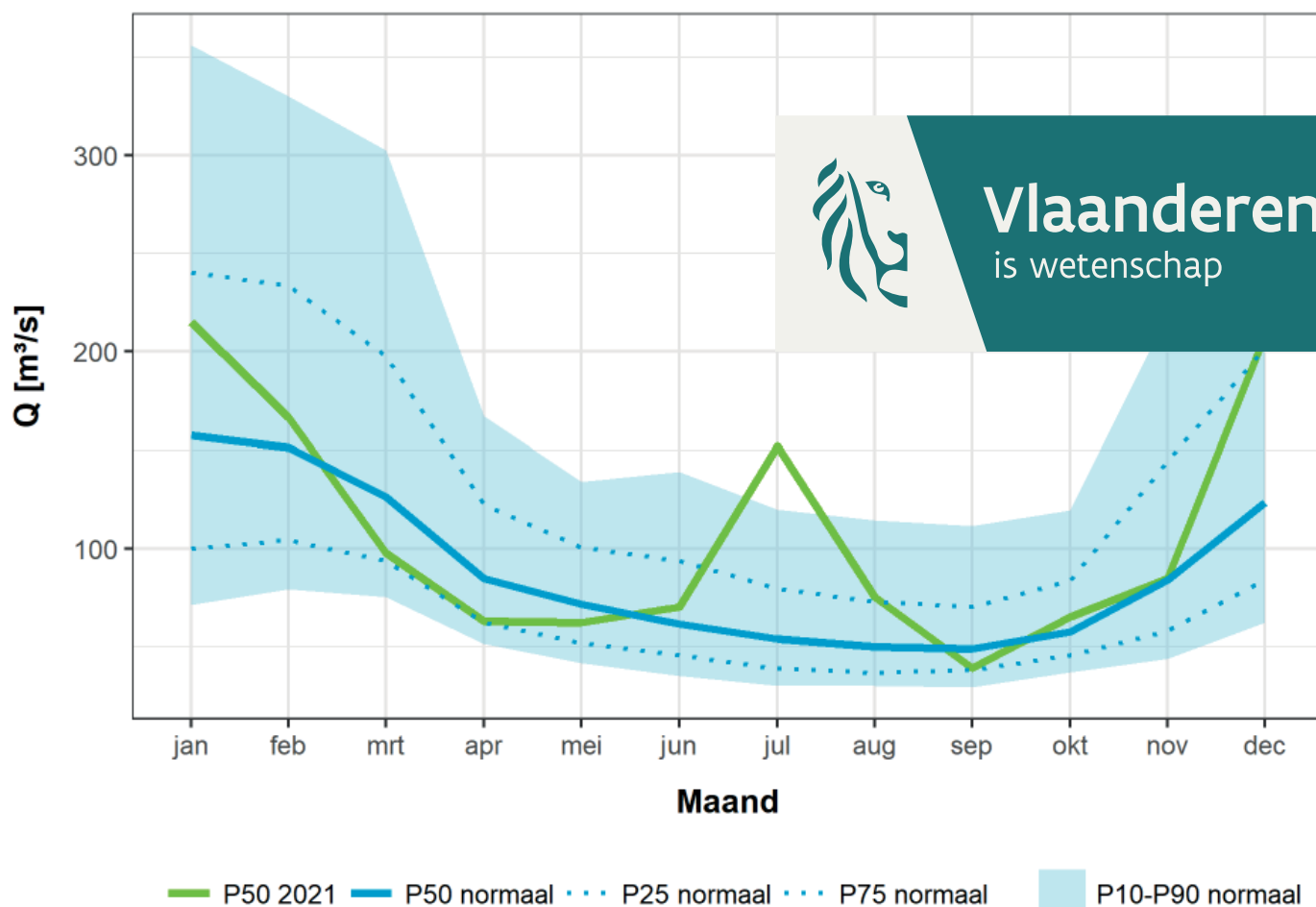


## Schelle calc/Zeeschelde



PA047\_11  
WL rapporten

# Monitoring Effecten Ontwikkelingschets (MONEOS) Jaarboek monitoring 2021

Data rapportage monitoring waterbeweging en fysische parameters  
in Zeeschelde en bijrivieren

# Monitoring Effecten Ontwikkelingschets (MONEOS) – Jaarboek monitoring 2021

Data rapportage monitoring waterbeweging en  
fysische parameters in Zeeschelde en bijrivieren

Vandenbruwaene, W.; Bertels, J.; Michielsen, S.; Thant, S.; van den Berg, M.; Brackx, M.;  
Hertoghs, R.; Claeys, S.; Plancke, Y.; Meire, D.; Vereecken, H.; Deschamps, M.

### Juridische kennisgeving

Het Waterbouwkundig Laboratorium is van mening dat de informatie en standpunten in dit rapport onderbouwd worden door de op het moment van schrijven beschikbare gegevens en kennis.

De standpunten in deze publicatie zijn deze van het Waterbouwkundig Laboratorium en geven niet noodzakelijk de mening weer van de Vlaamse overheid of één van haar instellingen.

Het Waterbouwkundig Laboratorium noch iedere persoon of bedrijf optredend namens het Waterbouwkundig Laboratorium is aansprakelijk voor het gebruik dat gemaakt wordt van de informatie uit dit rapport of voor verlies of schade die eruit voortvloeit.

### Copyright en wijze van citeren

© Vlaamse overheid, Departement Mobiliteit en Openbare Werken, Waterbouwkundig Laboratorium 2022  
D/2022/3241/193

Deze publicatie dient als volgt geciteerd te worden:

**Vandenbruwaene, W.; Bertels, J.; Michielsen, S.; Thant, S.; van den Berg, M.; Brackx, M.; Hertoghs, R.; Claeys, S.; Plancke, Y.; Meire, D.; Vereecken, H.; Deschamps, M.** (2022). Monitoring Effecten Ontwikkelingsschets (MONEOS) – Jaarboek monitoring 2021: Data rapportage monitoring waterbeweging en fysische parameters in Zeeschelde en bijrivieren. Versie 3.0. WL Rapporten, PA047\_11. Waterbouwkundig Laboratorium: Antwerpen.

Overname uit en verwijzingen naar deze publicatie worden aangemoedigd, mits correcte bronvermelding.

### Documentidentificatie

Opdrachtgever:	Waterbouwkundig Laboratorium	Ref.:	WL2022RPA047_11
Keywords (3-5):	Getij, debiet, sediment, monitoring, Schelde-estuarium		
Kennisdomeinen:	Hydraulica en sediment > Getij Hydraulica en sediment > Rivierafvoer Hydraulica en sediment > Cohesief sediment		
Tekst (p.):	91	Bijlagen (p.):	19
Vertrouwelijk:	<input checked="" type="checkbox"/> Nee <input checked="" type="checkbox"/> Online beschikbaar		

Auteur(s):	Vandenbruwaene, W.; Bertels, J.; Michielsen, S.; Thant, S.; van den Berg, M.; Brackx, M.; Hertoghs, R.
------------	--

### Controle

	Naam	Handtekening
Revisor(en):	Claeys, S.; Meire, D.; Plancke, Y.; Vereecken, H.	<p>Getekend door:Stijn Claeys (Signature) Getekend op:2022-12-02 12:49:53 +01:0 Reden:Ik keur dit document goed</p> <p><i>Stijn Claeys</i></p> <p>Getekend door:Dieter Meire (Signature) Getekend op:2022-11-22 09:47:53 +01:0 Reden:Ik keur dit document goed</p> <p><i>Dieter Meire</i></p> <p>Getekend door:Yves Plancke (Signature) Getekend op:2022-11-25 15:14:02 +01:0 Reden:Ik keur dit document goed</p> <p><i>Yves Plancke</i></p> <p>Getekend door:Hans Vereecken (Signature) Getekend op:2022-12-02 09:49:15 +01:0 Reden:Ik keur dit document goed</p> <p><i>Hans Vereecken</i></p>
Projectleider:	Vandenbruwaene, W.	<p>Getekend door:Wouter Vandenbruwaene Getekend op:2022-11-10 13:23:35 +01:0 Reden:Ik keur dit document goed</p> <p><i>Wouter Vandenbruwaene</i></p>

### Goedkeuring

Verantwoordelijke HIC:	Deschamps, M.	<p>Getekend door:Maarten Deschamps (Sig) Getekend op:2022-11-17 12:53:02 +01:0 Reden:Ik keur dit document goed</p> <p><i>Maarten Deschamps</i></p>
Afdelingshoofd:	Bellafkih, K.	<p>Getekend door:Abdelkarim Bellafkih (Sign) Getekend op:2022-11-10 12:01:46 +01:0 Reden:Ik keur dit document goed</p> <p><i>Abdelkarim Bellafkih</i></p>



## Abstract

Voorliggend MONEOS jaarboek presenteert de resultaten van de systeemmonitoring in het Schelde estuarium uitgevoerd door het WL-HIC in het jaar 2021. De uitgevoerde monitoring betreft de continue metingen van waterstand, debiet, stroming, saliniteit en sedimentconcentratie, alsook vaarten (halftij-eb en 13-uursmetingen), golfmetingen en periodieke metingen zwevende stof. Het jaar 2021 wordt in de maanden januari, februari, juli, en december gekenmerkt door verhoogde bovenafvoer. Te Schelle is de totale berekende bovenafvoer in de maand december abnormaal hoog. Meest opvallende vaststelling is echter de uitzonderlijke hoge bovenafvoer in de maand juli. In de afgelopen normaalperiode (periode van 30 jaar voorafgaand aan het beschouwde kalenderjaar) is de berekende bovenafvoer voor juli nog nooit zo hoog geweest. Dit is te wijten aan de hoge neerslaghoeveelheden die gevallen zijn in het begin van de maand juli, en de extreme neerslaghoeveelheden die gevallen zijn in de periode 13-16 juli over het oosten (en in mindere mate het centrum) van het land. Dit resulteerde in uitzonderlijke hoge afvoeren langsheen de Demer, de Dijle en de Netes. Wat betreft het getij is er in het jaar 2021 slechts 1 stormvloed opgetreden. Op 7 november wordt te Antwerpen een waterstand van 6,62 mTAW bereikt. De retourperiode voor deze waterstand bedraagt minder dan een half jaar. In tegenstelling tot de voorafgaande droge jaren (periode 2017-2020) wordt het jaar 2021 gekenmerkt door min of meer normale bovenafvoer, met uitzondering van de hoge bovenafvoer in de maand juli. De normale afvoer in combinatie met de uitzonderlijke hoge afvoer in de maand juli, resulteert in duidelijk lagere zoutgehalten in het Schelde estuarium. Te Prosperpolder bedraagt het maximale zoutgehalte in de zomer om en bij de 15 PSU, terwijl dit voor het jaar 2020 nog opliep tot 21 PSU. Voor de sedimentconcentraties is het beeld iets minder éénduidig. Voornamelijk in de periode maart tot en met september zijn de sedimentconcentraties voor het jaar 2021 lager in vergelijking met de voorgaande jaren.

# Inhoudstafel

Abstract .....	III
Inhoudstafel.....	V
Lijst van de tabellen.....	VII
Lijst van de figuren .....	VIII
Colofon .....	XIII
Lijst van afkortingen .....	XIV
1 Inleiding .....	1
2 Jaaroverzicht getijwaarnemingen .....	2
2.1 Getijwaarnemingen .....	2
2.2 Getijwaarnemingen in Antwerpen .....	9
2.2.1 Jaaroverzicht.....	9
2.2.2 Het jaar 2021 in historisch perspectief.....	12
2.3 Stormvloeden .....	17
3 Jaaroverzicht bovendebieten .....	19
3.1 Overzicht meetlocaties .....	19
3.2 Gemeten bovenafvoer aan de randen van het tijgebied .....	20
3.3 Berekende bovenafvoer te Schelle.....	22
3.3.1 Het jaar 2021 .....	22
3.3.2 Bovendebiet 2021 in historisch perspectief .....	25
3.4 Overzicht van de verblijftijd voor de Boven-Zeeschelde .....	26
3.4.1 Resultaten voor 2021 .....	27
3.4.2 Resultaten in historisch perspectief .....	28
4 Jaaroverzicht fysische parameters .....	29
4.1 Continue metingen "fysische parameters" .....	29
4.1.1 Meetlocaties en toestellen.....	29
4.1.2 Kwaliteit van de data .....	32
4.1.3 Data-analyse .....	34
4.1.4 Verloop van stroomsnelheid .....	35
4.1.5 Verloop watertemperatuur .....	42
4.1.6 Verloop saliniteit .....	46
4.1.7 Verloop suspensiegehalte (SSC) .....	51

4.2	Periodieke metingen (laagfrequent) aan wateroppervlak .....	60
4.2.1	Zeeschelde .....	61
4.2.2	Durme .....	62
4.2.3	Rupel en bovenstromen .....	63
4.3	Sedimentinput aan de rand van het getijdegebied .....	64
4.4	Meetcampagnes – halftij-eb vaarten .....	70
4.4.1	Methodiek .....	70
4.4.2	Het jaar 2021 en historisch verloop .....	71
4.4.3	Relatie met bovenafvoer .....	74
4.5	Meetcampagnes - 13u-metingen .....	76
4.6	Hoogfrequente golfmetingen .....	81
4.6.1	Meetlocaties en meetinstrumenten "golfmetingen" .....	81
4.6.2	Resultaten .....	82
5	Referenties .....	89
	Bijlage A: Meetlocaties MONEOS 2021 .....	B1
	Bijlage B: Evoluties HW en LW .....	B5
	Bijlage C: Harmonische componenten .....	B10
	Bijlage D: Kalibratie Turbiditeit – SSC .....	B13
	A. Algemeen .....	B13
	B. Overzicht kalibratiecampagnes .....	B13
	C. Kalibratiecurves voor het jaar 2021 .....	B15

## Lijst van de tabellen

Tabel 1 – Zeeschelde: overzicht per locatie van de getijkarakteristieken voor het jaar 2021, gerangschikt van afwaarts naar opwaarts.....	4
Tabel 2 – Beneden-Nete en Durme: Overzicht per locatie van de hoofdkenmerkende tijwaarden in 2021... 7	
Tabel 3 – Getijparameters te Antwerpen-Loodsgebouw: het jaar 2021 in historisch perspectief;.....	13
Tabel 4 – Beneden-Zeeschelde te Antwerpen. Frequentietabel van hoogwaterstanden bij zeer hoge hoogwaters en stormtijden (1971-2021), verdeeld per decimeter (mTAW). .....	18
Tabel 5 – Overzicht van de meetstations die gebruikt worden voor de bepaling van de bovenafvoer te Schelle. ....	20
Tabel 6 – Jaarstatistieken gemeten bovenafvoer 2021 (in m <sup>3</sup> /s) voor de stations aan de randen van het getijgebied. ....	22
Tabel 7 – Maandmedianen bovenafvoer [m <sup>3</sup> /s] 2021 voor de Zeeschelde te Schelle, de Rupel en de Boven-Zeeschelde.....	24
Tabel 8 – Overzicht eigenschappen multiparametertoestellen en gemeten parameters per locatie anno 2021. ....	31
Tabel 9 – Berekende statistieken voor de gemeten fysische parameters gedurende de verschillende getijfasen. KLW = Kentering bij laagwater, KHW = Kentering hoogwater. ....	35
Tabel 10 – Overzicht jaarstatistiek voor stroomsnelheid (m/s) tijdens vloed en eb voor de verschillende meetstations.....	38
Tabel 11 – Overzicht jaarstatistiek (gemiddelde en percentielen) van de temperatuur (°C) tijdens KHW en KLW (gemiddeldes) voor de verschillende meetstations. ....	45
Tabel 12 – Overzicht jaarstatistiek (gemiddelde en percentielen) van de saliniteit (PSU) tijdens KHW en KLW (gemiddeldes) voor de verschillende meetstations. ....	49
Tabel 13 – Overzicht jaarstatistiek (gemiddeldes) voor SSC (in mg/l) tijdens KHW/KLW en vloed/eb voor de verschillende meetstations. ....	59
Tabel 14 – Waarden geschatte jaarlijkse sedimentvracht (ton) per stroomgebied (EWI-gecorrigeerd) voor het jaar 2021.....	69
Tabel 15 – Overzicht meetcampagnes halftij-eb in 2021.....	71
Tabel 16 – sedimentconcentratie (mg/l) tijdens halftij-ebcampagnes in 2021. ....	73
Tabel 17 – Overzicht meetcampagnes 13u-metingen met datum van uitvoering, start- en eindtijdstip in MET .....	76
Tabel 18 – Overzicht karakteristieke golfparameters voor 2016-2020 (medianen) .....	82
Tabel 19 – Meetlocaties MONEOS 2021 .....	2
Tabel 20 – Jaarlijkse lineaire evolutie van de hoog- en laagwaters (1980-2021).....	5
Tabel 21 – Overzicht kalibratiecampagnes turbiditeit-SSC en bijhorende beschikbare turbiditeitsgegevens, en dit vanaf het begin van de metingen tot en met 2021.....	13
Tabel 22 – Overzicht kenmerken van de SSC-Turbiditeit relaties per meetlocatie.....	16

## Lijst van de figuren

Figuur 1 – Tijmeetposten in het beheer van het Waterbouwkundig Laboratorium in 2021 .....	2
Figuur 2 – Zeeschelde: gemiddeld hoogwater (GHW) en gemiddeld laagwater (GLW) bij middeltij, springtij en doortij in 2021 t.o.v. de afstand in km tot de monding te Vlissingen .....	5
Figuur 3 – Zeeschelde: gemiddeld tijverschil (GTV) bij middeltij, springtij en doortij in 2021 t.o.v. de afstand in km tot de monding te Vlissingen.....	5
Figuur 4 – Zeeschelde: gemiddelde duur van stijging en daling bij middeltij, springtij en doortij in 2021 t.o.v. de afstand in km tot de monding te Vlissingen.....	6
Figuur 5 – Gemiddeld hoogwater (GHW) en gemiddeld laagwater (GLW) bij middeltij, springtij en doortij in 2021 voor de Beneden-Nete. ....	8
Figuur 6 – Gemiddeld tijverschil (GTV) bij middeltij, springtij en doortij in 2021 voor de Beneden-Nete.....	8
Figuur 7 – Duur van stijging en daling bij middeltij, springtij en doortij in 2021 voor de Beneden-Nete. ....	9
Figuur 8 – Beneden-Zeeschelde in Antwerpen: jaarverloop van het tij (HW en LW) gedurende het jaar 2021 .....	10
Figuur 9 – Verschil tussen waargenomen en astronomisch voorspelde HWs en LWs in Antwerpen voor het jaar 2021.....	11
Figuur 10 – Windrichting (° t.o.v. Noorden) en windsnelheid (m/s) opgemeten te Hansweert (Bron: Rijkswaterstaat).....	12
Figuur 11 – Antwerpen-Loodsgebouw: langjarige tij-evolutie (1888-2021) van jaargemiddeld hoogwater middeltij, springtij en doortij, aangevuld met de jaarlijks hoogste en de jaarlijks laagste hoogwaterstanden. ....	14
Figuur 12 – Antwerpen-Loodsgebouw: langjarige tij-evolutie (1888-2021) van jaargemiddeld laagwater middeltij, springtij en doortij, aangevuld met de jaarlijks hoogste en de jaarlijks laagste laagwaterstanden. ....	14
Figuur 13 – Antwerpen-Loodsgebouw: langjarige tij-evolutie (1888-2021) van jaargemiddeld tijverschil middeltij, springtij en doortij. ....	15
Figuur 14 – Trend jaargemiddeld hoogwater te Antwerpen-Loodsgebouw bepaald over de periode 1980-2021.....	16
Figuur 15 –Trend jaargemiddeld laagwater te Antwerpen-Loodsgebouw bepaald over de periode 1980-2021. ....	16
Figuur 16 – Ligging van de HIC meetlocaties van bovenafvoer aan de randen van het tijgebied (Wilslele in beheer van VMM), en aanduiding van de locaties waar de bovenafvoer wordt berekend. ....	19
Figuur 17 – Verloop van de daggemiddelde bovenafvoer in 2021 voor de meetstations aan de randen van het tijgebied.....	21
Figuur 18 – Boxplotvoorstelling jaarwaarden 2021 voor de stations aan de randen van het tijgebied. ....	21
Figuur 19 – Daggemiddelde bovenafvoer ter hoogte van Schelle voor het jaar 2021, opgedeeld in het aandeel vanuit de Rupel en het aandeel vanuit de Boven-Zeeschelde. ....	23



Figuur 20 – Maandwaarden (mediaan) Schelle voor het jaar 2021, opgedeeld in het aandeel Rupel en het aandeel Boven-Zeeschelde.....	23
Figuur 21 – Relatieve voorstelling maandwaarden Schelle voor het jaar 2021, opgedeeld in het aandeel Rupel en het aandeel Boven-Zeeschelde. ....	24
Figuur 22 – Maandwaarden (mediaan) debiet 2021 en normaalwaarden voor Schelle. ....	25
Figuur 23 – Jaargemiddeld bovendebiet te Schelle over de periode 1949-2021, gerangschikt naar grootte.	26
Figuur 24 – Verblijftijd Boven-Zeeschelde voor het jaar 2021.....	27
Figuur 25 – Verblijftijd Boven-Zeeschelde in historisch perspectief (1971 – 2021).....	28
Figuur 26 – Locatie van Moneos-metposten in de Zeeschelde met continue monitoring van fysische parameters. ....	30
Figuur 27 – Overzicht van de datakwaliteit per parameter en per station voor de continue metingen fysische parameters (meetfrequentie 5 min). Voor Prosperpolder en Hemiksem is de frequentie van conductiviteit en temperatuur lager (10 min).....	33
Figuur 28 – Percentage van de datakwaliteitscategorieën per parameter en per station voor de continue metingen fysische parameters, voorgesteld in Figuur 27. Percentages worden getoond wanneer groter dan 10%. ....	34
Figuur 29 – Verloop van de gemiddelde stroomsnelheid in 2021 tijdens vloed en eb voor de verschillende meetstations.....	36
Figuur 30 – Verloop van de maximale stroomsnelheid in 2021 tijdens vloed en eb voor de verschillende meetstations.....	37
Figuur 31 – Jaarstatistiek (percentielen) voor gemiddelde stroomsnelheid tijdens vloed en eb voor de verschillende meetstations. ....	37
Figuur 32 – Jaarstatistiek (percentielen) voor maximale stroomsnelheid tijdens vloed en eb voor de verschillende meetstations. ....	38
Figuur 33 – Karakteristiek verloop voor 2021 van de stroomsnelheid over een LW-HW cyclus (ensemble analyse) voor doortij, gemiddeld tij en springtij ter hoogte van Lillo Meetpaal en Oosterweel. ....	39
Figuur 34 – Historische vergelijking van 2021 van de stroomsnelheid over een LW-HW cyclus (ensemble analyse) voor doortij, gemiddeld tij en springtij ter hoogte van Lillo Meetpaal (data vanaf 2005) en Oosterweel (data vanaf 2001).....	40
Figuur 35 – Evolutie jaarstatistieken (gemiddelde als bolletje weergegeven) voor stroomsnelheid tijdens vloed en eb voor de verschillende meetstations. ....	41
Figuur 36 – Seizoenaal verloop temperatuur bij KHW en KLW (gemiddeldes) voor de verschillende meetstations in 2021.....	43
Figuur 37 – Seizoenaal verloop temperatuursverschil tussen KLW en KHW (gemiddeldes KLW min gemiddeldes KHW) voor de verschillende meetstations. ....	44
Figuur 38 – Jaarstatistieken voor temperatuur KHW en KLW (gemiddeldes) voor de verschillende meetstations.....	45
Figuur 39 – Seizoenaal verloop saliniteit (2021) bij KHW en KLW (gemiddeldes) voor de verschillende meetstations.....	47
Figuur 40 – Jaarstatistieken voor saliniteit KHW en KLW (gemiddeldes) voor de verschillende meetstations. ....	48

Figuur 41 – Historische evolutie zomerstatistieken KHW te Prosperpolder en Oosterweel-Boven, tezamen met het gemiddelde debiet ± standaarddeviatie te Schelle. Rood kader duidt de droge jaren 2017-2020 aan. ....	50
Figuur 42 – Historische evolutie van de saliniteit te Prosperpolder en Oosterweel-Boven in relatie tot het debiet te Schelle voor het zomerseizoen. Jaren 2016 t.e.m. 2021 zijn aangegeven op de plot. De koppeling tussen debiet en saliniteit werd enkel gemaakt wanneer voor beide periodes minstens 50% van de binnengetrokken data van voldoende kwaliteit zijn en niet missend (gebaseerd op KHW data). Cirkels duiden de clustering van de droge jaren enerzijds (lichtgroen) en de natte jaren anderzijds (donkergroen) aan....	51
Figuur 43 – SSC verloop in 2021 tijdens KHW en KLW (gemiddeldes) voor de verschillende meetstations. .	53
Figuur 44 – SSC verloop in 2021 tijdens vloed en eb (gemiddeldes) voor de verschillende meetstations.....	54
Figuur 45 – SSC verloop in 2021 tijdens vloed en eb (maxima) voor de verschillende meetstations.....	55
Figuur 46 – Jaarstatistiek (percentielen) voor SSC tijdens KHW en KLW (gemiddeldes) voor de verschillende meetstations.....	56
Figuur 47 – Jaarstatistiek (percentielen) voor SSC tijdens vloed en eb (gemiddeldes) voor de verschillende meetstations.....	57
Figuur 48 – Jaarstatistiek (percentielen) voor SSC tijdens vloed en eb (maxima) voor de verschillende meetstations.....	58
Figuur 49 – Meetlocaties schepstalen anno 2021.....	60
Figuur 50 – Evolutie jaarwaarden sedimentconcentratie nabij wateroppervlak (markers = mediaan, error bars = P25 en P75) voor de meetlocaties in de Zeeschelde.....	61
Figuur 51 – Evolutie jaarwaarden sedimentconcentratie nabij wateroppervlak (markers = mediaan, error bars = P25 en P75) voor de meetlocaties in de Durme.....	62
Figuur 52 – Evolutie jaarwaarden sedimentconcentratie nabij wateroppervlak (markers = mediaan, error bars = P25 en P75) voor de meetlocaties in de Rupel en randen gebied in het Rupelbekken. ....	63
Figuur 53 – Overzicht van de meetlocaties en bijhorende stroomgebieden waarvoor de sedimentvrachten worden berekend. ....	65
Figuur 54 – Berekende dagelijkse en gecumuleerde sedimentvracht in Melle komende van de Bovenschelde (en Leie).....	66
Figuur 55 – Berekende dagelijkse en gecumuleerde sedimentvracht in Dendermonde komende van de Dender .....	66
Figuur 56 – Berekende dagelijkse en gecumuleerde sedimentvracht in Epepegem komende van de Zenne..	67
Figuur 57 – Berekende dagelijkse en gecumuleerde sedimentvracht in Aarschot komende van de Demer .	67
Figuur 58 – Berekende dagelijkse en gecumuleerde sedimentvracht in Itegem (Hullebrug) komende van de Grote Nete.....	68
Figuur 59 – Berekende dagelijkse en gecumuleerde sedimentvracht in Grobbendonk (Troon) komende van de Kleine Nete .....	68
Figuur 60 – Geschatte sedimentvracht per stroomgebied (EWI-gecorrigeerd) voor het jaar 2021. ....	69
Figuur 61 – Meetlocaties voor de halftij-ebvaarten.....	70
Figuur 62 – Sedimentconcentratie aan de oppervlakte bij halftij-eb langsheen de volledige Zeeschelde.....	72
Figuur 63 – Sedimentconcentratie aan de bodem bij halftij-eb langsheen de volledige Zeeschelde.....	72

Figuur 64 – Sedimentconcentratie nabij oppervlak (mg/l) bij halftij-eb langsheen de Zeeschelde.....	74
Figuur 65 – Sedimentconcentratie nabij rivierbodem (mg/l) bij halftij-eb langsheen de Zeeschelde.....	74
Figuur 66 – Sedimentconcentratie nabij oppervlak (mg/l) bij halftij-eb langsheen de Zeeschelde uitgezet t.o.v. het debiet te Melle.....	75
Figuur 67 – Sedimentconcentratie nabij rivierbodem (mg/l) bij halftij-eb langsheen de Zeeschelde uitgezet t.o.v. het debiet te Melle.....	75
Figuur 68 – Meetlocaties 13u-metingen 2021.....	76
Figuur 69 – Debiet en getij tijdens de 13u-metingen in Tielrode over de periode 2019 en 2021.....	77
Figuur 70 – SSF tijdens de 13u-metingen in Tielrode over de periode 2019 en 2021.....	77
Figuur 71 – Debiet en getij tijdens de 13u-metingen in Weert/Driegoten over de periode 2009 en 2021....	78
Figuur 72 – SSF tijdens de 13u-metingen in Weert/Driegoten over de periode 2009 en 2021.....	78
Figuur 73 – Debiet en getij tijdens de 13u-metingen in Boom/Terhagen over de periode 2011 en 2021.....	79
Figuur 74 – SSF tijdens de 13u-metingen in Boom/Terhagen over de periode 2011 en 2021.....	79
Figuur 75 – Debiet en getij tijdens de 13u-metingen in Kruibeke over de periode 2009 en 2021.....	80
Figuur 76 – SSF tijdens de 13u-metingen Kruibeke over de periode 2011 en en 2021.....	80
Figuur 77 – Locatie Lillo-Meetpaal met links-uitstekend arm van golvenmeter (links) en detail Log-aLevel toestel (rechts).....	81
Figuur 78 – Gemiddelde golfhoogte (afgeleide waarden per 30'; rode lijn = mediaan).....	83
Figuur 79 – Periode behorende bij de gemiddelde golfhoogte (afgeleide waarden per 30'; rode lijn = mediaan).....	84
Figuur 80 – Maximale golfhoogte (afgeleide waarden per 30'; rode lijn = mediaan).....	85
Figuur 81 – Periode behorende bij de maximale golfhoogte (afgeleide waarden per 30'; rode lijn = mediaan).....	86
Figuur 82 – Significante golfhoogte (afgeleide waarden per 30'; rode lijn = mediaan).....	87
Figuur 83 – Periode behorende bij de significante golfhoogte (afgeleide waarden per 30'; rode lijn = mediaan).....	88
Figuur 84 – Meetlocaties MONEOS 2021.....	B1
Figuur 85 – Trend jaargemiddeld hoogwater te Prosperpolder bepaald over de periode 1980-2021.....	B6
Figuur 86 – Trend jaargemiddeld laagwater te Prosperpolder bepaald over de periode 1980-2021.....	B6
Figuur 87 – Trend jaargemiddeld hoogwater te Temse bepaald over de periode 1980-2021.....	B7
Figuur 88 – Trend jaargemiddeld laagwater te Temse bepaald over de periode 1980-2021.....	B7
Figuur 89 – Trend jaargemiddeld hoogwater te Dendermonde bepaald over de periode 1980-2021.....	B8
Figuur 90 –Trend jaargemiddeld laagwater te Dendermonde bepaald over de periode 1980-2021.....	B8
Figuur 91 –Trend jaargemiddeld hoogwater te Wetteren bepaald over de periode 1980-2021.....	B9
Figuur 92 –Trend jaargemiddeld laagwater te Wetteren bepaald over de periode 1980-2021.....	B9
Figuur 93 – Evolutie in de tijd van de gemiddelde waterstand Z0.....	B10
Figuur 94 – Evolutie in de tijd van de amplitude en fase van de M2-component (afwaartse posten).....	B11

Figuur 95 – Evolutie in de tijd van de amplitude en fase van de M4-component (afwaartse posten).....	B11
Figuur 96 – Evolutie in de tijd van de amplitude en fase van de M2-component (opwaartse posten).....	B12
Figuur 97 – Evolutie in de tijd van de amplitude en fase van de M4-component (opwaartse posten).....	B12
Figuur 98 – De SSC-turbiditeitsrelaties voor Liefkenshoek, Oosterweel, Kruikeke en Weert. ....	B17
Figuur 99 – De SSC-turbiditeitsrelaties voor Schellebelle, Melle, Klein-Willebroek en Tielrode. ....	B18
Figuur 100 – De aangepaste SSC – Turbiditeitsrelatie voor Melle. ....	B19

## Colofon

Aan het tot stand komen van dit jaarrapport dragen meerdere mensen bij in diverse aspecten en domeinen. Onze dankbaarheid gaat in eerste instantie uit naar het volledige meetnetteam. Het meetnetteam verzorgt de werking van de meettoestellen, treedt op bij problemen in het meetnet, en voert waar nodig bijkomende meetcampagnes uit. Daarnaast danken we de laboranten uit het sedimentlabo. Zij voeren specifieke analyses uit op de terreinstalen en leveren op die manier een belangrijke bijdrage met betrekking tot de verdere data-analyse. Tenslotte bedanken we alle onderzoekers voor het geleverde werk. Zij valideren, verwerken en analyseren de opgemeten data. De resultaten van hun analyses zijn essentieel voor de jaarlijkse rapportages.

## Lijst van afkortingen

- CTD: Conductiviteit – Temperatuur – Druk; tevens afkorting voor het meettoestel dat deze drie parameters registreert
- HTE: Half-tij eb
- FTU: Formazine turbidity unit; eenheid van turbiditeit gebruikt door Aanderaa Seaguard multiparametertoestellen
- GHW: gemiddeld hoogwater
- GLW: gemiddeld laagwater
- GTV: gemiddeld tijverschil, zijnde het hoogteverschil tussen het gemiddeld hoogwater en het gemiddeld laagwater
- HHW: hoogste hoogwater
- HIC: Hydrologisch Informatie Centrum
- HLW: hoogste laagwater
- KHW: kentering hoog water
- KLW: kentering laag water
- LCI: Lower confidence interval; onderste 95% voorspellingsinterval
- LHW: laagste hoogwater
- LLW: laagste laagwater
- NTU: Nephelometric turbidity unit; eenheid van turbiditeit gebruikt door YSI multiparametertoestellen
- SSC: suspended sediment concentration, suspensiegehalte aan sediment
- STDEV: standaard deviatie
- TAW: Tweede Algemene Waterpassing, referentieniveau voor waterpassing gebruikt in België
- UCI: Upper confidence interval; bovenste 95% voorspellingsinterval
- VMM: Vlaamse Milieumaatschappij
- WL: Waterbouwkundig Laboratorium

# 1 Inleiding

In het kader van de Ontwikkelingsschets 2010 van het Schelde-estuarium (OS-2010), beantwoordend aan de doelstellingen van de Lange-Termijn-Visie 2030 (LTV-2030), wordt onder de naam MONEOS (MONitoring Effecten Ontwikkeling-Schets) een uitgebreide monitoring uitgevoerd in het mondingsgebied van het Schelde-estuarium, in de Westerschelde en in het Zeescheldebekken. Daarbij handelt het deels over een continue systeem-monitoring, deels over project- en deels over studie-monitoring. Veel van de systeem-monitoring is een verderzetting van al decennia lang bestaande meetnetten en metingen, eventueel uitgebreid naar meer locaties en/of meer parameters.

In het Zeescheldebekken voert het Waterbouwkundig Laboratorium (WL) continue metingen uit van waterstand, debiet, stroming, conductiviteit/chloridegehalte, turbiditeit/suspensie-gehalte, en andere fysische parameters, waarvan vele metingen in het globale MONEOS-programma mee opgenomen zijn.

Dit rapport geeft een globaal overzicht van de in 2021 door het Waterbouwkundig Laboratorium uitgevoerde monitoring in het Zeescheldebekken dat kadert in MONEOS. Volgende parameters komen hierbij aan bod:

- waterstanden (het tij in het Zeescheldebekken)
- bovendebieten (de afvoer van het hydrografisch bekken opwaarts en doorheen het tijgebied)
- temperatuur en zoutgehalte van het water
- stromingen (o.a. stroomsnelheid en –richting op continue meetplaatsen)
- turbiditeit en suspensiegehalte (grotendeels op continue meetplaatsen in Zeeschelde, aangevuld met periodieke metingen aan de opwaartse rand van het tijbekken)
- de fluviatiele sedimentaanvoer (de aanvoer van zwevende stof vanuit de rivieren richting estuarium)

Daarnaast worden een aantal ecologische parameters (zuurstof, chlorofyl, pH) bemeaten door het WL. Deze parameters worden gevalideerd door Universiteit Antwerpen en gepresenteerd binnen de OMES rapportages.

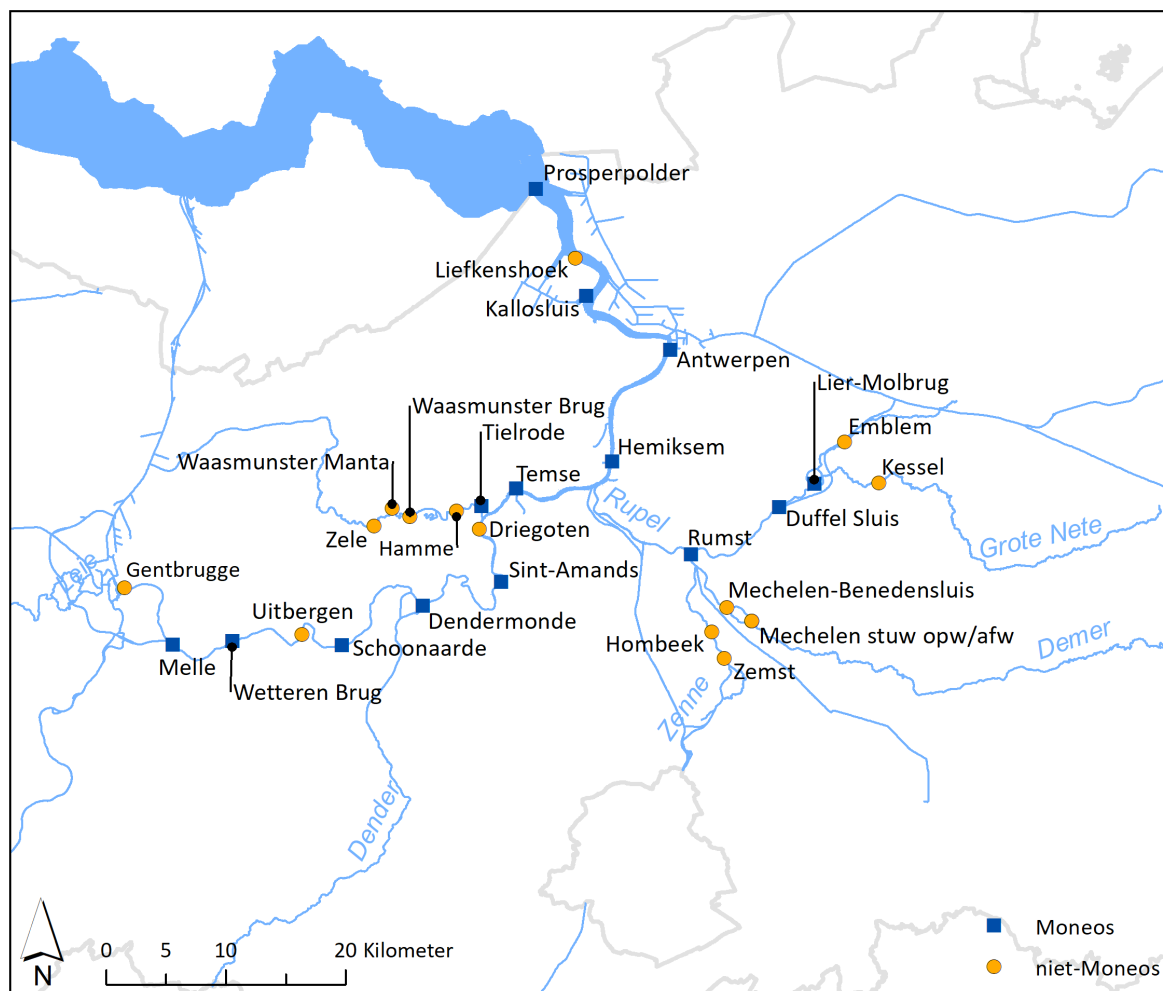
Voorliggend rapport wil in de eerste plaats een "jaarbeeld" geven, een verzameling van figuren en tabellen die het verloop van de hydrologische en fysische parameters bemeaten en gevalideerd door het WL duidelijk weergeeft. Dit rapport bevat de weergave en rapportering van de resultaten voor 2021. Voor een overzicht van de MONEOS meetlocaties anno 2021 wordt verwezen naar Bijlage A: Meetlocaties MONEOS 2021. Voor de algemene achtergrond en methodologie met betrekking tot de monitoring in het Zeescheldebekken wordt verwezen naar Taverniers *et al.* (2013).

## 2 Jaaroverzicht getijwaarnemingen

Langsheen het Schelde-estuarium worden op verschillende locaties de waterstanden continu gemeten door Waterbouwkundig Laboratorium (Zeeschelde en bijrivieren) en Rijkswaterstaat (Westerschelde). Deze metingen laten toe de belangrijkste getijparameters te bepalen. In dit hoofdstuk worden eerst de getijparameters 2021 voor de belangrijkste meetlocaties in het Vlaamse deel van het estuarium gepresenteerd, en daarna wordt de langere termijn ontwikkeling voor de referentiepost “Antwerpen-Loodsgebouw” gepresenteerd.

### 2.1 Getijwaarnemingen

Figuur 1 toont de meetlocaties in het Vlaamse deel van het estuarium waar het WL continu waterstanden meet: dit gaat van de Belgisch-Nederlandse grens (locatie Prosperpolder) tot aan de opwaartse grenzen van het aan getij onderhevige deel van het Scheldebekken.



Figuur 1 – Tijmeetposten in het beheer van het Waterbouwkundig Laboratorium in 2021



Tabel 1 geeft de getijparameters voor het jaar 2021 weer voor de meetlocaties in de Zeeschelde. Volgende getijparameters worden gerapporteerd:

- gemiddeld hoogwater (GHW)
- gemiddeld laagwater (GLW)
- gemiddeld tijverschil (GTV)
- gemiddeld halftijhoogte (GHT)
- duur van de stijging
- duur van de daling
- tijdsverschil ten opzichte van Antwerpen voor hoogwater
- tijdsverschil ten opzichte van Antwerpen voor laagwater

Deze parameters worden gerapporteerd voor zowel middeltij (jaargemiddelden van alle geregistreerde hoog- en laagwaterstanden), als voor spring- en doottij.

Tot slot worden ook de uiterste waarden (hoogste en laagste hoogwater (HHW en LHW), hoogste en laagste laagwater (HLW en LLW) alsook de P1- en P99-percentielen) opgenomen in deze tabel.

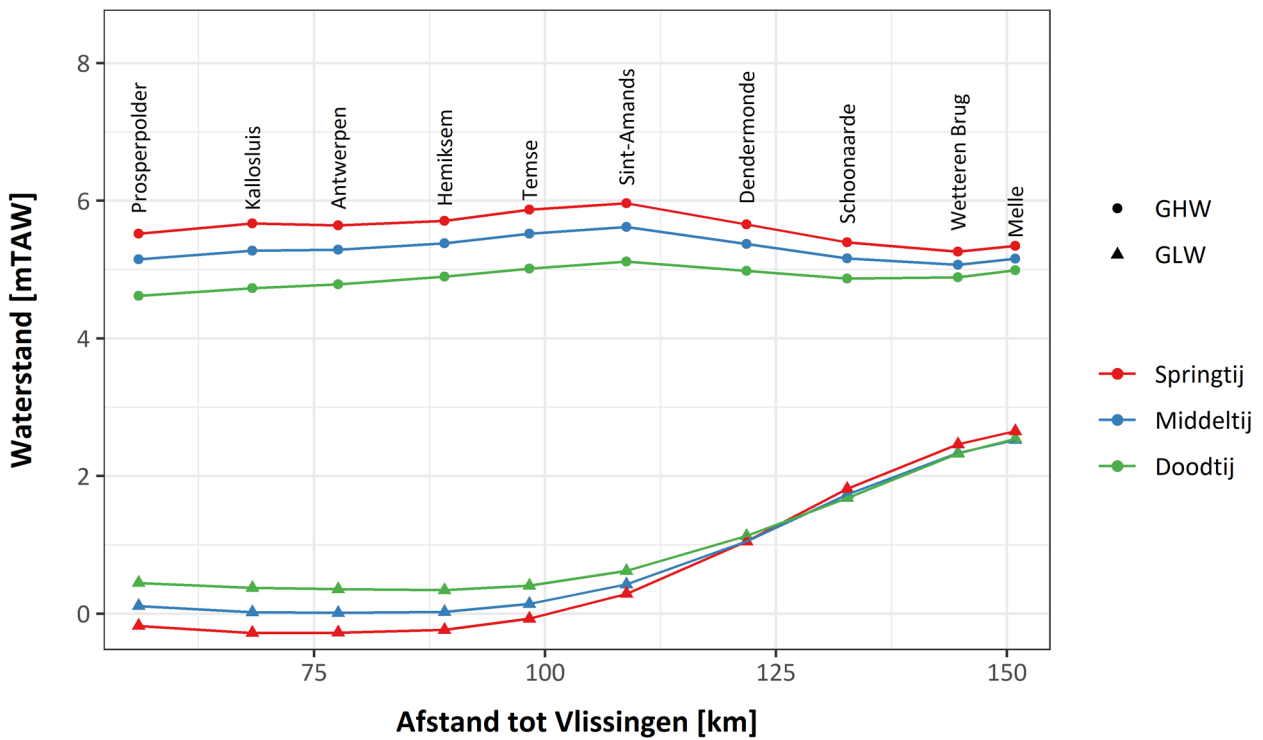
De invloed van een langdurig en groot wasregime is in de opwaartse gebieden van het Zeescheldebekken groot: men krijgt hierdoor een verhoging van laag- en hoogwaterstanden (hoewel minder bij hoogwater), met een tijdelijke beperking van het tijverschil als gevolg. Te Melle en Wetteren-Brug zijn de hoogste laagwaters hoger dan de laagste hoogwaters (Tabel 1).

Figuur 2, Figuur 3 en Figuur 4 geven enkele waarden uit Tabel 1 weer. Figuur 2 geeft het GHW en GLW weer in functie van de afstand tot de monding. Het GHW neemt toe van Prosperpolder tot Sint-Amands en neemt daarna af tot in Wetteren, om in Melle terug licht te stijgen (Figuur 2). Het GLW blijft van Prosperpolder tot Temse min of meer hetzelfde waardoor het tijverschil het grootst is in Temse (Figuur 3), waar het 5,38 m bedraagt bij middeltij. Vanaf Sint-Amands neemt vervolgens het tijverschil af stroomopwaarts. Daarnaast is het GLW bij springtij vanaf Schoonaarde en verder stroomopwaarts hoger dan bij middel- en doottij, waarbij het GLW bij doottij quasi gelijk wordt aan het GLW bij middeltij. Stroomafwaarts van Schoonaarde is het GLW het laagst bij springtij. Het GHW daarentegen blijft hoger bij springtij en lager bij doottij over de volledige Zeeschelde. Samen resulteert dit in een tijverschil bij springtij dat hoger blijft dan het tijverschil bij middel- en doottij, maar het verschil wordt wel kleiner stroomopwaarts (Figuur 3).

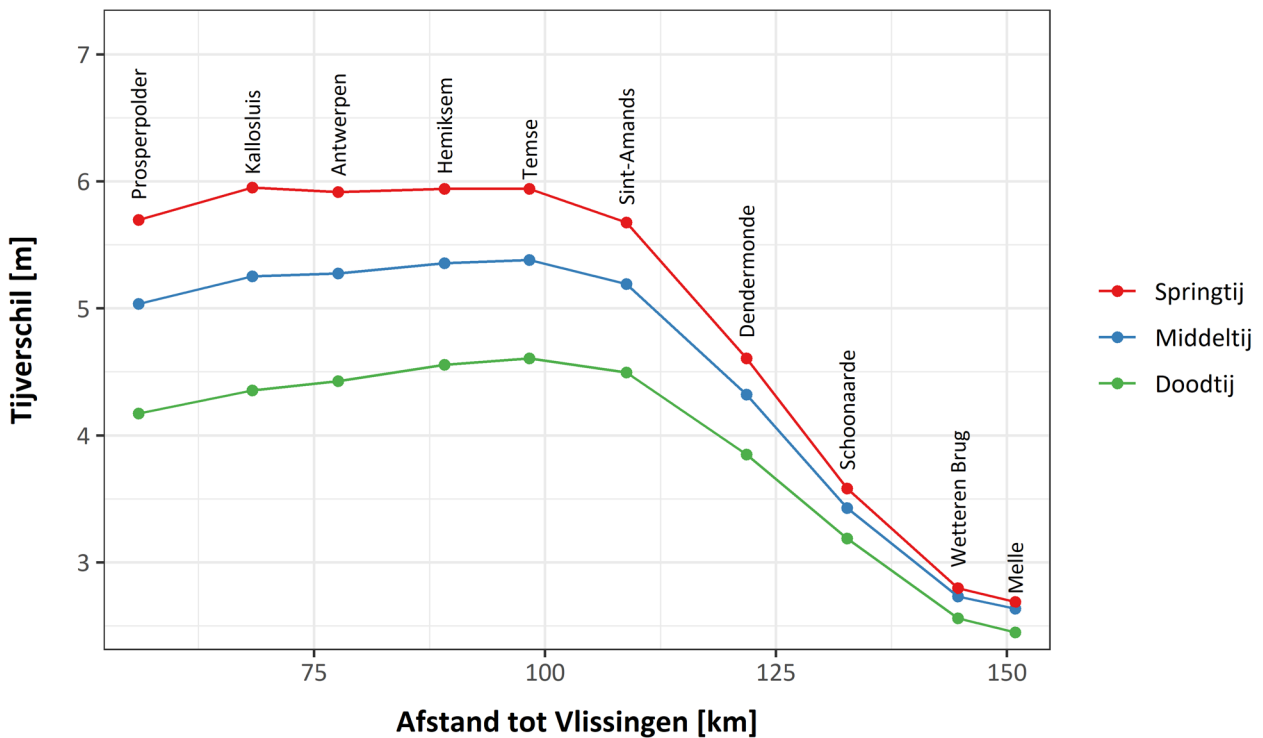
Uit Figuur 4 blijkt dat, hoe meer opwaarts, hoe korter de duur van stijging (van LW naar HW) en hoe langer de duur van daling (van HW naar LW) of hoe meer opwaarts, hoe asymmetrischer de getijkromme. De springtij-doodtijcyclus heeft een belangrijke invloed op de stijgings- en dalingsduur, waarbij de duur van de stijging bij springtij korter is dan bij doottij. In Antwerpen-Loodsgebouw loopt dit verschil op tot ca. 50 minuten, terwijl dit in Dendermonde nog ca. 30 minuten bedraagt.

Tabel 1 – Zeeschelde: overzicht per locatie van de getijkarakteristieken voor het jaar 2021, gerangschikt van afwaarts naar opwaarts. Waterstanden worden weergegeven in mTAW, getijverschil in m, en tijdsgerelateerde waarden in uur:minuten.

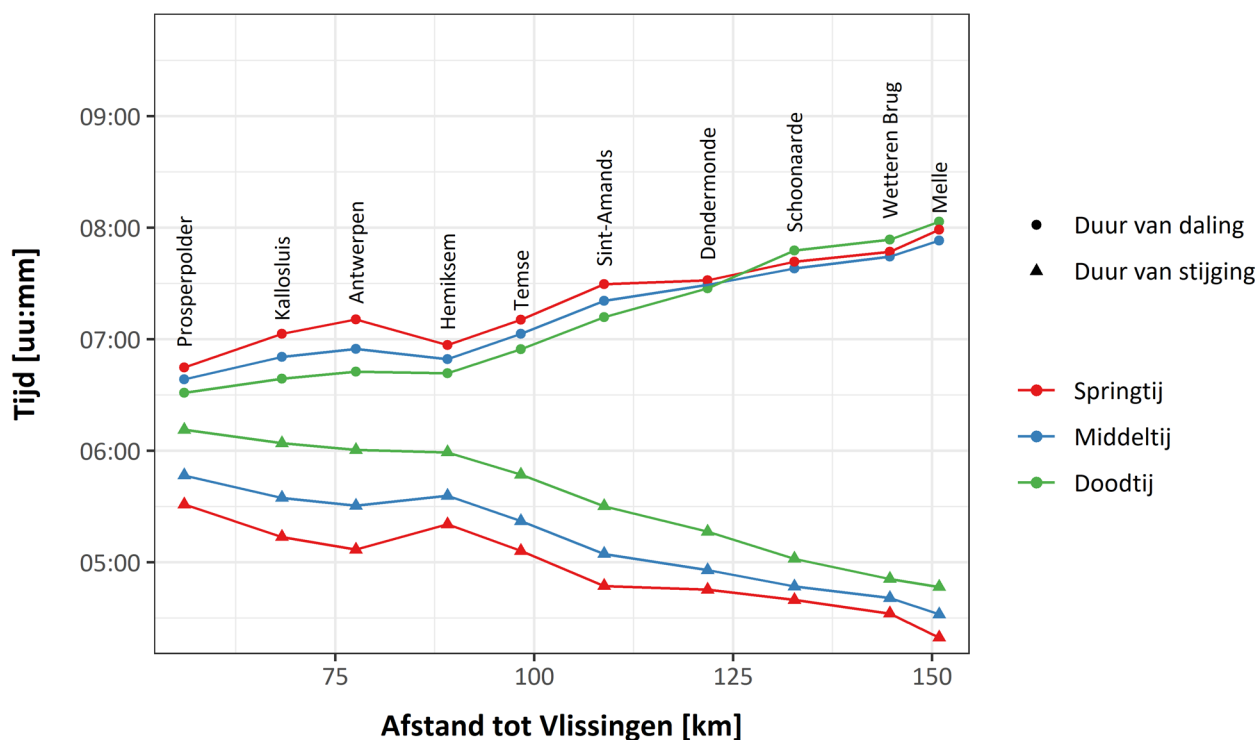
2021			Prosperpolder	Kallosluis	Antwerpen- Loodsgebouw	Hemiksem	Temse	Sint-Amands	Dendermonde	Schoonaarde	Wetteren Brug	Melle
afstand tot Vlissingen (km)			56,0	68,3	77,6	89,1	98,3	108,8	121,8	132,7	144,7	150,9
middeltij		GHW	5,15	5,27	5,29	5,38	5,52	5,62	5,37	5,16	5,07	5,16
		GLW	0,11	0,02	0,01	0,03	0,14	0,43	1,05	1,73	2,34	2,52
		GTV	5,04	5,25	5,27	5,36	5,38	5,19	4,32	3,43	2,73	2,64
		GHT	2,63	2,65	2,65	2,70	2,83	3,02	3,21	3,45	3,70	3,84
		duur van stijging	05:47	05:35	05:30	05:36	05:22	05:05	04:56	04:47	04:41	04:32
		duur van daling	06:38	06:51	06:55	06:49	07:03	07:21	07:29	07:38	07:44	07:53
	tijdsverschil t.o.v. Antwerpen	HW	-00:19	-00:14	00:00	00:33	00:48	01:05	01:39	02:13	03:00	03:20
		LW	-00:36	-00:18	00:00	00:28	00:56	01:31	02:14	02:57	03:49	04:18
springtij		GHW	5,52	5,67	5,64	5,71	5,87	5,97	5,66	5,40	5,26	5,34
		GLW	-0,18	-0,28	-0,27	-0,24	-0,07	0,29	1,05	1,82	2,46	2,65
		GTV	5,70	5,95	5,92	5,94	5,94	5,68	4,61	3,58	2,80	2,69
		GHT	2,67	2,70	2,69	2,74	2,90	3,13	3,35	3,61	3,86	4,00
		duur van stijging	05:31	05:14	05:07	05:21	05:06	04:47	04:45	04:40	04:32	04:20
		duur van daling	06:45	07:03	07:11	06:57	07:10	07:30	07:32	07:42	07:47	07:59
	tijdsverschil t.o.v. Antwerpen	HW	-00:13	-00:12	00:00	00:42	00:57	01:12	01:51	02:26	03:12	03:33
		LW	-00:39	-00:19	00:00	00:29	00:56	01:31	02:12	02:53	03:46	04:21
doodtij		GHW	4,62	4,73	4,79	4,90	5,01	5,12	4,98	4,87	4,89	4,99
		GLW	0,45	0,37	0,36	0,34	0,41	0,62	1,13	1,68	2,33	2,54
		GTV	4,17	4,36	4,43	4,56	4,61	4,50	3,85	3,19	2,56	2,45
		GHT	2,53	2,55	2,57	2,62	2,71	2,87	3,06	3,28	3,61	3,77
		duur van stijging	06:11	06:04	06:01	05:59	05:47	05:30	05:16	05:02	04:51	04:47
		duur van daling	06:31	06:39	06:43	06:42	06:55	07:12	07:27	07:48	07:54	08:03
	tijdsverschil t.o.v. Antwerpen	HW	-00:21	-00:15	00:00	00:27	00:41	00:57	01:30	02:02	02:46	03:05
		LW	-00:33	-00:19	00:00	00:26	00:53	01:27	02:15	03:01	03:57	04:25
uiterste waarden		HHW	6,47	6,63	6,62	6,61	6,72	6,81	6,53	6,39	6,51	6,60
		LHW	3,65	3,75	3,82	3,91	4,02	4,11	4,01	3,92	3,89	3,96
	99e percentiel	HW	6,03	6,20	6,17	6,21	6,36	6,45	6,21	6,25	6,27	6,34
		HLW	1,61	1,53	1,51	1,49	1,51	1,63	2,46	3,57	4,97	5,70
	1e percentiel	LLW	-1,17	-1,28	-1,28	-1,25	-1,03	-0,56	0,15	0,93	1,48	1,56
		LW	-0,65	-0,76	-0,76	-0,72	-0,53	-0,12	0,55	1,17	1,61	1,67



Figuur 2 – Zeeschelde: gemiddeld hoogwater (GHW) en gemiddeld laagwater (GLW) bij middeltij, springtij en doodtij in 2021 t.o.v. de afstand in km tot de monding te Vlissingen



Figuur 3 – Zeeschelde: gemiddeld tijverschil (GTV) bij middeltij, springtij en doodtij in 2021 t.o.v. de afstand in km tot de monding te Vlissingen.



