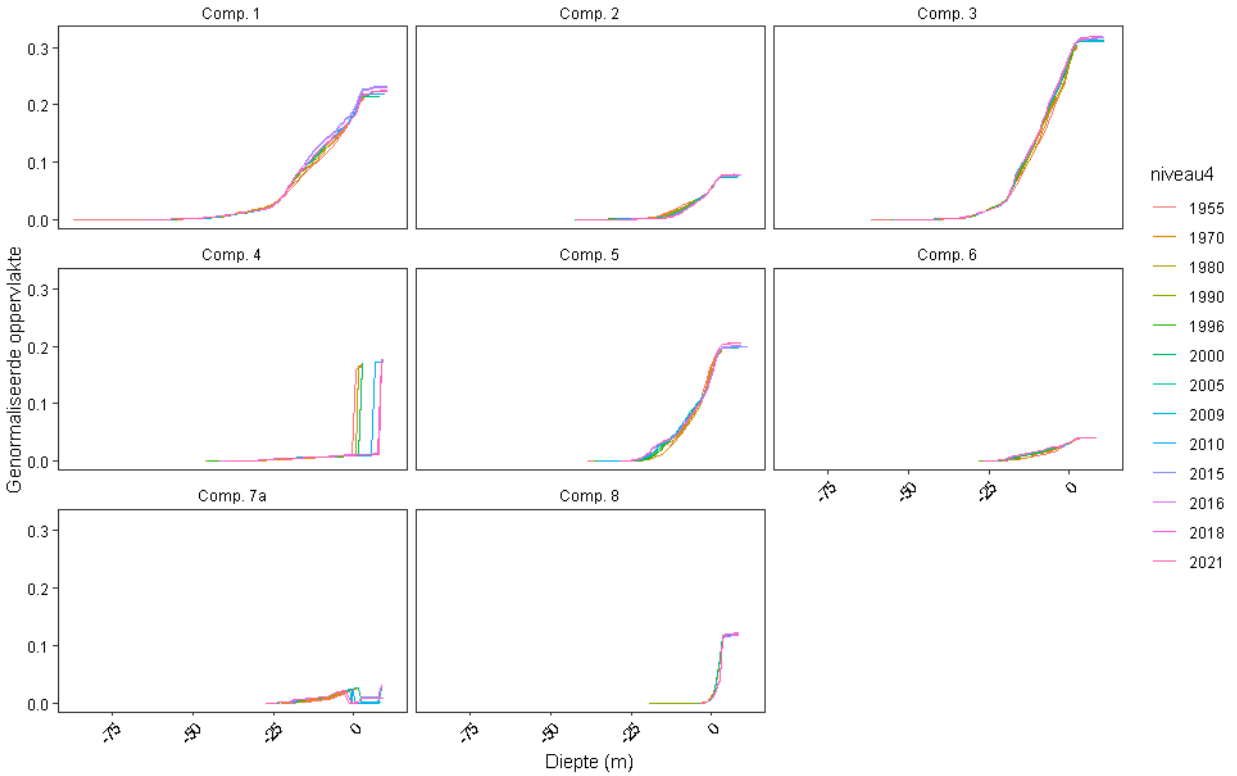
G.2.5. Hypsometrische curves

Definitie

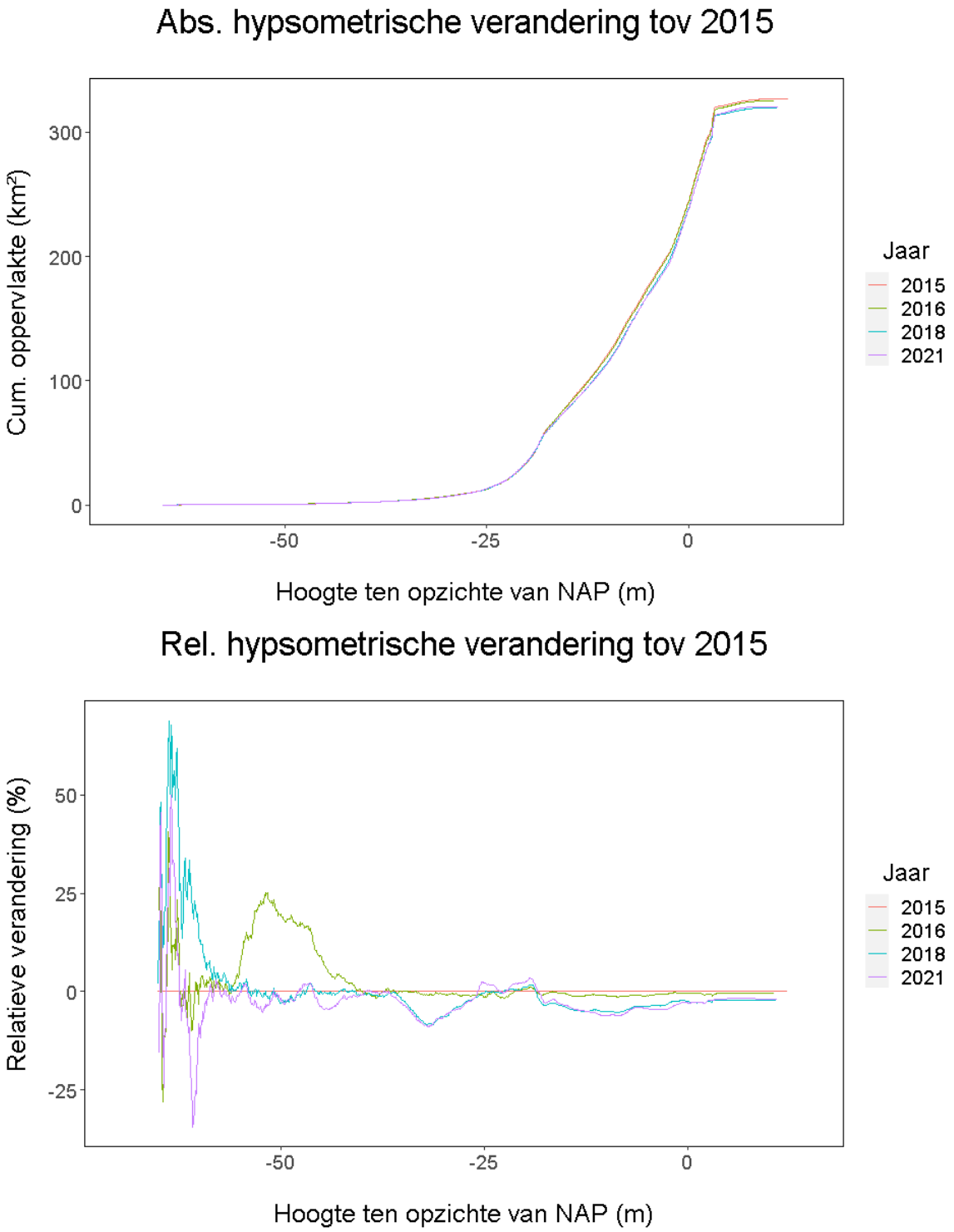
De hypsometrische curve toont het wateroppervlak in functie van waterpeil. Hierbij wordt het areaal cumulatief uitgezet ten opzichte van de waterdiepte, zodat een beeld kan worden verkregen van de hoeveelheid areaal die onder een bepaalde diepte aanwezig is. De hypsometrische curve geeft in estuaria een typerende S-vorm. Veranderingen in de hypsometrische curve laten zien in welke dieptezone er areaal is bijgekomen of verdwenen.

Methodiek

Met de topobathymetrische kaarten van het meergeulensysteem, en de gebiedsindeling, kan per macrocel een hypsometrische curve berekend worden door voor iedere diepte het hypothetische wateroppervlak te berekenen. Door hypsometrische curves te normaliseren door de arealen te delen door het totale wateroppervlak (bij +3,5 m NAP) binnen het beschouwde gebied, kunnen verschillen tussen gebieden worden bekeken.



Figuur 9-393: Hypsometrische curves van de Westerscheld op Schelde-indeling niveau 4 (Macrocellen, mesocel en Saeftinghe)



Figuur 9-394: Hypsometrische curves voor de volledige Westerschelde: Absoluut (BOVEN) en Relatief (ONDER)

G.3. Bodemsamenstelling

G.3.1. Definitie & Methodiek

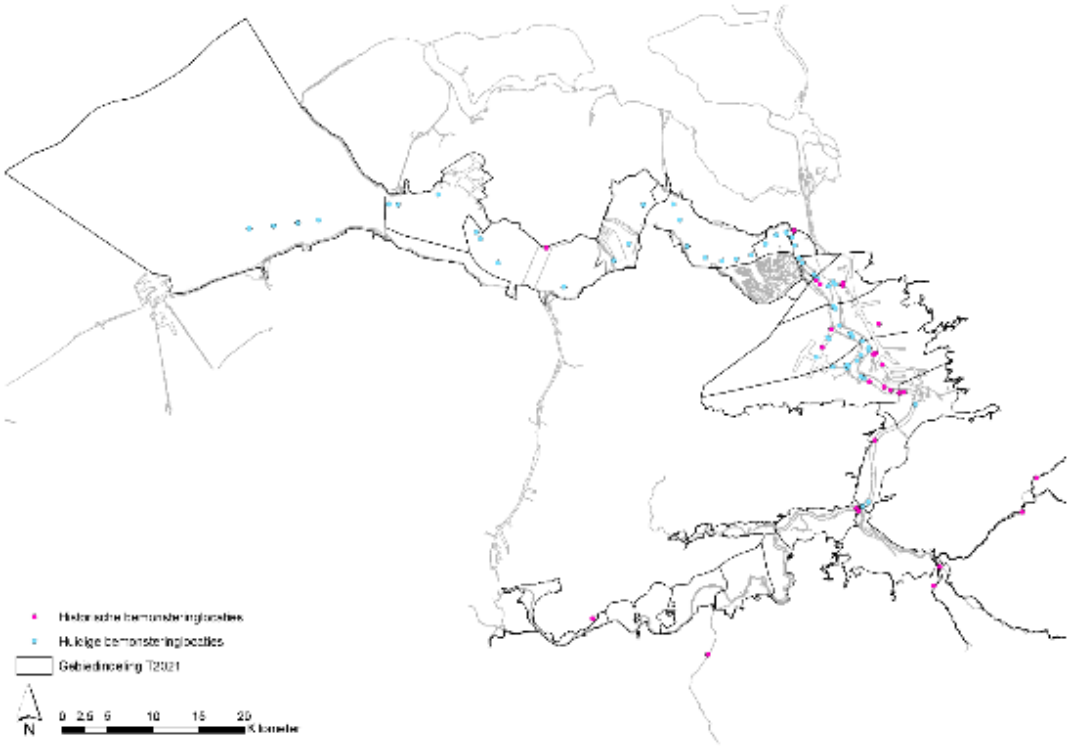
De bodemsamenstelling en sedimenteigenschappen kan men beschrijven met behulp van de monsternames en labo-onderzoek van bijhorende minerale fracties. Aan de hand van een exploratieve data-analyse bespreekt men de trends in mediane korrelgrootte (D50), het slibgehalte (percentage van het staalvolume dat een korrelgrootte heeft die kleiner is dan 63µm) en het organisch materiaal (percentage verbrand bij 550°C). Hierbij houdt men rekening met mogelijk wijzigende bemonsteringstechnieken, analyseprocedures en/of verwerkende laboratoria. De procedure voor dergelijke datacorrectie wordt uitvoering besproken in Van Ryckegem *et al.* (2017).

G.3.2. Data

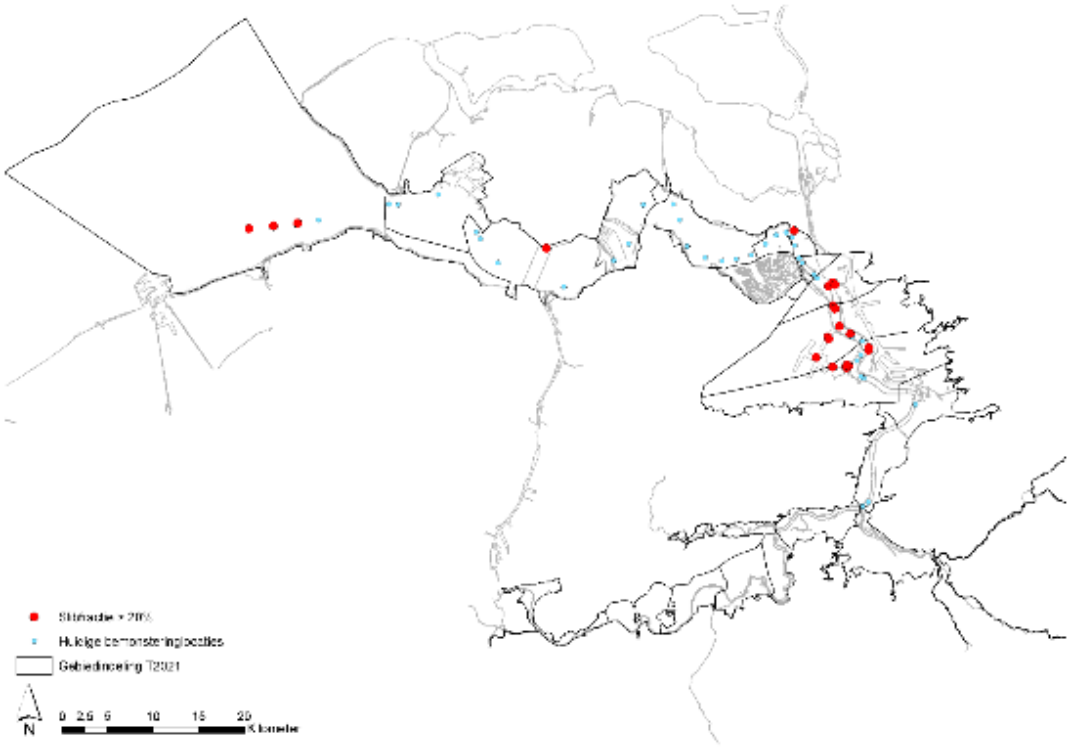
Er worden verschillende bodembemonsteringen georganiseerd: een overzicht:

- Bemonstercampagne gerelateerd aan het onderhoudsbaggerwerk. Het betreft dus voornamelijk locaties in de vaarweg. Hierbij neemt men steeds een bodemmonster nabij quasi dezelfde locatie in of nabij de geulen: *in casu* de bagger- of stortlocaties. De data-exploratie wordt op puntniveau uitgevoerd.
- Bemonstering RWS: tot 2014 nam men jaarlijks stalen op de MONEOS-locaties (platen en slikken). Vanaf 2021 start men opnieuw met een bemonstering van deze locaties op 2 en 10 cm diepte. Gegeven de ontbrekende jaren, kon hier geen analyse uitgevoerd worden.
- Bemonstercampagne voor het macrozoöbenthos door het INBO. Hierbij wordt ook steeds een bodemstaal genomen. Men hanteert een *stratified random* techniek met een steeds wijzigende meetlocatie. Voor dergelijke campagnes wordt daarom een aggregatie voorgeschreven: gealloceerd naar fysiotoop en op niveau van de waterlichamen van de Kaderrichtlijn Water voor het ééngeulsysteem (conform MONEOS Monitoringsoverzicht en 1ste lijnsrapport Geomorfologie van het INBO, Van Ryckegem *et al.,* 2020) of op macrocelniveau voor het meergeulensysteem.

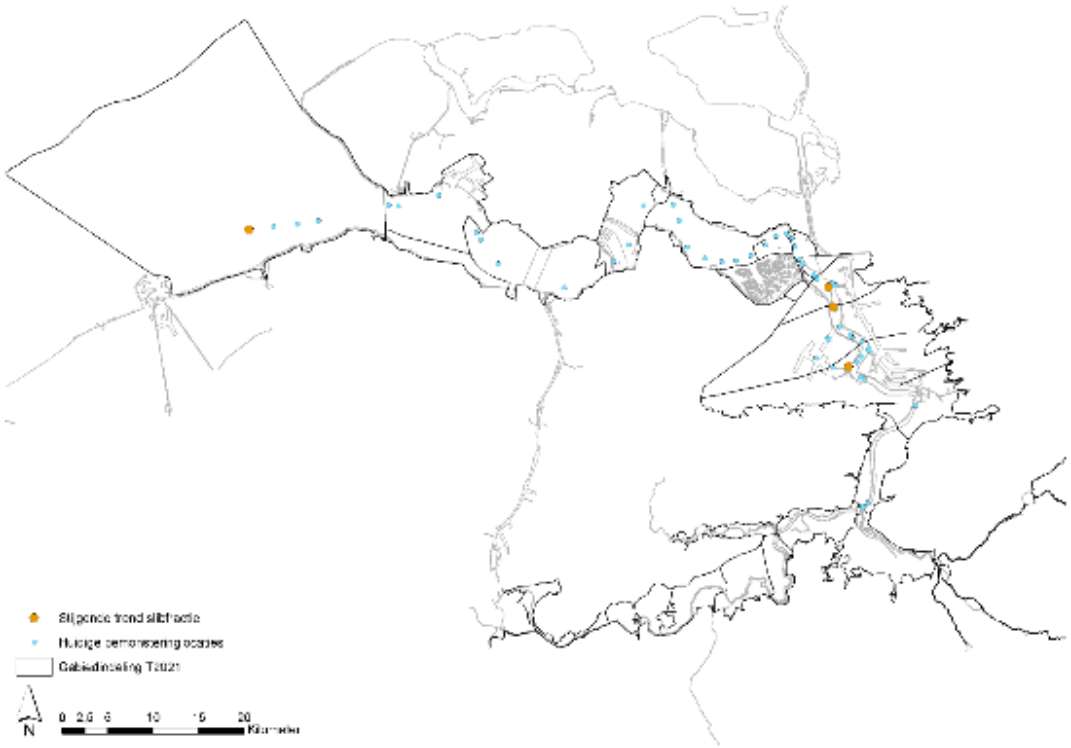
G.3.3. Bodemsamenstelling bij bemonstering t.h.v. baggerwerken: Overzicht



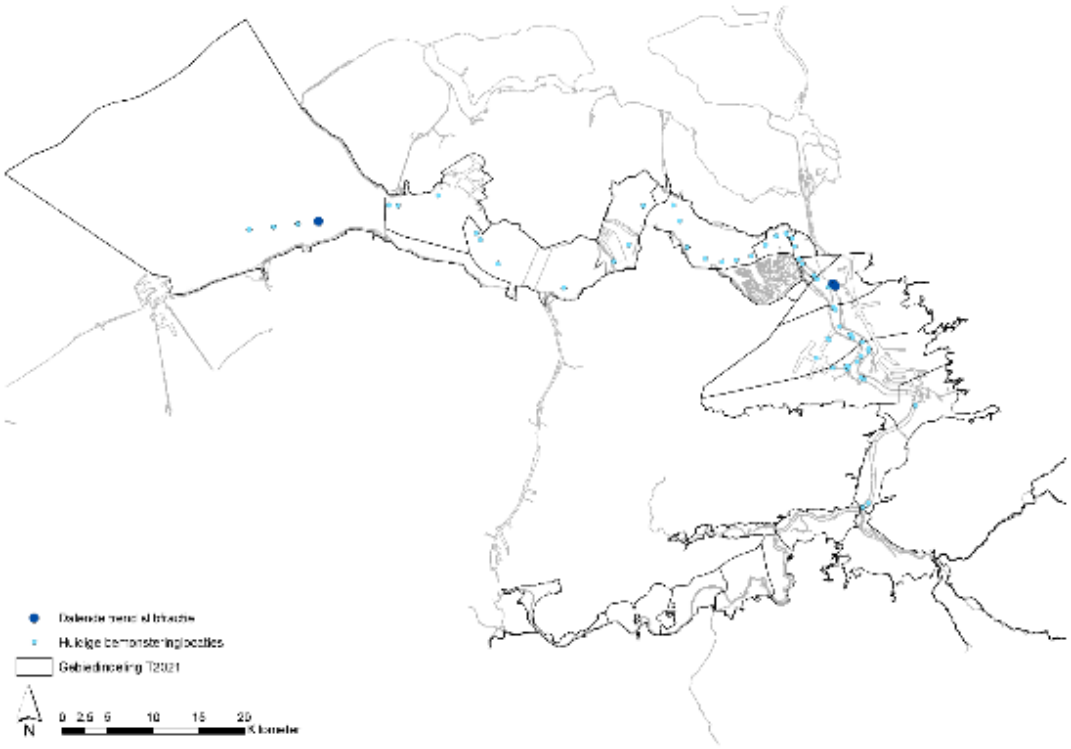
Figuur 9-395: Actuele en historische bemonsteringlocaties bij onderhoudsbaggerwerk.



Figuur 9-396: Bemonsteringlocaties waar het slibgehalte groter is dan 20%.

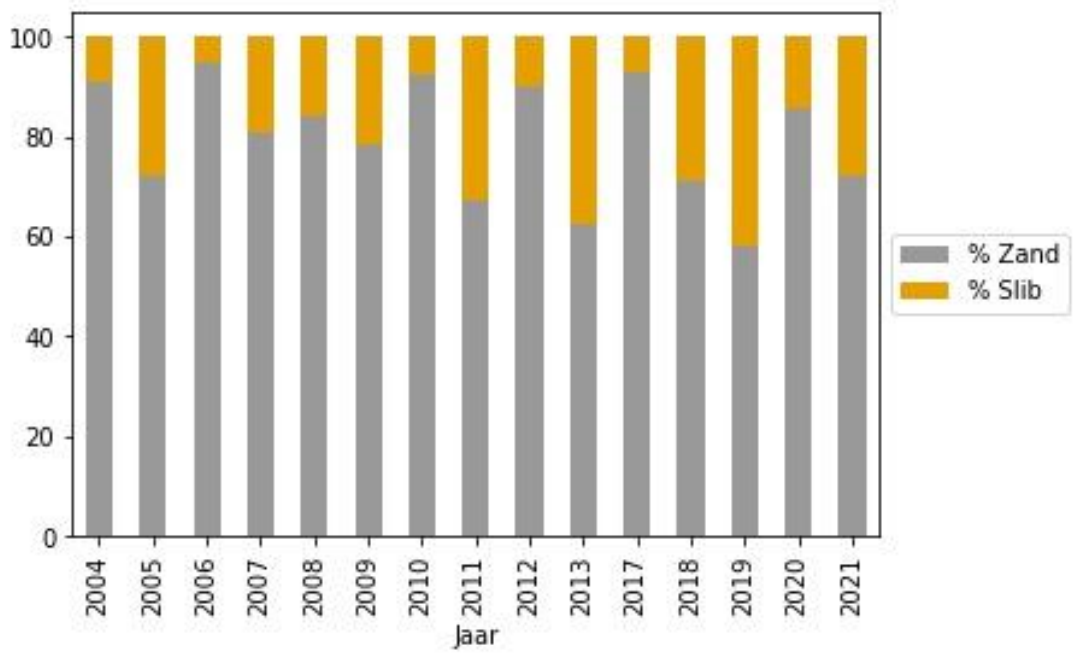


Figuur 9-397: Bemonsteringlocaties bij onderhoudsbaggerwerk waar een stijgende trend in het slibgehalte wordt waargenomen.

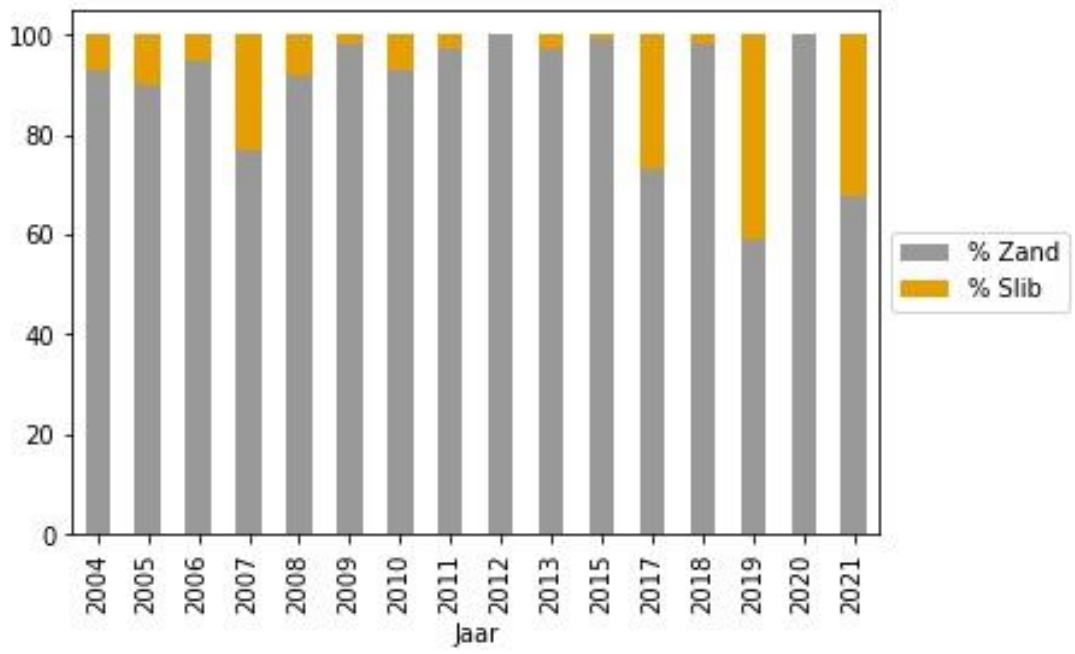


Figuur 9-398: Bemonsteringlocaties bij onderhoudsbaggerwerk waar een dalende trend in het slibgehalte wordt waargenomen.

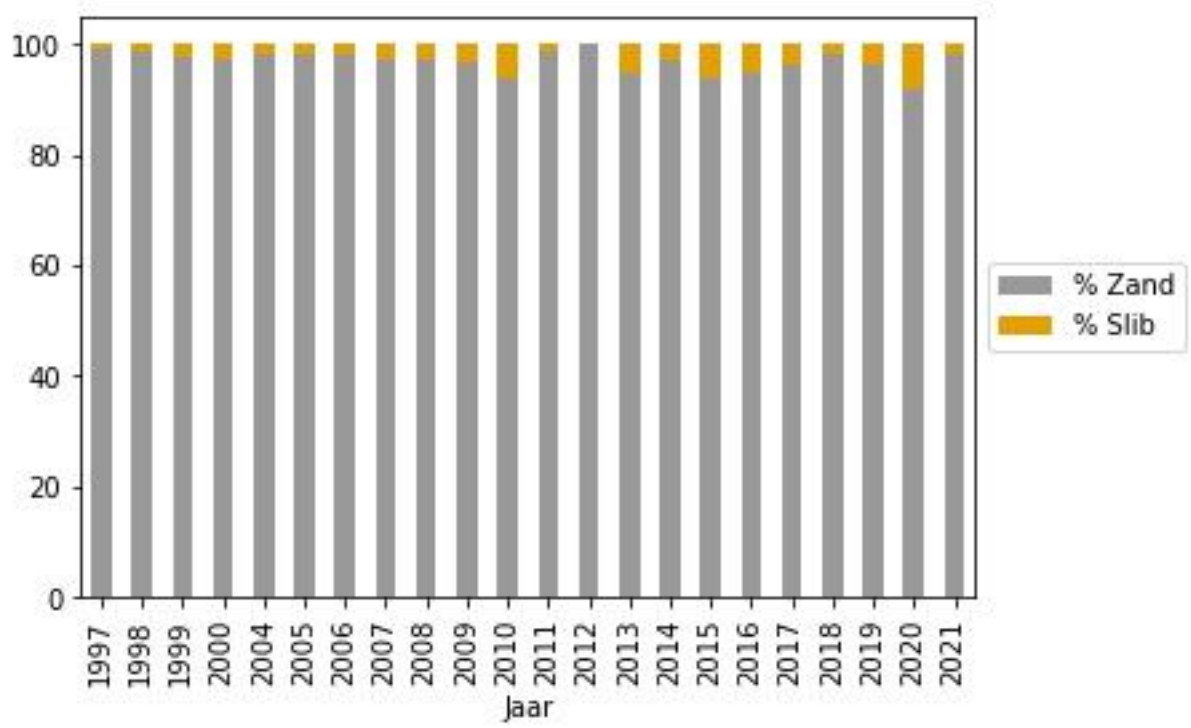
G.3.4. Bodemsamenstelling bij bemonstering t.h.v. baggerwerken: trend op individuele punten



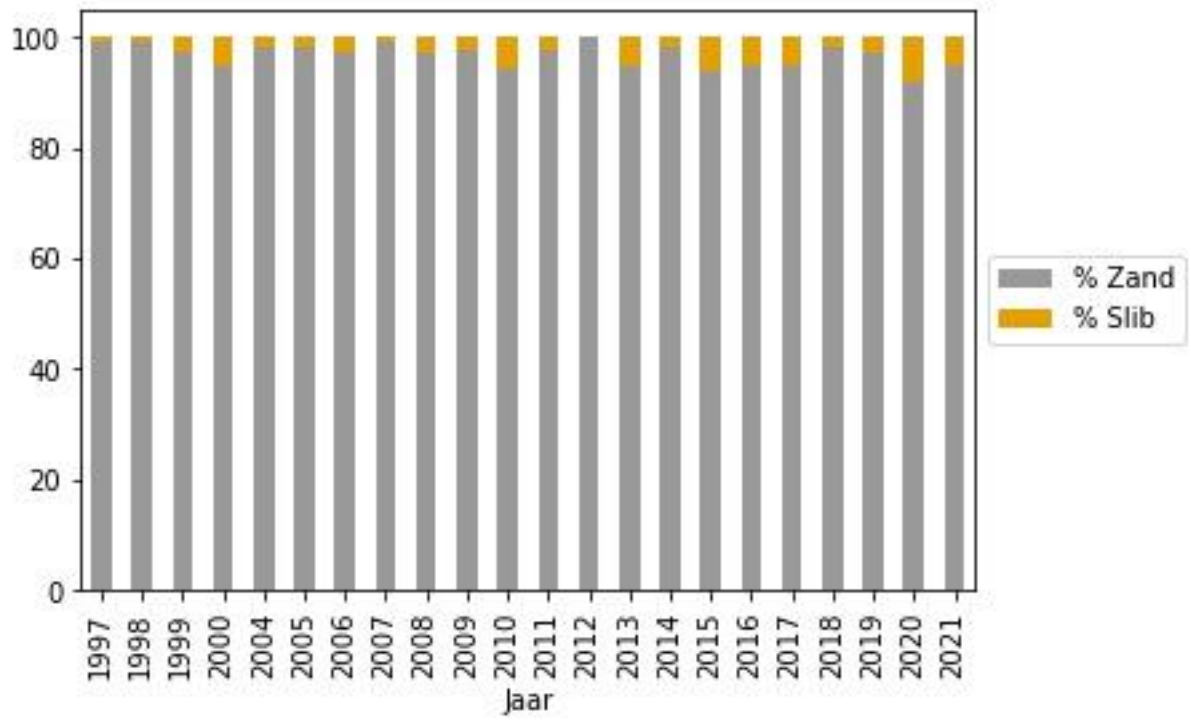
Figuur 9-399: Bodemsamenstelling bij Wielingen Cadzand Bad.



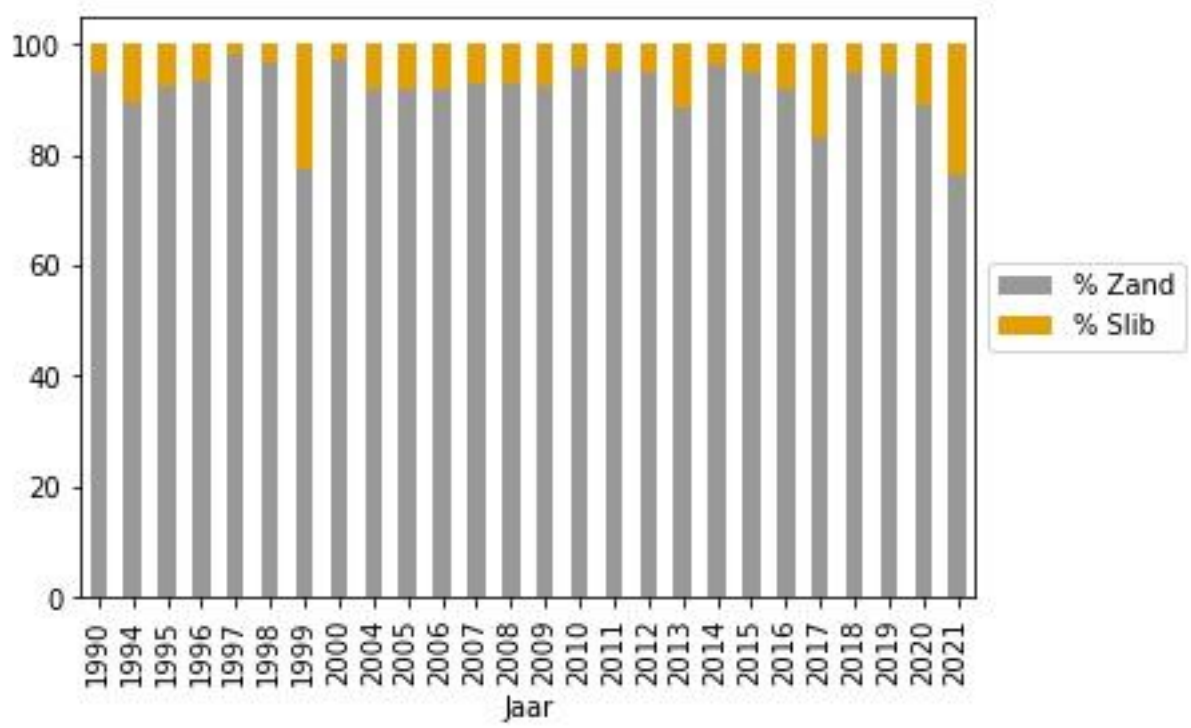
Figuur 9-400: Bodemsamenstelling bij Wielingen Zwarte Polder.



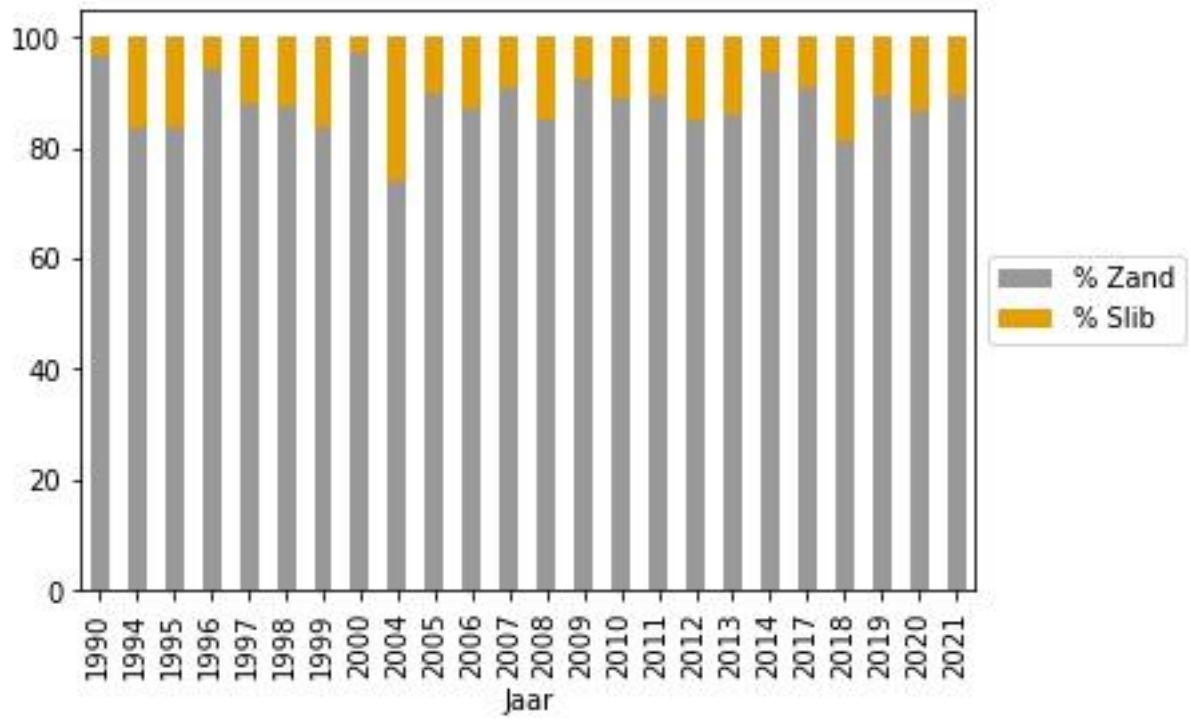
Figuur 9-401: Bodemsamenstelling bij Drempel van Vlissingen – rode kant.



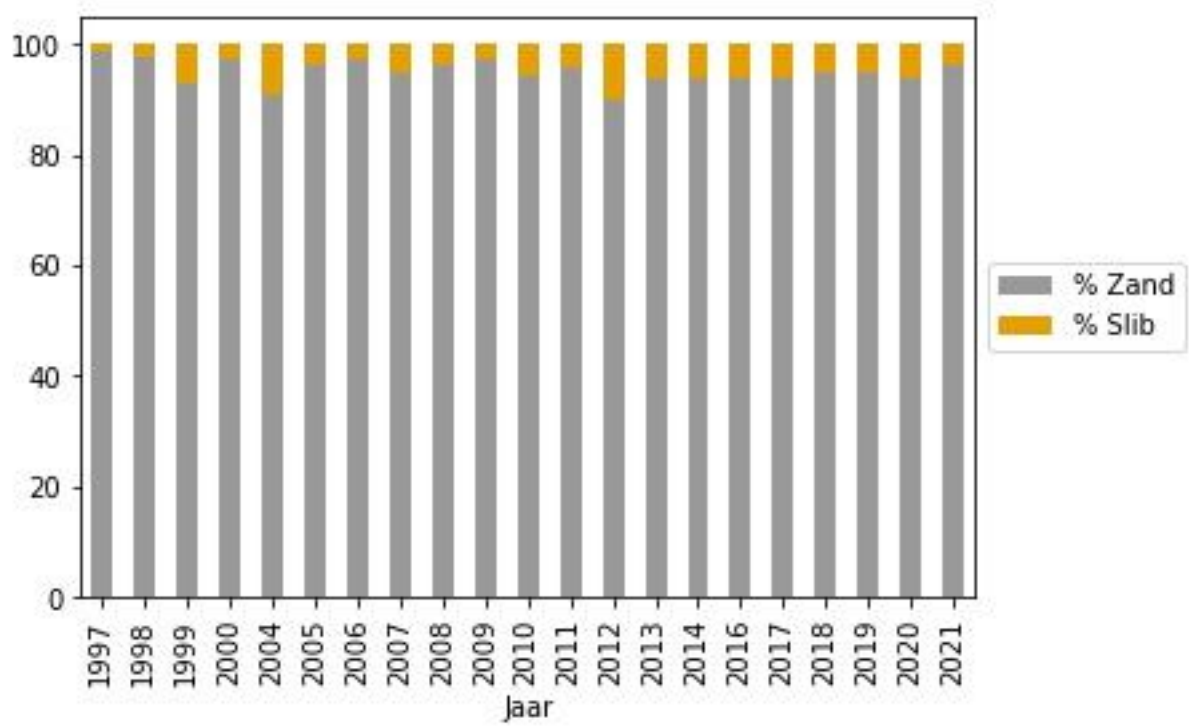
Figuur 9-402: Bodemsamenstelling bij Drempel van Vlissingen – groene kant.



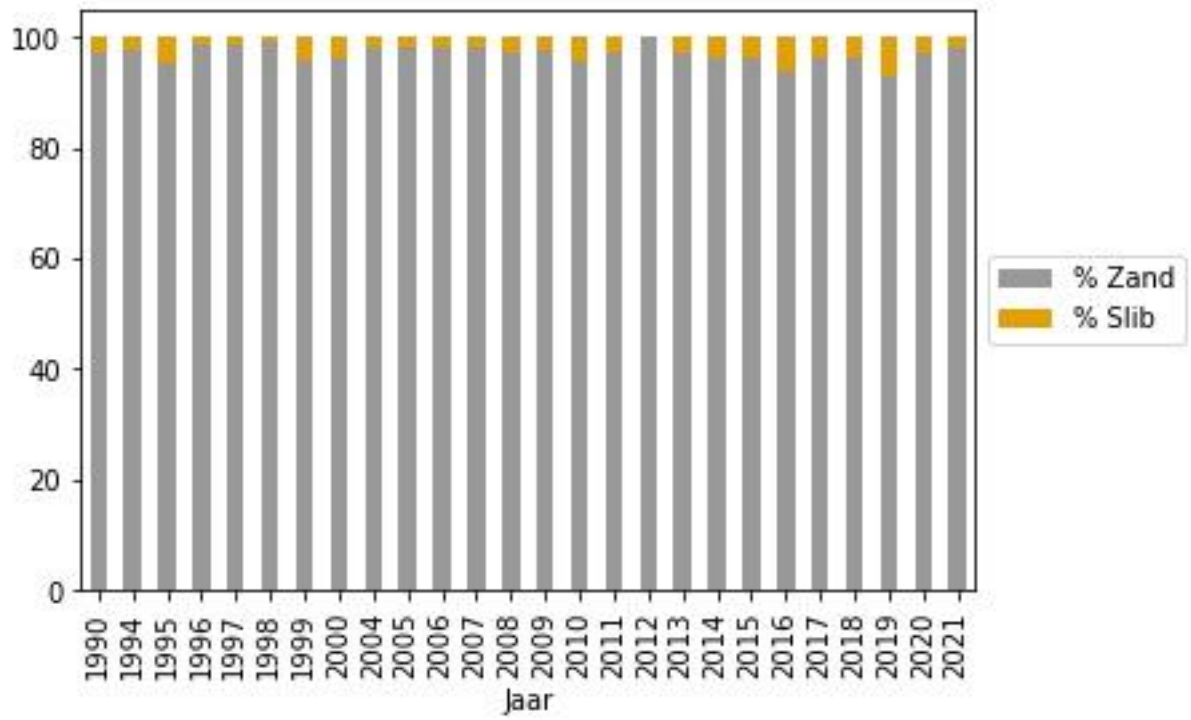
Figuur 9-403: Bodemsamenstelling bij Drempel van Borssele – groene kant.



