



QuickScan Systemanalyse Westerschelde

Q.J.F. Schürmann,
A.L. Breebaart,
J.W. de Jong



**WAARDEN
BURG**
Ecology

**we
consult
nature.**

QuickScan Systemanalyse Westerschelde

Q.J.F. Schürmann, A.L. Breebaart, J.W. de Jong

QuickScan Systeemanalyse Westerschelde

Q.J.F. Schürmann, A.L. Breebaart, J.W. de Jong

Status uitgave: Definitief

Rapportnummer:	25-383
Projectnummer:	24-0254
Datum uitgave:	30 januari 2026
Projectleider:	P.S. Peters
Tweede lezer:	dr. H.A. van der Jagt
Opdrachtgever:	Rijkswaterstaat Zee en delta Wouter Quist Postbus 2232 3500 GE Utrecht
Referentie opdrachtgever:	RWS-2024 / 10433
Akkoord voor uitgave:	H.A. van der Jagt
Foto omslag:	Job de Jong / Waardenburg Ecology
Datum akkoord:	28 januari 2026

Graag citeren als: Schürmann, Q.J.F., A.L. Breebaart, J.W. de Jong 2026. QuickScan Systeemanalyse Westerschelde. Rapportnr. 25-383. Waardenburg Ecology.

Trefwoorden: Systeemanalyse, KRW-lichamen, Westerschelde

Waardenburg Ecology is niet aansprakelijk voor gevolgschade, alsmede voor schade welke voortvloeit uit toepassingen van de resultaten van werkzaamheden of andere gegevens verkregen van Waardenburg Ecology. Opdrachtgever hierboven aangegeven vrijwaart Waardenburg Ecology voor aanspraken van derden in verband met deze toepassing.

© Waardenburg Ecology / Rijkswaterstaat Zee en Delta

Dit rapport is vervaardigd op verzoek van opdrachtgever en is zijn eigendom. Niets uit dit rapport mag worden vervaardigd en/of openbaar gemaakt worden d.m.v. druk, fotokopie, digitale kopie of op welke andere wijze dan ook, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de opdrachtgever hierboven aangegeven en Waardenburg Ecology, noch mag het zonder een dergelijke toestemming worden gebruikt voor enig ander werk dan waarvoor het is vervaardigd.

Waardenburg Ecology is een handelsnaam van Bureau Waardenburg BV. Lid van de branchevereniging Netwerk Groene Bureaus. Het kwaliteitsmanagementsysteem is gecertificeerd door EIK Certificering overeenkomstig ISO 9001:2015. Waardenburg Ecology hanteert als algemene voorwaarden de DNR 2011, tenzij schriftelijk anders wordt overeengekomen.

Waardenburg Ecology Varkensmarkt 9, 4101 CK Culemborg, 0345 512710
info@waardenburg.eco, www.waardenburg.eco



Inhoud

1	Inleiding	6
	DEEL A	10
2	Historisch perspectief	10
3	Voorwaarden gezond ecosysteem	13
3.1	Kaders	13
	Randvoorwaarde 1: Een goede (hydro)morfologische en hydrologische toestand.	14
	Randvoorwaarde 2: Een goede fysisch-chemische waterkwaliteit.	15
	Randvoorwaarde 3: Een goede leefgebied kwantiteit en kwaliteit	16
	Randvoorwaarde 4: Een gezond voedselweb.	18
	Randvoorwaarde 5: Een goed functionerende schakel	20
	Een goede weerbaarheid	20
4	Systeembeschrijving nu	21
4.1	Systeemvoorwaarden	21
4.2	Stroming	23
4.3	Structuren	25
4.4	Stoffen	26
4.5	Soorten	30
4.6	Systeemfunctioneren: Interacties en samenhang	37
4.7	Overige drukfactoren	39
5	Systeembeschrijving met autonome ontwikkelingen	41
5.1	Systeemvoorwaarden en stroming	41
5.2	Structuren	41
5.3	Stoffen en soorten	42
6	Scoren ecosysteemgezondheid	44
6.1	Huidige situatie	44
6.2	Situatie met autonome ontwikkelingen	46
	DEEL B	47
7	Beleidsdoel/beheervraag	47
8	Terugredeneren vanuit 5S structuur	48
8.1	Integrale behandeling van het probleem	48
8.2	Conclusie	52
	DEEL C	53



9	Onderzoeks- en maatregelagenda	53
9.1	Onderzoek	53
9.2	Maatregelen	54
	Referenties	55
	Dankwoord	60
Bijlage I	Achtergrondinformatie Westerschelde	61
Bijlage II	Notulen workshop 02-10-2024	64
Bijlage III	Uitwerking beleidskaders	68
Bijlage IV	Klimaat Zuidwestelijke Delta	74
Bijlage V	Schorren	80
Bijlage VI	Macrofaunagemeenschap	81



1 Inleiding

Aanleiding

Rijkswaterstaat Zee en Delta (RWS-ZD) is de uitvoerend beheerder van de watersystemen in de Zuidwestelijke Delta en als assetmanager verantwoordelijk voor het behalen van de gestelde doelen binnen de beleidskaders voor deze watersystemen. Om een goede waterkwaliteit en ecologische staat te waarborgen, zijn er verscheidene beleidskaders van kracht. Het gaat onder andere om de Kaderrichtlijn Water (KRW) en Natura 2000 (N2000). Als beheerder en assetmanager is RWS-ZD verantwoordelijk voor de waterkwaliteit en ecologie van deze watersystemen.

Het huidige beheer van de watersystemen in de Zuidwestelijke Delta richt zich op probleemgericht beheer, waarbij problemen of processen worden onderzocht en opgelost wanneer deze zich voordoen. Dit resulteert voornamelijk in korte termijnplannen, terwijl beheer op de lange termijn mist. De Westerschelde vormt hierop een uitzondering. Het estuarium behoort tot de best onderzochte watersystemen van Nederland en kent een uitgebreide kennisbasis, opgebouwd uit langdurig onderzoek en structurele monitoring. Binnen beleidskaders zoals Natura 2000 en de Programmatische Aanpak Grote Wateren (PAGW) wordt deze kennis actief benut ter onderbouwing van beheer- en herstelmaatregelen. Desondanks is verdere verdieping van het ecologisch systeembegrip noodzakelijk, met name om de effecten van toekomstige ontwikkelingen zoals klimaatverandering, sedimentdynamiek en gebruiksdruk beter te kunnen voorspellen en integreren in adaptief beheer.

In de afgelopen jaren zijn er diverse studies en rapportages uitgekomen over de status van de watersystemen in de Zuidwestelijke Delta, maar ontbreekt de samenhang en een diepgaand begrip over het functioneren. Samenhang en systeemkennis zijn essentieel voor toekomstplannen, en voor het goed kunnen onderbouwen welke maatregelen genomen moeten worden om watersystemen robuuster, gezonder en toekomstbestendiger te maken. Daarom is het belangrijk vanuit bestaande kennis de stap te maken naar systeem functioneren aan de hand van systeemanalyses.

Dit rapport is het product van de QuickScan systeemanalyse voor de Westerschelde.