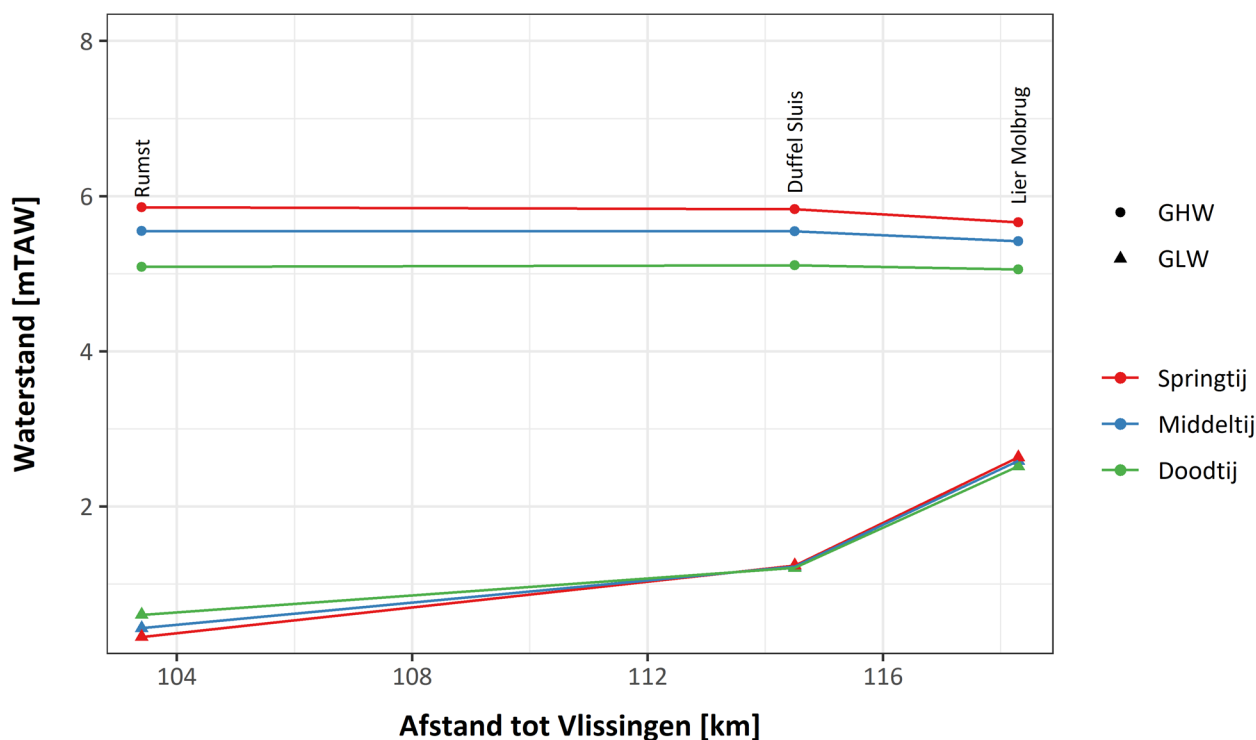
Figuur 4 – Zeeschelde: gemiddelde duur van stijging en daling bij middeltij, springtij en doortij in 2021 t.o.v. de afstand in km tot de monding te Vlissingen.

Voor de aan het getij onderhevige zijrivieren zijn de meetstations beperkt tot Rumst, Duffel-Sluis en Lier-Molbrug voor de Beneden-Nete, en Tielrode voor de Durme. De belangrijkste tijwaarden staan in Tabel 2.

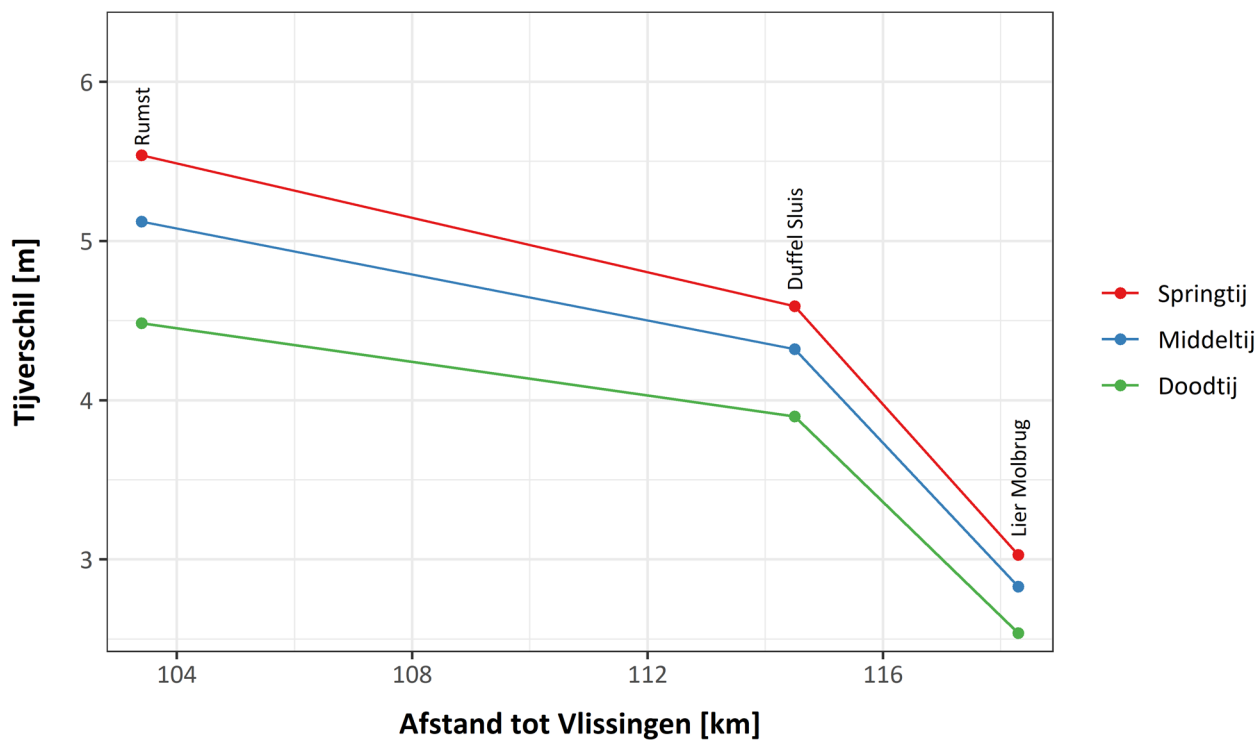
Figuur 5 geeft hetzelfde patroon weer als het stroomopwaartse gedeelte van Figuur 2 voor het GLW, namelijk hoe verder stroomopwaarts, hoe hoger het GLW. De impact op het GHW is hier beperkt tot een lichte afname van het waterpeil ter hoogte van Lier Molbrug. Figuur 6 toont het bijbehorend gemiddeld tijverschil. Het tijverschil is het grootst voor de meest afwaartse post (Rumst) en neemt af stroomopwaarts. Het is ook duidelijk dat de verschillen tussen middel-, spring- en doortij kleiner worden naarmate men zich meer opwaarts de zijrivieren van de Schelde begeeft. Figuur 7 geeft de stijgings- en dalingsduur van Rumst tot en met Lier-Molbrug (Beneden-Nete) weer. Net zoals in de Boven-Zeeschelde neemt de getij-asymmetrie toe naarmate er meer opwaarts wordt gegaan.

Tabel 2 – Beneden-Nete en Durme:  
Overzicht per locatie van de hoofdkenmerkende tijwaarden in 2021.

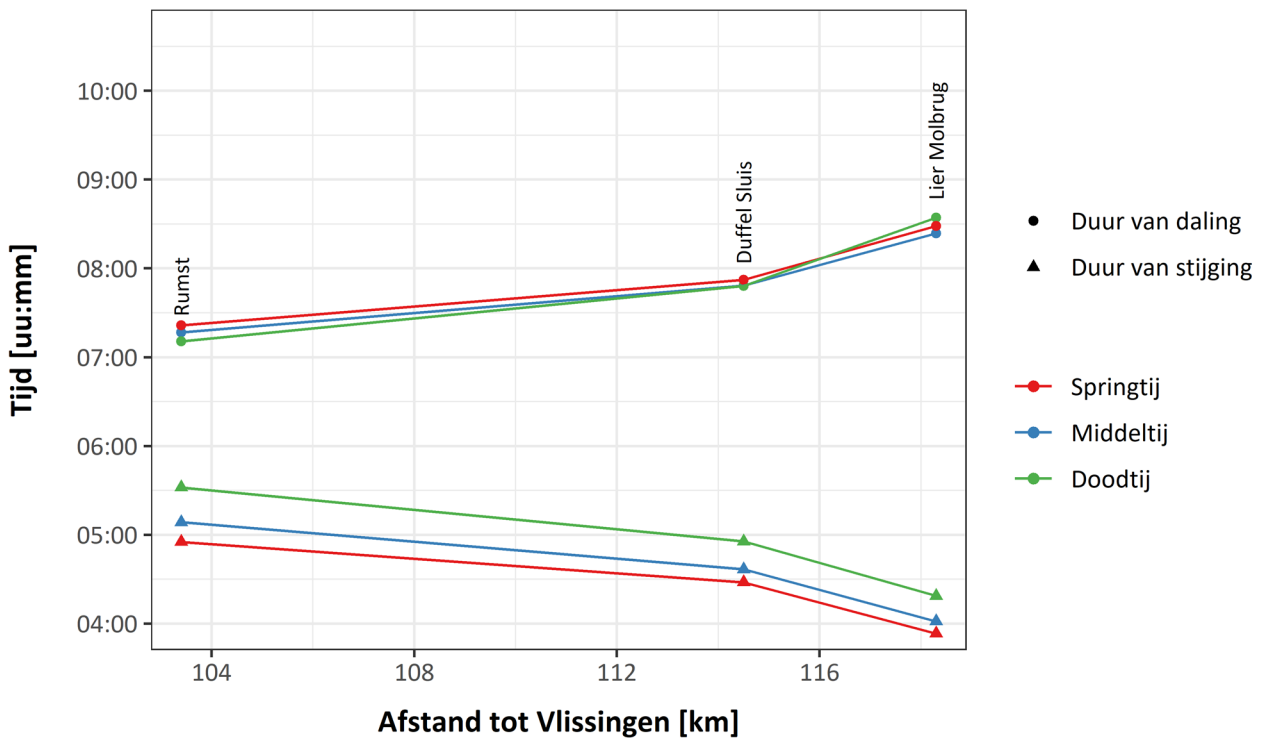
2021			Tielrode	Rumst	Duffel Sluis	Lier-Molbrug
afstand tot Vlissingen (km)			103,1	103,4	114,5	118,3
middeltij		GHW	5,60	5,55	5,55	5,42
		GLW	0,19	0,43	1,23	2,59
		GTV	5,41	5,12	4,32	2,83
		GHT	2,90	2,99	3,39	4,01
		duur van stijging	05:14	05:09	04:37	04:02
		duur van daling	07:11	07:17	07:48	08:24
	tijdsverschil t.o.v. Antwerpen	HW	00:53	01:04	01:26	01:46
		LW	01:10	01:26	02:20	03:15
springtij		GHW	5,96	5,86	5,83	5,66
		GLW	0,00	0,32	1,24	2,63
		GTV	5,96	5,54	4,59	3,03
		GHT	2,98	3,09	3,54	4,15
		duur van stijging	04:56	04:55	04:28	03:53
		duur van daling	07:19	07:22	07:52	08:29
	tijdsverschil t.o.v. Antwerpen	HW	01:02	01:16	01:39	02:00
		LW	01:10	01:27	02:18	03:14
doodtij		GHW	5,08	5,09	5,11	5,06
		GLW	0,44	0,60	1,21	2,52
		GTV	4,64	4,49	3,90	2,54
		GHT	2,76	2,85	3,16	3,79
		duur van stijging	05:41	05:32	04:56	04:19
		duur van daling	07:01	07:11	07:48	08:34
	tijdsverschil t.o.v. Antwerpen	HW	00:47	00:53	01:15	01:33
		LW	01:06	01:21	02:20	03:19
uiterste waarden		HHW	6,81	6,71	6,64	6,52
		LHW	4,07	4,10	4,11	4,09
	99e percentiel	HW	6,46	6,36	6,30	6,16
		HLW	1,50	1,58	2,32	3,81
	1e percentiel	LLW	-0,59	-0,44	0,73	2,01
		LW	-0,45	-0,09	0,80	2,09



Figuur 5 – Gemiddeld hoogwater (GHW) en gemiddeld laagwater (GLW) bij middeltij, springtij en doortij in 2021 voor de Beneden-Nete.



Figuur 6 – Gemiddeld tijverschil (GTV) bij middeltij, springtij en doortij in 2021 voor de Beneden-Nete.



Figuur 7 – Duur van stijging en daling bij middeltij, springtij en doodtij in 2021 voor de Beneden-Nete.

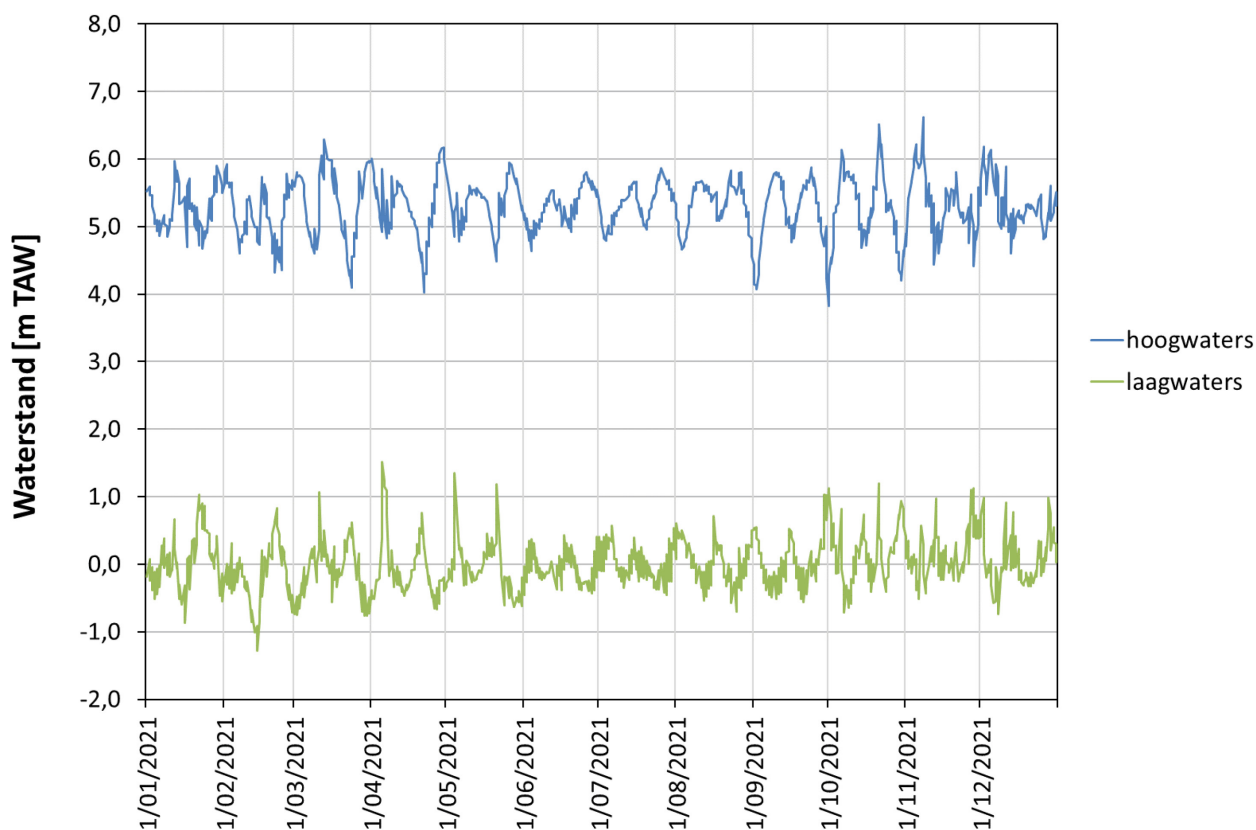
## 2.2 Getijwaarnemingen in Antwerpen

### 2.2.1 Jaaroverzicht

Al meer dan honderddertig jaar (1888 - 2021) wordt in Antwerpen ter hoogte van het Loodsgebouw de waterstand geregistreerd. Door deze lange registratieperiode en gezien het representatieve karakter van deze meetpost worden deze data als maatstaf van het getij in het Zeescheldebekken gebruikt. Recentelijk is vastgesteld dat er sinds december 2017 een verlaging van 4 cm moest worden toegepast op de metingen. Eerder gerapporteerde waterstandsstatistieken te Antwerpen in de MONEOS jaarboeken van 2018, 2019 en 2020 zijn dus 4 cm te hoog. Meer info over deze correctie is terug te vinden in Vereecken et al. (2022).

Figuur 8 toont het jaarverloop 2021 voor hoogwaters en voor laagwaters voor de meetpost Antwerpen-Loodsgebouw. Op 7 november werd met 6,62m het stormtijpeil (6,6 mTAW) overschreden (§2.3).

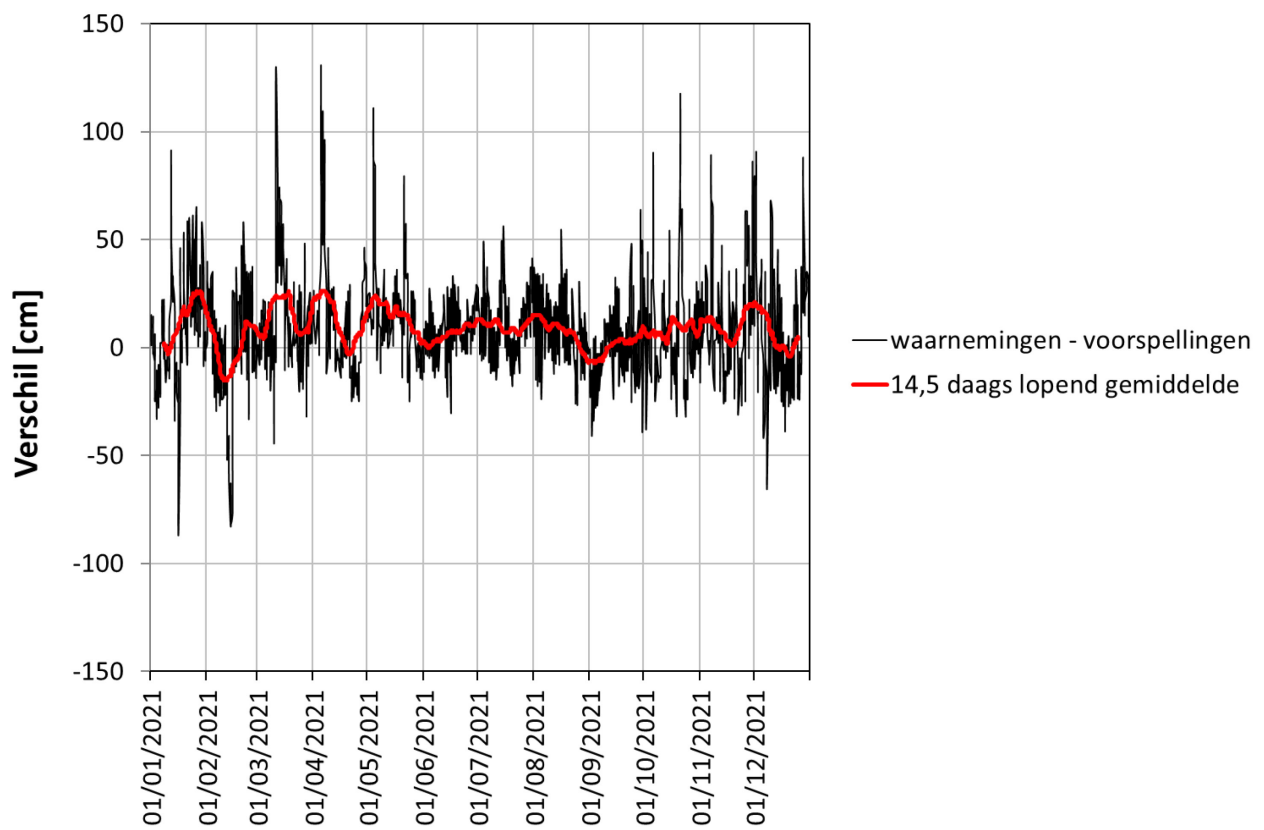
De tweewekelijkse springtij-doodtijcyclus is duidelijk waarneembaar in de metingen (Figuur 8). Echter, de waarnemingen kunnen in beperkte of grotere mate afwijken van het astronomische verloop (Figuur 9). Dit komt doordat ze beïnvloed worden door de meteorologische omstandigheden. In het afwaartse deel van het estuarium zijn vooral opwaaiing en afwaaiing belangrijk. In het opwaartse deel is de variatie in bovenafvoer belangrijk.



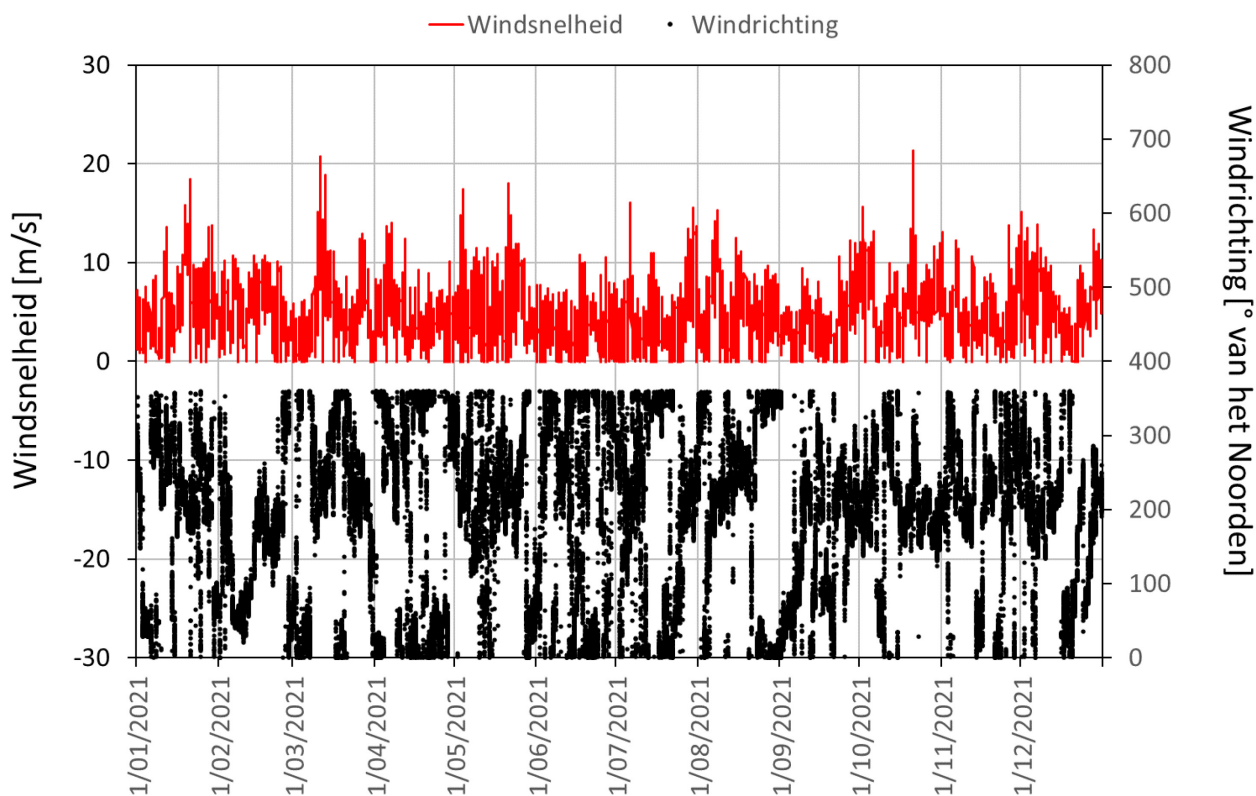
Figuur 8 – Beneden-Zeeschelde in Antwerpen: jaarverloop van het tij (HW en LW) gedurende het jaar 2021

Gedurende het jaar 2021 was gemiddeld gezien de waargenomen waterstand 9 cm hoger dan de astronomisch voorspelde waterstand. De gemiddelde absolute waarde van het verschil tussen waargenomen en voorspelde waterstand in 2021 bedraagt 18 cm. Tijdens de zomermaanden (april - september) is het verschil tussen het opgetreden en voorspeld getij gemiddeld zo'n 15 cm, met 95% van alle verschillen liggend tussen +/- 37 cm en met een maximum verschil van 130 cm. Tijdens de wintermaanden (oktober - maart) wordt er een grotere variabiliteit aan verschillen tussen effectief waargenomen getij en astronomisch voorspeld getij vastgesteld. Gemiddeld bedraagt de absolute waarde van het verschil zo'n 21 cm, daarbij vallen 95% van alle verschillen tussen +/- 58 cm, met een maximum verschil van 129 cm. De grotere variabiliteit in de wintermaanden kan toegeschreven worden aan het frequenter voorkomen van (aanzienlijke) opwaaiingen en afwaaiingen in deze periode.





Figuur 9 – Verschil tussen waargenomen en astronomisch voorspelde HWs en LWs in Antwerpen voor het jaar 2021.



Figuur 10 – Windrichting (° t.o.v. Noorden) en windsnelheid (m/s) opgemeten te Hansweert (Bron: Rijkswaterstaat).

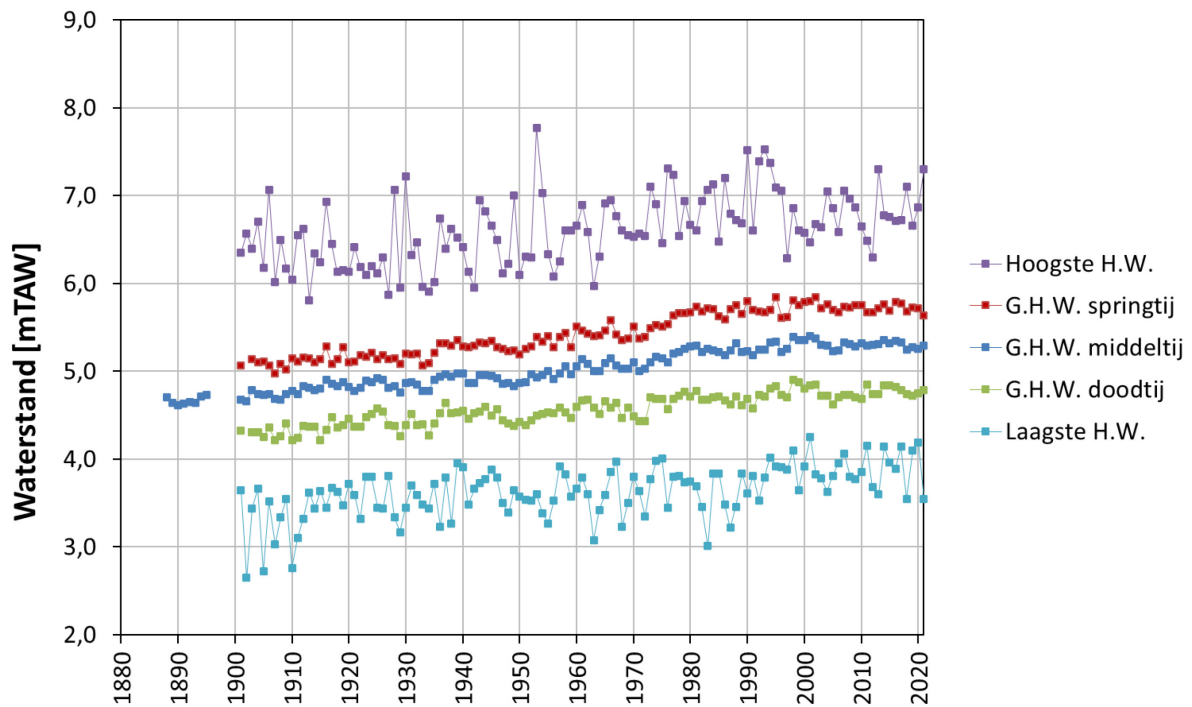
### 2.2.2 Het jaar 2021 in historisch perspectief

Naast dit soort jaaroverzichten, is het interessant om een aantal ke(r)ngetallen van het voorbije jaar weer te geven met enkele referentiegetallen ter vergelijking. Tabel 3 toont een overzicht van de getijparameters voor de tijpost Antwerpen-Loodsgebouw in 2021, inclusief een vergelijking met de voorgaande decennia.

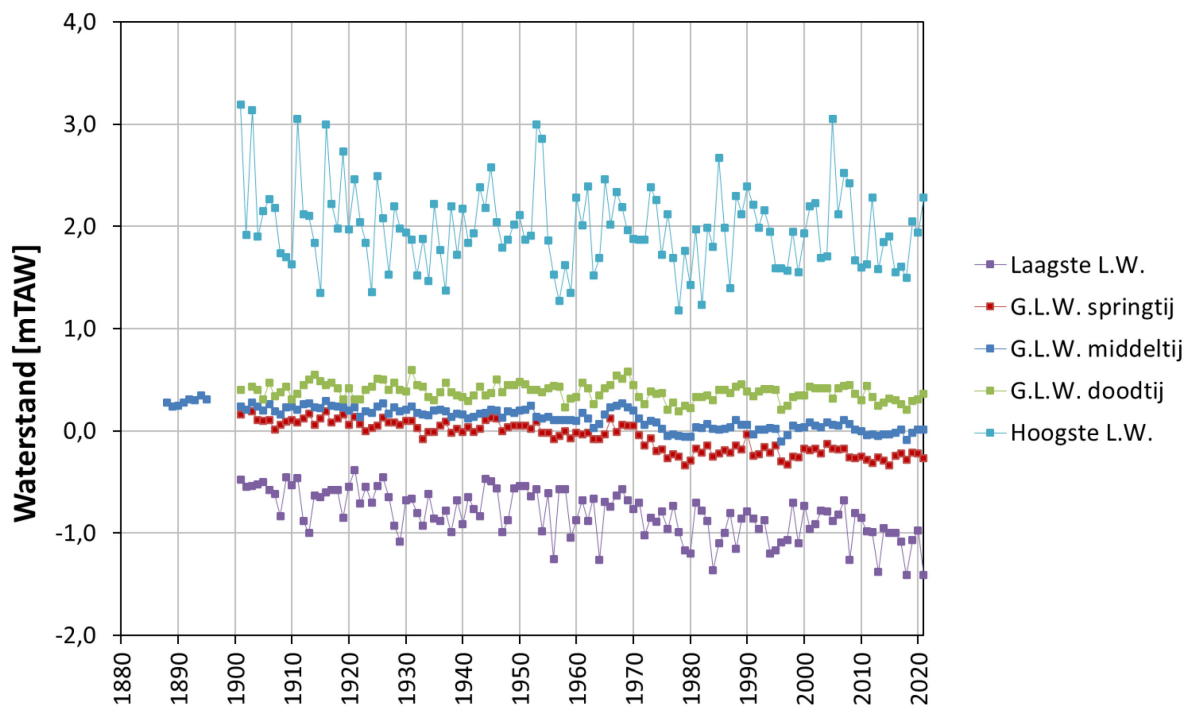
Het jaar 2021 was, in de context van de tijen van de voorbije decennia (zie Tabel 3) een vrij normaal jaar voor de hoogwaters tijdens middel- en dooftij. Bij springtij en de uiterste waarden liggen deze waarden echter beduidend lager dan het voorbije decennia (tot 11 cm). De laagwaters zijn in 2021 hoger ten opzichte van het gemiddelde laagwater van het laatste decennium voor middeltij en dooftij met respectievelijk 4 en 6 cm. Bij springtij is het laagwater 1 cm lager in vergelijking met het afgelopen decennium. Dat blijkt ook uit Figuur 11, Figuur 12 en Figuur 13 die het historisch tijbeeld schetsen.

Tabel 3 – Getijparameters te Antwerpen-Loodsgebouw: het jaar 2021 in historisch perspectief;  
(waterstanden in mTAW, tijverschillen in meter).

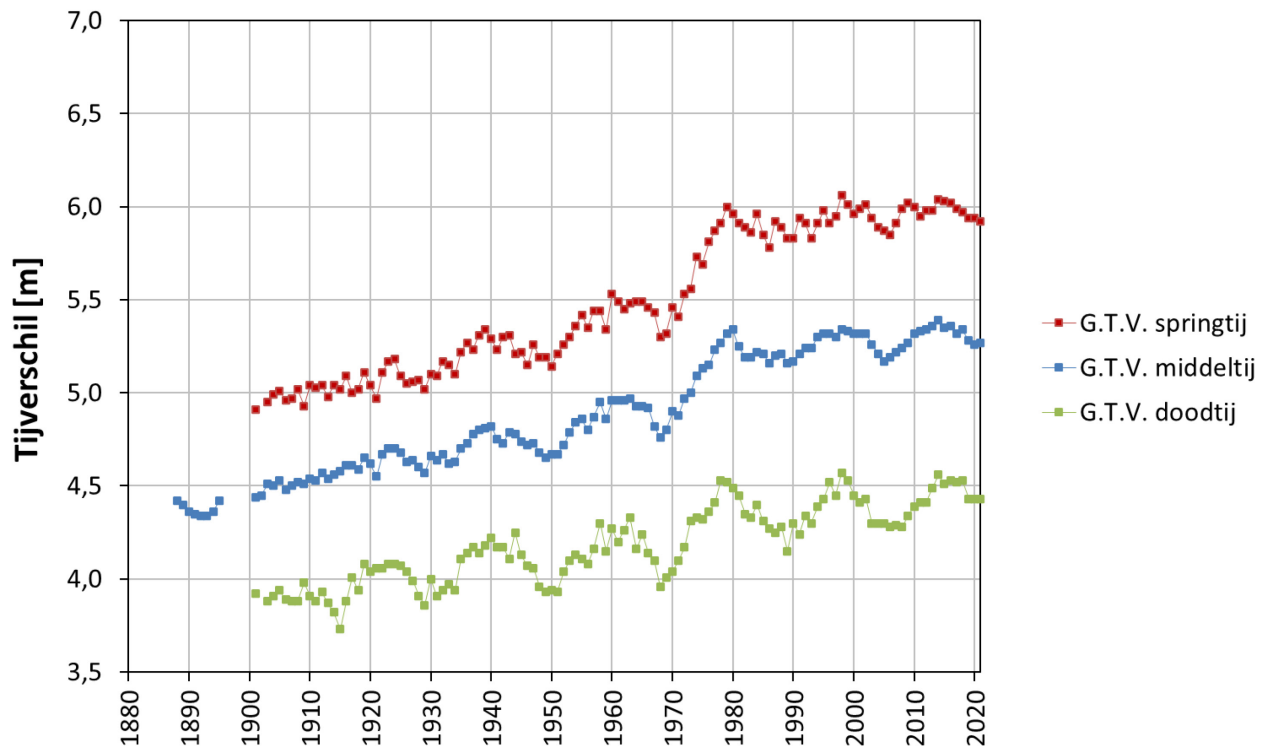
		1971 - 1980	1981 – 1990	1991 - 2000	2001 - 2010	2011 - 2020	2021
Middeltij	GHW	5,15	5,24	5,29	5,30	5,30	5,29
	GLW	0,01	0,05	0,00	0,05	-0,03	0,01
	GTV	5,14	5,19	5,29	5,25	5,33	5,27
	Duur van de stijging	05:18	05:22	05:25	05:31	05:30	5:30
	Duur van de daling	07:07	07:03	07:01	06:54	06:56	6:55
Springtij	GHW	5,55	5,70	5,72	5,75	5,72	5,64
	GLW	-0,20	-0,17	-0,23	-0,19	-0,26	-0,27
	GTV	5,75	5,87	5,95	5,94	5,98	5,92
	Duur van de stijging	04:45	05:00	05:01	05:08	5:06	5:07
	Duur van de daling	07:25	07:20	07:18	07:12	7:13	7:11
Doodtij	GHW	4,64	4,69	4,77	4,73	4,78	4,79
	GLW	0,29	0,38	0,34	0,40	0,30	0,36
	GTV	4,35	4,31	4,43	4,33	4,48	4,43
	Duur van de stijging	05:47	05:54	05:55	06:05	6:00	6:01
	Duur van de daling	06:53	06:48	06:44	06:39	6:41	6:43
uiterste waarden	HHW	7,31	7,52	7,53	7,08	7,3	6,62
	LHW	3,35	3,01	3,53	3,63	3,55	3,82
	99 <sup>ste</sup> percentiel	6,04	6,16	6,18	6,35	6,20	6,17
	HLW	2,38	2,67	2,21	3,05	2,28	1,51
	LLW	-1,20	-1,36	-1,20	-1,24	-1,41	-1,28
	1 <sup>ste</sup> percentiel	-0,61	-0,63	-0,65	-0,66	-0,76	-0,76



Figuur 11 – Antwerpen-Loodsgebouw: langjarige tij-evolutie (1888-2021) van jaargemiddeld hoogwater middeltij, springtij en dootij, aangevuld met de jaarlijks hoogste en de jaarlijks laagste hoogwaterstanden.



Figuur 12 – Antwerpen-Loodsgebouw: langjarige tij-evolutie (1888-2021) van jaargemiddeld laagwater middeltij, springtij en dootij, aangevuld met de jaarlijks hoogste en de jaarlijks laagste laagwaterstanden.

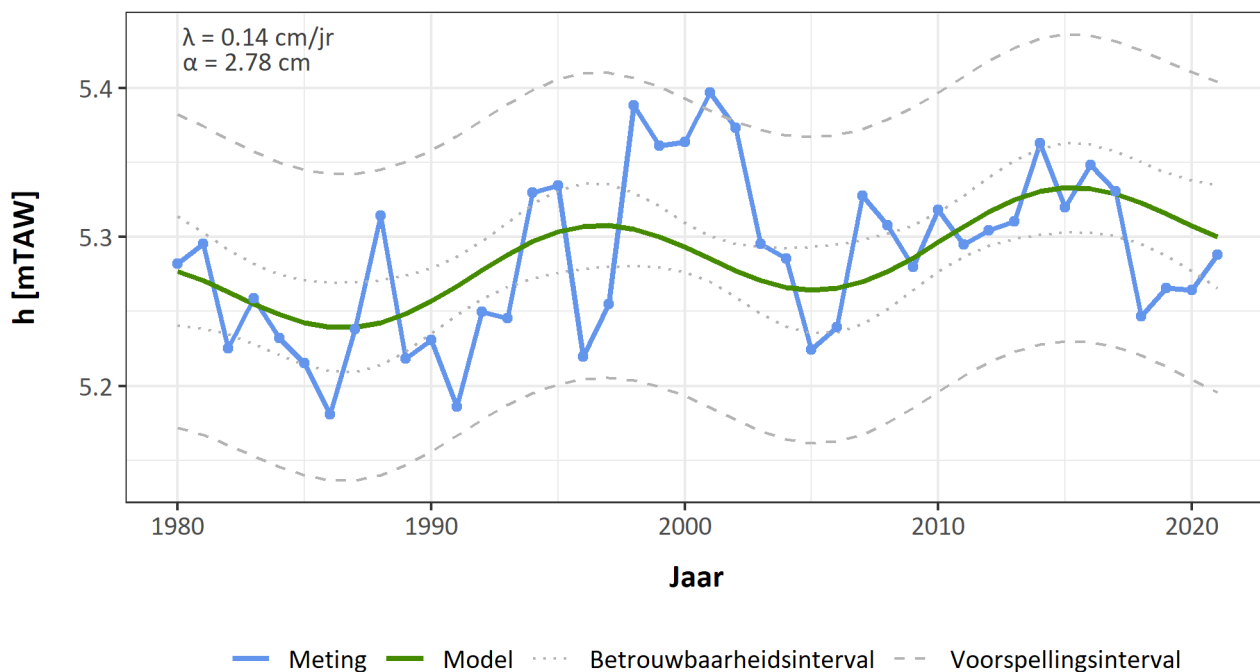


Figuur 13 – Antwerpen-Loodsgebouw: langjarige tij-evolutie (1888-2021) van jaargemiddeld tijverschil middeltij, springtij en dooftij.

In het kader van Moneos-T (Schrijver en Plancke, 2008) en recenter ook de T2009 (Depreiter *et al.*, 2014), T2015 (Barneveld *et al.*, 2018) en Agenda voor de Toekomst (Vandenbruwaene *et al.*, 2020) rapportages werd specifiek gekeken naar trends in de langjarige evolutie van hoog- en laagwaters. Figuur 14 en Figuur 15 geven deze respectievelijke trends weer voor Antwerpen (berekend over de periode 1980-2021). Het GHW en GLW van 2021 liggen beiden lichtjes onder de trendlijn, maar nog wel binnen de 95% betrouwbaarheidsintervallen. Over de periode 1980-2021 bedraagt de stijging in jaargemiddeld hoogwater ten gevolge zeespiegelstijging 0,14 cm/jaar. De trend voor laagwater is -0,06 cm.

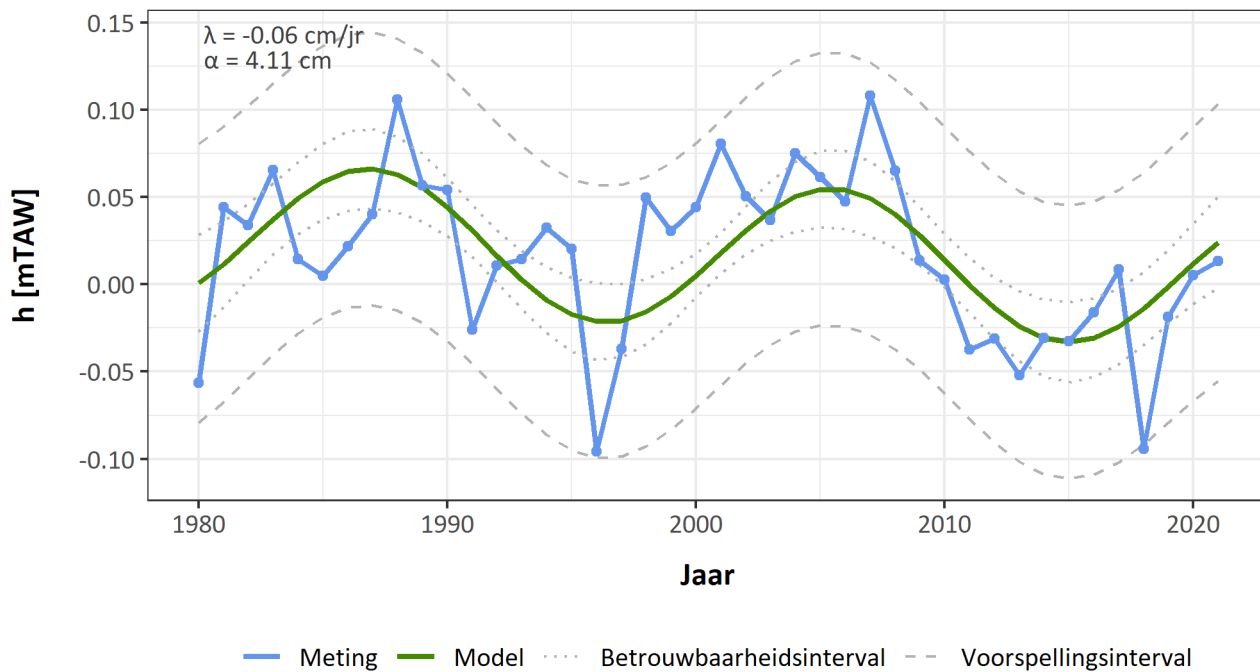
Er is gekozen om de trend te bepalen vanaf 1980 omwille van de trendbreuken in de jaren '70. Bovendien vallen deze trends niet in elk station op hetzelfde moment. Voor meer informatie omtrent trendbepalingen en resultaten van overige meetlocaties wordt verwezen naar Bijlage B: Evoluties HW en LW. Voor de evolutie van de harmonische componenten wordt verwezen naar Bijlage C: Harmonische componenten.

### Antwerpen tij/Zeeschelde



Figuur 14 – Trend jaargemiddeld hoogwater te Antwerpen-Loodsgebouw bepaald over de periode 1980-2021.

### Antwerpen tij/Zeeschelde



Figuur 15 – Trend jaargemiddeld laagwater te Antwerpen-Loodsgebouw bepaald over de periode 1980-2021.

## 2.3 Stormvloeden

Met de term ‘stormvloeden’ in het Zeescheldebekken bedoelt men een hoogwatergolf die de Schelde binnendringt en zich voortplant, met een hoogwaterstand te Antwerpen-Loodsgebouw hoger dan 6,6 mTAW.

Men spreekt van ‘stormtij’ (ook wel ‘stormvloed’) wanneer een hoogwater meer dan 6,6 mTAW en lager dan 7 mTAW bedraagt. Vanaf een hoogwater hoger dan 7 mTAW spreekt men van een ‘gevaarlijk stormtij’ (ook wel ‘buitengewone stormvloed’).

Stormvloeden kennen hun oorsprong meestal door de combinatie van een springtij en opwaaiing. Actief lagedrukgebieden kunnen aanleiding geven tot harde, stormachtige noordwestenwinden. Gezien de oriëntatie van het Schelde-estuarium stuwen noordwestenwinden extra zeewater het estuarium binnen.

Dit deed zich voor op 7 november 2021 toen er in Antwerpen een waterstand van 6,62 mTAW werd bereikt. Deze waterstand heeft een terugkeerperiode van minder dan 0,5 jaar (Brackx *et al.*, 2020)

Een overzicht van hoogwaterstanden boven 6,5 mTAW vanaf 1971 is terug te vinden in Tabel 4.

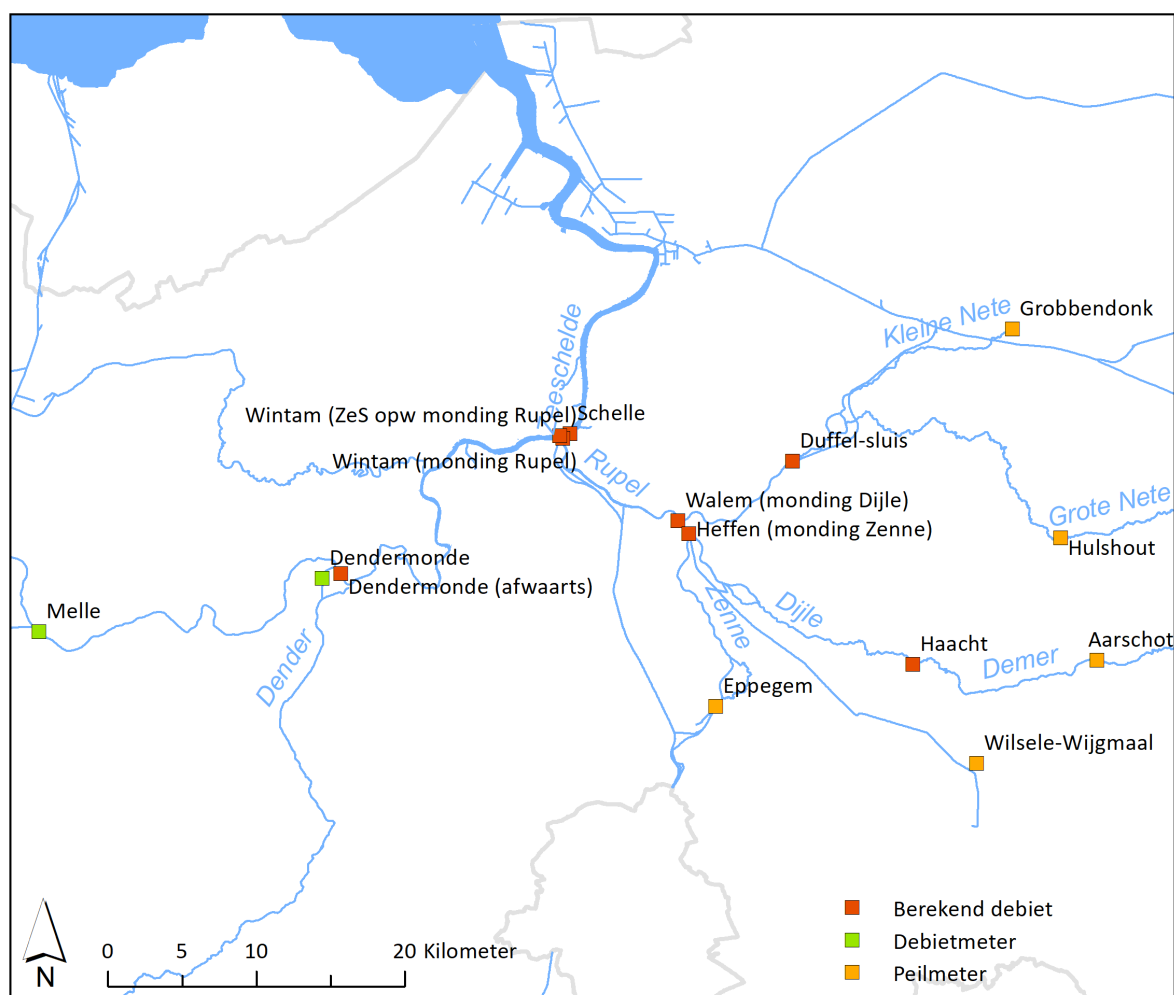




## 3 Jaaroverzicht bovendebieten

### 3.1 Overzicht meetlocaties

Sinds 1949 wordt de bovenafvoer gemeten aan de randen van het getijgebied. De bovenafvoer wordt op verschillende locaties gemeten, waarbij iedere locatie representatief is voor een opwaarts gelegen hydrografisch bekken (voor overzicht meetlocaties zie groene/oranje symbolen in Figuur 16 en Tabel 5). Om een idee te krijgen van de totale bovenafvoer richting Beneden-Zeeschelde wordt de gemeten afvoer aan de randen van het tijgebied doorgerekend naar afwaarts. Hierbij wordt een schaalvergroting en een tijdsvertraging toegepast op de gemeten debieten. De afwaarts gelegen berekende debieten worden in Figuur 16 weergegeven aan de hand van de rode symbolen. Dit resulteert in Wintam in een berekende bovenafvoer (daggemiddeld) voor het Rupelbekken en voor het Boven-Zeescheldebekken. De som van beiden geeft ter hoogte van Schelle de totale bovenafvoer richting Beneden-Zeeschelde. Voor meer informatie omtrent deze rekenmethodiek wordt verwezen naar Vanlierde *et al.* (2014) en Michielsen *et al.* (2019).



Figuur 16 – Ligging van de HIC meetlocaties van bovenafvoer aan de randen van het tijgebied (Wilssele in beheer van VMM), en aanduiding van de locaties waar de bovenafvoer wordt berekend.

Tabel 5 – Overzicht van de meetstations die gebruikt worden voor de bepaling van de bovenafvoer te Schelle.

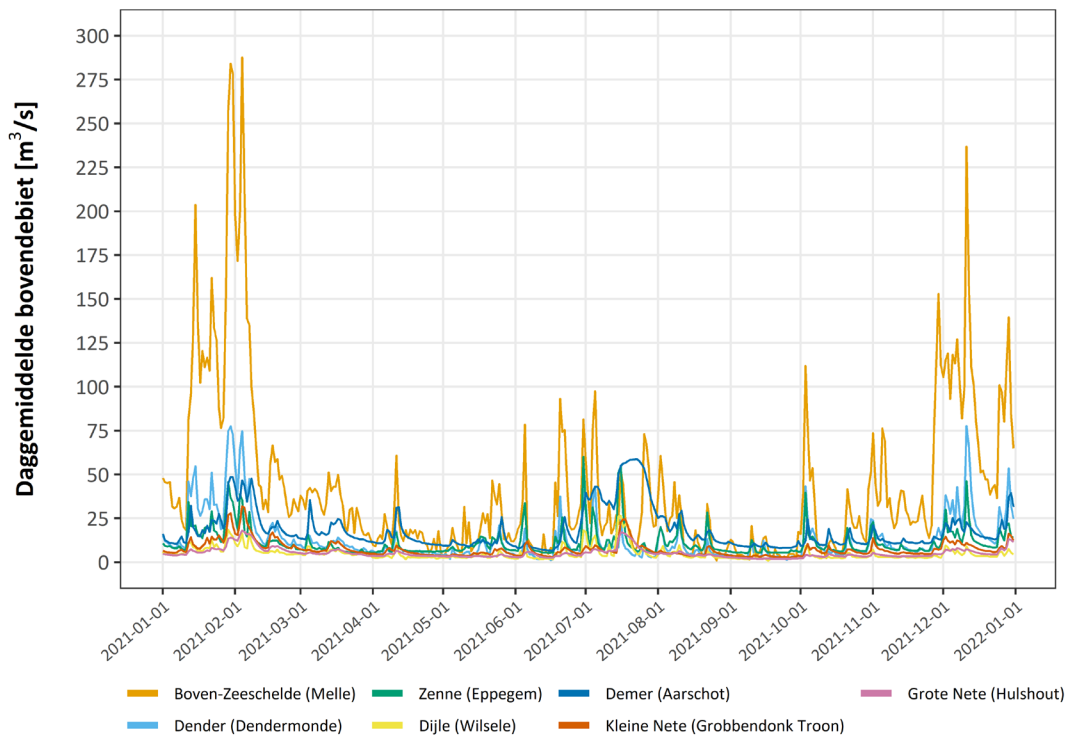
Code	Station	Waterloop	Gemeten parameter	Getij	Opmerking
zes57a	Melle	Zeeschelde	Q	Tij	Debiet wordt gemeten met ADM, Q/Q relatie wordt toegepast
den01a	Dendermonde	Dender	Q	Schijntij	Debiet wordt gemeten met ADM, Q/Q relatie wordt toegepast
zen03a	Eppegem	Zenne	H	Geen tij	Ogenblikkelijk debiet bepaald a.h.v. Q/H-verband
L08_093	Wilsele	Dijle	H	Geen tij	Ogenblikkelijk debiet bepaald a.h.v. Q/H-verband
dem02a	Aarschot	Demer	H	Geen tij	Ogenblikkelijk debiet bepaald a.h.v. Q/H-verband
gnt05a	Hulshout	Grote Nete	H	Geen tij	Ogenblikkelijk debiet bepaald a.h.v. Q/H-verband
knt03a	Grobbendonk Troon	Kleine Nete	H	Geen tij	Ogenblikkelijk debiet bepaald a.h.v. Q/H-verband

### 3.2 Gemeten bovenafvoer aan de randen van het tijgebied

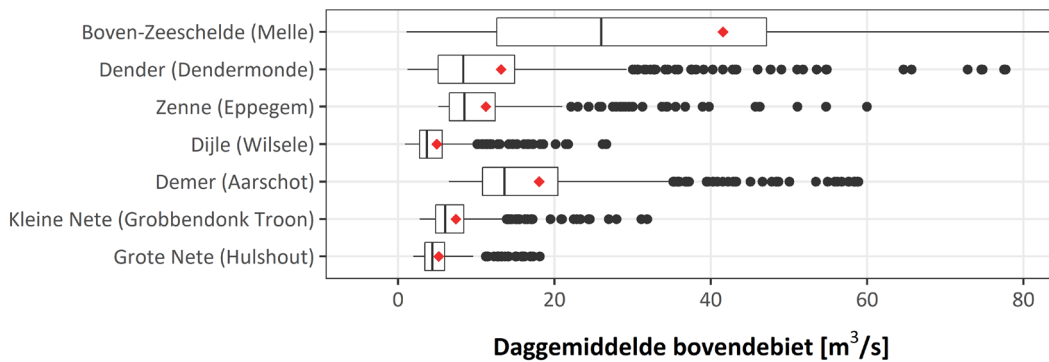
Over het algemeen is de gemeten bovenafvoer voor de verschillende meetlocaties duidelijk hoger in de wintermaanden (Figuur 17). In onze regio heeft dit voornamelijk te maken met de hogere hoeveelheid neerslag die valt in de wintermaanden in combinatie met een hogere bodemverzadingsgraad. De grote variabiliteit in bovendebiet tussen de verschillende meetstations wordt onder meer veroorzaakt door de grootte van het hydrografische bekken, de positie van meetlocatie binnen het bekken, variabiliteit in gevallen neerslaghoeveelheden, mate van indringing in de ondergrond van gevallen neerslag, evapotranspiratie, en tenslotte een verschil in waterbeheersing tussen de bekkens onderling.

Ondanks de klassiek hogere afvoeren in de wintermaanden in onze regio, wordt de zomer van 2021 gekenmerkt door uitzonderlijk hogere afvoeren. Vanaf 29 juni tot 28 juli werd vooral het oosten van het land getroffen door enkele ernstige neerslagperiodes met zeer hoge waterafvoeren en overstromingen in de getroffen bekkens (Hydrologisch Informatiecentrum & de Vlaamse waterweg, 2021; Vlaamse milieumaatschappij, 2021a). In Figuur 17 valt dan ook de afvoer van de Demer op in deze periode, tot 60 m<sup>3</sup>/s.

Gewoonlijk zorgen de Bovenschelde en Leie bij wassen voor het grootste aandeel in de bovenafvoer richting Beneden-Zeeschelde. Dit leidt tot duidelijk hogere debieten te Melle in vergelijking met de overige meetlocaties (Figuur 17, Figuur 18, Tabel 6). In de zomer van 2021 was het echter de Demer die tijdens deze wasperiodes de hoogste afvoer kende. Dit wordt verklaard doordat de extreme neerslag met name het oosten van het land het hardste heeft getroffen. Tijdens zeer droge periodes (mei, augustus-september) keren de gebruikelijke rollen om en is de bovenafvoer in Melle lager dan die aan de overige randen van het tijgebied. Het grootste volume van de al beperkte afvoer van de Leie en de Bovenschelde wordt tijdens zeer droge periodes afgeleid naar het kanaal Gent-Terneuzen.



Figuur 17 – Verloop van de daggemiddelde bovenafvoer in 2021 voor de meetstations aan de randen van het tijgebied.



Figuur 18 – Boxplotvoorstelling jaarwaarden 2021 voor de stations aan de randen van het tijgebied.  
 Rood symbool geeft de gemiddelde waarde aan. Individuele daggemiddelde bovendebietsen die buiten de interkwartielafstand vallen, worden als zwarte punten weergegeven.  
 Debietsen boven 80 m<sup>3</sup>/s worden niet weergegeven (enkel van toepassing voor Melle).

Tabel 6 – Jaarstatistieken gemeten bovenafvoer 2021 (in m<sup>3</sup>/s) voor de stations aan de randen van het getijgebied.