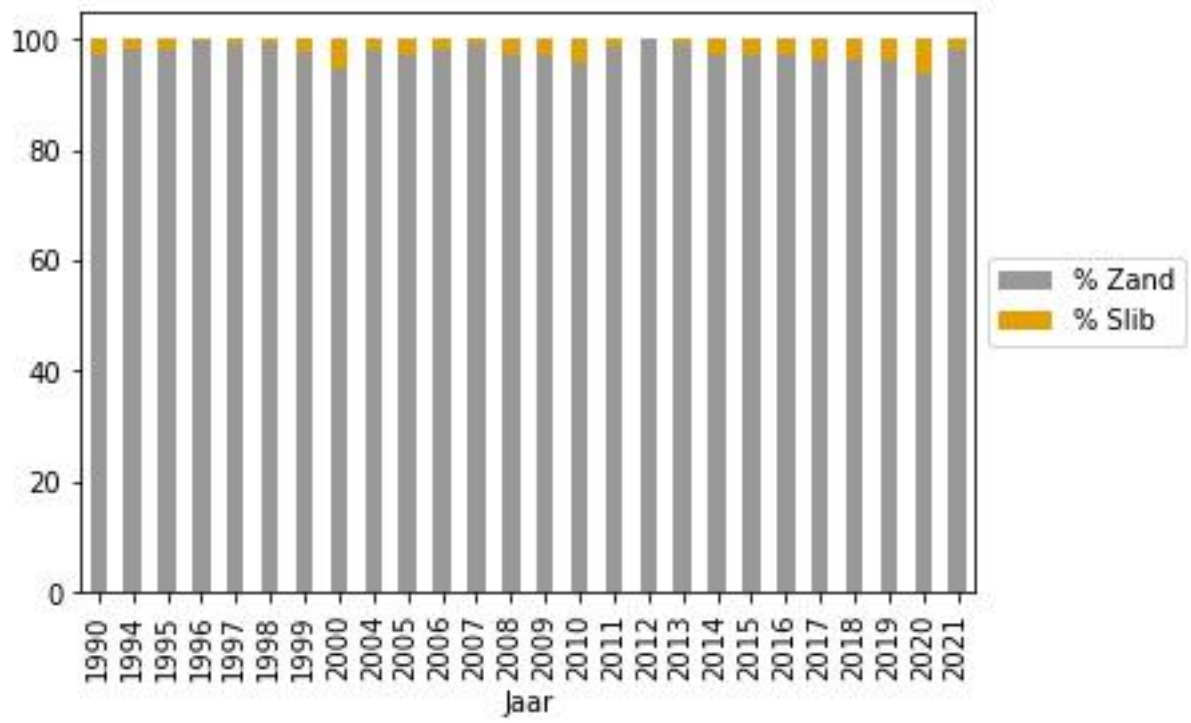
Figuur 9-404: Bodemsamenstelling bij Drempel van Borssele – rode kant.



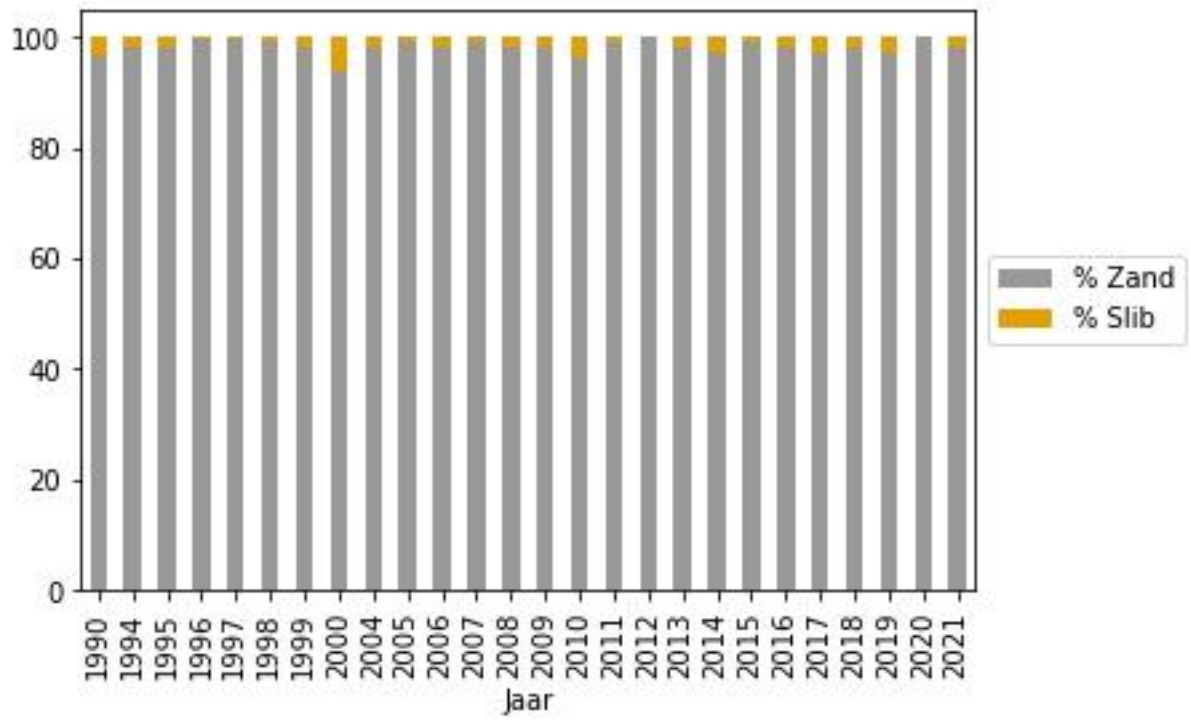
Figuur 9-405: Bodemsamenstelling bij Pas van Terneuzen.



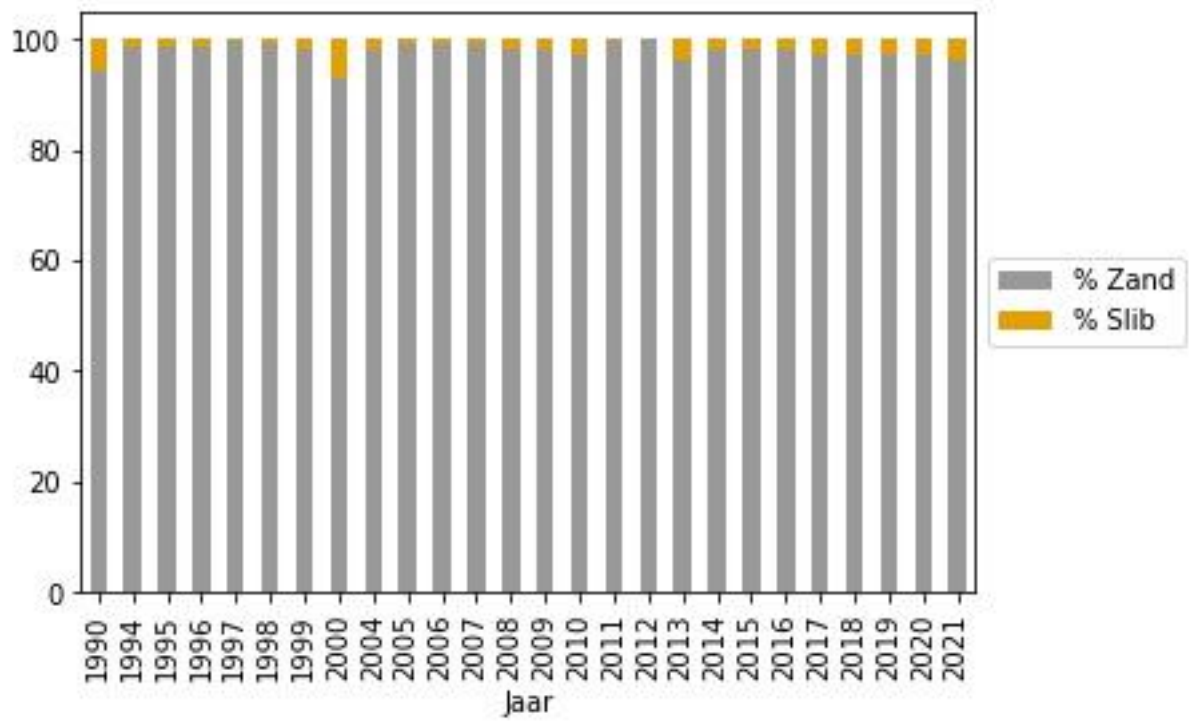
Figuur 9-406: Bodemsamenstelling bij Terneuzen.



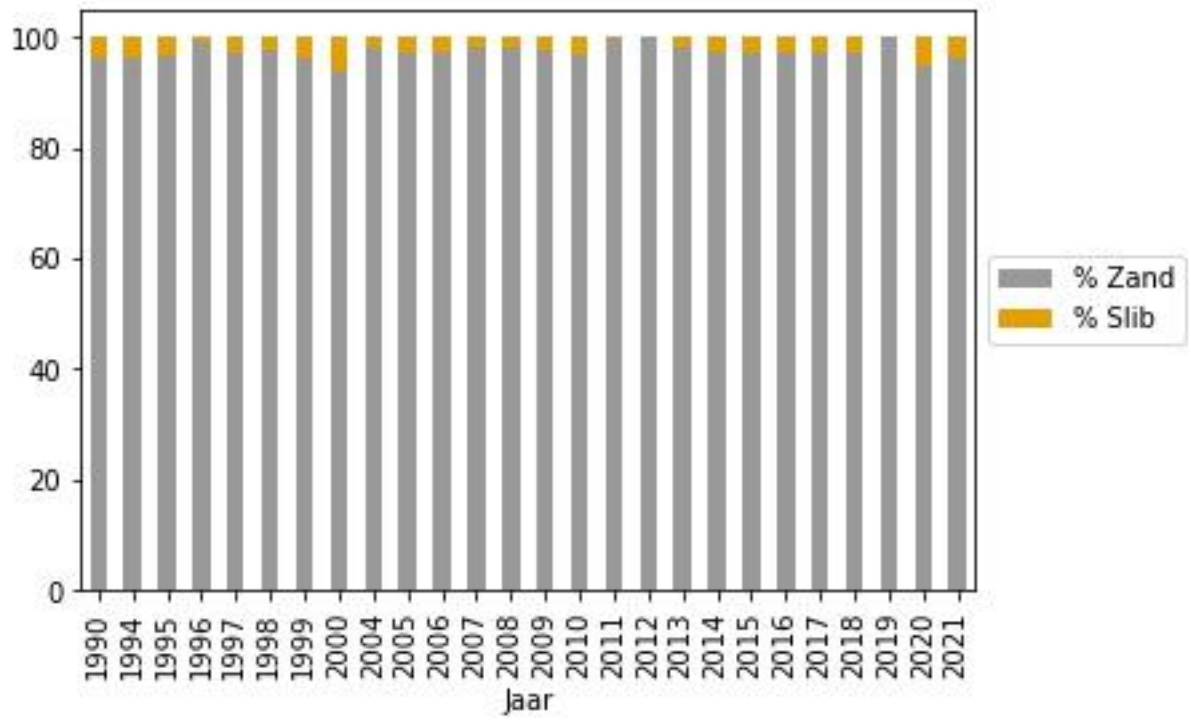
Figuur 9-407: Bodemsamenstelling bij Overloop van Hansweert - afwaarts.



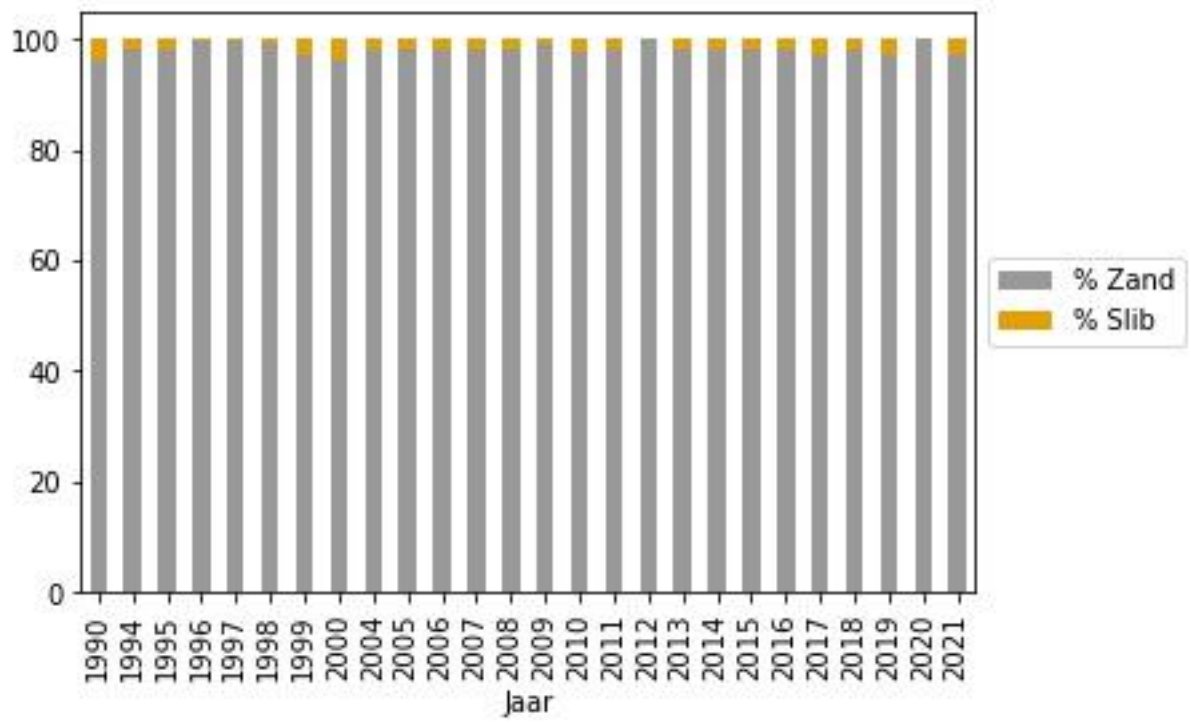
Figuur 9-408: Bodemsamenstelling bij Overloop van Hansweert - opwaarts.



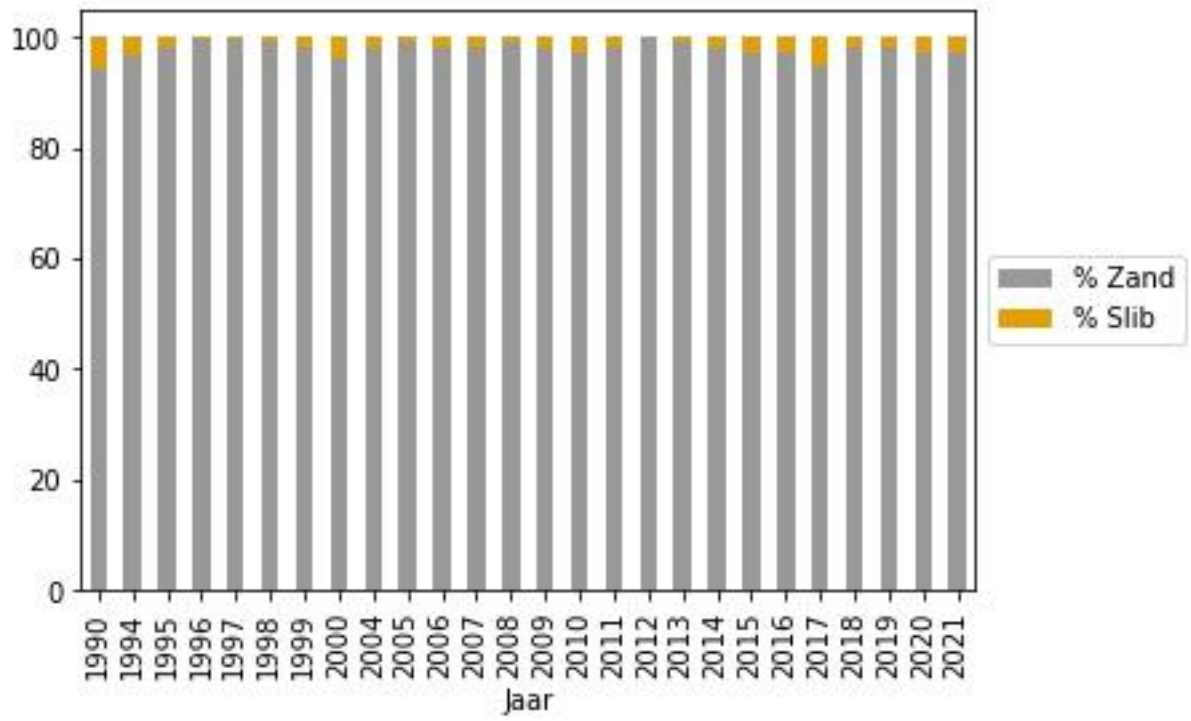
Figuur 9-409: Bodemsamenstelling bij Drempel van Hansweert – afwaarts boei 51.



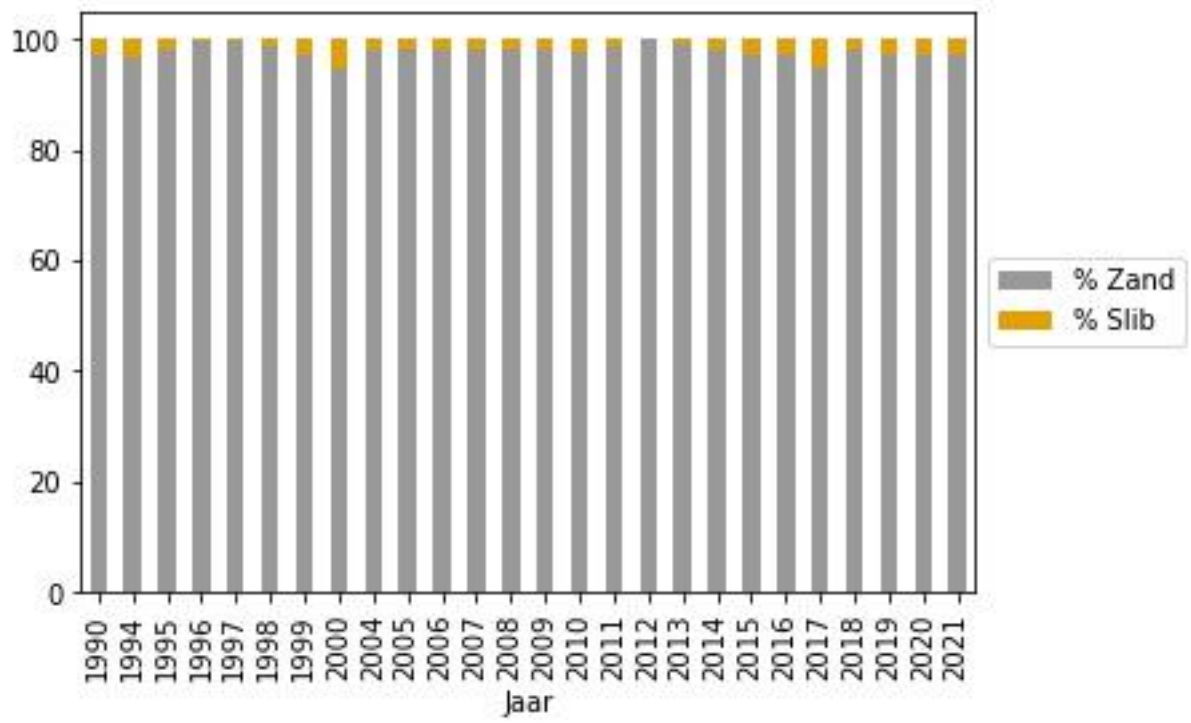
Figuur 9-410: Bodemsamenstelling bij Drempel van Hansweert – opwaarts boei 51.



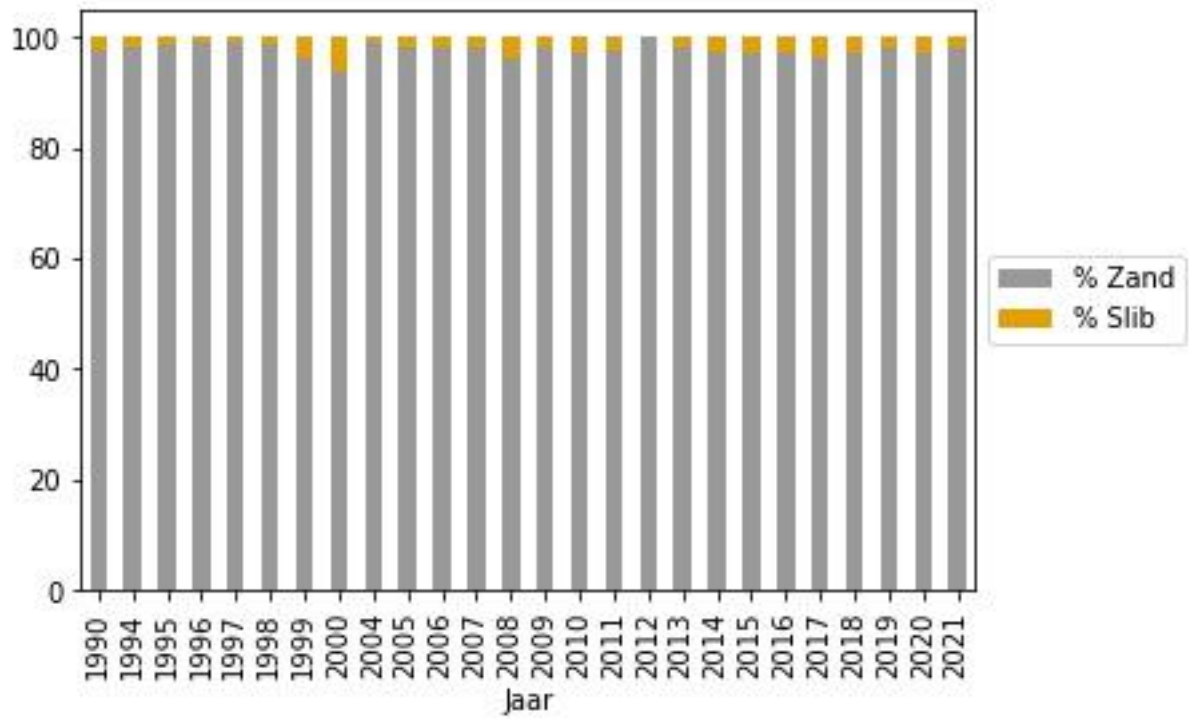
Figuur 9-411: Bodemsamenstelling bij Walsoorden.



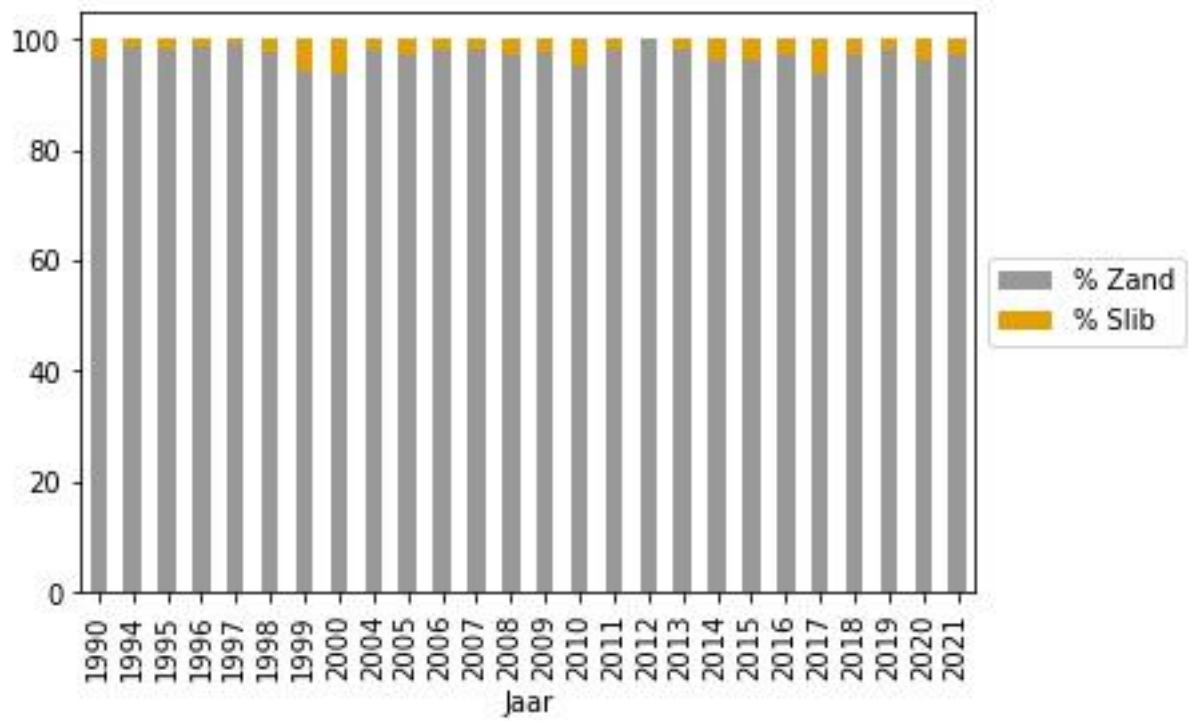
Figuur 9-412: Bodemsamenstelling bij Rand Platen Valkenisse – omgeving boei 52.



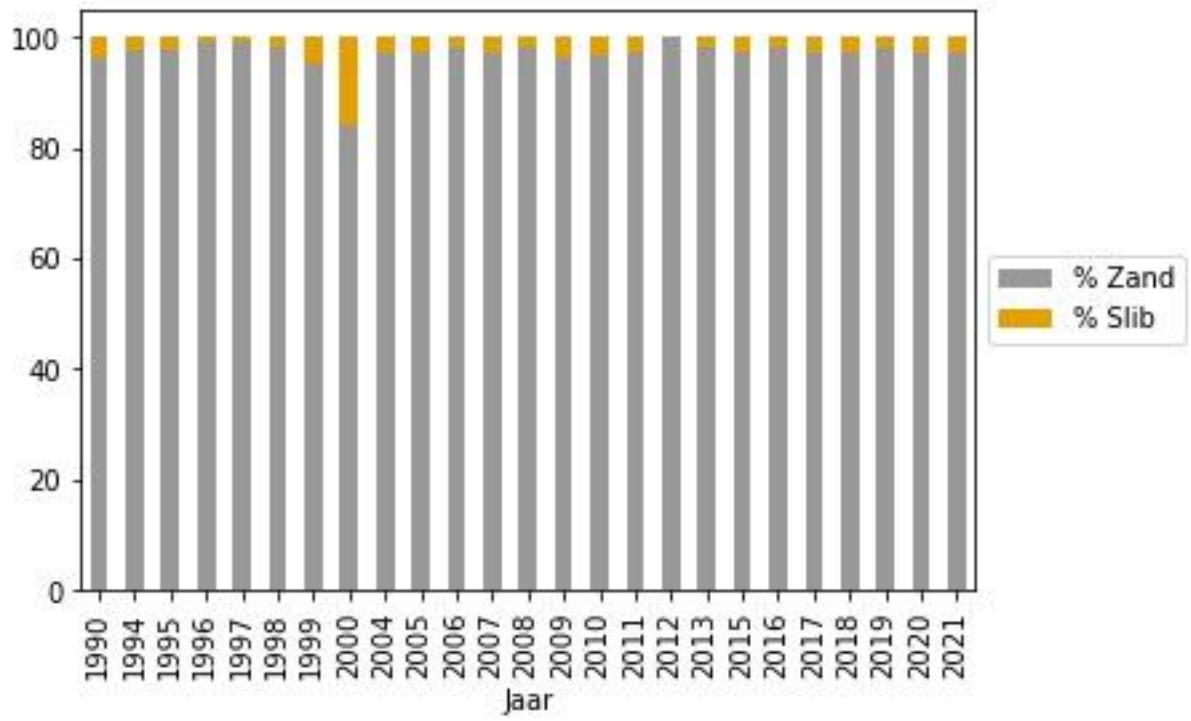
Figuur 9-413: Bodemsamenstelling bij Rand Platen Valkenisse – omgeving boei 56.



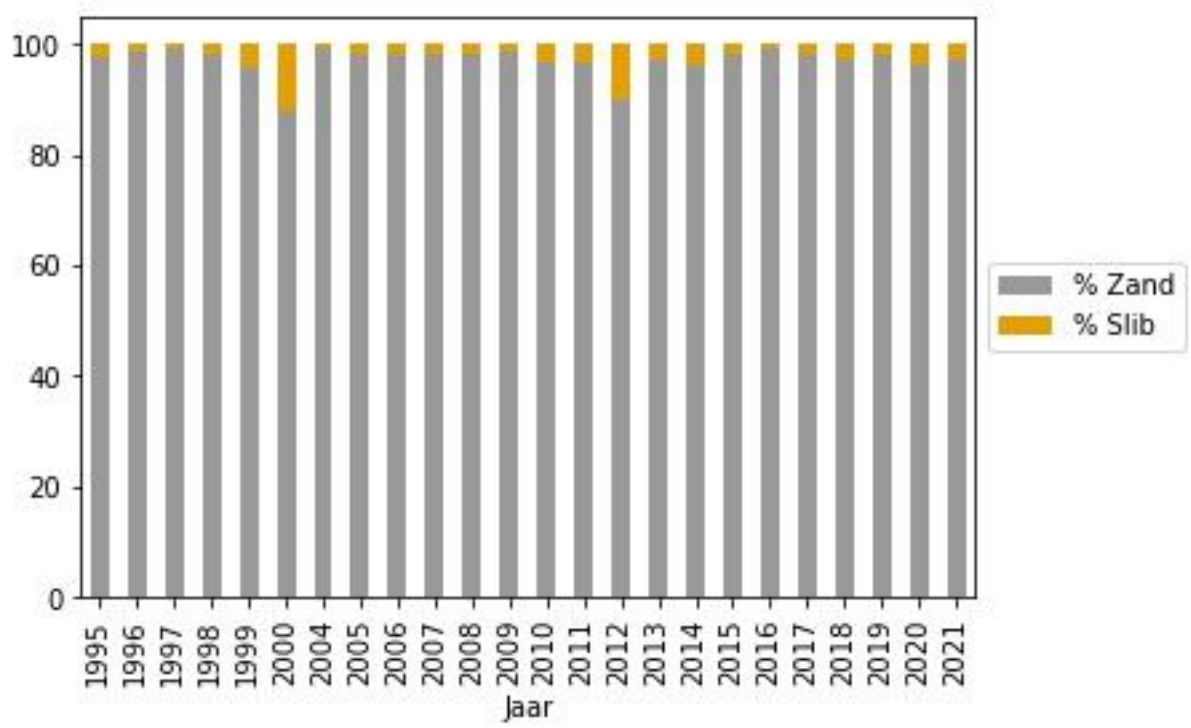
Figuur 9-414: Bodemsamenstelling bij Rand Platen Valkenisse – omgeving boei 60.



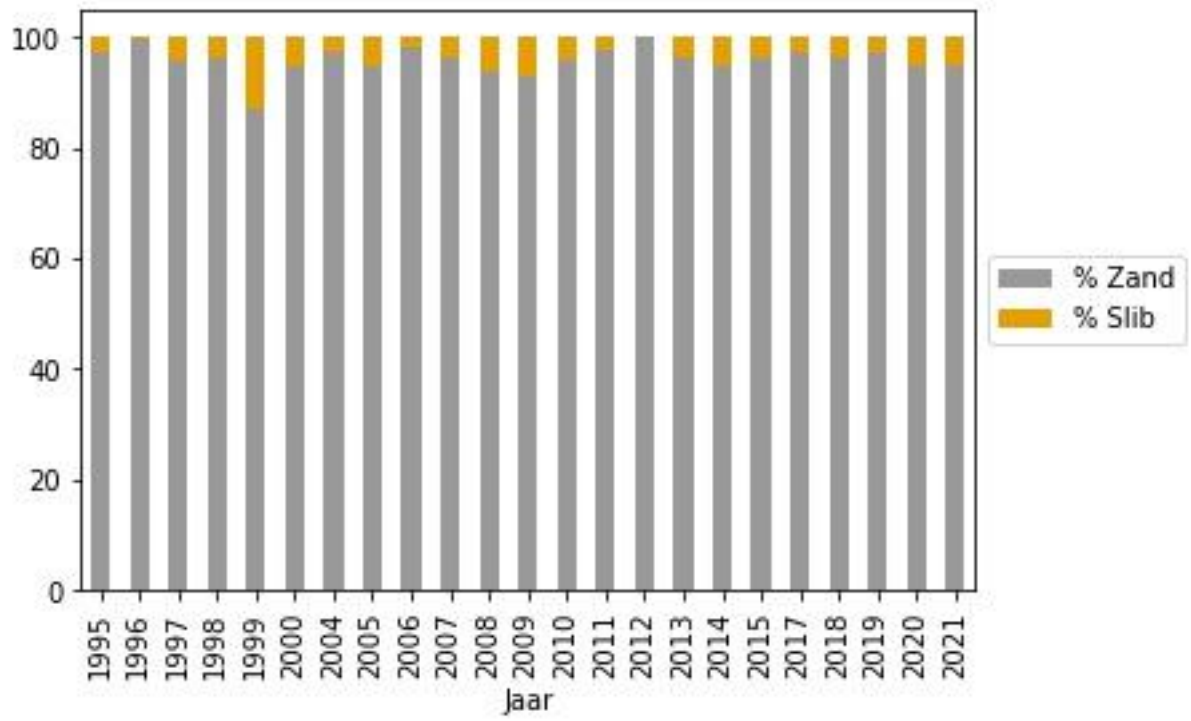
Figuur 9-415: Bodemsamenstelling bij Rand Platen Valkenisse – omgeving boei 64.



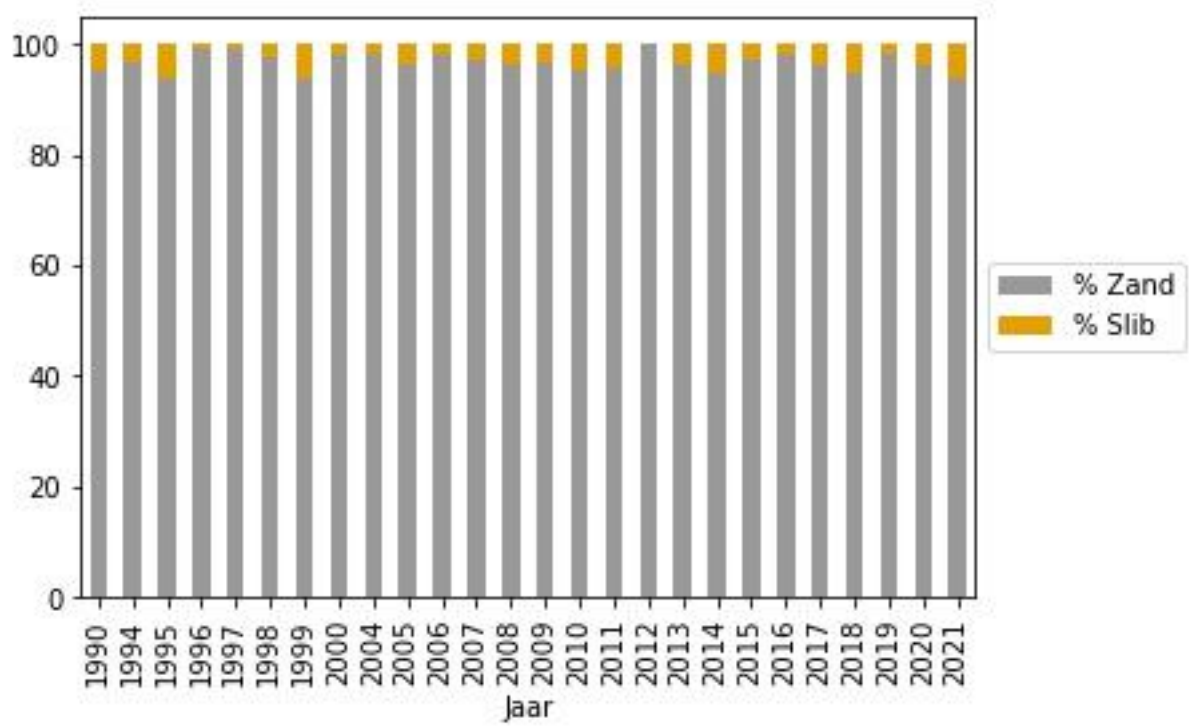
Figuur 9-416: Bodemsamenstelling bij Rand Platen Valkenisse – omgeving schaarboei.



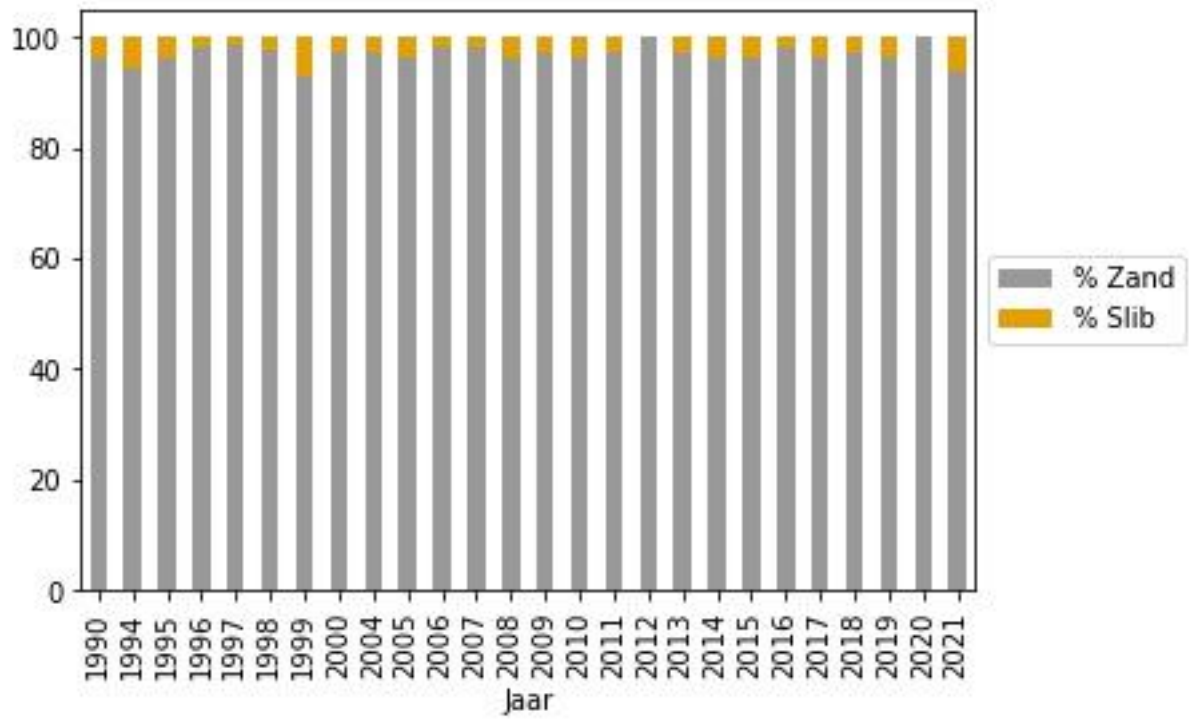
Figuur 9-417: Bodemsamenstelling bij Nauw van Bath - afwaarts.



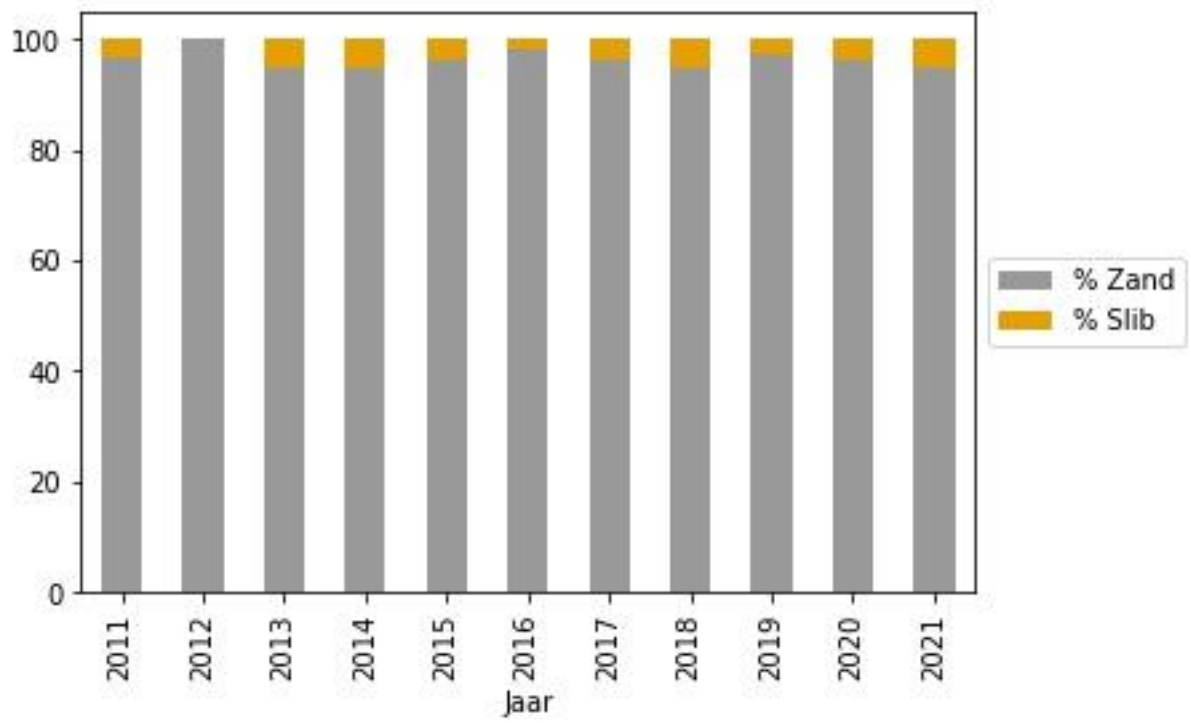
Figuur 9-418: Bodemsamenstelling bij Nauw van Bath - opwaarts.



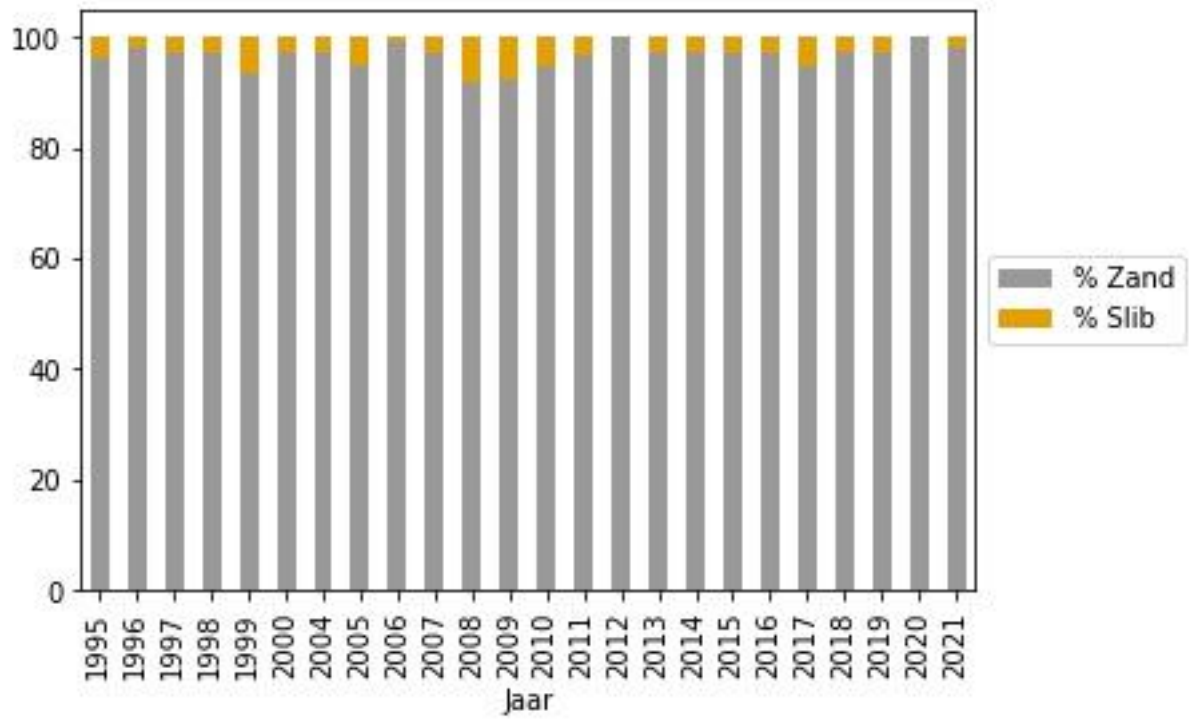
Figuur 9-419: Bodemsamenstelling bij Drempel van Bath – afwaarts boei 70.