Voor de volgende waterlichamen is ook een QuickScan systeemanalyse opgesteld:

- Volkerak/Zoommeer/Eendracht/Bathse Spuikanaal
- Grevelingenmeer
- Veerse Meer
- Oosterschelde

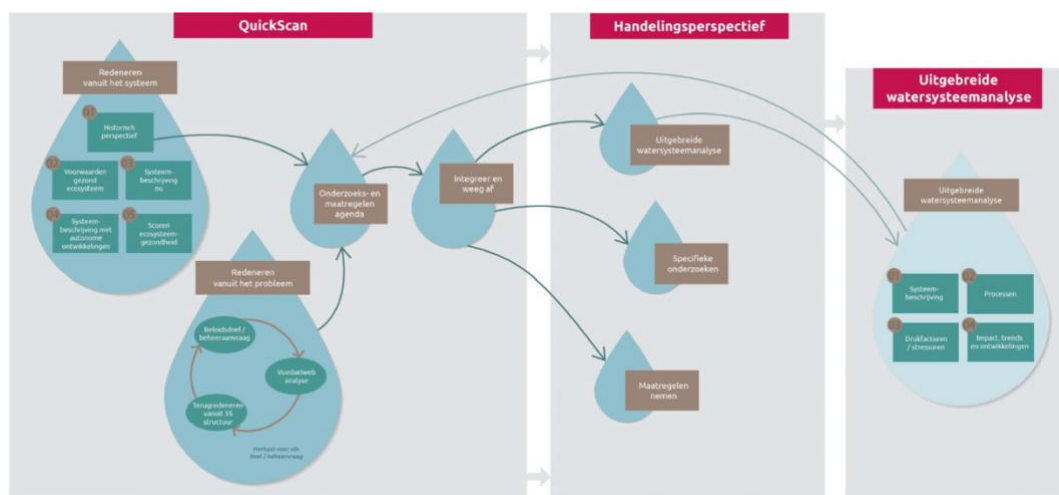


Doelen

Een QuickScan Systeemanalyse is een grove watersysteemanalyse die uitgevoerd wordt in samenwerking met beheerders, experts en gebiedspartijen. Het doel van deze analyse is om een eenduidig beeld te krijgen van het functioneren van het watersysteem om deze beter te kunnen beoordelen op de gezondheid en toekomstbestendigheid. Hierbij wordt de huidige kennis van het watersysteem vanuit het 5S model (zie volgende paragraaf) in kaart gebracht met actuele toestanden en trends. Bovendien worden problemen (en de bijbehorende ecologisch risico's) t.o.v. waterbeheer, mogelijke oplossingsrichtingen en kennishiaten geïnventariseerd om tot een gezond, goed functionerend en toekomstbestendig watersysteem te komen. De uitkomst van een QuickScan dient als een basis voor instandhouding en beheer van het gebied of verdere analyse (zie hieronder). Het moet de beheerder van een gebied handvatten geven om toekomstplannen voor waterbeheer te maken.

Methode

Voor de analyse is gebruik gemaakt van het Raamwerk Ecologische Watersysteemanalyse (Foppe & Van Bets, 2023). Binnen het raamwerk worden drie stappen onderscheiden, (1) QuickScan, (2) Handelingsperspectief en (3) Uitgebreide watersysteemanalyse (Figuur 1.1). Als eerste wordt een watersysteemanalyse op hoofdlijnen uitgevoerd in de vorm van een QuickScan. Dit moet een grof beeld geven van het functioneren van het watersysteem volgens het 5S model. Wanneer dit beeld incompleet is kunnen de daaropvolgende stappen worden uitgevoerd totdat een diepgaand begrip van het systeem is bereikt. Indien de QuickScan leidt tot voldoende inzicht kan dit leiden tot effectieve set maatregelen. Zo niet, dan kunnen mogelijke onzekerheden of kennishiaten verder onderzocht worden door specifieke onderzoeken of, in stap 3, een uitgebreide watersysteemanalyse. Dit laatste is bedoeld om datgene wat in de QuickScan is onderzocht verder uit te diepen om tot een beter begrip van het watersysteem te komen.



Figuur 1.1 Het Raamwerk Ecologische Watersysteemanalyse uit Foppe & Van Bets (2023), met de opeenvolgende stappen (1) QuickScan, (2) Handelingsperspectief en (3) Uitgebreide watersysteemanalyse.



Dit rapport betreft de verslaglegging van het doorlopen van de eerste stap van het raamwerk; de QuickScan. Binnen de QuickScan worden twee routes genomen om het systeem te doorgronden, namelijk 'Redeneren vanuit het systeem' en 'Redeneren vanuit het probleem'. De uitwerking van deze routes leidt tot een 'Onderzoeks- en maatregelenagenda'.

In de uitwerking 'Redeneren vanuit het systeem' in Deel A van dit rapport worden de volgende stappen beschreven:

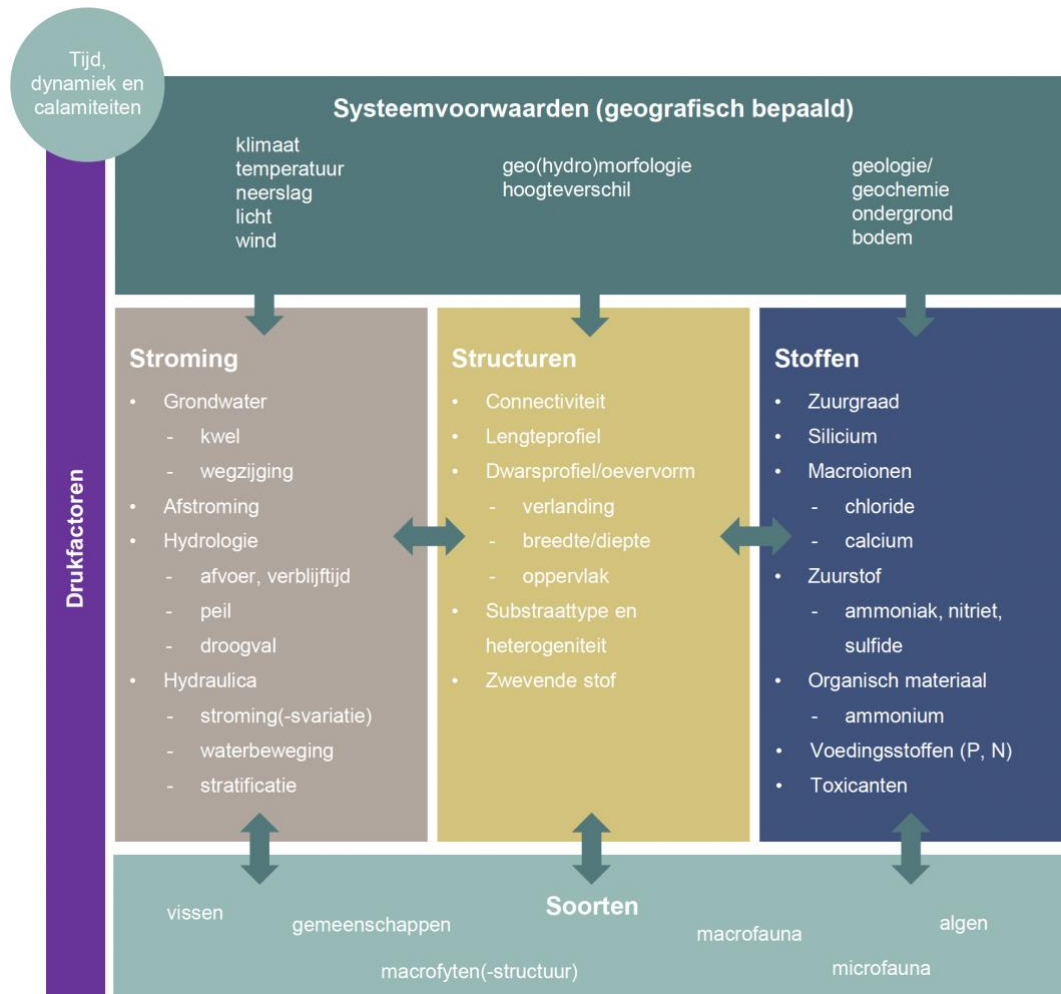
1. Uitzoomen in het historisch perspectief.
2. De randvoorwaarden van een gezond ecosysteem worden bepaald door een groep experts aan de hand van indicatoren.
3. Systeembeschrijving van de huidige situatie.
4. Systeembeschrijving met autonome ontwikkelingen.
5. Het scoren van de gezondheid van het ecosysteem.