---

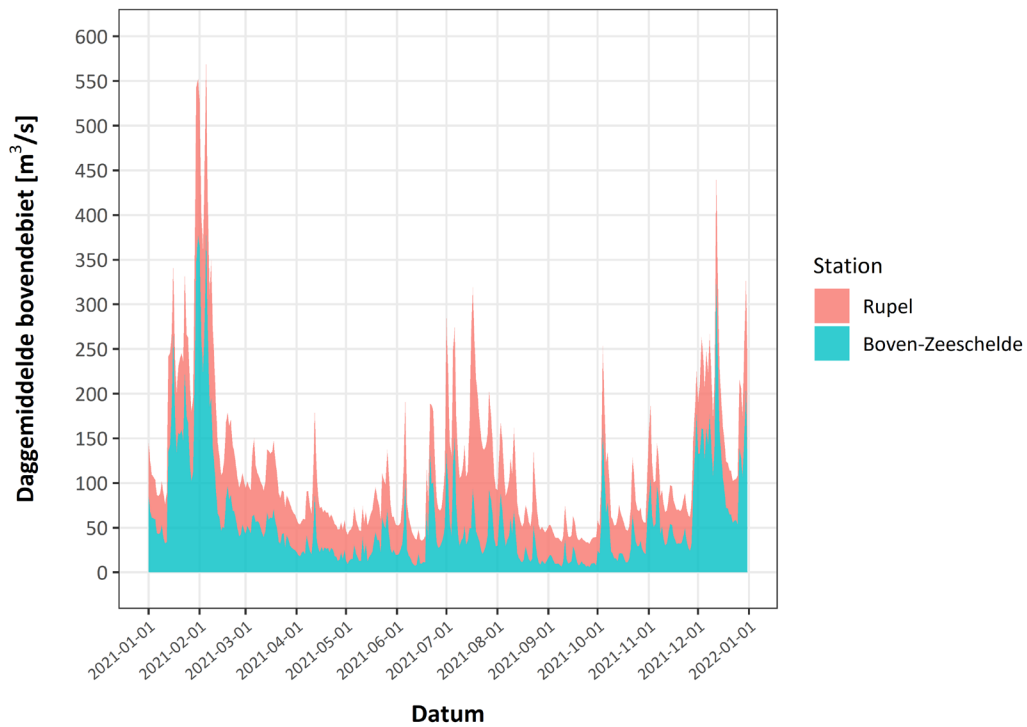
Station	Gem	StDev	P10	P25	P50	P75	P90
Boven-Zeeschelde (Melle)	41.6	47.2	5.2	12.6	26	47.1	103
Dender (Dendermonde)	13.2	13.6	3.4	5.1	8.3	14.9	31.2
Zenne (Epepegem)	11.2	7.9	5.8	6.6	8.5	12.4	19.5
Dijle (Wilsele)	4.9	3.7	2.3	2.7	3.7	5.7	9
Demer (Aarschot)	18.1	11.4	9.3	10.8	13.6	20.5	35.3
Kleine Nete (Grobendonk Troon)	7.4	4.5	3.7	4.8	6	8.4	12.4
Grote Nete (Hulshout)	5.2	2.9	2.9	3.4	4.4	5.9	8

### 3.3 Berekende bovenafvoer te Schelle

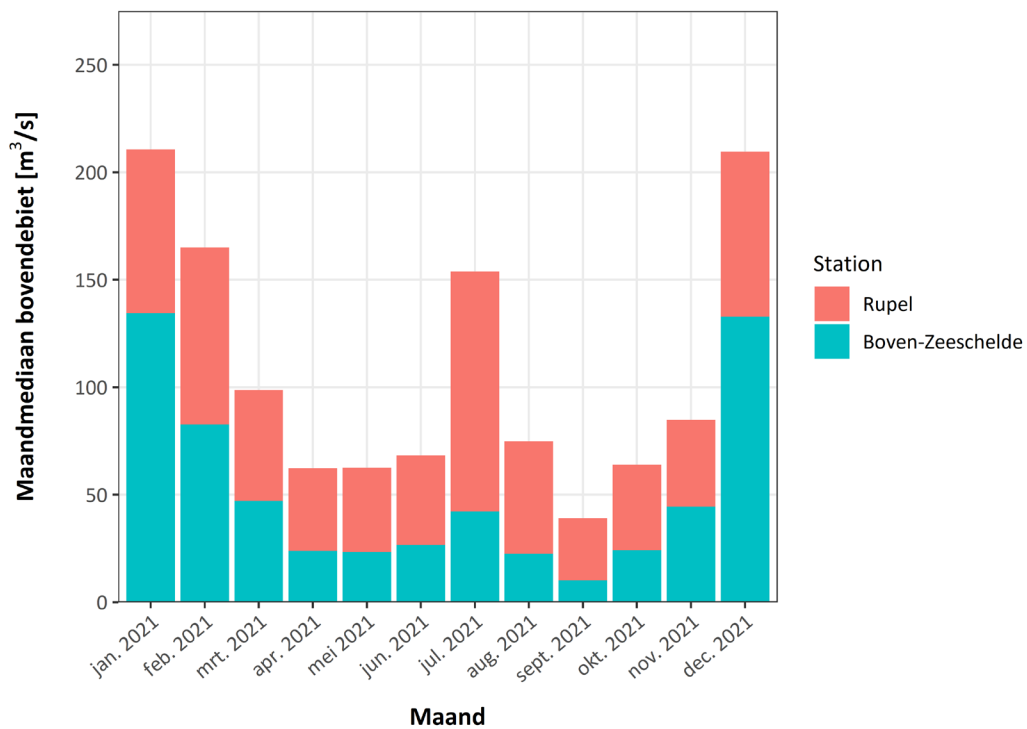
#### 3.3.1 Het jaar 2021

De sterk verhoogde bovenafvoeren gemeten aan de randen van het tijgebied in de maanden januari, februari, juli en december resulteren logischerwijs in hogere debieten ter hoogte van Schelle (Figuur 19, Figuur 20 en Tabel 7). In januari en december was het aandeel van het debiet vanuit het Rupelbekken 40% en het debiet vanuit het Boven-Zeescheldebekken 60% (Figuur 20 en Figuur 21). In februari, maart en november was dat 50/50. Met het aanbreken van de drogere periode vanaf april tot september zakt het debiet in Schelle, waarbij het aandeel debiet vanuit het Rupelbekken relatief gezien steeds belangrijker wordt (Figuur 21).

Ook de natte maand juli valt op in het debiet van Schelle (Figuur 19, Figuur 20, Tabel 1). Met een maandmediaan van 153 m<sup>3</sup>/s is deze zomermaand de maand met de 4<sup>e</sup> hoogste afvoer, wat uitzonderlijk is. De hoge maandmediaan van juli is in grote mate toe te schrijven aan de intense regen die voornamelijk het oosten van het land trof, waardoor de Rupeldebieten sterk verhoogd zijn.



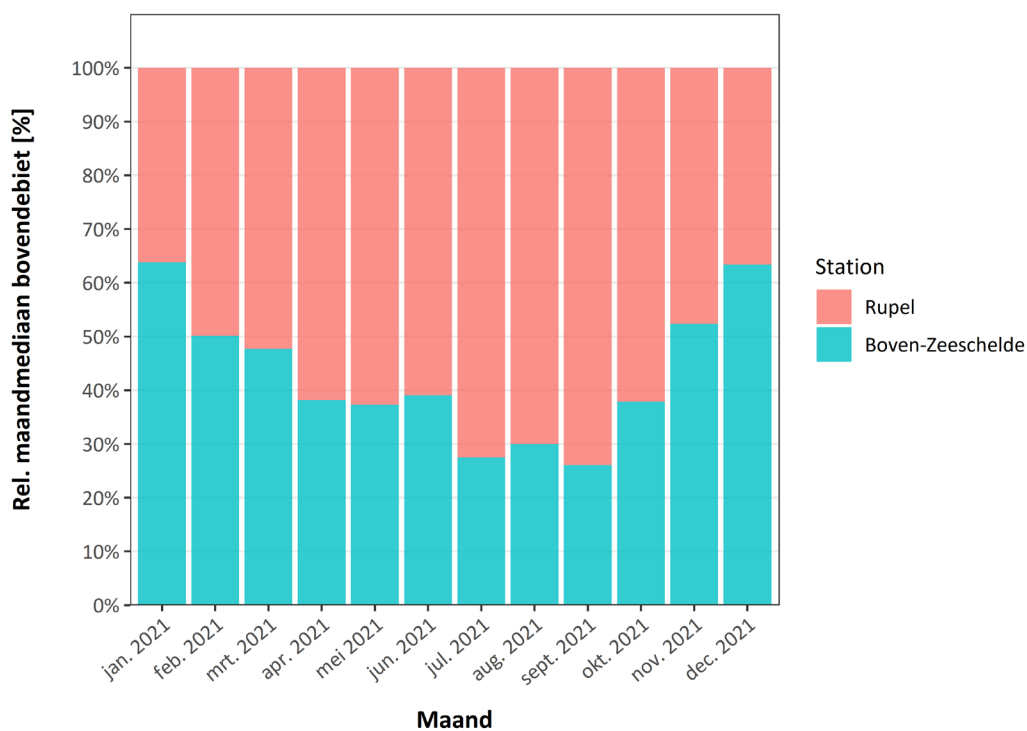
Figuur 19 – Daggemiddelde bovenafvoer ter hoogte van Schelle voor het jaar 2021, opgedeeld in het aandeel vanuit de Rupel en het aandeel vanuit de Boven-Zeeschelde.



Figuur 20 – Maandwaarden (mediaan) Schelle voor het jaar 2021, opgedeeld in het aandeel Rupel en het aandeel Boven-Zeeschelde.

Tabel 7 – Maandmedianen bovenafvoer [m<sup>3</sup>/s] 2021 voor de Zeeschelde te Schelle, de Rupel en de Boven-Zeeschelde.

	Schelle	Rupel	Boven-Zeeschelde
januari	210	76	134
februari	165	82	83
maart	99	52	47
april	63	39	24
mei	62	39	23
juni	69	42	27
juli	153	111	42
augustus	74	52	22
september	39	29	10
oktober	64	40	24
november	84	40	44
december	210	77	133

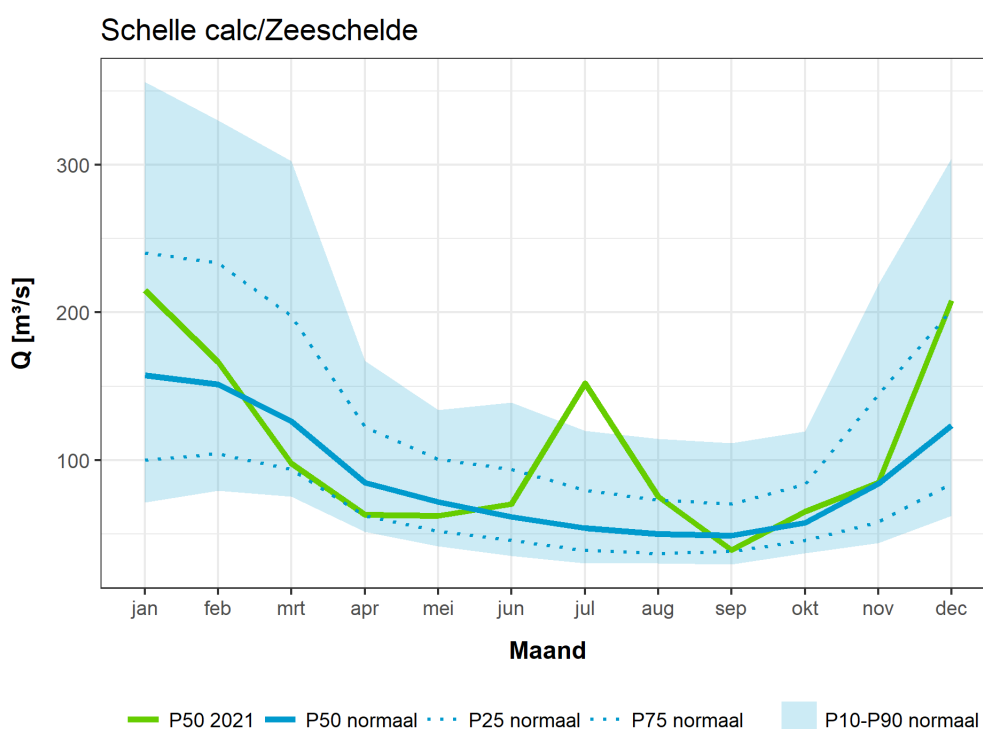


Figuur 21 – Relatieve voorstelling maandwaarden Schelle voor het jaar 2021, opgedeeld in het aandeel Rupel en het aandeel Boven-Zeeschelde.

### 3.3.2 Bovendebiet 2021 in historisch perspectief

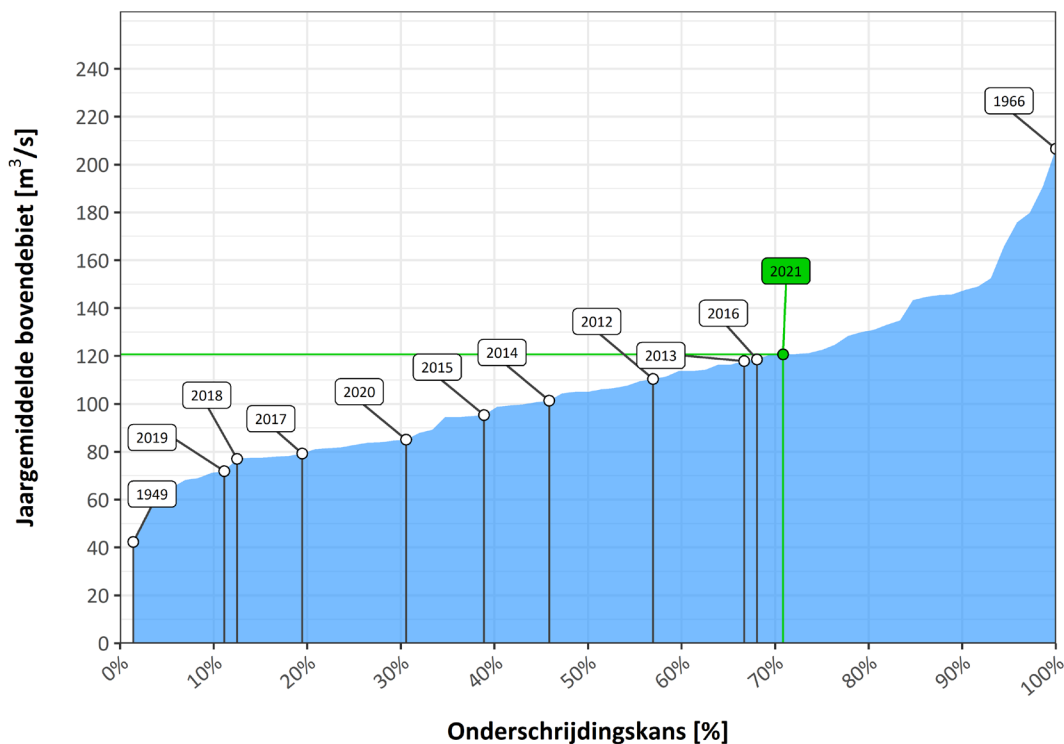
In de wintermaanden kent de afvoer in Schelle vrij normale waarden (tussen de P50 en P75 waarden van de normaalperiode<sup>1</sup>, zie Figuur 22). Met het aanbreken van de droge periode daalt het debiet in maart en april tot de P25 waarde. Vanaf mei neemt deze toe tot een maximum in juli. In de voorbije normaalperiode (30 jaar) is het debiet in Schelle in juli nooit zo hoog geweest. De afvoer neemt ten opzichte van de historische waarden verder af in augustus (P75) en september (P25). Het debiet tijdens de maanden oktober en november was normaal voor deze periode van het jaar.

Het jaargemiddelde bovendebiet 2021 voor Schelle bedraagt 120 m<sup>3</sup>/s. Beschouwd over de periode 1949-2020 is er in ongeveer 70% van de gevallen een jaardebiet dat lager is dan deze waarde (Figuur 23). Dit is de hoogste waarde in de voorbije 10 jaar, die gekenmerkt wordt door enkele drogere jaren (2017-2020).



Figuur 22 – Maandwaarden (mediaan) debiet 2021 en normaalwaarden voor Schelle.

<sup>1</sup> De normaalperiode wordt gedefinieerd als een periode die representatief is voor de heersende klimaatcondities. Strikt genomen is deze periode 30 jaar. Voor het jaar 2021 gebruikt het HIC de periode 1991-2020 als normaalperiode. Meer informatie omtrent de normaalperiode en normaalwaarden is terug te vinden in het hydrologisch jaarboek (Vandenbruwaene et al., 2022a).



Figuur 23 – Jaargemiddeld bovendebiet te Schelle over de periode 1949-2021, gerangschikt naar grootte.

### 3.4 Overzicht van de verblijftijd voor de Boven-Zeeschelde

Naast de daggemiddelde bovenafvoer ter hoogte van de randen van het tijgebied, is het ook belangrijk een inzicht te krijgen in de opeenvolging van de debieten. De bovenafvoer vertoont een sterke variabiliteit doorheen de jaren, alsook binnen één jaar. Zo zijn er periodes van resp. lage (zomer) en hoge (winter) bovenafvoer, en bovendien verschilt de duur van periodes met lage/hoge bovenafvoer sterk van jaar tot jaar. Om de rol van de bovenafvoer op een kleinere tijdschaal te kwantificeren, wordt de ‘verblijftijd’ voorgesteld als parameter. De ‘verblijftijd’ (ook wel eens ‘ververstijd’ genoemd) wordt gedefinieerd als de lengte van de periode (aantal dagen) voorafgaand aan een bepaalde dag die nodig is om met de bijbehorende daggemiddelde bovenafvoeren een watervolume te bekomen dat gelijk is aan het watervolume van de Boven-Zeeschelde. Dit watervolume wordt hier gedefinieerd als het volume tussen Merelbeke (stuw) en Rupelmonde (samenvloeiing met Rupel) beneden de laagwaterlijn. Er dient opgemerkt te worden dat in de realiteit de getijdenwerking ervoor zal zorgen dat het watervolume niet per se volledig “ververst” zal worden doordat er menging optreedt van het van opwaarts aangevoerde zoetwater en het van afwaarts komende vloedvolume (Plancke *et al.*, 2017).

In dit rapport wordt een overzicht gegeven van de temporele veranderingen in de perioden met hoge of lage bovenafvoeren (duur van de periode, grootte van de bovenafvoeren) gebruik makende van de verblijftijd. Dit kan belangrijk zijn voor de indringing van zout, de residuele sedimenttransporten (uitspoeling vs. opwaartse transport) en verschillende ecologische parameters (o.a. verblijftijden in verschillende delen van het estuarium).

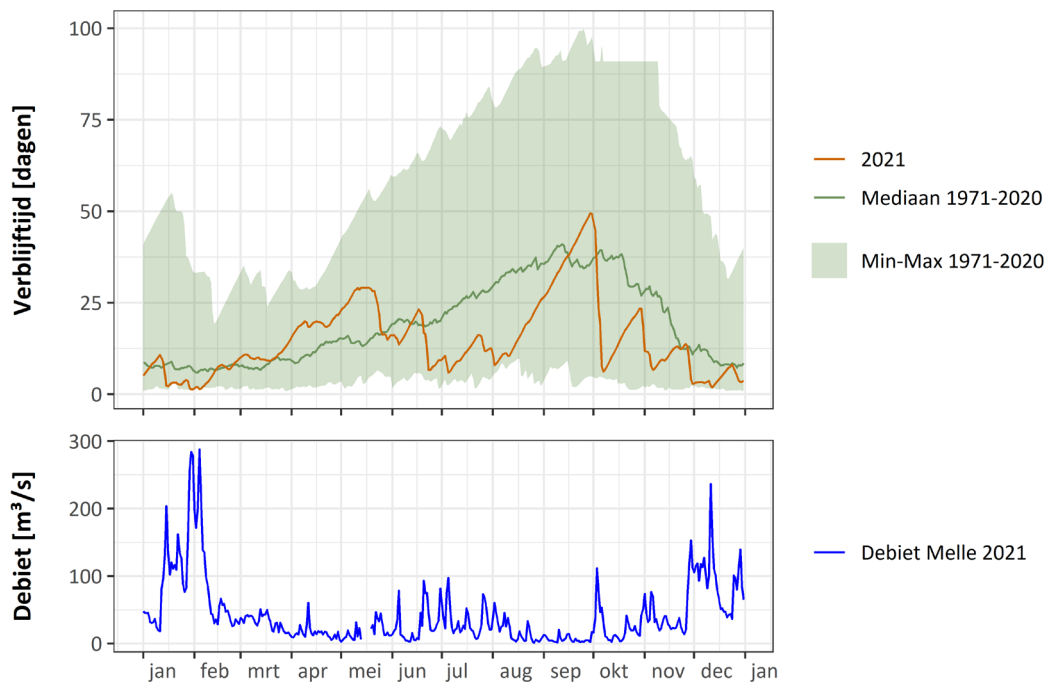


### 3.4.1 Resultaten voor 2021

Het verloop van de verblijftijd in 2021 wordt weergegeven in Figuur 24, samen met de daggemiddelde bovenafvoer van Melle. Ter vergelijking worden ook de minimum-, mediaan- en maximumwaarden per dag weergegeven over de periode 1971-2020.

In de nasleep van 2020, ging 2021 van start met een normale verblijftijd. Een natte periode in januari/februari, zorgde ervoor dat de verblijftijd daalde tot een minimum van 1,3 dagen (31 januari). Vervolgens vertoonde de verblijftijd een stijgende trend tot midden mei, waarna enkele debietpieken de verblijftijd opnieuw lieten dalen tot onder de mediaan in juni en juli. In augustus en september steeg de verblijftijd gestaag naar een maximum van 49,4 dagen op 29 september. Vervolgens zorgde een debietpiek begin oktober voor een plotse daling van de verblijftijd, waarna de verblijftijd tot het einde van het jaar voornamelijk onder de mediaan bleef schommelen.

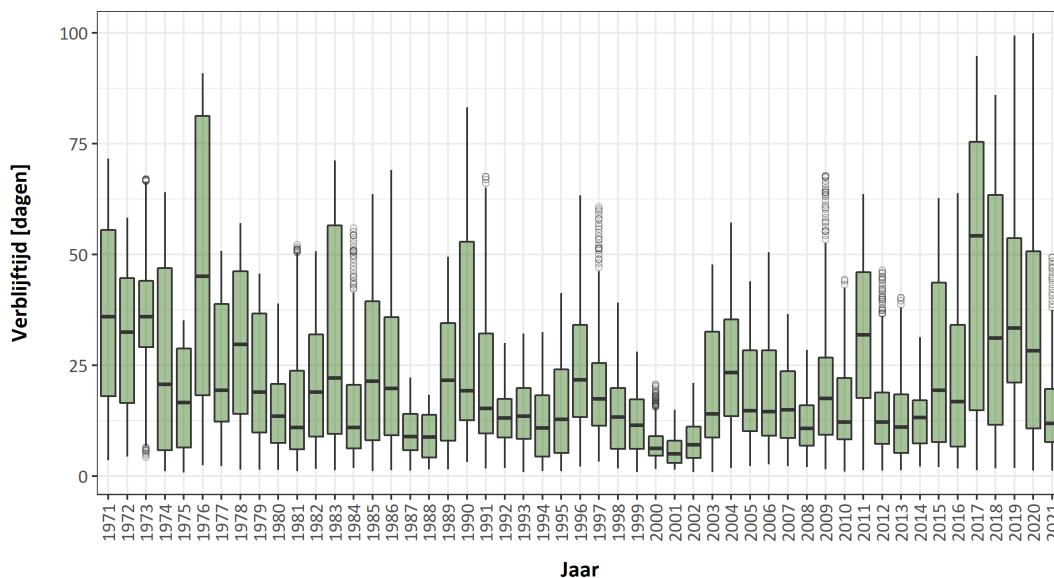
Voor de periode van 14 t.e.m. 18 mei waren er geen dagdebieten beschikbaar. Om de berekening van de verblijftijd niet te onderbreken, werden deze vijf dagen weggelaten uit de analyse, de verblijftijd van 13 mei werd doorgetrokken t.e.m. 18 mei.



Figuur 24 – Verblijftijd Boven-Zeeschelde voor het jaar 2021

### 3.4.2 Resultaten in historisch perspectief

Figuur 25 toont voor elk jaar de boxplot van de dagelijkse verblijftijden sinds 1971. In 2021 lagen de verblijftijden beduidend lager dan in de daaraan voorafgaande jaren. In historisch perspectief is 2021 echter geen uitzonderlijk jaar betreffende de kwantielen van de verblijftijd in de Boven-Zeeschelde.



Figuur 25 – Verblijftijd Boven-Zeeschelde in historisch perspectief (1971 – 2021).

## 4 Jaaroverzicht fysische parameters

Het Waterbouwkundig Laboratorium meet fysische parameters (stroomsnelheid, temperatuur, conductiviteit en turbiditeit) en ecologische parameters (Chlorofyl A-gehalte, PPF<sup>2</sup>, zuurstofconcentratie, zuurstofverzadigingsgraad en zuurtegraad) op zowel continue basis op vaste meetlocaties, als tijdens singuliere meetcampagnes. In dit hoofdstuk wordt een overzicht gegeven van de gemeten fysische parameters in het jaar 2021. Voor de ecologische parameters wordt verwezen naar de OMES-rapporten (Maris & Meire, 2021).

### 4.1 Continue metingen "fysische parameters"

#### 4.1.1 Meetlocaties en toestellen

Op 9 meetplaatsen in de Zeeschelde (Prosperpolder, Lillo Meetpaal, Liefkenshoek Veer, Oosterweel, Hemiksem, Kruikeke, Weert, Schellebelle en Melle) en op één plaats op de Rupel (Klein-Willebroek) staan er vaste multiparameter-toestellen (zie Figuur 26). Hier worden op continue wijze verschillende fysische parameters geregistreerd. Te Tielrode nabij de Durmemonding is een mobiel toestel opgesteld, dit toestel zal op langere termijn onderdeel uitmaken van een vaste installatie. Voorlopig worden voor Tielrode enkel de uitgevoerde kalibratiecampagnes turb-SSC gerapporteerd (Bijlage D: Kalibratie Turbiditeit – SSC)

Te Lillo hangen er twee meettoestellen: een onderste, dicht bij de bodem en een bovenste toestel, onder het laag-laagwater peil, zodat ook deze steeds ondergedompeld is. Op de overige meetposten hangt er telkens één toestel. Een aantal toestellen zijn vlottend gepositioneerd zodat ze gedurende de gehele getijcyclus, relatief t.o.v. het wateroppervlakte, dezelfde waterlaag opmeten.

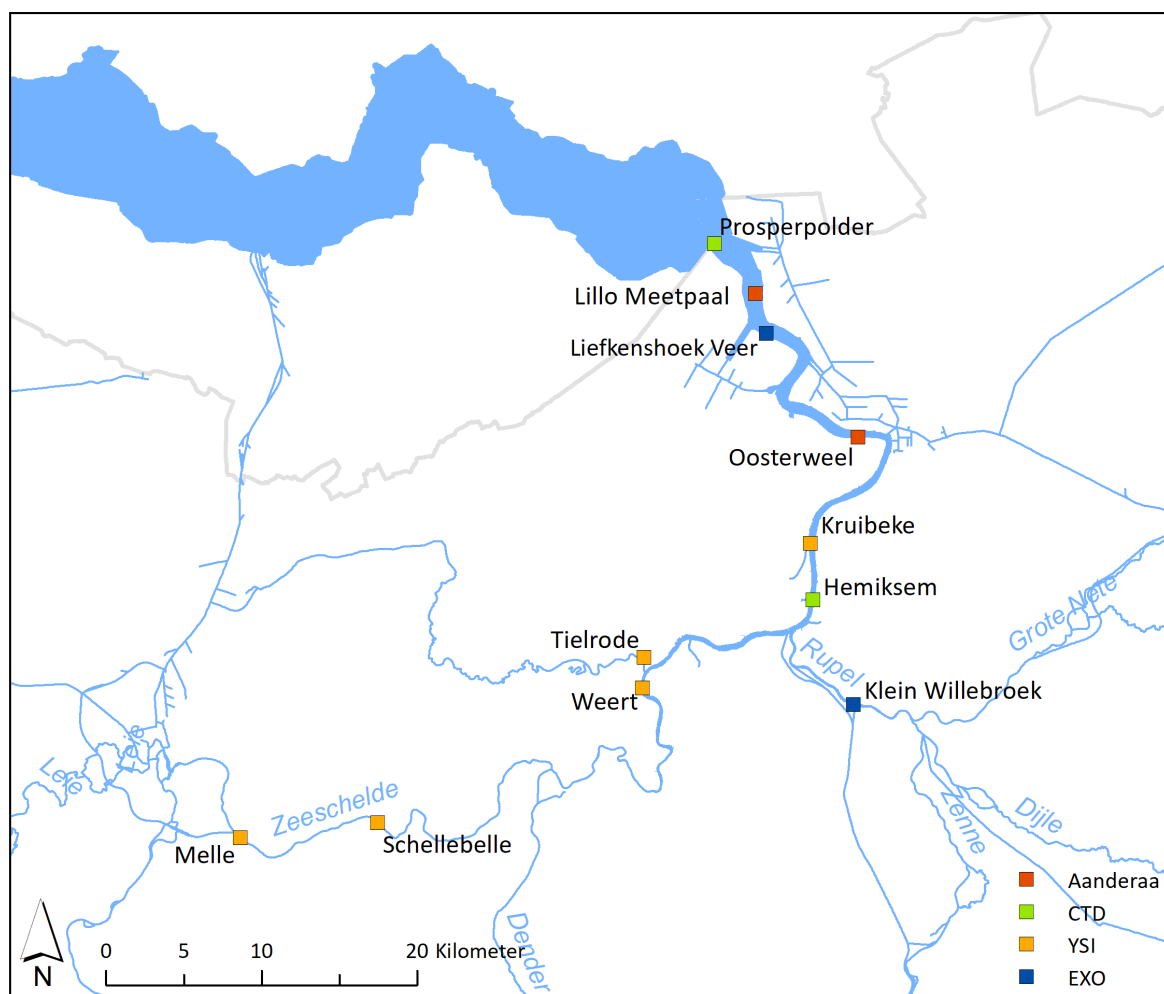
In het estuarium wordt er met verschillende sensortypes gemeten. De Aanderaa Seaguards meten om de 30 seconden. Deze metingen worden uitgemiddeld over een tijdsinterval van 5 minuten en via telemetrie doorgestuurd. De CTD-toestellen (RBR concerto; Valeport Midas) meten, afhankelijk van de locatie, om de 1 of 2 seconden. Elke 10 minuten worden deze waarden uitgemiddeld en via telemetrie doorgestuurd. De YSI-toestellen meten elke minuut en elke 5 minuten wordt de beschikbare waarde (geen gemiddelde) doorgestuurd via telemetrie. De EXO-toestellen meten elke 2 minuten, houden deze waarde ook vast en elke 5 minuten wordt de beschikbare waarde (geen gemiddelde) doorgestuurd.

Tabel 8 presenteert voor iedere meetlocatie welk toesteltype er hangt, alsook welke parameters geregistreerd worden en aan welke frequentie. Indien mogelijk<sup>3</sup> wordt de absolute positie t.o.v. het referentiepeil (TAW) afgeleid.

---

<sup>2</sup> Fotonenstroombichtheid in het fotosynthetisch actieve lichtspectrum (400-700 nm) van het zonlicht (Photosynthetically active Photon Flux Density) omvat de golflengte binnen het lichtspectrum welke organismen gebruiken voor fotosynthese. De eenheid wordt uitgedrukt in  $\mu\text{mol fotonen/m}^2\text{s}$ .

<sup>3</sup> Bij een drijvende opstelling bevindt de sensor zich op een vaste (relatieve) positie onder het wateroppervlak. Er is dus geen vaste, absolute positie doorheen de tijd.



Figuur 26 – Locatie van Moneos-metposten in de Zeeschelde met continue monitoring van fysische parameters. Tielrode is voorlopig een mobiel YSI toestel en wordt op termijn een vaste meetlocatie.

Tabel 8 – Overzicht eigenschappen multiparametertoestellen en gemeten parameters per locatie anno 2021.

Meetlocatie	Toesteltype	Tijdsinterval	Gemeten parameters									Verticale positie	Absolute positie (mTAW)	Stroomgebied	
			Cond	WT	Turb	v	vDIR	pH	O2	PPFD	Chfyla				
Prosperpolder	Valeport-CTD	10 min	x	x									Vast	-1,5 m TAW	Beneden-Zeeschelde
Lillo Meetpaal (boven/onder)	Aanderaa Seaguard	5 min	x	x	x	x	x					x <sup>1</sup>	Vast : B: 3,75 m boven de bodem O: 1 m boven de bodem	B: - 5 mTAW O: - 8,5 mTAW	Beneden-Zeeschelde
Liefkenshoek - Veer	EXO	5 min	x	x	x			x	x	x	x		Vlottend : 0,7 m onder het wateroppervlak	Variërend met getij	Beneden-Zeeschelde
Oosterweel (boven)	Aanderaa Seaguard	5 min	x	x	x	x	x						Vast : B: 4,5 m boven de bodem	- 2,3 mTAW	Beneden-Zeeschelde
Kruibeke	YSI	5 min	x	x	x			x	x				Vlottend : 1,1 m onder het wateroppervlak	Variërend met getij	Beneden-Zeeschelde
Hemiksem	Valeport-CTD	10 min	x	x									Vast	-1,5 m TAW	Beneden-Zeeschelde
Weert	YSI	5 min	x	x	x			x	x	x	x		Vlottend : 0,7 m onder het wateroppervlak	Variërend met getij	Boven-Zeeschelde
Schellebelle	YSI	5 min	x	x	x			x	x	x	x		Vlottend : 0,7 m onder het wateroppervlak	Variërend met getij	Boven-Zeeschelde
Melle	YSI	5 min	x	x	x			x	x				Vast : 1,1 m boven de bodem	+ 1,5 m TAW	Boven-Zeeschelde
Klein-Willebroek (Vanaf juli 2018)	YSI (tot 19/9/2021)	5 min	x	x	x			x	x	x	x		Vlottend : 0,7 m onder het wateroppervlak	Variërend met getij	Rupel
	EXO (vanaf 19/9/2021)	5 min	x	x	x			x	x	x	x		Vlottend : 0,7 m onder het wateroppervlak	Variërend met getij	Rupel
Tielrode	YSI	5 min	x	x	x			x	x				Vlottend : 0,5 m onder het wateroppervlak	Variërend met getij	Durme

<sup>1</sup>: Enkel voor Lillo Meetpaal - onder sinds eind 2019

#### 4.1.2 Kwaliteit van de data

Om een zo goed mogelijke datakwaliteit te bekomen worden de gegevens in de databank gevalideerd. Dit validatieproces omvat onder meer het verwijderen van outliers en het opvullen van gaten in de tijdsreeksen. Voor de hydrologische parameters (bv. waterstand) ligt de datakwaliteit zeer hoog en is het aantal ontbrekende gegevens laag. Voor de fysische parameters komen technische problemen iets vaker voor, wat mogelijk een invloed heeft op de berekening van de jaarstatistieken. Volgende foutbronnen, al dan niet veroorzaakt door technische problemen, kunnen worden vastgesteld:

- **Onderhoudsmomenten:** tijdens de onderhoudsmomenten kunnen kortstondig geen data beschikbaar zijn, het gaat hier om een periode van max. 1-2u.
- **Vervanging toestel:** bij het vervangen van een toestel zijn kortstondig geen data beschikbaar, de periode is afhankelijk van de duur van de installatie van het nieuwe toestel.
- **Afwijkende registraties:** afwijkende registraties in de data waarvoor niet altijd een eenduidige verklaring kan gegeven worden. Deze afwijkende waarden worden verwijderd uit de finale meetreeks of gecorrigeerd tijdens het validatieproces. Afwijkende registraties kunnen voorkomen door bijvoorbeeld vervuiling van de sensor, drift van de sensor, ...

De belangrijkste storing in 2021, van eind juli tot eind september, deed zich voor aan de conductiviteits-, temperatuur- en turbiditeitssensor van Liefkenshoek Veer. Deze storing aan het EXO toestel was te wijten aan een defecte kabel die werd vervangen op 30 augustus 2021, waarna het toestel opnieuw normaal functioneerde. Er zijn op bepaalde momenten kortstondig data beschikbaar tijdens deze periode, echter voor zowel temperatuur als turbiditeit krijgen ze hier de kwaliteitsvlag “verdachte data (suspect)”, waardoor ze niet meer verder in beschouwing worden genomen. Voor de parameter conductiviteit waren de data tijdens deze kortstondige momenten wel geldig.

Te Schellebelle is er vanaf december geen data meer beschikbaar voor de temperatuursensor vanwege afwijkende registraties, die vervolgens tijdens het validatieproces verwijderd werden uit de meetreeks. De periode hiervoor, van midden juli tot december betreft geschatte data, dit vanwege een verticale shift van 0.4°C die werd doorgevoerd op de data. Deze shift was noodzakelijk na een meettoestel-verandering op 14/7 tot een nieuwe verandering op 30/11.

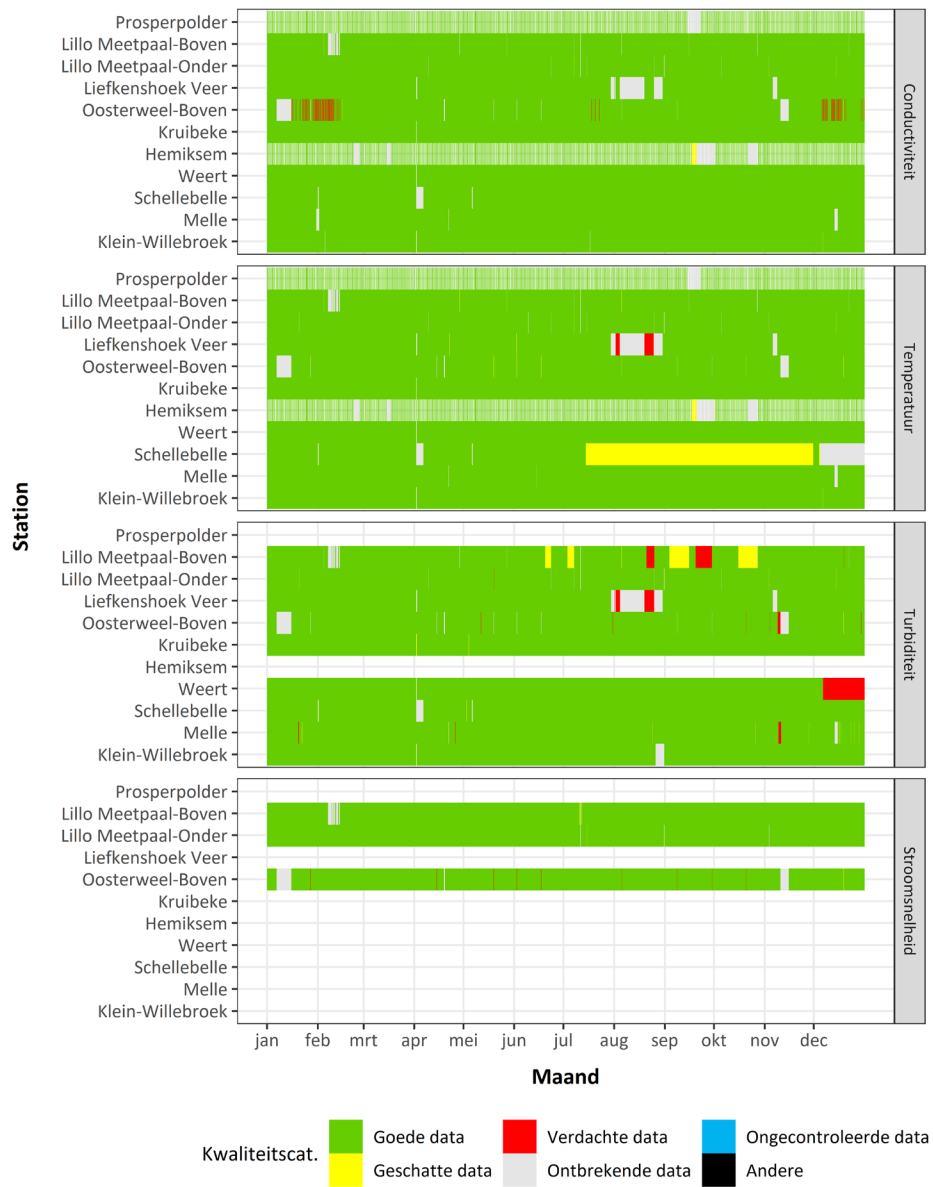
Een korte onderbreking van de meetgegevens bij Oosterweel-Boven vindt plaats aan het begin van het jaar, voor een korte periode is geen meetdata beschikbaar (van geen enkele sensor).

Lillo Meetpaal-Boven vertoont onregelmatigheden m.b.t. turbiditeitswaarden in de tweede helft van het jaar, waarbij er perioden van zowel verdachte als geschatte data worden vastgesteld. Bij de geschatte data werd een correctie op de originele meetwaarden toegepast (verticale shift/stretch) vanwege een drift van de sensor.

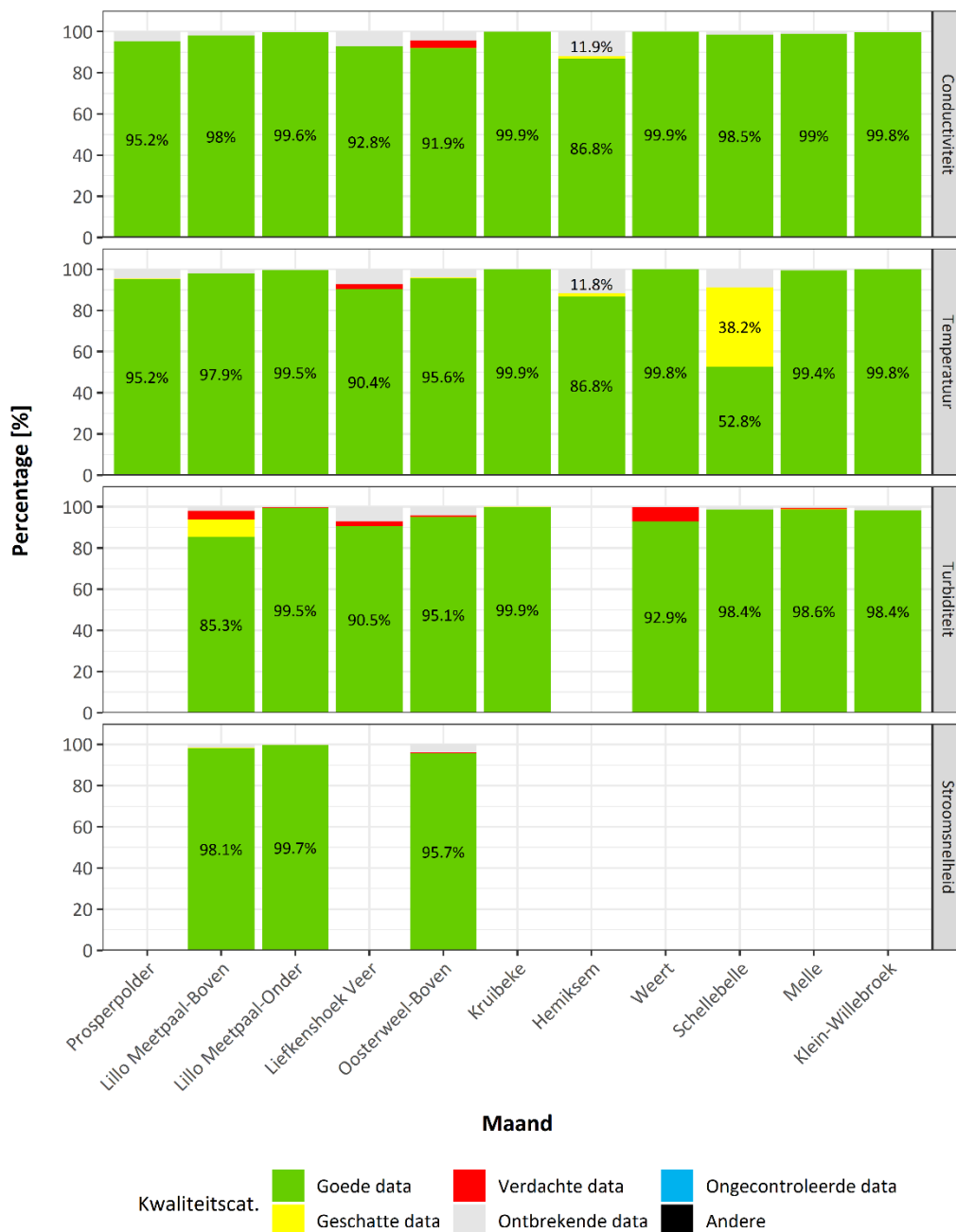
Van de start van december worden ook verdachte waarden vastgesteld voor de turbiditeitsensor van Weert.

Overige ontbrekende data betreft zeer korte meetperioden en worden niet verder besproken aangezien zij geen belangrijke impact op de statistieken zullen hebben.

Een overzicht van de datakwaliteit van de continue fysische parameters voor het jaar 2021 wordt gegeven in Figuur 27 en Figuur 28.



Figuur 27 – Overzicht van de datakwaliteit per parameter en per station voor de continue metingen fysische parameters (meetfrequentie 5 min). Voor Prosperpolder en Hemiksem is de frequentie van conductiviteit en temperatuur lager (10 min).



Figuur 28 – Percentage van de datakwaliteitscategorieën per parameter en per station voor de continue metingen fysische parameters, voorgesteld in Figuur 27. Percentages worden getoond wanneer groter dan 10%.

#### 4.1.3 Data-analyse

Om het typische verloop van de fysische parameters in functie van het getij te kunnen bepalen, werd op iedere locatie het moment van kentering geïdentificeerd met daartussen eb en vloed. Dit kenteringsmoment werd bepaald in functie van het hoog- en laagwatertijdstip, geregistreerd op dezelfde of een nabijgelegen locatie. Het moment van kentering bevindt zich echter na het moment van hoog- en laagwater. In Vandenbruwaene et al. (2016) werd deze tijdsvertraging voor kentering geanalyseerd en op basis van deze analyse werd sinds MONEOS 2017 besloten om één gemiddelde tijdvertraging te hanteren voor de volledige Zeeschelde, zijnde kentering 30 minuten na laagwater en 45 minuten na hoogwater.



Rond elk kenteringstijdstip werd een kenteringsinterval bepaald van twee uren, waarbij het interval één uur voor en één uur na het kenteringstijdstip beslaat. Het kenteringsinterval rond hoogwater wordt aangeduid als kentering hoogwater (KHW), het kenteringsinterval rond laagwater wordt aangeduid als kentering laagwater (KLW). Tussen KHW en KLW worden vervolgens de eb- en vloedfases afgeleid. De ebfase gaat van KHW naar KLW, de vloedfase gaat van KLW naar KHW. Voor elke getijfase, zijnde vloed, eb, KHW en KLW werden er voor de verschillende fysische parameters verschillende statistieken berekend (Figuur 8) met data van goede kwaliteit (i.e. observaties die gevlagd werden als verdacht worden niet meegenomen). De statistieken worden gepresenteerd in §4.1.3 tot en met §4.1.7 in voorliggend MONEOS rapport.

Tabel 9 – Berekende statistieken voor de gemeten fysische parameters gedurende de verschillende getijfasen. KLW = Kentering bij laagwater, KHW = Kentering hoogwater.

Parameter	Getijfase	Statistiek
Stroomsnelheid	Vloed	Gemiddelde en maximum
Stroomsnelheid	Eb	Gemiddelde en maximum
Temperatuur	KHW	Gemiddelde
Temperatuur	KLW	Gemiddelde
Saliniteit	KHW	Gemiddelde
Saliniteit	KLW	Gemiddelde
Suspensiegehalte	KHW	Gemiddelde
Suspensiegehalte	KLW	Gemiddelde
Suspensiegehalte	Vloed	Gemiddelde en maximum
Suspensiegehalte	Eb	Gemiddelde en maximum

Of een statistiek van een individuele getijfase geselecteerd werd voor visualisatie in de scatterplots en verdere opname in de boxplots en de berekening van de jaarstatistieken, hangt af van de kwaliteit van de data binnen elke individuele getijfase. Om als individuele getijfase geselecteerd te worden, dient minimaal 90% van de gegevens in die getijfase van goede kwaliteit te zijn. Vervolgens kan gekeken worden naar het percentage goede getijfasen in het beschouwde kalenderjaar per locatie. Wanneer minder dan 90% van de getijfasen van een locatie van goede kwaliteit waren, werd de boxplot voor deze locatie transparant gemaakt om aan te geven dat het kalenderjaar mogelijk onvoldoende vertegenwoordigd is met goede data. In de tabel met de jaarstatistieken kan vervolgens, naast de enkele beschrijvende jaarstatistieken, het exacte percentage aan kwalitatieve getijfasen teruggevonden worden per locatie en getijfase.

Voor de ensemble analyses van de stroomsnelheid werd een onderscheid gemaakt tussen springtij-, doottij- en gemiddelde tijcondities (Figuur 33 en Figuur 34). In een eerste stap werden de hoogwaters tijdens springtij en doottij toegewezen op basis van de astronomisch voorspelde tijdstippen. Vervolgens werden er voorafgaand en aansluitend rond de vastgelegde hoogwaters nog twee hoogwaters meegenomen als spring- en doottij, zodoende 8 tot 9 procent van de getijden te bestempelen als springtij en een gelijk aantal als doottij. De overige getijden werden meegenomen als gemiddeld tij.

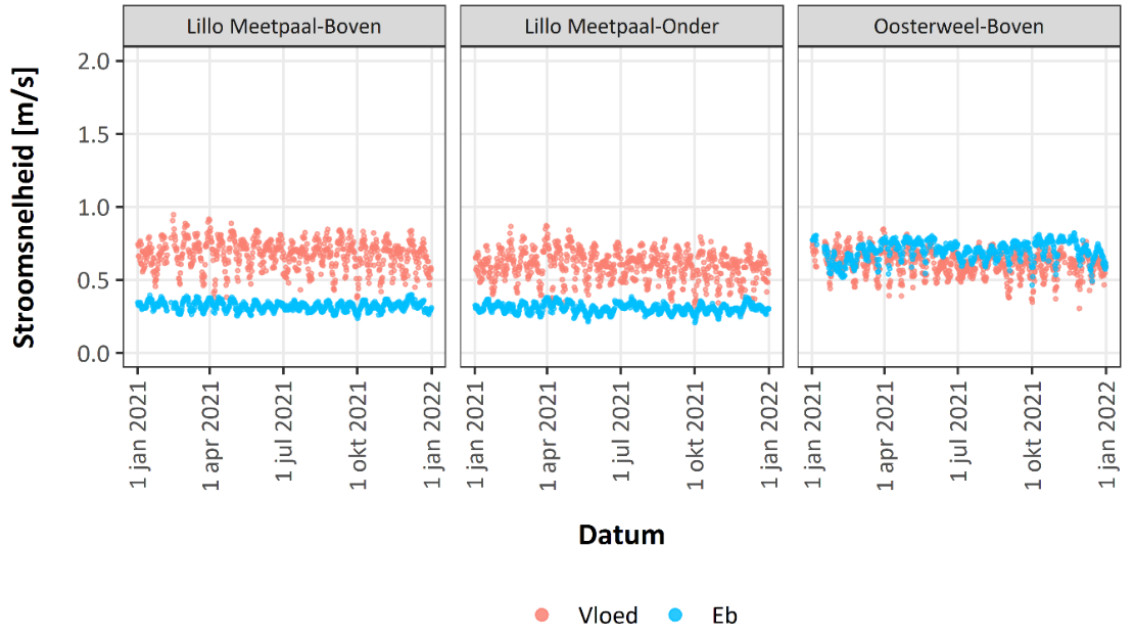
#### 4.1.4 Verloop van stroomsnelheid

Ter hoogte van Lillo Meetpaal en Oosterweel wordt de stroomsnelheid geregistreerd met behulp van de Aanderaa-multiparametersondes. De metingen zijn puntstroomsnelheidsmetingen waarbij de meetpositie zo gekozen is opdat ze zo representatief mogelijk zijn voor de dwarssectie, rekening houdende met randvoorwaarden op het terrein (meettoestel moet buiten de vaargeul liggen en toestel moet kunnen bevestigd worden aan een vaste constructie).

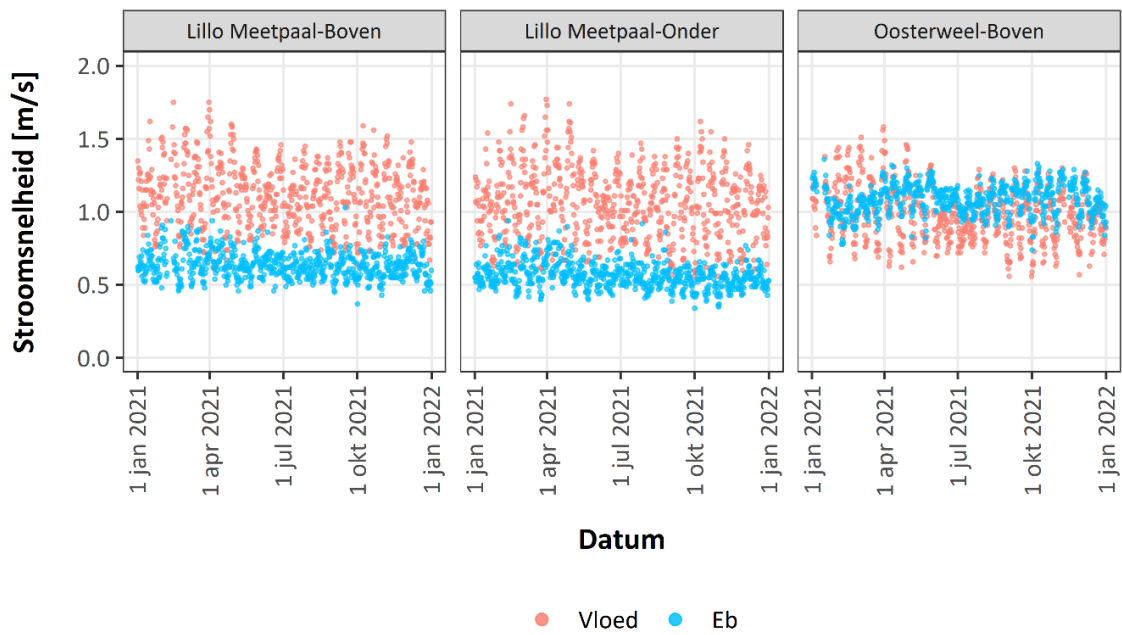
Het verloop van de stroomsnelheid toont voor Lillo Meetpaal hogere stroomsnelheden tijdens vloed dan tijdens eb, en dit zowel voor de gemiddelde waarden als voor de maximumwaarden (Figuur 29 en Figuur 30). Dit is ook terug te zien in de jaarwaarden (Figuur 31), waarbij voor Lillo Meetpaal-Boven de gemiddelde jaarwaarde tijdens vloed 0,68 m/s bedraagt en tijdens eb 0,32 m/s (Tabel 10). Voor Lillo Meetpaal-Onder worden dezelfde patronen waargenomen maar ligt de stroomsnelheid over het algemeen iets lager in vergelijking met de bovenste sensor. Ter hoogte van Oosterweel zijn de stroomsnelheden tijdens vloed en eb veel meer vergelijkbaar met elkaar (Figuur 29). De gemiddelde jaarwaarde tijdens vloed bedraagt 0,6 m/s, tijdens eb ligt deze iets hoger en bedraagt deze 0,71 m/s.

De ensemble analyse van de stroomsnelheid over de verschillende getijcycli (LW-HW cyclus en doortij-springtij cyclus) toont de sterke afname in stroomsnelheid tijdens kentering (ongeveer 30-60 minuten na HW), en de algemene toename in stroomsnelheid gaande van doortij- naar springtijcondities (Figuur 33). Daarnaast ontwikkelt er zich gedurende gemiddelde tijcondities en springtijcondities een duidelijke piek in stroomsnelheid tijdens de vloedfase, ongeveer 1,5 uur voor het optreden van kentering hoogwater. Ter hoogte van Lillo Meetpaal kunnen deze pieksnelheden tijdens springtij-vloed makkelijk gaan tot 1,5 m/s, voor Oosterweel is dat iets lager (Figuur 32, Figuur 33). Wanneer we het stroomsnelheidsprofiel van 2021 over de verschillende getijcycli vergelijken met de beschikbare historische data (Figuur 34), dan merken we op dat de mediaan van 2021 nagenoeg altijd binnen de grenzen van het 25<sup>e</sup> en 75<sup>e</sup> percentiel van de historische data valt. Twee tot vier uur na HW was de stroomsnelheid eerder lager ter hoogte van Lillo Meetpaal-Boven voor de doortij-springtij cyclus van 2021. Drie tot zes uur na HW zijn er in 2021 eerder hoge stroomsnelheden genoteerd voor Oosterweel-Boven bij gemiddeld tij en springtij.

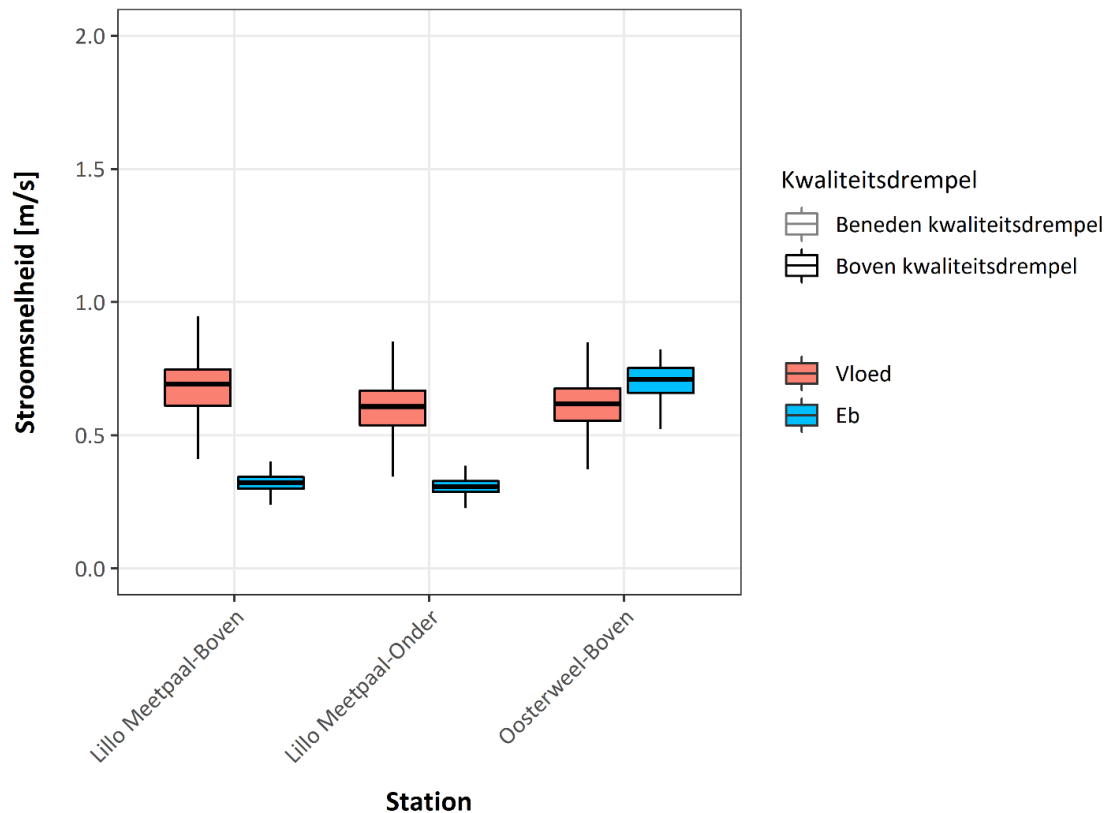
Beschouwen we het langjarig verloop in gemiddelde stroomsnelheid bij eb en vloed, dan zijn de jaarstatistieken voor 2021 weinig verschillend ten opzichte van de 3 voorgaande jaren (Figuur 35).