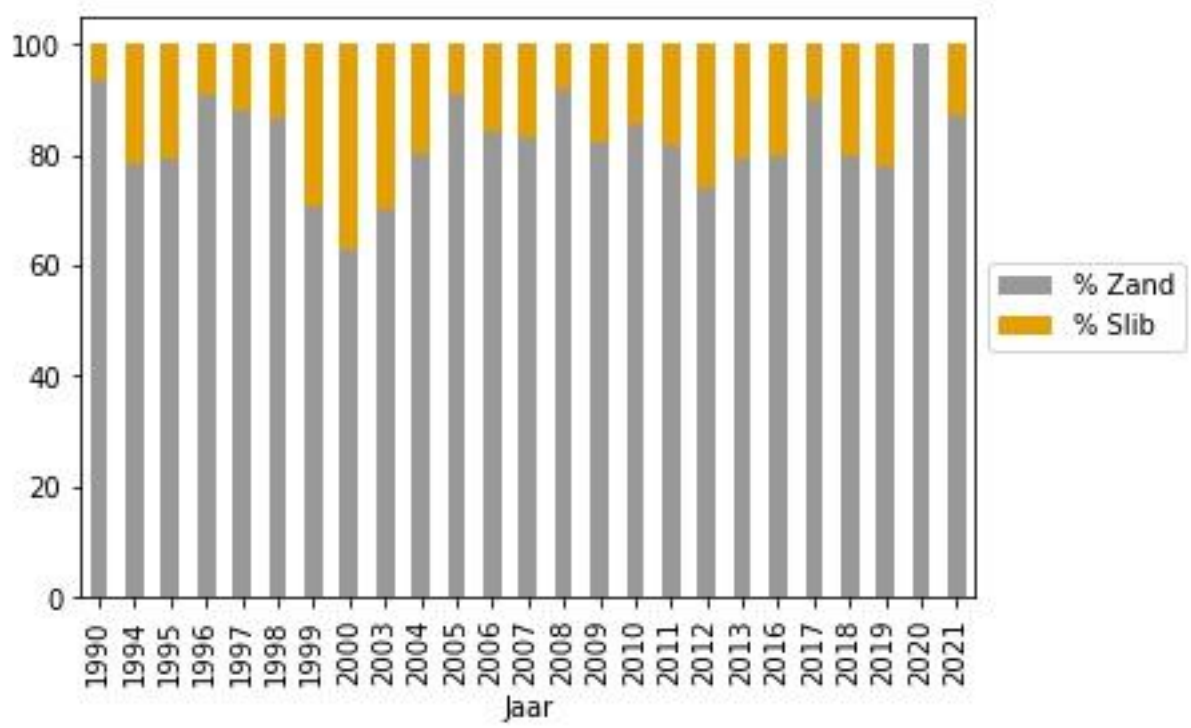
Figuur 9-420: Bodemsamenstelling bij Drempel van Bath – opwaarts boei 70.



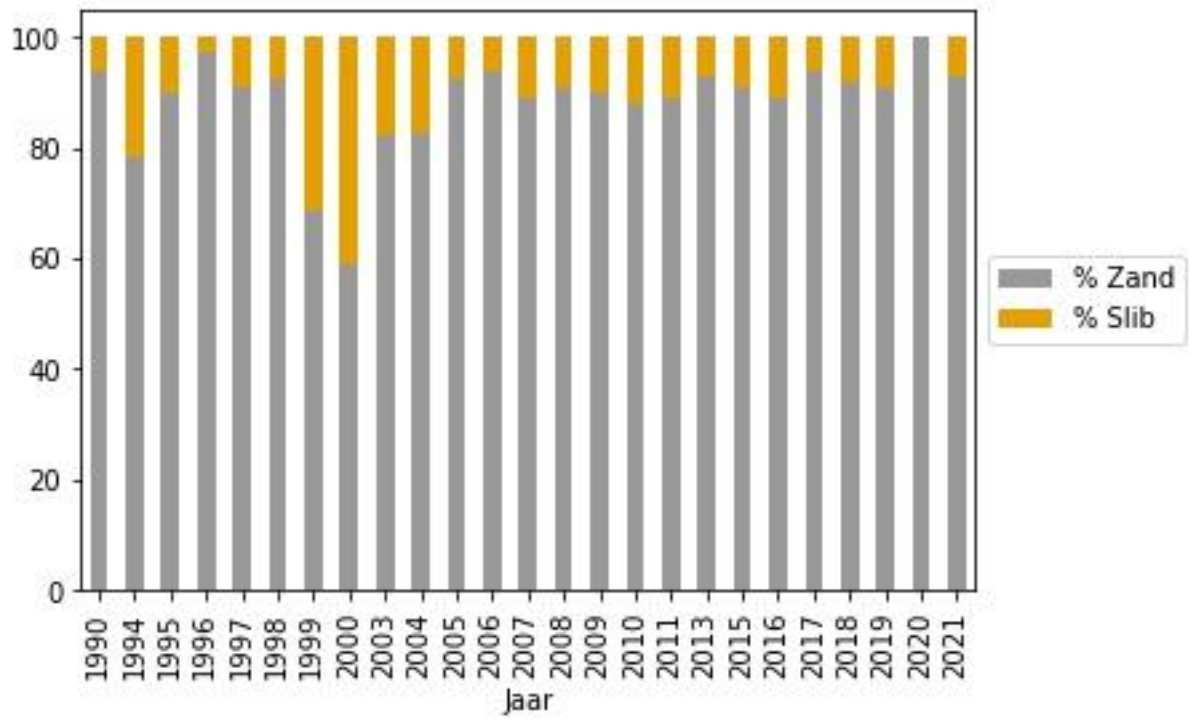
Figuur 9-421: Bodemsamenstelling bij Vaarwater boven Bath.



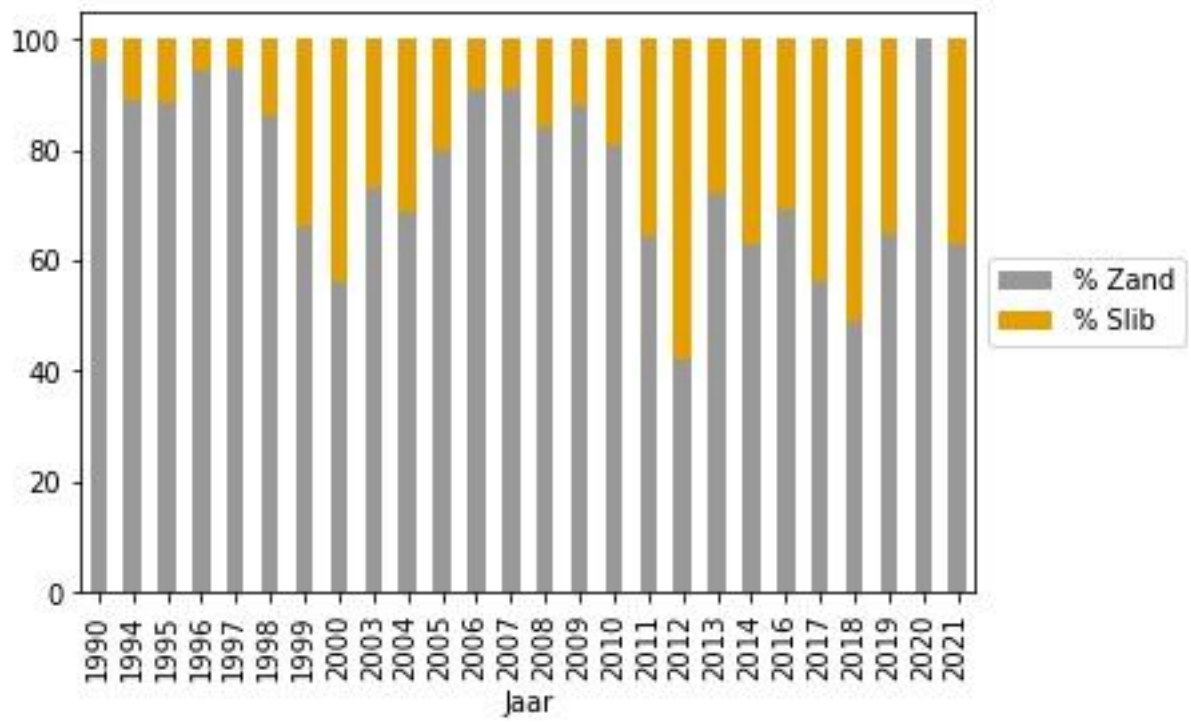
Figuur 9-422: Bodemsamenstelling bij Afwaarts Zandvliet.



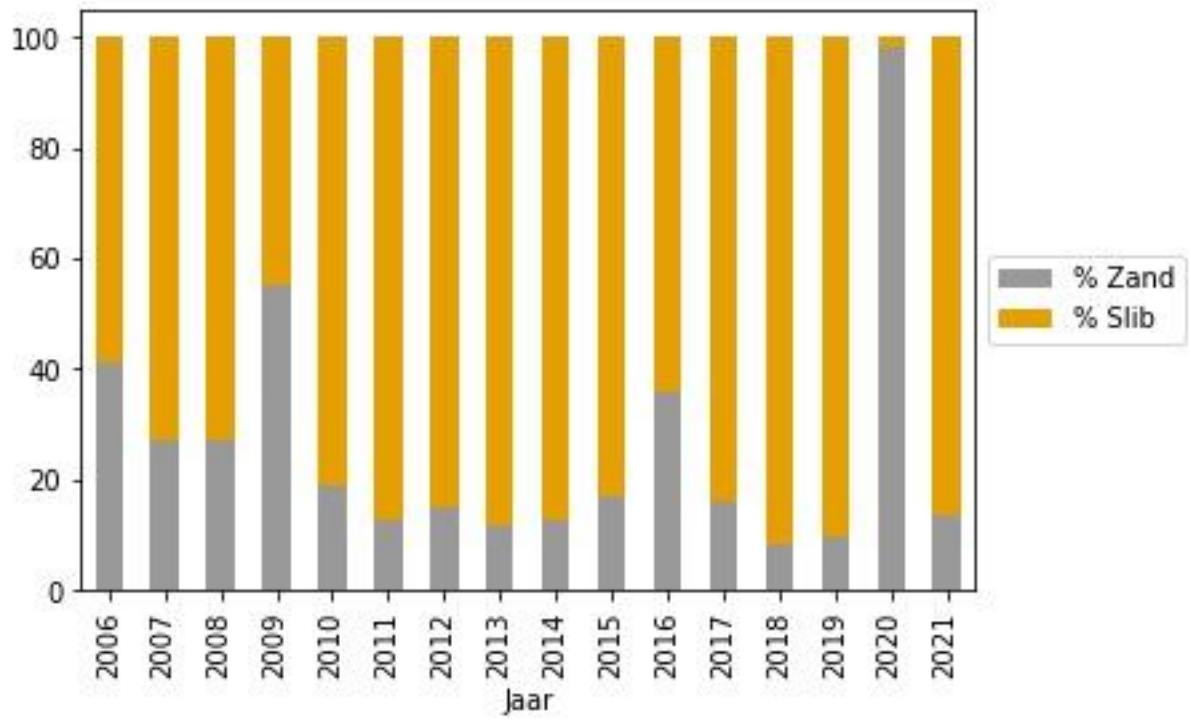
Figuur 9-423: Bodemsamenstelling bij Drempel van Zandvliet – rode kant.



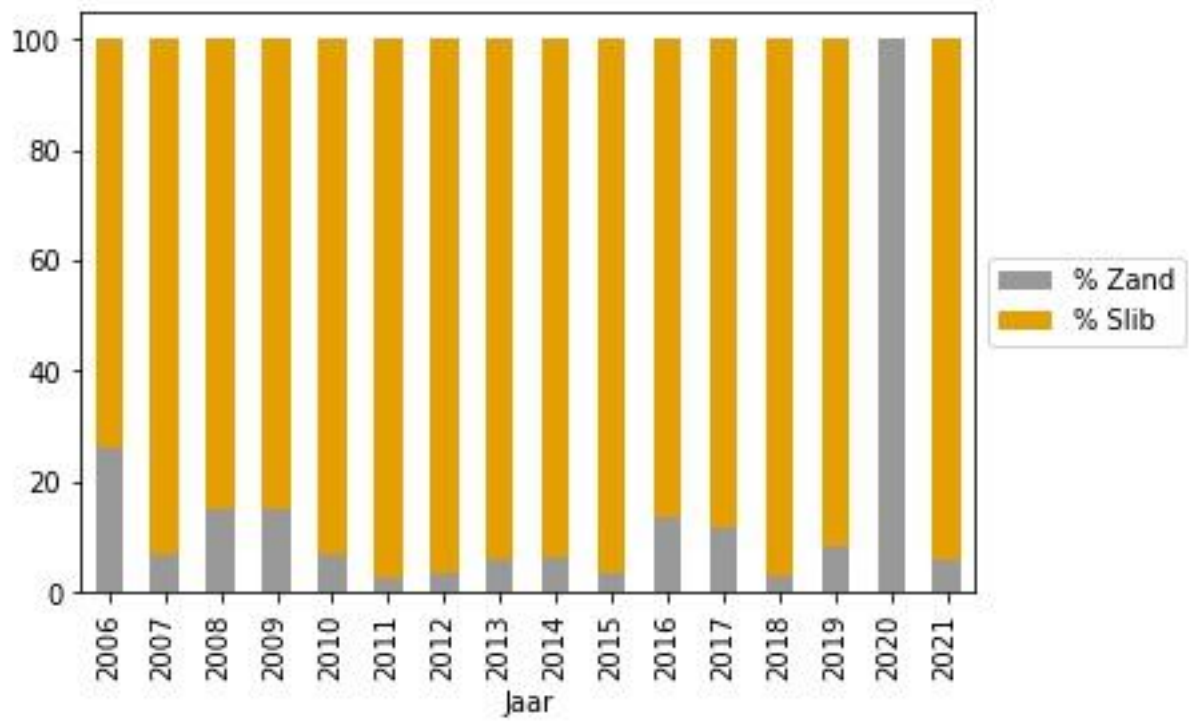
Figuur 9-424: Bodemsamenstelling bij Drempel van Zandvliet –groene kant.



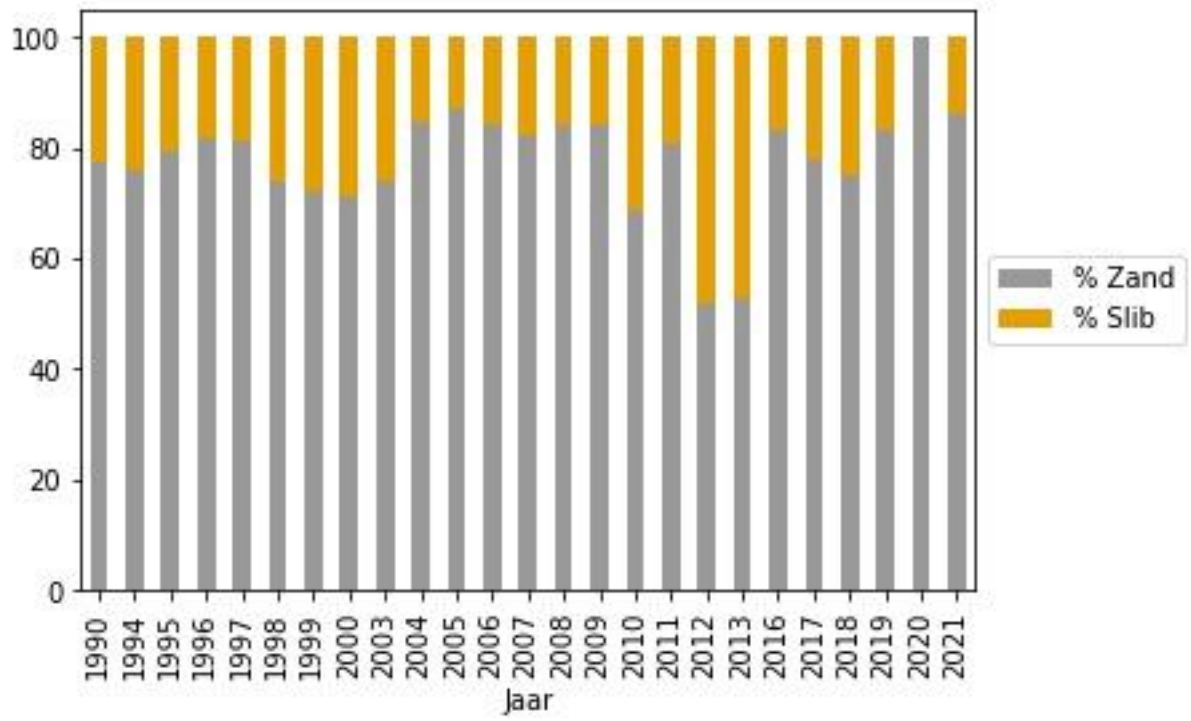
Figuur 9-425: Bodemsamenstelling bij Drempel van Frederik –rode kant.



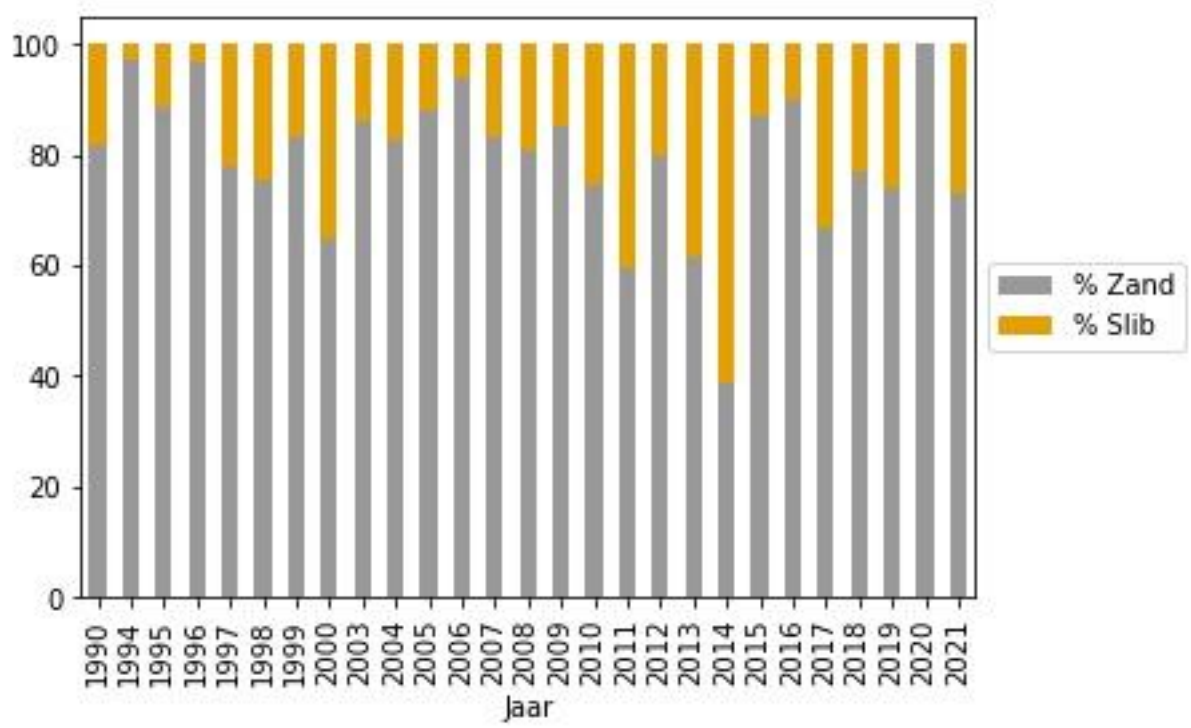
Figuur 9-426: Bodemsamenstelling bij Deurganckdok - ingang.



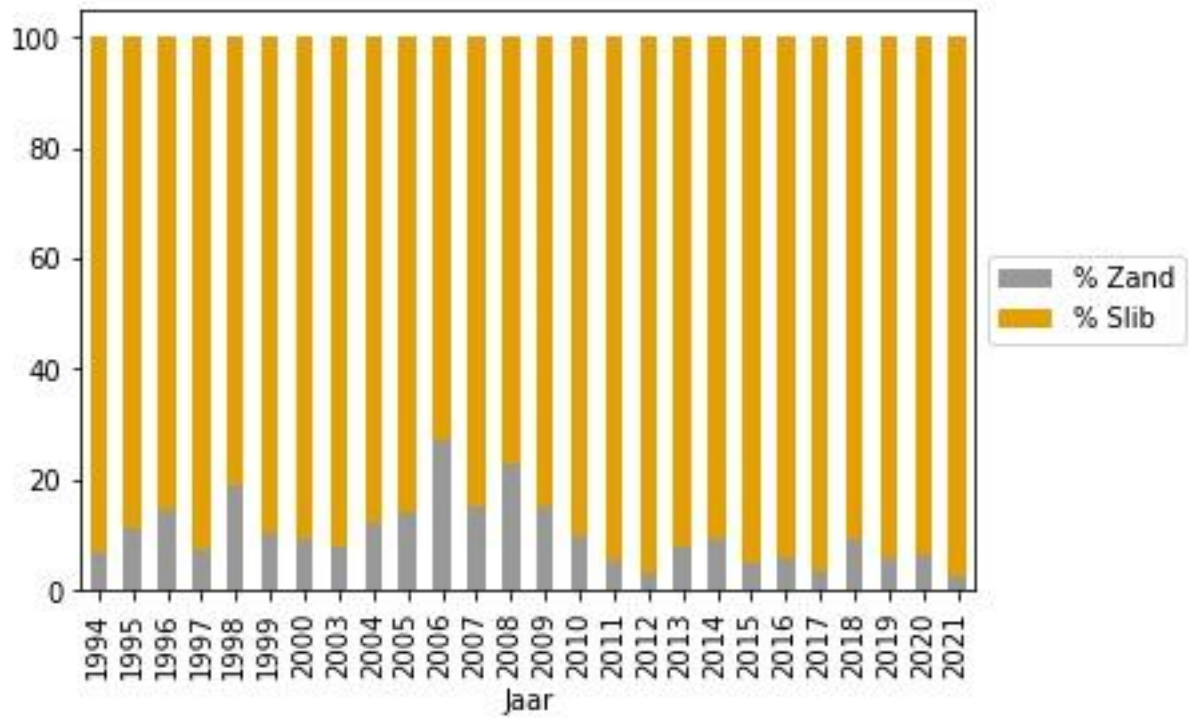
Figuur 9-427: Bodemsamenstelling bij Deurganckdok - midden.



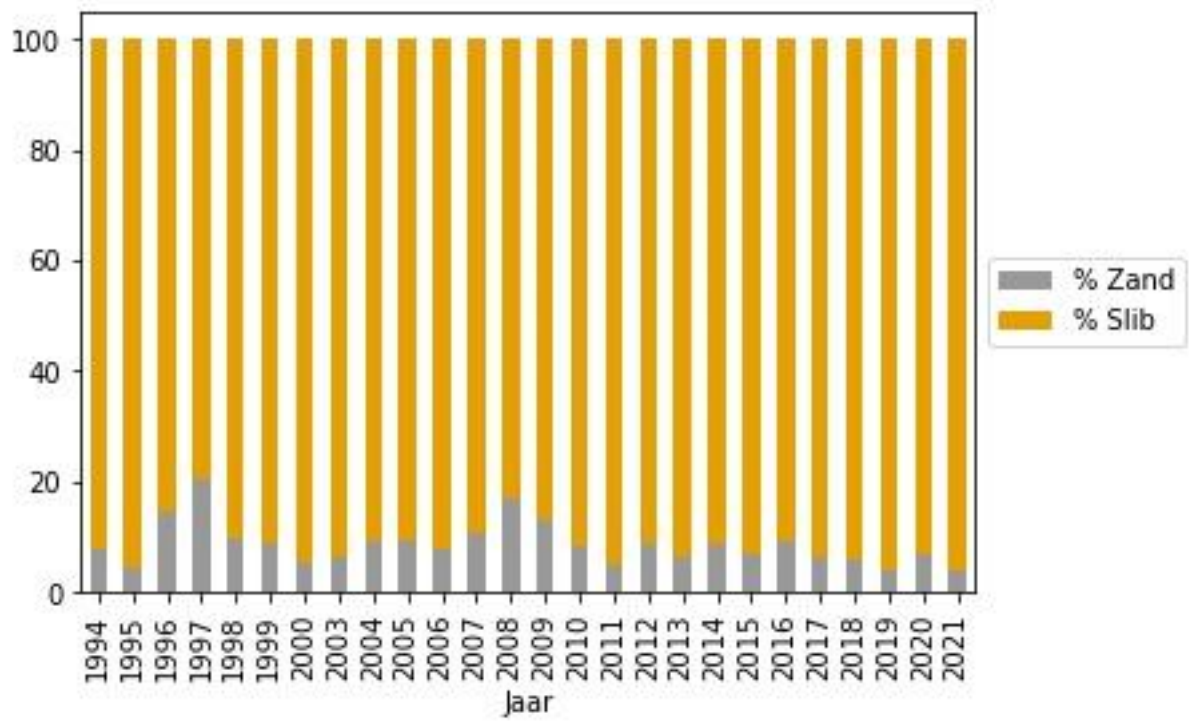
Figuur 9-428: Bodemsamenstelling bij Drempel van Lillo – groene kant.



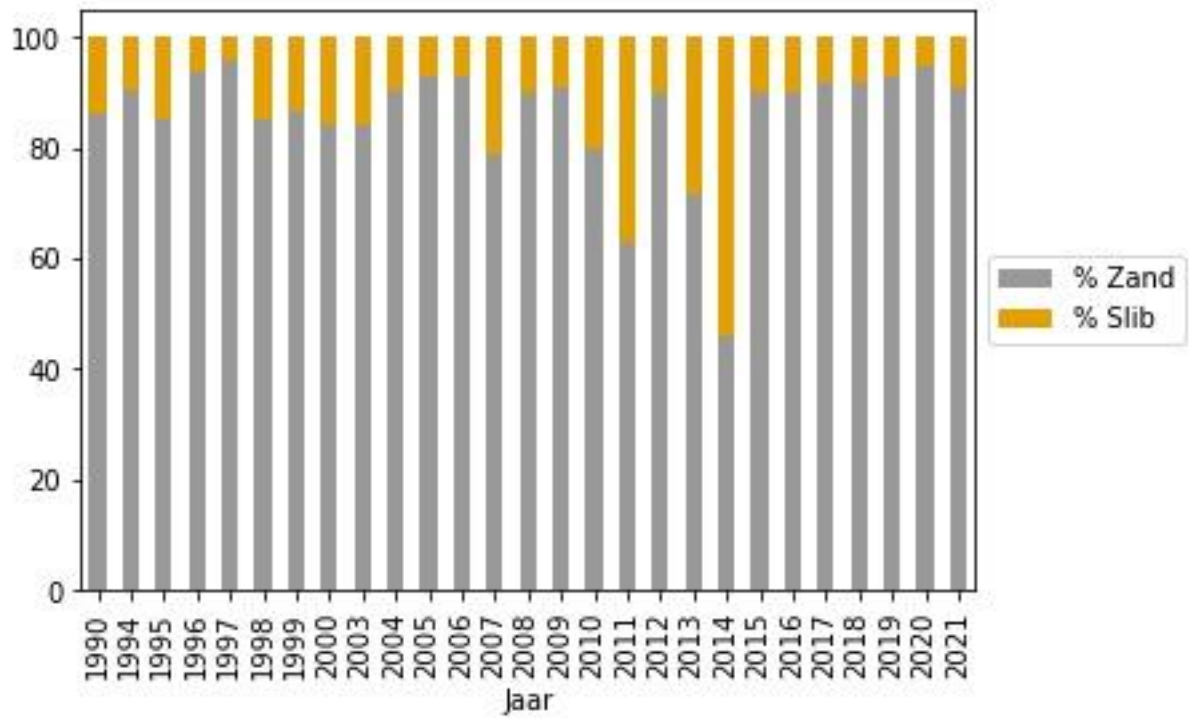
Figuur 9-429: Bodemsamenstelling bij Drempel van Lillo – rode kant.



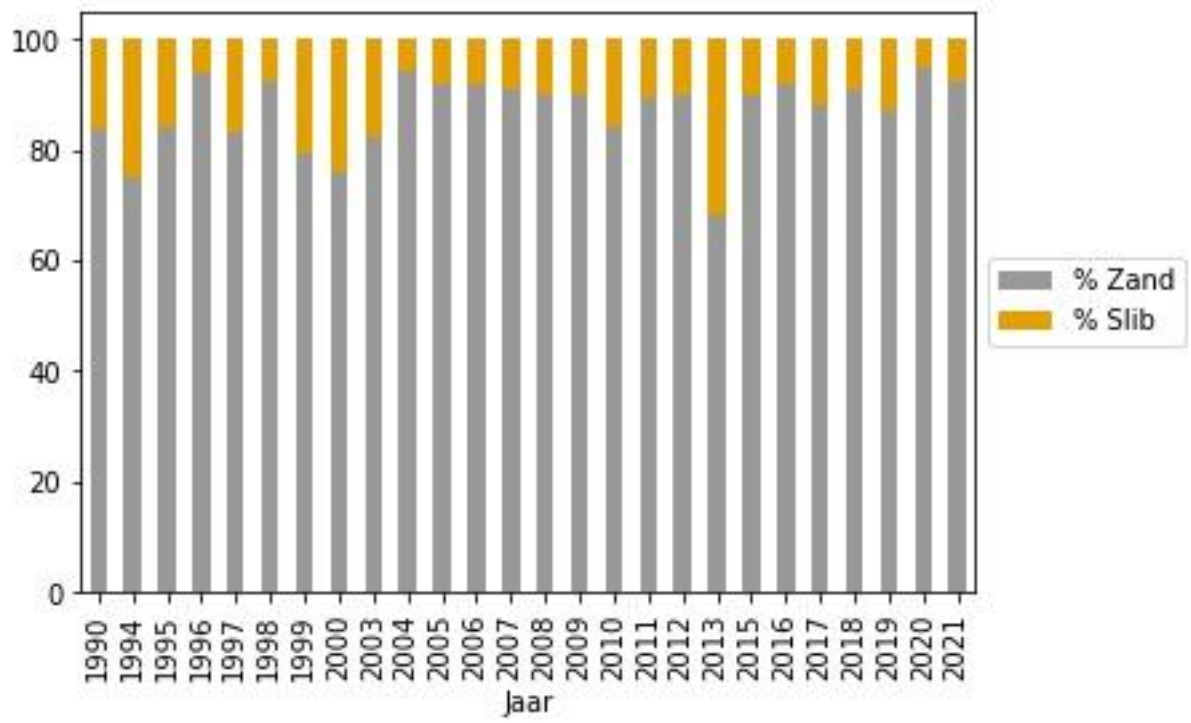
Figuur 9-430: Bodemsamenstelling bij Geul Kallosluis - opwaarts.



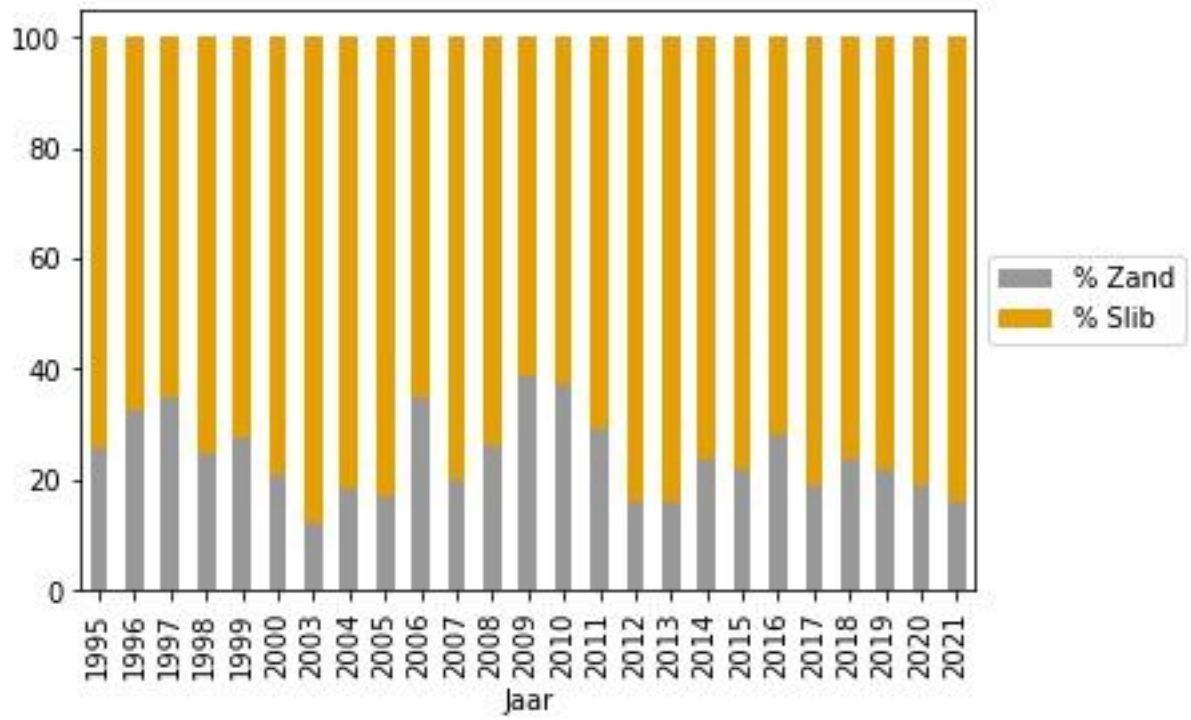
Figuur 9-431: Bodemsamenstelling bij Geul Kallosluis - afwaarts.



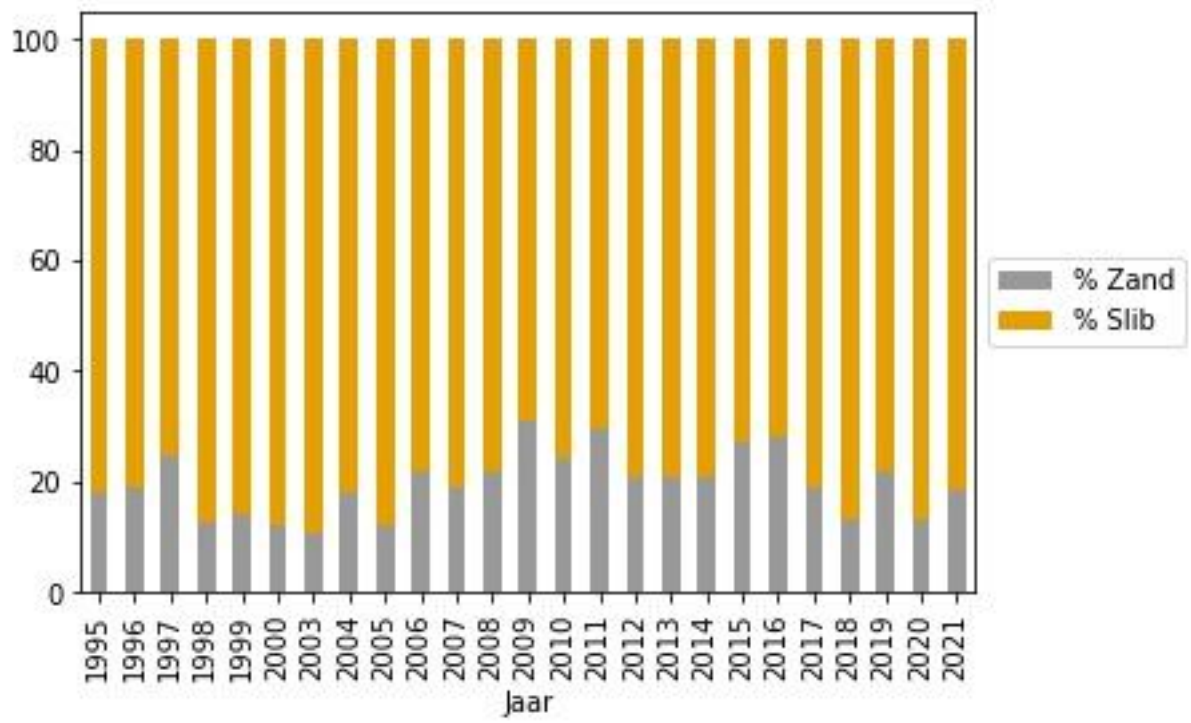
Figuur 9-432: Bodemsamenstelling bij Plaat en drempel van de Parel – rode kant.



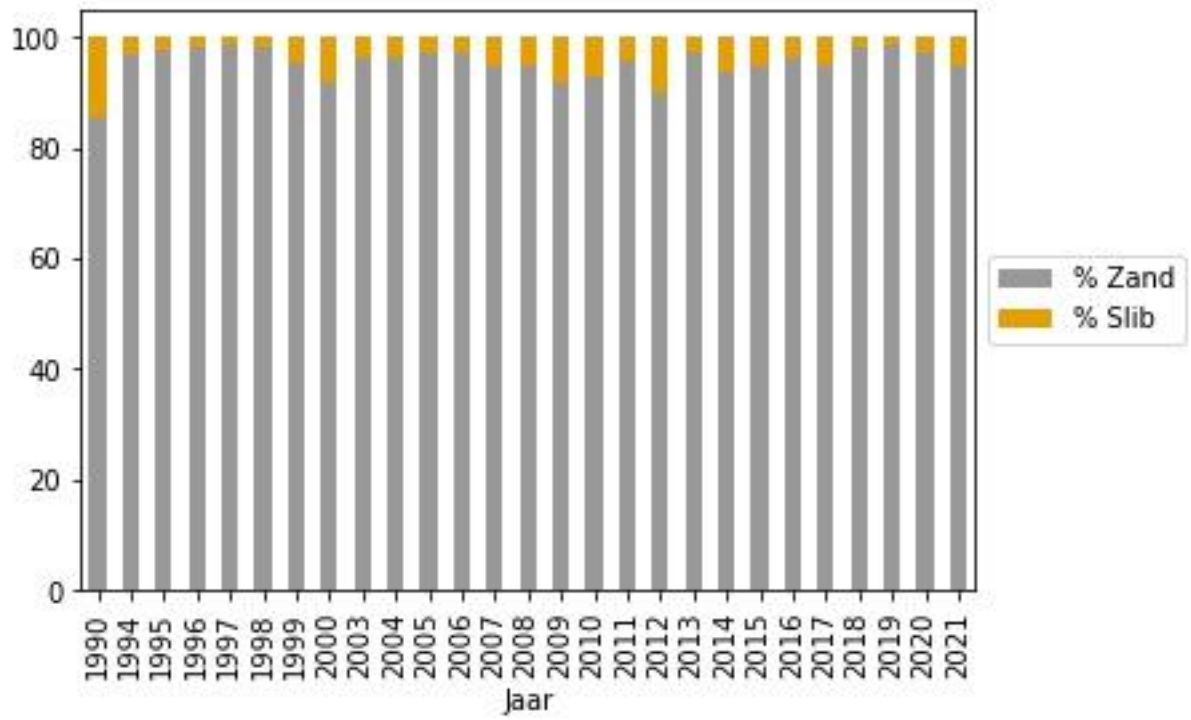
Figuur 9-433: Bodemsamenstelling bij Plaat en drempel van de Parel – groene kant.



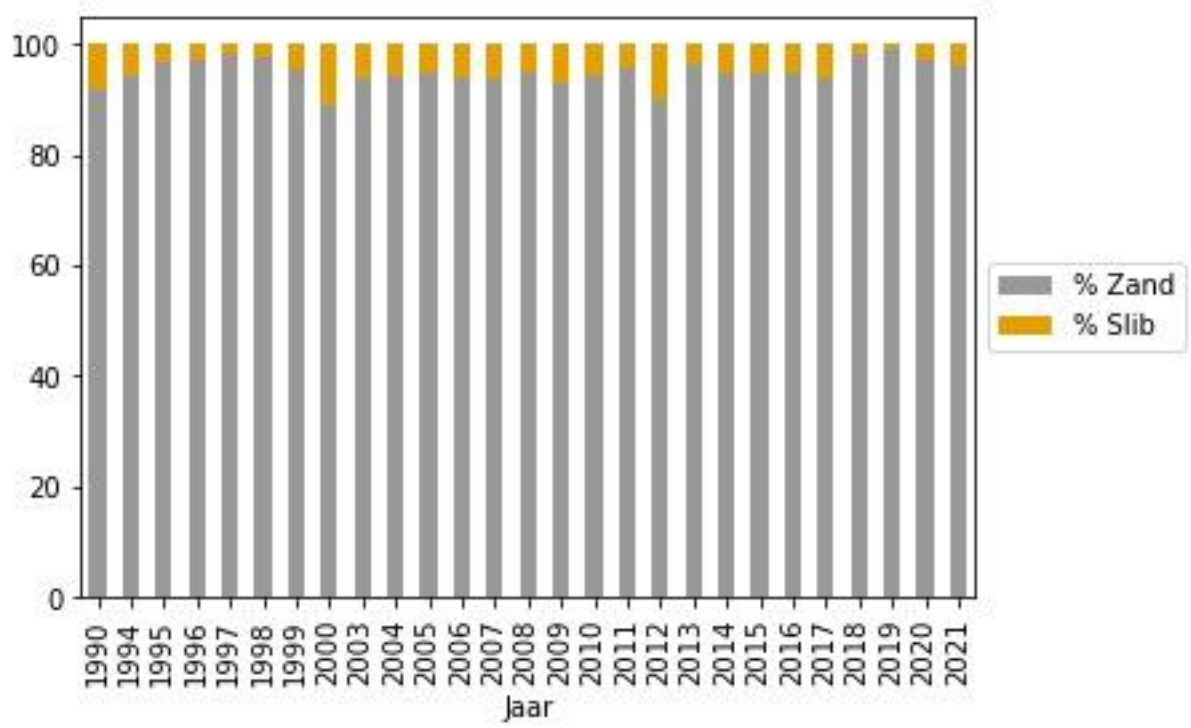
Figuur 9-434: Bodemsamenstelling bij Geul Van Cauwelaertsluis.