De systeembeschrijving van de huidige situatie en die met autonome ontwikkelingen worden aan de hand van het 5S model beschreven. Binnen het 5S model worden de volgende vijf S'en behandeld: Systeemvoorwaarden, Stroming, Structuren, Stoffen en Soorten (Figuur 1.2). Het doorlopen van het 5S model heeft als doel dat alle facetten van het watersysteem bekeken worden in de QuickScan. Het 5S model is overgenomen uit het Raamwerk Ecologische Watersysteemanalyse met de volgende twee aanpassingen:

1. Tijd, dynamiek en calamiteiten zijn toegevoegd om aan te geven dat deze factoren van groot belang zijn.
2. De pijlen die de invloed aangeven gaan beide kanten op omdat de verschillende S'en elkaar wederzijds beïnvloeden. Eerst gingen ze maar één richting op. Afgeleid van het DPSIR-model is links de kolom drukfactoren toegevoegd, deze kunnen alle 5 S'en beïnvloeden.

Voor deel B 'Redeneren vanuit het probleem' wordt het probleem als vertrekpunt gekozen, zodat oorzaken geïdentificeerd worden en oplossingen aangedragen worden. In dit deel wordt gestart met het beleidsdoel of de beheeraanvraag. Vervolgens wordt ook hier het 5S model toegepast om terug te redeneren naar de oorzaken. Extra aandacht wordt besteed aan de drukfactoren binnen het 5S model.

In deel C 'Maatregelen' wordt een onderzoeks- en maatregelenagenda opgesteld die voortkomt uit de analyse in Deel A en Deel B.



Figuur 1.2 Het 5S-model. Aangepast van: Foppe & Van Bets (2023).



DEEL A

Leeswijzer

Hoofdstuk 2 biedt een historisch perspectief van de Westerschelde en beschrijft enkele belangrijke ontwikkelingen die hebben geleid tot de situatie die we nu kennen. Vervolgens worden randvoorwaarden en indicatoren van een gezonde Westerschelde beschreven (hoofdstuk 3). In hoofdstuk 4 en hoofdstuk 5 worden de huidige situatie en autonome ontwikkeling van de Westerschelde beschreven. Tot slot wordt aan de hand van de randvoorwaarden en indicatoren (hoofdstuk 3) de huidige (hoofdstuk 4) en autonome situatie (hoofdstuk 5) beoordeeld in hoofdstuk 6.

2 Historisch perspectief

In dit hoofdstuk zijn de historische ontwikkelingen van de Westerschelde beschreven die belangrijk zijn voor het functioneren van het huidige ecosysteem.

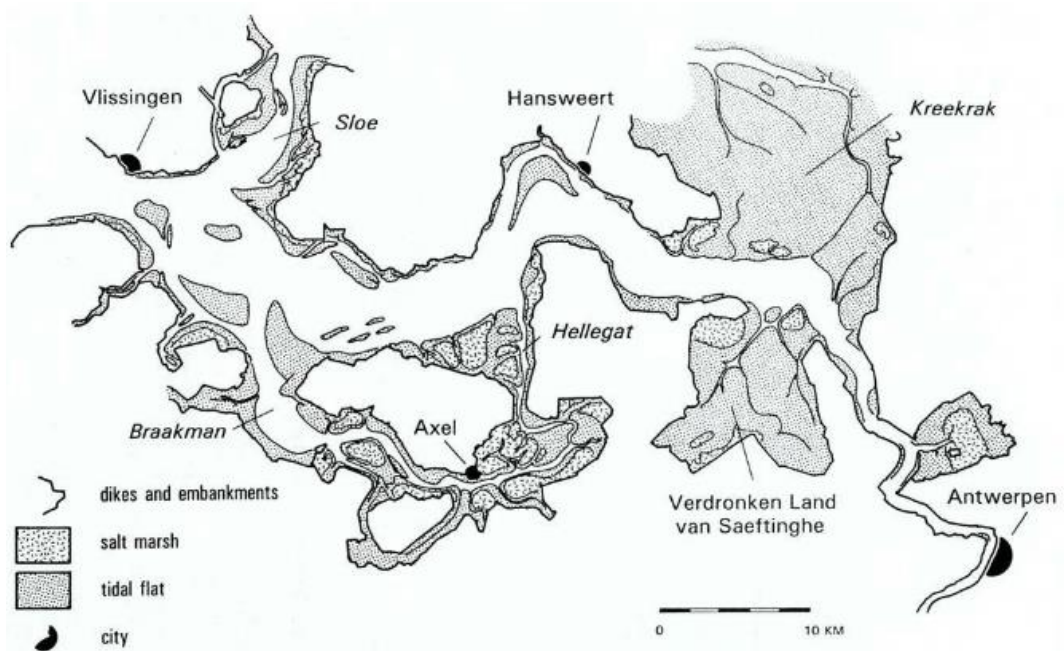
Historische ontwikkeling

De Westerschelde is ontstaan uit getijgeul de Honte. De Honte breidde zich sinds de vroege middeleeuwen landinwaarts uit en raakte verbonden met de Schelderivier ten noorden van Antwerpen. Zo ontstond een nieuwe benedenloop van de rivier die de Oosterschelde als originele benedenloop verving (Deltares, 2011). Vanaf de 14^e eeuw was de Westerschelde voldoende diep voor een nieuwe scheepvaartroute naar Antwerpen. Daarna ontwikkelde de Westerschelde zich tot een groot getijbekken in de 17^e eeuw (Deltares, 2011). Aan de noordzijde bevonden zich de ondiepe gebieden 'Sloe' en 'Kreekrak', die een wantij-achtig karakter hadden. Via deze gebieden was de Westerschelde verbonden met de Oosterschelde. Aan de zuidzijde bevonden zich de zijtakken Braakman, Hellegat en het Verdrongen Land van Saeftinghe, waar zich uitgestrekte schorren en slikken bevonden (Figuur 2.1). Deze zijtakken hadden een groot waterbergend vermogen (Deltares, 2011).