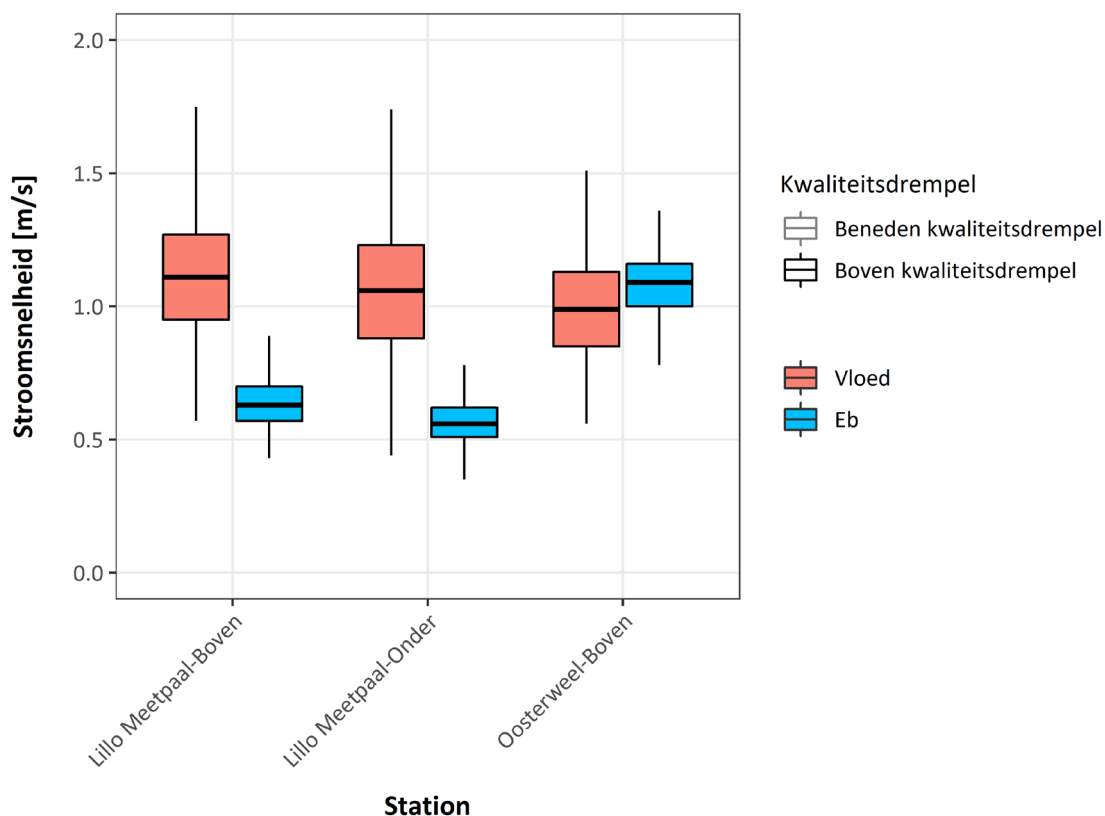
Figuur 29 – Verloop van de gemiddelde stroomsnelheid in 2021 tijdens vloed en eb voor de verschillende meetstations.



Figuur 30 – Verloop van de maximale stroomsnelheid in 2021 tijdens vloed en eb voor de verschillende meetstations.



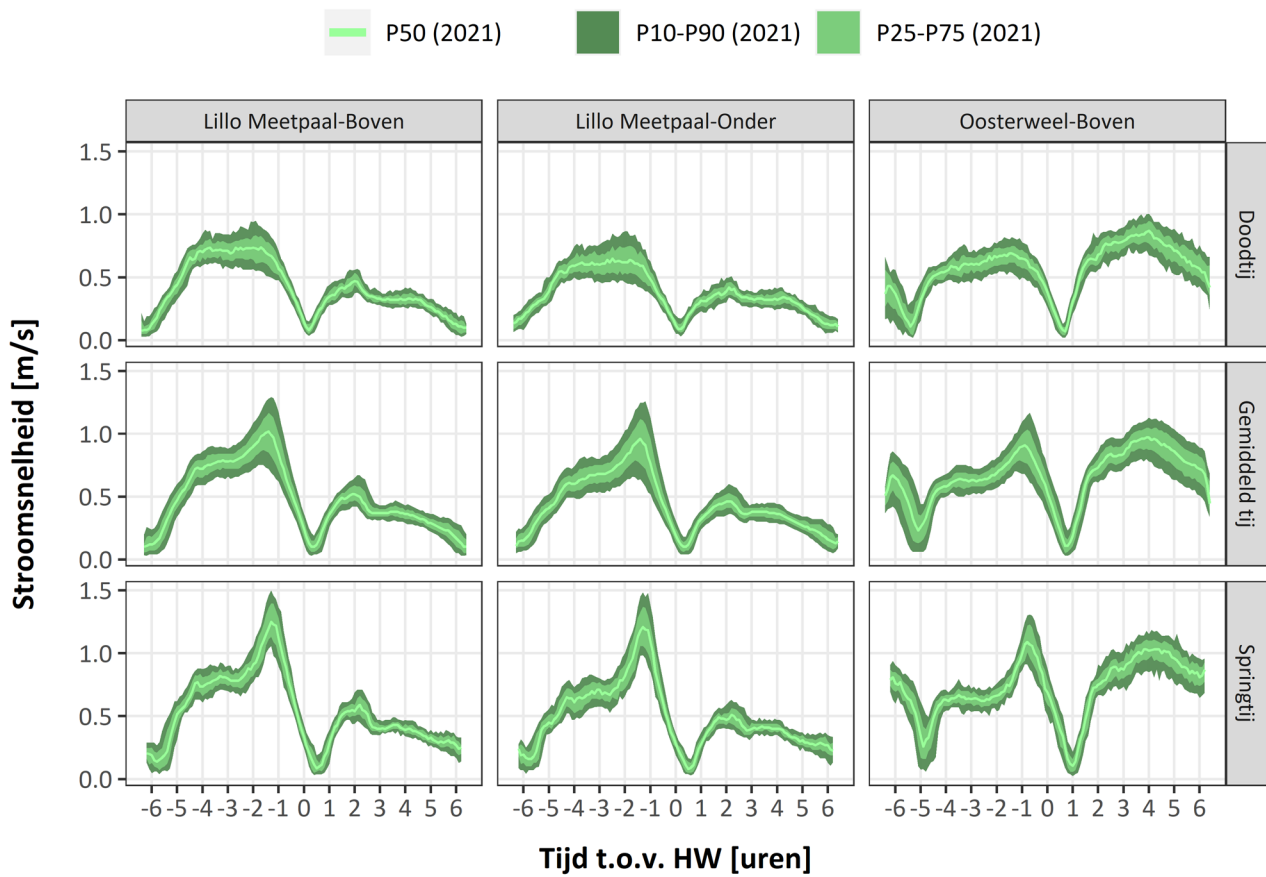
Figuur 31 – Jaarstatistiek (percentielen) voor gemiddelde stroomsnelheid tijdens vloed en eb voor de verschillende meetstations.



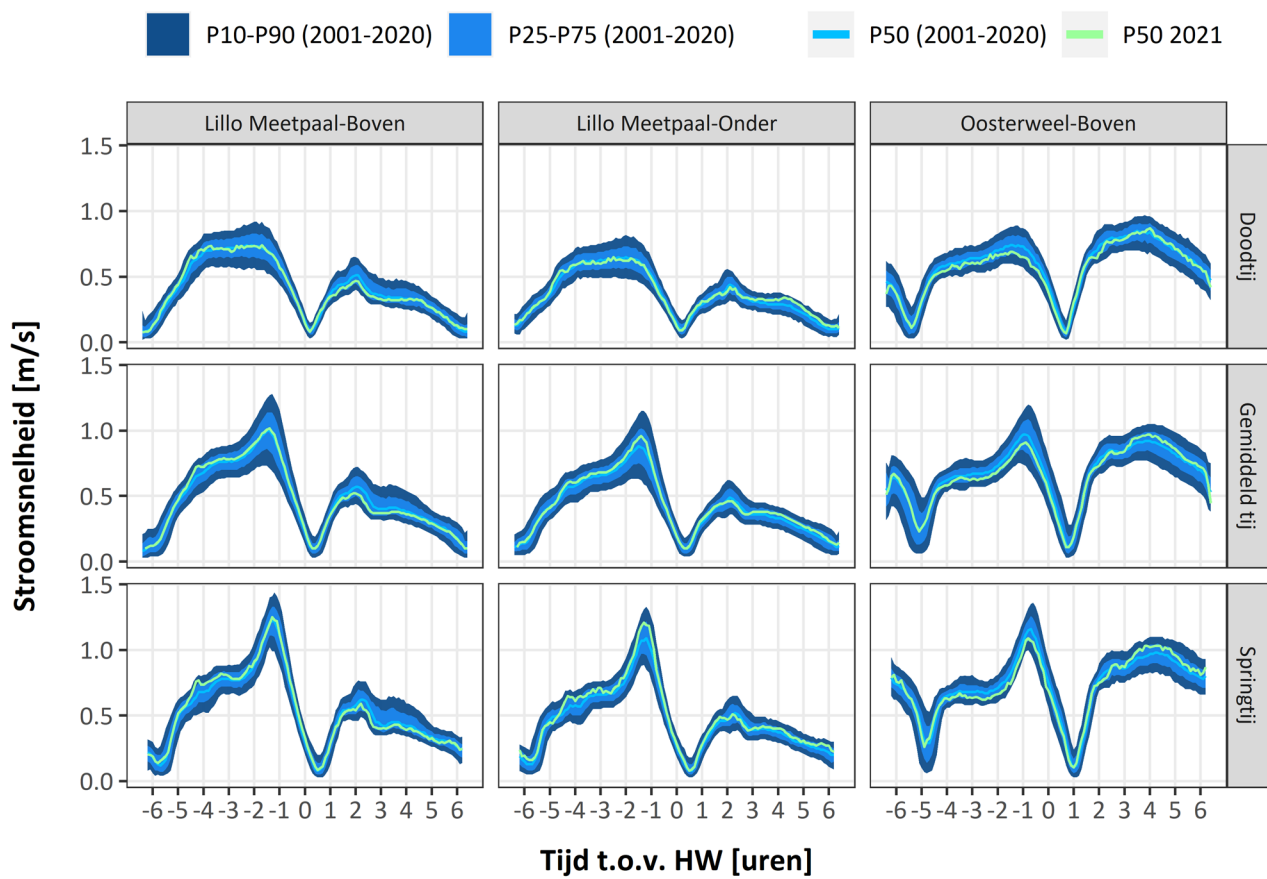
Figuur 32 – Jaarstatistiek (percentielen) voor maximale stroomsnelheid tijdens vloed en eb voor de verschillende meetstations.

Tabel 10 – Overzicht jaarstatistiek voor stroomsnelheid (m/s) tijdens vloed en eb voor de verschillende meetstations.

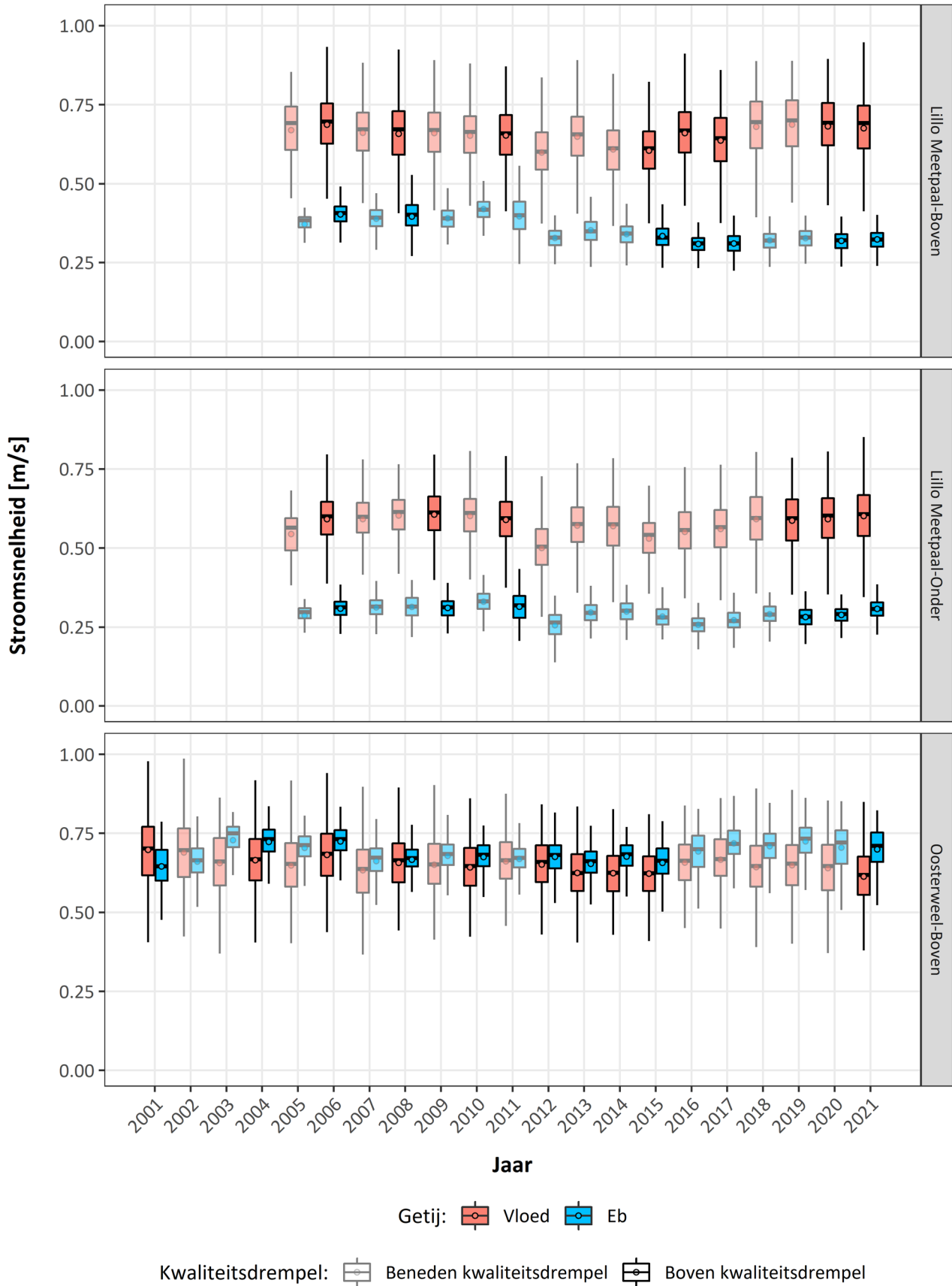
Station	Getij-fase	% geschikte data	Gemiddelde gemiddeldes ± SD	p25 gem.	p50 gem.	p75 gem.	Gemiddelde maxima ± SD	p25 max.	p50 max.	p75 max.
Lillo Meetpaal-Boven	Vloed	98	0.68 ± 0.1	0.61	0.69	0.75	1.12 ± 0.22	0.95	1.11	1.27
Lillo Meetpaal-Boven	Eb	97.7	0.32 ± 0.03	0.3	0.32	0.34	0.64 ± 0.09	0.57	0.63	0.7
Lillo Meetpaal-Onder	Vloed	99.6	0.6 ± 0.1	0.54	0.61	0.67	1.06 ± 0.24	0.88	1.06	1.23
Lillo Meetpaal-Onder	Eb	99.6	0.31 ± 0.03	0.29	0.31	0.33	0.57 ± 0.09	0.51	0.56	0.62
Oosterweel-Boven	Vloed	94.2	0.61 ± 0.09	0.56	0.62	0.68	0.99 ± 0.19	0.85	0.99	1.13
Oosterweel-Boven	Eb	94.9	0.7 ± 0.07	0.66	0.71	0.75	1.08 ± 0.1	1	1.09	1.16



Figuur 33 – Karakteristiek verloop voor 2021 van de stroomsnelheid over een LW-HW cyclus (ensemble analyse) voor doodtij, gemiddeld tij en springtij ter hoogte van Lillo Meetpaal en Oosterweel.



Figuur 34 – Historische vergelijking van 2021 van de stroomsnelheid over een LW-HW cyclus (ensemble analyse) voor doodtij, gemiddeld tij en springtij ter hoogte van Lillo Meetpaal (data vanaf 2005) en Oosterweel (data vanaf 2001).



Figuur 35 – Evolutie jaarstatistieken (gemiddelde als bolletje weergegeven) voor stroomsnelheid tijdens vloed en eb voor de verschillende meetstations.

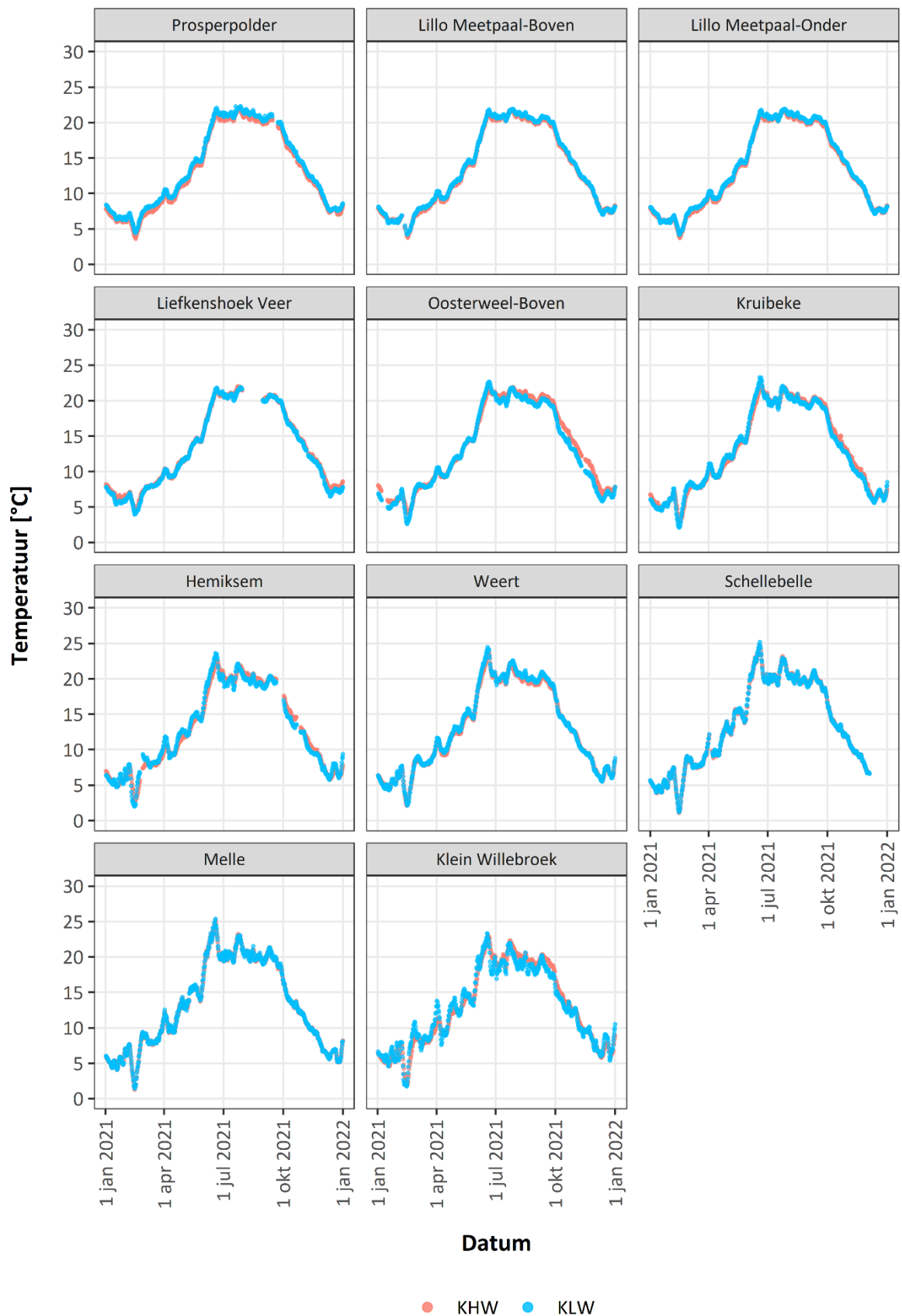
#### 4.1.5 Verloop watertemperatuur

Het temperatuursverloop tijdens KHW en KLW over een volledig jaar toont voor alle meetstations een seizoenale trend die duidelijk gecorreleerd is met de luchttemperatuur (Figuur 36). Midden februari was er een sterke koudepiek die meer dan een week aanhield, deze is ook duidelijk terug te zien in de grafiek. De laagste watertemperatuur die wordt waargenomen tijdens deze periode (algemeen ook de koudste periode van het jaar) bevindt zich in de range van 1-5° C, terwijl de hoogste watertemperatuur wordt bereikt tijdens de zomermaanden met waarden in de range van 21-25° C (Figuur 36). De jaarstatistieken tonen weinig variatie tussen de stations onderling, met uitzondering van de meer extreme temperaturen, waarbij de spreiding van de boxplots toeneemt naarmate men stroomopwaarts gaat (Figuur 38). Dit heeft te maken met de grotere impact van de bovenafvoer stroomopwaarts en de bufferende werking van het zeewater stroomafwaarts.

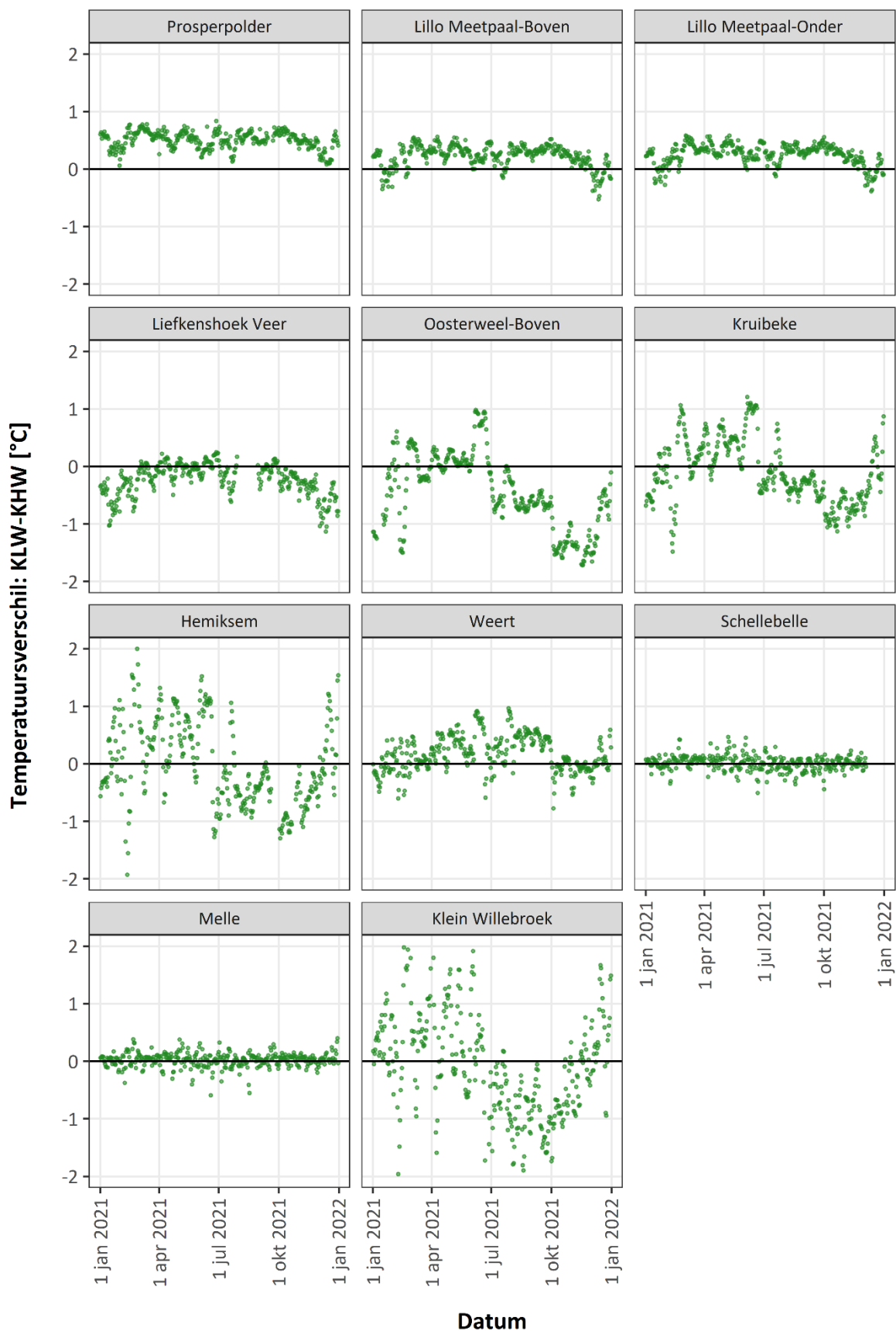
De bufferende werking van het zeewater is daarnaast ook zichtbaar in het temperatuursverschil tussen KHW en KLW doorheen het jaar. Voor de afwaartse stations Prosperpolder en Lillo Meetpaal is de temperatuur tijdens KLW altijd hoger dan tijdens KHW (Figuur 37). Het kleinere watervolume tijdens KLW zal relatief gezien steeds 'warmer' zijn dan het grotere volume dat het estuarium binnenkomt met 'kouder' zeewater. Dit verschil tussen KLW en KHW is het grootst tijdens de zomer. Voor de stations die zowel beïnvloed worden door zout water vanuit de Noordzee als zoet water van opwaarts (Oosterweel, Kruikebe, Hemiksem, Weert, en in mindere mate Liefkenshoek-Veer en Klein-Willebroek) is de temperatuur in het najaar en in de winter tijdens KLW lager dan tijdens KHW. Dit komt omdat het opwaartse aangevoerde zoet water zich sneller heeft aangepast aan de omgevingstemperatuur tijdens het najaar en dus sneller kouder wordt (want kleiner volume dan de zee). Tijdens KLW (na de ebfase) is het aandeel van opwaarts aangevoerd zoet water het grootst en zijn de temperaturen bijgevolg lager dan tijdens KHW. In het voorjaar doet zich het omgekeerde voor en is het opwaartse aangevoerde zoet water sneller opgewarmd dan het zeewater. Bijgevolg is de temperatuur bij KLW hoger dan bij KHW. Dit verschil wordt kleiner naar de zomer toe aangezien de zee zich dan ook heeft aangepast aan de omgevingstemperatuur. De opwaartse stations Schellebelle en Melle worden niet beïnvloed door zout water (zie ook §0 en Figuur 39) waardoor er bijgevolg geen temperatuursverschil is tussen KHW en KLW.

Tenslotte geven we nog mee dat het temperatuursverloop en de jaarstatistieken voor Lillo Meetpaal-Boven en -Onder nagenoeg identiek zijn (Figuur 36, Figuur 38 en Tabel 11). Dit duidt er op dat we te maken hebben met een goed gemengd systeem.

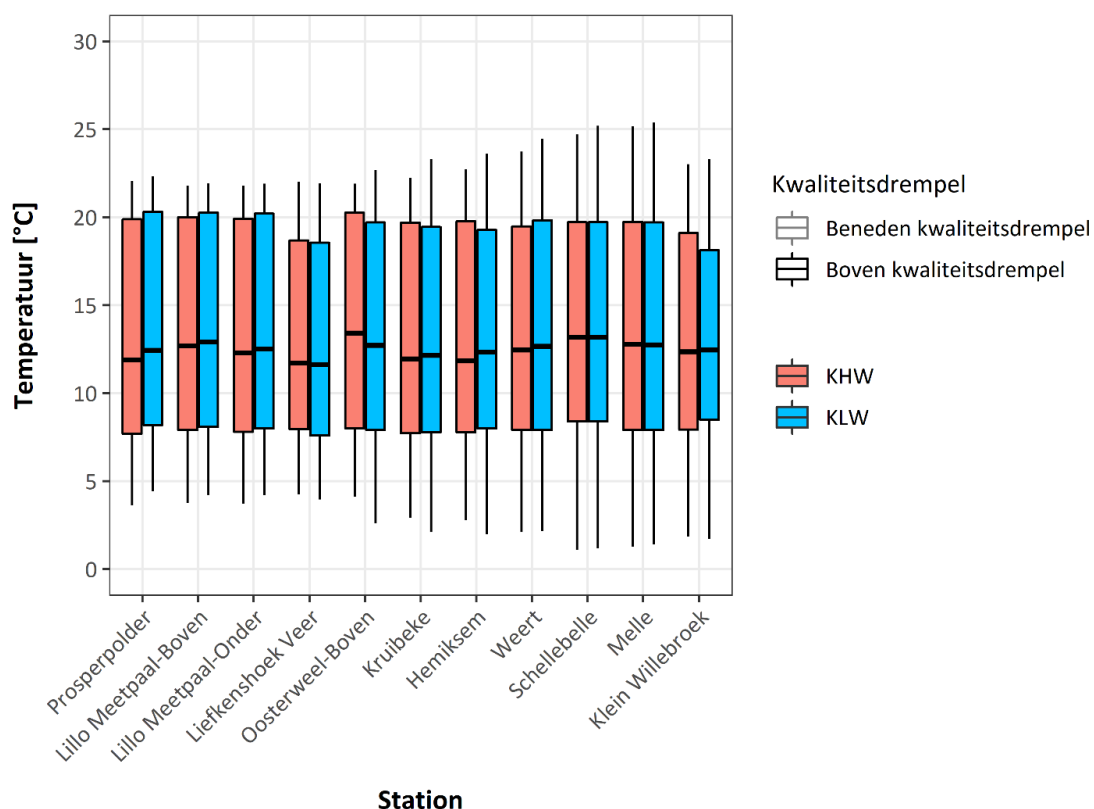




Figuur 36 – Seizoenaal verloop temperatuur bij KHW en K LW (gemiddeldes) voor de verschillende meetstations in 2021.



Figuur 37 – Seizoenaal verloop temperatuursverschil tussen KLW en KHW (gemiddeldes KLW min gemiddeldes KHW) voor de verschillende meetstations.



Figuur 38 – Jaarstatistieken voor temperatuur KHW en KLW (gemiddeldes) voor de verschillende meetstations.

Tabel 11 – Overzicht jaarstatistiek (gemiddelde en percentielen) van de temperatuur (°C) tijdens KHW en KLW (gemiddeldes) voor de verschillende meetstations.

Station	Getijfase	% geschikte data	Gemiddelde gemiddeldes ± SD	p25 gem.	p50 gem.	p75 gem.
Prosperpolder	KHW	97	13.2 ± 5.6	7.7	11.9	19.9
Prosperpolder	KLW	97.2	13.7 ± 5.6	8.2	12.4	20.3
Lillo Meetpaal-Boven	KHW	97.9	13.5 ± 5.6	7.9	12.7	20
Lillo Meetpaal-Boven	KLW	97.9	13.7 ± 5.7	8.1	12.9	20.3
Lillo Meetpaal-Onder	KHW	99.4	13.3 ± 5.7	7.8	12.3	19.9
Lillo Meetpaal-Onder	KLW	99.2	13.6 ± 5.7	8	12.5	20.2
Liefkenshoek Veer	KHW	90.4	13 ± 5.4	8	11.7	18.7
Liefkenshoek Veer	KLW	90.4	12.7 ± 5.6	7.6	11.6	18.6
Oosterweel-Boven	KHW	95.9	13.7 ± 5.8	8	13.4	20.3
Oosterweel-Boven	KLW	95.2	13.2 ± 5.8	7.9	12.7	19.7
Kruikebe	KHW	99.7	13 ± 5.9	7.7	12	19.7
Kruikebe	KLW	99.7	12.9 ± 5.9	7.8	12.1	19.5
Hemiksem	KHW	93.3	12.9 ± 5.9	7.8	11.9	19.8
Hemiksem	KLW	93.2	12.9 ± 5.7	8	12.4	19.3
Weert	KHW	99.7	13 ± 5.9	7.9	12.5	19.5
Weert	KLW	99.9	13.2 ± 6	7.9	12.7	19.8
Schellebelle	KHW	90.9	13.6 ± 6.1	8.4	13.2	19.7

Schellebelle	KLW	90.9	13.6 ± 6.1	8.4	13.2	19.7
Melle	KHW	99.2	13.2 ± 6.1	7.9	12.8	19.7
Melle	KLW	99.2	13.2 ± 6.1	7.9	12.7	19.7
Klein Willebroek	KHW	99.7	12.9 ± 5.7	7.9	12.4	19.1
Klein Willebroek	KLW	99.9	12.8 ± 5.3	8.5	12.5	18.1

#### 4.1.6 Verloop saliniteit

Op basis van de conductiviteits- en temperatuursmetingen wordt de saliniteit berekend gebruik makende van de UNESCO formule. Deze formule is opgesteld voor standaard oceaanwater en is nauwkeurig binnen het bereik 2-42 PSU<sup>4</sup>. Voorzichtigheid is dus geboden bij de interpretatie van PSU waarden < 2.

Algemeen is er een duidelijke saliniteitsgradiënt doorheen het Schelde estuarium. Afwaartse stations (grootse invloed zeewater) hebben hogere saliniteiten dan de opwaartse stations (Figuur 40). Daarnaast is het saliniteitsverloop doorheen het jaar duidelijk geassocieerd met de aanvoer van zoet water vanuit de bovenlopen. Tijdens de wintermaanden (hogere bovenafvoer) is de saliniteit in het estuarium lager dan tijdens de zomermaanden (Figuur 39). Binnen een individuele getijcyclus is de aanvoer van zout water maximaal op het einde van de vloed, waardoor de saliniteitswaarden tijdens KHW hoger liggen dan tijdens KLW.

Voor het jaar 2021 tonen de afwaartse posten een duidelijk minimum in het begin van de maand februari (Figuur 39). De aanvoer van zoet water richting Schelde estuarium was in deze maand dan ook hoog (zie §3, Figuur 17, Figuur 20 en Figuur 22). De volgende periode was iets droger waardoor de saliniteiten licht stegen, tot zo'n 15 PSU in Prosperpolder tijdens de maand juli. De natte zomer van 2021 zorgde echter, algemeen genomen, voor hoge bovenafvoeren die resulteerden in lage saliniteiten. Eind september daalden de saliniteiten opnieuw vanwege de toegenomen neerslag in de herfst- en wintermaanden.

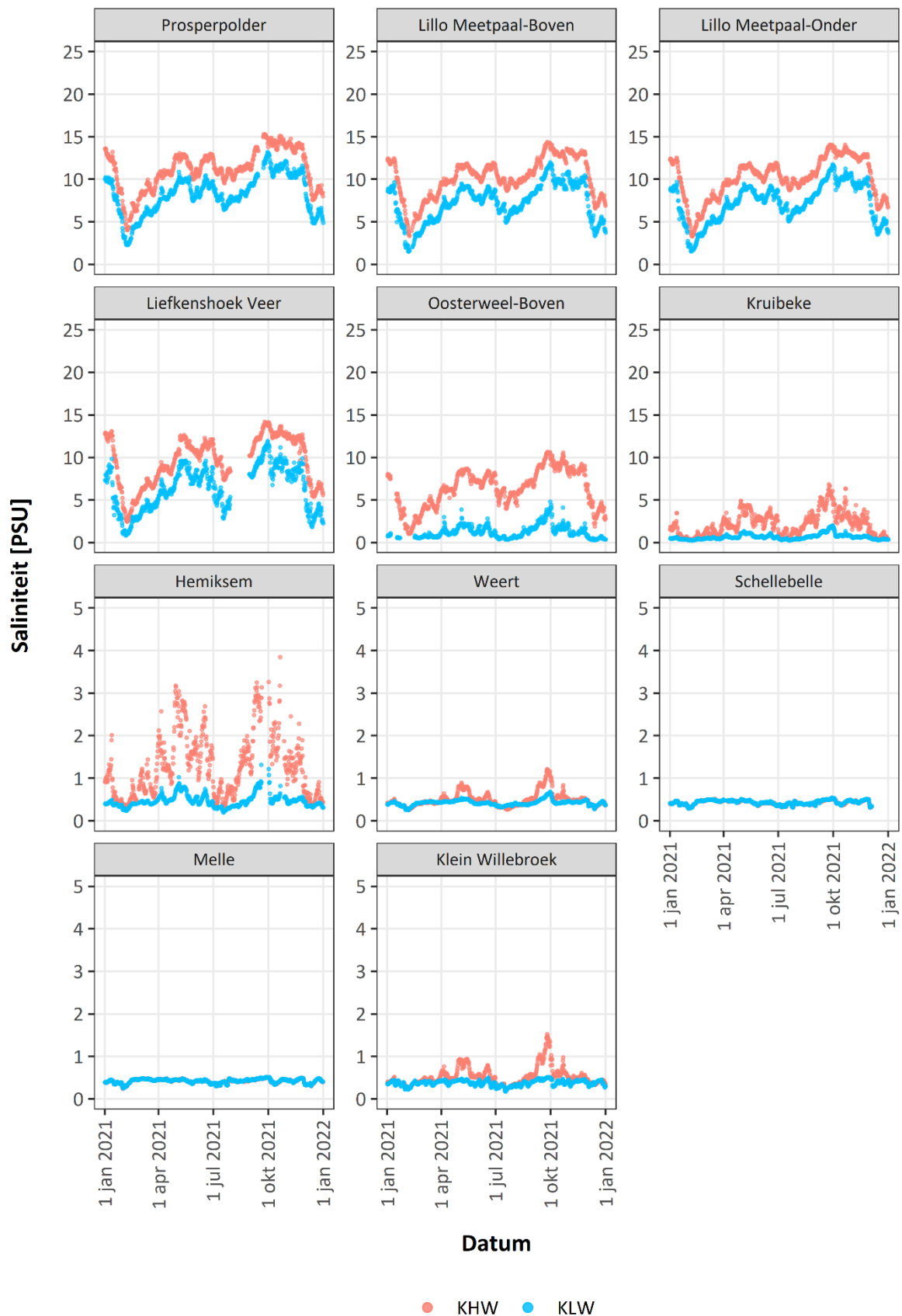
Voor de lange-termijn analyse wordt er gefocust op perioden met lage afvoeren en hoge saliniteiten om de analyse van het verloop van de saliniteit uit te voeren. De zomerperiode wordt in het algemeen gekenmerkt door lage bovenafvoeren waardoor hogere saliniteitsgehalten worden gemeten. Verder wordt de periode KHW beschouwd aangezien, zoals reeds eerder vermeld, de aanvoer van zout water maximaal is op het einde van de vloed, waardoor de saliniteitswaarden tijdens KHW hoger liggen dan tijdens KLW.

De zomerstatistieken van de afwaartse stations Prosperpolder en Oosterweel tonen duidelijk de opdeling tussen de droge jaren 2017 – 2020 gekenmerkt door verhoogde saliniteitsgehalten en het voorbije natte jaar 2021, waarbij slechts lage saliniteitswaarden werden geregistreerd (Figuur 41, Figuur 42). Het jaar 2016, beschouwd als een natter jaar, werd meegegeven ter vergelijking. Hierbij kan vastgesteld worden dat de saliniteitswaarden bij de jaren 2016 en 2021 gelijkaardig zijn, echter is het debiet voor 2021 wel beduidend hoger.

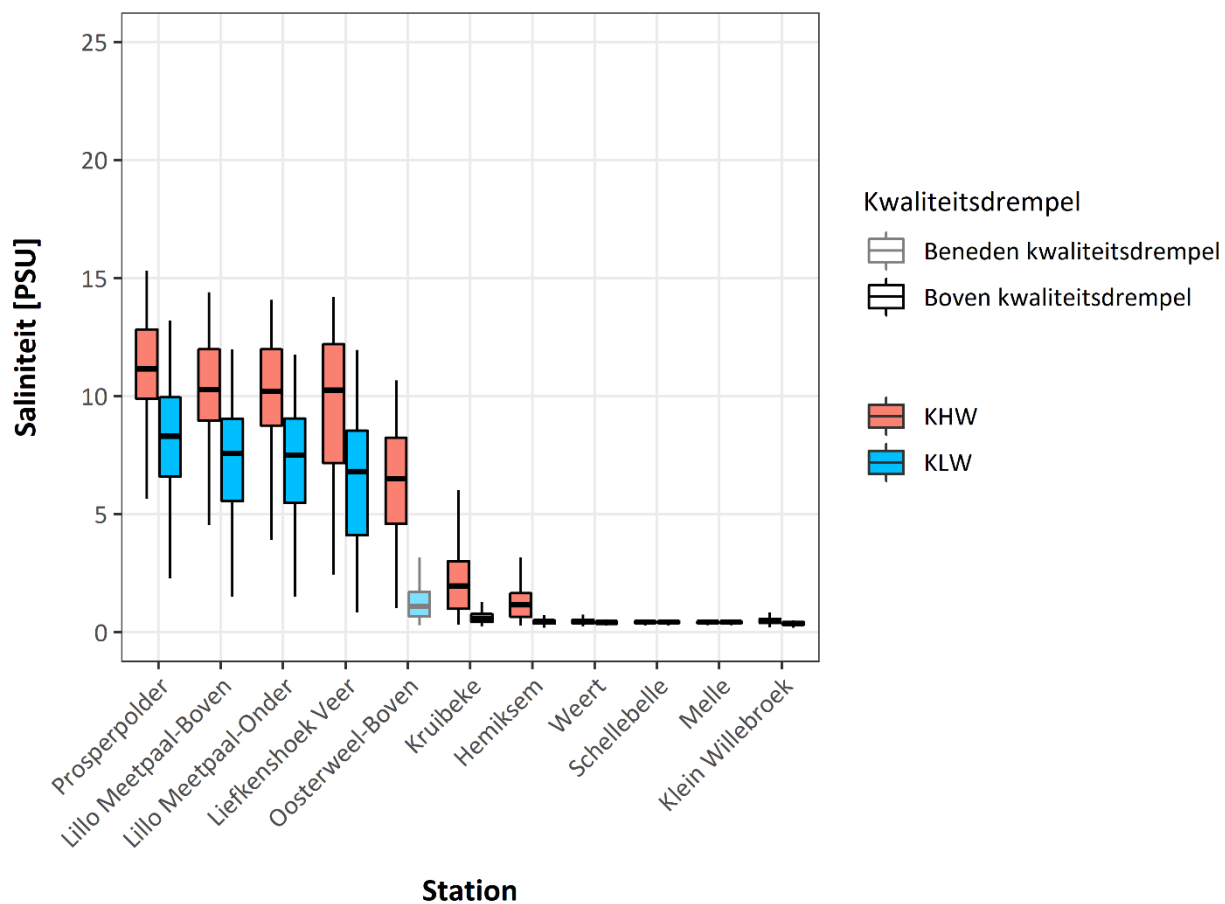
Ook in Figuur 41 is de clustering van de droge jaren goed te zien. Deze hebben de hoogste saliniteitsgehalten van de hele beschouwde periode (2001-2022) en zijn ook qua spreiding zeer gelijkaardig.

---

<sup>4</sup> Practical Salinity Unit. Zeewater is euhalien en reikt van 30-35 PSU. Brak water heeft een saliniteit van 0,5 tot 29 PSU wat volgens het *Venice System* verder kan onderverdeeld worden in: polyhalien (30-18 PSU), mesohalien (18-5 PSU) en oligohalien (5-0,5 PSU).



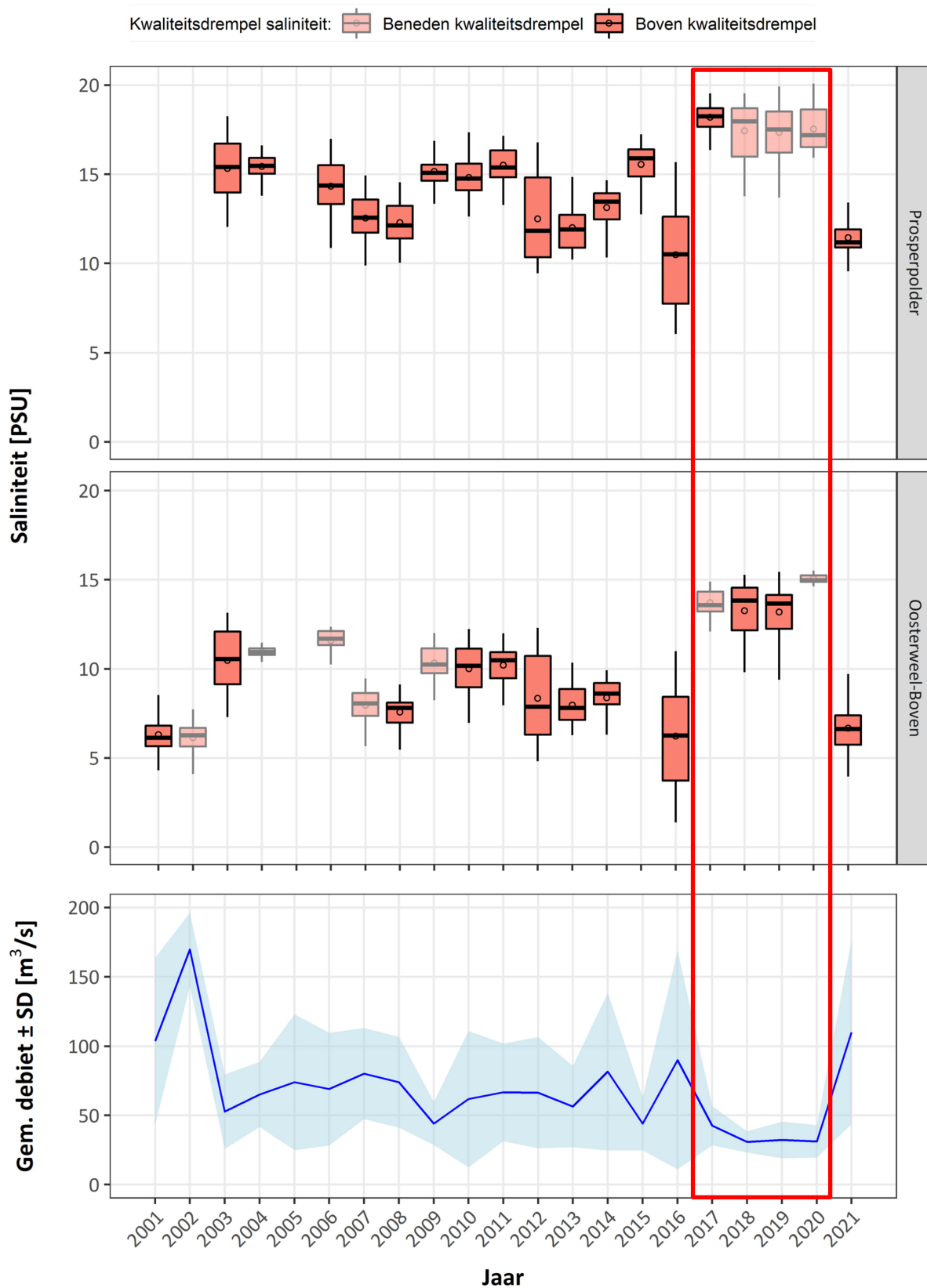
Figuur 39 – Seizoenaal verloop saliniteit (2021) bij KHW en KLV (gemiddeldes) voor de verschillende meetstations.



Figuur 40 – Jaarstatistieken voor saliniteit KHW en KLW (gemiddeldes) voor de verschillende meetstations.

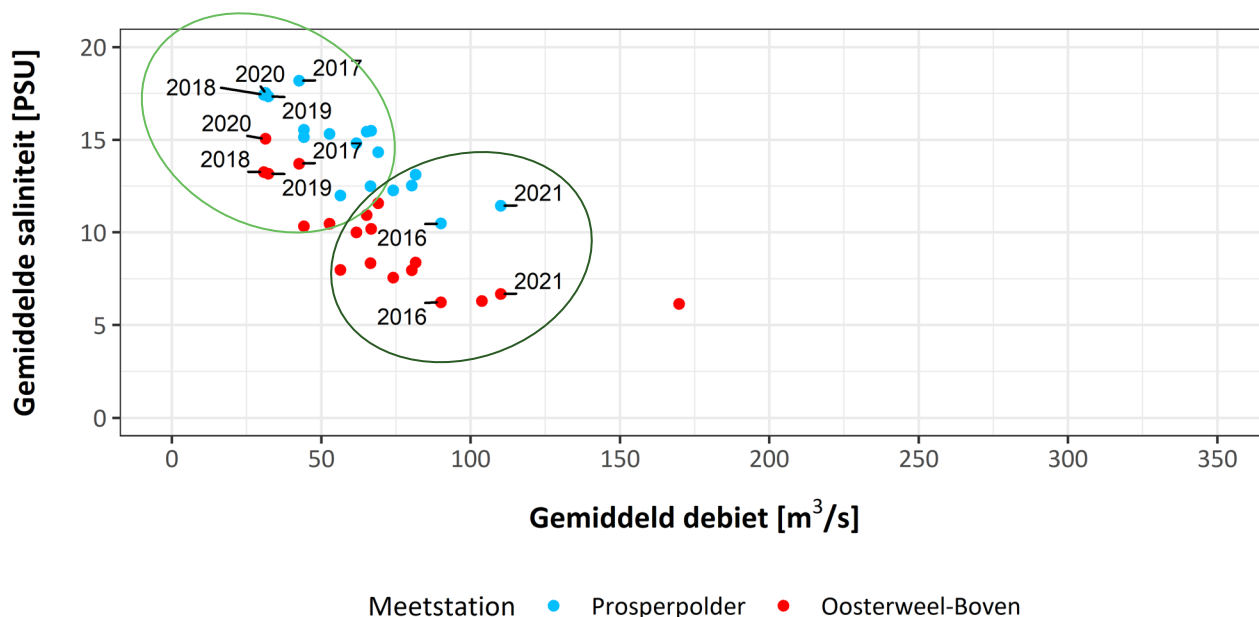
Tabel 12 – Overzicht jaarstatistiek (gemiddelde en percentielen)  
van de saliniteit (PSU) tijdens KHW en KLW (gemiddeldes) voor de verschillende meetstations.

Station	Getijfase	% geschikte data	Gemiddelde gemiddeldes ± SD	p25 gem.	p50 gem.	p75 gem.
Prosperpolder	KHW	97	11.1 ± 2.4	9.9	11.2	12.8
Prosperpolder	KLW	96.5	8.3 ± 2.3	6.6	8.3	10
Lillo Meetpaal-Boven	KHW	97.9	10.3 ± 2.3	9	10.3	12
Lillo Meetpaal-Boven	KLW	97.3	7.3 ± 2.2	5.6	7.6	9
Lillo Meetpaal-Onder	KHW	99.3	10.1 ± 2.4	8.8	10.2	12
Lillo Meetpaal-Onder	KLW	99.2	7.2 ± 2.3	5.5	7.5	9.1
Liefkenshoek Veer	KHW	90.4	9.6 ± 2.9	7.2	10.3	12.2
Liefkenshoek Veer	KLW	90.4	6.4 ± 2.6	4.1	6.8	8.5
Oosterweel-Boven	KHW	95.3	6.4 ± 2.3	4.6	6.5	8.2
Oosterweel-Boven	KLW	82.3	1.3 ± 0.8	0.7	1.2	1.8
Kruikeke	KHW	99.7	2.2 ± 1.4	1	2	3
Kruikeke	KLW	99.7	0.7 ± 0.3	0.4	0.6	0.8
Hemiksem	KHW	93.2	1.3 ± 0.7	0.6	1.2	1.7
Hemiksem	KLW	92.8	0.5 ± 0.2	0.4	0.4	0.5
Weert	KHW	99.7	0.5 ± 0.2	0.4	0.5	0.5
Weert	KLW	99.9	0.4 ± 0.1	0.4	0.4	0.4
Schellebelle	KHW	90.9	0.4 ± 0	0.4	0.4	0.5
Schellebelle	KLW	90.9	0.4 ± 0.1	0.4	0.4	0.5
Melle	KHW	98.7	0.4 ± 0	0.4	0.4	0.5
Melle	KLW	98.6	0.4 ± 0	0.4	0.4	0.5
Klein Willebroek	KHW	99.7	0.5 ± 0.2	0.4	0.5	0.6
Klein Willebroek	KLW	99.6	0.4 ± 0.1	0.3	0.4	0.4



Figuur 41 – Historische evolutie zomerstatistieken KHW te Prosperpolder en Oosterweel-Boven, tezamen met het gemiddelde debiet ± standaarddeviatie te Schelle. Rood kader duidt de droge jaren 2017-2020 aan.





Figuur 42 – Historische evolutie van de saliniteit te Prosperpolder en Oosterweel-Boven in relatie tot het debiet te Schelle voor het zomerseizoen. Jaren 2016 t.e.m. 2021 zijn aangegeven op de plot. De koppeling tussen debiet en saliniteit werd enkel gemaakt wanneer voor beide periodes minstens 50% van de binngetrokken data van voldoende kwaliteit zijn en niet missend (gebaseerd op KHW data). Cirkels duiden de clustering van de droge jaren enerzijds (lichtgroen) en de natte jaren anderzijds (donkergroen) aan.

#### 4.1.7 Verloop suspensiegehalte (SSC)

Op basis van de continue turbiditeitsmetingen kan een turbiditeitssignaal omgezet worden naar waarden in zwevende stof gehalte (= Suspended Sediment Concentration = SSC, uitgedrukt in mg/l). Om de turbiditeit om te zetten naar SSC voert het HIC ter hoogte van de verschillende turbiditeit meetstations kalibratiecampagnes uit, en dit meerdere keren per jaar. Een overzicht van de kalibratiecampagnes en de opgestelde kalibratiecurves voor het jaar 2021 is terug te vinden in Bijlage D: Kalibratie Turbiditeit – SSC. Voor een overzicht van de type meettoestellen die turbiditeit registeren en hun positie in de waterkolom wordt verwezen naar §4.1.1 (Tabel 8). Voor SSC worden zowel de statistieken gepresenteerd tijdens KHW/KLW als tijdens de vloed- en eb fase (gemiddelde en maximale waarden). Het station Tielrode wordt nog niet mee opgenomen in de resultatensectie aangezien er nog geen vaste opstelling voorzien is. De kalibratiecurve is wel beschikbaar in Bijlage D: Kalibratie Turbiditeit – SSC.

Bekijken we de data van 2021, dan zijn de SSC gehalten tijdens de kenteringsmomenten duidelijk lager dan tijdens de vloed- en eb fase). Tijdens kentering gaat de stroomsnelheid immers naar nul, waardoor het sediment uitzakt richting bodem en de SSC waarden lager worden. Tijdens vloed en eb neemt de stroomsnelheid weer toe, wordt het sediment meer homogeen verdeeld over de waterkolom en zijn de SSC waarden hoger.

Voor de afwaartse stations Lillo-Meetpaal, Liefkenshoek-Veer, Oosterweel-Boven en in mindere mate Kruikeke zijn de SSC waarden in 2021 hoger tijdens de wintermaanden (Figuur 43 tot Figuur 45). Dit is vooral voor Lillo-Meetpaal zeer duidelijk zichtbaar. Onder meer het afwaarts migreren van het estuarien turbiditeitsmaximum ETM bij hogere afvoer (typisch voor de winterperiode) is hiervoor verantwoordelijk. Voor Oosterweel-Boven is de interpretatie moeilijker wegens de nabijgelegen slibstortlocatie.

Voor de opwaartse stations Weert, Schellebelle en Melle is een verhoging waarneembaar tijdens de maanden augustus-september (Figuur 43 tot Figuur 45). Ook hier speelt de positie van het estuarien turbiditeitsmaximum (ETM) een rol. Tijdens de winter is dit gelegen afwaarts Weert. Wanneer de bovenafvoer afneemt in de loop van het voorjaar-zomer migreert het ETM opwaarts, wat resulteert in hogere SSC waarden voor deze stations. Aangezien 2021 een zeer nat jaar was (ook in de zomer) is deze verhoging in SSC waarden tijdens de zomermaanden minder uitgesproken dan bijvoorbeeld voor het jaar 2020. Vanaf het moment dat de bovenafvoer terug toeneemt (najaar) resulteert dit bijna onmiddellijk in een afname in SSC voor alle drie de stations (meer info over de positie van ETM in functie van de bovenafvoer kan worden teruggevonden in §4.4.3).