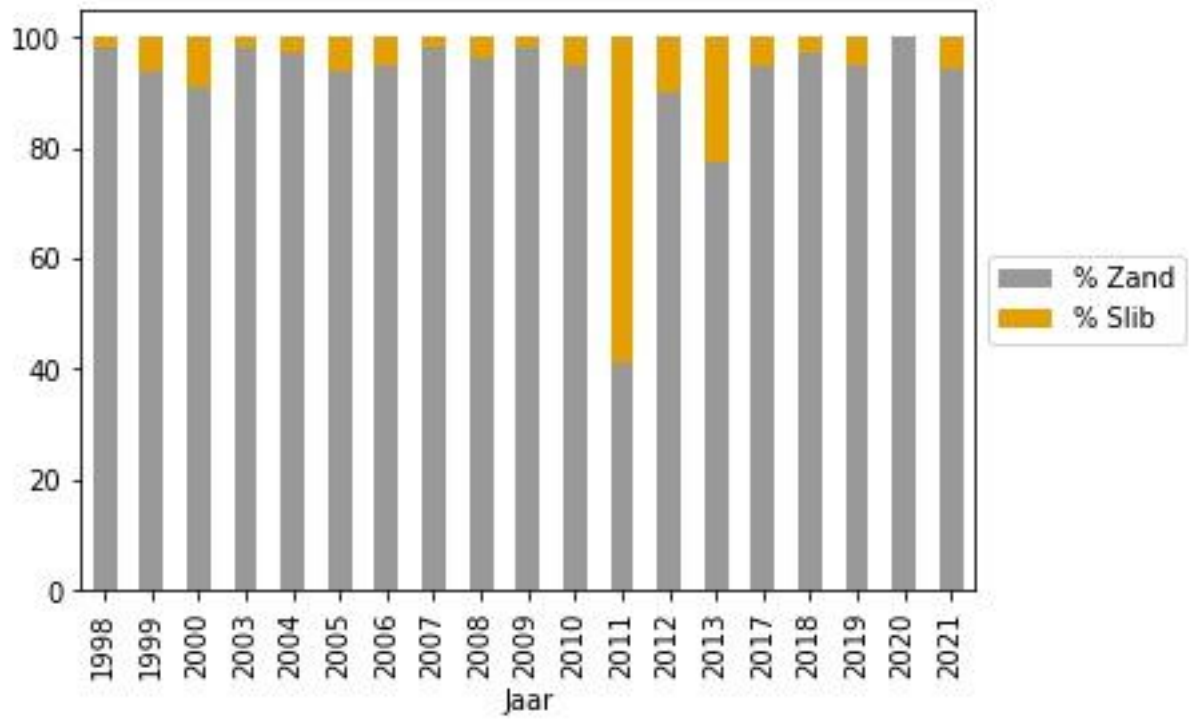
Figuur 9-435: Bodemsamenstelling bij Geul Boudewijnsluis.



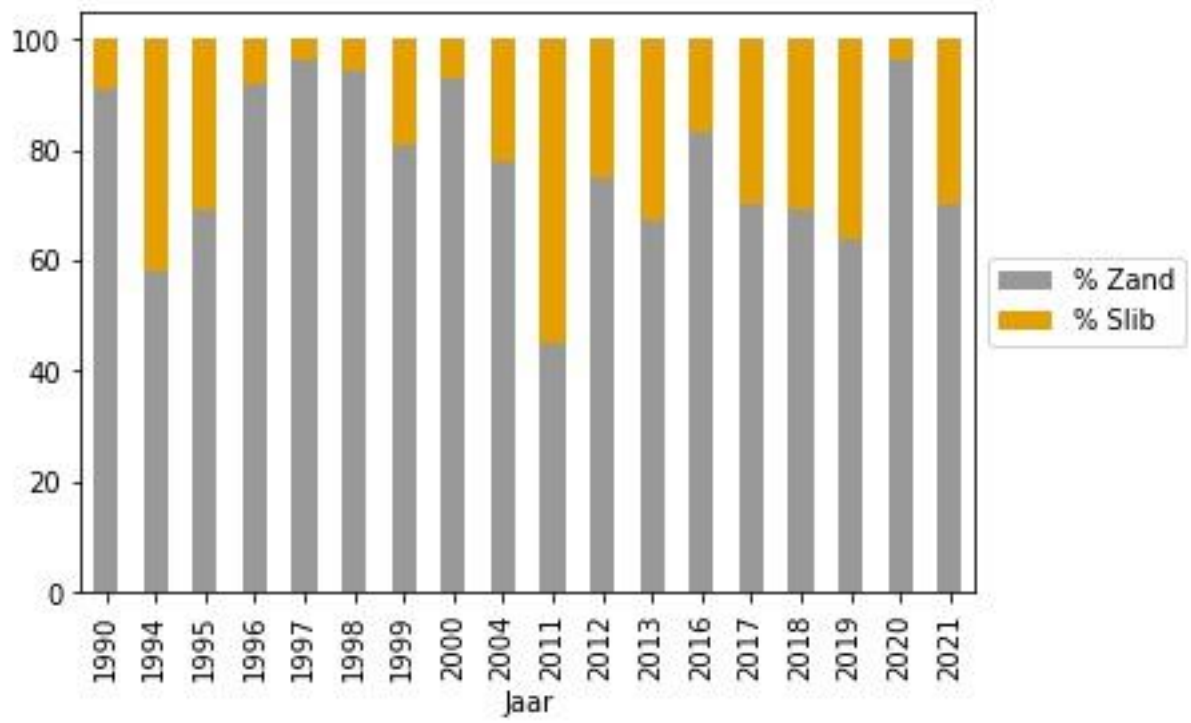
Figuur 9-436: Bodemsamenstelling bij Drempel van Krankeloon – groene kant.



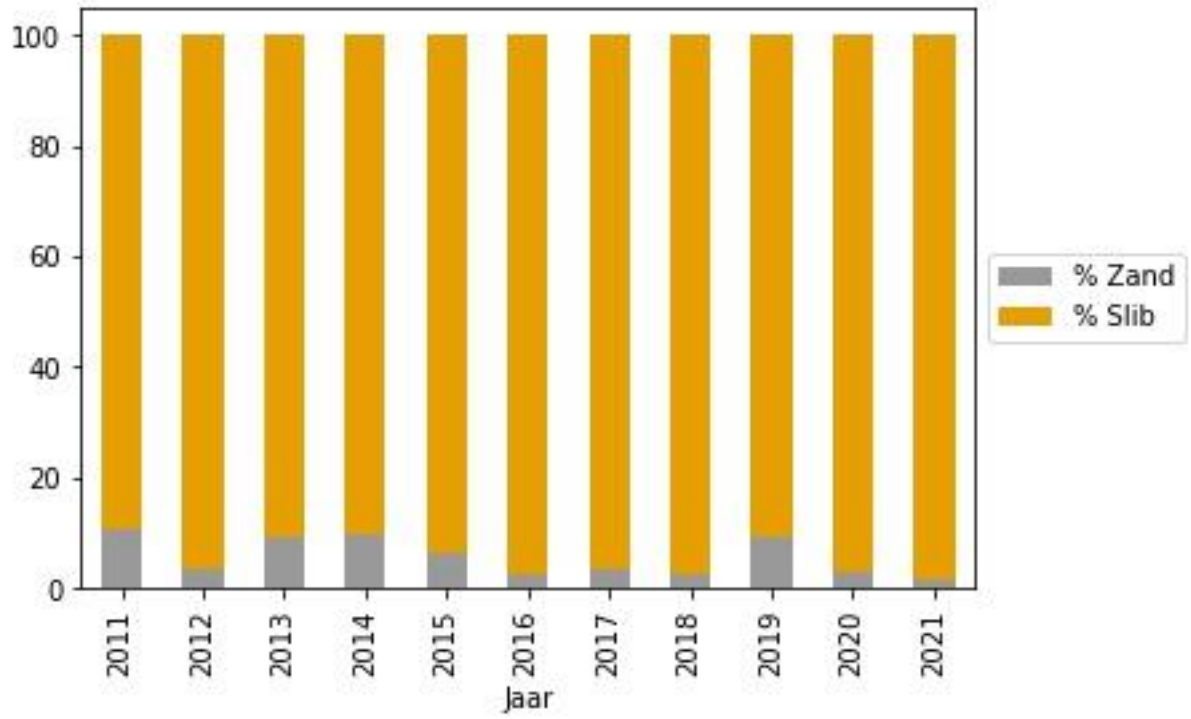
Figuur 9-437: Bodemsamenstelling bij Drempel van Krankeloon – rode kant.



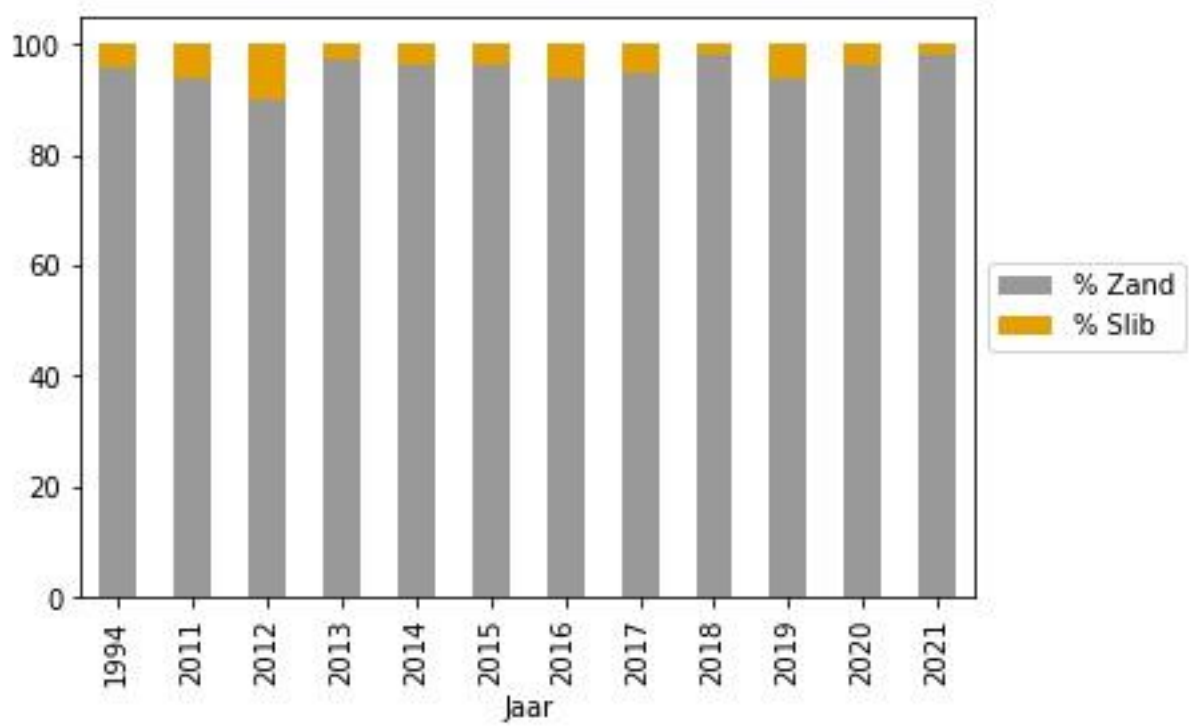
Figuur 9-438: Bodemsamenstelling bij Zeesluis Wintam - afwaarts.



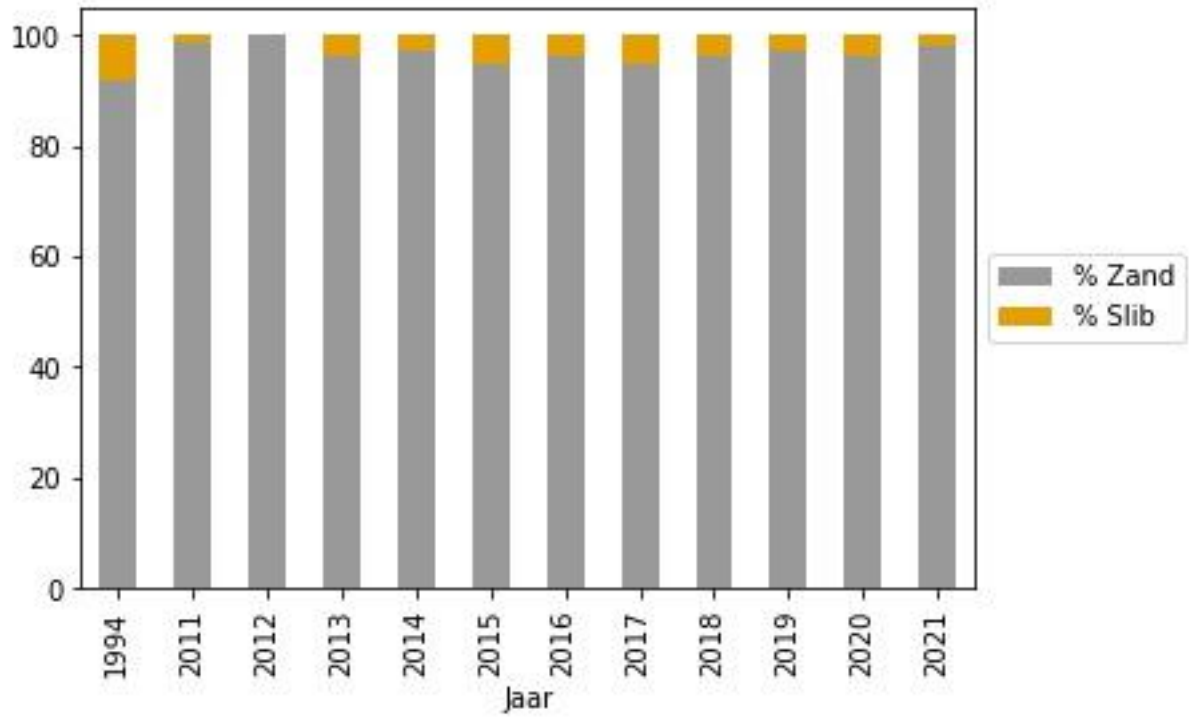
Figuur 9-439: Bodemsamenstelling bij Vaarwater Plaat van Lillo.



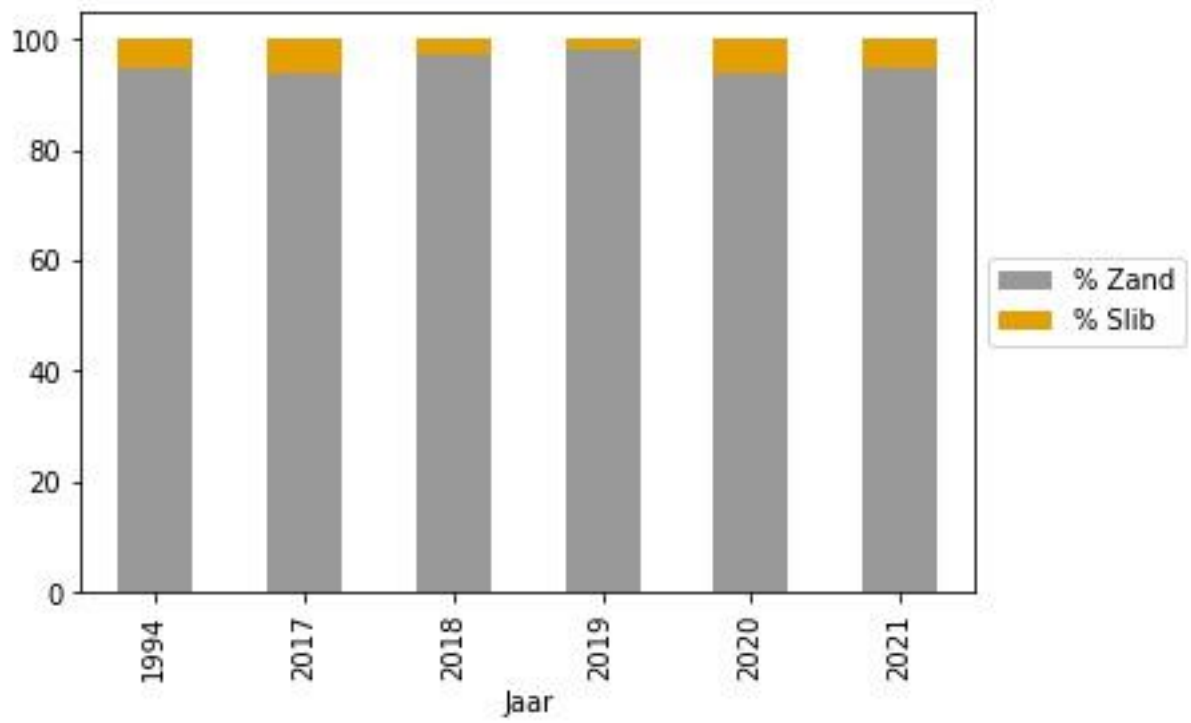
Figuur 9-440: Bodemsamenstelling bij Kallosluis.



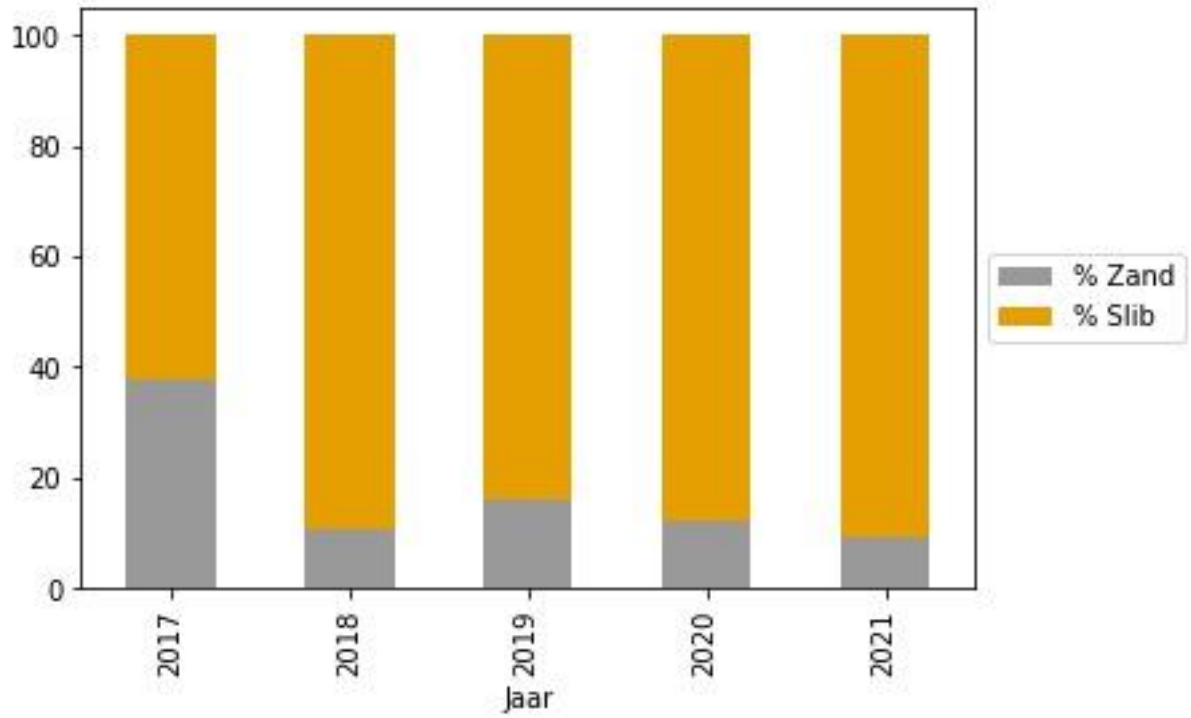
Figuur 9-441: Bodemsamenstelling bij Kaai 23-27.



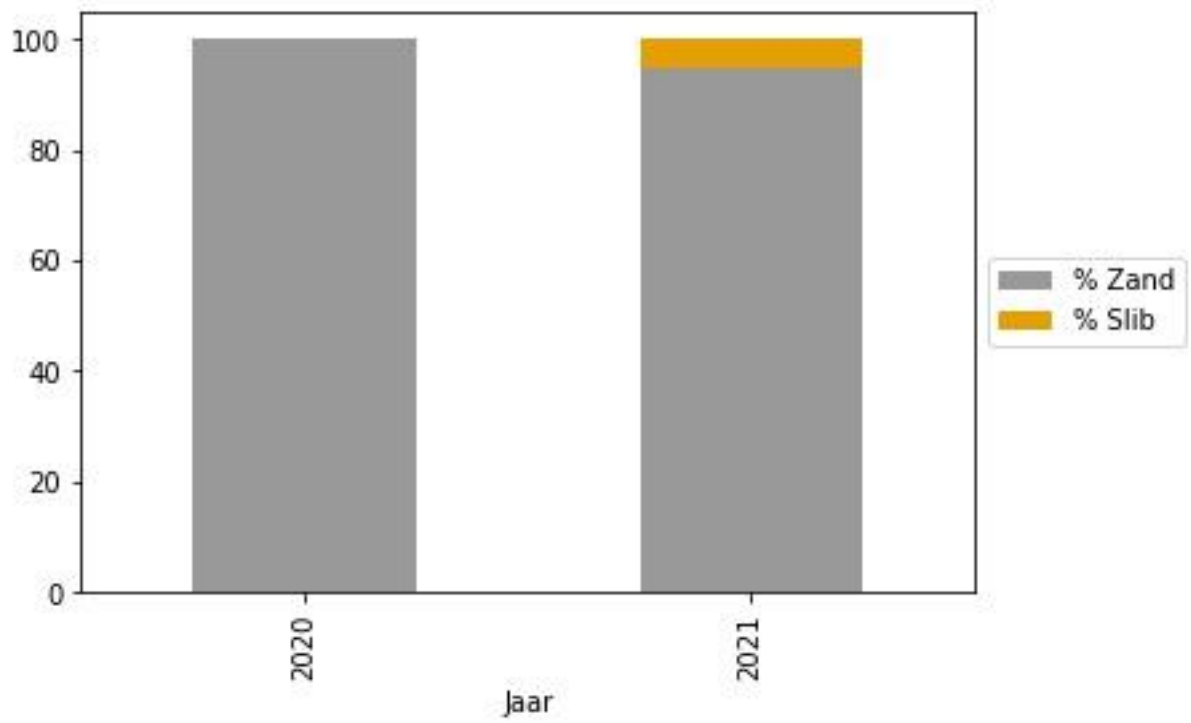
Figuur 9-442: Bodemsamenstelling bij Gat van Ossenisse – boei 28a-32.



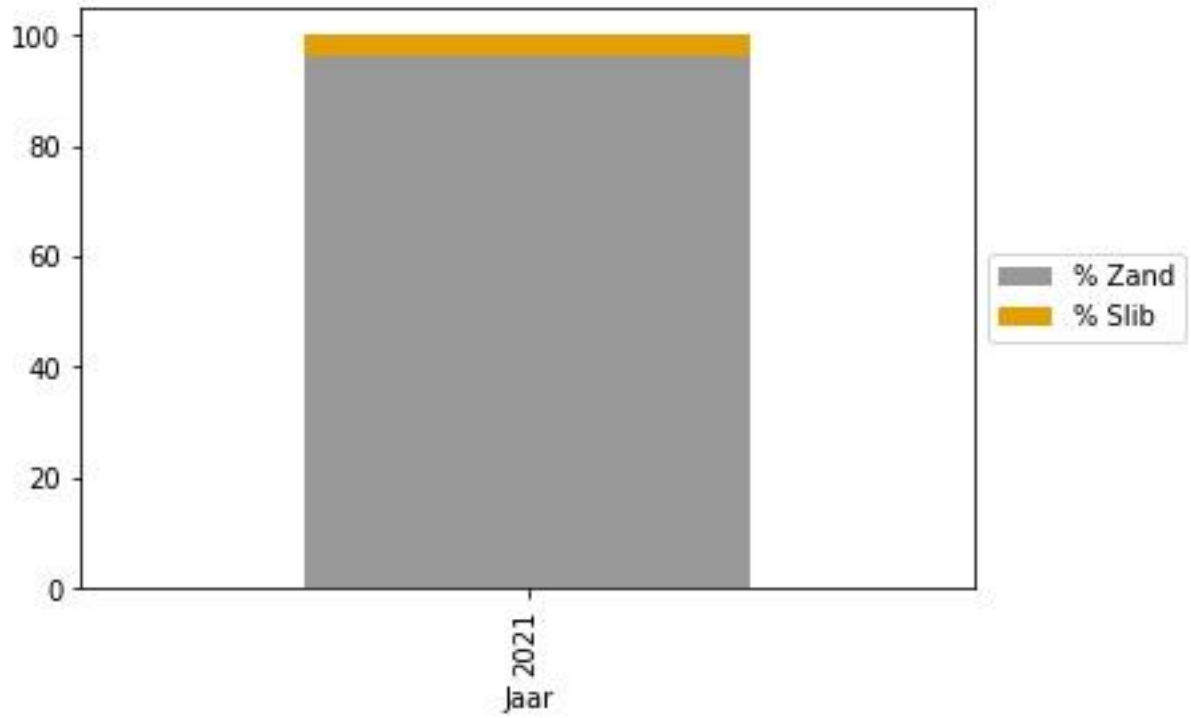
Figuur 9-443: Bodemsamenstelling bij Zone Honte.



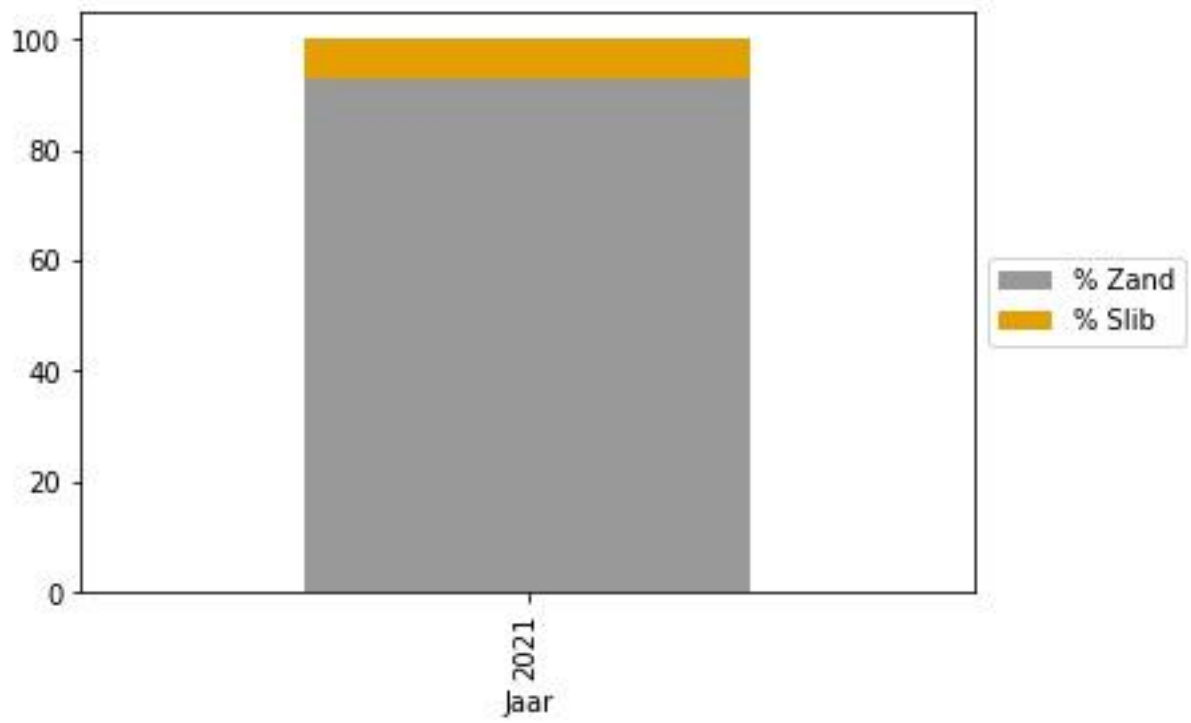
Figuur 9-444: Bodemsamenstelling bij Kieldrechtsluis.



Figuur 9-445: Bodemsamenstelling bij Bocht Rupelmonde.



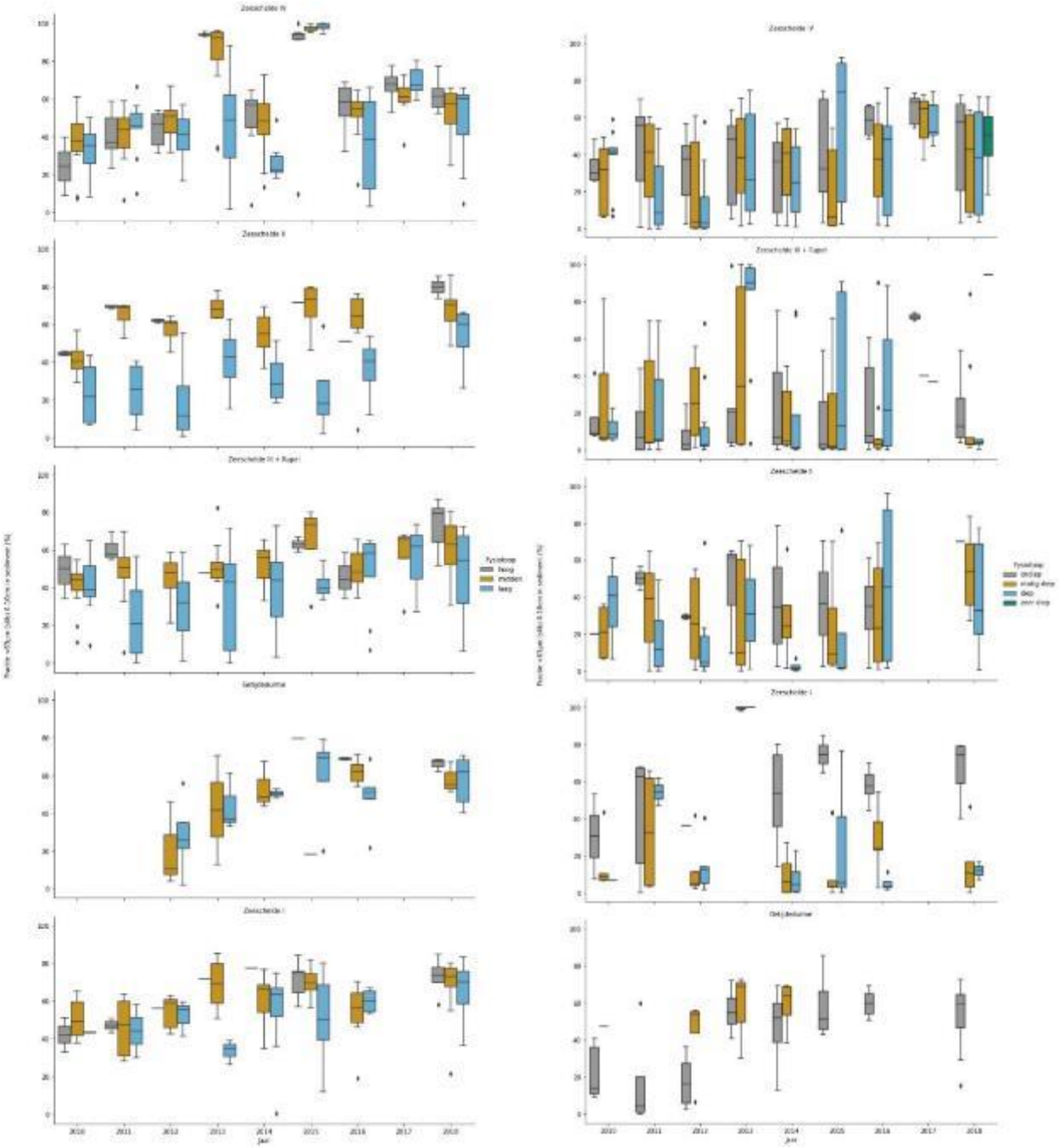
Figuur 9-446: Bodemsamenstelling bij Afwaarts Zeesluis Wintam.



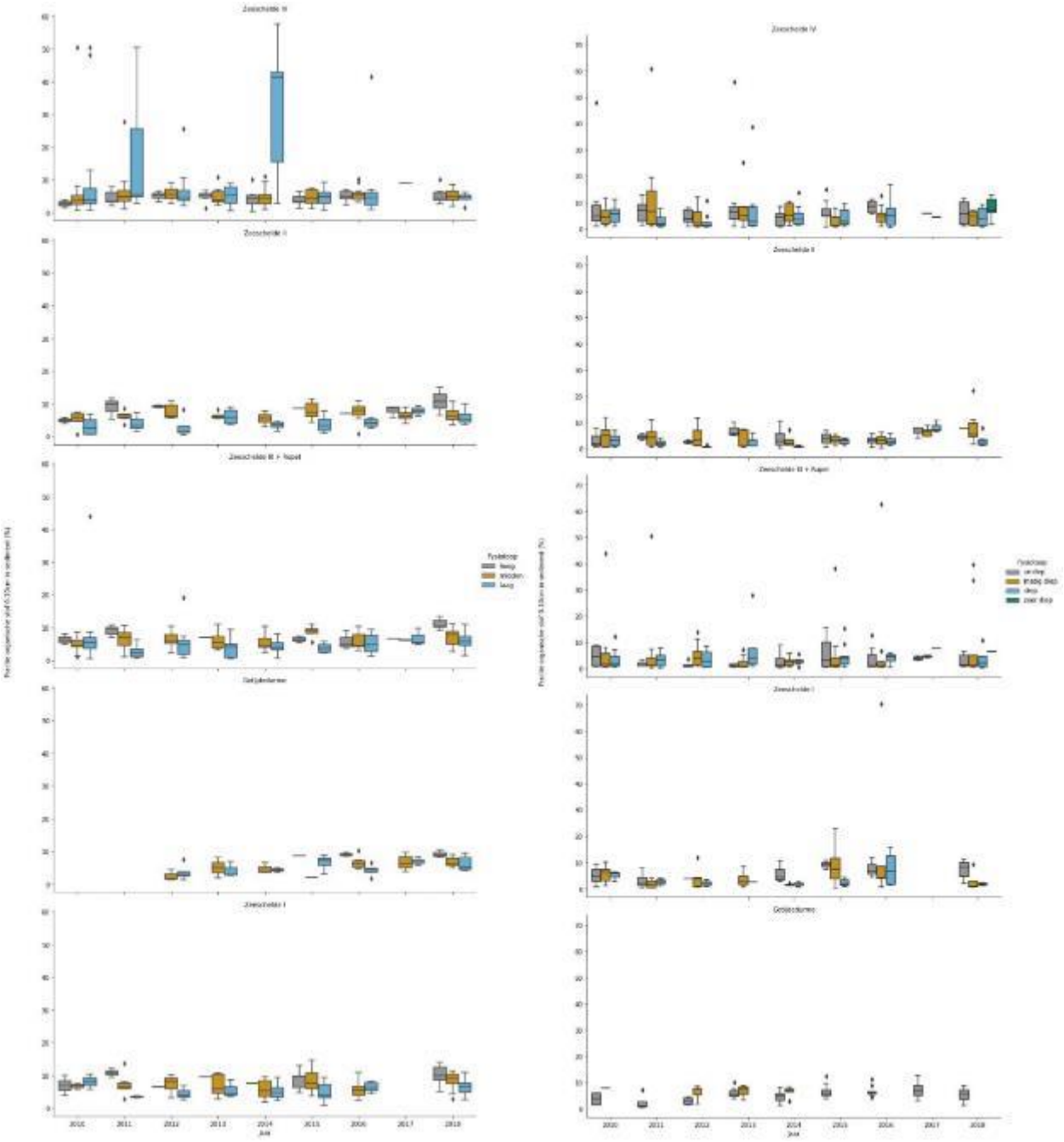
Figuur 9-447: Bodemsamenstelling bij Afwaarts Boudewijnsluis.

G.3.5. Bodemsamenstelling bij bemonsteringscampagne macrozoöbenthos

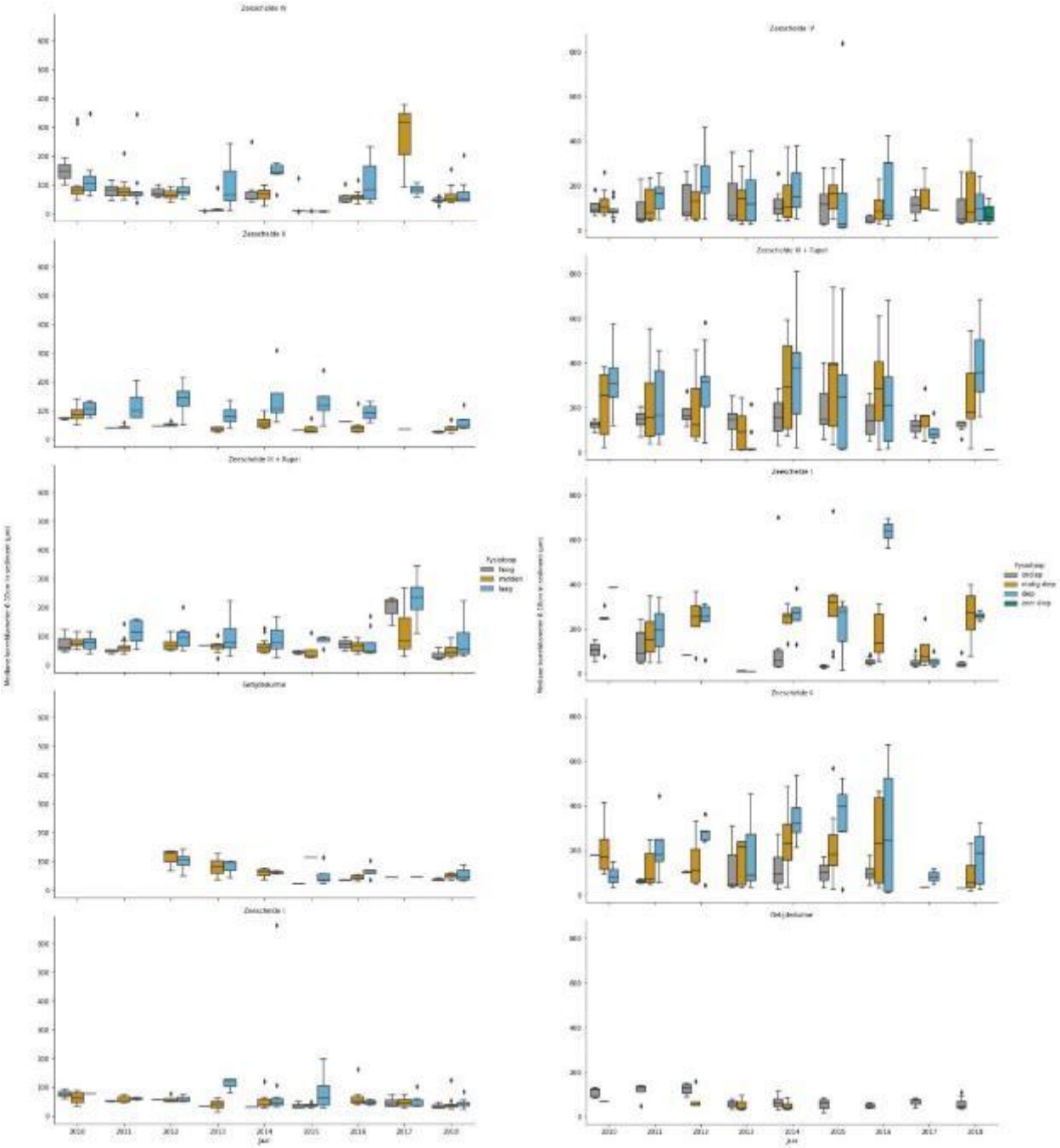
Bij de bemonsteringscampagne voor het macrozoöbenthos neemt het INBO ook steeds een bodemstaal van de bovenste 10 cm uit de omliggende bodem. Volgende figuren tonen de resultaten voor slib, organisch materiaal en de mediane korrelgrootte geaggregeerd voor slikken (intertidaal) en subtidale zones.



Figuur 9-448: Slibgehalte (%) in bodem (0-10 cm) in slik (links) en subtidaal (rechts).



Figuur 9-449: Gehalte organische stof (%) in bodem (0-10 cm) in slik (links) en subtidaal (rechts).



Figuur 9-450: Mediane korreldiameter in bodem (0-10 cm) in slik (links) en subtidaal (rechts).

G.4. Kronkelfactor

G.4.1. Definitie & Methodiek

De kronkelfactor parameteriseert de mate van meandering van een rivier. De mate van meandering wordt namelijk bepaald door de lengte van de thalweg (stroomvoerende geulen) en de lengte van de vallei.

Als parameter voor het meanderend karakter van de rivierdelen is de sinuositeit of kronkelfactor *S* gebruikt. Sinuositeit wordt gedefinieerd als de verhouding van de lengte van de rivier tot de lengte van de vallei. Op basis van de sinuositeit kunnen waterlopen in 3 typen worden ingedeeld (Leopold & Wolman, 1957):

1. Een rivier wordt als recht geklasseerd indien de sinuositeit kleiner is dan 1,1;
2. Kronkelend indien de waarde tussen 1,1 en 1,5 ligt;
3. Meanderend indien groter dan 1,5.

S is dus gelijk aan de verhouding tussen de werkelijke rivierlengte (*RL*) en de valleilengte (*VL*), gemeten langs de vallei-as.

G.4.2. Data

Voor de berekening van de kronkelfactor (sinuositeit) zijn per compartiment de werkelijke rivierlengte en de valleilengte nodig. De werkelijke rivierlengte wordt berekend door de thalweg te berekenen aan de hand van een GIS-bewerking op de topobathymetrische kaart van de Zeeschelde. De valleilengte werd voor T2015 (Barneveld *et al.*, 2018) opgevraagd bij het INBO om zo, via uniformering, bijkomende ruis ten gevolge van de toegepaste methodiek te reduceren.

G.4.3. Kronkelfactor Zeeschelde

Onderstaande Tabel presenteert de kronkelfactor per OMES-segment, voor de jaren waar er gegevens voorhanden waren. Soms ontbraken er delen van de bathymetrische rasters, zodanig dat niet het hele OMES-segment gesampled werd. Deze data wordt niet opgenomen in deze analyse en zijn daarom niet opgenomen in onderstaande tabel. Ook OMES segment 9 en 10 zijn niet weergegeven daar de vallei-as hier onnatuurlijk groot (OMES 10), of klein (OMES 9) is, wat resulteert in een irrealistische kronkelfactor. Dit is mogelijk het gevolg dat de rivier hier sterk gekanaliseerd is in een onnatuurlijke situatie, of doordat de vallei-as op een sterk afwijkende manier bepaald werd.

Het is duidelijk dat er zich per OMES-segment nauwelijks verschuivingen hebben voorgedaan.
De variatie is toe te schrijven aan:
1. Meetonnauwkeurigheden bij het opmaken van de bathymetrie;
2. Methode om de rivier- en vallei-as te definiëren.

Tabel 9-39: Meandering van de Zeeschelde per OMES segment: > 1,5: meanderend (groen), 1,5-1,1: kronkelend (oranje), < 1,1: recht.