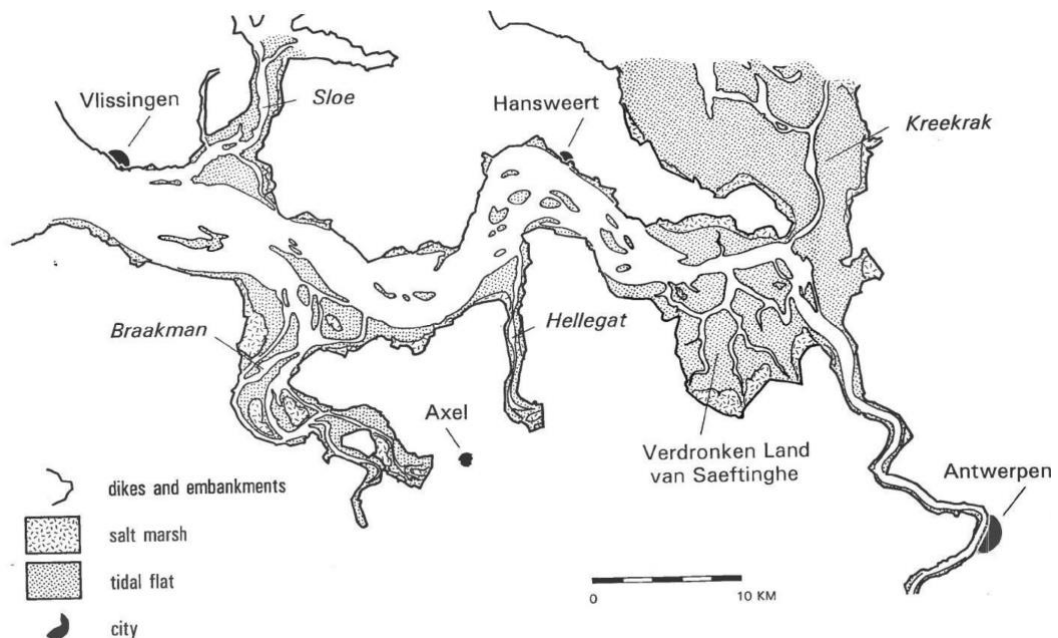
Vanaf de 17^e eeuw nam de omvang van de Westerschelde geleidelijk weer af. De platen en slikken in de zijtakken slibden op en namen sterk toe in hoogte, waardoor er schorvorming plaatsvond en het waterbergend vermogen van de zijtakken sterk afnam. Uiteindelijk zijn veel schorgebieden bedijkt en ingepolderd (Figuur 2.2). Vooral sinds de 19^e eeuw zijn de grenzen van het estuarium steeds meer vastgelegd. De Westerschelde versmalde door het afdammen van het Sloe en het Kreekrak. Hiermee werd de verbinding met de Oosterschelde definitief verbroken. In de 20^e eeuw zijn de Braakman en Hellegat afgedamd. Ook het Verdrongen Land van Saeftinghe is kleiner geworden door de geleidelijke indijking van schorren (Figuur 2.3). Als gevolg van de indijkingen en



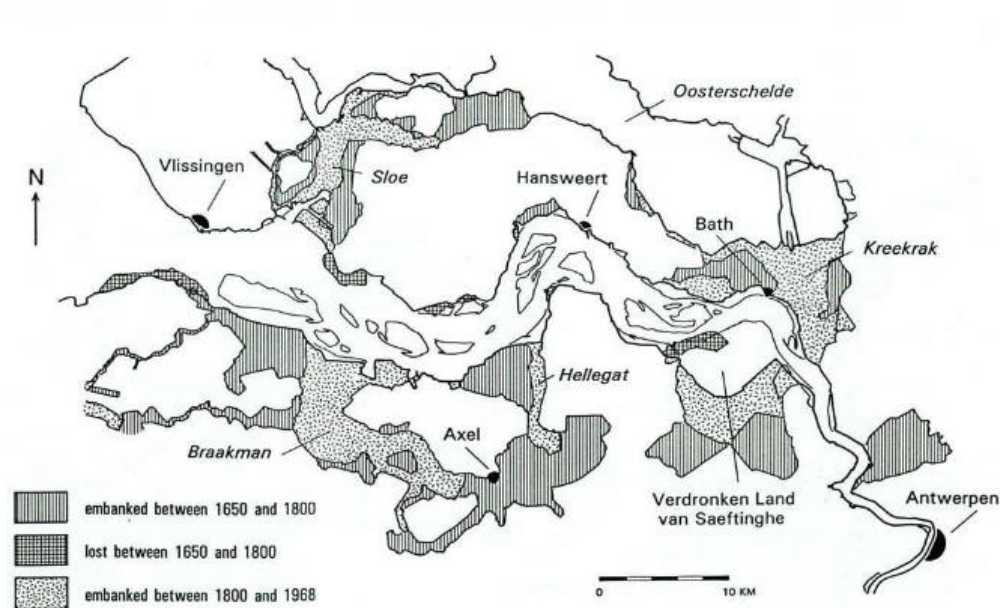
inpolderingen is het intergetijdengebied afgenomen van 295 km² in 1650 tot 104 km² in 1986, een afname van ongeveer 65%.



Figuur 2.1 Het Schelde estuarium rond 1650 met schorren (salt marsh), platen en slikken (tidal flat). Bron: Van der Spek (1994).



Figuur 2.2 Het Schelde estuarium rond 1800 met schorren (salt marsh), platen en slikken (tidal flat) en dijken en inpolderingen. Bron: Van der Spek (1994).



Figuur 2.3 Aanslibbing en bedijking van schorren en slikken in het Schelde estuarium tussen 1650 en 1968. Bron: Van der Spek (1994).

Vaargeulonderhoud

Vanaf de jaren '70 van de vorige eeuw zijn vaargeulonderhoud en zandwinning sturende factoren in de ontwikkeling van het systeem. Sindsdien hebben een drietal verdiepingen van de vaargeul plaatsgevonden om de haven van Antwerpen bereikbaar te houden voor steeds grotere zeeschepen. De laatste verdieping is in 2010 afgerond. Door de opeenvolgende verdiepingen/verruiming van de vaargeul, in combinatie met zandwinning, is het doorstroomoppervlak toegenomen, in het bijzonder stroomopwaarts vanaf Hansweert. Dit deed de getijslag verder toenemen. Een verdere toename in getijslag is voorkomen door het recent stoppen met zandwinning en aanpassing van de stortstrategie. Tegenwoordig richt de strategie zich op het behouden van het sediment in het systeem.