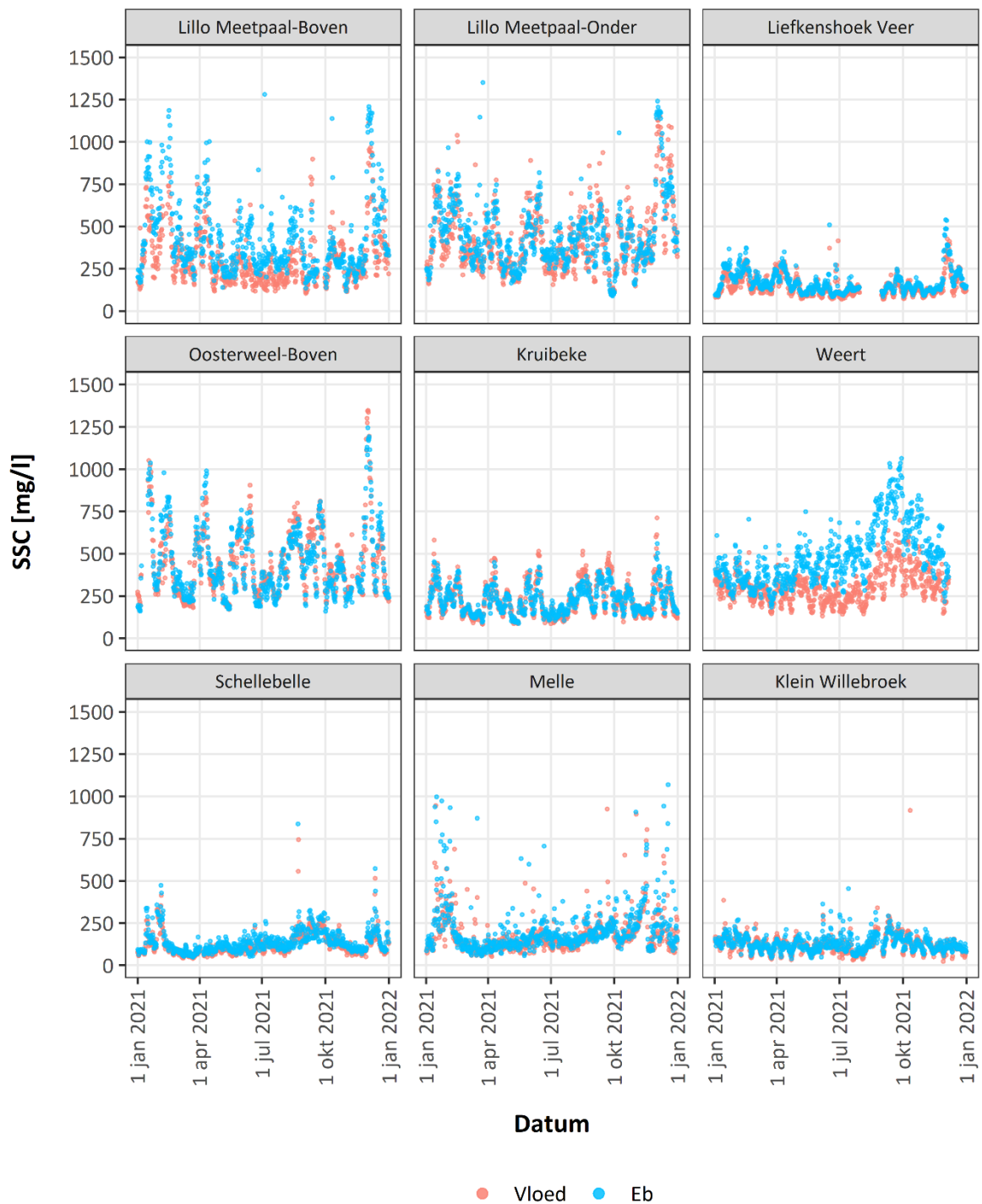
In 2021 worden de hoogste gemiddelde SSC waarden waargenomen ter hoogte van Lillo Meetpaal, Oosterweel-Boven en Weert (Figuur 46 tot en met Figuur 48). De hoge concentratie te Oosterweel is toe te schrijven aan de nabijheid van de slibstortlocatie. Te Weert is deze te wijten aan de aanwezigheid van het ETM, waardoor de concentraties nabij het oppervlak kunnen oplopen tot 1 g/l (Figuur 45). Ter hoogte van Lillo-Meetpaal wordt er vast boven de bodem gemeten (zie Tabel 8), waar relatieve hoge SSC waarden bekomen worden ten opzichte van de metingen te Liefkenshoekveer (meter vlottend 0,7 m onder wateroppervlak). Bij een vergelijking van de absolute waarden tussen de stations onderling is het belangrijk om mee te geven dat de positie van het meettoestel in de waterkolom niet overal dezelfde is (zie Tabel 8). Voor éénzelfde locatie liggen over het algemeen de concentraties nabij oppervlak lager dan nabij bodem.



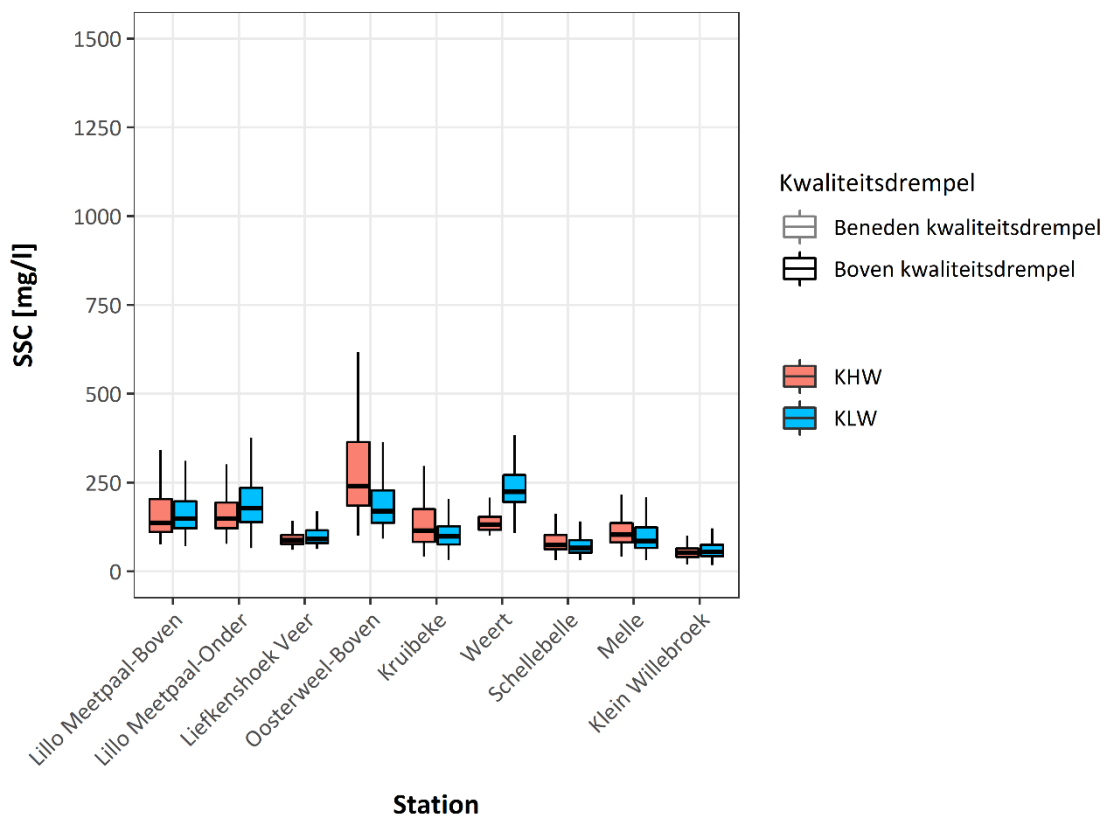
Figuur 43 – SSC verloop in 2021 tijdens KHW en KLW (gemiddeldes) voor de verschillende meetstations.



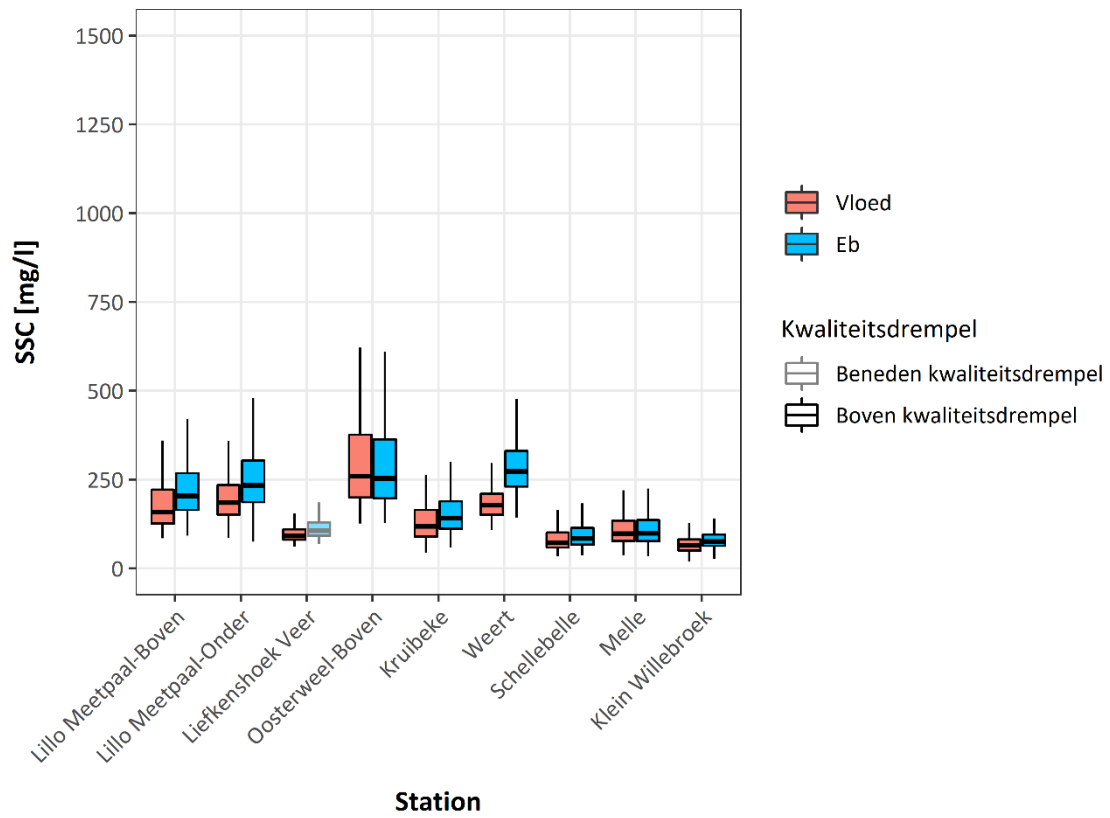
Figuur 44 – SSC verloop in 2021 tijdens vloed en eb (gemiddeldes) voor de verschillende meetstations.



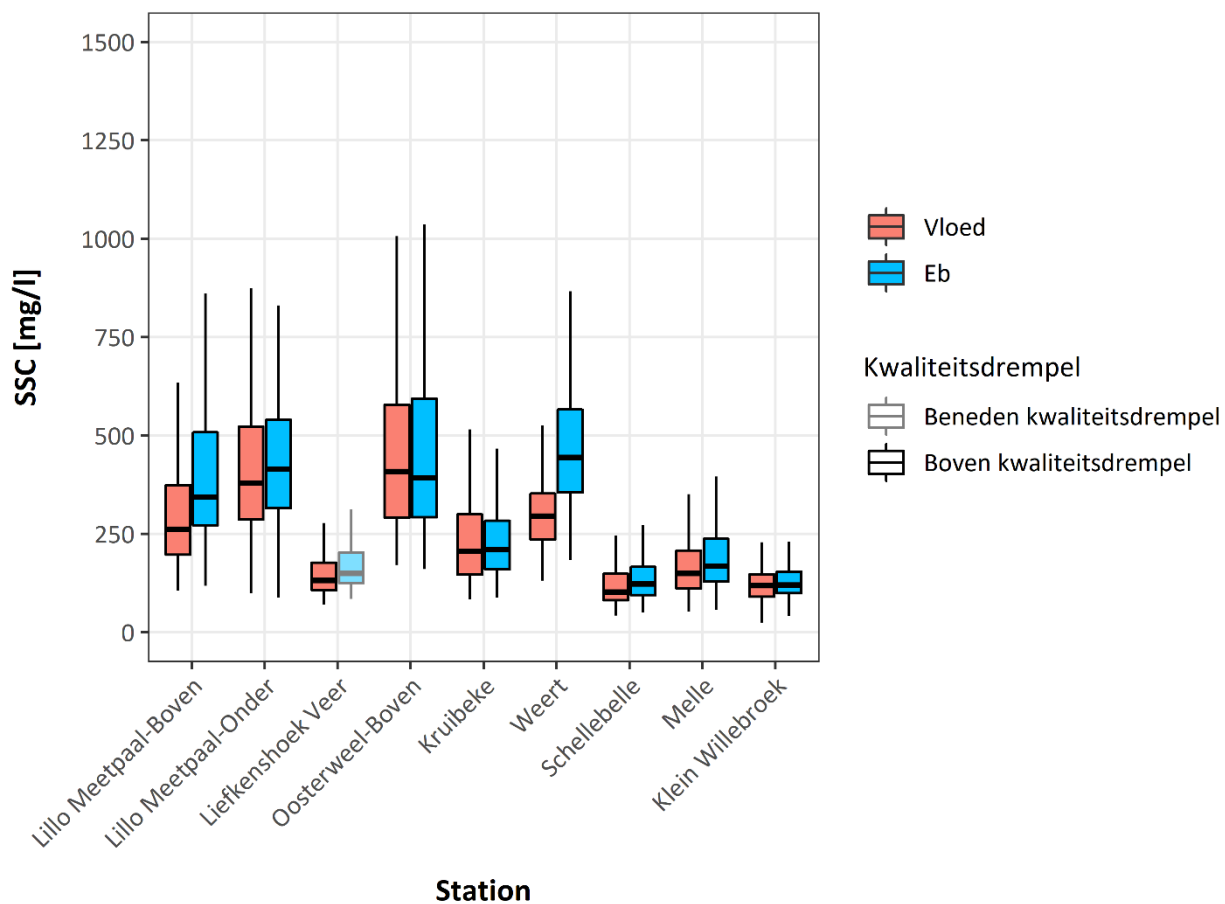
Figuur 45 – SSC verloop in 2021 tijdens vloed en eb (maxima) voor de verschillende meetstations.



Figuur 46 – Jaarstatistiek (percentielen) voor SSC tijdens KHW en KLW (gemiddeldes) voor de verschillende meetstations.



Figuur 47 – Jaarstatistiek (percentielen) voor SSC tijdens vloed en eb (gemiddeldes) voor de verschillende meetstations.



Figuur 48 – Jaarstatistiek (percentielen) voor SSC tijdens vloed en eb (maxima) voor de verschillende meetstations.



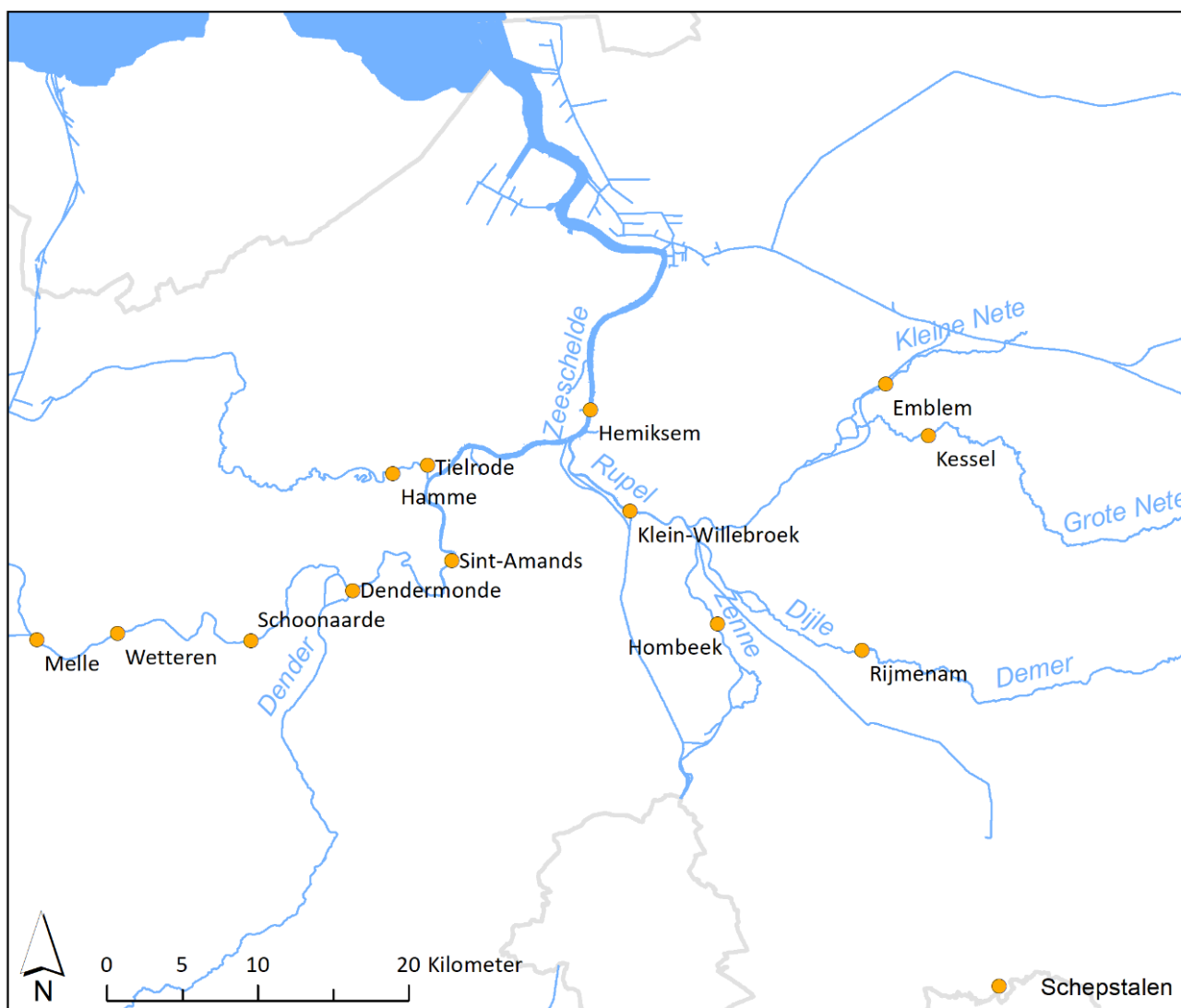
Tabel 13 – Overzicht jaarstatistiek (gemiddeldes) voor SSC (in mg/l) tijdens KHW/KLW en vloed/eb voor de verschillende meetstations.

Station	Getijf- fase	% geschikte data	Gemiddelde gemiddeldes ± SD	p25 gem.	p50 gem.	p75 gem.	Gemiddelde maxima ± SD	p25 max.	p50 max.	p75 max.
Lillo Meetpaal-Boven	KHW	93.9	167 ± 79	111	137	204	218 ± 116	136	177	274
Lillo Meetpaal-Boven	KLW	93.1	181 ± 103	121	149	197	285 ± 181	175	224	328
Lillo Meetpaal-Boven	Vloed	92.6	185 ± 85	126	159	222	309 ± 162	197	262	374
Lillo Meetpaal-Boven	Eb	92.1	240 ± 117	165	205	268	422 ± 220	272	344	508
Lillo Meetpaal-Onder	KHW	99.3	168 ± 68	122	150	194	212 ± 97	149	185	245
Lillo Meetpaal-Onder	KLW	99.4	206 ± 109	139	179	236	334 ± 194	205	281	408
Lillo Meetpaal-Onder	Vloed	98.7	206 ± 84	152	186	235	423 ± 195	287	380	523
Lillo Meetpaal-Onder	Eb	98.9	261 ± 117	186	234	304	449 ± 199	315	415	540
Liefkenshoek Veer	KHW	90.4	93 ± 24	76	88	103	132 ± 51	96	119	154
Liefkenshoek Veer	KLW	90.4	104 ± 37	80	93	116	134 ± 60	95	115	157
Liefkenshoek Veer	Vloed	90.2	99 ± 28	81	92	110	150 ± 61	108	132	177
Liefkenshoek Veer	Eb	89.9	117 ± 38	92	107	130	172 ± 71	126	150	203
Oosterweel-Boven	KHW	94.6	289 ± 152	185	241	364	359 ± 191	225	290	461
Oosterweel-Boven	KLW	94.6	187 ± 62	137	169	228	268 ± 108	181	236	339
Oosterweel-Boven	Vloed	94.1	295 ± 127	200	260	377	450 ± 201	292	409	578
Oosterweel-Boven	Eb	94.5	290 ± 122	198	253	364	450 ± 208	292	393	594
Kruikeke	KHW	99.9	132 ± 59	83	115	175	225 ± 105	139	199	296
Kruikeke	KLW	99.9	104 ± 36	76	100	127	155 ± 46	124	150	185
Kruikeke	Vloed	99.9	128 ± 46	90	119	165	232 ± 104	147	206	300
Kruikeke	Eb	99.9	153 ± 51	112	142	190	227 ± 82	160	210	284
Weert	KHW	92.6	139 ± 30	117	132	154	207 ± 56	161	199	242
Weert	KLW	92.8	241 ± 72	196	225	272	356 ± 132	266	329	400
Weert	Vloed	92.8	184 ± 43	151	179	210	305 ± 95	236	296	353
Weert	Eb	92.5	292 ± 83	230	273	331	485 ± 174	355	445	566
Schellebelle	KHW	98.4	87 ± 43	62	75	102	129 ± 85	87	113	150
Schellebelle	KLW	98.3	82 ± 51	53	66	89	108 ± 60	70	90	129
Schellebelle	Vloed	98.2	85 ± 41	59	73	101	127 ± 90	82	103	149
Schellebelle	Eb	98	99 ± 49	67	85	114	141 ± 70	95	124	166
Melle	KHW	98.6	122 ± 64	82	105	136	170 ± 97	110	148	195
Melle	KLW	98.4	110 ± 72	66	86	124	152 ± 105	87	121	183
Melle	Vloed	98.7	115 ± 61	78	98	135	181 ± 111	112	150	208
Melle	Eb	98.2	121 ± 71	76	100	136	209 ± 141	129	169	238
Klein Willebroek	KHW	98.3	55 ± 19	41	53	65	99 ± 36	73	96	118
Klein Willebroek	KLW	98.3	61 ± 26	43	55	75	86 ± 42	57	76	106
Klein Willebroek	Vloed	98.2	68 ± 24	51	65	82	124 ± 56	91	119	148
Klein Willebroek	Eb	98.2	81 ± 27	63	76	95	130 ± 46	100	121	154

## 4.2 Periodieke metingen (laagfrequent) aan wateroppervlak

Sinds de jaren '90 worden er periodieke metingen van het suspensiegehalte uitgevoerd. Het betreft bemonstering aan het wateroppervlak ("schipstalen") ter hoogte van de tijposten verspreid doorheen het estuarium. De bemonsteringsfrequentie van deze dataset bedraagt ongeveer 2 tot 4 weken. De data is digitaal beschikbaar vanaf 2006 en laat toe om de huidige metingen in een historisch perspectief te plaatsen.

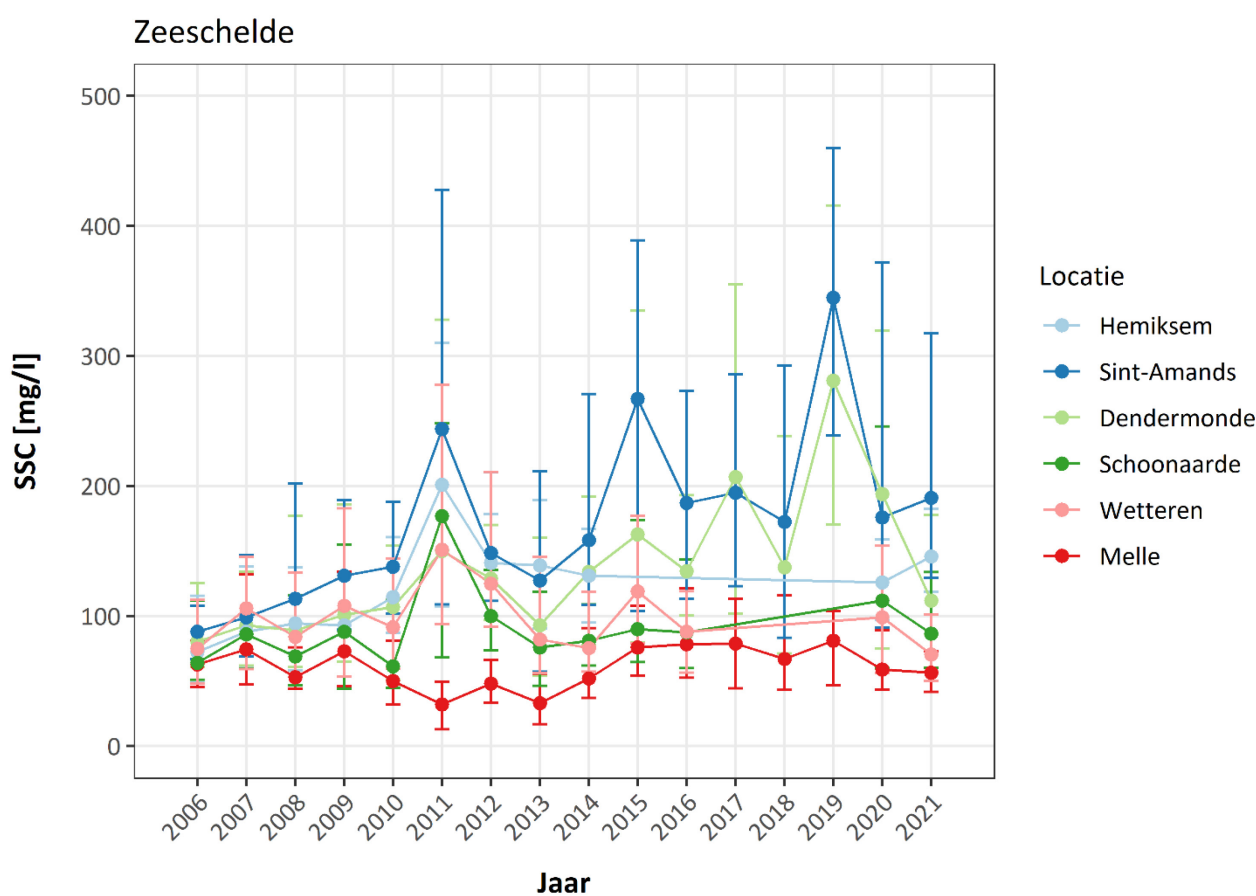
Anno 2021 worden er op 13 locaties schepstalen genomen (Figuur 49). Voor de locaties in het tiggebied is de staalnamefrequentie 2-wekelijks, voor de locaties aan de randen van het tiggebied (Rijmenam, Kessel, Emblem en Hombeek) is dit maandelijks.



Figuur 49 – Meetlocaties schepstalen anno 2021.

#### 4.2.1 Zeeschelde

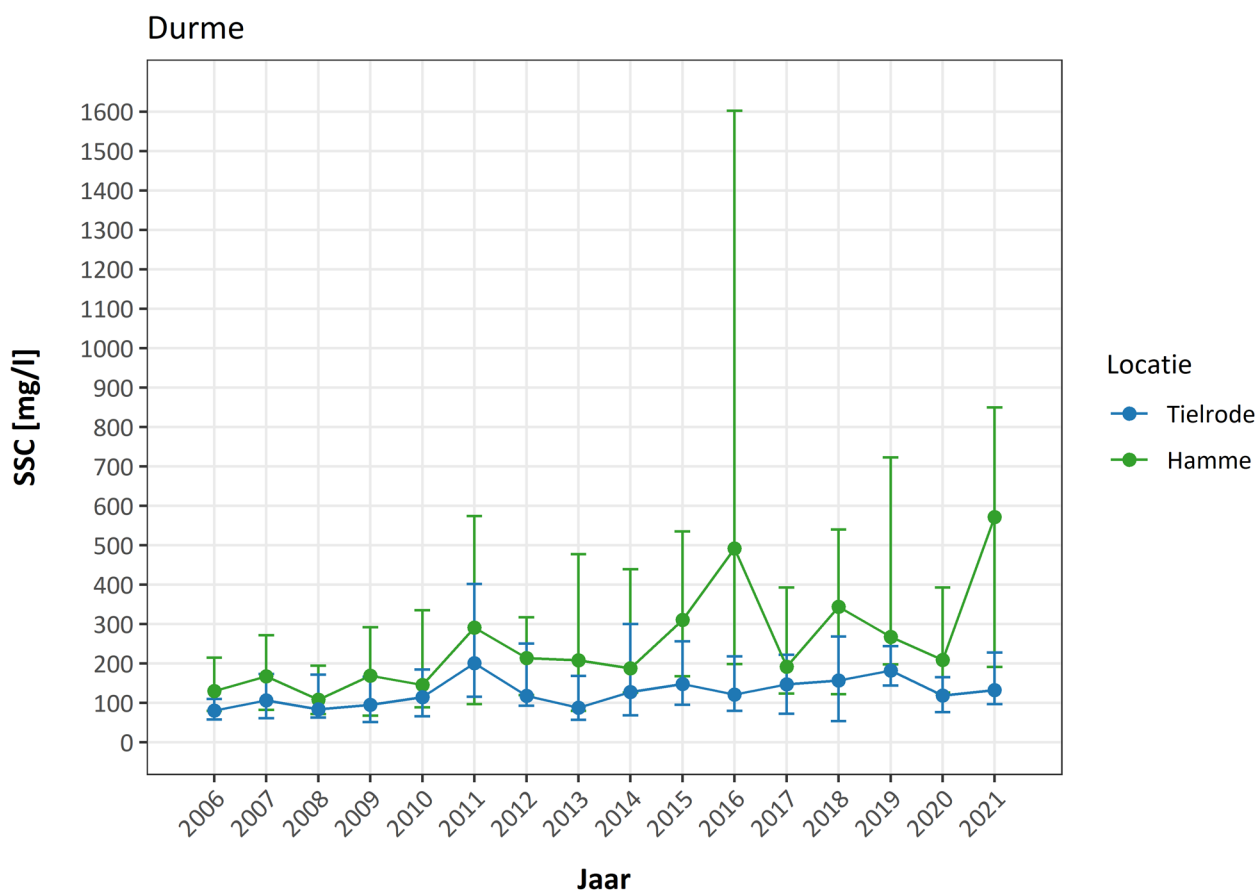
Figuur 50 toont het suspensiegehalte aan het wateroppervlak in de Boven-Zeeschelde, gemeten nabij Melle, Wetteren, Schoonaarde, Dendermonde, Sint-Amands en Hemiksem. Zoals voor eerdere jaren het geval was werd in de Boven-Zeeschelde tijdens 2021 de laagste jaarmediaan in sedimentconcentratie waargenomen aan de stroomopwaartse rand in Melle. De concentratie stijgt stroomafwaarts tot in Dendermonde en Sint-Amands, om vervolgens terug af te nemen richting Hemiksem. In 2019 werd er een piek waargenomen in sedimentconcentratie voor de locaties Dendermonde en Sint-Amands, in 2021 liggen de concentraties opnieuw in lijn met voorgaande jaren (2016-2018 en 2020). In Sint-Amands en Hemiksem kan wel een licht stijgende trend worden waargenomen wanneer de pieken van 2015 en 2019 buiten beschouwing worden gelaten. De sedimentconcentraties voor Wetteren en Schoonaarde volgen dezelfde trend als voor de tijdelijke stopzetting van de metingen, al zijn de metingen van 2021 toch lager. Het suspensiegehalte in Melle blijft de voorbije jaren (2015-2021) langzaam afnemen.



Figuur 50 – Evolutie jaarwaarden sedimentconcentratie nabij wateroppervlak (markers = mediaan, error bars = P25 en P75) voor de meetlocaties in de Zeeschelde.

#### 4.2.2 Durme

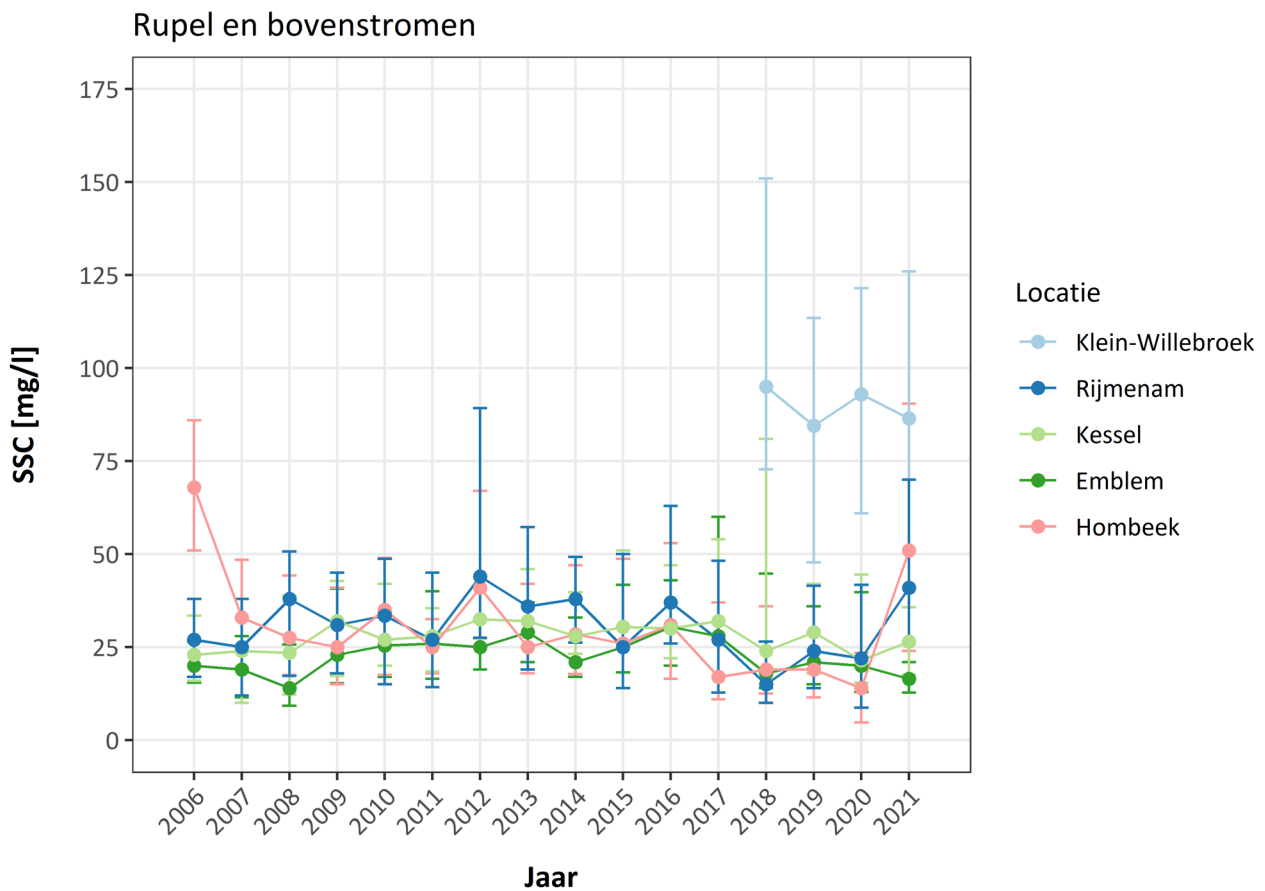
Figuur 51 toont de sedimentconcentratie aan het wateroppervlak op de Durme, gemeten nabij Hamme en Tielrode. Bij Hamme worden er hogere sedimentgehalten opgemeten dan nabij Tielrode. De spreiding is hier weliswaar ook groter, met grote uitschieters. Hamme vertoont sinds 2015 een sterkere jaar-op-jaar variatie dan voorheen: Tussen 2014 en 2016 stegen de meetwaarden te Hamme, om in 2017 weer af te nemen. De waarden in 2018-2020 lagen in lijn met voorgaande observaties. 2021 toont weer een sterke toename, met een hogere mediaanwaarde dan in 2016. In Tielrode neemt de sedimentconcentratie licht toe van 2013 tot 2019. In 2020 is een duidelijke afname zichtbaar. De metingen van 2021 liggen net iets hoger, maar zeker in lijn met voorgaande jaren.



Figuur 51 – Evolutie jaarwaarden sedimentconcentratie nabij wateroppervlak (markers = mediaan, error bars = P25 en P75) voor de meetlocaties in de Durme.

#### 4.2.3 Rupel en bovenstromen

Figuur 52 toont de sedimentconcentratie aan het wateroppervlak op de Rupel en zijn bovenstromen, gemeten nabij Emblem (Kleine Nete), Kessel (Grote Nete), Rijmenam (Dijle), Hombeek (Zenne) en Klein-Willebroek (Rupel). In de Rupel, nabij Klein-Willebroek worden de hoogste sedimentgehalten opgemeten. Voor deze meetlocatie zijn metingen slechts beschikbaar vanaf 2018. Deze vertonen voor de periode 2018-2021 geen grote variatie in suspensiegehalte. De meer opwaarts gelegen locaties vertonen een verschillend beeld: in de Grote Nete te Kessel en de Kleine Nete te Emblem bleef het suspensiegehalte nagenoeg constant. In de Zenne te Hombeek en de Dijle te Rijmenam vertoont het suspensiegehalte in 2021 een duidelijke stijging in tegenstelling met de dalende trend van de voorbije jaren. Mogelijks zijn de hogere afvoeren in deze regio in 2021 hiervoor verantwoordelijk.



Figuur 52 – Evolutie jaarwaarden sedimentconcentratie nabij wateroppervlak (markers = mediaan, error bars = P25 en P75) voor de meetlocaties in de Rupel en randen tijgebied in het Rupelbekken.

### 4.3 Sedimentinput aan de rand van het getijdegebied

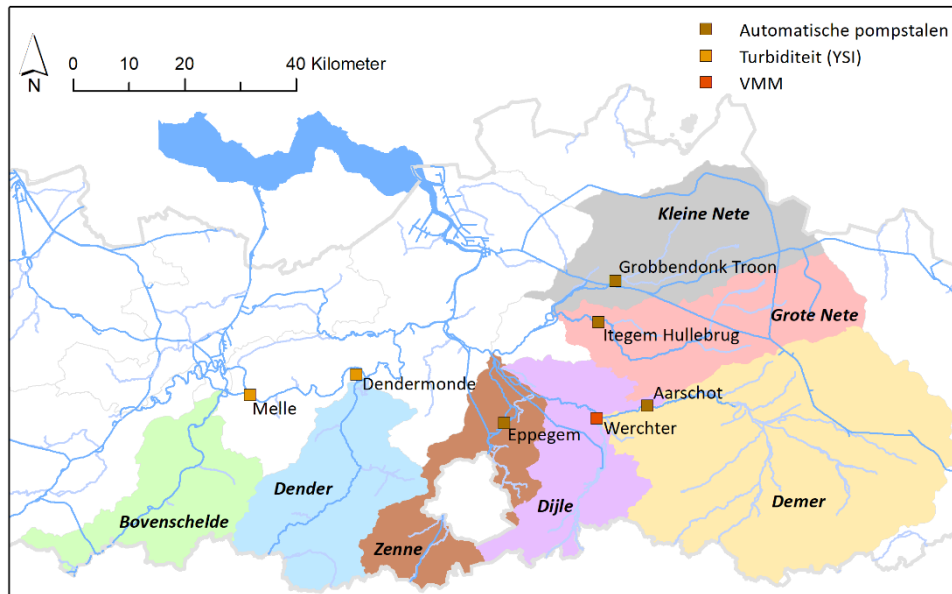
Dit hoofdstuk bespreekt het vanuit de bovenlopen aangevoerde sedimentvolume in suspensie. Bodemtransport door o.m. saltatie zit hier niet in opgenomen. In het verleden werd de sedimentvracht naar het getijdegebied ingeschat op basis van laagfrequente bemonstering door middel van schepstalen waarbij er een relatie werd opgesteld tussen de sedimentconcentratie en het daggemiddelde debiet (Van Hoestenbergh *et al.*, 2014). De analyse van Vos *et al.* (2019) wees echter uit dat dit een onderschatting van de sedimentvrachten teweegbracht aangezien belangrijke events gemist werden door de lagere meetresolutie. Sinds 2017 wordt een nieuwe methode toegepast:

- Bij de meetstations aan de rand van het getijdegebied met louter stroomafwaarts georiënteerde flux wordt de sedimentvracht rechtstreeks berekend uit de waargenomen sedimentconcentratie in de pompstalen. De meetresolutie van 7 tot 14u is voldoende hoog voor deze posten en zo wordt er geen bijkomende onzekerheid geïntroduceerd door het toepassen van een regressie tussen turbiditeit en sedimentconcentratie.
- Bij de meetstations die nog onderhevig zijn aan de getijdewerking en waar men bijgevolg nog steeds eb- en vloedstroming waarneemt, brengt de meetresolutie van de pompstalen echter een overschatting van de sedimentvrachten met zich mee. De negatieve flux tijdens vloed wordt namelijk niet optimaal in rekening gebracht. De sedimentvracht op deze locaties wordt berekend door omrekening van de hoogfrequente turbiditeitsmetingen met een temporele resolutie van 5 minuten, naar suspensiegehalte.

Bij beide methodes wordt het suspensiegehalte gedurende periodes zonder betrouwbare meetgegevens ingeschat m.b.v. de bovenafvoer.

De sedimentvracht wordt berekend voor onderstaande stations (zie Figuur 53):

- Boven-Zeeschelde te Melle (YSI)
- Dender te Dendermonde (YSI)
- Zenne te Epegem (automatische pompstalen)
- Demer te Aarschot (automatische pompstalen)
- Grote Nete te Itegem-Hullebrug (automatische pompstalen)
- Kleine Nete te Grobbendonk (Troon) (automatische pompstalen)



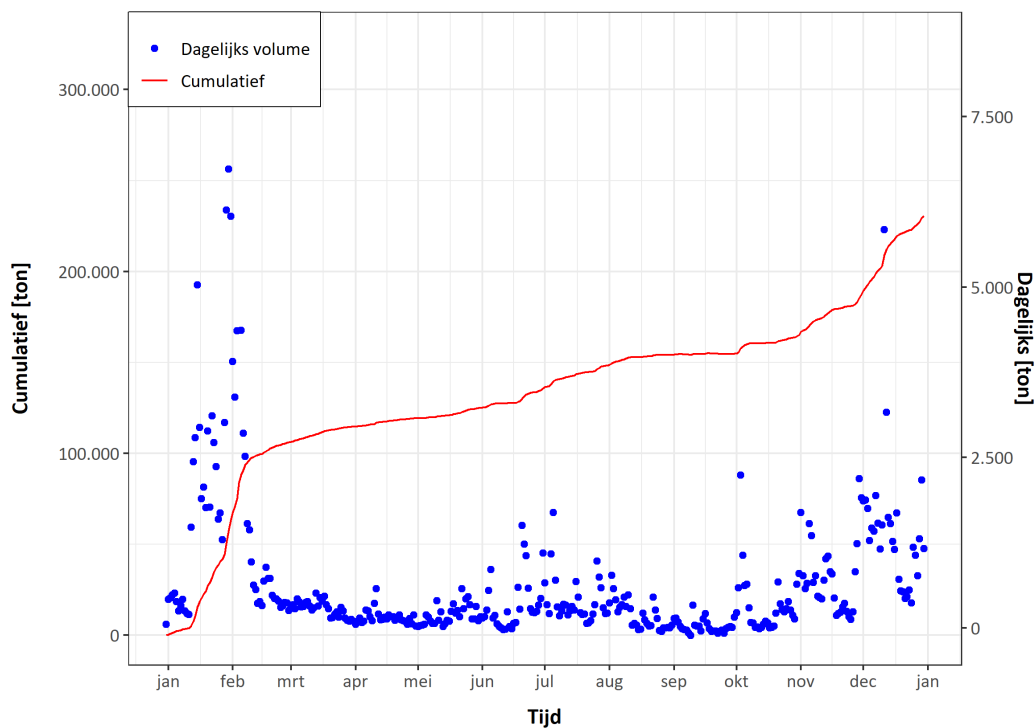
Figuur 53 – Overzicht van de meetlocaties en bijhorende stroomgebieden waarvoor de sedimentvrachten worden berekend.

De metingen die worden uitgevoerd ter hoogte van bovenstaande locaties zijn puntmetingen die vervolgens worden gecorrigeerd naar dwarssectie gemiddelde concentraties. Hiervoor werden de bevindingen toegepast van Brackx *et al.* (2019), die een analyse uitvoerde op de EWI-campagnes<sup>5</sup> uitgevoerd door het WL. De correctie van de metingen in Dendermonde, Itegem-Hullebrug en Melle staat echter nog niet op punt. Er is nood aan bijkomende EWI-campagnes om een betere relatie op te stellen.

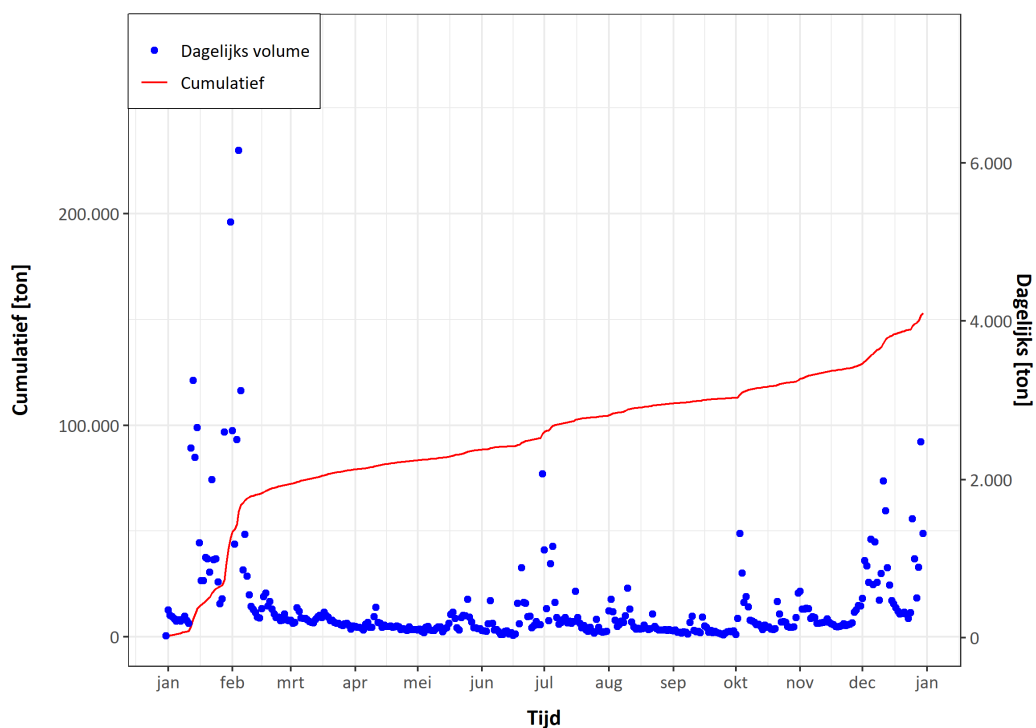
Voor de Dije worden de jaarlijkse vrachten berekend en gerapporteerd door VMM. De vrachten worden berekend op basis van turbiditeitsmetingen (OBS500, Campbell Sc.) en staalnames ter hoogte van Werchter, en debietsmetingen ter hoogte van Wilsle. VMM voert bovenstaande metingen uit op beide locaties, WL heeft aanvullend EWI-metingen uitgevoerd om te komen tot gecorrigeerde vrachten. Meer informatie over de metingen en de methodiek met betrekking tot de Dije is terug te vinden in de VMM rapporten 'sedimentmeetnet onbevaarbare waterlopen' (bv. Vlaamse Milieumaatschappij, 2021b).

Over het algemeen zijn jaarlijkse vrachten grotendeels toe te wijzen aan een aantal piekevents doorheen het jaar met verhoogde bovenafvoer. Voor het jaar 2021 wordt in het algemeen het begin van het jaar (januari en februari) en het eind van het jaar (december) gekenmerkt door hoge bovenafvoeren (zie §3.2). Dit resulteert in alle bekkens in sterk verhoogde sedimentvrachten die het grootste aandeel van de jaarlijkse sedimentvracht vormen (Figuur 54 tot Figuur 59). Enkel de Netes vormen hierop deels een uitzondering, waar verhoogde sedimentaanvoer niet steeds geassocieerd is met verhoogde bovenafvoer. Voor de Demer (Aarschot) en in mindere mate de Netes draagt de sterk verhoogde bovenafvoer in juli 2021 ook bij tot een belangrijk aandeel in jaarlijkse sedimentaanvoer. De grootste jaarlijkse vrachten worden aangevoerd vanuit het Zennebekken en het Bovenschelde-Leiebekken (Tabel 14 en Figuur 60). De hoge sedimentvrachten voor Eppegem zijn opvallend. Sinds vorig jaar is de frequentie aan EWI metingen dan ook sterk opgevoerd om eventuele veranderingen in de EWI relatie en door te rekenen sedimentaanvoer mee in rekening te brengen. De totale sedimentvracht richting Schelde estuarium voor het jaar 2021 bedraagt 1 007 024 ton. Deze jaarlijkse sedimentaanvoer vormt de hoogste waarde richting Schelde estuarium sinds de nieuwe methodiek wordt toegepast vanaf het jaar 2012 (Vandenbruwaene *et al.*, 2022b).

<sup>5</sup> 'Equal Width Increment'-, of kortweg EWI-metingen worden gebruikt om dwarssectiegemiddelde sedimentconcentraties te bepalen ter hoogte van waterlopen. Meer informatie over deze methodiek terug te vinden in Brackx *et al.* (2019)

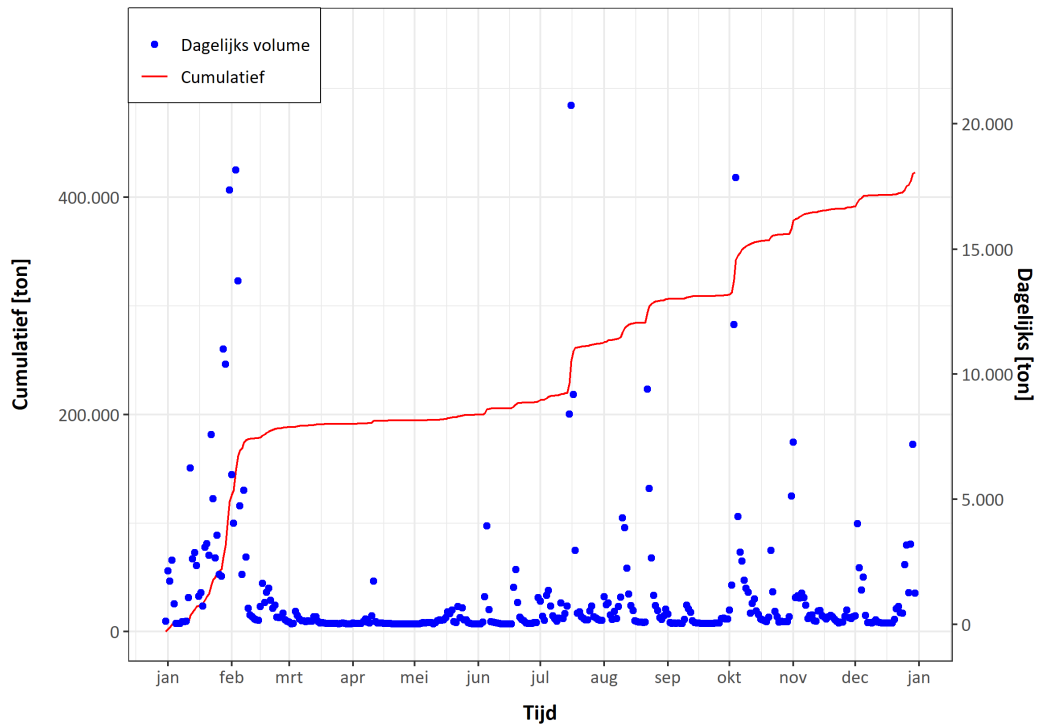


Figuur 54 – Berekende dagelijkse en gecumuleerde sedimentvracht in Melle komende van de Bovenschelde (en Leie) (EWI-correctie toegepast).

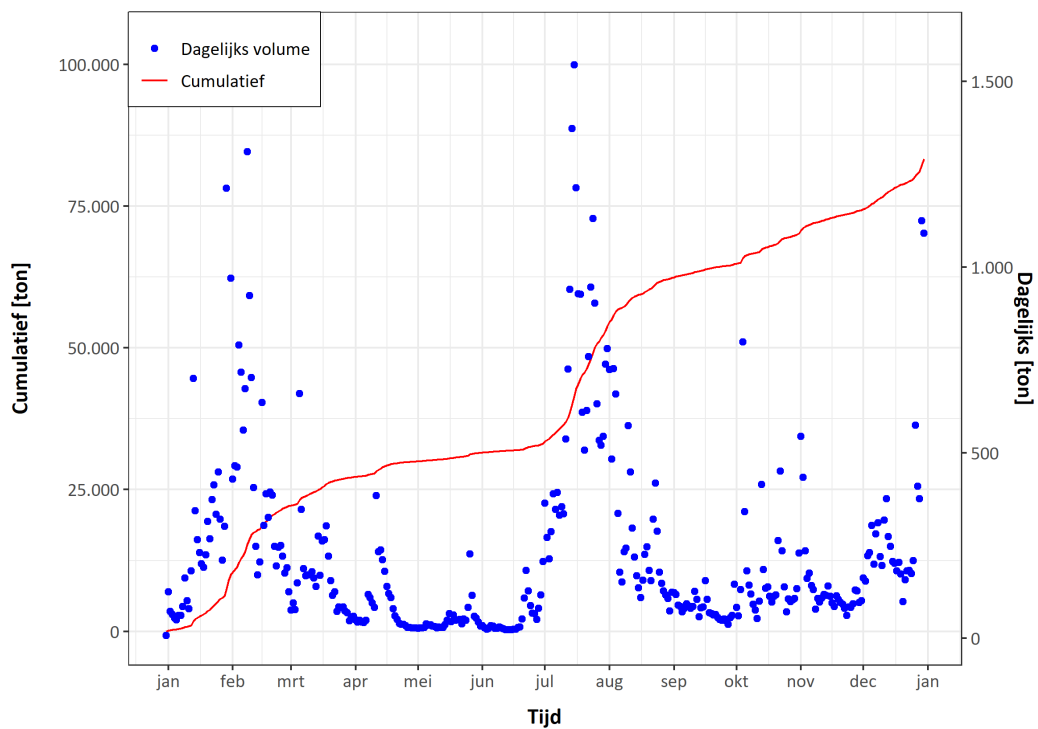


Figuur 55 – Berekende dagelijkse en gecumuleerde sedimentvracht in Dendermonde komende van de Dender (EWI-correctie toegepast).

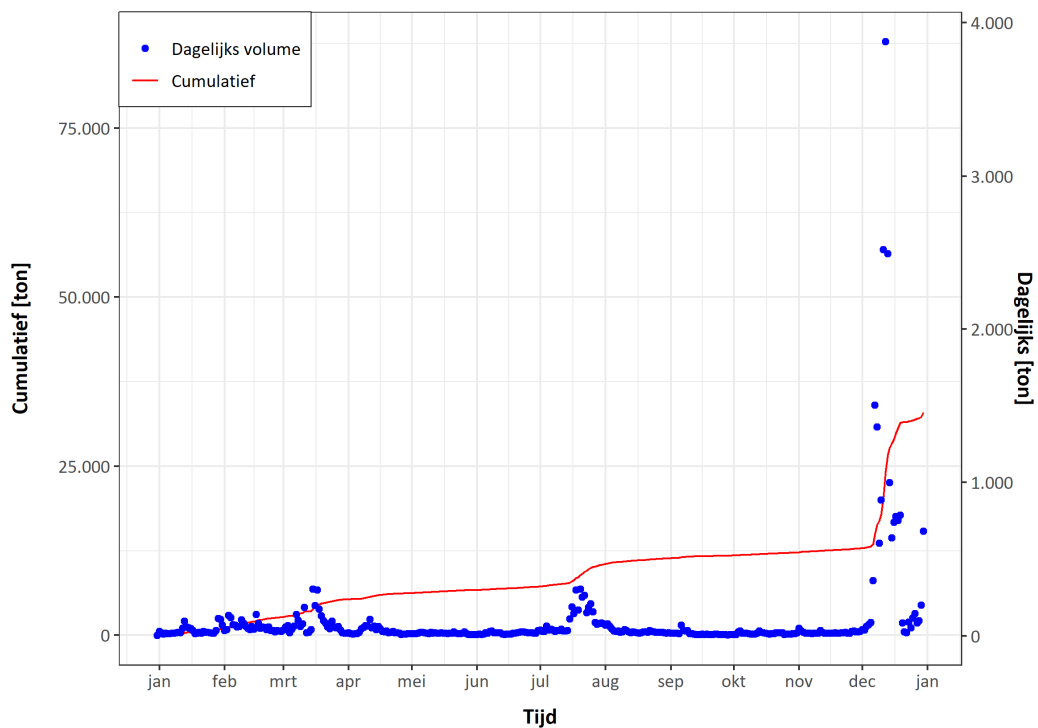




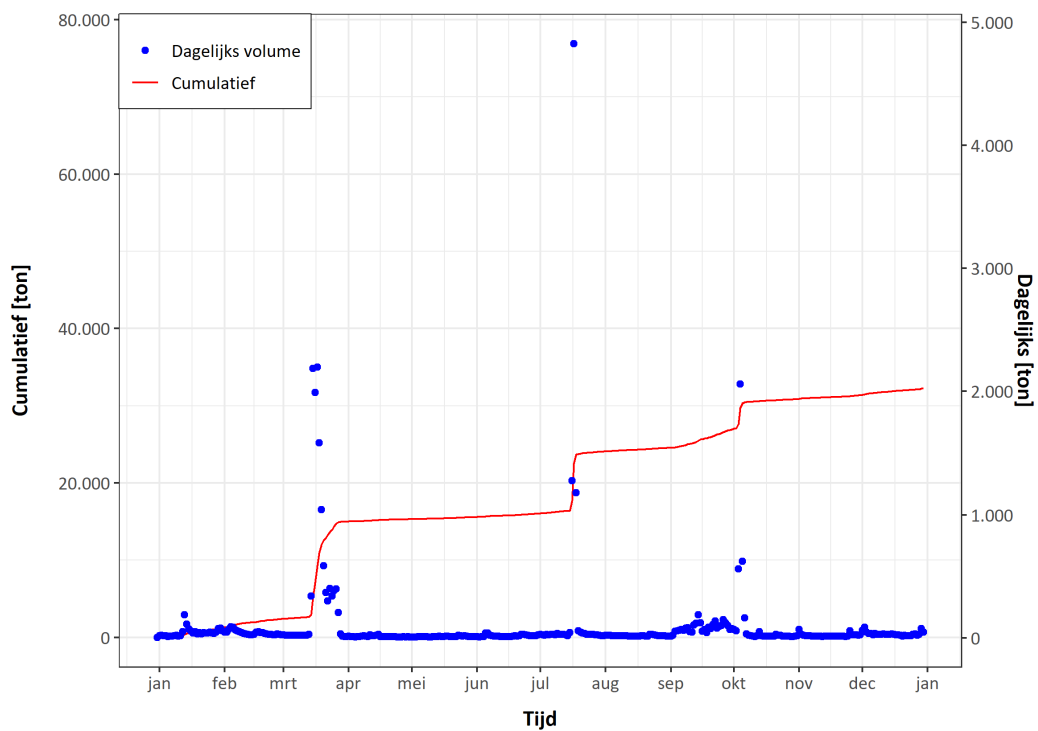
Figuur 56 – Berekende dagelijkse en gecumuleerde sedimentvracht in Epegem komende van de Zenne (EWI-correctie toegepast).