	2001	2010	2016	2019	2020
OMES 11	1,48	1,48	1,49	1,49	1,49
OMES 12	1,13	1,13	1,13	1,14	1,15
OMES 13	1,08	1,08	1,08	1,09	1,08
OMES 14	1,17	1,17	1,17	1,17	
OMES 15	3,25	3,22	3,23	3,23	
OMES 16	1,99	1,99	2,00	2,00	
OMES 17	1,08	1,08	1,07	1,07	
OMES 18	1,05	1,05	1,05	1,05	
OMES 19	1,00	1,00	1,00	1,00	

G.5. Watervolume geulen i.r.t. volume van ingrepen

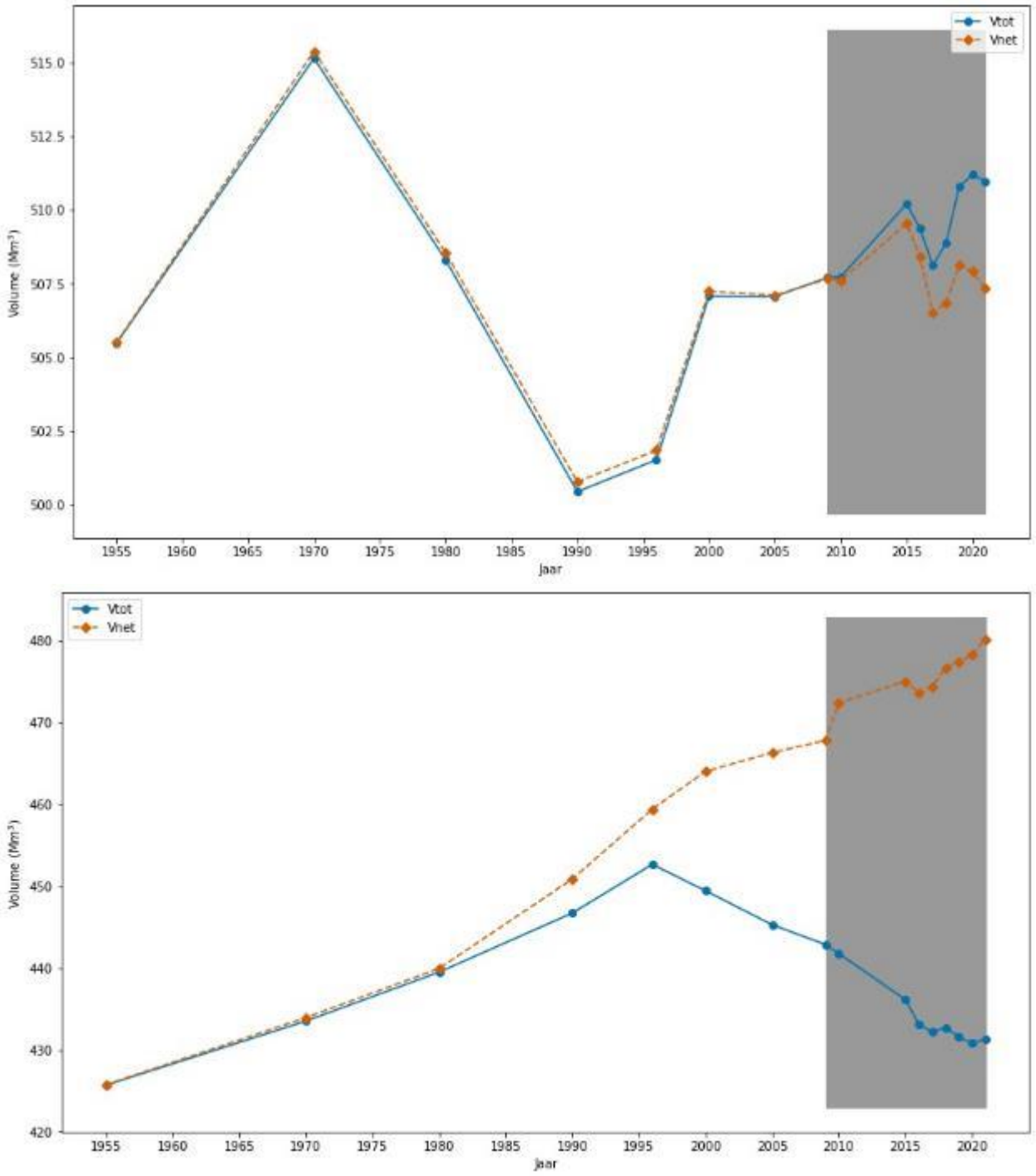
G.5.1. Definitie & Methodiek

Door de trend in watervolume van de geulen (zie Dimensionering) te relateren aan het volume van ingrepen, verkrijgt men meer zicht op de mogelijke impact van antropogene ingrepen in de morfologie. Volgende lange termijn trends worden uitgezet voor zowel de hoofd- als nevengeul van iedere macrocel binnen het meergeulensysteem of gewoon de hoofdgeul in het ééngeulsysteem:

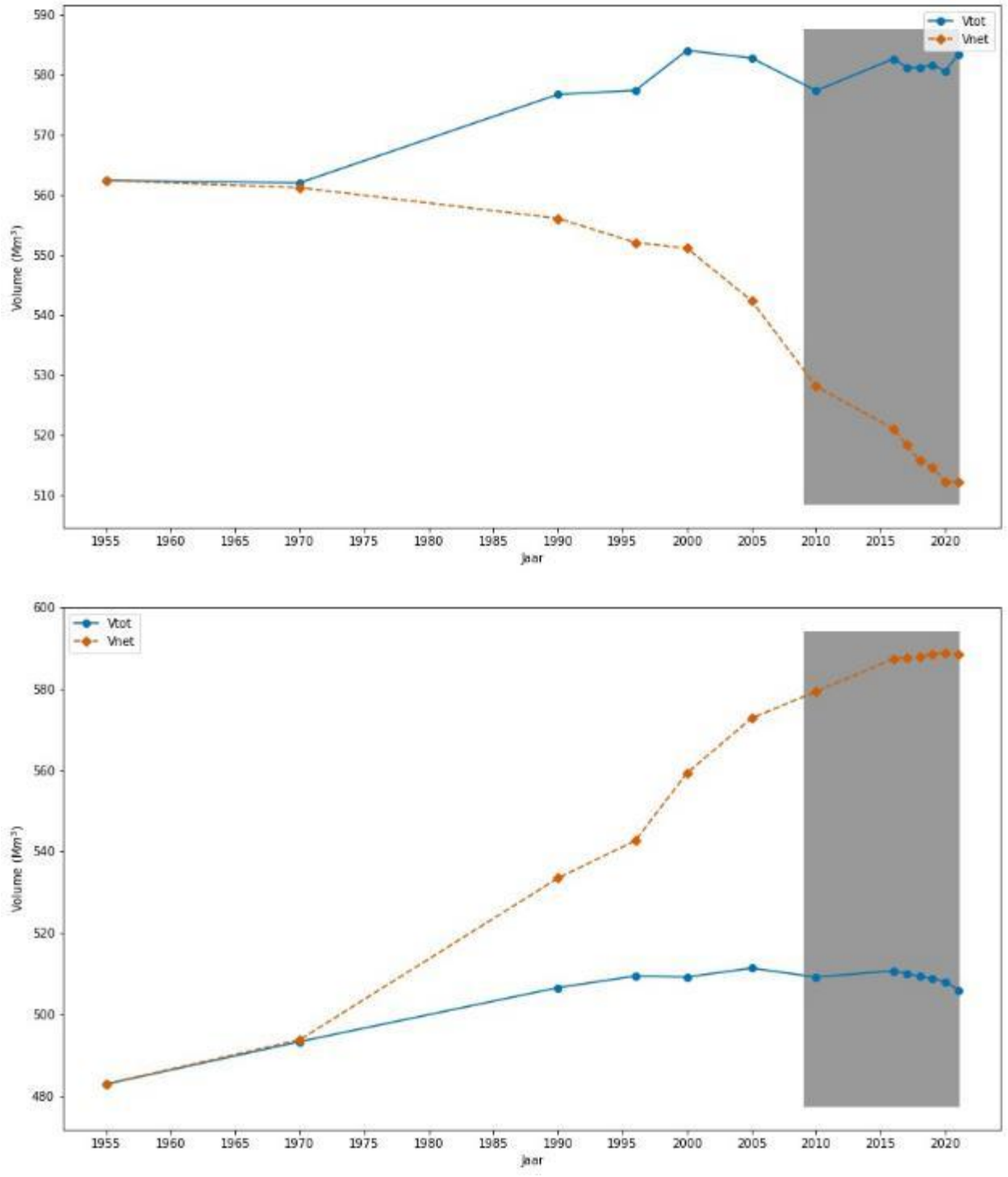
- De waargenomen trend in het watervolume in de geulen (V_{tot}).
- Het volume aan antropogene ingrepen (V_i): omvat de volumes baggeren, zandwinning (beide positief = toename van het watervolume) en storten (negatief = afname van het watervolume). Hiervoor hanteert men de *in situ* profielvolumes, zoals gerapporteerd in Hoofdstuk 7.
- Om de antropogene impact te kunnen definiëren wordt het netto geulvolume (V_{net}) berekend door het verschil te nemen van V_{tot} en het cumulatieve volume van de menselijke ingrepen doorheen de tijd (ΣV_i): $V_{net} = V_{tot} - \Sigma V_i$.

G.5.2. Resultaat

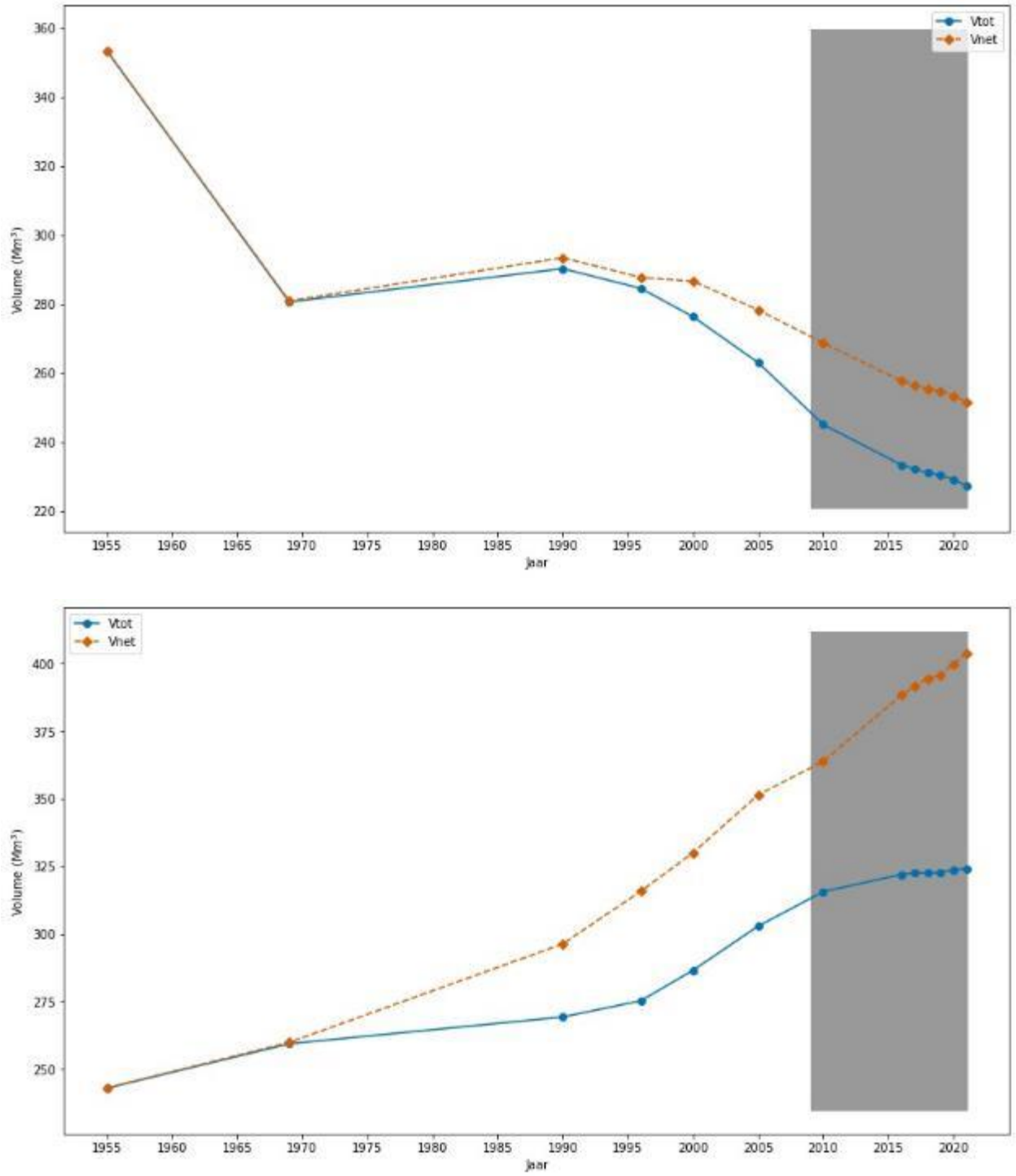
Volgende figuren tonen de lange termijn trends voor V_{net} en V_{tot} .



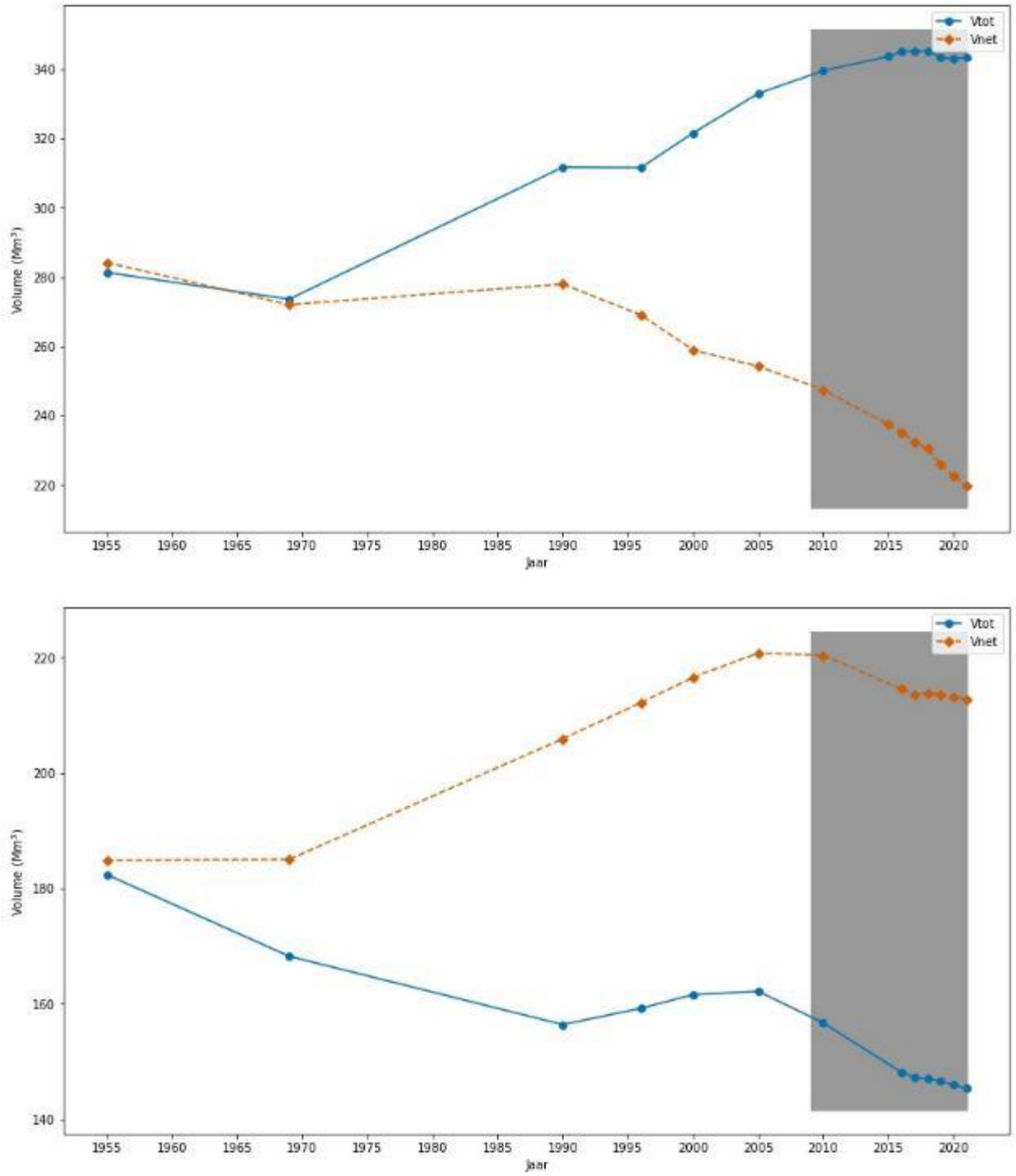
Figuur 9-451: Watervolume geulen i.r.t. volume ingrepen (V_{net} en V_{tot}) voor de ebgeul (BOVEN) en vloedgeul (ONDER) van Compartiment 1.



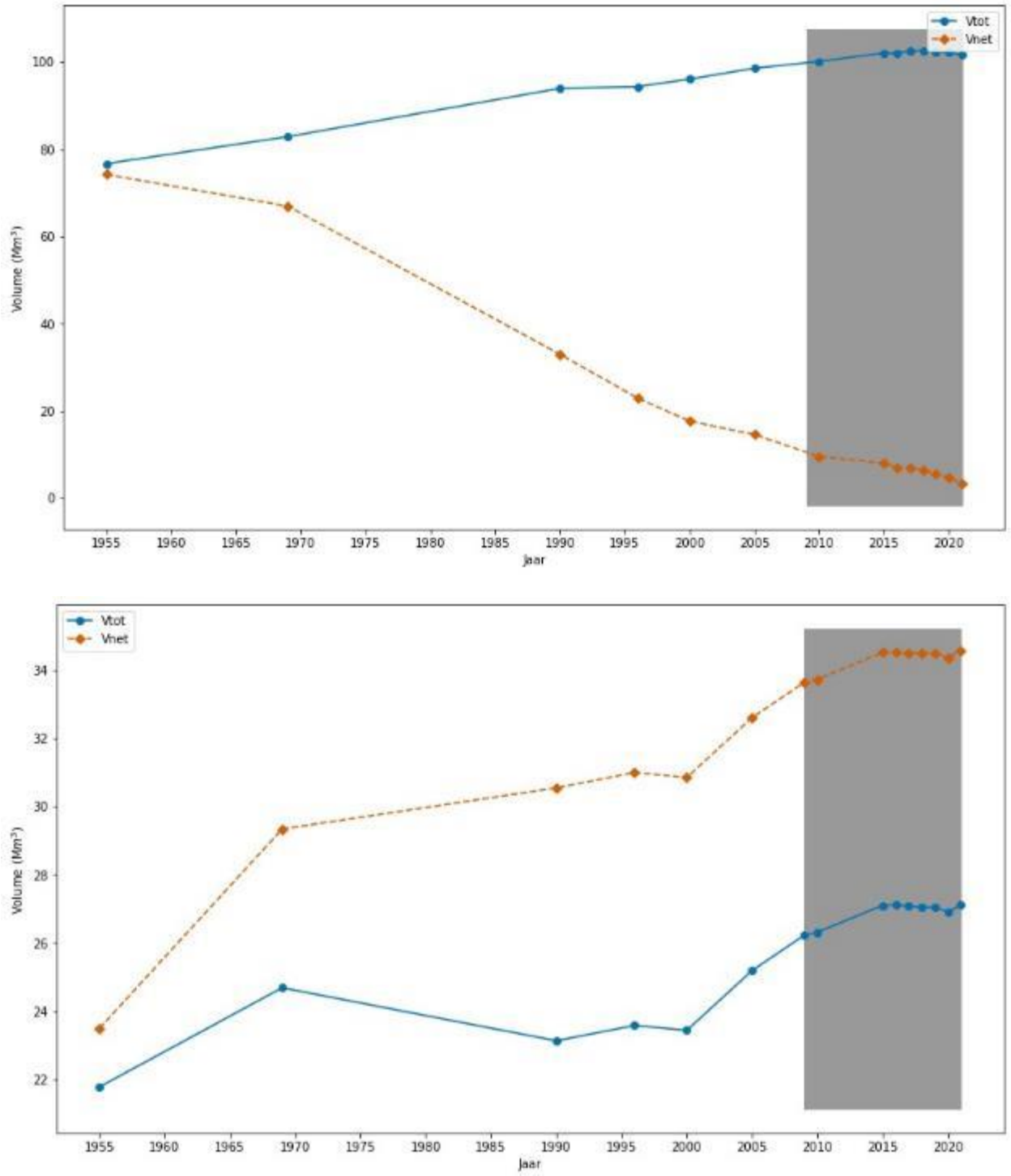
Figuur 9-452: Watervolume geulen i.r.t. volume ingrepen (V_{net} en V_{tot}) voor de ebgeul (BOVEN) en vloedgeul (ONDER) van Compartiment 3.



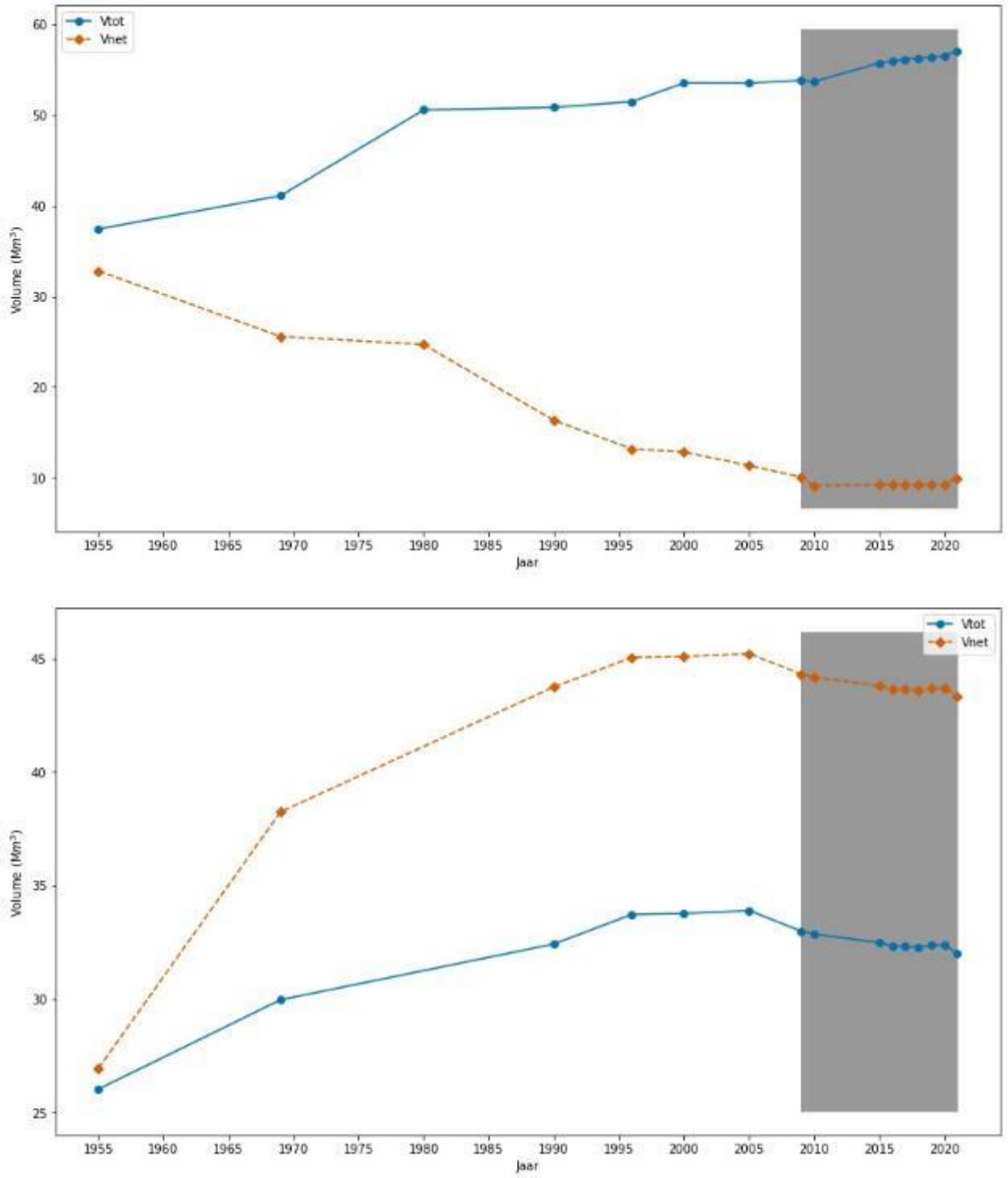
Figuur 9-453: Watervolume geulen i.r.t. volume ingrepen (V_{net} en V_{tot}) voor de ebgeul (BOVEN) en vloedgeul (ONDER) van Compartiment 4.



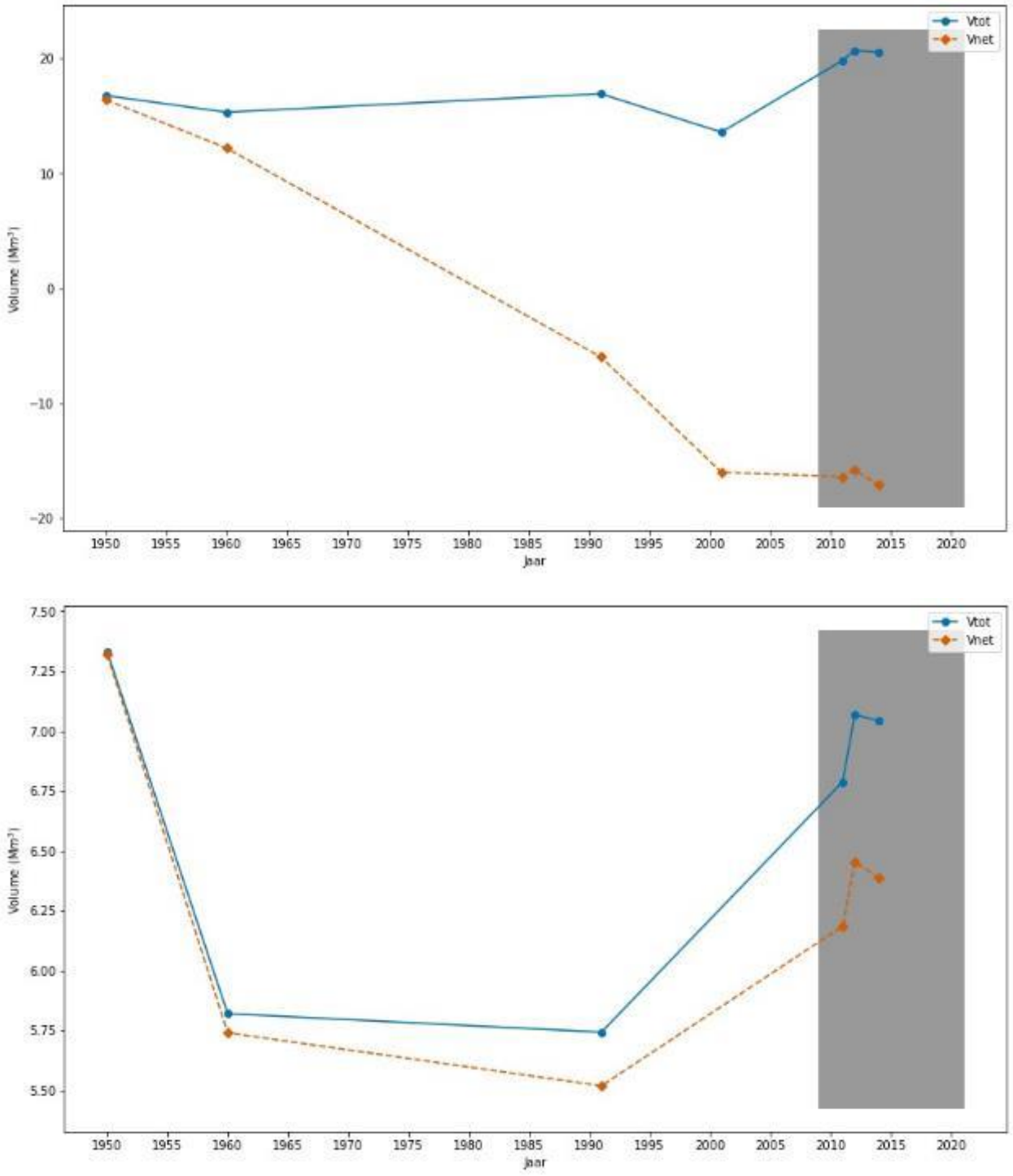
Figuur 9-454: Watervolume geulen i.r.t. volume ingrepen (V_{net} en V_{tot}) voor de ebgeul (BOVEN) en vloedgeul (ONDER) van Compartiment 5.



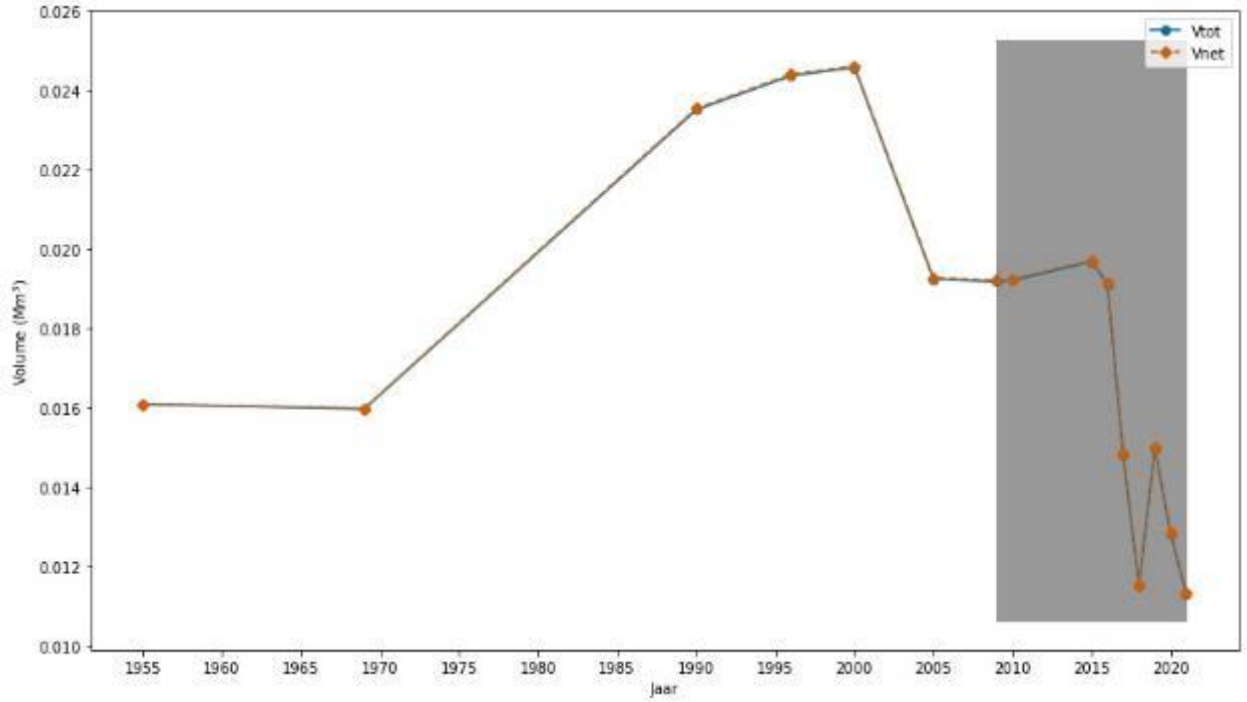
Figuur 9-455: Watervolume geulen i.r.t. volume ingrepen (V_{net} en V_{tot}) voor de ebgeul (BOVEN) en vloedgeul (ONDER) van Compartiment 6.



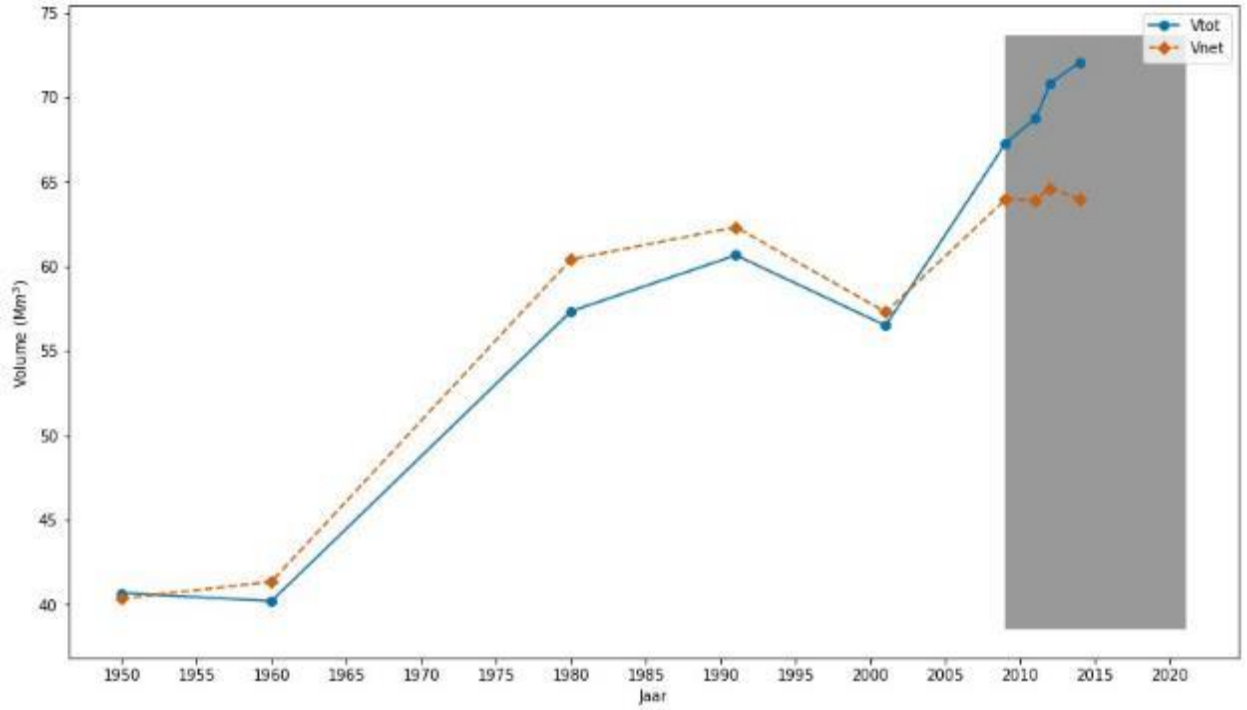
Figuur 9-456: Watervolume geulen i.r.t. volume ingrepen (V_{net} en V_{tot}) voor de ebgeul (BOVEN) en vloedgeul (ONDER) van Compartiment 7a.



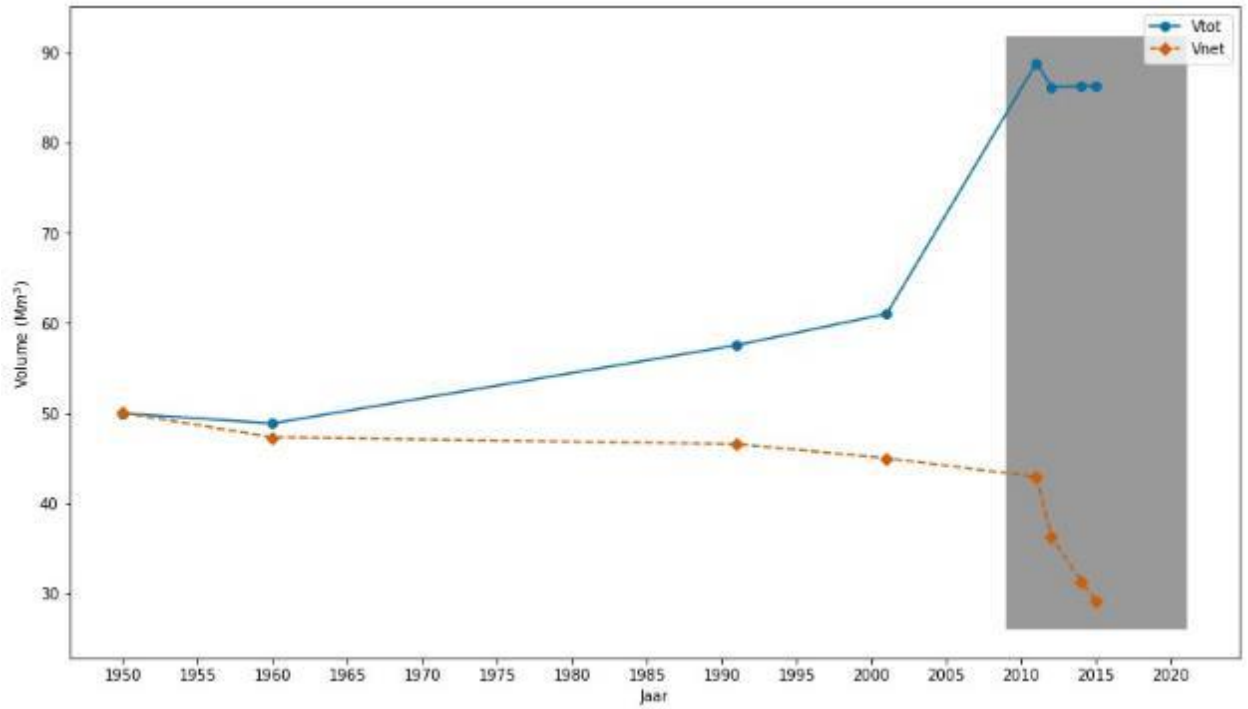
Figuur 9-457: Watervolume geulen i.r.t. volume ingrepen (V_{net} en V_{tot}) voor de ebgeul (BOVEN) en vloedgeul (ONDER) van Compartiment 7b.



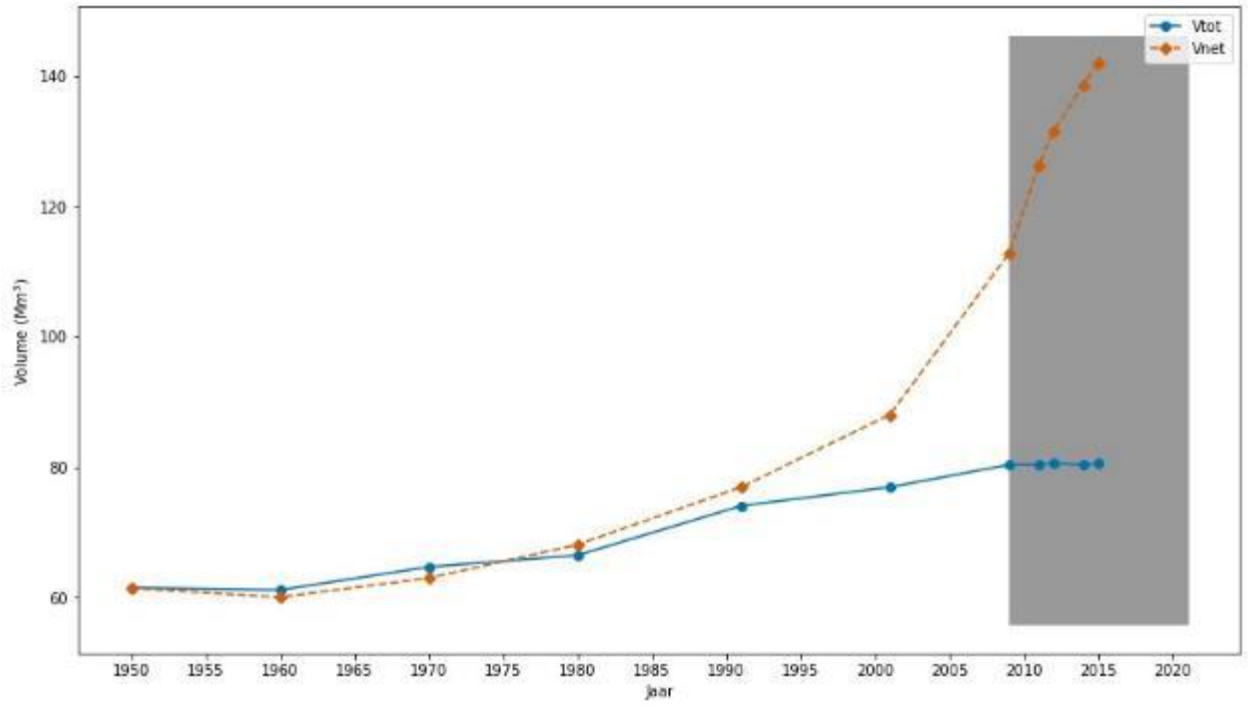
Figuur 9-458: Watervolume geulen i.r.t. volume ingrepen (V_{net} en V_{tot}) voor compartiment 8.



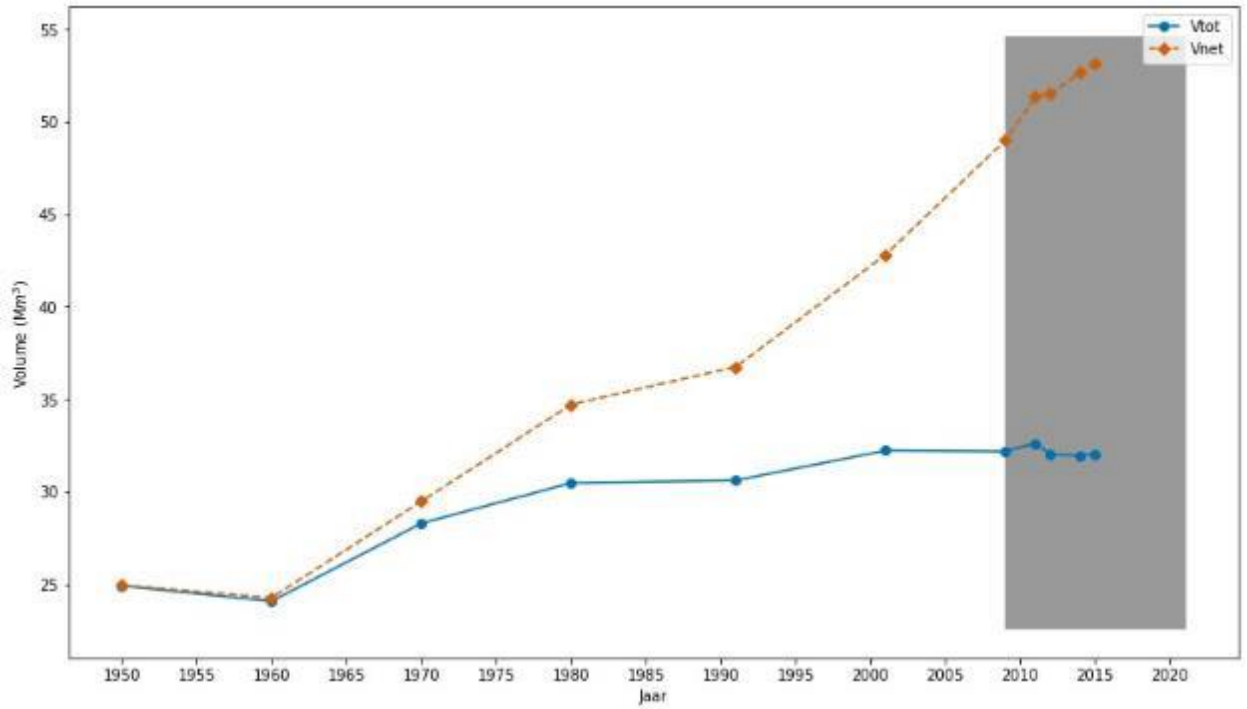
Figuur 9-459: Watervolume geulen i.r.t. volume ingrepen (V_{net} en V_{tot}) voor compartiment 9.