Ontwikkeling van de chemische waterkwaliteit

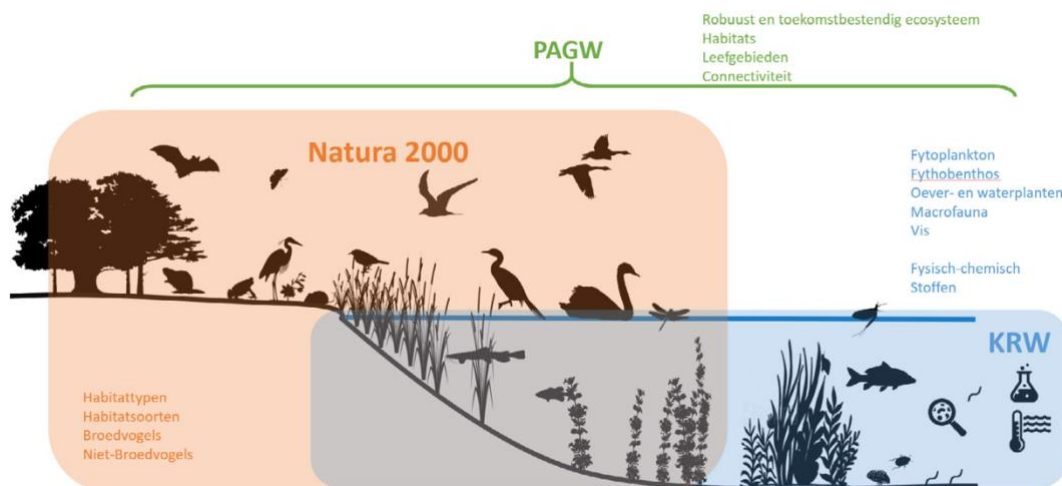
Tot ongeveer 1950 was de waterkwaliteit in het Schelde-estuarium op orde en functioneerde het ecosysteem naar behoren. Daarna verslechterde de waterkwaliteit substantieel, met name in de Zeeschelde (Billen et al., 2005). Doordat de Zeeschelde en Westerschelde samen één estuarium vormen, had dit ook een grote invloed op het functioneren van de Westerschelde. Als gevolg van lozingen van afvalstoffen was er regelmatig zuurstofloosheid in de Zeeschelde, waardoor de ecologie sterk achteruit ging (VNSC, 2019). Door de ingebruikname van afvalwaterzuiveringen is de waterkwaliteit in de Zeeschelde, en daarmee de Westerschelde, sterk verbeterd sinds 2003. Door een verminderde afvalvracht nam de zuurstofvraag vanuit de bodem en waterkolom af en kwam de primaire productie weer op gang. Deze verbetering zette zich door tot aan 2009 (VNSC, 2019). Gedurende diezelfde periode nam de concentratie van zware metalen en andere toxische stoffen ook af. Hierdoor nam de abundantie vis in het estuarium toe (VNSC, 2019). Door recente inzichten over PFAS en verbeterde analysemethoden is er meer aandacht ontstaan voor deze groep verontreinigende stoffen.

3 Voorwaarden gezond ecosysteem

Voor een goede watersysteemanalyse is het belangrijk om te bepalen wat een goed functionerend en gezonde Westerschelde is. Dit is gezamenlijk verkend met een groep experts tijdens een workshop die op 25 juni 2025 heeft plaatsgevonden (Bijlage III). Tijdens deze workshop zijn randvoorwaarden voor een goed functionerende Westerschelde geïdentificeerd en is, waar mogelijk, een kwantitatieve invulling van relevante indicatoren gegeven.

3.1 Kaders

In dit hoofdstuk is beschreven wat een goed functionerend en gezond ecosysteem in de Westerschelde is. De verschillende beleidsdoelen die voor de Westerschelde gelden, zoals Kaderrichtlijn Water (KRW), Natura 2000, Programmatische Aanpak Grote Wateren (PAGW), OSPAR, Klimaatbestendige netwerken en Assetmanagement Natuur en waterkwaliteit, hebben vaak een bredere focus dan alleen het watersysteem (zie Bijlage II). Zie Figuur 3.1 de samenhang tussen KRW, Natura 2000 en PAGW.



Figuur 3.1 Samenhang tussen KRW, Natura 2000 en PAGW (visualisatie door R. Heinis, RWS, 2020).

Tijdens deze QuickScan Systeemanalyse is rekening gehouden met diverse kaders die binnen deze studie als onveranderlijk worden beschouwd. Voor de Westerschelde zijn dit de diverse waterkeringen en -weringen, zoals dijken, sluisen en doorlaten. Ook moet de bereikbaarheid van de Haven van Antwerpen in stand worden gehouden. Hierdoor wordt de dynamiek in het estuarium gelimiteerd. De voorliggende rapportage gaat zo veel mogelijk uit van deze kaders, maar dit beperkt wel de mogelijkheden voor een duurzame oplossing voor sommige ecologische en geomorfologische problemen.



De Westerschelde wordt beschouwd als een gezond ecosysteem wanneer het voldoet aan de volgende randvoorwaarden: (1) een goede (hydro)morfologische en hydrologische toestand, (2) een goede waterkwaliteit, (3) een goede leefgebiedkwantiteit en -kwaliteit, (4) een gezond voedselweb, en (5) een goed functionerende schakel tussen systemen. Bij het voldoen aan deze randvoorwaarden is de Westerschelde een robuust en veerkrachtig, weerbaar watersysteem. Om deze randvoorwaarden toetsbaar te maken, gebruiken we indicatoren die deels afkomstig zijn uit bestaande beleidsdoelen (KRW, Natura 2000, PAGW, etc.). Ze zijn aangevuld met indicatoren die opgesteld zijn onder de langetermijnvisie (LTV2030) die de economie, veiligheid en natuur moet waarborgen in het Schelde-estuarium (Consortium Schelde in Beeld, 2022). Deels zijn indicatoren speciaal voor dit project ontworpen. Waar de randvoorwaarden gelden voor alle waterlichamen, zoals goede waterkwaliteit, is de invulling van de indicatoren specifiek gemaakt voor het waterlichaam Westerschelde.

Randvoorwaarde 1: Een goede (hydro)morfologische en hydrologische toestand.

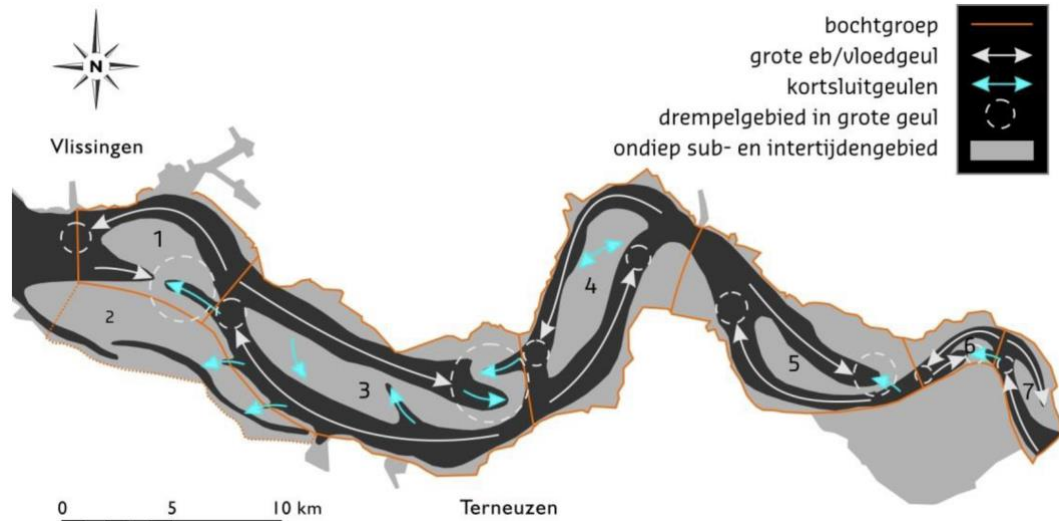
Natuurlijke hydrologische en (hydro)morfologische processen van een estuarium, met getijdenbeweging als belangrijke pijler, liggen aan de oorsprong van het mozaïek van verschillende leefgebieden in een estuarium zoals de Westerschelde. De buitendijkse ruimte en getijdendynamiek in de Westerschelde faciliteren een meergeulensysteem dat zich kenmerkt door heterogeniteit van diepe geulen, beschut ondiep water en droogvallende delen. Een goede connectiviteit met zowel de Noordzee als het achterland is belangrijk voor de aanvoer van sediment en voedingsstoffen. Sedimentdynamiek is belangrijk voor de instandhouding van de platen, slikken en schorren. Dynamiek en heterogeniteit van verschillende leefgebieden vormen de basis van leefgebieden voor soorten. Voor een beschrijving van enkele morfologische begrippen wordt verwezen naar hoofdstuk 4.