Figuur 57 – Berekende dagelijkse en gecumuleerde sedimentvracht in Aarschot komende van de Demer (EWI-correctie toegepast).



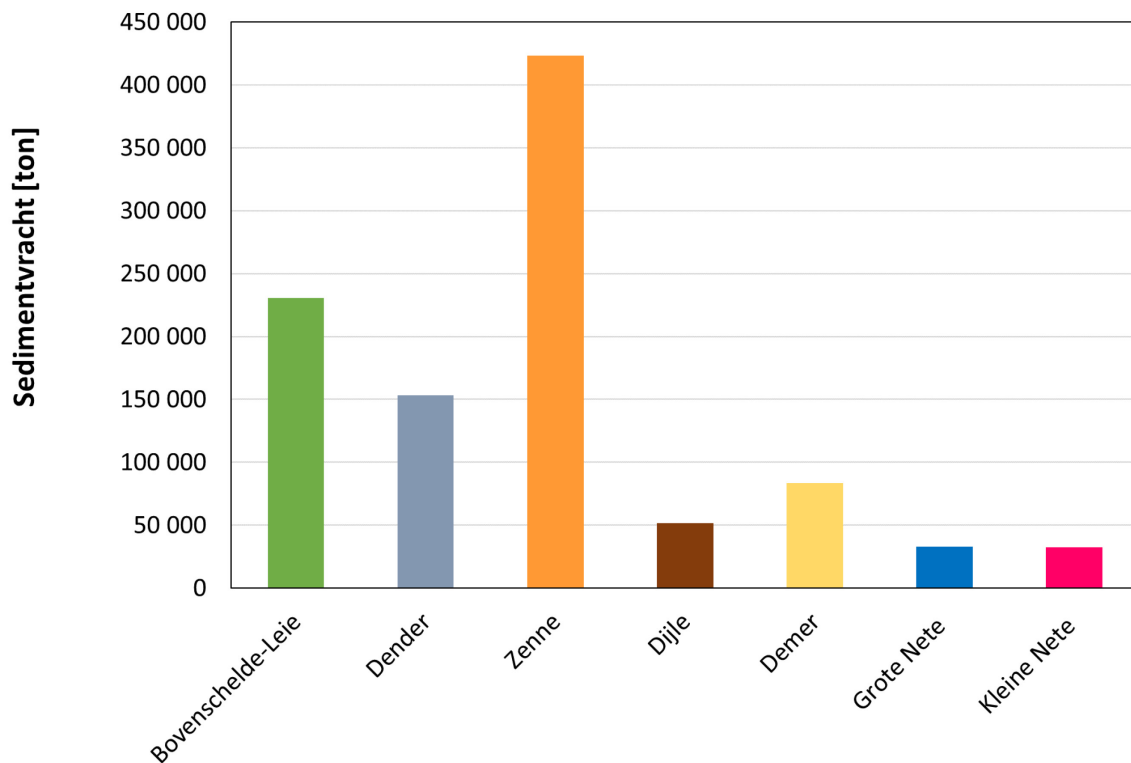
Figuur 58 – Berekende dagelijkse en gecumuleerde sedimentvracht in Itegem (Hullebrug) komende van de Grote Nete (EWI-correctie toegepast).



Figuur 59 – Berekende dagelijkse en gecumuleerde sedimentvracht in Grobbendonk (Troon) komende van de Kleine Nete (EWI-correctie toegepast).

Tabel 14 – Waarden geschatte jaarlijkse sedimentvracht (ton) per stroomgebied (EWI-gecorrigeerd) voor het jaar 2021.

Meetlocatie	Rivier	EWI-correctie	EWI-gecorrigeerde jaarlijkse sedimentvracht [ton]
Melle	Bovenschelde	$EWI = 0,39 * SSC + 44,57$	230 678
Dendermonde	Dender	$EWI = 0,27 * SSC + 248,57$	153 072
Epegem	Zenne	$EWI = 0,67 * SSC + 10,35$	423 183 <sup>6</sup>
Aarschot	Demer	$EWI = 0,14 * SSC + 29,10$	83 341
Itegem-Hullebrug	Grote Nete	$EWI = 1,33 * SSC + 11,20$	32 988
Grobbendonk-Tr.	Kleine Nete	$EWI = 0,30 * SSC + 13,24$	32 256
Werchter	Dijle	Rapport VMM (in concept)	51 505



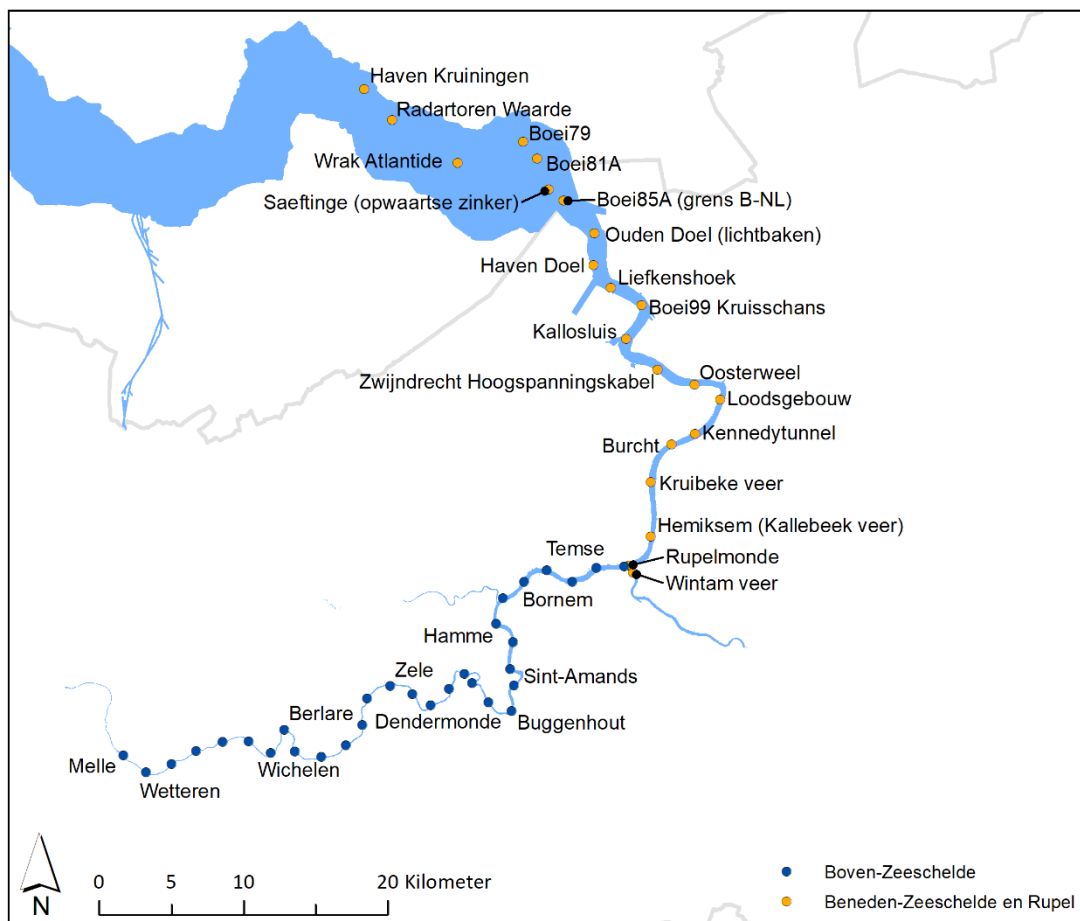
Figuur 60 – Geschatte sedimentvracht per stroomgebied (EWI-gecorrigeerd) voor het jaar 2021.

<sup>6</sup> Sinds vorig jaar is de frequentie aan EWI metingen in Epegem sterk opgevoerd om eventuele wijzigingen in de EWI relatie en door te rekenen sedimentaanvoer mee in rekening te brengen.

## 4.4 Meetcampagnes – halftij-eb vaarten

### 4.4.1 Methodiek

De halftij-ebvaarten zijn periodieke langsvaarten langsheen het Schelde estuarium met als doel het suspensiegehalte in beeld te brengen. De metingen worden specifiek uitgevoerd tijdens de eb fase aangezien de stroomsnelheid en bijgevolg ook de sedimentconcentraties dan minder fluctueren. Gedurende een halftij-ebvaart worden er zowel nabij het wateroppervlak als nabij de bodem waterstalen genomen op vaste locaties (met een tussenafstand van ca. 2km, zie Figuur 61). De halftij-eb vaarten worden sinds 2009 maandelijks uitgevoerd op 17 vaste locaties in de Beneden-Zeeschelde. In 2013 vond een uitbreiding plaats met 30 meetpunten in de Boven-Zeeschelde (Plancke *et al.*, 2014). Gezien de oprichting van nieuwe continue meetposten met turbiditeit (en afgeleid suspensiegehalte), werd in 2015 de frequentie verlaagd naar een seizoenale uitvoering (Tabel 15). Tot slot meet men sinds 2017 ook in 3 meer afwaarts gelegen punten op de Westerschelde.



Figuur 61 – Meetlocaties voor de halftij-ebvaarten.

Tabel 15 – Overzicht meetcampagnes halftij-eb in 2021

Seizoen	Deelrivier	Datum campagne
Lente	Beneden-Zeeschelde	21/4/2021
	Boven-Zeeschelde	20/4/2021
Zomer	Beneden-Zeeschelde	30/6/2021
	Boven-Zeeschelde	29/6/2021
Herfst	Beneden-Zeeschelde	30/9/2021
	Boven-Zeeschelde	29/9/2021
Winter	Beneden-Zeeschelde	10/11/2021
	Boven-Zeeschelde	9/11/2021

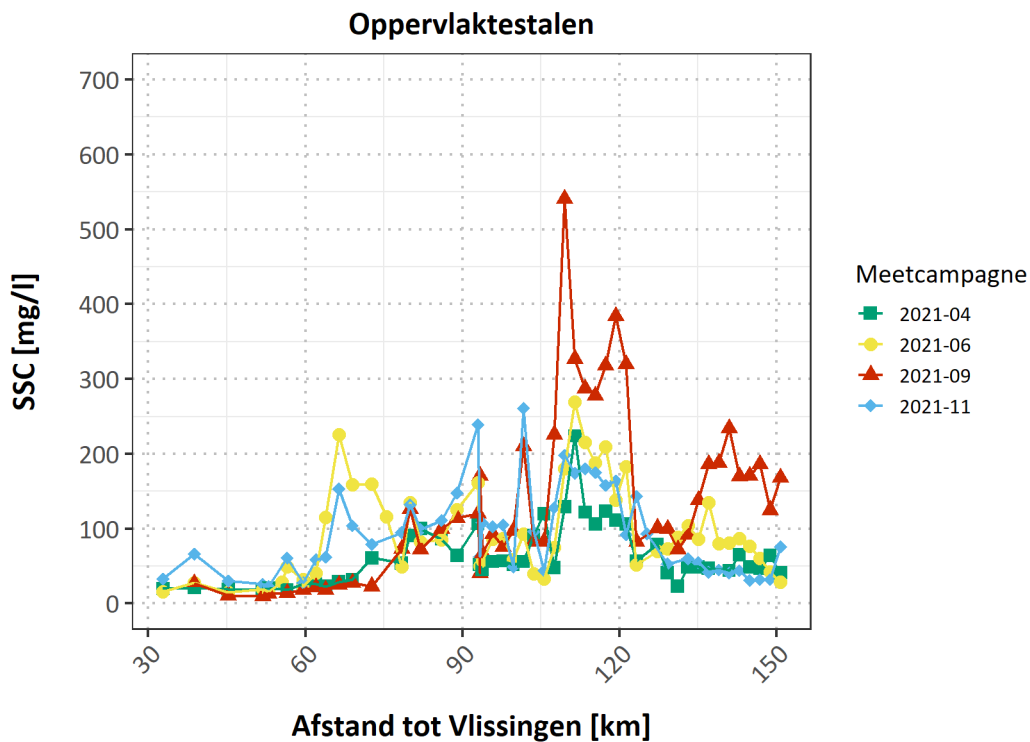
#### 4.4.2 Het jaar 2021 en historisch verloop

De campagnes uitgevoerd in het voorjaar en de winter van het 2021 tonen een gelijkaardige sedimentconcentratie aan de oppervlakte als aan de bodem en dit zowel in de Boven- als Beneden-Zeeschelde (Tabel 16). Tijdens de zomer en de herfst is er duidelijk een ander beeld. De sedimentconcentratie aan de oppervlakte is in de zomer hoger in de Beneden-Zeeschelde dan in de Boven-Zeeschelde. In de herfst is het omgekeerd. De sedimentconcentratie aan de bodem is in de zomer gelijkaardig over de hele Zeeschelde. In de herfst is concentratie in de Boven-Zeeschelde hoger dan in de Beneden-Zeeschelde, met een maximum van 541 mg/l (oppervlak) en 583 mg/l (bodem).

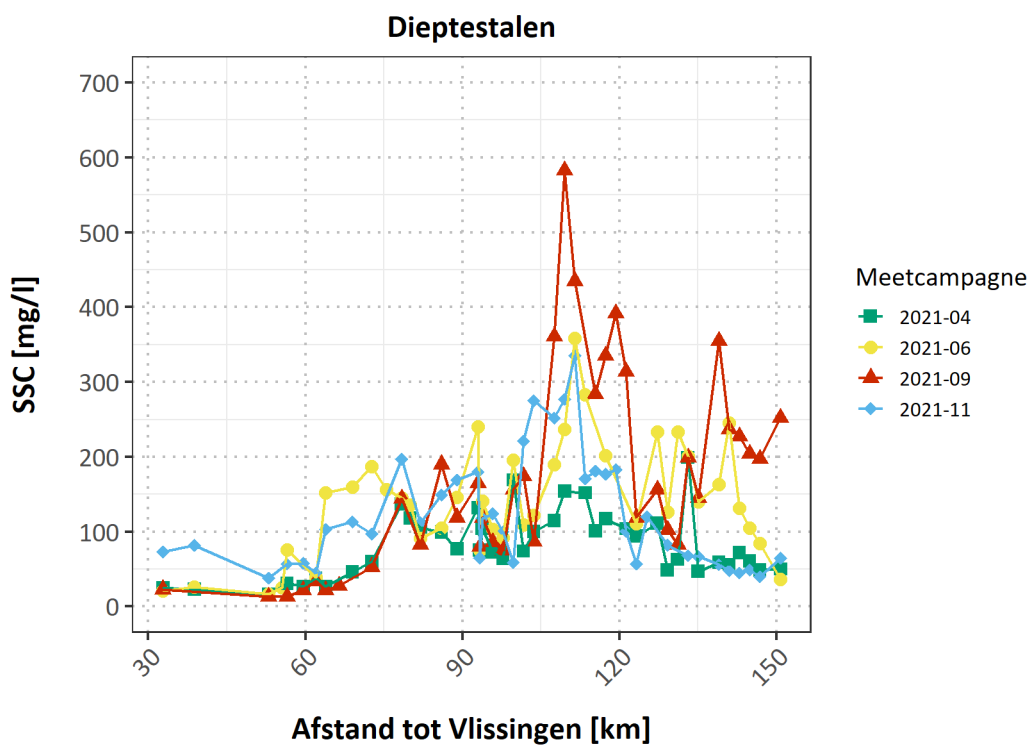
Het SSC langsverloop toont vanaf de afwaartse rand in de Westerschelde richting opwaarts een belangrijke toename in SSC tussen km 60 en 80 tijdens de zomer en de winter en zowel aan het oppervlak als aan de bodem (Figuur 62 en Figuur 63). Deze zone in de **Beneden-Zeeschelde** stemt overeen met de belangrijkste stortlocaties van slibrijke baggerspecie (Oosterweel, Punt van Melsele, Ketelputten). Wanneer het verloop in de tijd beschouwd wordt, valt het op dat de hogere waarden van 2021 nog relatief laag zijn, zeker in vergelijking met de periode 2010 – 2016, waar hogere sedimentconcentraties aan het oppervlak gemeten werden. (Figuur 64). Deze tijdelijke verhoging komt niet meer voor vanaf 2017. De dieptestalen vertonen een hoger suspensiegehalte dan de oppervlaktestalen. De zone met verhoogde concentratie komt overeen met deze van de oppervlaktestalen. Het verhoogde suspensiegehalte zet zich nabij de rivierbodem ook voort na 2017 – alhoewel deze zich vanaf dan minder ver stroomafwaarts uitstrekt (Figuur 65). In 2021 was de sedimentconcentratie ook aan de bodem laag in vergelijking met voorgaande jaren.

In de **Boven-Zeeschelde** komen er voornamelijk hogere concentraties voor tussen km 100 en 125 (Figuur 62, Figuur 63). In de zomer en de winter zijn die in orde van grootte vergelijkbaar. De laagste concentraties worden in het voorjaar gemeten. In de herfst van 2021 zijn er mediane concentraties van 170 mg/l (oppervlakte) en 198 mg/l (bodem) gemeten. Opmerkelijk is dat er tijdens dit seizoen ook tussen km 130 en km 150 een hogere sedimentconcentratie gemeten wordt.

Ook hier geldt dat de sedimentconcentraties t.o.v. de voorgaande jaren laag zijn. De over het algemeen lagere concentraties kunnen ten dele verklaard worden door de hogere afvoeren in 2021 waardoor het ETM afwaarts migreert en minder uitgesproken is (§3.3.1 en bijvoorbeeld Figuur 64 en Figuur 66). Tijdens de eerste maanden van 2021 was er voornamelijk vanuit Melle een grote aanvoer. En tijdens juli was er een uitzonderlijk aanvoer vanuit het oosten en dan met name het Demerbekken wat ook resulteerde in hogere afvoeren in de Zeeschelde. De jaargemiddelde bovenafvoer in Schelle was met 120 m<sup>3</sup>/s de hoogste van de voorbije 10 jaar.



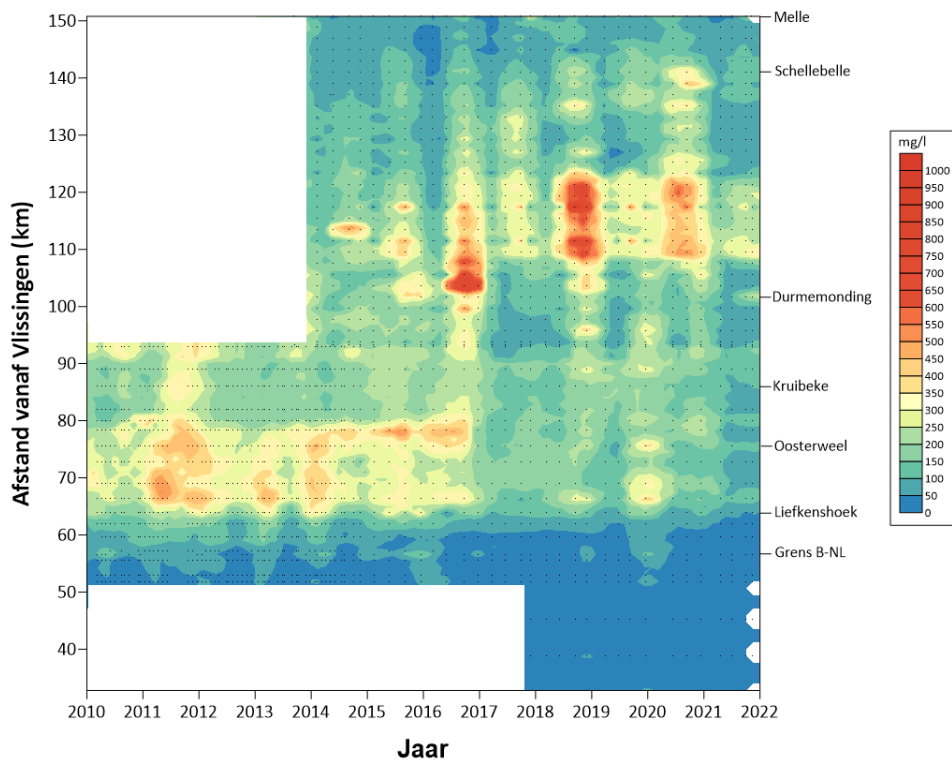
Figuur 62 – Sedimentconcentratie aan de oppervlakte bij halftij-eb langsheen de volledige Zeeschelde



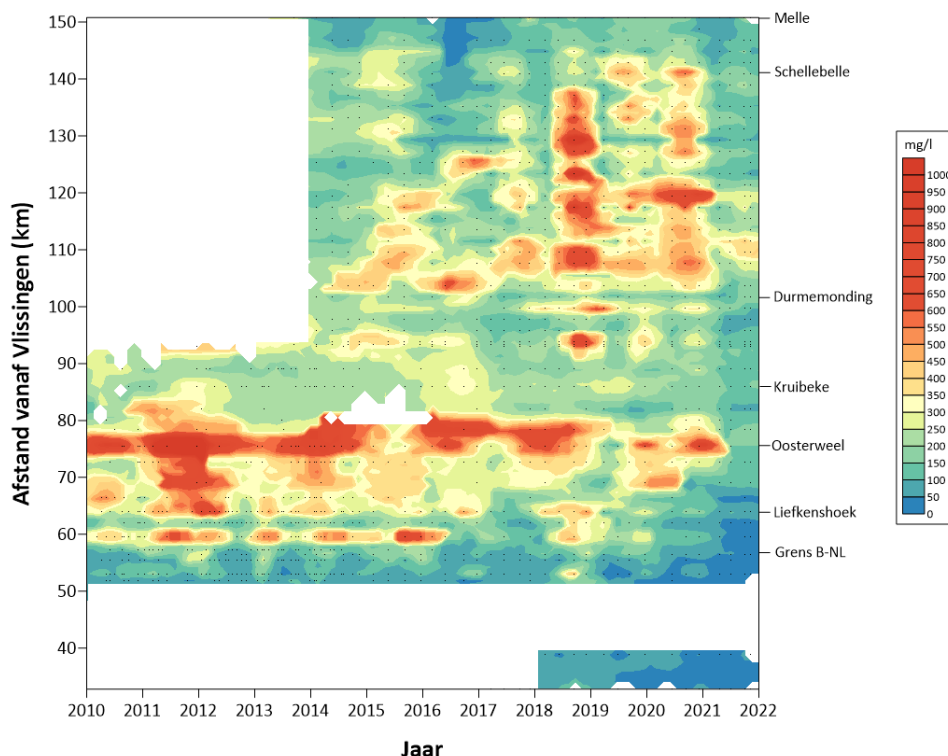
Figuur 63 – Sedimentconcentratie aan de bodem bij halftij-eb langsheen de volledige Zeeschelde

Tabel 16 –sedimentconcentratie (mg/l) tijdens halftij-ebcampagnes in 2021.

		April		juni		september		december	
		opp	bodem	opp	bodem	opp	bodem	Opp	bodem
Gehele Zeeschelde	min	18	27	23	36	14	13	28	40
	max	224	199	269	358	541	583	261	335
	<b>mediaan</b>	<b>56</b>	<b>75</b>	<b>86</b>	<b>143</b>	<b>108</b>	<b>156</b>	<b>94</b>	<b>103</b>
	stdev	40	42	60	69	113	131	58	76
Beneden- Zeeschelde	min	18	27	23	39	14	13	28	45
	max	107	137	226	240	126	190	239	197
	<b>mediaan</b>	<b>54</b>	<b>69</b>	<b>115</b>	<b>146</b>	<b>28</b>	<b>53</b>	<b>99</b>	<b>112</b>
	stdev	32	42	59	53	44	65	54	52
Boven- Zeeschelde	min	23	47	15	36	41	75	31	40
	max	224	199	29	358	541	583	261	335
	<b>mediaan</b>	<b>56</b>	<b>75</b>	<b>18</b>	<b>141</b>	<b>170</b>	<b>198</b>	<b>92</b>	<b>101</b>
	stdev	42	41	6	76	113	130	61	85
Wester- scheiden	min	18	16	15	17	10	13	23	38
	max	21	25	29	26	27	23	66	82
	<b>mediaan</b>	<b>20</b>	<b>23</b>	<b>18</b>	<b>23</b>	<b>12</b>	<b>18</b>	<b>30</b>	<b>73</b>
	stdev	1	5	6	4	8	7	17	23



Figuur 64 – Sedimentconcentratie nabij oppervlak (mg/l) bij halftij-eb langsheen de Zeeschelde  
(interpolatietechniek: IDW, zoekradius X-as: 0,75 jaar, zoekradius Y-as: 5 km)

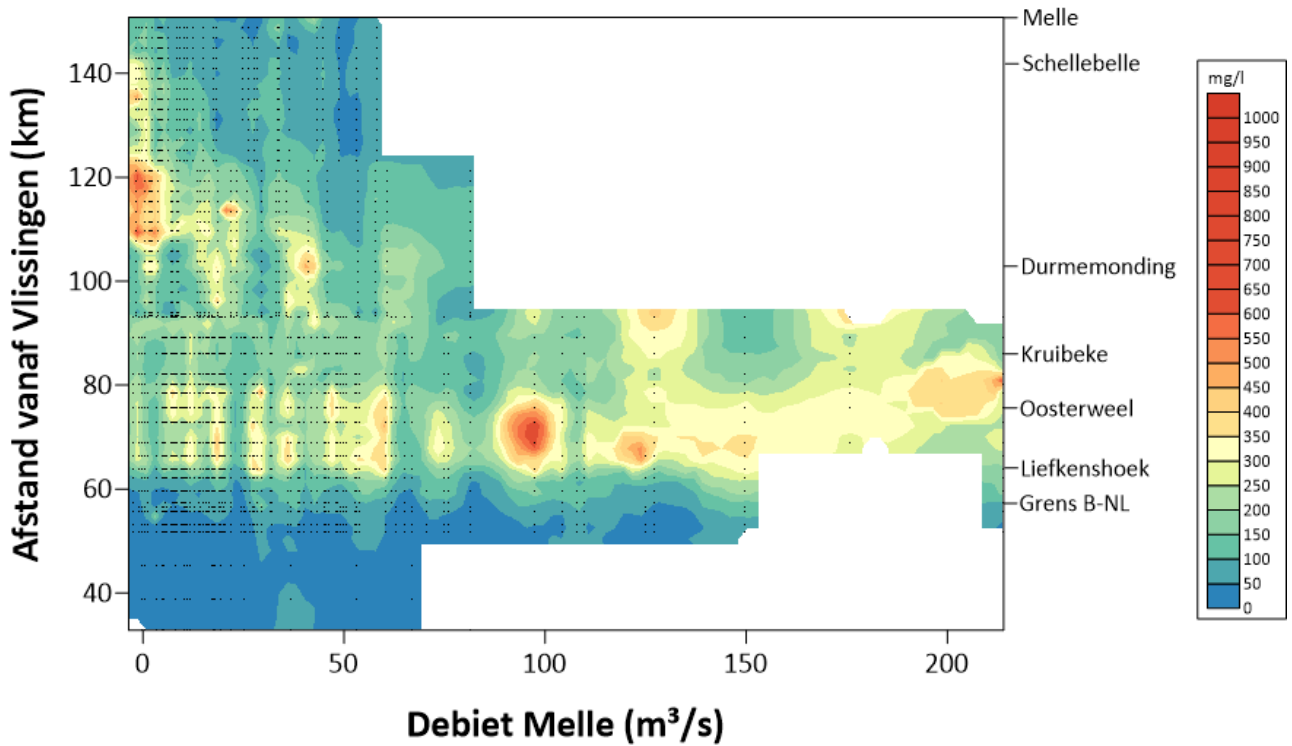


Figuur 65 – Sedimentconcentratie nabij rivierbodem (mg/l) bij halftij-eb langsheen de Zeeschelde  
(interpolatietechniek: IDW, zoekradius X-as: 0,75 jaar, zoekradius Y-as: 5 km)

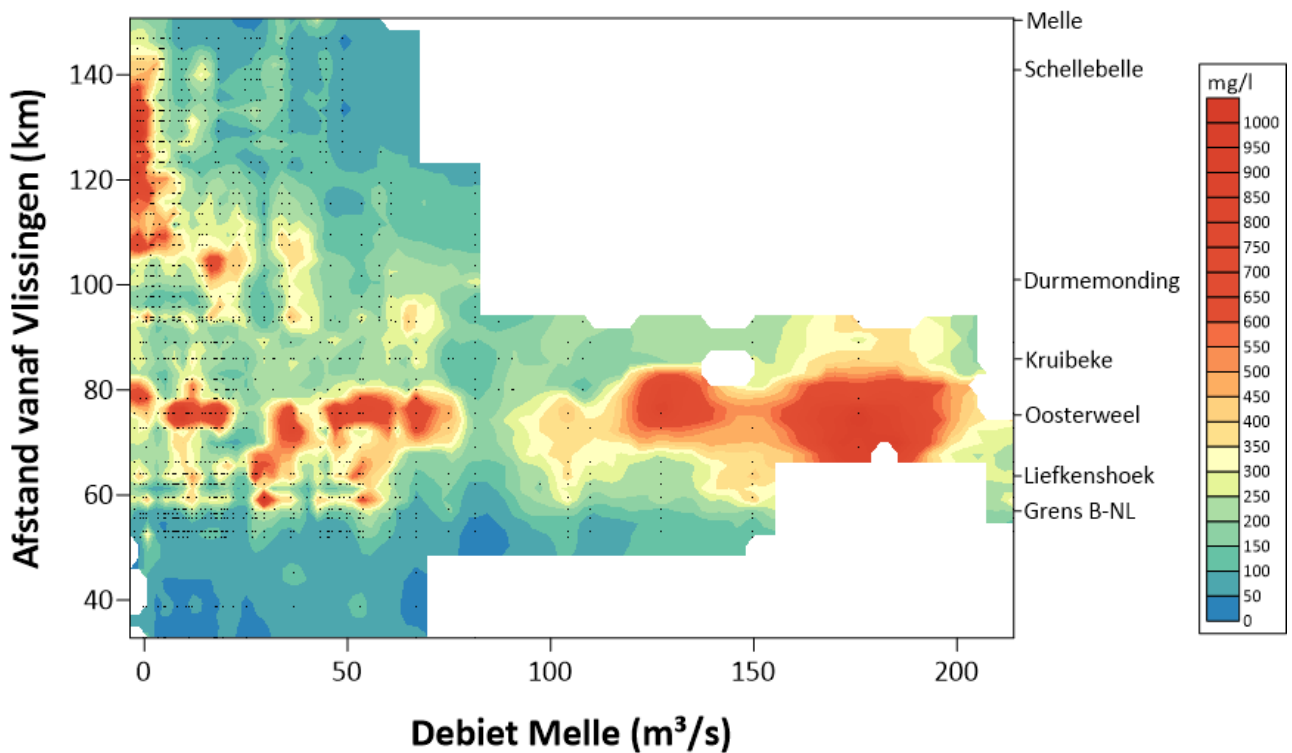
#### 4.4.3 Relatie met bovenafvoer

Figuur 66 geeft de sedimentconcentratie aan de oppervlakte weer ten opzichte van het debiet te Melle op basis van alle metingen sinds de start van de halftij-eb vaarten (2009). Bij lage bovendebiten valt de piek in sedimentconcentraties tussen 100 en 125 km stroomopwaarts van Vlissingen op. Bij een hogere bovenafvoer zijn de hoogste concentraties meer afwaarts te vinden (tussen 90 en 115 km). In Figuur 67 staat het suspensiegehalte nabij de rivierbodem weergegeven in functie van het debiet. Er komt eenzelfde patroon naar voor als nabij het oppervlak: bij een lage bovenafvoer treedt het sedimentconcentratie maximum op in de Boven-Zeeschelde (100 tot 140 km) en bij een hogere bovenafvoer ligt het maximum meer afwaarts. Het sedimentmaximum strekt zich wel iets verder uit (100 tot 140 km van Vlissingen) nabij de bodem dan aan het wateroppervlak (100 tot 125 km). De zone met verhoogde concentratie ter hoogte van Oosterweel/Punt van Melsele (60km-80km) blijft aanwezig, onafhankelijk van het debiet.





Figuur 66 – Sedimentconcentratie nabij oppervlak (mg/l) bij halftij-eb langsheen de Zeeschelde uitgezet t.o.v. het debiet te Melle (interpolatietechniek: IDW, zoekradius X-as: 30 m<sup>3</sup>/s, zoekradius Y-as: 8 km).

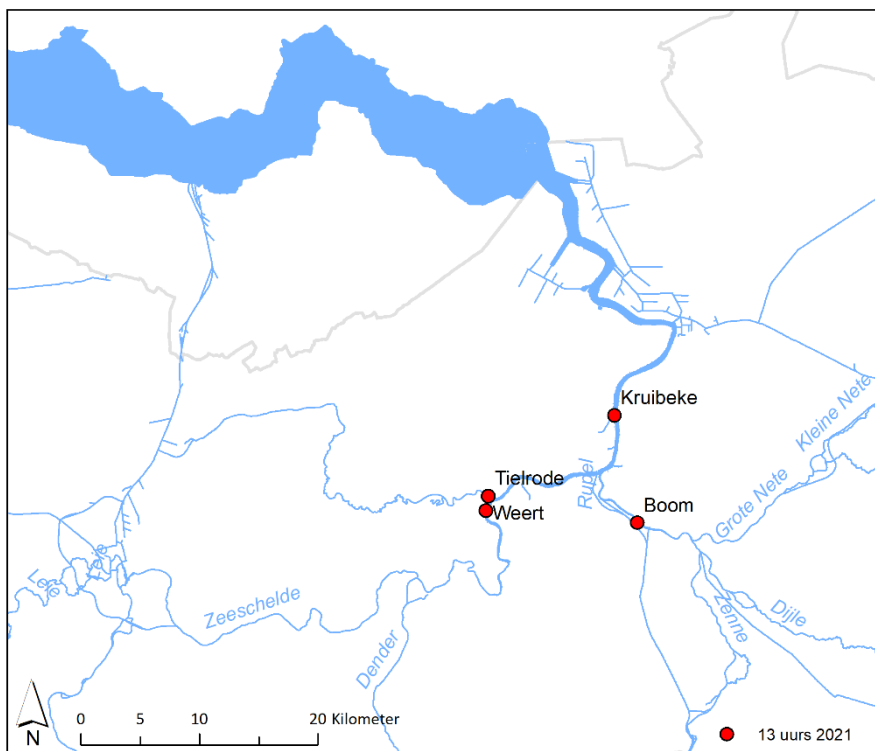


Figuur 67 Sedimentconcentratie nabij rivierbodem (mg/l) bij halftij-eb langsheen de Zeeschelde uitgezet t.o.v. het debiet te Melle (interpolatietechniek: IDW, zoekradius X-as: 30 m<sup>3</sup>/s, zoekradius Y-as: 8 km).

## 4.5 Meetcampagnes - 13u-metingen

IMDC heeft in 2021 op 4 locaties 13-uursmetingen uitgevoerd en verwerkt (Figuur 68 en Tabel 17). Deze metingen werden uitgevoerd binnen het kader van MONEOS onder de OMES monitoring. Tijdens een 13u-meting worden er gedurende een volledige getijcyclus continu dwarsraaien gevaren. Hierbij wordt de stroomsnelheid gemeten en worden er ter hoogte van het schip stalen genomen om het sedimentgehalte te bepalen. De stroomsnelheid wordt gemeten met een Acoustic Doppler Current Profiler (ADCP) die onder het schip wordt gemonteerd. Met een YSI (optische backscatter sensor) wordt de turbiditeit gemeten. De turbiditeit kan omgerekend worden naar gesuspendeerde sedimentconcentratie (SSC) aan de hand van een kalibratiecurve opgesteld met de gemeten SSC van de watermonsters.

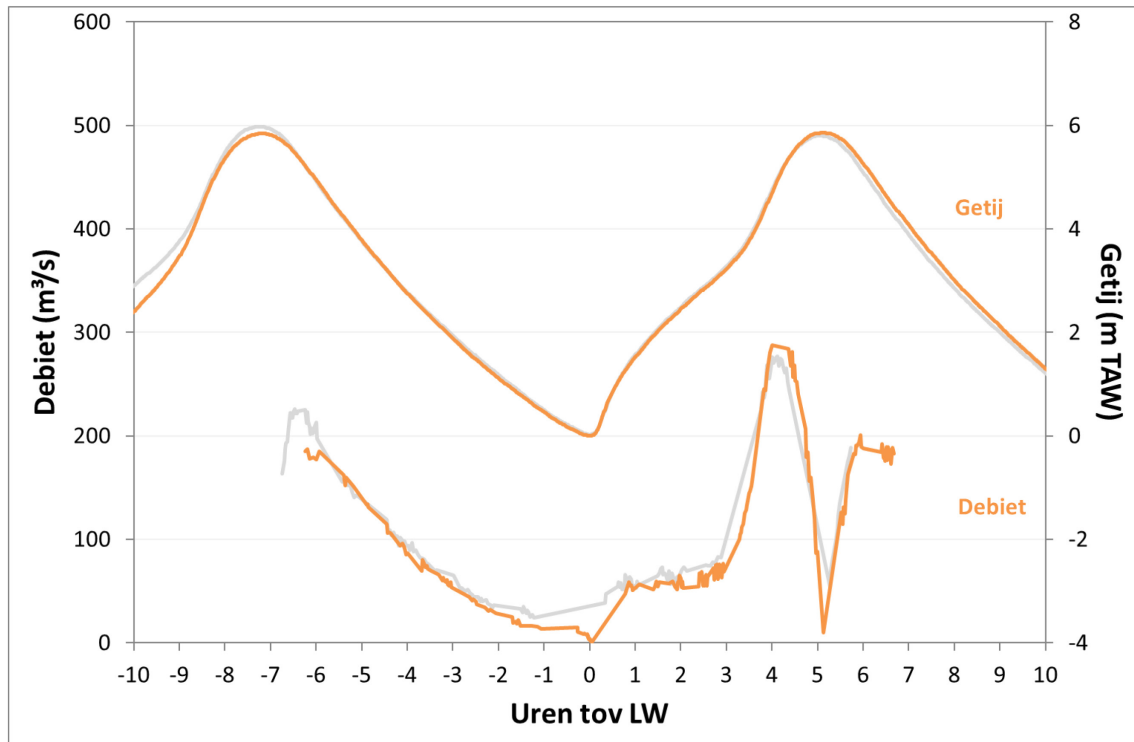
Een overzicht van de debieten, waterstanden en sedimentfluxen gemeten tijdens de 13-uursmetingen in 2021 wordt gegeven in Figuur 69 tot en met Figuur 74. Voor een meer gedetailleerde bespreking van de 13-uursmetingen wordt verwezen naar het OMES rapport 2021 (Maris en Meire, 2022)



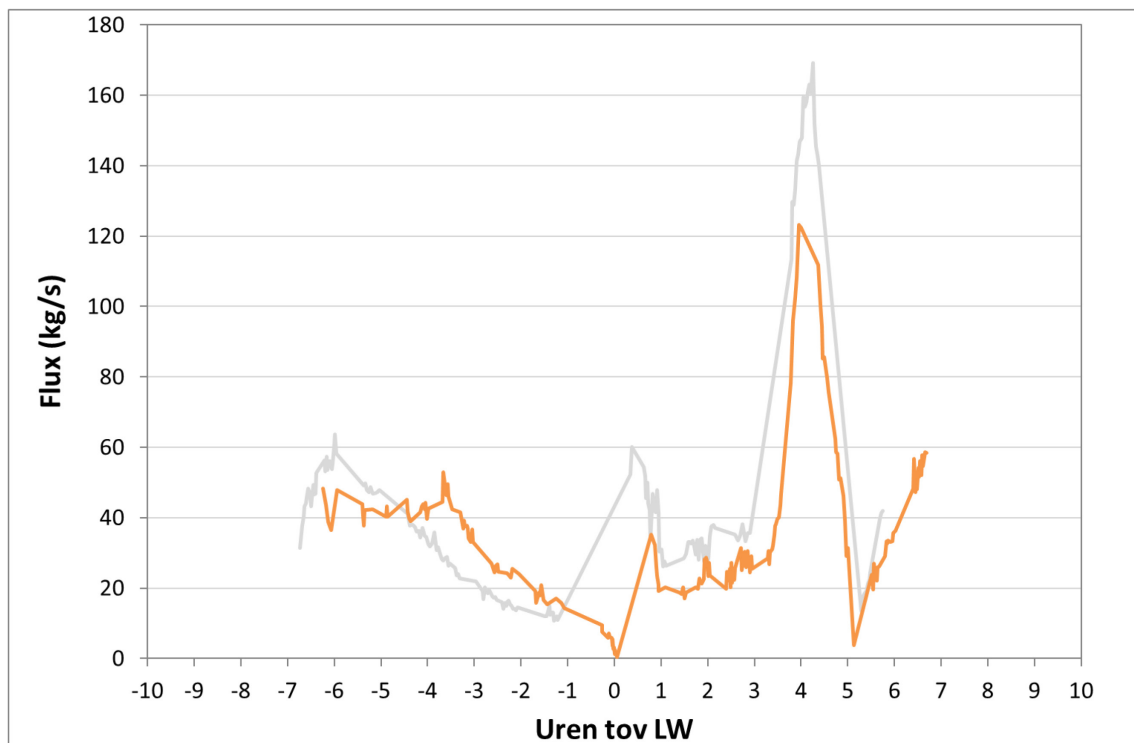
Figuur 68 – Meetlocaties 13u-metingen 2021.

Tabel 17 – Overzicht meetcampagnes 13u-metingen met datum van uitvoering, start- en eindtijdstip in MET

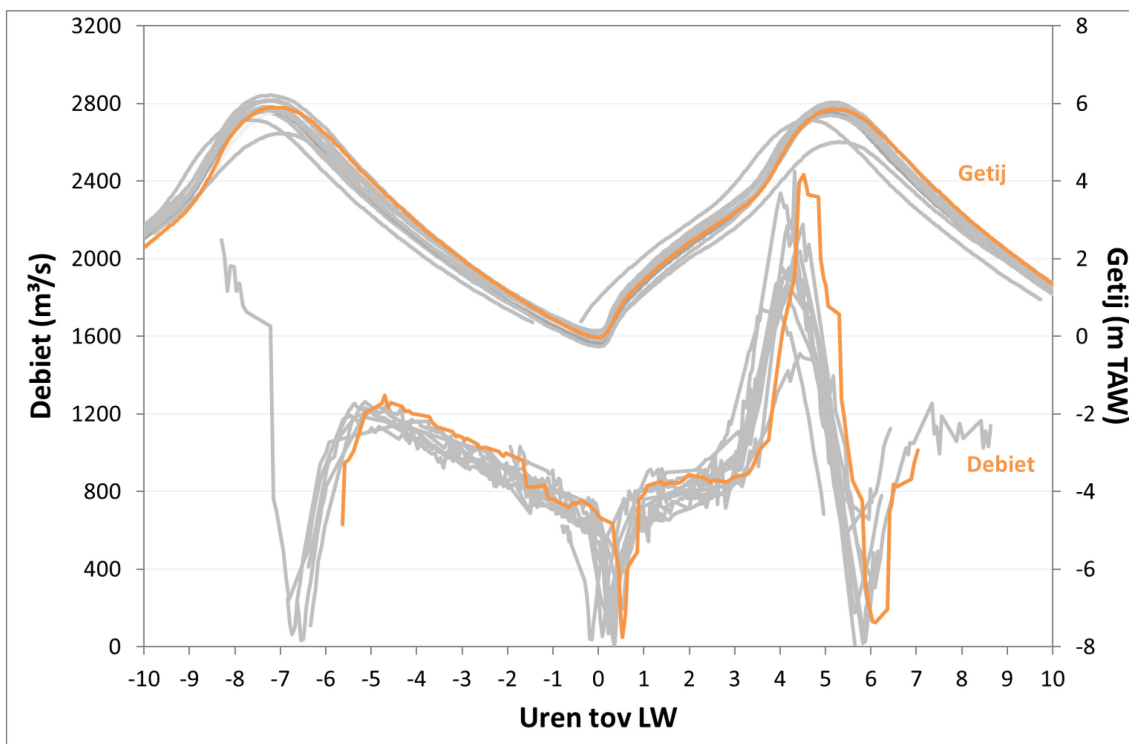
Meetlocatie	Datum campagne	Startuur	Einduur
Tielrode	7/9/2021	5:42	18:37
Weert	8/9/2021	6:42	19:22
Boom	9/9/2021	5:41	18:33
Kruibeke	13/9/2021	8:48	20:27



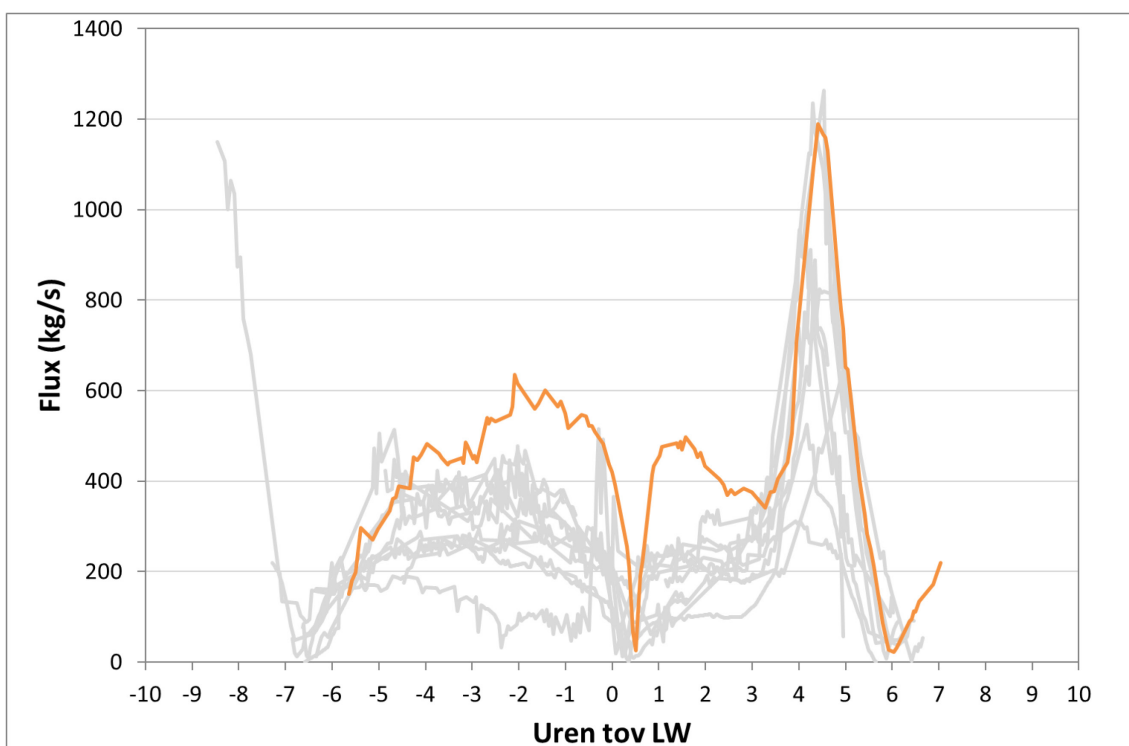
Figuur 69 – Debiet en getij tijdens de 13u-metingen in Tielrode over de periode 2019 en 2021 (historisch grijs, 2021 oranje).



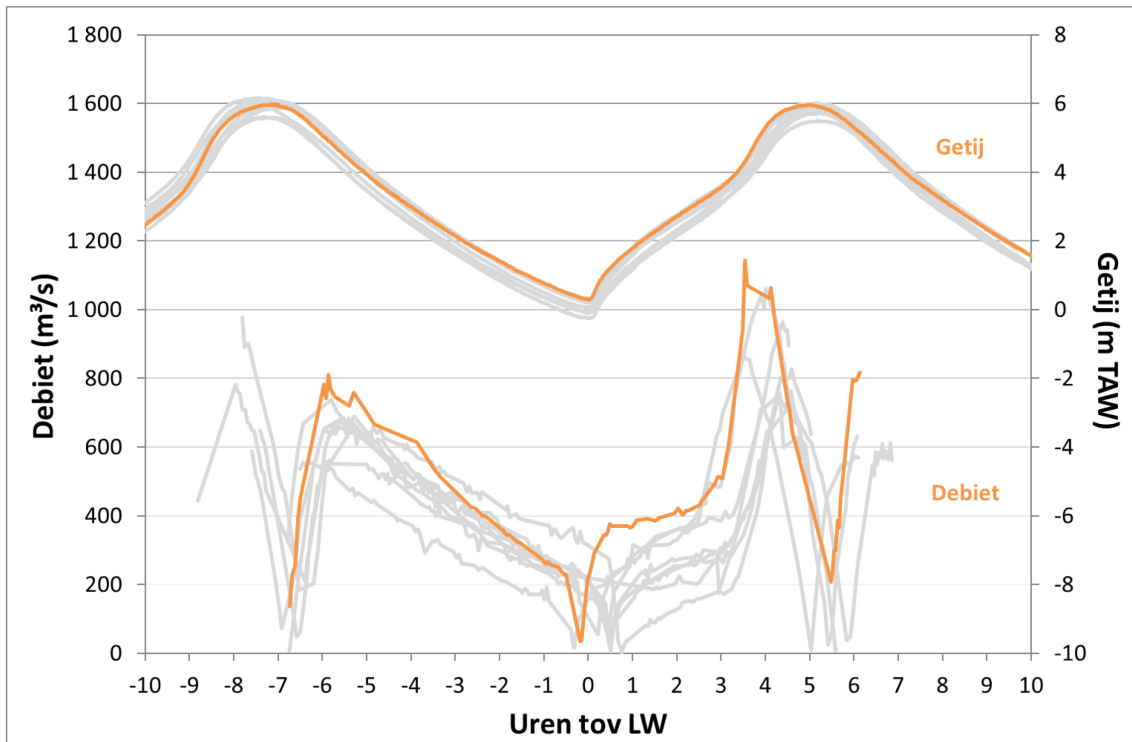
Figuur 70 – SSF tijdens de 13u-metingen in Tielrode over de periode 2019 en 2021 (historisch grijs, 2021 oranje).



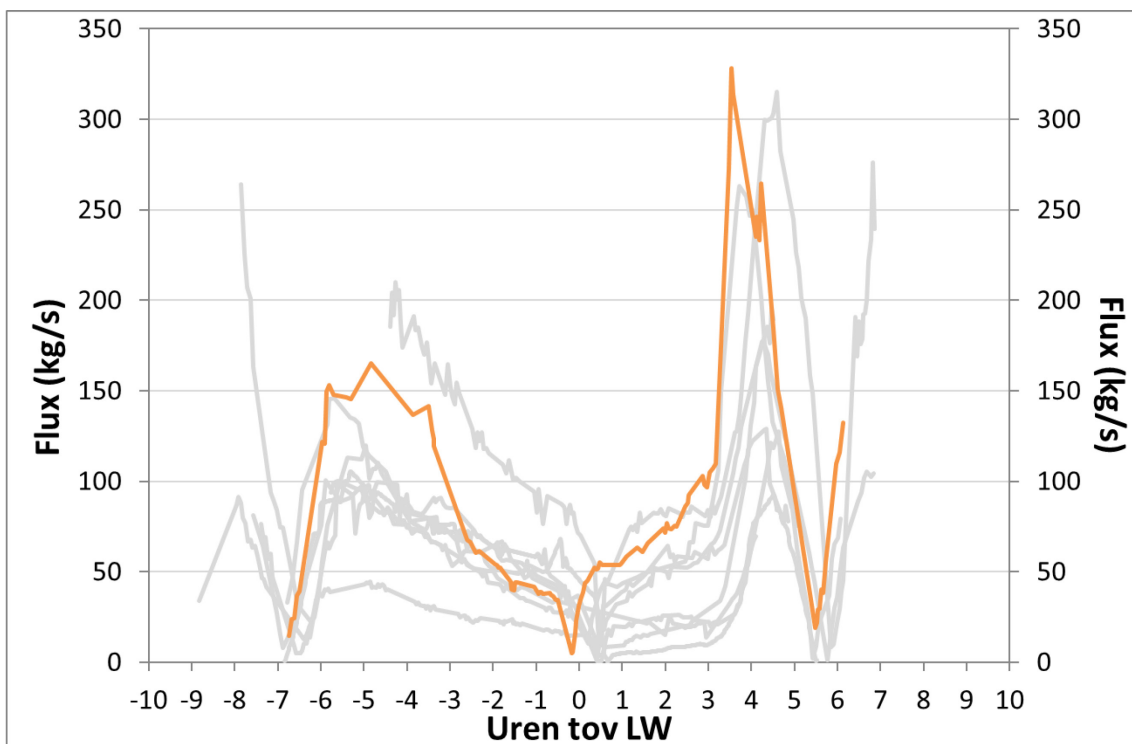
Figuur 71 – Debiet en getij tijdens de 13u-metingen in Weert/Driegoten over de periode 2009 en 2021 (historisch grijs, 2021 oranje).



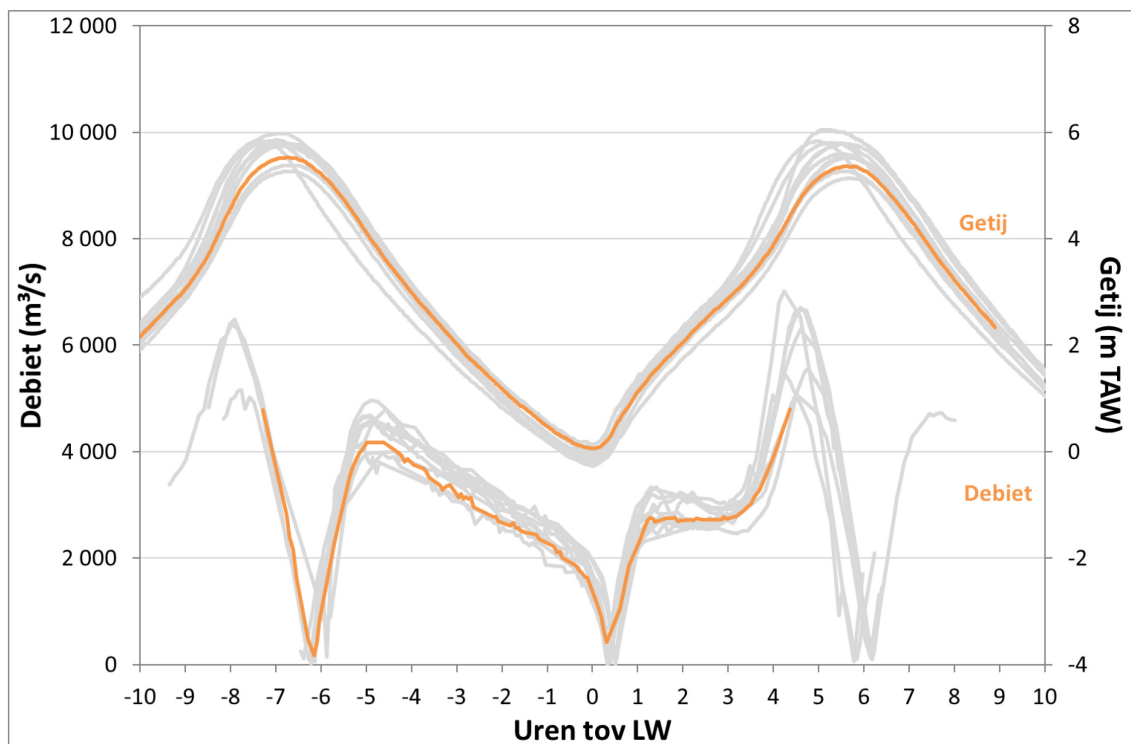
Figuur 72 – SSF tijdens de 13u-metingen in Weert/Driegoten over de periode 2009 en 2021 (historisch grijs, 2021 oranje)



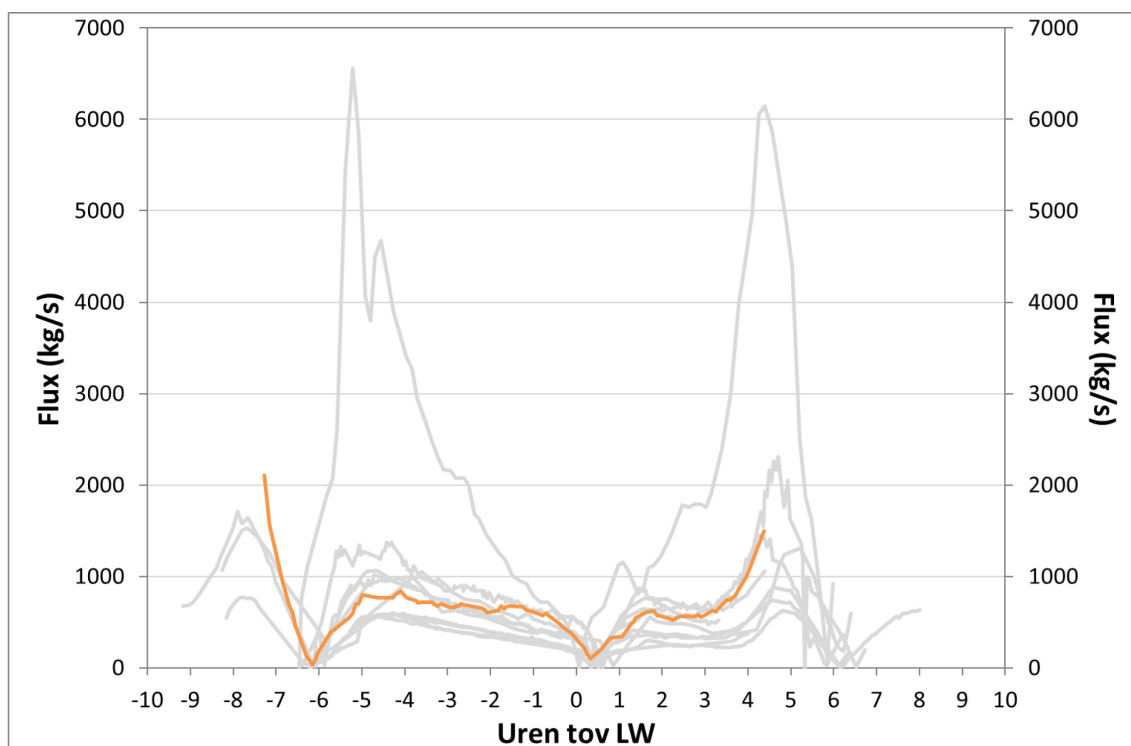
Figuur 73 – Debiet en getij tijdens de 13u-metingen in Boom/Terhagen over de periode 2011 en 2021 (historisch grijs, 2021 oranje).