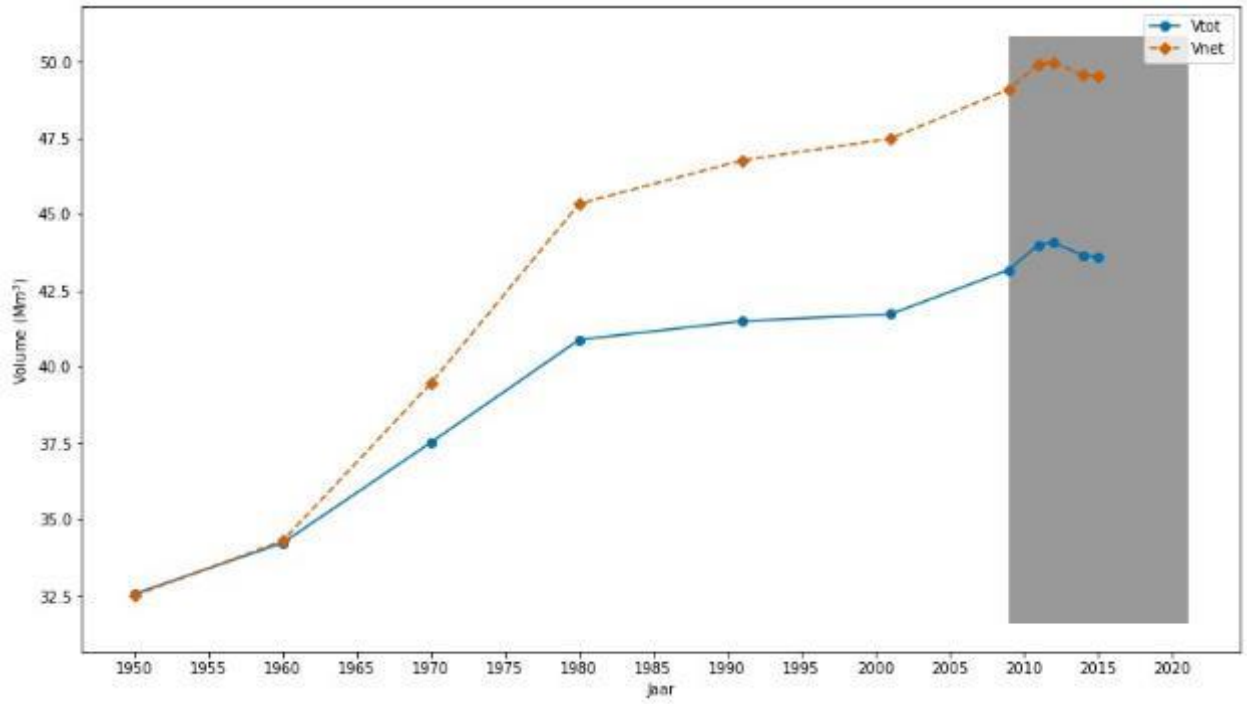
Figuur 9-460: Watervolume geulen i.r.t. volume ingrepen (V_{net} en V_{tot}) voor compartiment 10.



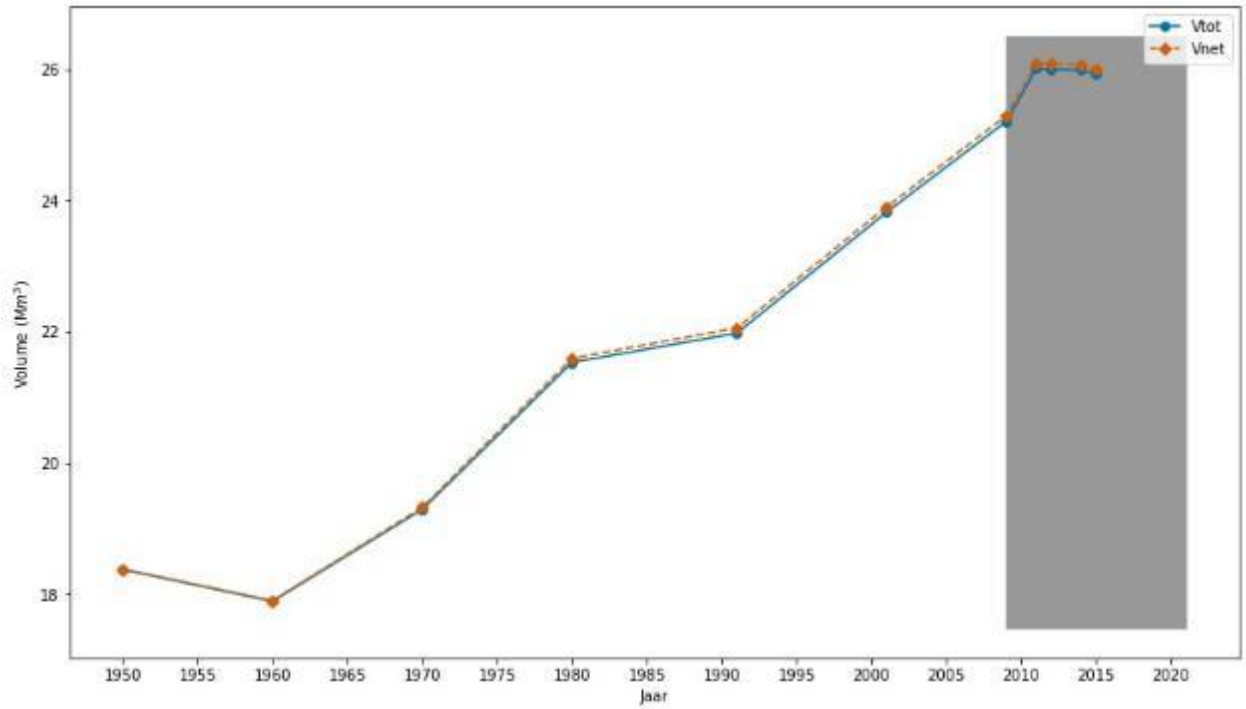
Figuur 9-461: Watervolume geulen i.r.t. volume ingrepen (V_{net} en V_{tot}) voor compartiment 11.



Figuur 9-462: Watervolume geulen i.r.t. volume ingrepen (V_{net} en V_{tot}) voor compartiment 12.



Figuur 9-463: Watervolume geulen i.r.t. volume ingrepen (V_{net} en V_{tot}) voor compartiment 13.



Figuur 9-464: Watervolume geulen i.r.t. volume ingrepen (V_{net} en V_{tot}) voor compartiment 14.

G.6. Sedimentbalans

G.6.1. Definitie, Data & Methodiek

Sedimentbalansen geven een inzicht in de grootschalige sedimentdynamiek binnen het Schelde-estuarium. Men onderscheidt typisch een zandbalans die enkel de zandfractie behandelt en/of aanneemt dat al het sediment zand is versus een sedimentbalans die de waargenomen veranderingen opsplitst in de verschillende sedimentfracties: *in casu* zand en slib. Een sediment/zandbalans wordt opgesteld met behulp van de volgende gegevens:

- Volumeveranderingen per deelgebied op basis van lodingsgegevens
- Baggervolume
- Stortvolume
- Volume van zandwinning
- Volume verplaatst materiaal t.g.v. wrakverwijdering

Rijkswaterstaat Zee en Delta en het Waterbouwkundig Laboratorium stellen momenteel een sedimentbalans op voor het volledige Schelde-estuarium. Deze is nog niet af voor de huidige evaluatie. Voor een gedetailleerd historisch overzicht van beschikbare sedimentbalansen wordt verwezen naar Meire *et al.* (2020). Hierbij alvast de voor T2021 beschikbare modellen:

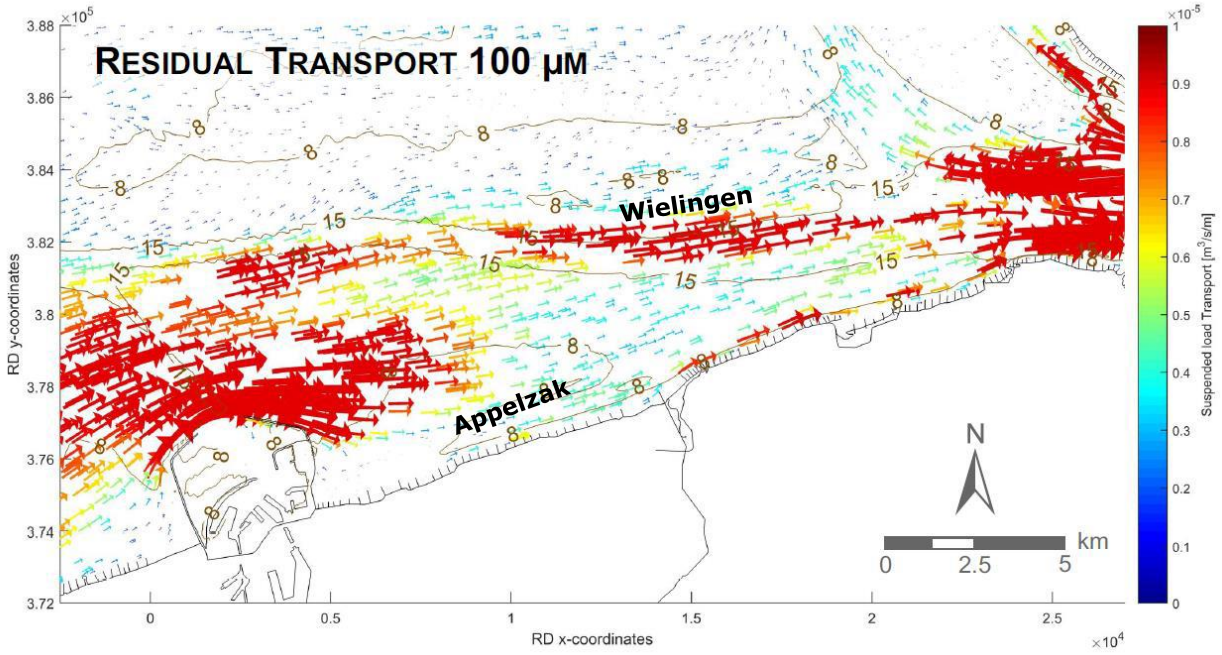
1. Het sedimentmodel van de Voordelta (Elias *et al.*, 2017);
2. De zandbalans van de Westerschelde die beheerd wordt door Rijkswaterstaat Zee en Delta (Schrijver, 2020);
3. De gecombineerde sedimentbalans van Westerschelde en Monding (Deltares, *in prep*.);
4. De sedimentbalans van de Zeeschelde (Vandenbruwaene *et al.*, 2017; Vos *et al.*, *in prep*.).

G.6.2. Sedimentbalansstudies Monding

Met het oog op een eventuele proefstorting in de Schelde-monding, stelden van der Werf *et al.* (2020a) een memo op met het overzicht van bestaande kennis en data m.b.t. de morfologie en ecologie van de Scheldemonding.

Met betrekking tot de netto sedimenttransporten concludeerden van der Werf *et al.* (2020a):

> *Modelberekeningen wijzen op dominant suspensietransport in oostelijke (vloed) richting in de Wielingen en Appelzak, en netto langstransport in brandingszone in noordoostelijke richting (Figuur 9-465). Het vloeddominante sedimenttransport in de Wielingen is tegengesteld aan de ebdominante residuele snelheid. Dit komt omdat sedimenttransport ook bepaald wordt door de getijasymmetrie die in de Wielingen vloeddominant is. Het berekende netto zandtransportpatroon in de Appelzak is in tegenspraak met de opmerking uit De Maerschalck et al. (2017) dat de deze getijgeul momenteel ebgedomineerd is.*



Figuur 9-465: Berekend netto suspensietransport van de fijne zandfractie (0,1 mm). De transporten zijn kleiner voor de grove zandfractie (0,25 mm), maar de patronen zijn vergelijkbaar. (Uit van der Werf et al., 2020a, maar figuur afkomstig uit Röbke et al., 2018).

Met betrekking tot de interactie met de Westerschelde concludeerden van der Werf *et al.* (2020a), die zich baseerden op Nolte *et al*. (2020):

> *De sedimentinhoud van de Westerschelde varieert van jaar tot jaar* (zie ook Figuur 9-466). *Tussen 2000 en 2017 sedimenteerde de Westerschelde met ongeveer 0,5 miljoen m³/jaar, afwijkend van eerdere periodes die consequent een verruiming van de Westerschelde laten zien. Als we deze trend als representatief beschouwen voor de huidige situatie en als wordt uitgegaan van (a) een sedimentverlies naar de Zeeschelde van 1 miljoen m³/jaar, (b) geen zandwinning en (c) het volledig terugstorten van het gebaggerde sediment in de Westerschelde, is er een gemiddeld sedimenttransport van 1,5 miljoen m³/jaar van buiten de Westerschelde in. Dit is zand en slib samen.*
>
> *Tabel 9-40 inventariseert sedimentbalansstudies waarin de sedimentuitwisseling bepaald is. De sedimentbalansen laten een zekere variatie zien, waarbij de beschouwde periode relevant is. De twee beschikbare periodes met onderscheid tussen zand en slib resulteren in slibimport en zandexport. Voor de recente periode, na 2000, is het onderscheid tussen slib en zand niet beschikbaar.*

Tabel 9-40: Slib- en zanduitwisseling over de grens Vlissingen-Breskens in verschillende sedimentbalansstudies (positief is import van Voordelta naar Westerschelde). (Bron: van der Werf et al., 2020)

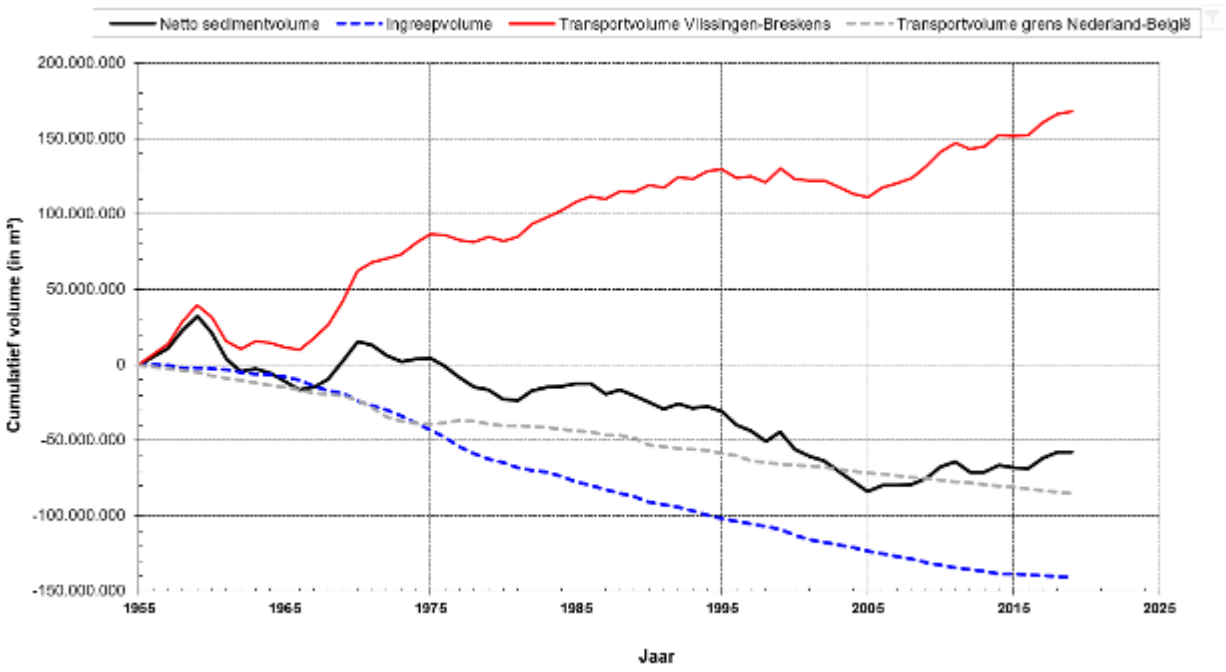
Studie	Periode	Sedimentuitwisseling (miljoen m³/jaar)	Slibuitwisseling (miljoen m³/jaar)	Zanduitwisseling (miljoen m³/jaar)
Consortium Deltares *et al.* (2013a)	1955-1976	+1 tot +5	niet bekend	niet bekend
	1976-1994	+3 tot +5	niet bekend	niet bekend
	1992-2000	+0,2	+0,7	-0,5
	1994-2010	+0,7	niet bekend	niet bekend
Dam (2017)	1860-1955	-0,8/-0,9	+0,6/+1,5	-1,4/-2,4
Nolte et al. (2020)	2015-2017	+1,5	niet bekend	niet bekend

G.6.3. Zandbalans Westerschelde

Rijkswaterstaat Zee & Delta onderhoudt hun zandbalans. De stand van zaken o.b.v. de data in de zandbalans wordt beschreven in Schrijver (2020): De ontwikkelingen in de Westerschelde tot en met 2019. Merk op dat deze balans aanneemt dat al het sediment in de Westerschelde zand is. Deze *zandbalans* rekent met *in situ* volumes. In wat volgt worden de conclusies van Schrijver (2020) overgenomen.

Met betrekking tot de grootschalige evolutie van het zandvolume in de Westerschelde (Figuur 9-466), concludeerde Schrijver (2020):

- Het meergeulensysteem is overwegend sediment importerend, met uitzondering van de periode 1995 - 2005;
- Er zijn twee dominante trends onderscheidbaar in het netto sedimentvolume:
    - Een afname van het nette sedimentvolume in de periode 1970 – 2005;
    - Een toename van het netto sedimentvolume in de periode na 2005.
- Het netto sedimentvolume t.o.v. 1955 is afgenomen met 57.6 Mm³.

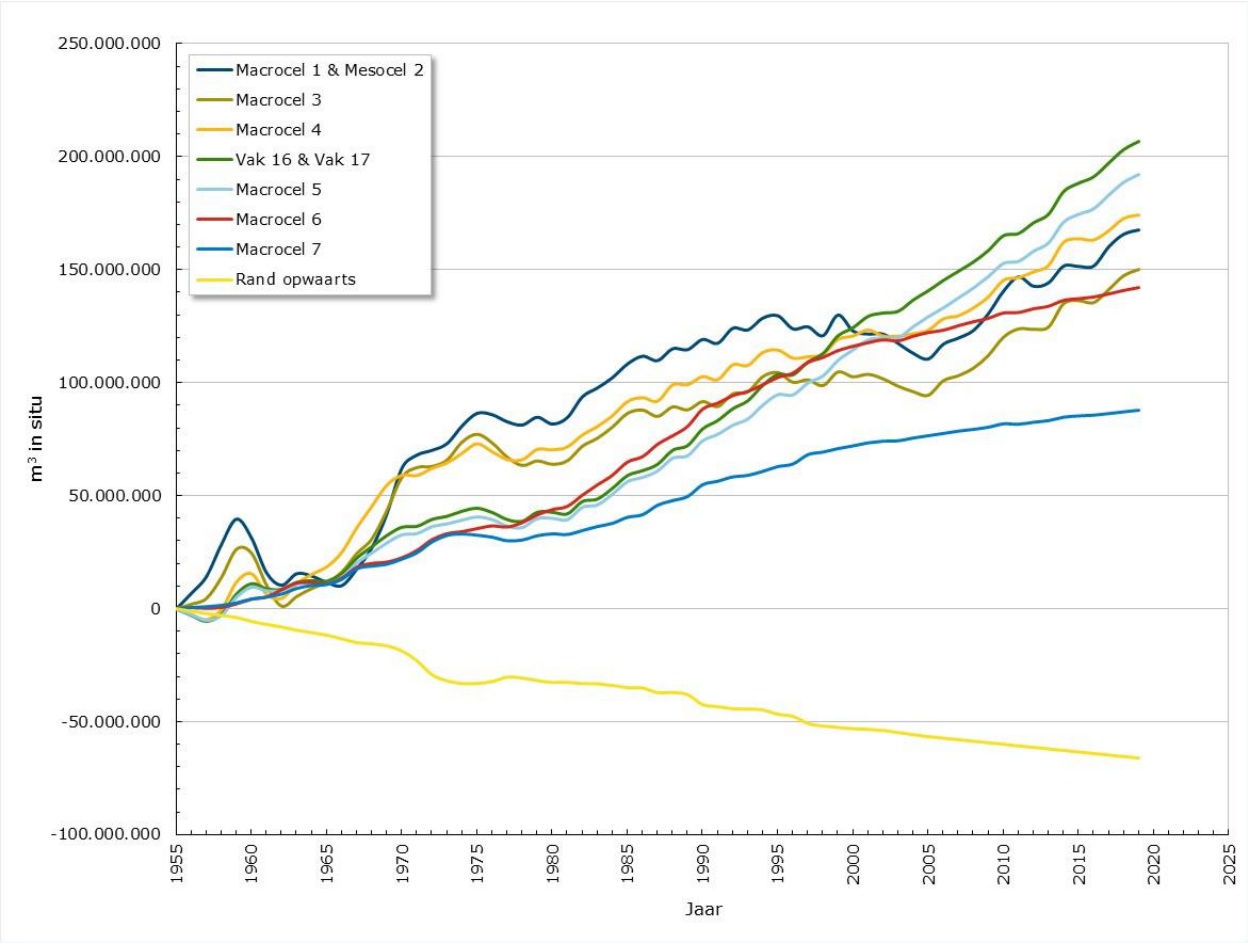


Figuur 9-466: Cumulatief netto sedimentvolume Westerschelde. (Bron: Schrijver, 2020)

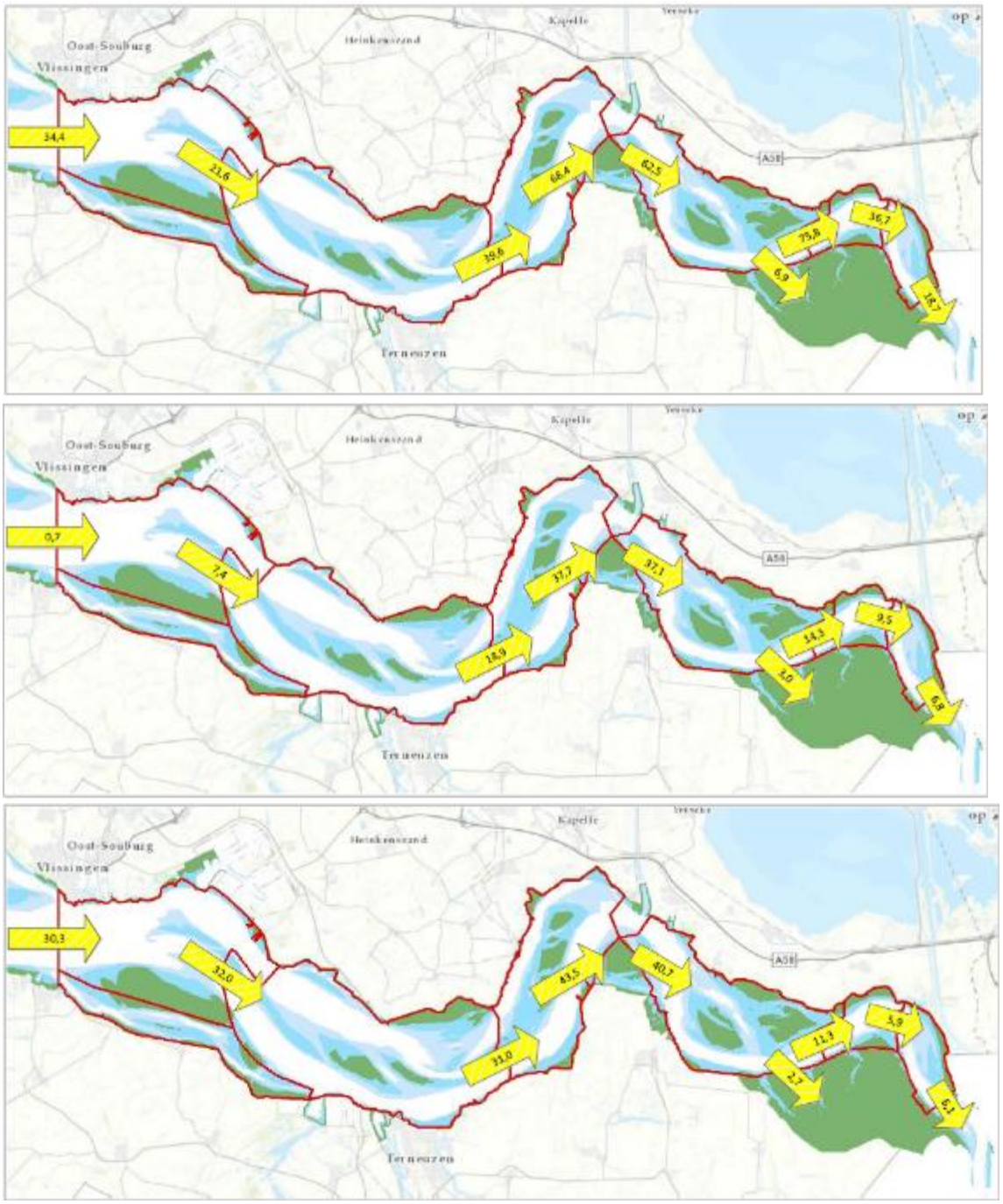
Ten opzichte van het zandtransport over de randen van de macrocellen heen (Figuur 9-467), concludeerde Schrijver (2020):

- De macrocellen 1 en 3 waren overwegend sediment exporterend in de periode 1995 – 2005, de overige macrocellen zijn altijd sediment importerend;
- De totale hoeveelheid sedimenttransport naar de macrocellen 4 en 5 en de tussenliggende vakken 16 en 17 is na het jaar 2000 groter dan het sedimenttransport dat wordt geïmporteerd in macrocel 1 en mesocel 2;
- Het sedimentvolume van macrocel 1 naar macrocel 3 is altijd lager dan het sedimentvolume dat wordt geïmporteerd in macrocel 1 en mesocel 2 (15-20 Mm³ vanaf het jaar 2000).

Kaarten met het zandtransport tussen de macrocellen gedurende de periodes 1975-1998, 1999-2009 en 2010-2019 staan gepresenteerd in Figuur 9-468.



Figuur 9-467: Berekend sedimenttransport tussen de macrocellen met het (in situ) volume dat langs zeewaartse zijde binnenkomt. Rand opwaarts = opgelegd sedimenttransport over de grens Nederland – België (Bron: Schrijver, 2020)

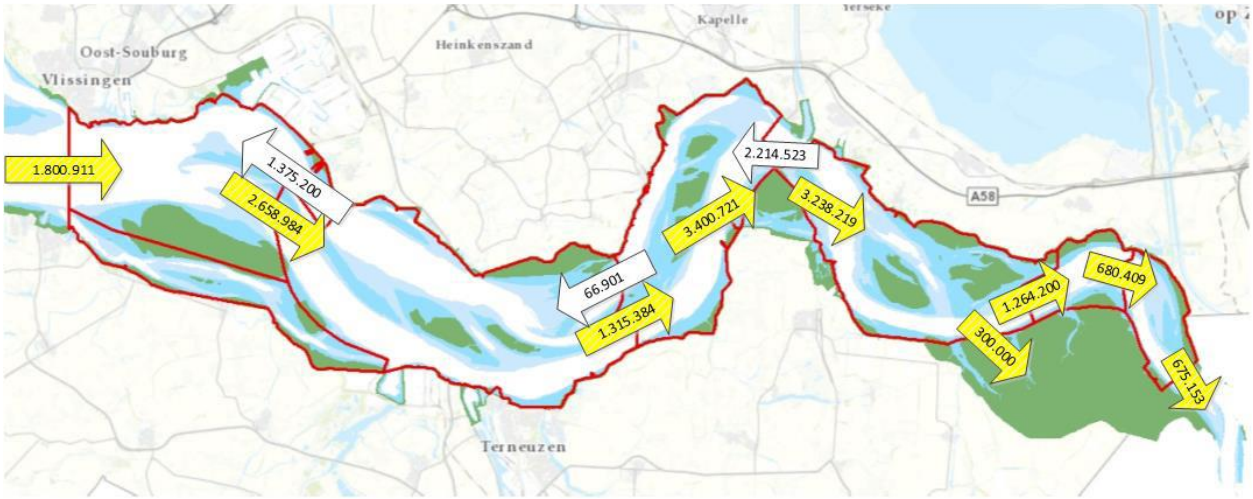


Figuur 9-468: Zandbalans Westerschelde: netto sedimenttransport in de periode 1975-1998 (BOVEN), 1999-2009 (MIDDEN) en 2010-2019 (ONDER). (Bron: Schrijver, 2020)

Figuur 9-469 presenteert naast de netto verplaatsing, ook de antropogene verplaatsing van sediment. Het effect van deze menselijke verplaatsingen op het totale sedimenttransport zijn niet bekend.

Tot slot concludeert Schrijver (2020) dat er in de periode 1995 – 2006 export plaatsvond in de westelijke macrocellen. De mogelijke factoren die een rol kunnen spelen zijn:

- het stortbeleid in deze periode;
- de effecten van de 2e verruiming;
- stopzetten van de zandwinning in macrocel 1 na 1995;
- verandering in de voordelta.



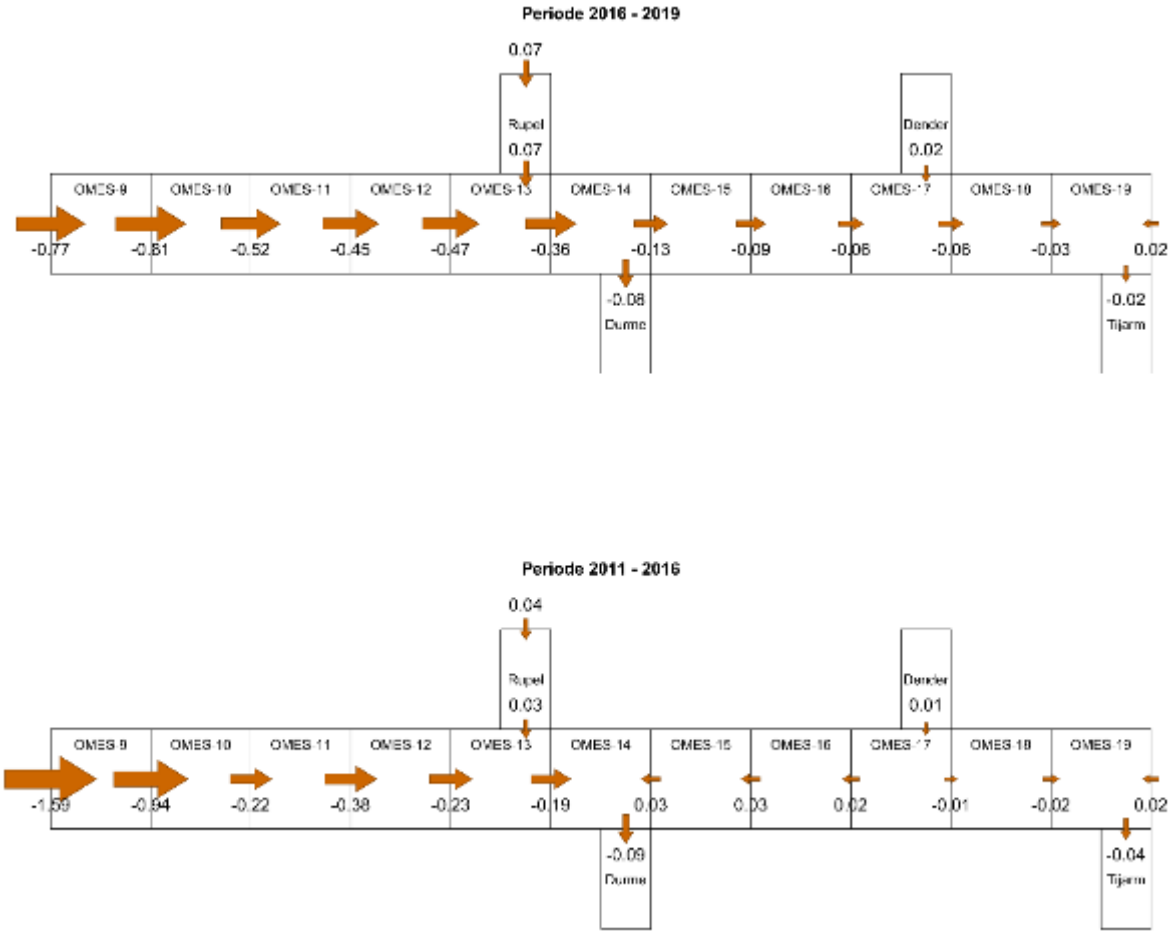
Figuur 9-469: Netto sedimenttransport (gele pijlen) in 2018 en antropogene sedimentverplaatsingen (witte pijlen) over de grens van een macrocel (Bron: Schrijver, 2020)

G.6.4. Eéngeulsysteem

Vos *et al. (in prep.)* voerde een actualisatie slag uit op de eerdere sedimentbalans van Vandenbruwaene *et al.* (2017): een sedimentbalans werd opgesteld voor het Vlaamse deel van het Schelde-estuarium (Zeeschelde, Rupel en Durme), waarbij dezelfde methodiek gebruikt wordt als bij de massabalans van 2011-2016 (Plancke *et al*., 2021). De berekening werd ditmaal uitgevoerd voor de periode 2016-2019 en de resultaten werden vergeleken met de voorgaande balans die focuste op 2011-2016. Merk op hoe hier een massabalans wordt opgesteld (*Ton Droge Stof - TDS)* en wel voor de zand- als slibfractie afzonderlijk.

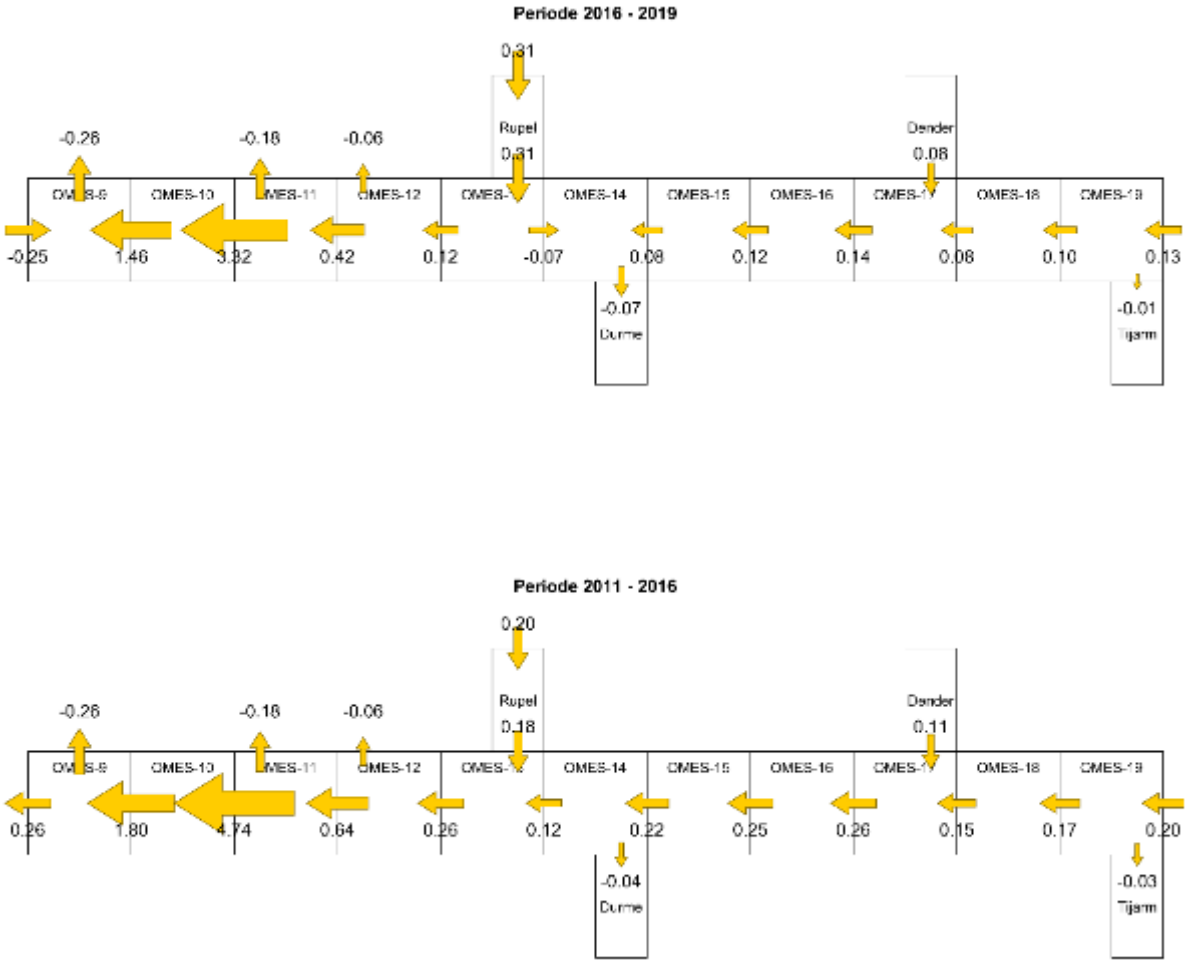
Vos *et al. (in prep.)* concludeerden onderstaande m.b.t. de **zand- en slibbalans in de Zeeschelde**:

> *Figuur 9-470 geeft de zandbalans weer voor de periode 2016-2019 en de periode 2011-2016. Uit de figuur blijkt dat de balans in het algemeen gelijkaardig is voor beide periodes, zowel inzake transportrichtingen als orde van grootte van de berekende jaarlijkse zandtransporten. Tussen de monding van de Dender en de monding van de Rupel was het zandtransport in de periode 2011-2016 opwaarts gericht, terwijl dit in 2016-2019 afwaarts is.*



Figuur 9-470: Zandbalans Zeeschelde voor de periode 2016-2019 (BOVEN) en periode 2011-2016 (ONDER) Weergegeven waarden (MTDS/jaar) zijn de berekende waarden (positief = afwaarts-gericht zandtransport, negatief = opwaarts-gericht zandtransport) | pijlen geven de werkelijke richting weer van dit berekende transport en werden geschaald volgens de grootte van het zandtransport. (Bron: Vos et al., in prep)

Figuur 9-471 geeft de slibbalans weer voor de periode 2016-2019 en de periode 2011-2016. Uit de figuur blijkt dat de balans in het algemeen zeer gelijkaardig is voor beide periodes, zowel inzake transportrichtingen als groottes van de berekende jaarlijkse slibtransporten. Wel is aan de afwaartse rand de transportrichting voor de periode 2016-2019 opwaarts gericht, terwijl deze in de eerdere periode afwaarts gericht was. Ook tussen de cellen 13 en 14 is de richting omgekeerd.



Figuur 9-471 – Slibbalans voor de periode 2016-2019 (boven) en periode 2011-2016 (onder) Weergegeven waarden (MTDS/jaar) zijn de berekende waarden (positief = afwaarts-gericht sllibtransport, negatief = opwaarts-gericht slibtransport) | pijlen geven de werkelijke richting weer van dit berekende transport en werden geschaald volgens de grootte van het slibtransport. (Bron: Vos et al., in prep)

Met betrekking tot de **connectie met de Westerschelde** besluit Vos *et al.* (*in prep.*):

Voor het berekenen van de zandbalans van de Westerschelde wordt aan de stroomopwaartse rand van macrocel 7 (grens Nederland – België) een sedimenttransport opgelegd (Schrijver, 2020). De waarde die wordt opgelegd, is gebaseerd op een vroegere sedimentbalans voor de Westerschelde en de Beneden-Zeeschelde (Haecon, 2006) en bedraagt 675.135 m³/jaar, in

opwaartse richting. Omgerekend naar sedimentmassa komt dit overeen met een opwaarts gericht transport van 1,07 MTDS/jaar.

De berekende zand- en slibtransporten ter hoogte van de grens (i.e. afwaartse rand van voorliggende sedimentbalans) bedragen resp. -0,77 MTDS/jaar (zand) en -0,25 MTDS/jaar (slib). Wanneer beide fractie opgeteld worden, resulteert dit in een jaarlijks transport van 1,02 MTDS/jaar in opwaartse richting. Deze waarde is zeer gelijkaardig met de waarde die gebruikt werd door RWS. Wanneer we de waarden vergelijken met deze uit de sedimentbalans over de periode 2011-2016 bedroeg het transport in opwaartse richting 1,33 MTDS/jaar.

Wanneer we de waarden vergelijken met deze uit de sedimentbalans over de periode 2011-2016 vinden we daar een zand- en slibtransport ter hoogte van de grens van resp. -1,06 MTDS/jaar (zand) en +0,40 MTDS/jaar (slib), wat gecombineerd leidt tot een jaarlijks transport van 0,66 MTDS/jaar, opnieuw opwaarts gericht. Deze waarde ligt op haar beurt lager dan de door RWS gehanteerde opwaartse randvoorwaarde.

Concluderend kan gesteld worden dat de door RWS gehanteerde opwaartse randvoorwaarde voor het berekenen van de sedimentbalans voor de Westerschelde goed overeenstemt met de berekende residuele sedimenttransporten ter hoogte van de grens uit de berekening van de zand- en slibbalans voor de Zeeschelde. Op kortere termijn zien we wel een variatie in de berekende zand- en slibbalansen ter hoogte van de grens. Er wordt dan ook geadviseerd de opwaartse randvoorwaarde voor het berekenen van de sedimentbalans voor de Westerschelde af te stemmen op de berekende waarde uit de zand- en slibbalans voor de Zeeschelde.

G.7. Sedimenttransportcapaciteit

G.7.1. Definitie & Methodiek

De sedimenttransportcapaciteit legt de link tussen de waargenomen hydrodynamische verandering (t.g.v. o.m. een wijzigende morfologie) en de terugkoppeling (erosie/sedimentatie) naar de morfologische verandering.

De sedimenttransportcapaciteit is afgeleid met behulp van numerieke modellen. De methodiek en resultaten staan gedetailleerd toegelicht in Stark *et al*. (2022). Hierbij is aandacht besteed aan de modelkeuze en de methodiek voor het genereren van relevante modeluitvoer. Een vergelijking tussen het NeVla model in Delft3D (Vanlede *et al.*, 2015)en het Scaldis model in Telemac-3D (Smolders *et al.*, 2016) toont aan dat het **Scaldis model** het meest geschikt is voor het berekenen van de sedimenttransportcapaciteit in het gehele estuarium: in de Westerschelde zijn de resultaten vergelijkbaar. In de Zeeschelde kent Scaldis een hogere resolutie en representatie van de Boven-Zeeschelde en haar zijrivieren. De modeluitvoer die kan worden opgeleverd bestaat uit gebiedsdekkende kaarten van de bruto- en netto transportcapaciteit, berekend op basis van één getij. Ook worden de bruto- en netto transportcapaciteit, alsmede de getijdebieten, berekend door raaien langs het estuarium, nu over een volledige springtij-doodtij cyclus. Vervolgens is de voorgestelde methodiek toegepast voor modelsimulaties voor de jaren 2011, 2013, 2016 en 2019. De modelresultaten geven o.a. een indicatie van de zones in het estuarium waar de transportcapaciteit het hoogst of het laagst is. Daarnaast kan op basis van de modelresultaten aangeduid worden in welke zones het netto transport

opwaarts of juist afwaarts is gericht. Vergelijkingen tussen de modelsimulaties van verschillende jaren kunnen worden gebruikt om de vaak subtiele veranderingen of trends te analyseren.

De opgeleverde modeluitvoer bestaat uit gebiedsdekkende kaarten van de bruto sedimenttransportcapaciteit en van de netto transportcapaciteit. Deze kaarten worden bepaald op basis van één getij en bevatten verwerkte modelresultaten in het subtidale deel van het estuarium. Daarnaast worden de bruto- en netto transportcapaciteit ook berekend door raaien langs het estuarium. Hierbij wordt de transportcapaciteit berekend over een volledige springtij-doodtij cyclus. In de Westerschelde bestrijken de raaien de hoofd- en nevengeulen van de verschillende macrocellen. Per macrocel worden de transporten in de hoofd- en nevengeul nog gemiddeld zodat binnen elke macrocel voor elke geul één waarde kan worden gepresenteerd. In de Zeeschelde wordt de transportcapaciteit berekend voor de OMES-raaien. Naast het sedimenttransport wordt ook het debiet door de raaien opgeleverd. Uit deze debieten worden de getijvolumes bij vloed en bij eb afgeleid.

G.7.2. Data

Kaarten voor de jaarlijkse bruto en netto sedimenttransportcapaciteit[25] in m³/jaar/m werden aangeleverd gesteld door het Waterbouwkundig Laboratorium, en zijn ter beschikking gesteld met een WCS-service op de Geoserver van het VLIZ.

G.7.3. Besluit Stark *et al*. (2022)

Volgende paragrafen beschrijven de trend in zowel bruto, als netto sedimenttransportcapaciteit per (sub)deelsysteem. Figuur 9-472 presenteert de bruto en netto sedimenttransportcapaciteit in de geulen van de Westerschelde. Figuur 9-473 presenteert de bruto en netto sedimenttransportcapaciteit in de OMES-segmenten van de Zeeschelde.