Hydromorfologische en hydrologische processen zijn in de basis dynamisch en daardoor niet te vatten in indicatoren en toetswaarden (Consortium Schelde in Beeld, 2022). Het opstellen van indicatoren kan juist een tegengesteld effect hebben en leiden tot verdere verstarring of beperking van dynamiek. Daarom dient de (hydro)morfologische en hydrologische toestand enkel kwalitatief beoordeeld te worden aan de hand van verklarende parameters. De verklarende parameters die tot een volledige hydromorfologische systeembeschrijving moeten leiden zijn: Dieptekaart, erosie/sedimentatie-kaart, bodemsamenstelling, geologie, sedimentbalans, menselijke activiteiten, hellingskaart, dimensionering, watervolume geulen in relatie tot volume van ingrepen, zand-/sedimentbalans, sedimenttransport-capaciteit en hydrodynamica. Een beschrijving van deze verklarende parameters is gegeven in Consortium Schelde in Beeld (2022).

Om de morfologische processen en ontwikkelingen te analyseren en te toetsen wordt de Westerschelde opgedeeld in deelgebieden (macrocellen). Eén macrocel (of bochtgroep) bestaat uit een (grotere) ebgeul en een vloedgeul (Figuur 3.2). Op de drempels, waar eb-



en vloedgeul elkaar tegenkomen, ligt de grens tussen twee macrocellen. De macrocellen vormen daarmee een morfologische eenheid (Jeuken et al., 2002).



Figuur 3.2 Visualisatie van het meergeulensysteem in de Westerschelde met een onderscheid in bochtgroepen (macrocellen), eb- en vloedgeulen, kortsluitgeulen, drempels en ondiepe gebieden. Bron: Maris et al. (2014).

Stroomsnelheid bepaalt het voorkomen van laag- en hoogdynamische leefgebieden en wordt daarom meegenomen in randvoorwaarde 3 (een goede leefgebiedkwantiteit en -kwaliteit).

Randvoorwaarde 2: Een goede fysisch-chemische waterkwaliteit.

Een gezond ecosysteem heeft een goede waterkwaliteit nodig als leefomgeving voor organismen. Te hoge temperaturen en zuurstofloosheid leiden tot acute sterfte en maken gebieden op korte en lange termijn ongeschikt voor flora en fauna. Voedingsstoffen, in een niet te hoge of lage concentratie en in de juiste verhouding, zijn belangrijk als basis van een gezond voedselweb. Te hoge concentraties verontreinigende stoffen leiden tot een verminderde vitaliteit of sterfte van organismen. Een verslechterde waterkwaliteit kan daardoor leiden tot het verdwijnen van gewenste soorten of verdringing door ongewenste soorten.

Tabel 3.1 De grenswaarden tussen een goed en zeer goed oordeel voor fysisch-chemische parameters binnen de KRW voor de Westerschelde (STOWA, 2024).

Kwaliteitselement	Indicator	Manier van beoordeling	Oordeel	
			Goed	Zeer goed
Nutriënten	Winter-DIN	Wintergemiddelde	≤ 0,46 mg N/l	≤ 0,22 mg N/l
Thermische omstandigheden	Dagwaarde	98 percentiel	≤ 25 °C	≤ 21 °C
Zuurstofhuishouding	Verzadiging	Zomergemiddelde	60 – 120%	80 – 120%



Om de indicatoren voor een goede fysisch-chemische waterkwaliteit op te stellen zijn de KRW-doelen gebruikt (Tabel 3.1). Daarnaast omvat deze randvoorwaarde de geldende normen voor nieuwe, prioritaire en specifiek verontreinigende stoffen. Ook van de stoffen die (nog) niet genormeerd zijn, wordt in een vroeg stadium bepaald wat mogelijke consequenties zijn voor het watersysteem van de Westerschelde.

Indicatoren:

- Voldoen aan een goede toestand voor de KRW-doelen voor de fysisch-chemische parameters (STOWA, 2024). Hier gaat het zowel om de doelen voor KRW-waterlichaam Westerschelde als Zeeuwse kust (kustwater). Bij overlappende doelen wordt het strengste doel overgenomen.
- De verhouding tussen nutriënten voldoet aan de Redfield ratio; C:N:P:Si = 106:16:1:20 (Consortium Schelde in Beeld, 2022).
- Voldoen aan de geldende KRW-normen voor nieuwe, prioritaire stoffen en specifiek verontreinigende stoffen (STOWA, 2024).

Randvoorwaarde 3: Een goede leefgebied kwantiteit en kwaliteit

Een gezonde Westerschelde heeft dankzij het getij en de daarbij horende morfologische heterogeniteit een afwisseling van leefgebieden, van voldoende omvang en goede kwaliteit. De Westerschelde is een dynamisch gebied met een heterogeen mozaïek van deelsystemen dat bestaat uit geulen, ondiep water, intergetijdengebieden en schorren. Heterogeniteit en rust geven ruimte aan een hoge diversiteit van soorten en van verschillende levensstadia. De stroomsnelheid speelt hier een belangrijke rol in. Op plekken waar het water harder stroomt wordt grover zand afgezet, terwijl in langzaam stromende gebieden fijner sediment wordt afgezet. Deze laagdynamische gebieden zijn over het algemeen rijker dan de hoogdynamische gebieden met grof zand. Het is van belang dat zowel laag- als hoogdynamische gebieden op verschillende dieptes in het estuarium voorkomen. Wanneer deze leefgebieden van hoge kwaliteit zijn, bieden zij ook een habitat voor hogere trofische niveaus. Om de kwaliteit te toetsen wordt enkel naar macrofauna gekeken.