Figuur 74 – SSF tijdens de 13u-metingen in Boom/Terhagen over de periode 2011 en 2021 (historisch grijs, 2021 oranje).



Figuur 75 – Debiet en getij tijdens de 13u-metingen in Kruibeke over de periode 2009 en 2021 (historisch grijs, 2021 oranje).



Figuur 76 – SSF tijdens de 13u-metingen Kruibeke over de periode 2011 en en 2021 (historisch grijs, 2021 oranje).

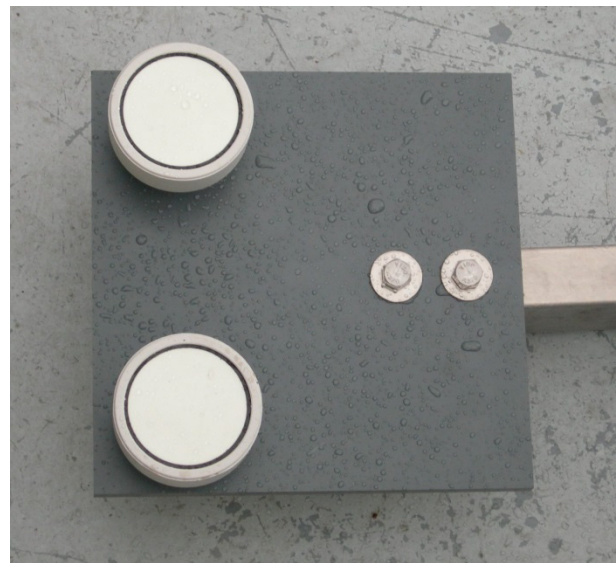
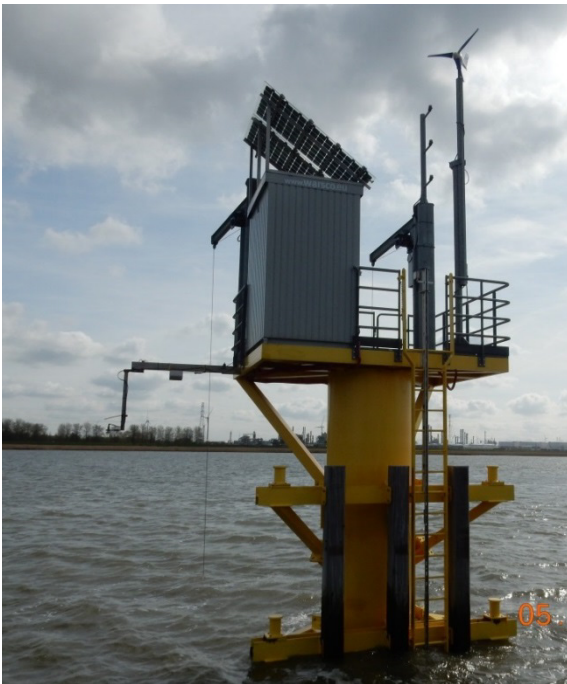
## 4.6 Hoogfrequente golfmetingen

In het kader van MONEOS heeft het Waterbouwkundig Laboratorium op 30 mei 2010 een golvenmeter geïnstalleerd, eerst ter hoogte van "Galgeschoor-Lillo", nadien werd het toestel verplaatst naar de nieuwe locatie "Lillo Meetpaal".

In 2021 ontbreken gegevens vanaf midden juni tot juli en een groot deel van september wegens technische problemen met de energievoorziening van het meetstation.

### 4.6.1 Meetlocaties en meetinstrumenten "golfmetingen"

De hoogfrequente golfmetingen worden uitgevoerd op de locatie "Lillo-meetpaal" met behulp van een Log\_aLevel meettoestel (Figuur 77). Dit toestel zendt akoestische signalen uit om hoogfrequent (5 Hz) de afstand tot het wateroppervlak te meten. Hierbij wordt door het toestel zelf, door meting van een referentieafstand een correctie van de geluidssnelheid aan de heersende luchttemperatuur en luchtdruk uitgevoerd.



---

Figuur 77 – Locatie Lillo-Meetpaal met links-uitstekend arm van golvenmeter (links) en detail Log-aLevel toestel (rechts)

---

#### 4.6.2 Resultaten

De hoogfrequente inwinning van gegevens laat toe een aantal karakteristieke waarden voor golven af te leiden. Hiervoor is geopteerd dezelfde parameters te kiezen als Rijkswaterstaat in de Westerschelde, waarbij een deel in voorliggend jaarboek wordt gepresenteerd. Het betreft volgende parameters:

- Gemiddelde golfhoogte gedurende 30 minuten ( $H_{\text{gem}, 30\text{min}}$ ) en bijbehorende periode
- Maximale golfhoogte gedurende 30 minuten ( $H_{\text{max}, 30\text{min}}$ ) en bijbehorende periode
- Significante golfhoogte gedurende 30 minuten ( $H_{1/3, 30\text{min}}$ ) en bijbehorende periode

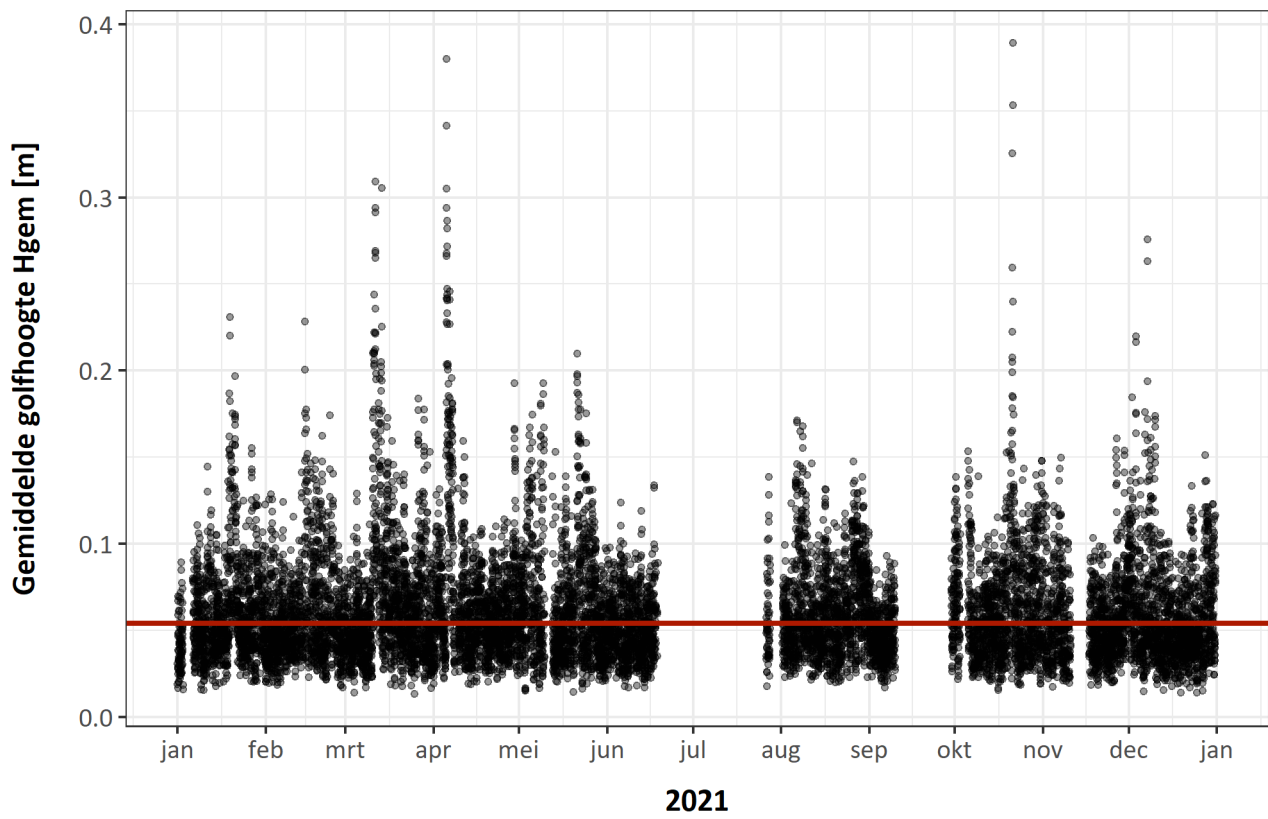
Tabel 18 geeft een overzicht van de karakteristieke golfparameters voor de jaren 2016 tot 2021. Merk op dat de reeksen van zowel 2021 als de voorbije jaren niet volledig waren, waardoor de gerapporteerde waarden kunnen afwijken van de reële waarden.

Figuur 78 tot en met Figuur 83 geven het verloop weer van de gemiddelde, maximale en significante golfhoogte en bijbehorende periode. Daarnaast wordt per parameter ook de mediane waarde (rode lijn) getoond waarvan de waarden ook in Tabel 18 staan. De golfparameters zijn gedurende het hele jaar vrij gelijkmatig gespreid rond de mediaanwaarden.

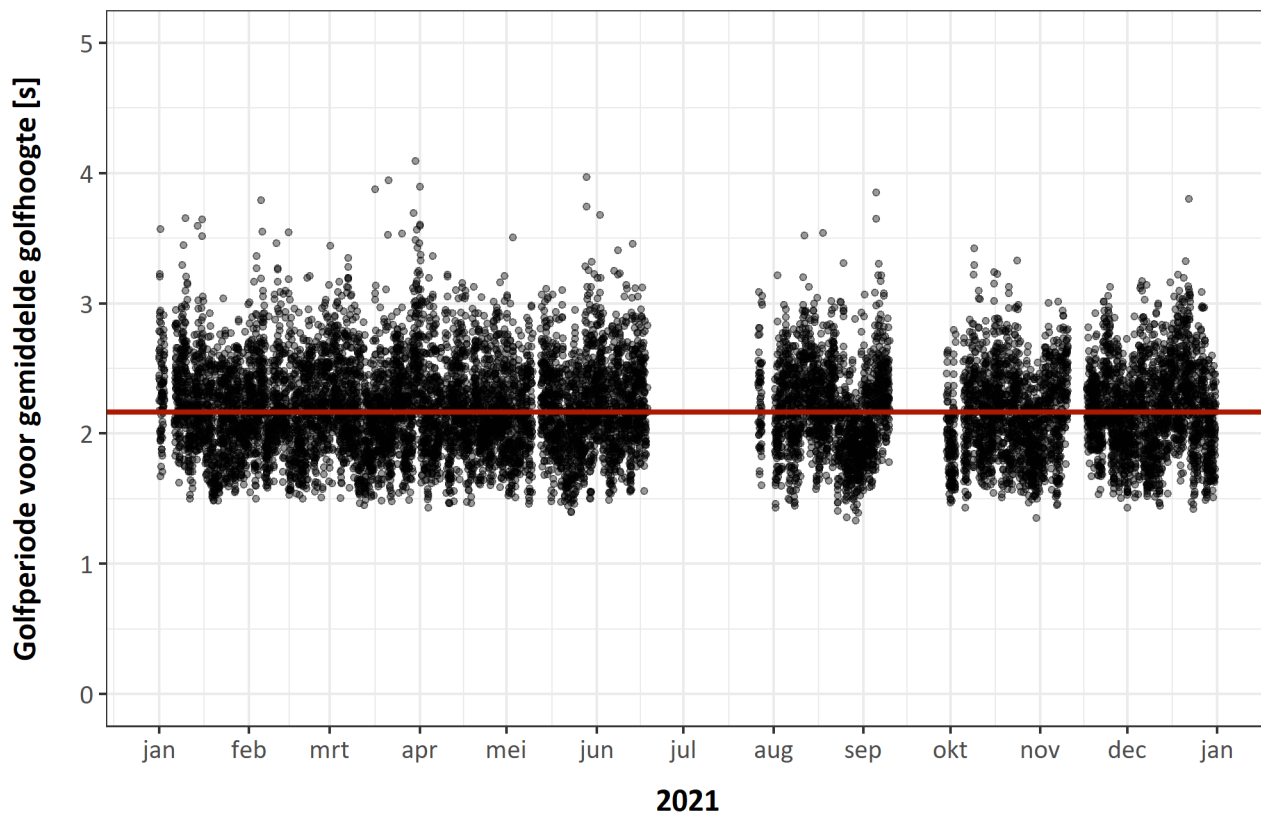
Tabel 18 – Overzicht karakteristieke golfparameters voor 2016-2020 (medianen)

Parameter	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Gemiddelde golfhoogte ( $H_{\text{gem}, 30\text{min}}$ )	6,7 cm	6,9 cm	6,7 cm	5,4 cm	5,7 cm	5,4 cm
Periode van gemiddelde golfhoogte ( $T_{\text{gem}, 30\text{min}}$ )	1,90 s	1,90 s	1,95 s	2,21 s	2,15 s	2,16 s
Maximale golfhoogte ( $H_{\text{max}, 30\text{min}}$ )	36,6 cm	37,1 cm	36,0 cm	31,5 cm	31,8 cm	30,7 cm
Periode van maximale golfhoogte ( $T_{\text{max}, 30\text{min}}$ )	2,49 s	2,48 s	2,51 s	2,56 s	2,53 s	2,52 s
Significante golfhoogte ( $H_{1/3, 30\text{min}}$ )	11,0 cm	11,1 cm	10,8 cm	9,4 cm	9,4 cm	9,0 cm
Periode van significante golfhoogte ( $T_{1/3, 30\text{min}}$ )	2,29 s	2,30 s	2,35 s	2,57 s	2,50 s	2,53 s





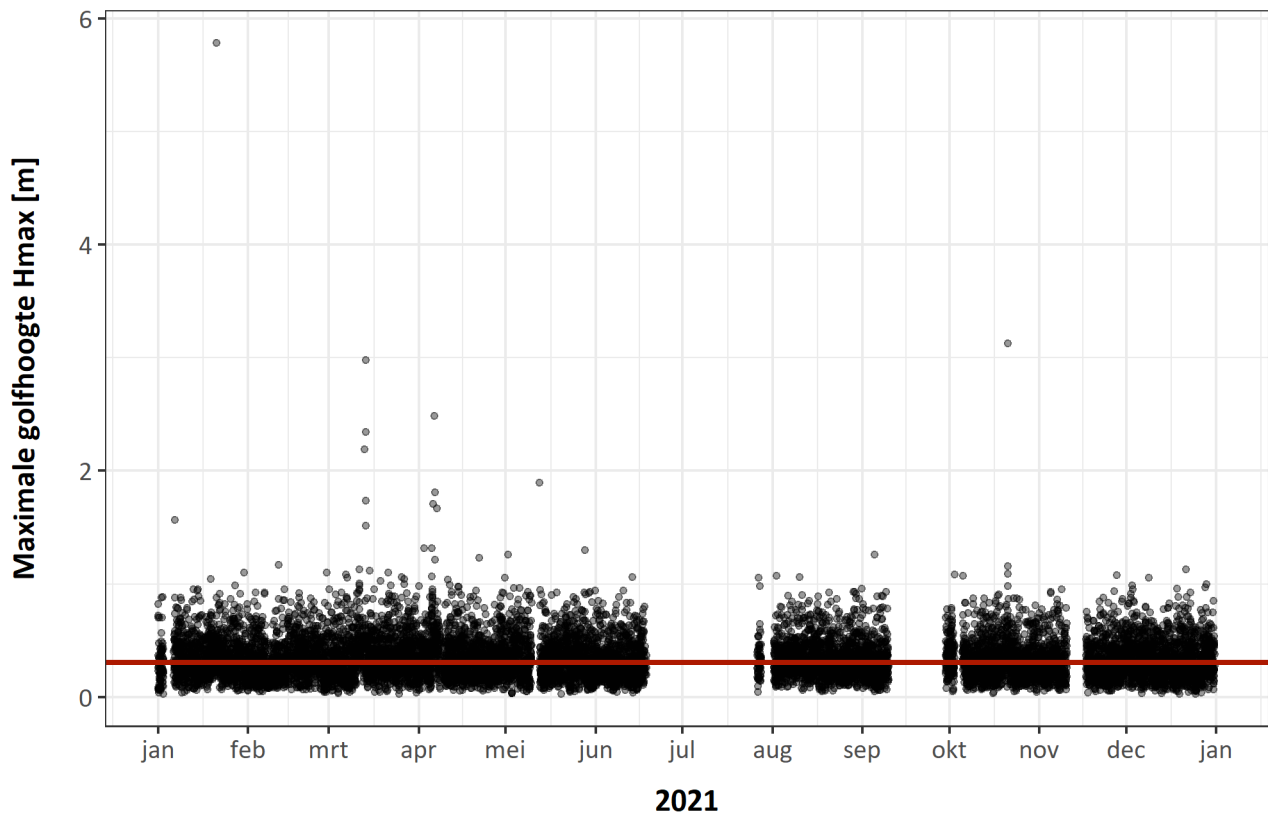
Figuur 78 – Gemiddelde golfhoogte (afgeleide waarden per 30'; rode lijn = mediaan)



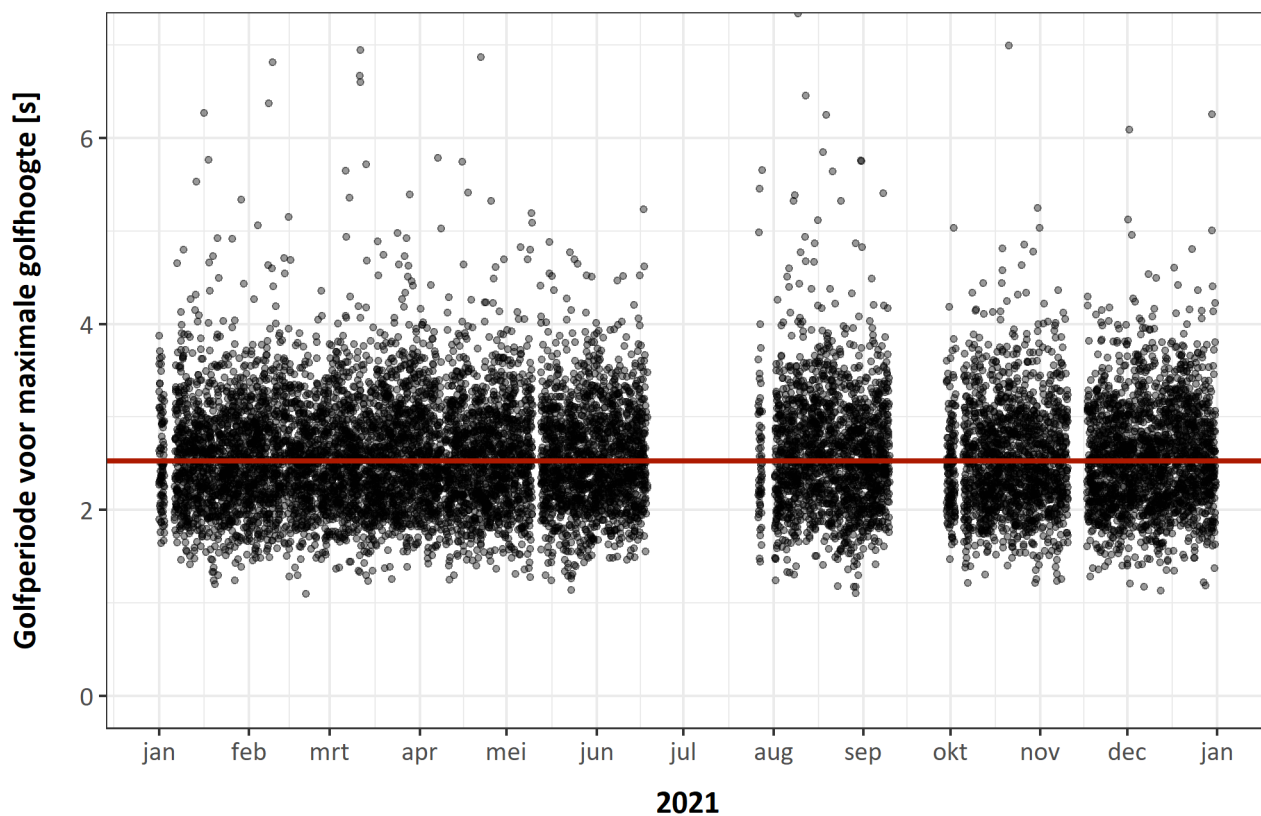
---

Figuur 79 – Periode behorende bij de gemiddelde golfhoogte (afgeleide waarden per 30'; rode lijn = mediaan)

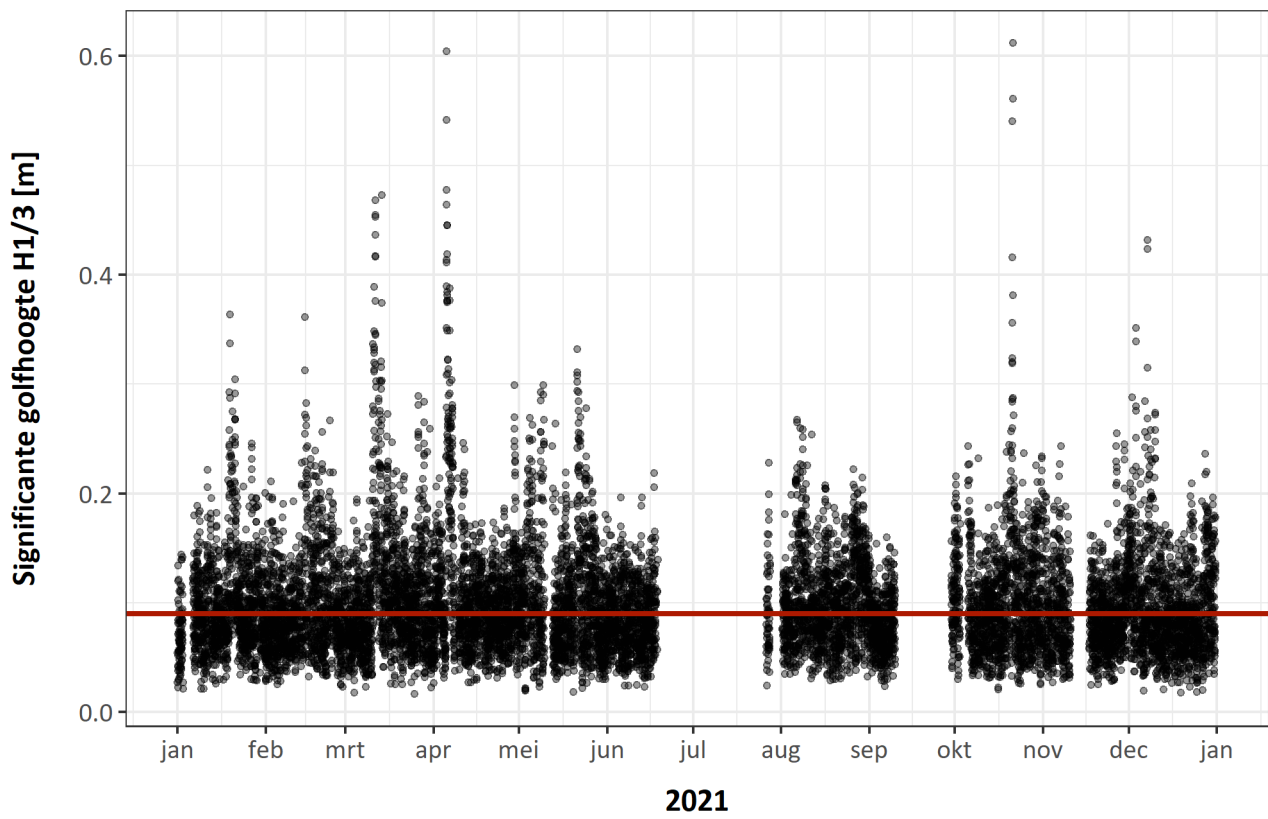
---



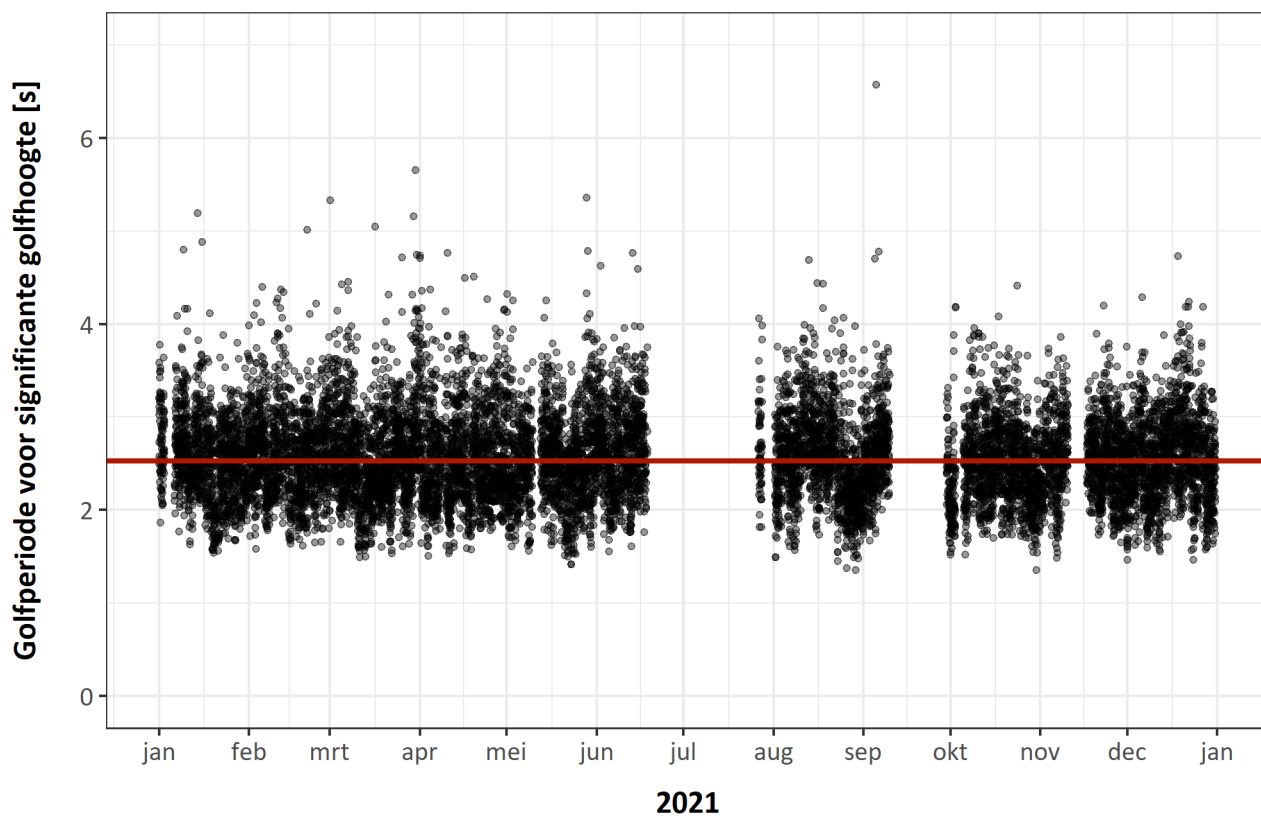
Figuur 80 – Maximale golfhoogte (afgeleide waarden per 30'; rode lijn = mediaan)



Figuur 81 – Periode behorende bij de maximale golfhoogte (afgeleide waarden per 30'; rode lijn = mediaan)



Figuur 82 – Significante golfhoogte (afgeleide waarden per 30'; rode lijn = mediaan)



Figuur 83 – Periode behorende bij de significante golfhoogte (afgeleide waarden per 30'; rode lijn = mediaan)

## 5 Referenties

**Barneveld, H.J.; Nicolai, R.P.; Boudewijn, T.J., de Jong, J.W.; van Didderen, K.; van de Haterd, R.J.W.; Van de Moortel, I.; Velez, C.** (2018). Evaluatierapport. T2015-rapportage Schelde-estuarium. HKV Lijn in Water: Lelystad. xx, 197 + bijlagen pp.

**Brackx, M.; Van de Moortel, I.; Vandenbruwaene, W.; Deschamps, M.; Mostaert, F.** (2019). Validatie fysische parameters: Verwerking EWI-campagnes periode 2012-2017. Versie 1.0. WL Rapporten, 12\_076\_15. Waterbouwkundig Laboratorium: Antwerpen.

**Brackx, M.; Nossent, J.; Vandenbruwaene, W.; Deschamps, M.; Mostaert, F.** (2020). Retourperiode hoogwaterstand te Antwerpen tijdens stormtijcondities. Versie 5.0. WL Rapporten, PA024\_3. Waterbouwkundig Laboratorium: Antwerpen.

**Depreiter, D.; Cleveringa, J.; van der Laan, T.; Maris, T.; Ysebaert, T.; Wijnhoven, S.** (2014). T2009-rapport Schelde-estuarium. IMDC/Arcadis/Universiteit Antwerpen/Imares/NIOZ: [s.l.]. 522 + 2 bijlagen pp.

**Fremau, M.** (2019). Kalibratie van een optisch indirect meettoestel voor het meten van sedimenttransport in een fysisch model. Masterthesis, Universiteit Antwerpen.

**Hydrologisch Informatie Centrum; De Vlaamse Waterweg nv.** (2021). Gebeurtenissen Waterwegen Vlaanderen juli 2021: Versie 1.0. WL Rapporten, PA008\_01. Waterbouwkundig Laboratorium: Antwerpen

**Kolokythas, G.; Meire, D.; De Roo, S.; Plancke, Y.; Mostaert, F.** (2019). Wave measurements at Galgeschoor: Sub report 1 – Analysis of velocities and waves during an intensive measuring campaign (November 2015). Version 4.0. FHR Reports, 15\_054\_1. Flanders Hydraulics Research: Antwerp.

**Maris, T.; Bruens, A.; Duren, L. van; Vroom, J.; Holzhauer, H.; Jonge, M. De; Van Damme, S.; Nolte, A.; Kuijper, K.; Taal, M.; Jeuken, C.; Kromkamp, J.; Van Wesenbeeck, B.; Ryckegem, G. Van; Bergh, E. Van den; Wijnhoven, S.; Meire, P.** (2014). Evaluatiemethodiek Schelde-estuarium - Update 2014. 356 pp.

**Maris T. & Meire P.** (2022). OMES rapport 2021. Onderzoek naar de gevolgen van het Sigmaplan, baggeractiviteiten en havenuitbreiding in de Zeeschelde op het milieu. UAntwerpen ism VUB, IMDC, UGent, NIOZ, Ecolab en VLIZ, in opdracht van Vlaamse Overheid, De Vlaamse Waterweg.

**Michielsen, S.; Hertoghs, R.; Van de Moortel, I.; Vandenbruwaene, W.; Deschamps, M.; Mostaert, F.** (2019). Het debiet van de Zeeschelde te Schelle: Methodologie en de implementatie in WISKI7. Versie 4.0. WL Rapporten, 12\_077\_11. Waterbouwkundig Laboratorium: Antwerpen.

**Plancke, Y.; Schramkowski, G.; Verwaest, T.; Mostaert, F.** (2014). Kubatuurberekening voor het Scheldeestuarium: karakteristieke getijden uit het decennium 1991 - 2000 en topo-bathymetrische gegevens uit 2001. RPRT. WL Rapporten, 00\_157. Waterbouwkundig Laboratorium: Antwerpen.

**Plancke, Y.; Van De Moortel, I.; Hertoghs, R.; Vereecken, H.; Vos, G.; Verdoodt, N.; Meire, D.; Deschamps, M.; Mostaert, F.** (2017). Monitoring Effecten Ontwikkelingsschets (MONEOS) – Jaarboek monitoring 2016: Deelrapport 6 – Factual data rapportage van monitoring waterbeweging en fysische parameters in de Zeeschelde in 2016. Versie 4.0. WL Rapporten, 12\_070\_6. Waterbouwkundig Laboratorium: Antwerpen.

**Plancke, Y.; Schramkowski, G. J.; Mostaert, F.** (2019). Harmonische analyse van het getij: Deelrapport 1 – Bepaling van harmonische componenten voor getijstations in de Zeeschelde. Versie 3.0. WL Rapporten, 18\_108\_1. Waterbouwkundig Laboratorium: Antwerpen.

**Taverniers, E.; Plancke, Y.; Mostaert, F. (2013).** MONEOS - jaarboek monitoring WL - Basisboek: overzicht monitoring hydrodynamiek en fysische parameters zoals door WL in het Zeescheldebekken gemeten - uitleggend basisboek met algemene situering, methodologie en achtergrond. RPRT. WL Rapporten, 12\_070. Waterbouwkundig Laboratorium: Antwerpen.

**Thant, S.; Plancke, Y.; Vandenbruwaene, W.; Claeys, S.; Deschamps, M.; Mostaert, F. (2020).** Kalibratiemetingen zwevende stof: overzichtsrapport uitgevoerde metingen Zeeschelde in het jaar 2017. Versie 4.0. WL Rapporten, 15\_024\_2. Waterbouwkundig Laboratorium: Antwerpen. VIII, 21 + 27 p. bijl. pp.

**Schrijver, M.; Plancke, Y. (2008).** Uitvoeringsplan MONEOS-T 2008 - 2018. Rapport MONEOS-T-2008- 033 /WL2008R791-3\_1ref1\_0. Rijkswaterstaat Zeeland, Middelburg, Waterbouwkundig Laboratorium, Borgerhout.

**Vandenbruwaene, W.; Vanlede, J.; Plancke, Y.; Verwaest, T.; Mostaert, F. (2016).** Slibbalans Zeeschelde: deelrapport 4. Historische evolutie SPM. versie 6.0. WL Rapporten, 00\_029\_4. Waterbouwkundig Laboratorium/Antea Group: Antwerpen. 74 + 4 p. bijlagen pp.

**Vandenbruwaene, W.; Hertoghs, R.; Meire, D.; Vereecken, H.; Deschamps, M.; Mostaert, F. (2019a).** Optimalisatie monitoring Zeeschelde: Modernisering getijmeetnet en kwaliteitscontrole. Versie 4.0. WL Rapporten, 14\_138\_1. Waterbouwkundig Laboratorium: Antwerpen.

**Vandenbruwaene, W.; Beullens, J.; Meire, D.; Plancke, Y.; Mostaert, F. (2020).** Agenda voor de Toekomst – Schelde estuarium, historische evolutie getij en morfologie: deelrapport 2. Data-analyse morfologie en getij. Versie 4.0. WL Rapporten, 14\_147\_2. Waterbouwkundig Laboratorium: Antwerpen. 32 + 3 p. bijl. pp.

**Vandenbruwaene, W.; Michielsen, S.; Hertoghs, R.; Boeckx, L.; Vereecken, H.; Deschamps, M.; Mostaert, F. (2022a).** Hydrologie bevaarbare waterlopen in Vlaanderen: Jaar 2021. Versie 1.0. WL Rapporten, PA026\_5. Waterbouwkundig Laboratorium: Antwerpen.

**Vandenbruwaene, W.; van den Berg, M.; Van De Moortel, I.; Plancke, Y.; Vereecken, H.; Deschamps, M. (2022b).** Fluviaatiele sedimentaanvoer richting Schelde estuarium: Inschatting sedimentaanvoer op basis van APS staalname en turbiditeitsmetingen. Versie 3.0. WL Rapporten, PA025\_16. Waterbouwkundig Laboratorium: Antwerpen

**Vanlierde, E.; Cornet, E.; Vereycken, K.; Taverniers, E.; Deschamps, M.; Verwaest, T.; Mostaert, F. (2014).** Methode berekening debieten in de Schelde: berekening debieten te Schelle, afwaarts Dendermonde en aan de Belgisch-Nederlandse grens. RPRT. WL Rapporten, 12\_077. Waterbouwkundig Laboratorium: Antwerpen.

**Van Hoestenbergh, T.; Ferket, B.; De Boeck, K.; Valierde, E.; Vanlede, J.; Verwaest, T.; Mostaert, F. (2014).** Slibbalans Zeeschelde: deelrapport 2. Sediment load for the river Scheldt and its main tributaries (1972 – 2009). Versie 5.0. WL Rapporten, 00\_029. Waterbouwkundig Laboratorium/Antea Group: Antwerpen. V, 71 + 8 p. bijl. pp.

**Vereecken, Hans (2022).** Evaluatie validatie 2018-2021 peil Zeeschelde te Antwerpen op basis van peilschaal en mobiele radar-RTK combinatie. Versie 4.0. WL Memo's, PA\_014\_2. Waterbouwkundig Laboratorium: Antwerpen.

**Verelst, K.; De Mulder, T.; Vereecken, H.; Taverniers, E.; Mostaert, F. (2012).** Onderzoek naar de invloedsfactoren van golfbelasting en de morfologische effecten op slikken en schorren in de Beneden Zeeschelde, meer specifiek op het Galgeschoor: Deelrapport 8: Analyserapport golfbelasting op het Galgeschoor. Versie 2\_0. WL Rapporten, 837\_03. Waterbouwkundig Laboratorium & INBO: Antwerpen, België.



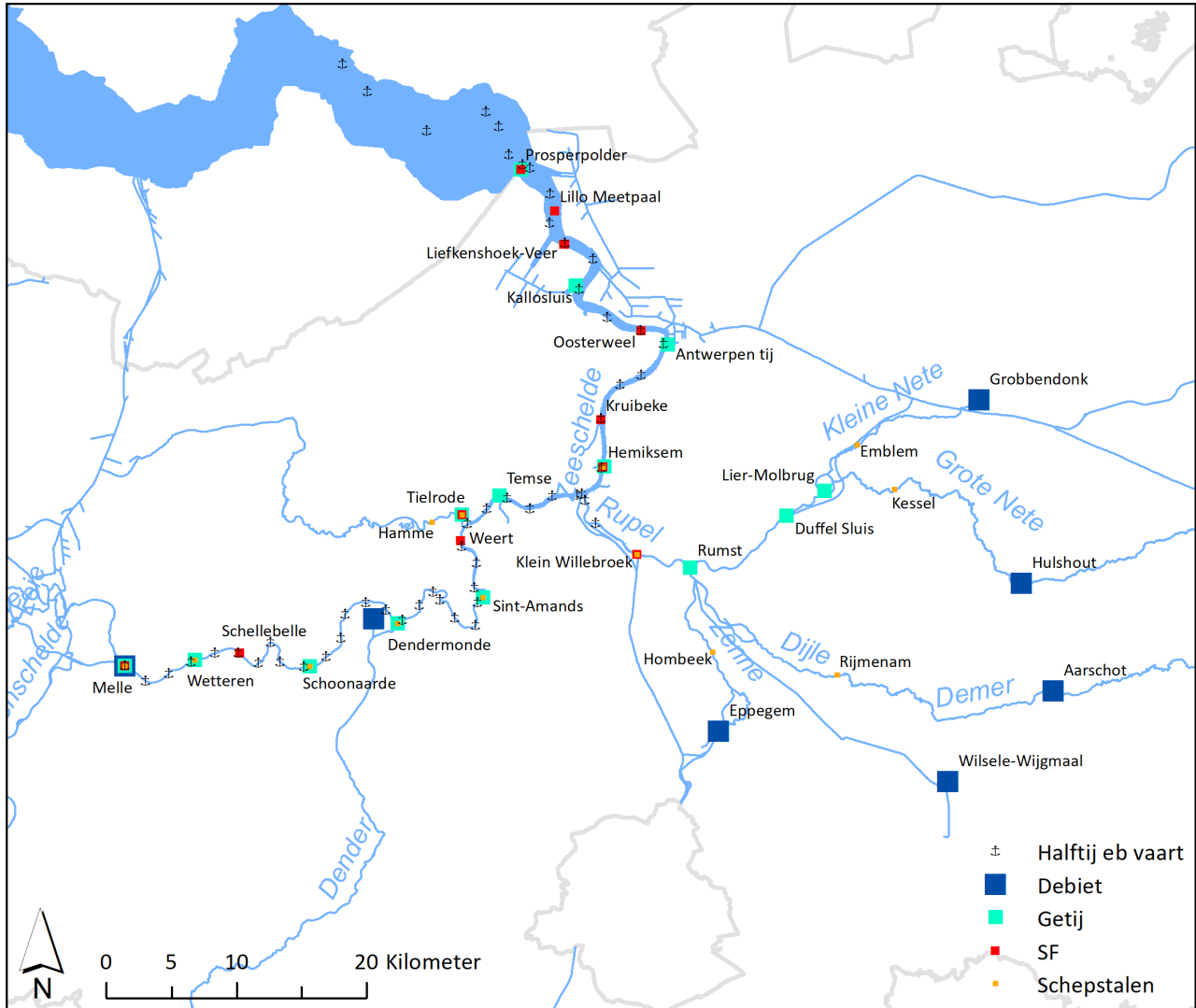
**Vlaamse Milieumaatschappij (2021a).** Rapport wateroverlast 29 juni – 28 juli 2021

**Vlaamse Milieumaatschappij (2021b).** Rapport sedimentmeetnet onbevaarbare waterlopen 2020

**Vos, G.; Van de Moortel, I.; Meire, D.; Claeys, S.; Plancke, Y.; Mostaert, F. (2019).** Validatie fysische parameters: Optimalisatie methodologie voor het bepalen van sedimentaanvoer naar het Schelde-estuarium. Versie 4.0. WL Rapporten, 12\_076\_13. Waterbouwkundig Laboratorium: Antwerpen.

## Bijlage A: Meetlocaties MONEOS 2021

Figuur 84 geeft een overzicht van de meetlocaties die in het kader van MONEOS gerapporteerd worden.



Figuur 84 – Meetlocaties MONEOS 2021.

In Tabel 19 worden voor elke meetlocatie, per soort meting, de opgemeten parameters, toesteltype, type monitoring (continu/periodiek) en startdatum weergegeven.

Tabel 19 – Meetlocaties MONEOS 2021

Meetlocatie	Soort meting	Parameter	Toesteltype	Type monitoring	Start meting
Aarschot	Debiet	H	Radar Ott	Continu	1/01/1975
Dendermonde Appels	Debiet	Q	ADM	Continu	1/01/1971
Epegem	Debiet	H	Vega radar Ott	Continu	19/12/1970
Grobbendonk	Debiet	H	Radar Ott	Continu	20/12/1980
Hulshout	Debiet	H	Radar Ott	Continu	29/12/1975
Melle	Debiet	Q	ADM	Continu	1/01/1971
Witsele-Wijgmaal	Debiet	H	Peil	Continu	26/12/1974
Antwerpen tij	Getij	W	Radar Ott	Continu	30/04/1966
Dendermonde	Getij	W	Radar Ott	Continu	30/04/1966
Duffel Sluis	Getij	W	Radar Ott	Continu	30/04/1966
Hemiksem	Getij	W	Radar Ott	Continu	13/05/1966
Kallosluis	Getij	W	Radar Ott	Continu	30/04/1966
Lier-Molbrug	Getij	W	Radar Ott	Continu	30/04/1966
Melle	Getij	W	Radar Ott	Continu	30/04/1966
Prosperpolder	Getij	W	Radar Ott	Continu	30/04/1966
Schoonaarde	Getij	W	Radar Ott	Continu	31/08/1998
Sint-Amands	Getij	W	Radar Ott	Continu	30/04/1996
Temse	Getij	W	Radar Ott	Continu	30/04/1966
Tielrode	Getij	W	Radar Ott	Continu	30/04/1966
Wetteren Brug	Getij	W	Radar Ott	Continu	30/04/1996
Rumst	Getij	W	Radar Ott	Continu	24/10/2019
Hemiksem	SF	Cond, WT	CTD	Continu	28/07/2009
Klein-Willebroek	SF	Cond, Turb_NTU, WT	YSI	Continu	17/07/2018
Kruikeke	SF	Cond, Turb_NTU, WT	YSI	Continu	25/09/2015
Liefkenshoek	SF	Cond, WT	CTD	Continu	31/07/2009
Lillo Meetpaal	SF	Cond, v, vDIR, Turb_NTU, WT	Aanderaa	Continu	30/09/2015
Melle	SF	Cond, Turb_NTU, WT	YSI	Continu	12/01/2010
Oosterweel	SF	Cond, v, vDIR, Turb_NTU, WT	Aanderaa	Continu	4/01/2001
Prosperpolder	SF	Cond, WT	CTD	Continu	23/04/2003
Schellebelle	SF	Cond, Turb_NTU, WT	YSI	Continu	15/12/2016
Tielrode	SF	Cond, Turb_NTU, WT	YSI (mobiel)	Continu	19/12/2017
Weert	SF	Cond, Turb_NTU, WT	YSI	Continu	19/12/2017
Liefkenshoek-Veer	SF	Cond, Turb_NTU, WT	YSI	Continu	26/03/2019
Dendermonde	Schepstalen	SSC_Sch	Verzwaarde fles	Periodiek	27/12/2005
Emblem	Schepstalen	SSC_Sch	Verzwaarde fles	Periodiek	27/12/2005
Hamme	Schepstalen	SSC_Sch	Verzwaarde fles	Periodiek	3/01/2006
Hemiksem	Schepstalen	SSC_Sch	Verzwaarde fles	Periodiek	6/01/2020

Meetlocatie	Soort meting	Parameter	Toesteltype	Type monitoring	Start meting
Hombeek	Schepstalen	SSC_Sch	Verzwaarde fles	Periodiek	28/12/2005
Kessel	Schepstalen	SSC_Sch	Verzwaarde fles	Periodiek	27/12/2005
Klein Willebroek	Schepstalen	SSC_Sch	Verzwaarde fles	Periodiek	30/07/2018
Melle	Schepstalen	SSC_Sch	Verzwaarde fles	Periodiek	27/12/2005
Rijmenam	Schepstalen	SSC_Sch	Verzwaarde fles	Periodiek	28/01/2002
Schoonaarde	Schepstalen	SSC_Sch	Verzwaarde fles	Periodiek	27/12/2005
Sint-Amands	Schepstalen	SSC_Sch	Verzwaarde fles	Periodiek	27/12/2005
Tielrode	Schepstalen	SSC_Sch	Verzwaarde fles	Periodiek	3/01/2006
Wetteren	Schepstalen	SSC_Sch	Verzwaarde fles	Periodiek	27/12/2005
Kruike veer	HTE (bez)	d, SSC_PompHTE	pompstalen HTE	Periodiek	20/06/2007
Liefkenshoek	HTE (bez)	d, SSC_PompHTE	pompstalen HTE	Periodiek	20/06/2007
Loodsgebouw	HTE (bez)	d, SSC_PompHTE	pompstalen HTE	Periodiek	20/06/2007
Oosterweel	HTE (bez)	d, SSC_PompHTE	pompstalen HTE	Periodiek	20/06/2007
Ouden Doel	HTE (bez)	d, SSC_PompHTE	pompstalen HTE	Periodiek	20/06/2007
Radartoren Waarde	HTE (bez)	d, SSC_PompHTE	pompstalen HTE	Periodiek	22/03/2017
Rupelmonde	HTE (bez)	d, SSC_PompHTE	pompstalen HTE	Periodiek	20/06/2007
Saeftinge	HTE (bez)	d, SSC_PompHTE	pompstalen HTE	Periodiek	20/06/2007
Wintam veer	HTE (bez)	d, SSC_PompHTE	pompstalen HTE	Periodiek	22/05/2015
Wrak Atlantide	HTE (bez)	d, SSC_PompHTE	pompstalen HTE	Periodiek	22/03/2017
Zwijndrecht	HTE (bez)	d, SSC_PompHTE	pompstalen HTE	Periodiek	20/06/2007
Appels opw veer	HTE (boz)	d, SSC_PompHTE	pompstalen HTE	Periodiek	11/09/2013
B132 opw Notelaer	HTE (boz)	d, SSC_PompHTE	pompstalen HTE	Periodiek	12/09/2013
Baasrode veer	HTE (boz)	d, SSC_PompHTE	pompstalen HTE	Periodiek	12/09/2013
Boelwerf	HTE (boz)	d, SSC_PompHTE	pompstalen HTE	Periodiek	12/09/2013
Branst	HTE (boz)	d, SSC_PompHTE	pompstalen HTE	Periodiek	12/09/2013
Buggenhout	HTE (boz)	d, SSC_PompHTE	pompstalen HTE	Periodiek	12/09/2013
De Cramp	HTE (boz)	d, SSC_PompHTE	pompstalen HTE	Periodiek	12/09/2013

Meetlocatie	Soort meting	Parameter	Toesteltype	Type monitoring	Start meting
Dendermonde	HTE (boz)	d, SSC_PompHTE	pompstalen HTE	Periodiek	12/09/2013
Dendersluis	HTE (boz)	d, SSC_PompHTE	pompstalen HTE	Periodiek	11/09/2013
Durmemonding	HTE (boz)	d, SSC_PompHTE	pompstalen HTE	Periodiek	12/09/2013
Kwatrecht	HTE (boz)	d, SSC_PompHTE	pompstalen HTE	Periodiek	11/09/2013
Kwatrecht afw	HTE (boz)	d, SSC_PompHTE	pompstalen HTE	Periodiek	11/09/2013
Lippenbroek	HTE (boz)	d, SSC_PompHTE	pompstalen HTE	Periodiek	6/02/2014
Mariekerke veer	HTE (boz)	d, SSC_PompHTE	pompstalen HTE	Periodiek	12/09/2013
Melle	HTE (boz)	d, SSC_PompHTE	pompstalen HTE	Periodiek	11/09/2013
Moerzeke	HTE (boz)	d, SSC_PompHTE	pompstalen HTE	Periodiek	12/09/2013
Schellebelle Kerk	HTE (boz)	d, SSC_PompHTE	pompstalen HTE	Periodiek	11/09/2013
Schellebelle opw	HTE (boz)	d, SSC_PompHTE	pompstalen HTE	Periodiek	11/09/2013
Schoonaarde afw brug	HTE (boz)	d, SSC_PompHTE	pompstalen HTE	Periodiek	11/09/2013
Schoonaarde opw brug	HTE (boz)	d, SSC_PompHTE	pompstalen HTE	Periodiek	11/09/2013
Sint-Amands	HTE (boz)	d, SSC_PompHTE	pompstalen HTE	Periodiek	12/09/2013
Steendorp	HTE (boz)	d, SSC_PompHTE	pompstalen HTE	Periodiek	12/09/2013
Temsebrug	HTE (boz)	d, SSC_PompHTE	pompstalen HTE	Periodiek	12/09/2013
Uitbergen bocht	HTE (boz)	d, SSC_PompHTE	pompstalen HTE	Periodiek	11/09/2013
Uitbergen brug opw	HTE (boz)	d, SSC_PompHTE	pompstalen HTE	Periodiek	11/09/2013
Vlassenbroek	HTE (boz)	d, SSC_PompHTE	pompstalen HTE	Periodiek	12/09/2013
Wetteren	HTE (boz)	d, SSC_PompHTE	pompstalen HTE	Periodiek	11/09/2013
Wichelen	HTE (boz)	d, SSC_PompHTE	pompstalen HTE	Periodiek	11/09/2013
Wintam	HTE (boz)	d, SSC_PompHTE	pompstalen HTE	Periodiek	12/09/2013
Zelee kasteeltje	HTE (boz)	d, SSC_PompHTE	pompstalen HTE	Periodiek	11/09/2013
Zelee opw jachtclub	HTE (boz)	d, SSC_PompHTE	pompstalen HTE	Periodiek	11/09/2013

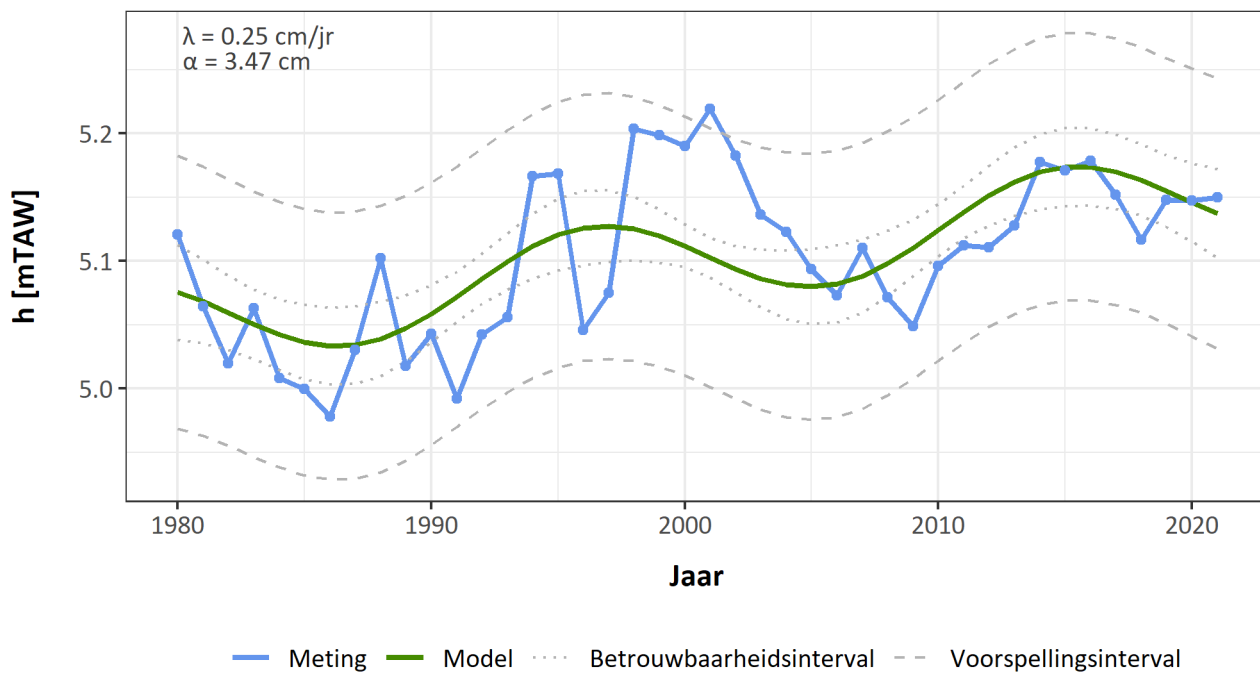
## Bijlage B: Evoluties HW en LW

In onderstaande figuren worden de jaargemiddelde waarden gebruikt (blauw) om de langjarige trend (over de periode 1980-2021) te bepalen. De groene volle lijn geeft de regressielijn weer, terwijl de gestippelde grijze lijn het 95%-betrouwbaarheidsinterval weergeeft (dit komt overeen met de mate van nauwkeurigheid van de schatting van de regressieparameters). De grijze volle lijn geeft het 95%-voorspellingsinterval weer (hierbij wordt tevens rekening gehouden met de variabiliteit van de hoog- of laagwaters). De regressielijn, betrouwbaarheids- en voorspellingsintervallen zijn bepaald op basis van de jaargemiddelde hoog- en laagwaters van 1980 tot en met 2021. In 2013 zijn de peillatten opnieuw ingemeten en werd er vanaf 2011 een correctie doorgevoerd. Meer informatie hieromtrent is terug te vinden in Vandenbruwaene *et al.* (2019). Uit datzelfde rapport blijkt dat het opnemen van de peilschaalcorrectie weinig invloed heeft op de trendanalyse in Antwerpen. Figuur 85 tot en met Figuur 92 presenteren de resultaten voor Prosperpolder, Temse, Dendermonde en Wetteren voor hoog- en laagwater. In Tabel 20 wordt de jaarlijkse lineaire evolutie voor hoog- en laagwater weergegeven, berekend over periode 1980-2021. Voor meer informatie over de trendlijnbepaling wordt verwezen naar het Moneos-rapport 2016 (Plancke *et al.*, 2017).

Tabel 20 – Jaarlijkse lineaire evolutie van de hoog- en laagwaters (1980-2021).