De output werd rechtstreeks aangeleverd door Stark *et al*. (2022). Zij concludeerden onderstaande:

Algemeen:

> *De modelresultaten die in dit rapport zijn gepresenteerd geven een indicatie van zones in het estuarium waar de sedimenttransportcapaciteit het hoogst is en hoe deze varieert doorheen de tijd. De hoogste sedimenttransportcapaciteit wordt in alle simulaties gevonden in de Schaar van de Spijkerplaat, het drempelgebied tussen de Everingen en de Geul van Baarland en de Overloop van Ossenisse (met name Gat van Ossenisse en Put van Hansweert) in de Westerschelde en ter hoogte van Burcht en Hemiksem in de Beneden-Zeeschelde. Ook kan op basis van de modelresultaten aangeduid worden in welke zones het netto transport opwaarts of juist afwaarts is gericht. De modelresultaten tonen een duidelijk beeld van ebgeulen en vloedgeulen in de Westerschelde. In de Beneden-Zeeschelde kan een onderscheid worden gemaakt tussen de geul waar het netto transport veelal afwaarts is gericht en enkele vloedscharen of platen langs de oevers waar het netto transport juist opwaarts is gericht. Ook tussen Burcht en Schelle is de*

[25] Bruto sedimenttransportcapaciteit: sedimenttransportcapaciteit bij vloed + sedimenttransportcapaciteit bij eb
Netto sedimenttransportcapaciteit: sedimenttransportcapaciteit bij vloed - sedimenttransportcapaciteit bij eb

netto transportrichting opwaarts. Een vergelijking tussen de modelsimulaties van verschillende jaren kan worden gebruikt om de - vaak subtiele - veranderingen of trends te analyseren.

Bruto Sedimenttransportcapaciteit:

De berekening van de bruto transportcapaciteit door de raaien bevestigt dat de Schaar van de Spijkerplaat, de Everingen en de Overloop van Hansweert in de Westerschelde de hoogste transportcapaciteit hebben. In de Zeeschelde wordt de hoogste bruto transportcapaciteit gemodelleerd door OMES-raai 12, ter hoogte van Burcht. Uiteraard neemt de transportcapaciteit door de raaien stroomopwaarts geleidelijk af door de kleinere dwarssecties en lagere getijvolumes.

De ontwikkeling van de bruto transportcapaciteit in de verschillende geulen en macrocellen in de Westerschelde tussen 2011 en 2019 toont kleine variaties en ook enkele geleidelijke veranderingen. Zo nam de transportcapaciteit in macrocel 1 in beide geulen toe tussen 2011 en 2013 en af tussen 2013 en 2019. Hetzelfde geldt voor de Overloop van Hansweert in macrocel 4. In het Middelgat (macrocel 4) en de Schaar van de Noord (macrocel 6) is sprake van een continue afname van de sedimenttransportcapaciteit tussen 2011 en 2019. In macrocel 5 is de sedimenttransportcapaciteit juist toegenomen over de geanalyseerde periode.

In de Zeeschelde nam de bruto sedimenttransportcapaciteit geleidelijk af voor OMES-raai 8 (ter hoogte van Prosperpolder), raai 9 (Doel), raai 11 (Oosterweel), raai 14 (Tielrode). Voor OMES-raai 10 (net opwaarts van Liefkenshoek), raai 12 (Burcht) en raai 16 (Dendermonde) is juist sprake van een geleidelijke toename, hoewel de bruto transportcapaciteit tussen 2016 en 019 weer afnam door OMES-raai 12.

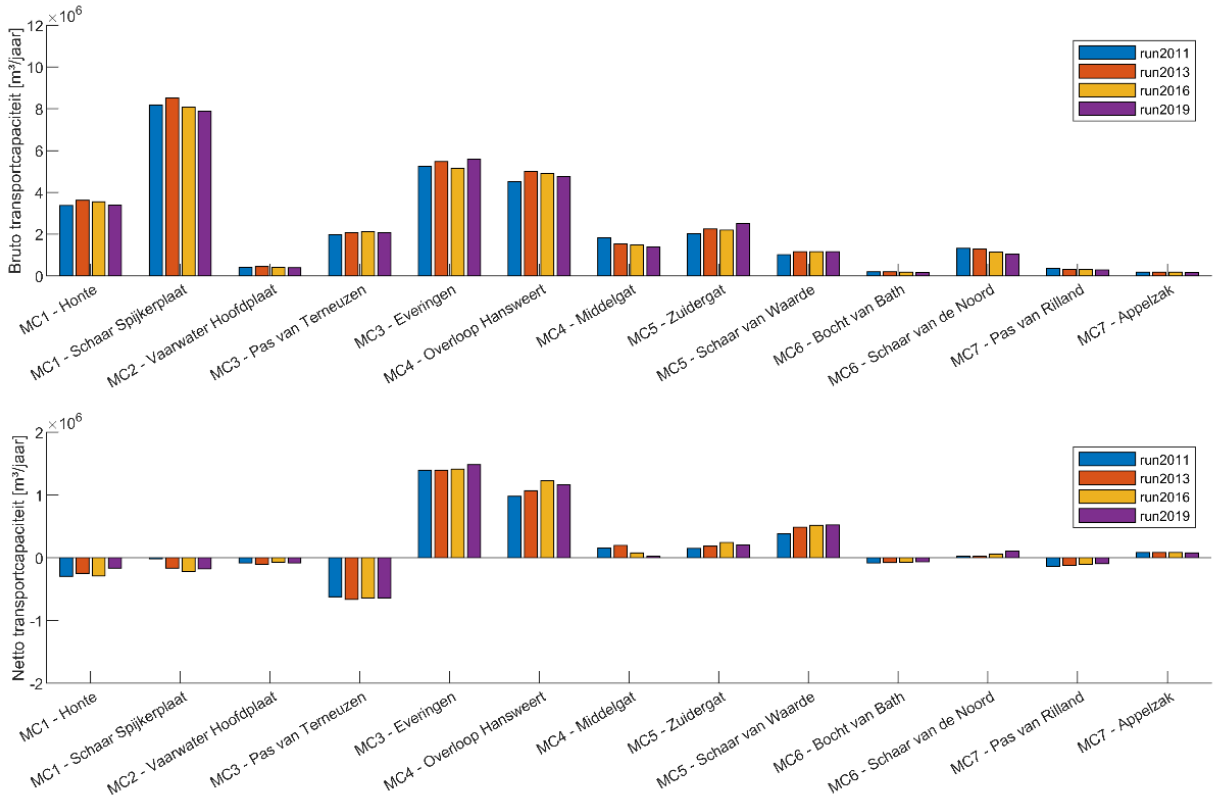
Netto Sedimenttransportcapaciteit:

Op basis van de berekende netto transportcapaciteit door de raaien in de Westerschelde zijn de Everingen, de Overloop van Hansweert en de Schaar van Waarde de belangrijkste vloedgeulen, terwijl de Pas van Terneuzen de hoogste netto sedimenttransporten in afwaartse richting heeft. Ook in de gemodelleerde netto transportcapaciteit zijn enkele veranderingen over tijd te zien. In macrocel 1 in de Westerschelde wordt de Honte iets minder eb-gedomineerd en de Schaar van de Spijkerplaat iets meer eb-gedomineerd tussen 2011 en 2019. In de Everingen, Overloop van Hansweert, het Zuidergat en de Schaar van Waarde nam de vloed-gedomineerde netto transportcapaciteit toe tussen 2011 en 2016, waarna deze in laatstgenoemde geulen weer afnam tussen 2016 en 2019.

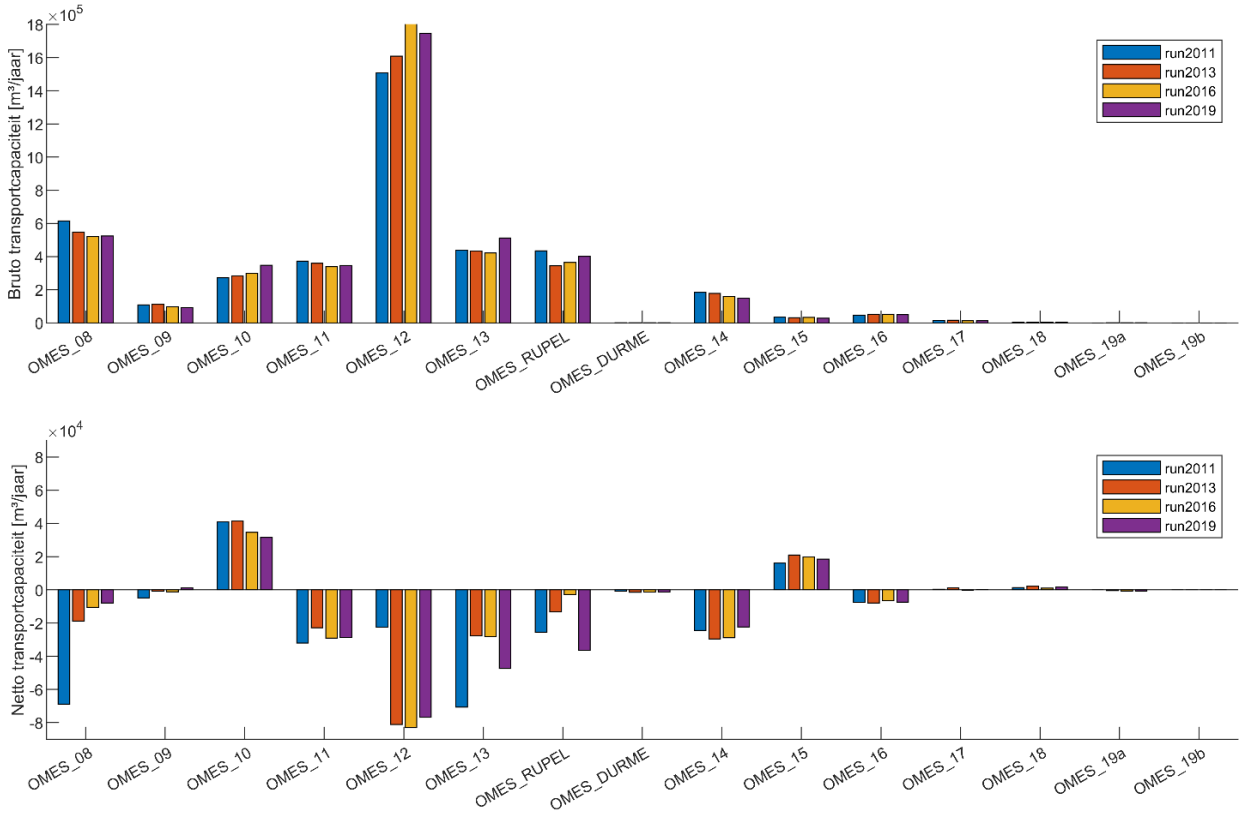
Er wordt opgemerkt dat de individuele raaien zich in een overgangsgebied tussen een ebgeul en vloedgeul kunnen bevinden, waardoor het gemiddelde transport van een hoofdgeul of nevengeul niet altijd representatief is voor de gehele geulsectie. Dit is bijvoorbeeld het geval voor het Middelgat, waar voor de meest afwaartse raai in de 2011 en 2013 simulaties een zeer sterk netto opwaarts transport wordt berekend en het gemiddelde netto transport daardoor wordt beïnvloed. Omwille van de onderlinge vergelijkbaarheid van de modelresultaten voor de verschillende jaren worden de meest afwaartse raaien toch meegenomen in de berekening van het gemiddelde netto transport voor het Middelgat. Een ander voorbeeld van tegengestelde transportrichtingen binnen één geul is de Schaar van de Spijkerplaat. Hier is er een duidelijk onderscheid tussen de afwaartse raaien met een sterk vloed-gedomineerd transport en de opwaartse raaien met een sterk eb-gedomineerd transport. In beide gevallen is de grootte en

richting van de netto transportcapaciteit die in Figuur 17 wordt gepresenteerd dus niet representatief voor de gehele geulsectie.

In de Zeeschelde wordt voor OMES-raai 10 en raai 15 een duidelijk vloed-gedomineerd netto transport gesimuleerd. Raaien 8 (Prosperpolder) en raaien 11-14 (Oosterweel tot Tielrode) geven juist relatief sterke netto transportcapaciteit in afwaartse richting. Hierbij moet worden opgemerkt dat de afstand tussen de verschillende raaien steeds groot is en dat in tussenliggende gebieden ook sprake kan zijn van omgekeerde transportrichtingen, zoals ook uit de gebiedsdekkende kaarten blijkt. Voor de OMES-raaien in de Zeeschelde zijn de relatieve temporele veranderingen tussen 2011 en 2019 groter dan voor de gemiddelde netto transportcapaciteit door de raaien in de Westerschelde. Voor OMES-raai 9 (ter hoogte van Doel) is zelfs sprake van een verandering van netto afwaarts transport in de periode 2011-2016 naar netto opwaarts transport in 2019, al is de netto transportcapaciteit hier zeer gering. Verder valt in de Zeeschelde de afname van het afwaarts gericht netto transport door raai 8 (Prosperpolder) op, evenals de sterke toename in het afwaartse transport door raai 12 (Burcht) tussen 2011 en 2013. De temporele verandering in netto transportcapaciteit is sowieso zeer variabel voor raaien 12, 13 en de raai in de Rupelmonding.



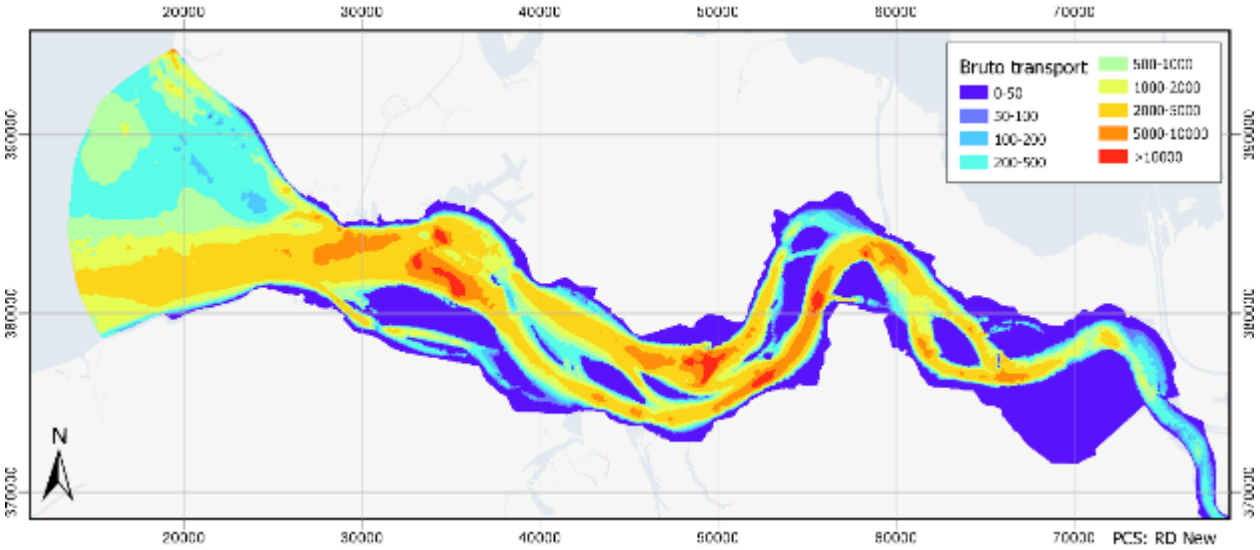
Figuur 9-472: Bruto (boven) en netto (onder) sedimenttransportcapaciteit, gemiddeld per macrocel, voor raaien in de Westerschelde op basis van modelberekeningen in Scaldis voor de jaren 2011, 2013, 2016 en 2019 (Bron: Stark et al. 2022)



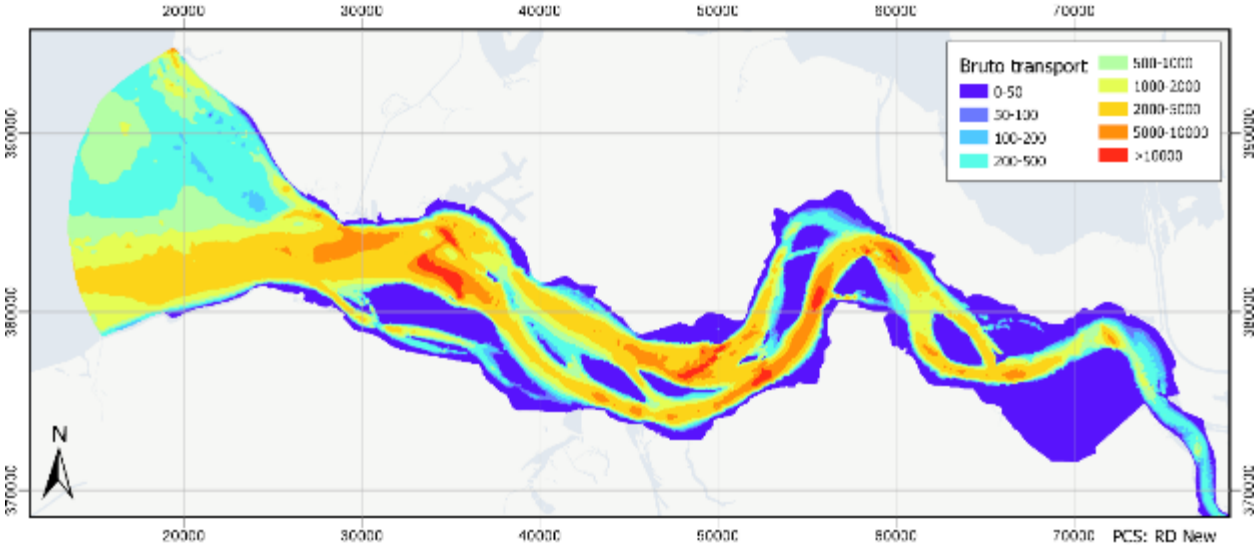
Figuur 9-473: Bruto (boven) en netto (onder) sedimenttransportcapaciteit door OMES-raaien in de Zeeschelde op basis van modelberekeningen in Scaldis voor de jaren 2011, 2013, 2016 en 2019. (Bron: Stark et al. 2022)

G.7.4. Kaarten Westerschelde

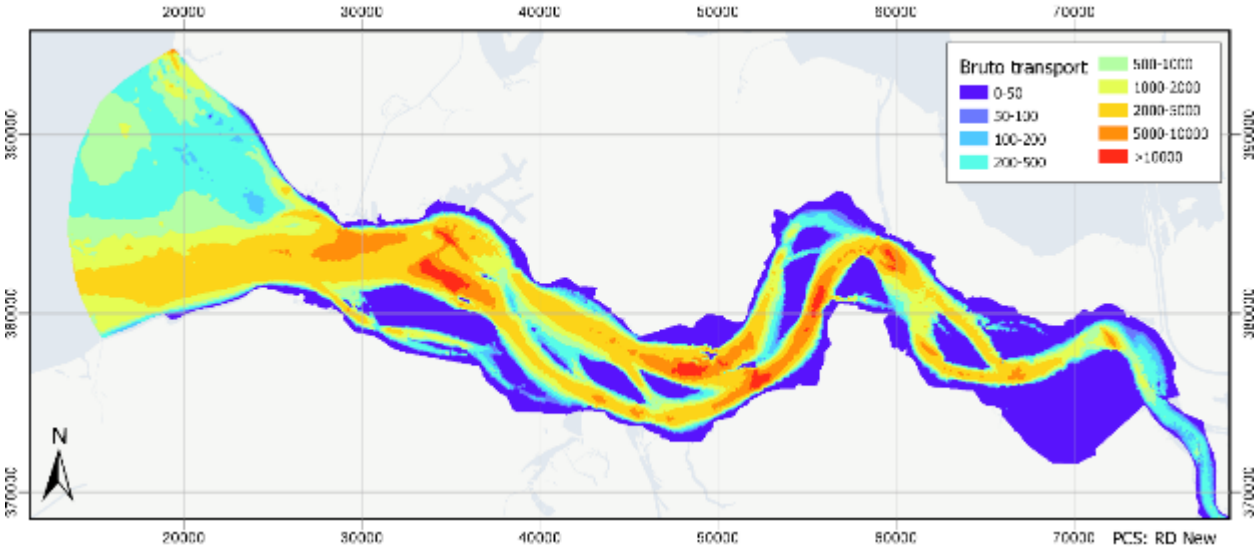
Bruto sedimenttransportcapaciteit



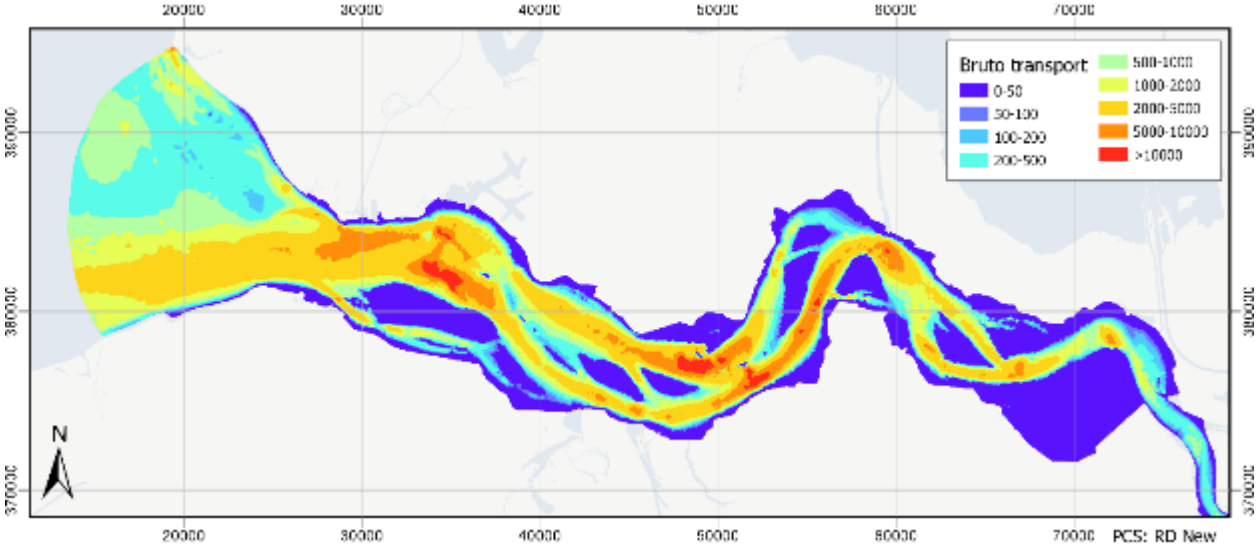
Figuur 9-474: Bruto sedimenttransportcapaciteit Westerschelde (2019)



Figuur 9-475: Bruto sedimenttransportcapaciteit Westerschelde (2016)

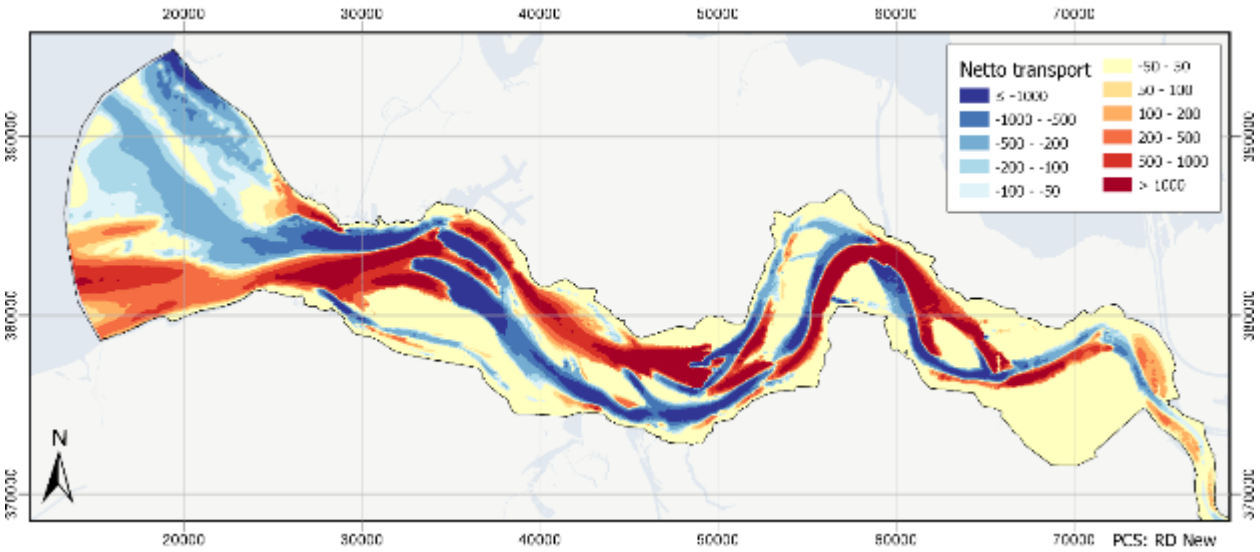


Figuur 9-476: Bruto sedimenttransportcapaciteit Westerschelde (2013)

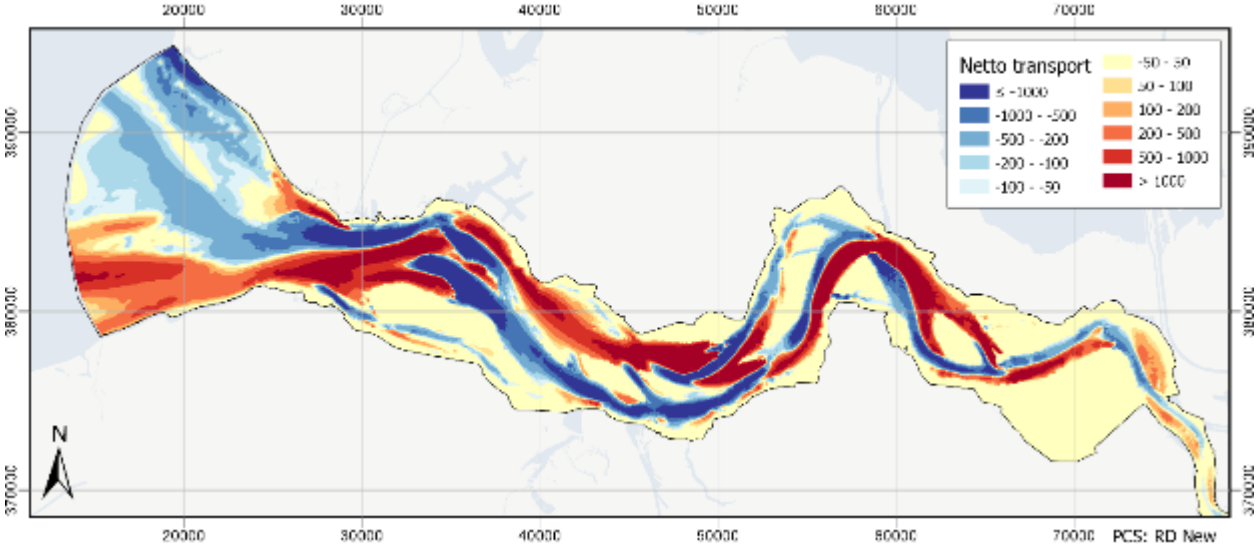


Figuur 9-477: Bruto sedimenttransportcapaciteit Westerschelde (2011)

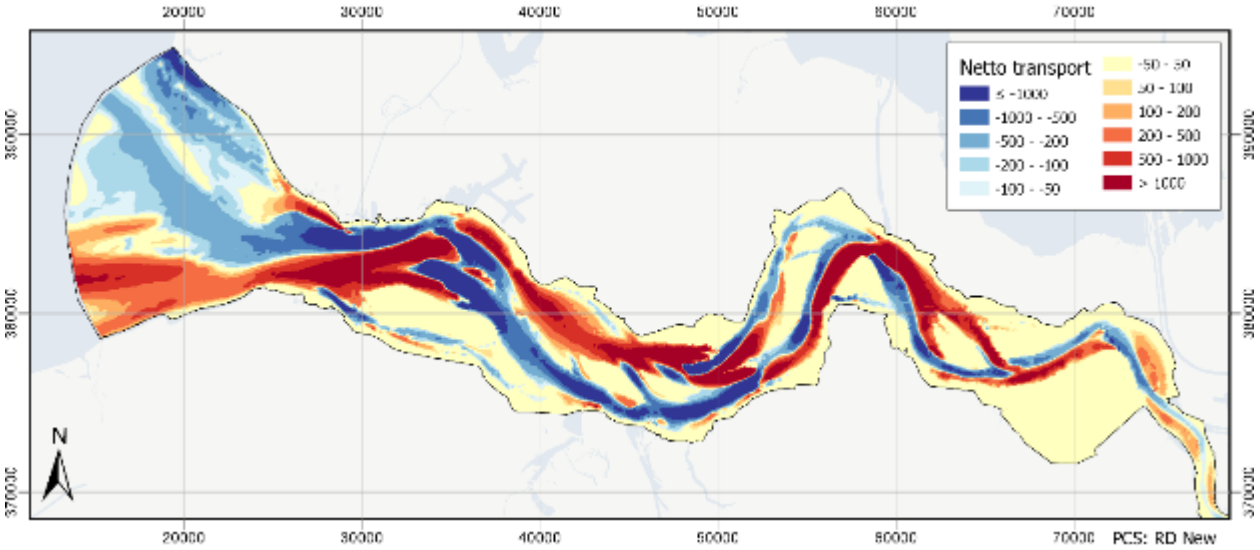
Netto sedimenttransportcapaciteit



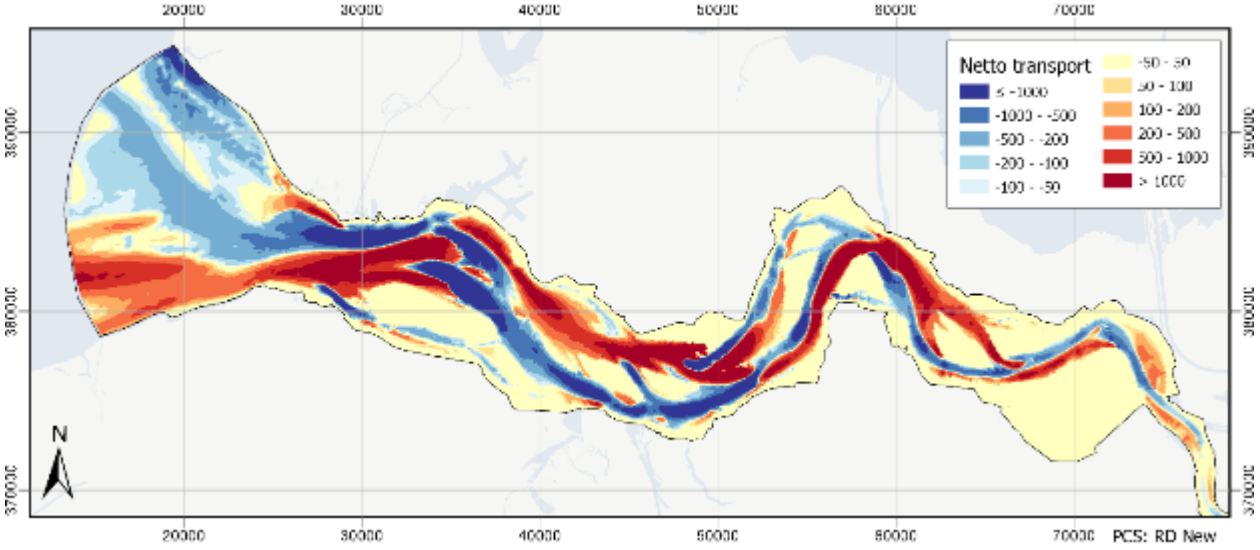
Figuur 9-478: Netto sedimenttransportcapaciteit Westerschelde (2019)



Figuur 9-479: Netto sedimenttransportcapaciteit Westerschelde (2016)



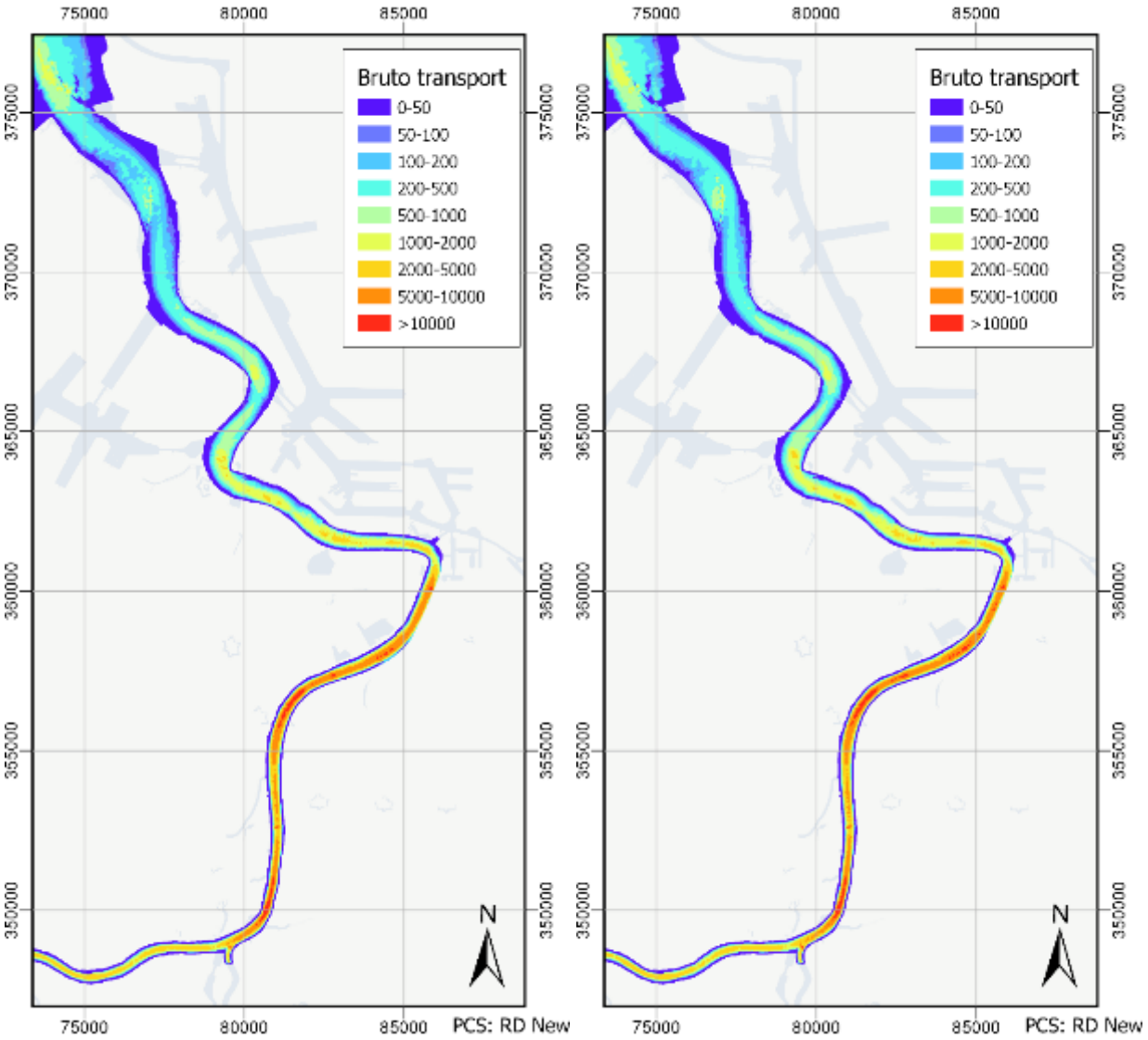
Figuur 9-480: Netto sedimenttransportcapaciteit Westerschelde (2013)



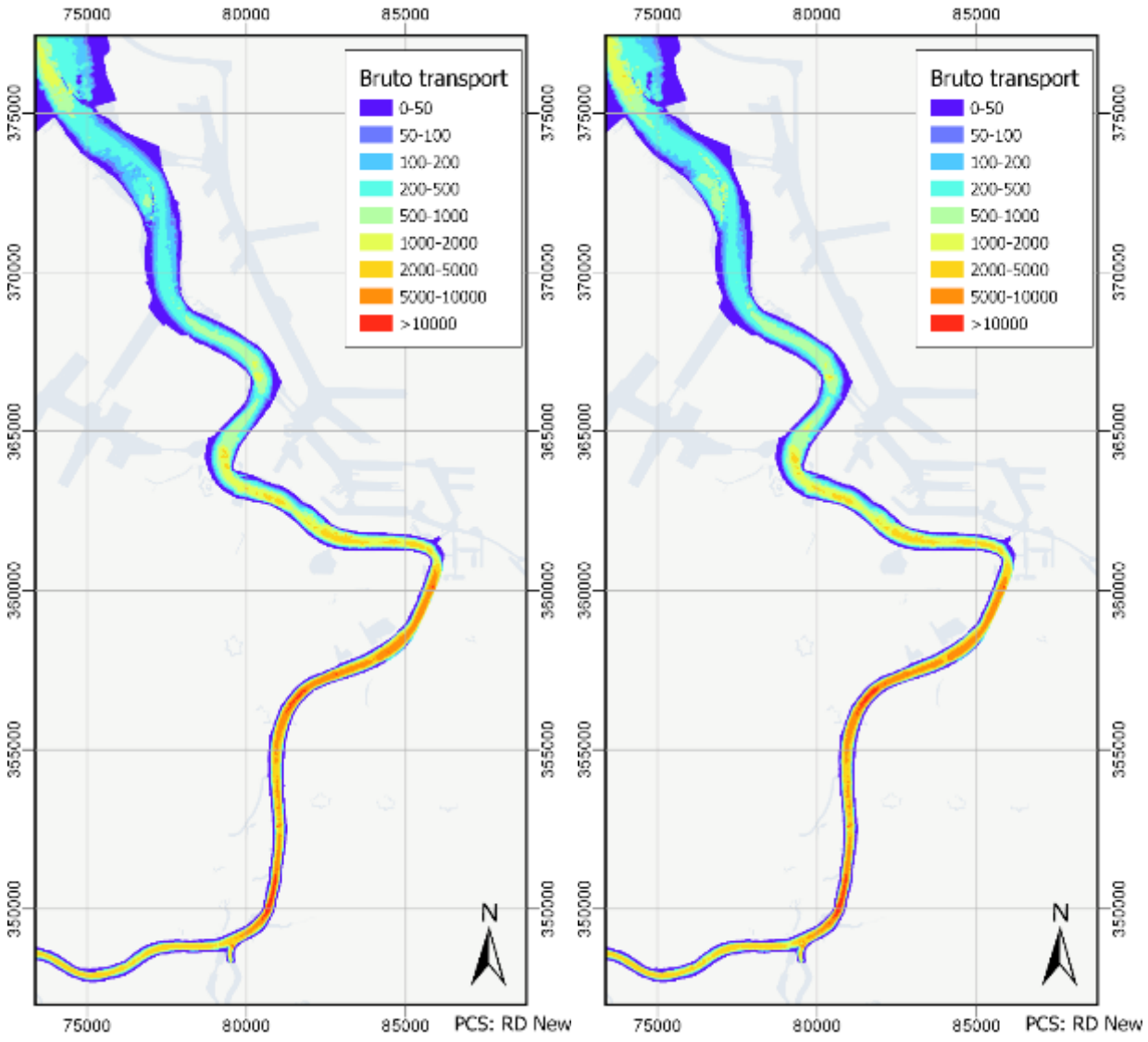
Figuur 9-481: Netto sedimenttransportcapaciteit Westerschelde (2011)

G.7.5. Kaarten Beneden-Zeeschelde

Bruto sedimenttransportcapaciteit

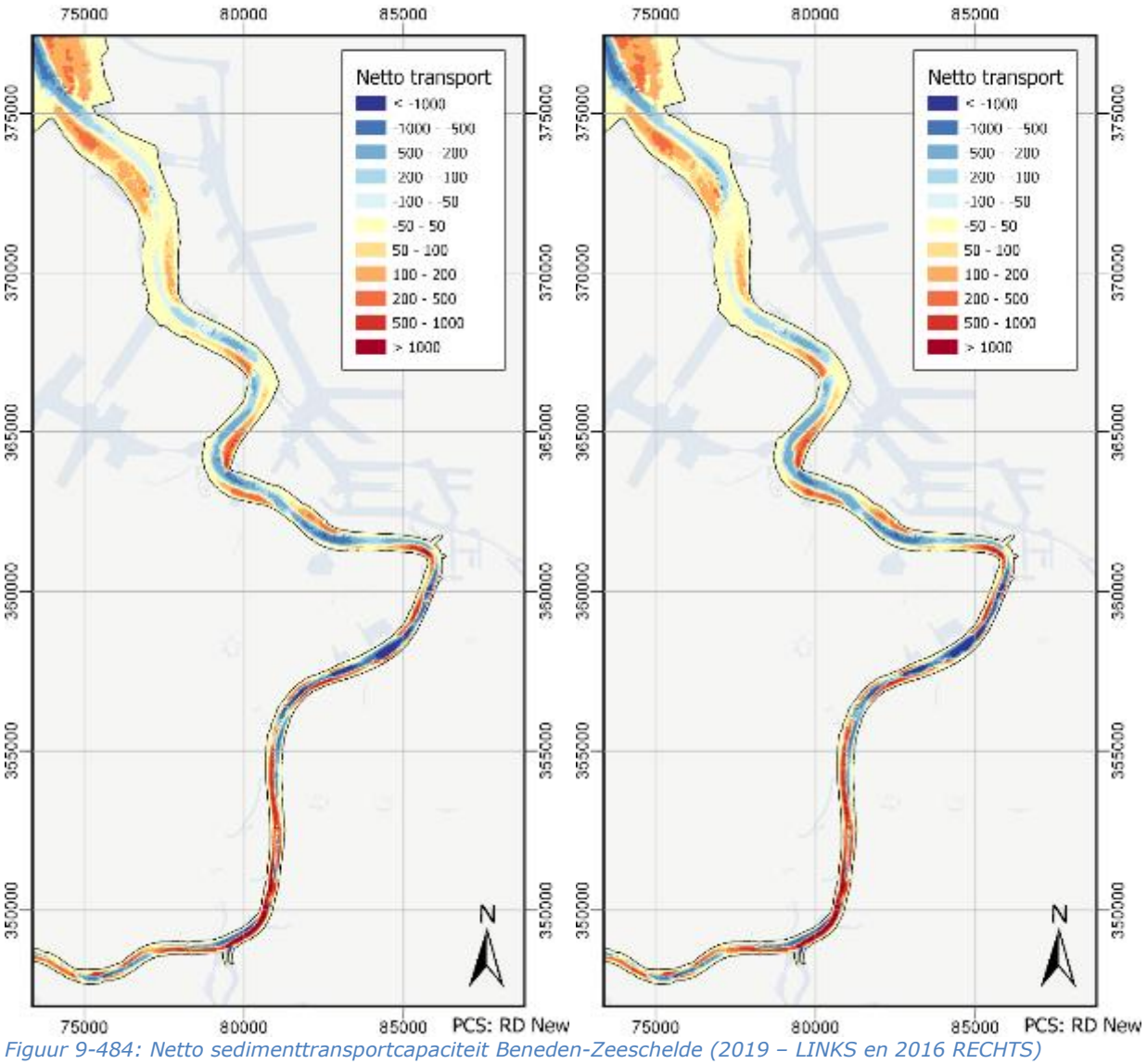


Figuur 9-482: Bruto sedimenttransportcapaciteit Beneden-Zeeschelde (2019 – LINKS en 2016 - RECHTS)