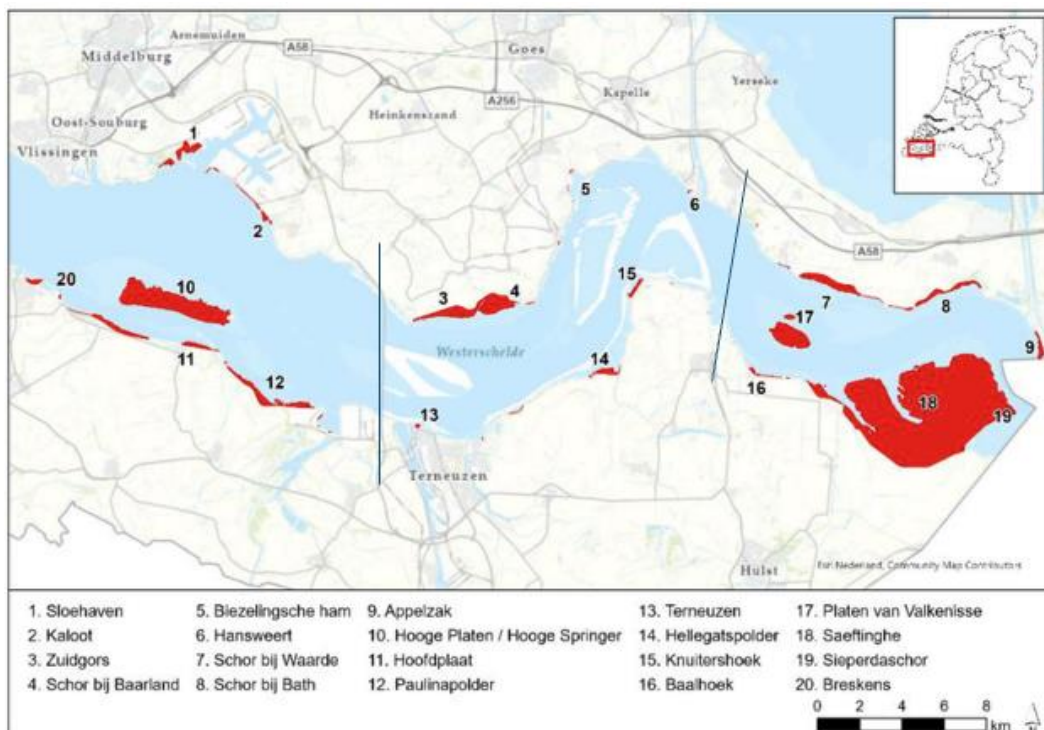


Figuur 3.3 De grens tussen zout en variabel brak voor de zoutkaart, op basis van de OMES-vakgrens polyhalien-mesohalien. Bron: Rijkswaterstaat (2017).



Het is belangrijk dat de verschillende leefgebieden verspreid over de Westerschelde aanwezig zijn, zodat (levensstadia van) verschillende soorten in elk deelgebied kunnen voorkomen. Voor de leefgebieden voor macrofauna wordt een verdeling in deelgebieden gebruikt op basis van de saliniteit van het water en deze sluit aan bij de monitoring die wordt uitgevoerd voor MWTL (Figuur 3.3).

Voor schorren geldt dat het zoutgehalte van het water de samenstelling van de schorvegetatie sterk beïnvloedt. Daarnaast is de overstromingsfrequentie bepalend voor de soortensamenstelling van schorren. Overstromingsfrequentie heeft vooral effect op de schorzoning (pionier, laag, midden, hoog en brak) (Rozema et al., 1985). Voor schorren wordt daarom aangesloten bij de deelgebieden die worden gebruikt bij VEGWAD-karteringen, die gebaseerd zijn op de saliniteit van het water (Figuur 3.4). Van zout naar brak worden de deelgebieden west, midden en oost onderscheiden (Hoefsloot et al., 2025). Een schor moet een minimale oppervlakte hebben om verjonging door cyclische processen toe te laten en een volledige biodiversiteit te ondersteunen. Beeftink (1984) en Bal et al. (2001) stellen een minimaal areaal van 500 ha voor per deelgebied. Kleine schorren kunnen namelijk wel belangrijke ecologische functies of een gevarieerde soortgemeenschap ondersteunen, maar de mogelijkheden hiervoor zijn kleiner dan voor grotere (bredere) schorren (van Puijenbroek et al., 2025). Het voorkomen van kleine schorren hoeft dus niet per definitie slecht te zijn, zolang omliggende schorren maar van voldoende formaat zijn dat de mogelijkheden voor het voorkomen van verschillende ecologische functies en vegetatiezones of plantgemeenschappen ondersteund wordt.



Figuur 3.4 Ligging van in 2022 gekarteerde VEGWAD gebieden. Breskens (20) valt niet onder schorvegetatie. De getekende lijnen geven de splitsing tussen deelgebieden west, midden en oost weer. Aangepast van Hoefsloot et al. (2025).



Zeegras heeft nooit een grote rol van betekenis gespeeld in de Westerschelde en wordt daarom niet als indicator opgenomen in de randvoorwaarde voor leefgebied (Consortium Schelde in Beeld, 2022).

Indicatoren kwantiteit:

- Voldoen aan het areaal schorren (KRW Overige waterflora) met minimaal 500 ha in deelgebieden west, midden en oost.
- Voldoen aan het areaal leefgebieden macrofauna (KRW macrofauna BEQI-niveau 2).

Indicatoren kwaliteit:

- Er is een evenwichtige schorzoning in alle deelgebieden waar schorontwikkeling wordt afgewisseld door afkalving en erosie van bestaande schor (Consortium Schelde in Beeld, 2022):
 - Een vegetatiezone mag niet meer dan 30-35% bedragen en niet minder dan 5% (Wielakker et al., 2011).
 - Deelgebied west en midden: Pionier, laag, midden en hoog + strandkweek.
 - Deelgebied oost: Pionier, laag, midden, hoog + strandkweek en brak + riet.
 - Het aandeel strandkweek binnen de zone hoog met climax strandkweek, en het aandeel riet binnen de zone brak met climax riet, mag niet meer dan 50% bedragen (STOWA, 2024).
- Er is een voldoende brede slikoever waar naast pioniervegetatie ook andere vegetatiezones kunnen ontwikkelen. Benodigde breedte is afhankelijk van de blootstelling aan golven en de overheersende windrichting (Consortium Schelde in Beeld, 2022).
- Voldoen aan de kwaliteit van macrofauna (KRW macrofauna BEQI-niveau 3).
- Voldoen aan beoordelingsaspect rust en stilte voor soorten in het ecosysteem (Natura 2000 Habitatrichtlijnsoorten en Vogelrichtlijnsoorten beoordelingsaspecten leefgebied).
- Voldoen aan beoordelingsaspect biomassa vis en macrofauna als prooidier voor wadvogels (Natura 2000 Habitatrichtlijnsoorten en Vogelrichtlijnsoorten beoordelingsaspecten leefgebied).

Randvoorwaarde 4: Een gezond voedselweb.

Biodiversiteit is de mate van verscheidenheid aan levensvormen in een ecosysteem. Dit onderdeel hangt sterk samen met een heterogeen mozaïek aan deelsystemen beschreven in randvoorwaarden 1 en 3, en is afhankelijk van een goede waterkwaliteit (randvoorwaarde 2). Biodiversiteit kent verschillende definities, bijvoorbeeld op basis van het totaal aantal soorten, aanwezigheid van gewenste of inheemse soorten, of het aantal functionele groepen of trofische niveaus. In deze rapportage gaan we ervan uit dat de aanwezigheid van alle trofische niveaus en de functionele groepen binnen een voedselweb de meest relevante biodiversiteits-indicator is voor een gezond systeem.



Verschillende trofische niveaus beoefenen namelijk verschillende functies waardoor hun aanwezigheid essentieel is voor het functioneren van een systeem. De trofische niveaus die o.a. onderscheiden worden zijn primaire producenten (fytoplankton en overige waterflora), zoöplankton, bodemdieren, vissen en toppredatoren (vogels en zeezoogdieren). Binnen de trofische niveaus maakt het niet uit of de functies worden vervuld door inheemse of uitheemse soorten. Het gaat erom dat alle trofische niveaus en functionele groepen daarbinnen zijn gevuld. Alleen dan is een watersysteem gezond en robuust en kan het adaptief reageren op veranderingen. Bovendien is het essentieel dat er meerdere soorten voorkomen binnen alle functionele groepen. Wanneer sommige soorten als reactie op verschuivingen in temperatuur, neerslag of andere factoren lokaal uitsterven, zorgt de aanwezigheid van meerdere soorten binnen een functionele groep ervoor dat ecosystemen goed blijven functioneren en een functionele groep niet verdwijnt. Een hoge biodiversiteit zorgt er daarmee ook voor dat ecosystemen zich kunnen aanpassen aan veranderende omgevingsomstandigheden (veerkracht).