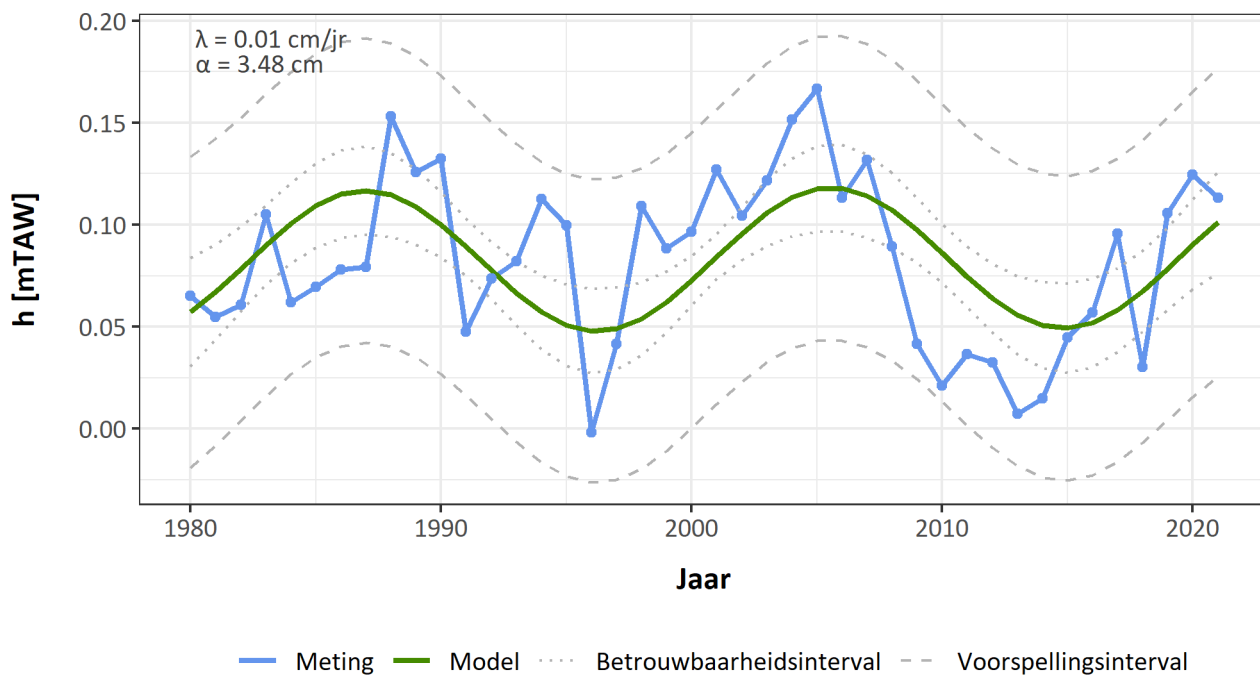
Locatie	Jaarlijkse evolutie (cm/jaar)	
	HW	LW
Prosperpolder	0,25	0,01
Antwerpen	0,14	-0,06
Temse	0,34	-0,03
Dendermonde	0,37	-0,71
Wetteren	0,34	-1,08

### Prosperpolder tij/Zeeschelde

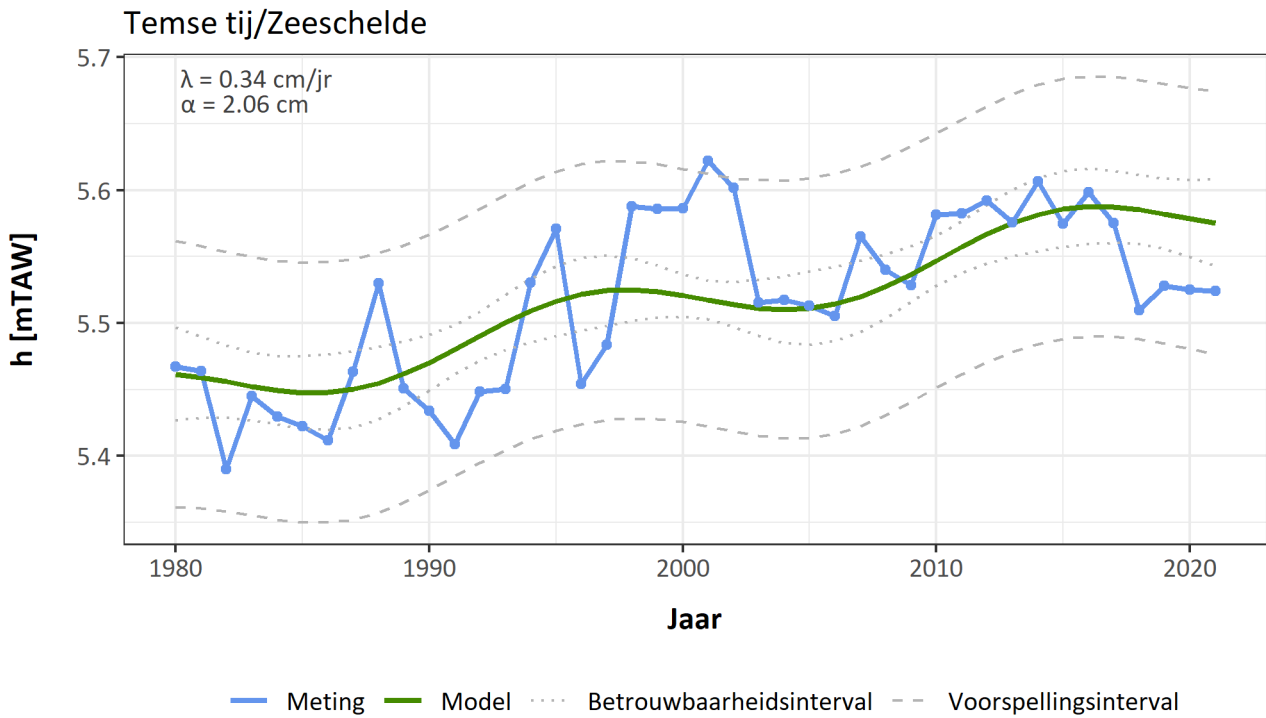


Figuur 85 – Trend jaargemiddeld hoogwater te Prosperpolder bepaald over de periode 1980-2021.

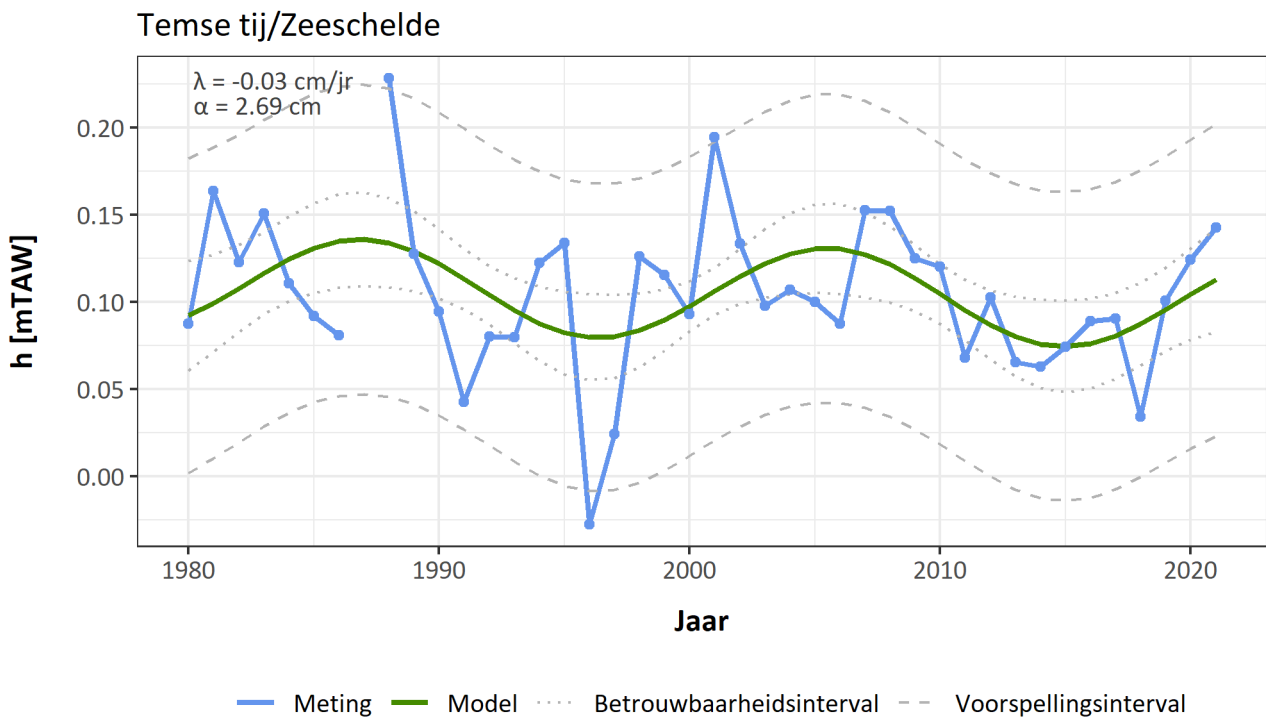
### Prosperpolder tij/Zeeschelde



Figuur 86 – Trend jaargemiddeld laagwater te Prosperpolder bepaald over de periode 1980-2021.

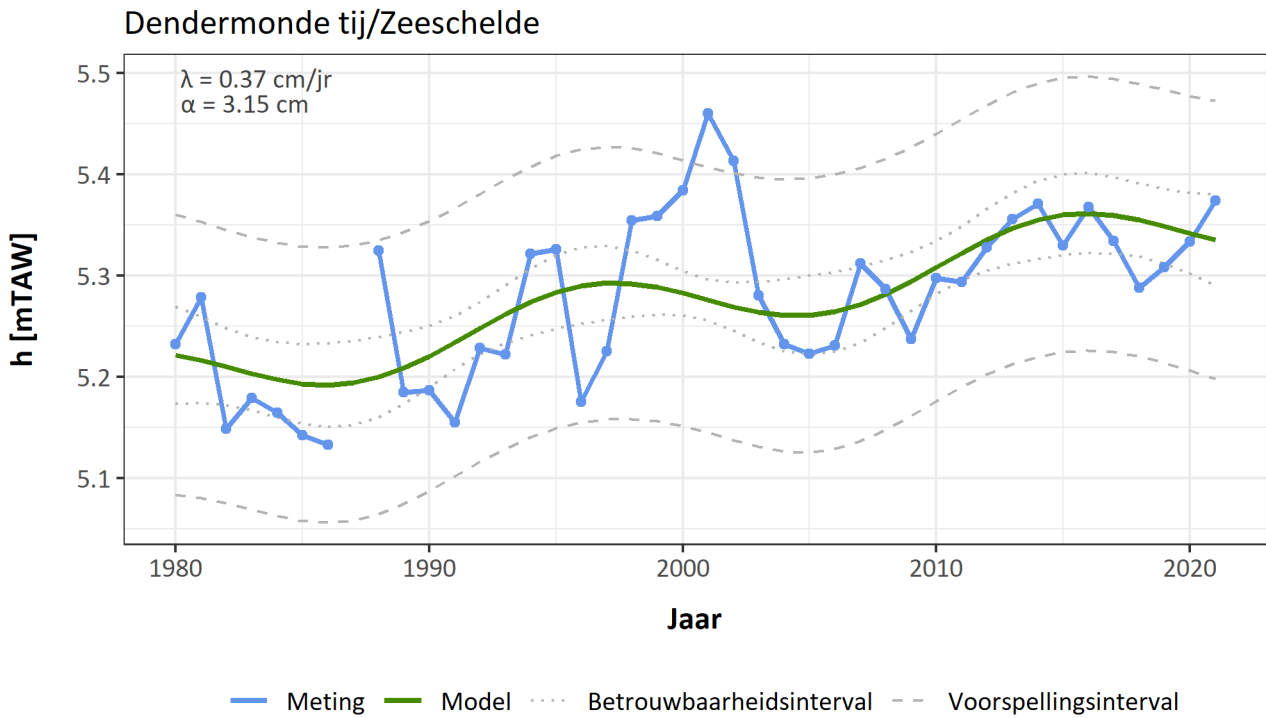


Figuur 87 – Trend jaargemiddeld hoogwater te Temse bepaald over de periode 1980-2021.

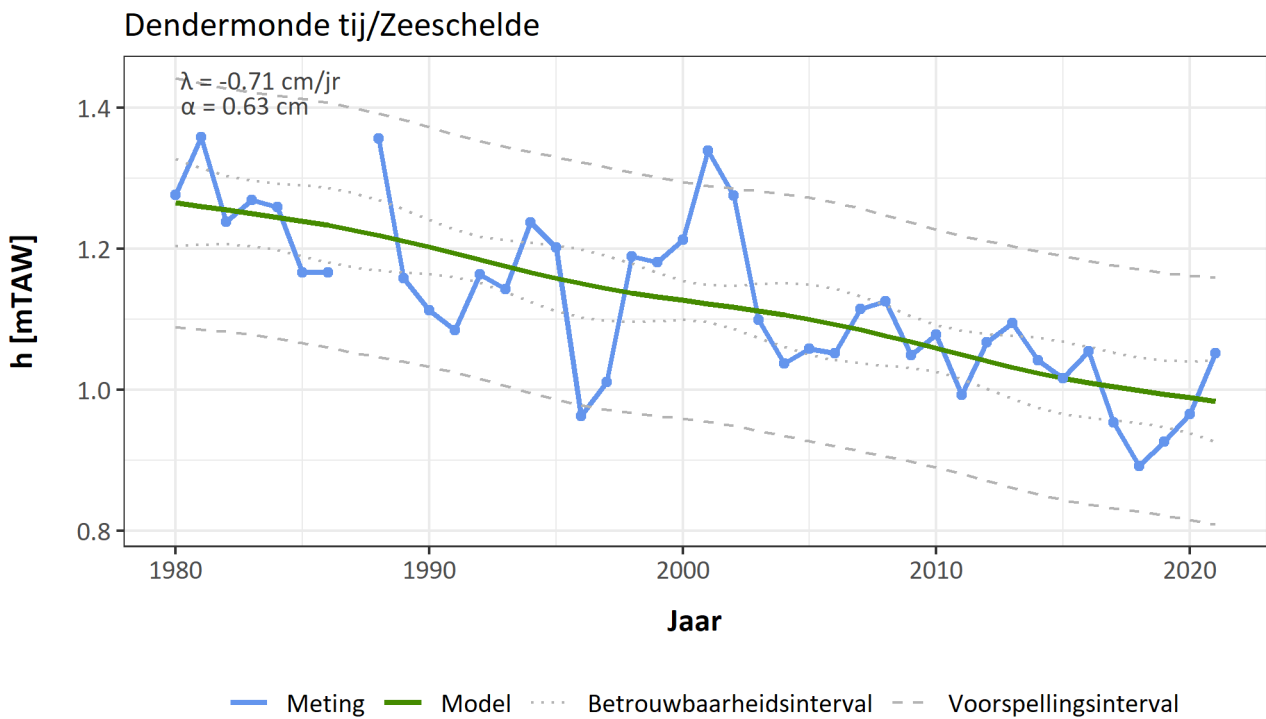


Figuur 88 – Trend jaargemiddeld laagwater te Temse bepaald over de periode 1980-2021.



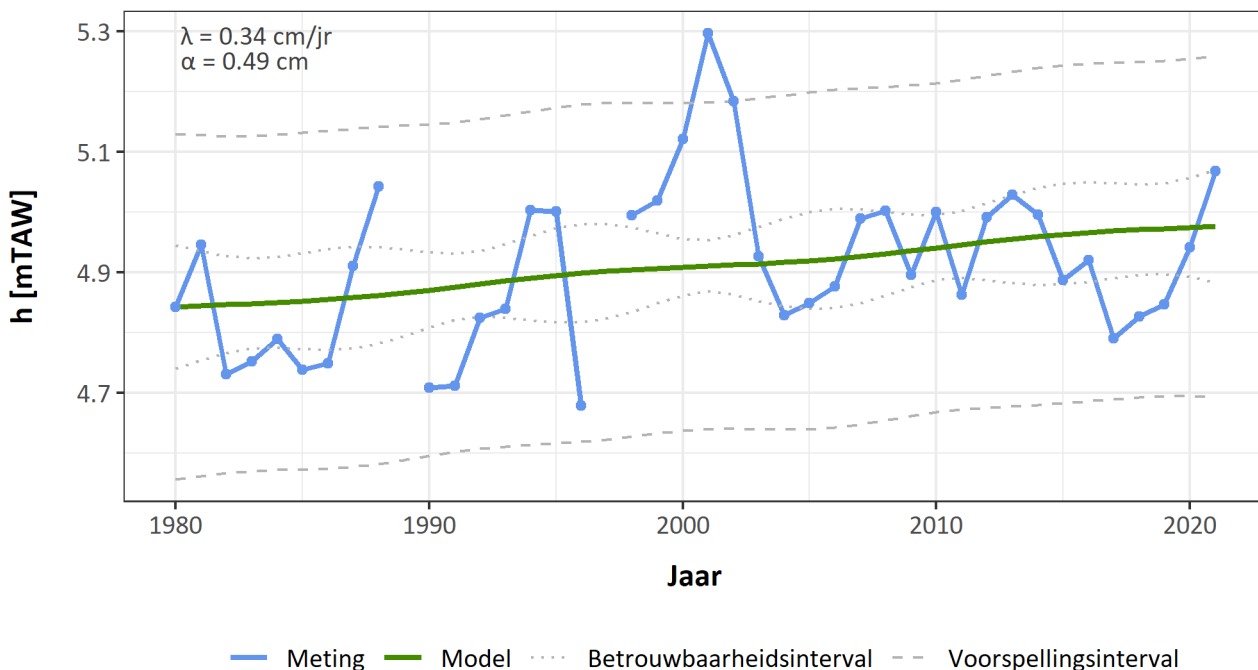


Figuur 89 – Trend jaargemiddeld hoogwater te Dendermonde bepaald over de periode 1980-2021.



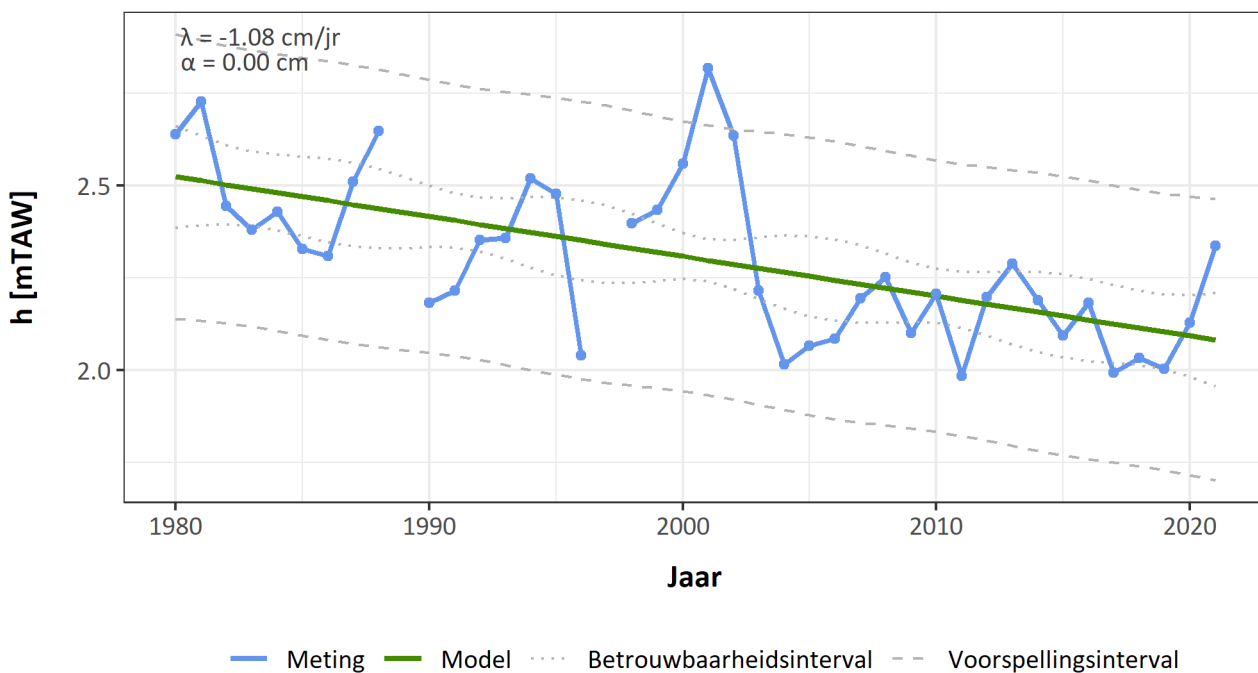
Figuur 90 – Trend jaargemiddeld laagwater te Dendermonde bepaald over de periode 1980-2021.

### Wetteren tij/Zeebrugge



Figuur 91 –Trend jaargemiddeld hoogwater te Wetteren bepaald over de periode 1980-2021.

### Wetteren tij/Zeebrugge



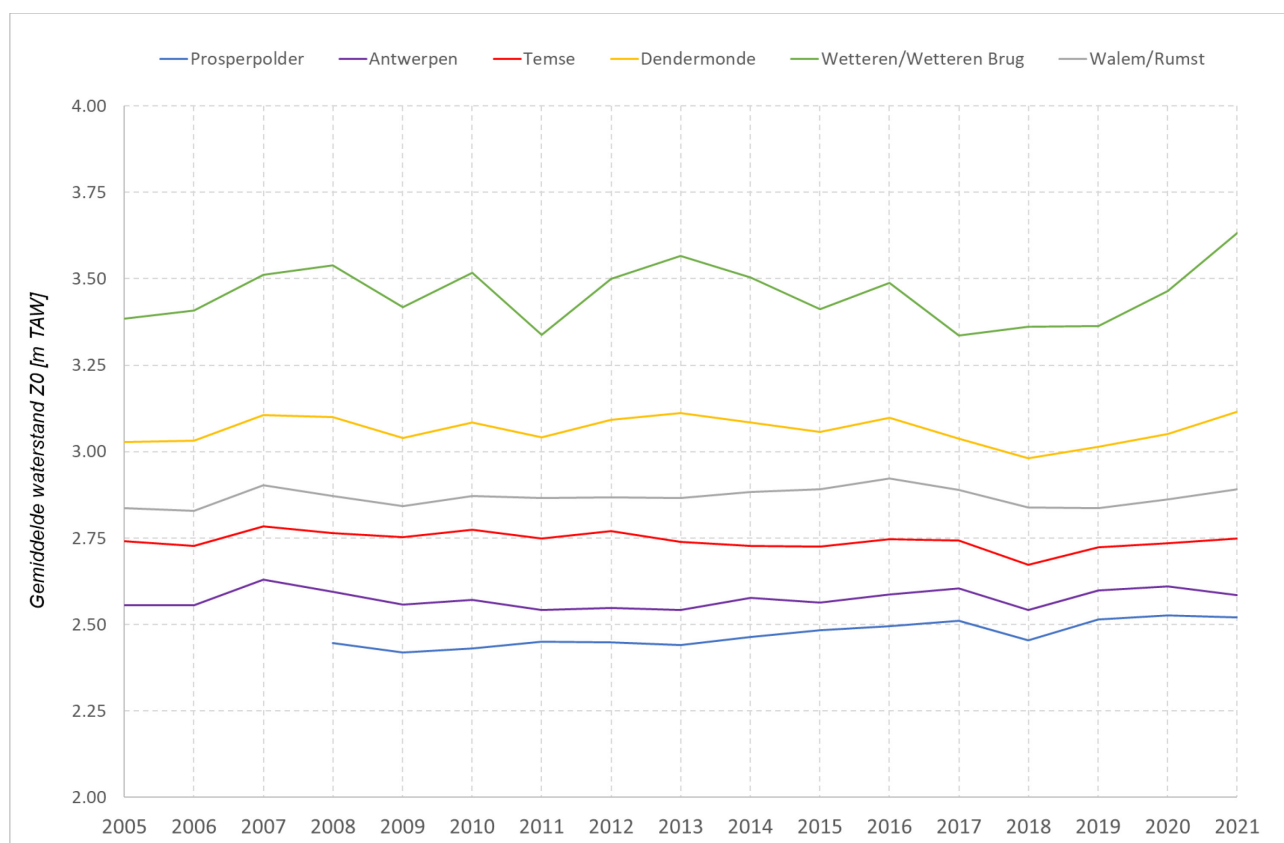
Figuur 92 –Trend jaargemiddeld laagwater te Wetteren bepaald over de periode 1980-2021.

## Bijlage C: Harmonische componenten

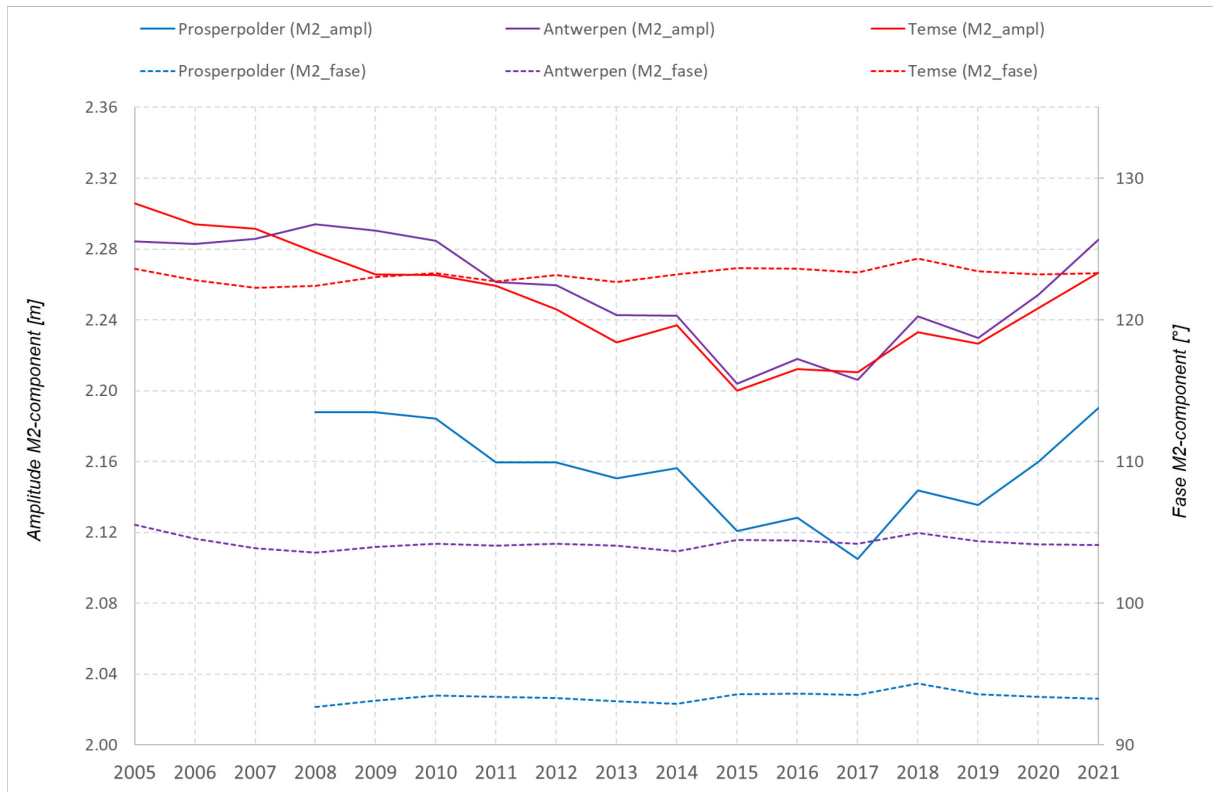
In het kader van de Evaluatiemethodiek voor het beoordelen van de ontwikkelingen van het fysisch systeem van het Schelde-estuarium, worden harmonische getijcomponenten als verklarende parameter beschouwd (Maris *et al.* 2014). Voor de Westerschelde worden deze door Rijkswaterstaat systematisch berekend, voor de Zeeschelde ontbraken deze vooralsnog. Daarom werd een methode opgesteld voor de bepaling van harmonische componenten voor getijstations in de Zeeschelde (Plancke *et al.*, 2019). De harmonische getijcomponenten worden bepaald voor 6 getijposten, verspreid langsheen de Zeeschelde (Prosperpolder, Antwerpen-Loodsgebouw, Temse, Dendermonde, Wetteren/Wetteren Brug) en de Rupel (Walem/Rumst).

Vanaf meetjaar 2018 worden de harmonische componenten voor deze stations jaarlijks in MONEOS gerapporteerd. Er is geopteerd om louter de belangrijkste component (Z0, M2 en M4) te rapporteren (Plancke *et al.*, 2019). Daarbij is Z0 de gemiddelde waterstand, M2 het dubbeldaags maansgetij (periode 12 uur 25 minuten) en M4 de viermaaldaagse component van het maansgetij (periode 6 uur 13 minuten).

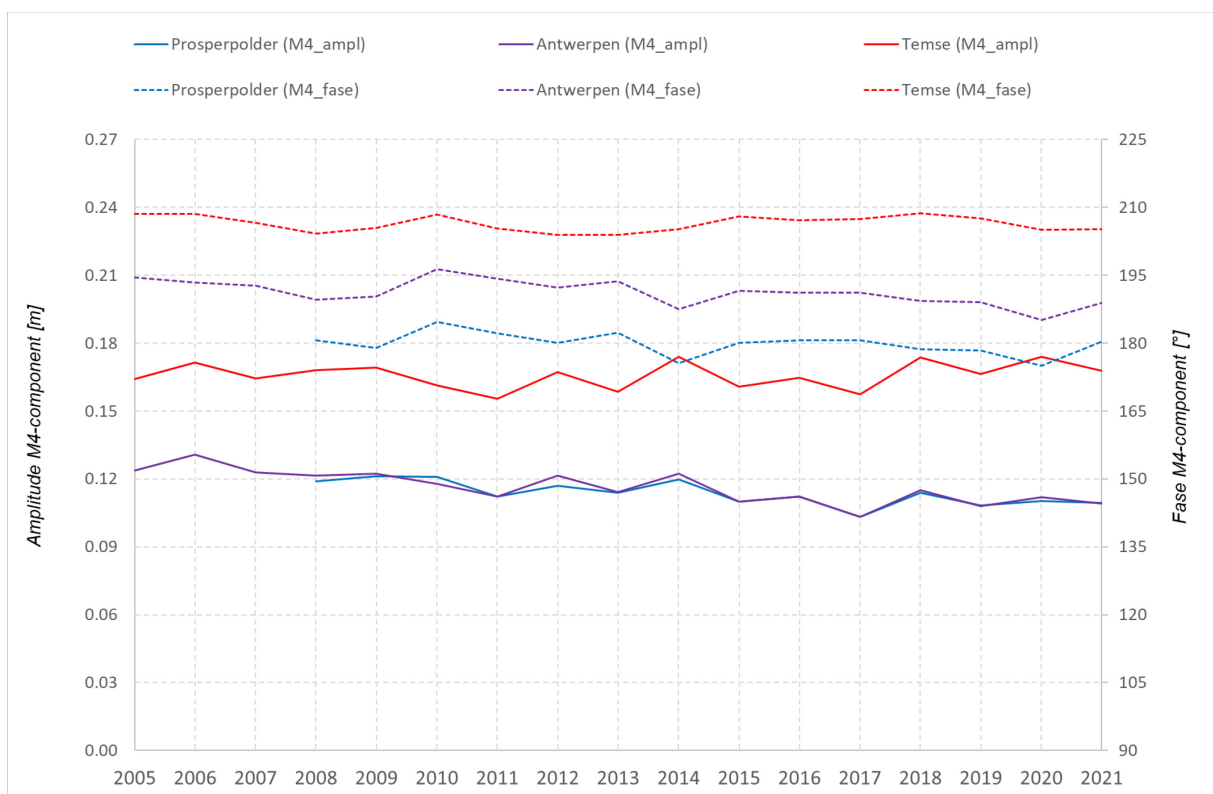
In onderstaande figuren wordt de evolutie van de gemiddelde waterstand Z0, de fase (verschuiving t.o.v. Vlissingen) en de amplitude van de M2- en M4-componenten weergegeven over de periode 2005 (i.e. start beschikbaar continue digitale gegevens) tot en met 2021 (Figuur 93 tot Figuur 97).



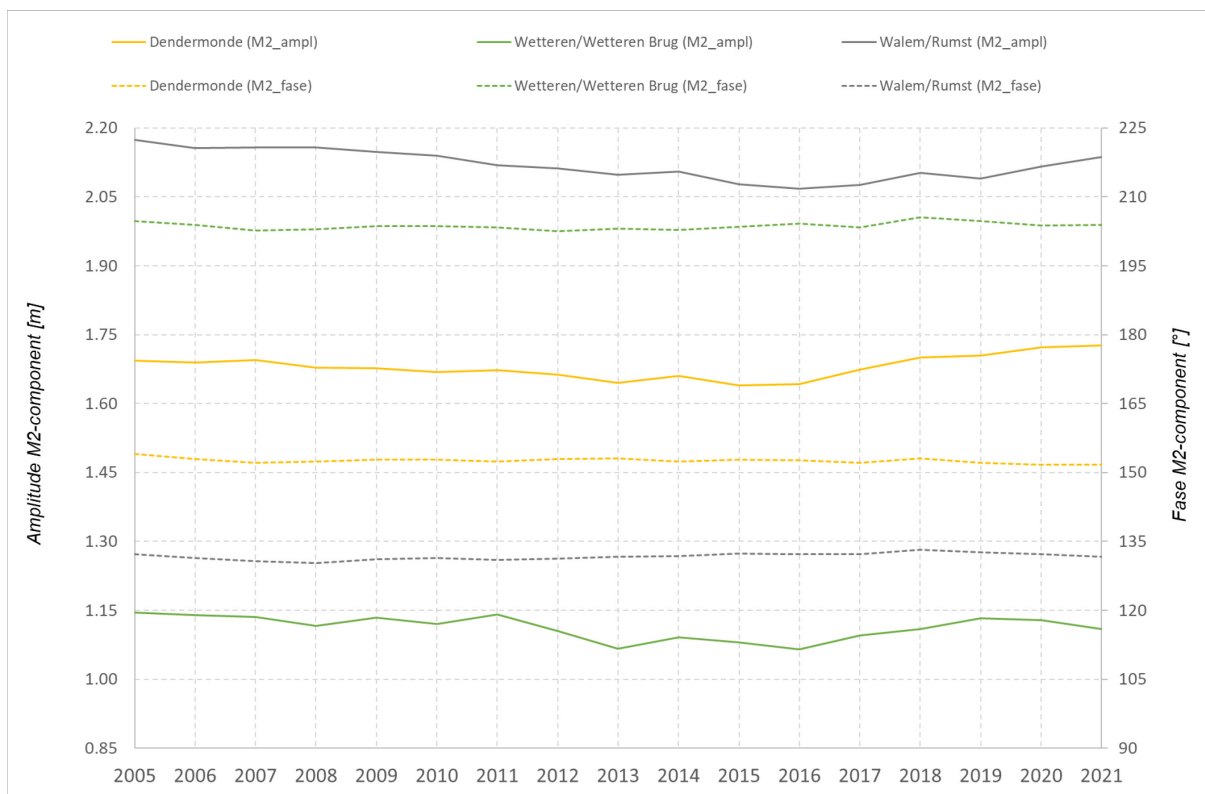
Figuur 93 – Evolutie in de tijd van de gemiddelde waterstand Z0



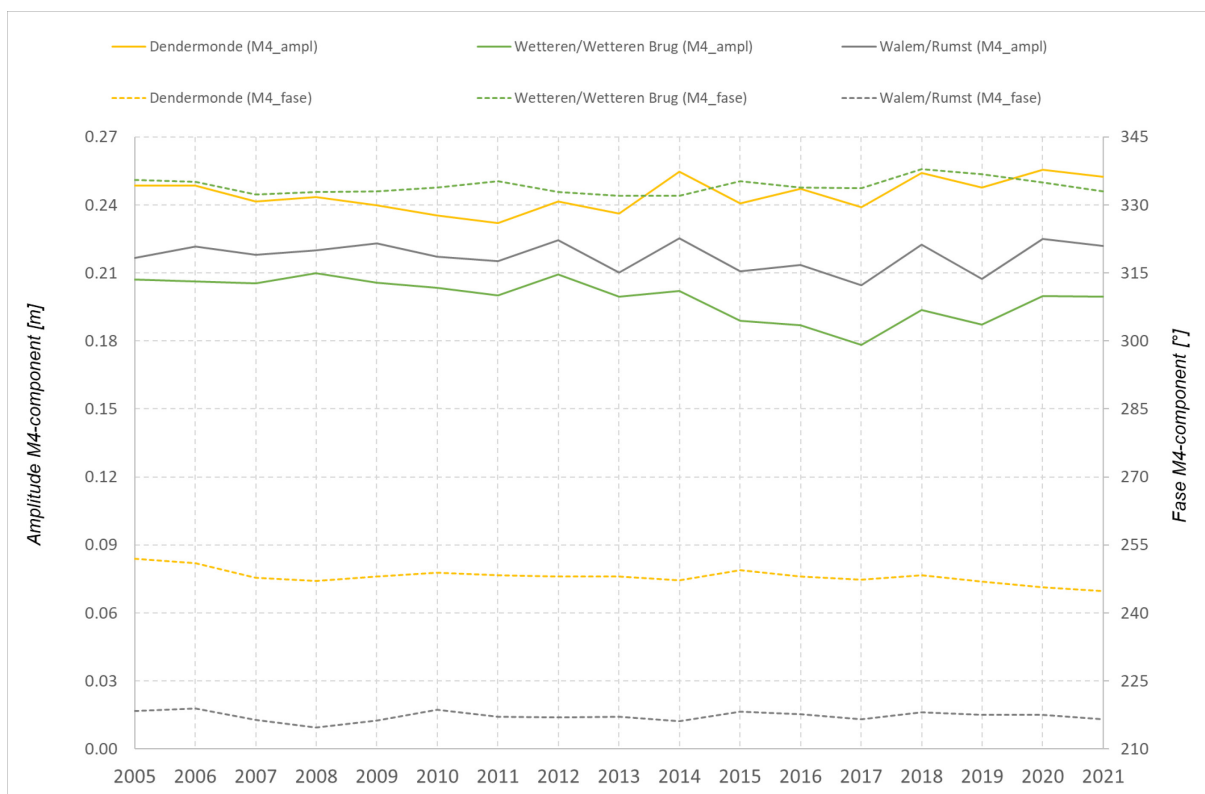
Figuur 94 – Evolutie in de tijd van de amplitude en fase van de M2-component (afwaartse posten)



Figuur 95 – Evolutie in de tijd van de amplitude en fase van de M4-component (afwaartse posten)



Figuur 96 – Evolutie in de tijd van de amplitude en fase van de M2-component (opwaartse posten)



Figuur 97 – Evolutie in de tijd van de amplitude en fase van de M4-component (opwaartse posten)

## Bijlage D: Kalibratie Turbiditeit – SSC

### A. Algemeen

Om de sedimentconcentratie te kunnen bepalen aan de hand van turbiditeitsmetingen, dient men een relatie op te stellen tussen beide. Er worden daarom pompstalen genomen waarvan de sedimentconcentratie gerelateerd wordt aan de turbiditeitsmeting op datzelfde moment. Ter hoogte van Oosterweel, Liefkenshoek-Veer, Kruibeke, Tielrode, Weert, Schellebelle, Melle en Klein-Willebroek zijn specifieke kalibratiecampagnes uitgevoerd. Meer informatie over de theoretische relatie tussen sedimentconcentratie en turbiditeitsmetingen voor verschillende sedimenten op basis van laboproeven is bijvoorbeeld terug te vinden in Freneau (2019).

Een overzicht van de bekomen relaties en modelstatistieken wordt hieronder gegeven.

### B. Overzicht kalibratiecampagnes

Gedurende meerdere jaren zijn ter hoogte van Oosterweel, Liefkenshoek-Veer, Kruibeke, Weert, Schellebelle, Melle, Tielrode en Klein-Willebroek kalibratiecampagnes uitgevoerd waarbij een groot aantal waterstalen opgepompt zijn waarvan nadien de sedimentconcentratie (SSC) werd bepaald. Tegelijkertijd werd de turbiditeit geregistreerd. Vanaf 2019 worden de Aanderaa toestellen (Lillo Meetpaal en Oosterweel) enkel nog gekalibreerd nabij Oosterweel. Thant *et al.* (2020) wees namelijk uit dat de kalibratiecurves van deze 2 posten niet significant verschillen van elkaar.

Er wordt voor iedere meetlocatie een relatie opgesteld tussen SSC en turbiditeit op basis van de uitgevoerde kalibratiecampagnes. Door deze relaties toe te passen op het continue turbiditeitssignaal, verkrijgt men voor alle meetlocaties continue berekende suspensiegehalten (zie §4.1.7). Een overzicht van de uitgevoerde campagnes met bijhorende beschikbare turbiditeitsmetingen wordt weergegeven in Tabel 21.

Tabel 21 – Overzicht kalibratiecampagnes turbiditeit-SSC en bijhorende beschikbare turbiditeitsgegevens, en dit vanaf het begin van de metingen tot en met 2021.

Meetlocatie	Datum	Vaste YSI	Mobiele YSI	Vaste Seaguard	Mobiele Seaguard
Klein-Willebroek	12/10/2018	x	x		
Klein-Willebroek	13/12/2018	x	x		
Klein-Willebroek	10/04/2019				
Klein-Willebroek	19/09/2019		x		
Klein-Willebroek	13/03/2020		x		
Klein-Willebroek	10/06/2020	x	x		
Klein-Willebroek	7/09/2020	x	x		
Klein-Willebroek	20/11/2020	x	x		
Klein-Willebroek	14/06/2021	x			
Klein-Willebroek	26/08/2021				
Kruibeke	10/03/2017	x	x		
Kruibeke	29/06/2017				
Kruibeke	12/09/2017				
Kruibeke	18/10/2017	x			
Kruibeke	1/12/2017	x	x		
Kruibeke	5/04/2018	x			
Kruibeke	21/06/2018				
Kruibeke	28/09/2018	x			
Kruibeke	12/02/2019	x			
Kruibeke	11/04/2019				

Kruikeke	2/10/2019	x	x		
Kruikeke	13/05/2020	x	x		
Kruikeke	7/12/2020	x	x		
Kruikeke	31/05/2021	x	x		
Kruikeke	9/12/2021	x	x		
Liefkenshoek Veer	6/06/2019	x	x		
Liefkenshoek Veer	4/10/2019	x	x		
Liefkenshoek Veer	28/05/2020				
Liefkenshoek Veer	21/12/2020	x	x		
Liefkenshoek Veer	2/04/2021		x		
Liefkenshoek Veer	30/06/2021	x			
Liefkenshoek Veer	24/09/2021	x	x		
Melle	31/03/2017	x	x		
Melle	25/08/2017	x			
Melle	11/10/2017	x			
Melle	8/12/2017	x	x		
Melle	19/06/2018	x			
Melle	29/10/2018	x			
Melle	11/05/2020	x			
Melle	21/08/2020	x			
Melle	15/01/2021	x			
Melle	31/03/2021	x			
Melle	24/08/2021	x			
Oosterweel	7/10/2013				x
Oosterweel	3/02/2014				x
Oosterweel	7/11/2014				x
Oosterweel	21/01/2015				x
Oosterweel	16/11/2015				x
Oosterweel	5/02/2016				x
Oosterweel	13/09/2016				x
Oosterweel	1/03/2017				x
Oosterweel	8/06/2017				x
Oosterweel	6/09/2017				x
Oosterweel	18/01/2018				
Oosterweel	19/03/2018				x
Oosterweel	26/06/2018				x
Oosterweel	11/09/2018				x
Oosterweel	12/12/2018				x
Oosterweel	21/03/2019				x
Oosterweel	3/07/2019				x
Oosterweel	30/09/2019				x
Oosterweel	12/12/2019				x
Oosterweel	10/03/2020				x
Oosterweel	28/05/2020			x	
Oosterweel	15/12/2020			x	
Oosterweel	16/03/2021			x	x
Schellebelle	3/03/2017	x			
Schellebelle	26/06/2017				
Schellebelle	10/10/2017	x			
Schellebelle	6/12/2017	x	x		
Schellebelle	18/06/2018	x	x		
Schellebelle	29/10/2018	x	x		
Schellebelle	7/02/2019	x	x		
Schellebelle	8/04/2019				
Schellebelle	13/09/2019	x	x		
Schellebelle	11/05/2020	x			
Schellebelle	21/08/2020	x			
Schellebelle	15/01/2021	x	x		
Schellebelle	31/03/2021	x	x		
Tielrode	3/04/2018				
Tielrode	15/06/2018		x		
Tielrode	11/12/2018				

Tielrode	23/04/2019		x		
Tielrode	16/09/2019		x		
Tielrode	11/02/2020				
Tielrode	18/09/2020		x		
Tielrode	18/11/2020		x		
Tielrode	2/03/2021		x		
Tielrode	29/04/2021		x		
Tielrode	9/09/2021		x		
Weert	3/05/2018				
Weert	3/07/2018	x			
Weert	27/09/2018				
Weert	8/02/2019	x	x		
Weert	7/05/2019				
Weert	28/02/2020	x			
Weert	21/09/2020	x	x		
Weert	5/11/2020	x	x		
Weert	17/02/2021	x			
Weert	11/06/2021	x			
Weert	23/09/2021	x	x		

### C. Kalibratiecurves voor het jaar 2021

Het merendeel van de uitgevoerde kalibratiecampagnes wordt weerhouden voor het opstellen van de kalibratiecurve per locatie. In sommige gevallen zijn er echter geen turbiditeitsgegevens beschikbaar tijdens een campagne (zie Tabel 21). Deze campagnes worden uiteraard niet meegenomen. In andere gevallen zijn er zowel turbiditeitsdata beschikbaar afkomstig van het vast toestel, als van het mobiele toestel. In deze gevallen wordt het toestel weerhouden dat de beste correlatie geeft met de SSC pompstaalgegevens. In het geval van de Seaguard toestellen (relevant voor de locatie Oosterweel) worden er meerdere mobiele toestellen uitgezet tijdens een kalibratiecampagne. Ook hier wordt het mobiel toestel weerhouden dat de beste correlatie geeft met de SSC pompstaalgegevens.

Bij het opstellen van de kalibratiecurve per locatie vormen de weerhouden SSC-turbiditeitskoppels niet noodzakelijk een ideale case voor het gebruik van een lineaire regressie. Echter, gegeven het gebrek aan verantwoordbare alternatieven is er hier toch gekozen voor een dergelijke analyse. Om eventuele problemen met outliers te voorkomen is er gebruik gemaakt van *Cook's distance* om deze uit de data te censureren. Verder zijn de 95% confidence intervals bepaald door middel van een residuen bootstrap, een methode die robuster is tegen eventuele problematische aannames. Merk op dat we om bovenstaande redenen geen p-waarden rapporteren, deze zijn niet betrouwbaar in deze situatie.

Tabel 22 geeft de correlatie ( $R^2$ ) en Root Mean Squared Error (RMSE) van de turbiditeit-SSC relaties. Daarnaast wordt ook het aantal datakoppels (N) met en zonder outliers, de intercept en helling met 90% bootstrap intervallen, alsook de minima en maxima van de dataset getoond. De relatie is dan ook enkel geldig binnen deze grenzen, extrapolatie wordt afgeraden. Hoewel de RMSE op een niet te verwaarlozen gemiddelde afwijking duidt voor de verschillende relaties, blijkt uit  $R^2$  en de bootstrap intervallen dat de regressies van een goede kwaliteit zijn, met uitzondering van Melle.



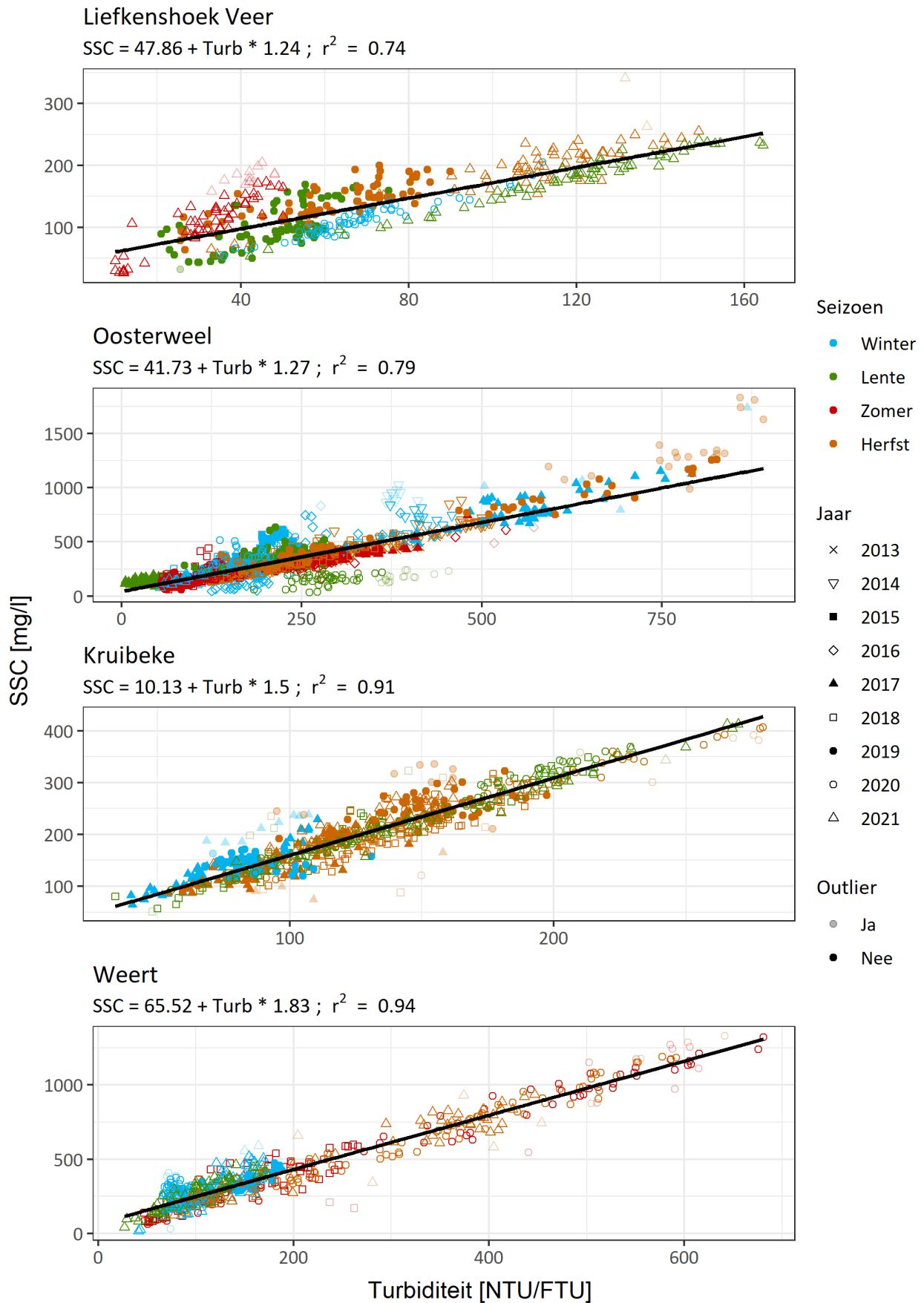
De bekomen relaties, samen met de meetpunten van de campagnes zijn weergegeven in Figuur 98 en Figuur 99. Merk op dat de legenda een vaste structuur volgt, waar het seizoen een vaste kleur heeft en de verschillende jaren een vast symbool. Voor nagenoeg alle posten volgen de kalibratie campagnes dit patroon (i.e. één campagne per kleur-symbool combinatie).

Gezien de beperkte kwaliteit van de Turb-SSC relatie voor Melle werd een aangepaste relatie opgesteld op basis van alle beschikbare pompstalen<sup>7</sup> die genomen werden over de periode 2012-2020 (Figuur 100).

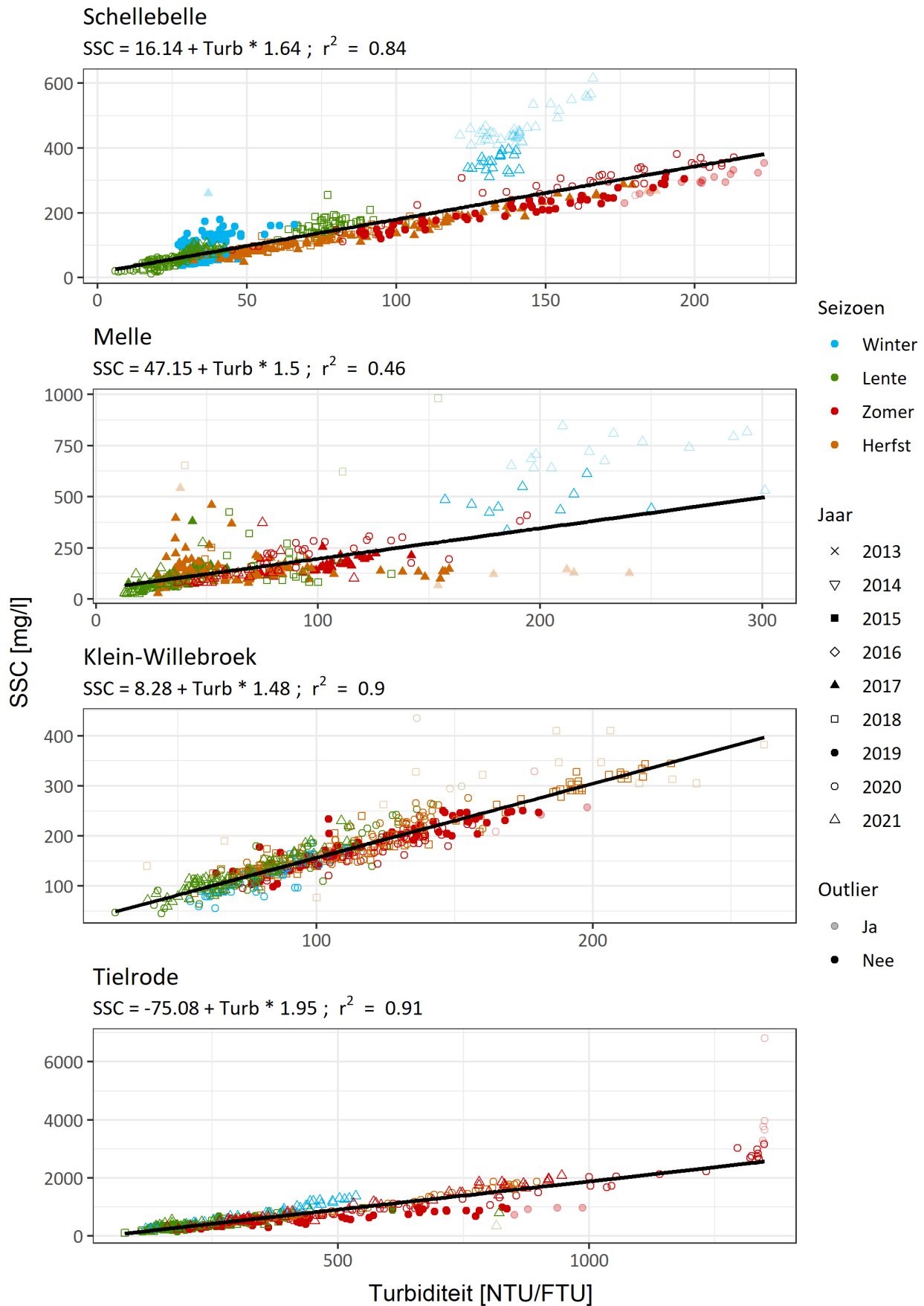
Tabel 22 – Overzicht kenmerken van de SSC-Turbiditeit relaties per meetlocatie.  
 Het aantal punten is zonder (en met) outliers, en de 90% confidence intervallen van de Intercept en Helling zijn via een residuelen bootstrap bepaald.

Locatie	N	R <sup>2</sup>	RMSE	Intercept	Helling	minTurb	maxTurb	minSSC	maxSSC
Klein-Willebroek	536 (557)	0.9	18.07	8.28 (3.61-12.94)	1.48 (1.44-1.53)	27	262	45	435
Kruikeke	670 (708)	0.91	20.27	10.13 (5.43-14.83)	1.5 (1.46-1.53)	34	279	51	413
Liefkenshoek Veer	400 (416)	0.74	25.98	47.86 (42.01-53.7)	1.24 (1.17-1.31)	10	164	26	341
Melle	336 (359)	0.46	66.92	47.15 (33.65-60.65)	1.5 (1.32-1.67)	13	301	26	981
Oosterweel	1271 (1323)	0.79	90.59	41.73 (32.35-51.12)	1.27 (1.24-1.31)	4	891	34	1833
Schellebelle	593 (649)	0.84	34.73	16.14 (11.3-20.98)	1.64 (1.58-1.7)	6	223	12	615
Tielrode	477 (488)	0.91	158.46	-75.08 (-100.61--49.56)	1.95 (1.9-2.01)	76	1349	100	6813
Weert	508 (534)	0.94	65.43	65.52 (55.84-75.19)	1.83 (1.79-1.87)	27	681	17	1331

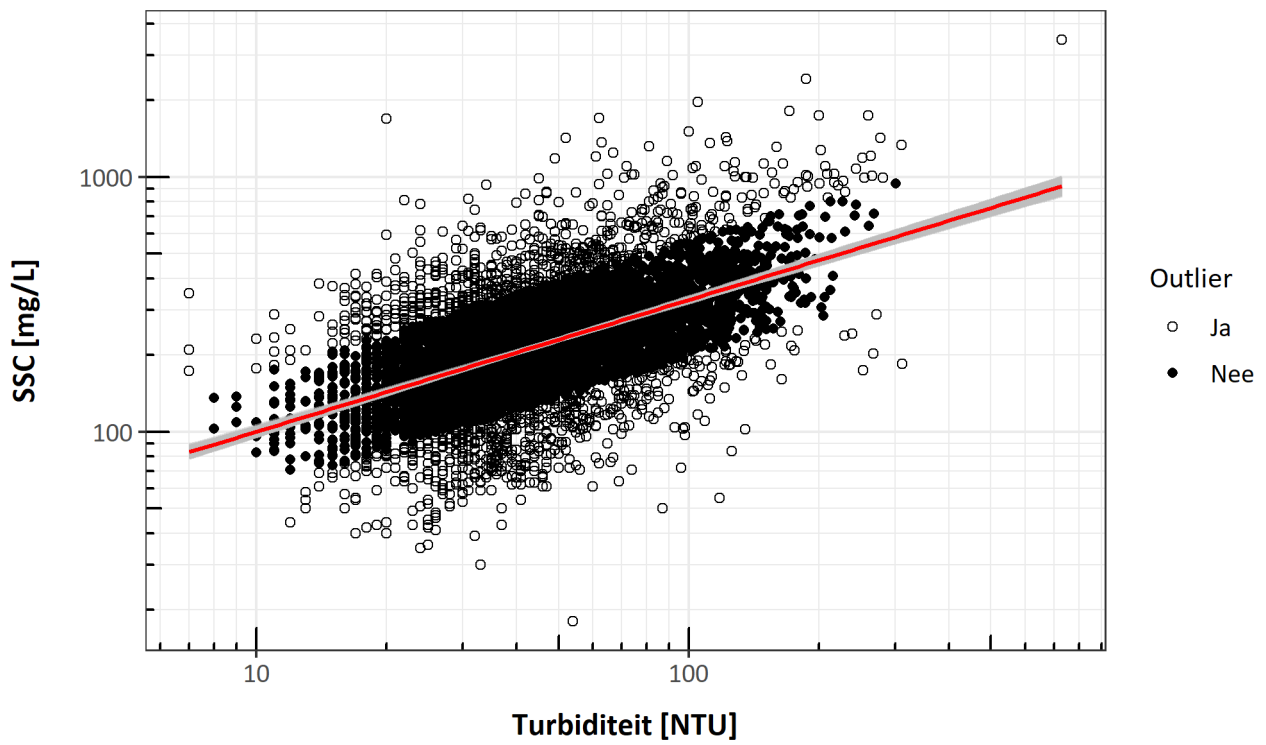
<sup>7</sup> Voor Melle zijn er naast de pompstalen genomen tijdens de kalibratiecampagnes ook pompstalen beschikbaar met een meetfrequentie van 14 uur. Deze dataset is beschikbaar tot en met 2016.



Figuur 98 – De SSC-turbiditeitsrelaties voor Liefkenshoek, Oosterweel, Kruibeke en Weert.



Figuur 99 – De SSC-turbiditeitsrelaties voor Schellebelle, Melle, Klein-Willebroek en Tielrode.



Figuur 100 – De aangepaste SSC – Turbiditeitsrelatie voor Melle.

DEPARTEMENT MOBILITEIT & OPENBARE WERKEN  
Waterbouwkundig Laboratorium

Berchemlei 115, 2140 Antwerpen

T +32 (0)3 224 60 35

F +32 (0)3 224 60 36

[waterbouwkundiglabo@vlaanderen.be](mailto:waterbouwkundiglabo@vlaanderen.be)

[www.waterbouwkundiglaboratorium.be](http://www.waterbouwkundiglaboratorium.be)