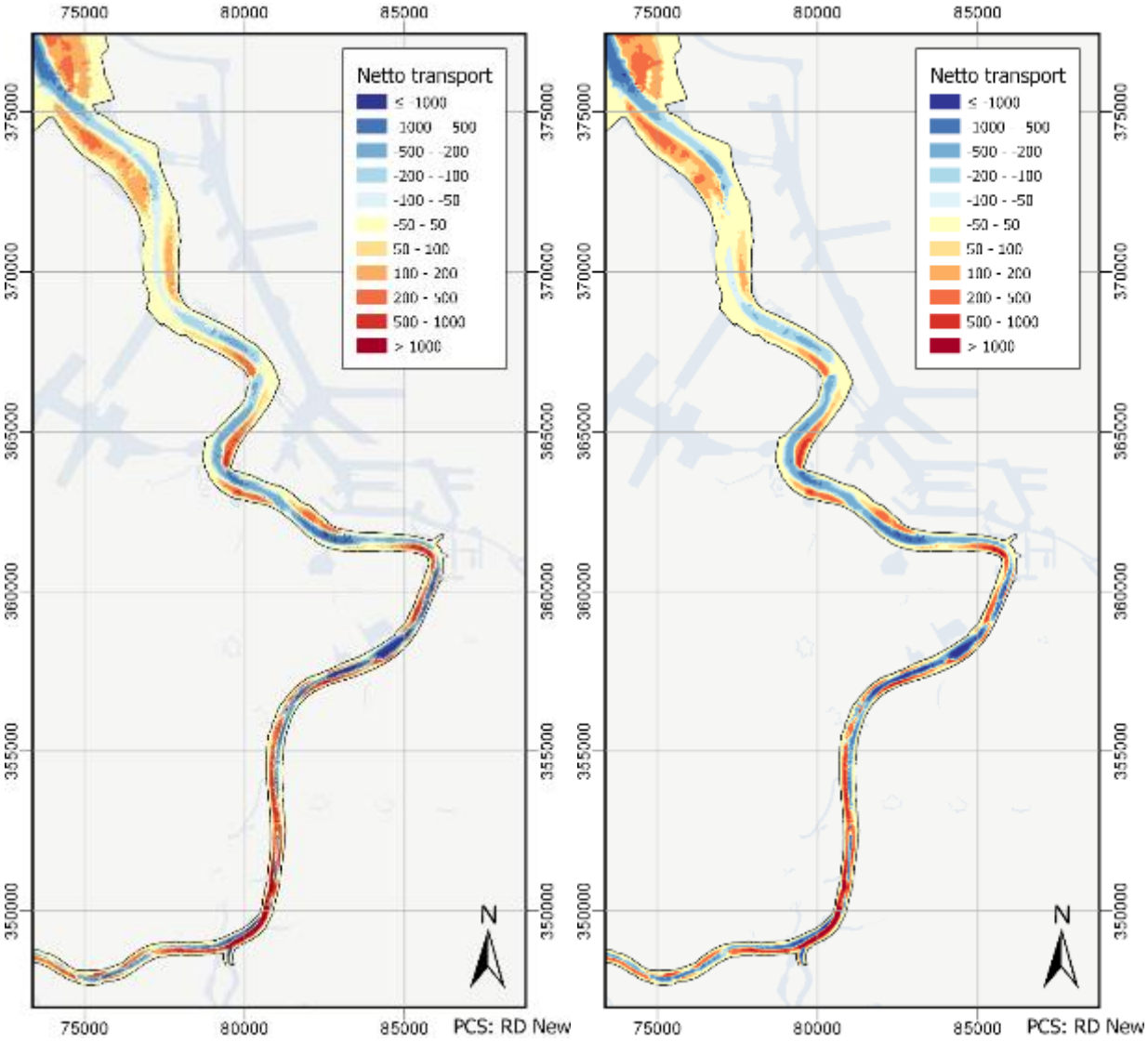


Figuur 9-483: Bruto sedimenttransportcapaciteit Beneden-Zeeschelde (2013- LINKS en 2011 RECHTS)

Netto sedimenttransportcapaciteit



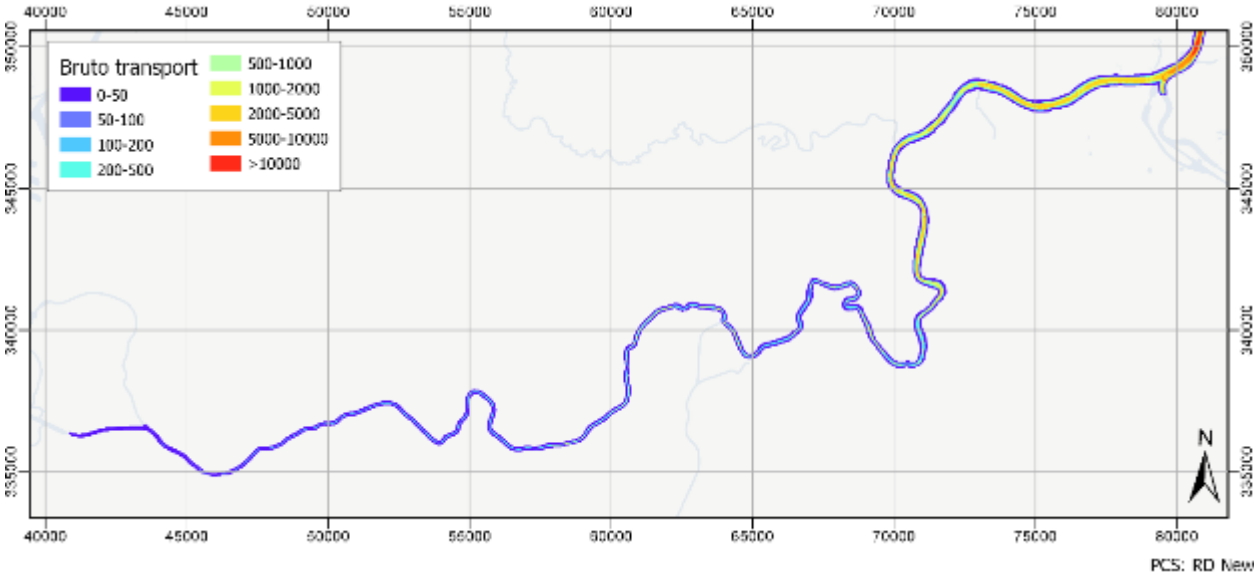
Figuur 9-484: Netto sedimenttransportcapaciteit Beneden-Zeeschelde (2019 – LINKS en 2016 RECHTS)



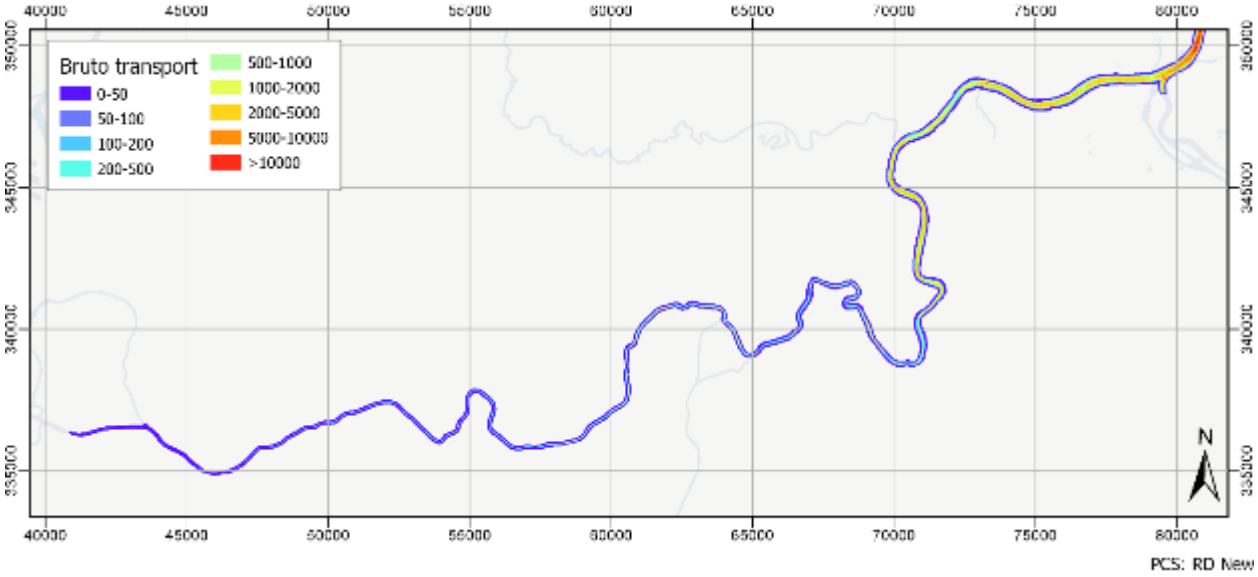
Figuur 9-485: Netto sedimenttransportcapaciteit Beneden-Zeeschelde (2013 - LINKS en 2011 - RECHTS)

G.7.6. Kaarten Boven-Zeeschelde

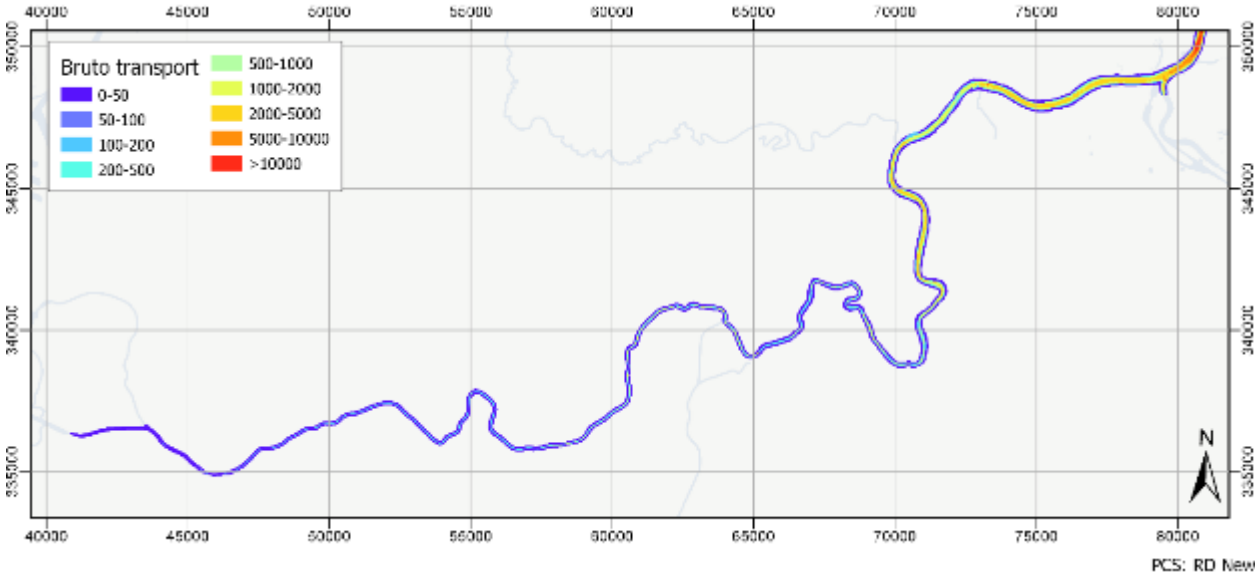
Bruto sedimenttransportcapaciteit



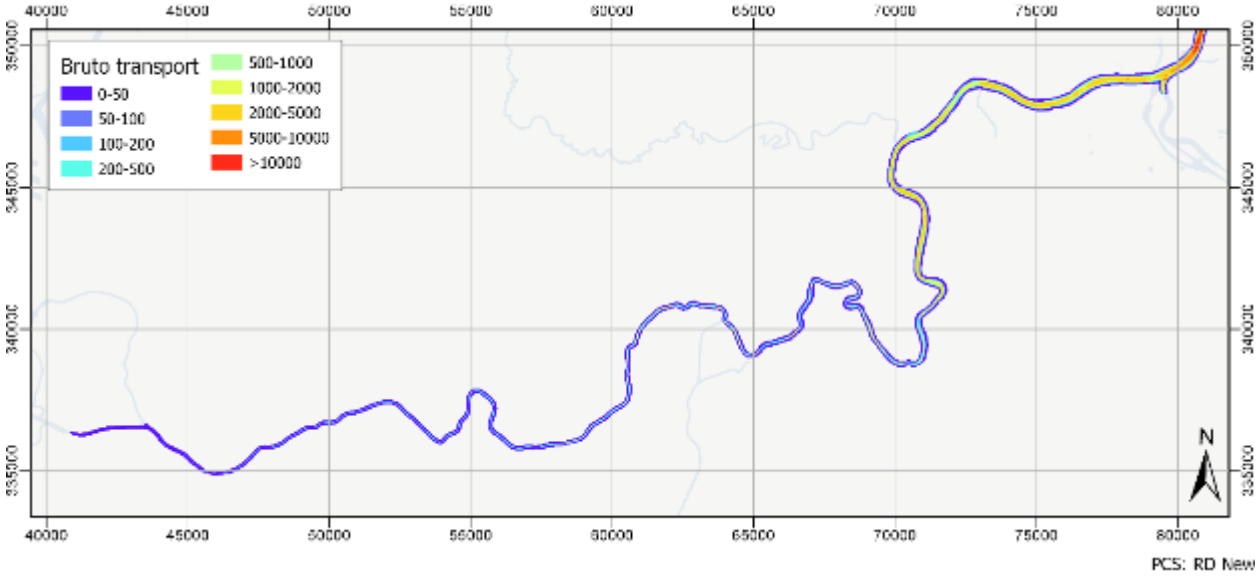
Figuur 9-486: Bruto sedimenttransportcapaciteit Boven-Zeeschelde (2019)



Figuur 9-487: Bruto sedimenttransportcapaciteit Boven-Zeeschelde (2016)

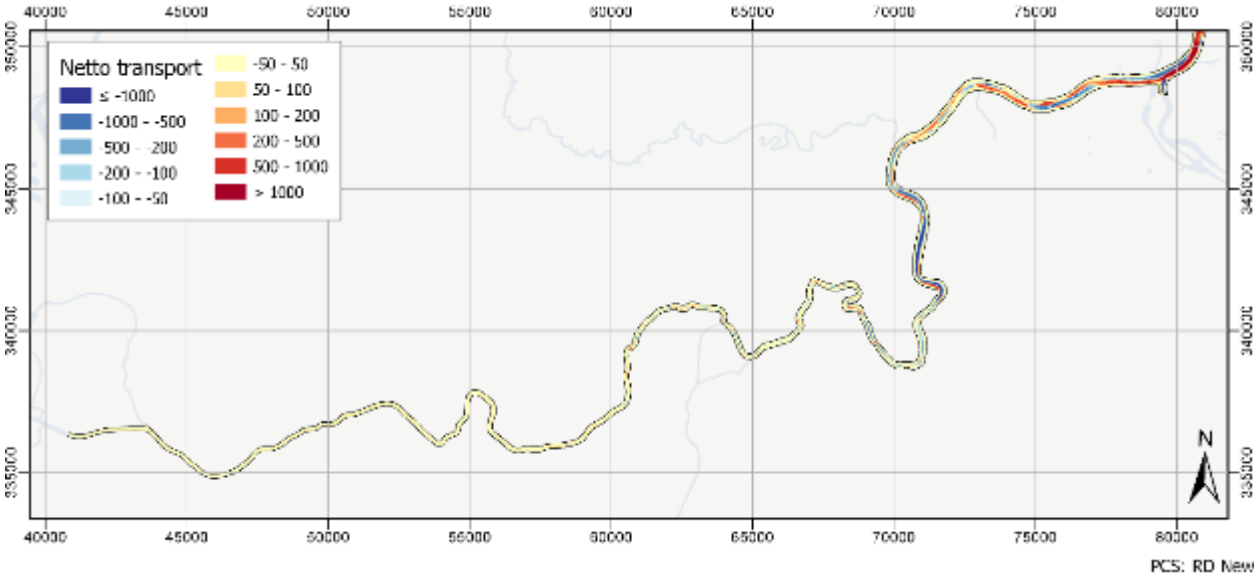


Figuur 9-488: Bruto sedimenttransportcapaciteit Boven-Zeeschelde (2013)

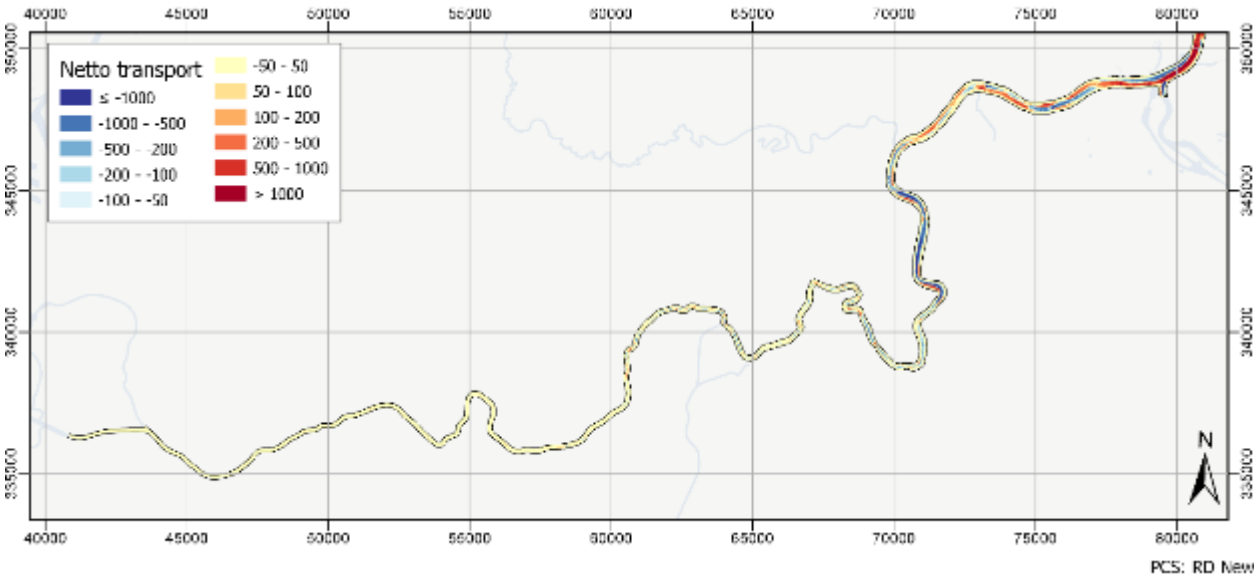


Figuur 9-489: Bruto sedimenttransportcapaciteit Boven-Zeeschelde (2011)

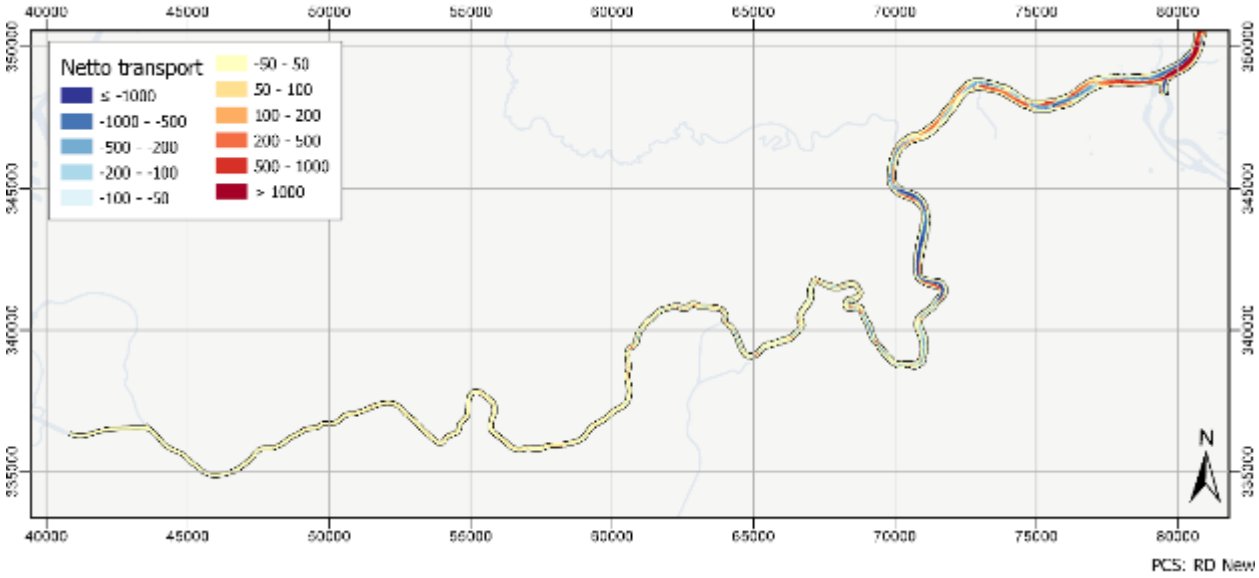
Netto sedimenttransportcapaciteit



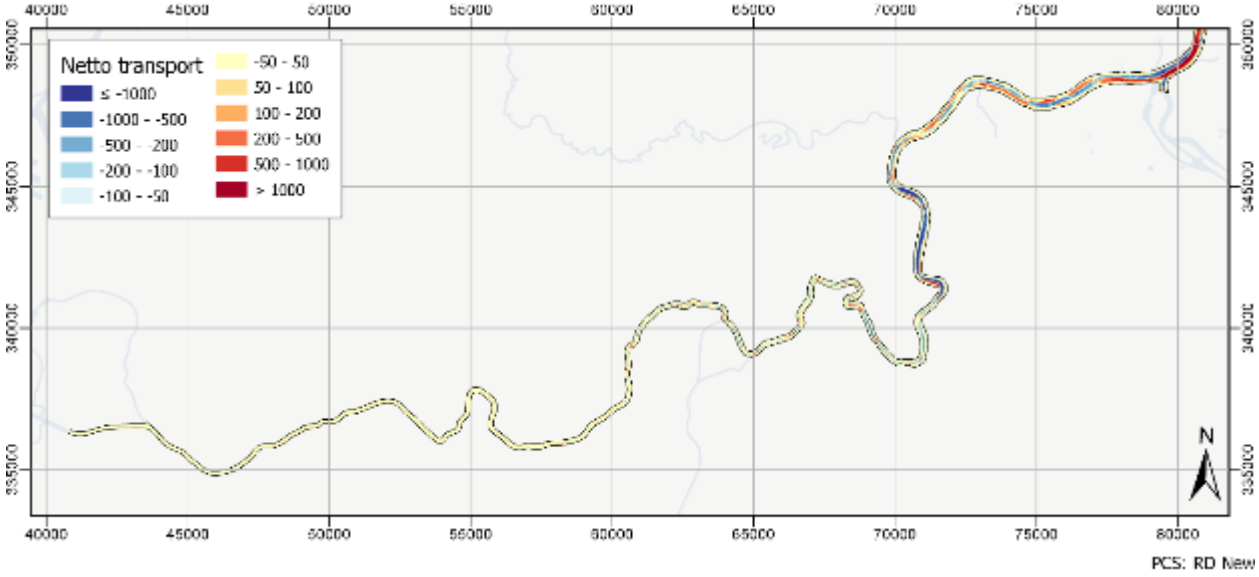
Figuur 9-490: Netto sedimenttransportcapaciteit Boven-Zeeschelde (2019)



Figuur 9-491: Netto sedimenttransportcapaciteit Boven-Zeeschelde (2016)



Figuur 9-492: Netto sedimenttransportcapaciteit Boven-Zeeschelde (2013)



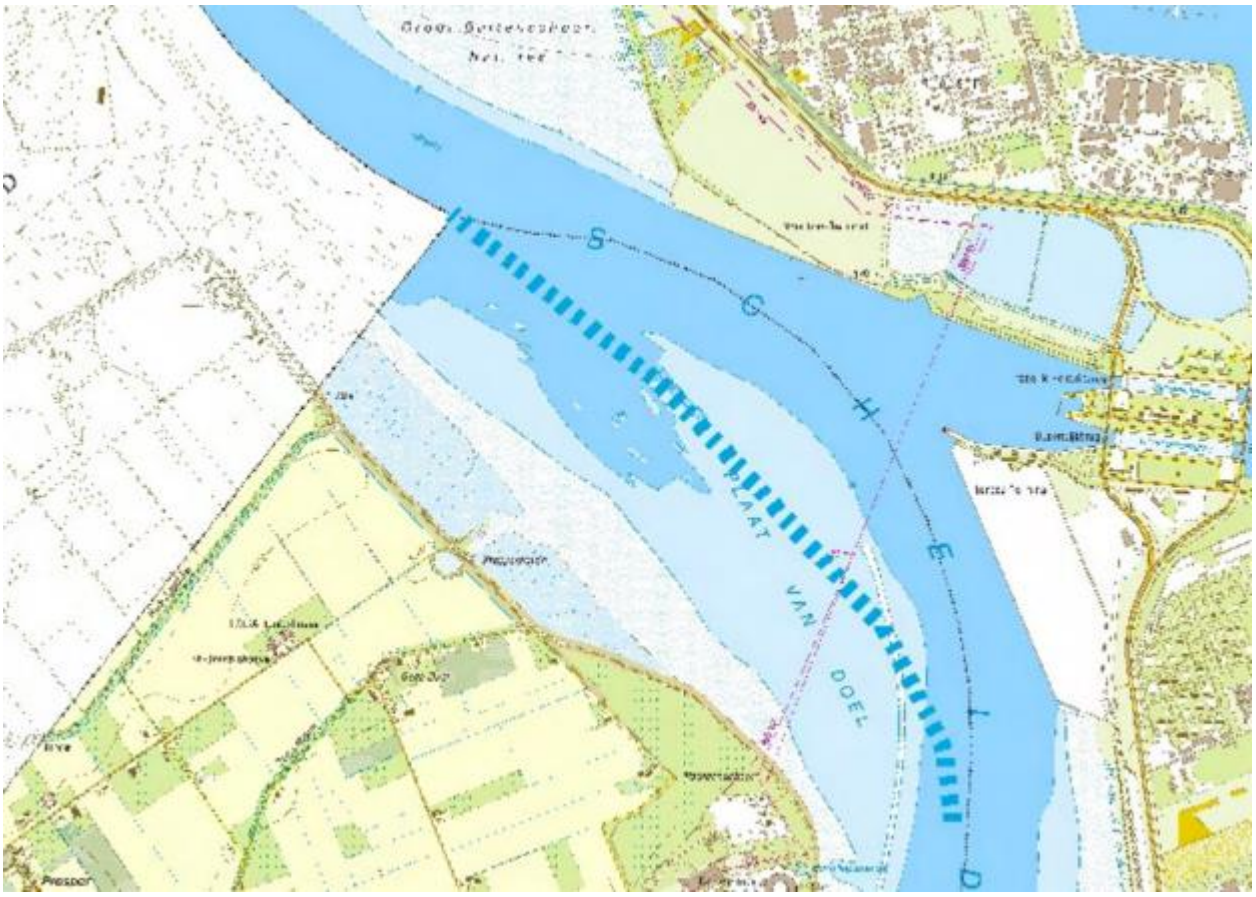
Figuur 9-493: Netto sedimenttransportcapaciteit Boven-Zeeschelde (2011)

H. Bijlage H – Menselijke activiteiten

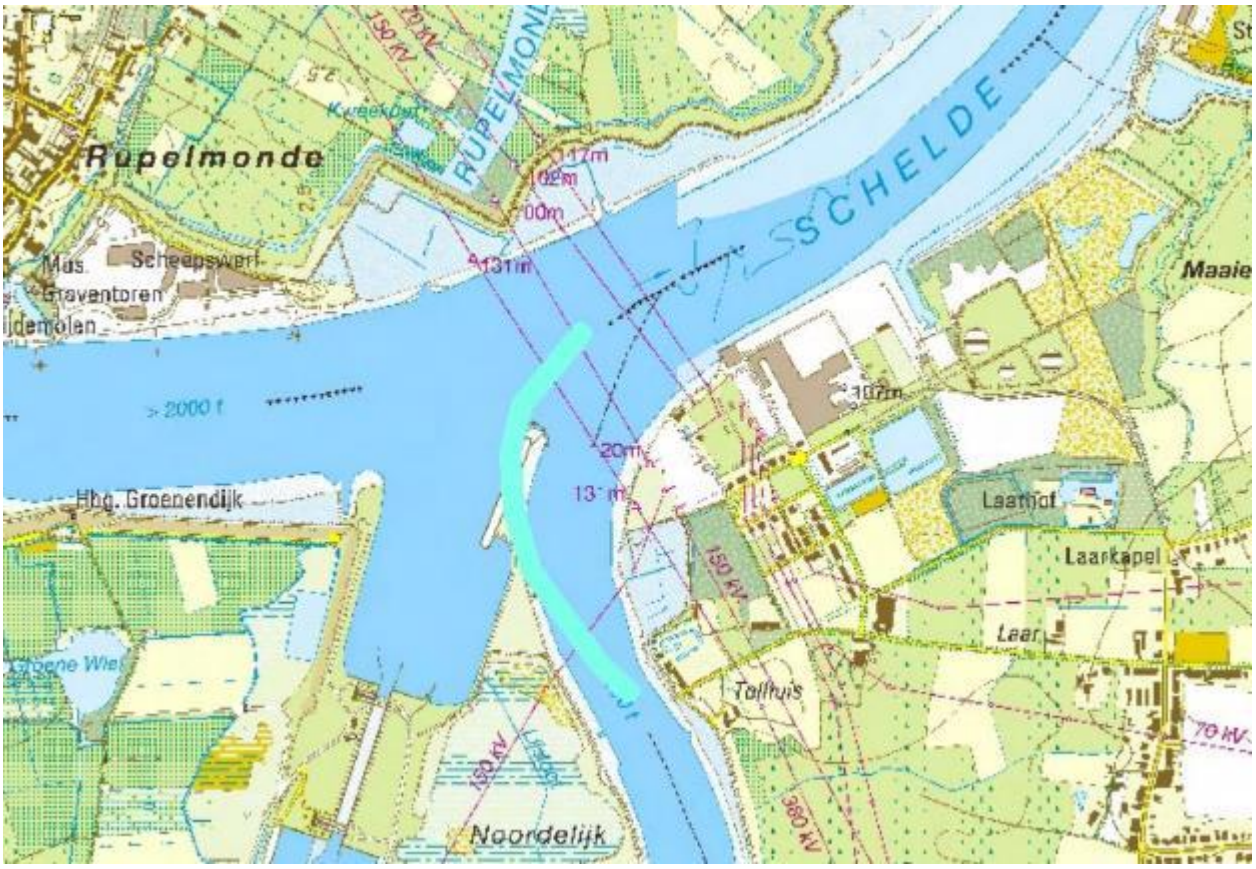
H.1. Rechttrekkingen

Figuur 9-494: Rechttrekkingen van de Durme bij Waasmunster (Van Braeckel et al., 2006).

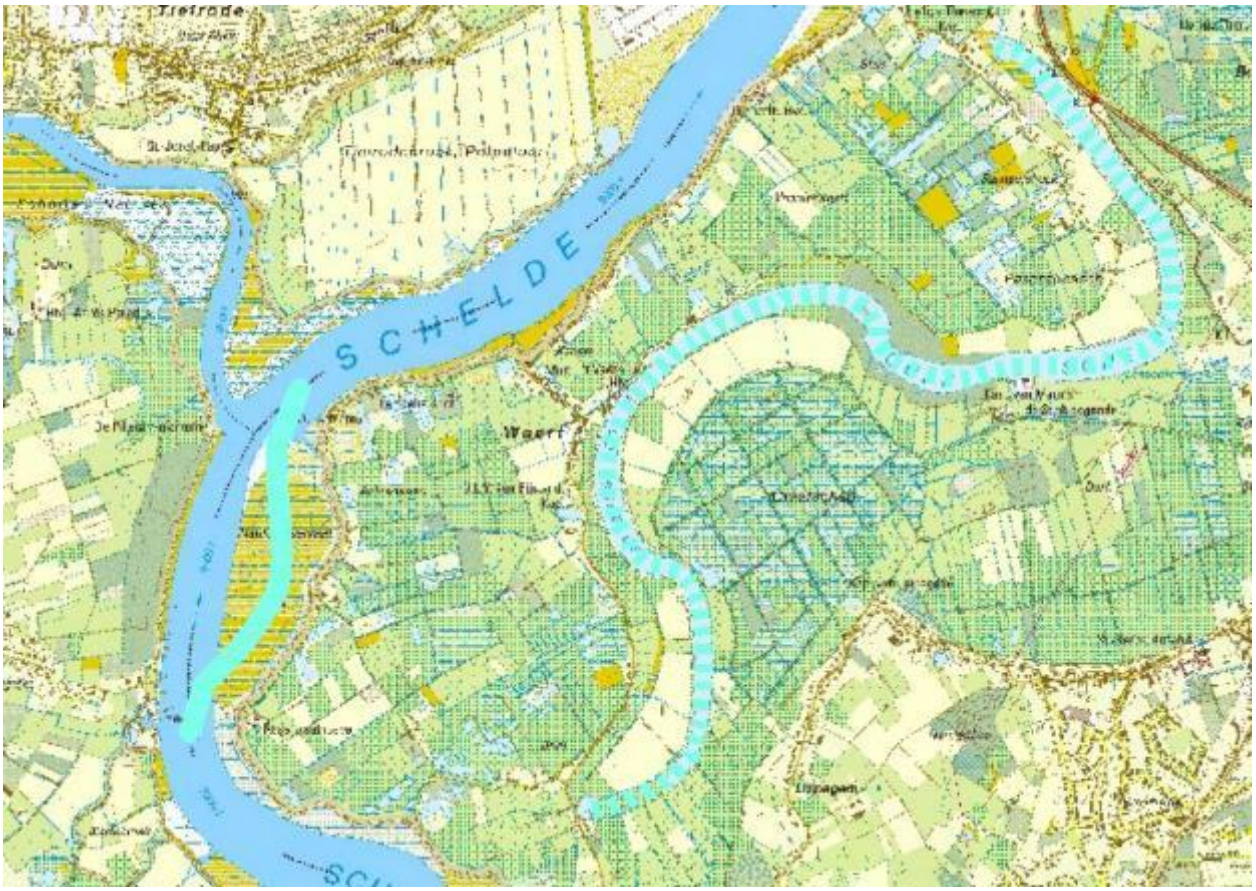
Figuur 9-495: Rechttrekkingen van de Durme bij Den Oever (grens Waasmunster – Lokeren) (Van Braeckel et al., 2006).



Figuur 9-496: Wijziging van de geul voor Doel door de aanleg van een leidam bij de Plaat van Doel. Het vroegere traject is in blauwe stippellijn aangegeven (Van Braeckel et al., 2006).



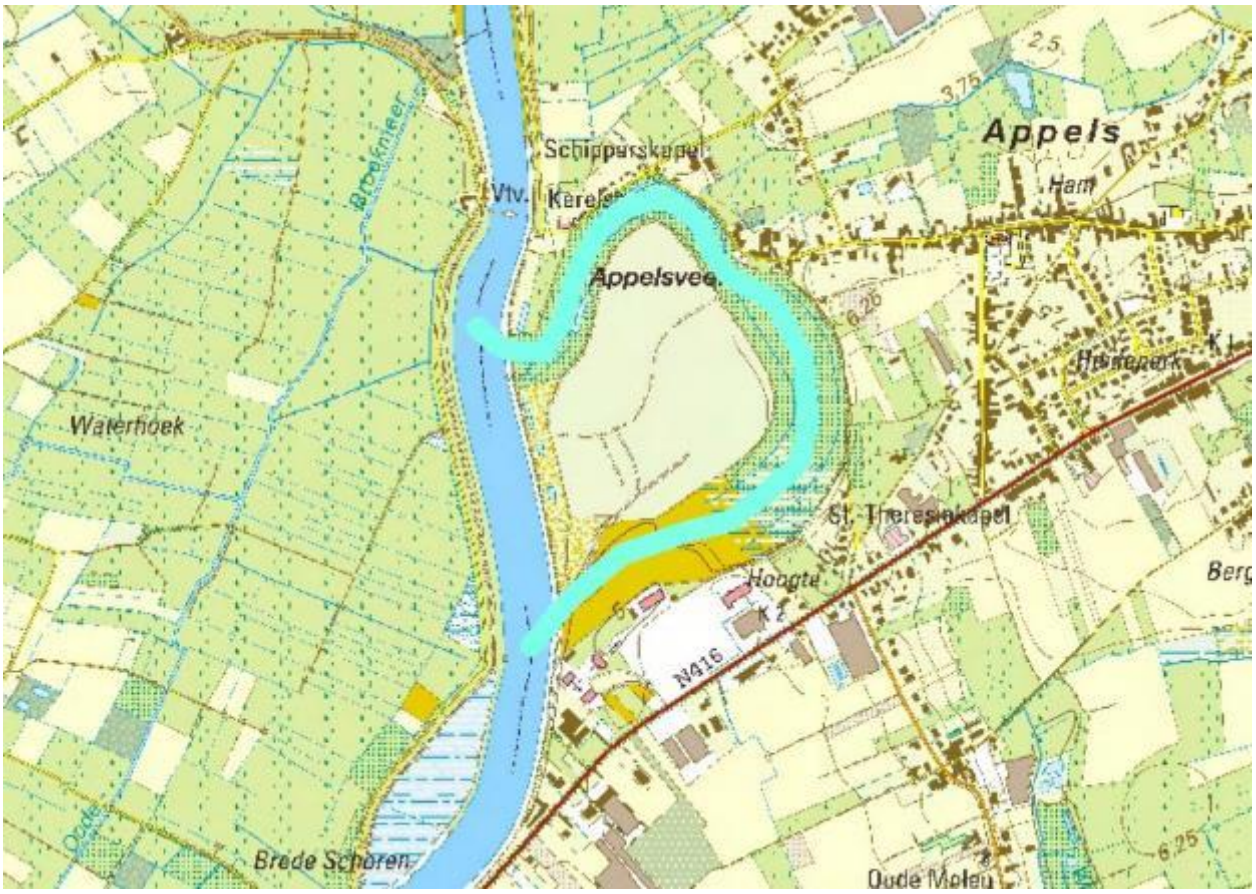
Figuur 9-497: Verlegging bij de monding bij de Rupel (Van Braeckel et al., 2006).



Figuur 9-498: Rechttrekking bij het stort van Weert. Rechts (stippellijn) de Oude Schelde te Weert, die reeds in de 14e eeuw werd afgesloten (Van Braeckel et al., 2006).

Figuur 9-499: De afsnijding van de oude meander van de Roggeman te Moerzeke (blauwe stippellijn) dateert van vóór 1850 (Van Braeckel et al., 2006).

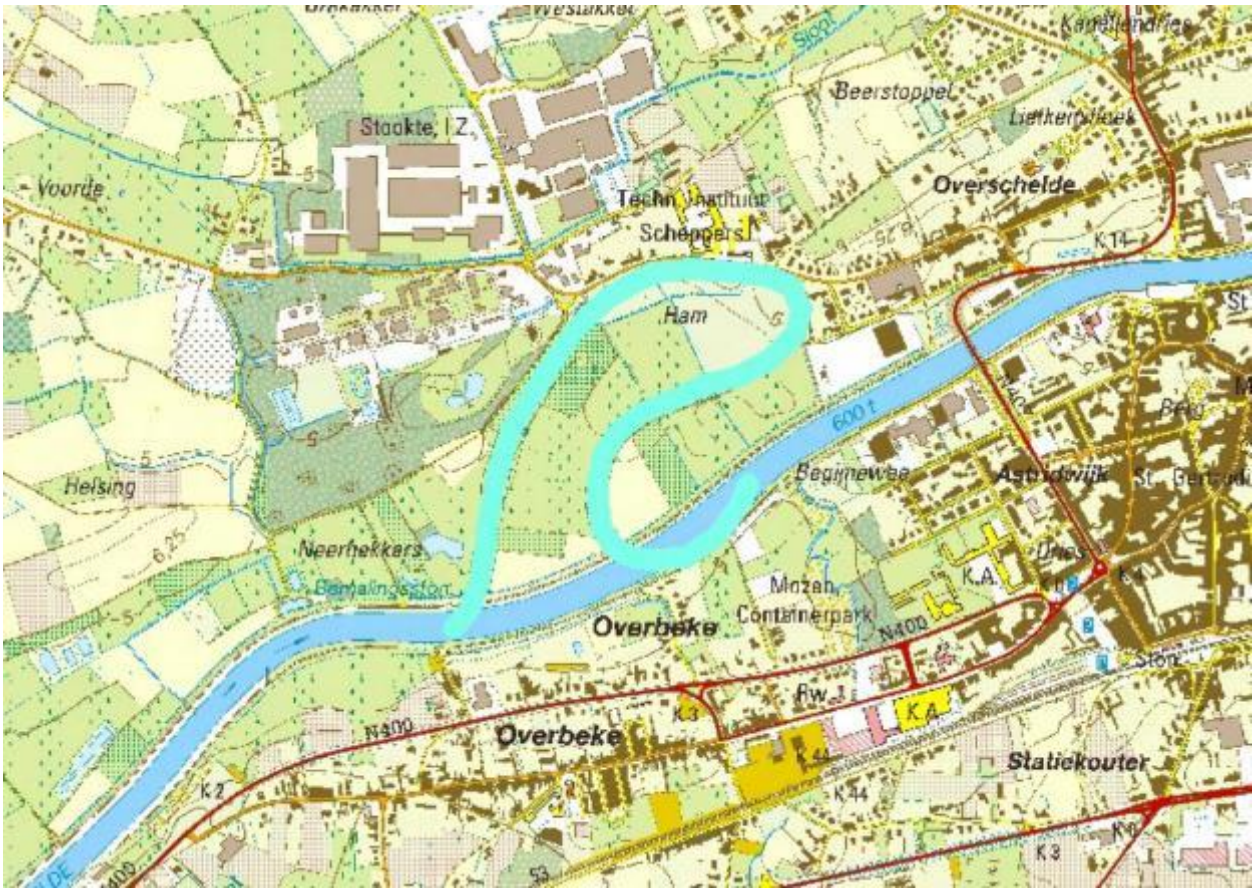
Figuur 9-500: "Rechttrekking" bij Dendermonde (eigenlijk meer een lokale verplaatsing van de loop van de rivier) (Van Braeckel et al., 2006).



Figuur 9-501: Rechttrekking bij Appels (Van Braeckel et al., 2006).

Figuur 9-502: Rechttrekking bij Paardenweide te Wichelen (Van Braeckel et al., 2006).

Figuur 9-503: Rechttrekkingen in de Kastermeersen en Kalkense Meersen (Wetteren-Schellebelle) (Van Braeckel et al., 2006).



Figuur 9-504: Rechttrekking bij Overschelde (Wetteren) (Van Braeckel et al., 2006).

Figuur 9-505: Rechttrekking bij Melleham te Heusden. De stippellijn geeft een meander weer die dateert van vóór 1850 (Van Braeckel et al., 2006).

Figuur 9-506: Rechttrekking bij de Zwaanhoek op de grens van Melle en Heusden (Van Braeckel et al., 2006).

Figuur 9-507: Rechttrekkingen in de Gentbrugse Meersen en Heusden (Van Braeckel et al., 2006).

Figuur 9-508: Rechttrekking aan de stuw in Gent (Van Braeckel et al., 2006).