Er kan natuurlijk wel een voorkeur zijn voor inheemse soorten, en uitheemse soorten mogen geen invasieve karakteristieken hebben, omdat ze dan het voedselweb destabiliseren en het functioneren van het systeem in gevaar brengen. Hoewel er lastig gestuurd kan worden op de introductie en aanwezigheid van exoten, zorgt een goede vertegenwoordiging van alle trofische niveaus binnen het voedselweb ervoor dat invasieve exoten zich moeilijker kunnen vestigen in de Westerschelde. Daarmee is de aanwezigheid van invasieve exoten dus eerder een indicator van een systeem dat uit balans is.

Uniek aan een estuarium, zoals de Westerschelde, is de geleidelijke zoet-zout overgang, waardoor het estuarium een grote range aan soorten kan huisvesten. Daardoor is de Westerschelde een belangrijk habitat voor diadrome vissoorten die tussen het zoute en zoete migreren voor hun voortplanting.

In een evenwichtige en/of gebalanceerde opbouw van het voedselweb mag enige natuurlijke variatie tussen soorten aanwezig zijn, maar er moet voorkomen worden dat een enkele soort gaat domineren. Soorten (die daarvan afhankelijk zijn) moeten hun levenscyclus binnen de Westerschelde kunnen voltooien en de populaties moeten een natuurlijke opbouw kennen.

Indicatoren:

- Voldoen aan de voor de KRW geldende doelen voor de biologische kwaliteitselementen voor de Westerschelde en Zeeuwse kust (kustwater) (STOWA, 2024).
- Alle functionele groepen/trofische niveaus zijn in het systeem in een gezonde verhouding aanwezig.
- Populaties kennen een natuurlijke opbouw met een brede vertegenwoordiging van zowel jonge (juveniele) als volwassen individuen.
- De fytoplanktongemeenschap is gezond:
 - Geen overmatige voorjaars-algenbloeien.
 - Het voorkomen van toxische algen is beperkt.
- Er zijn geen invasieve exoten in het systeem aanwezig.



Randvoorwaarde 5: Een goed functionerende schakel

De Westerschelde is het enige overgebleven open estuarium van de Zuidwestelijke Delta en vervult daarmee een cruciale schakelfunctie tussen de Noordzee en het binnenland. Door de combinatie van een natuurlijke zoet-zout gradiënt, estuariene dynamiek, ondiepe platen, geulen, schorren en kunstmatig hard substraat biedt het gebied leef-, foerageer- en rustplekken voor diverse soorten die op verschillende momenten in hun levenscyclus afhankelijk zijn van het gebied. De Westerschelde fungeert als tussenschakel en kinderkamer voor vissoorten en zeezoogdieren. Haaien, roggen (VNSC, 2021) en diverse mariene vissoorten brengen er het eerste deel van hun leven door (VNSC, 2019), omdat de Westerschelde warmer en meer beschermt is dan de open Noordzee. De Westerschelde heeft daarnaast een belangrijke verbindende functie tussen de Noordzee en de achterliggende rivieren voor migrerende vissen. In de Westerschelde gebruiken grijze en gewone zeehonden droogvallende platen om te rusten en om hun jongen groot te brengen.

Voor de internationale populaties van beschermde OSPAR soorten speelt de Westerschelde een belangrijke rol, waarbij populaties van purperslak, platte oester, kortsnuitzeepaardjes en bruinvissen in de Westerschelde voorkomen, maar elders zeldzaam zijn.

Indicatoren:

- De belangrijkste soorten die afhankelijk zijn van de Westerschelde als schakelfunctie, zijn in voldoende mate aanwezig (Natura 2000 habitatrichtlijnsoorten en Vogelrichtlijnsoorten beoordelingsaspecten populatie en verspreidingsgebied).
- Voldoen aan het beoordelingsaspect leefgebied dat voldoende en van goede kwaliteit aanwezig is (Natura 2000 Habitatrichtlijnsoorten en Vogelrichtlijnsoorten beoordelingsaspect leefgebied).
- Voldoende bescherming van het leefgebied van internationaal bedreigde of afnemende soorten die in de Westerschelde voorkomen (purperslak, platte oester, kortsnuitzeepaardje, steur, aal, zeeprick, bruinvis, sublitorale mosselbanken).

Een goede weerbaarheid

Wanneer er wordt voldaan aan de verschillende randvoorwaarden leidt dit tot een robuust en veerkrachtig systeem. Een robuust systeem is een ecosysteem dat stabiel is gedurende langere tijd en bestand is tegen meerdere drukfactoren, zonder dat daarmee het watersysteem verstoord wordt. Het wegvallen van bijvoorbeeld een bepaalde soort door ziekte mag niet leiden tot het volledig wegvallen van een trofisch niveau of functionele groep. Als dat wel het geval is zorgt het lokaal uitsterven van zo'n soort tot een substantiële verstoring van het watersysteem en het functioneren ervan. Een weerbare en robuuste Westerschelde kan (tot op zekere hoogte) de effecten van klimaatverandering opvangen. De autonome ontwikkeling van klimaatverandering wordt in meer detail besproken in hoofdstuk 5.



4 Systeembeschrijving nu

De structuur van dit hoofdstuk is gebaseerd op het 5S-model (Figuur 1.2). Het 5S-model is een gestructureerde weergave van de belangrijkste elementen en de interacties/relaties van een watersysteem. Aan de hand van het 5S-model wordt de huidige toestand van de Westerschelde onderzocht. De belangrijkste elementen en interacties worden hier besproken. De verschillende onderwerpen worden in de volgende paragraaf verder toegelicht. Naast de belangrijke 5S-basiselementen (systeemvoorwaarden, stroming, structuren, stoffen en soorten) zijn ook de interacties tussen de verschillende onderdelen en de drukfactoren die daar invloed op hebben opgenomen in deze systeembeschrijving. De systeemvoorwaarden worden eerst behandeld, omdat deze een algemene beschrijving van het gebied geven. Daarna volgen de andere onderdelen die een meer verklarende functie hebben.

De Westerschelde is een estuarium dat in open verbinding staat met de Noordzee en de Zeeschelde. Het is een meergeulensysteem met slik- en zandplaten en een natuurlijke zoet-zout gradiënt. De dynamiek van het systeem, met invloeden vanuit de Noordzee en de Schelde, is de belangrijkste sturende factor. De dynamiek bepaalt sedimenttransporten en daarmee het voorkomen van verschillende ecotopen binnen het systeem, die weer de ecologie bepalen. Ook scheepvaart, met name van en naar de Haven van Antwerpen, heeft (indirect) invloed op de geomorfologie en het sedimenttransport.

Voor de samenhang van morfologie en stroming, de manier waarop menselijke ingrepen hier invloed op hebben gehad en wat de effecten daarvan zijn geweest op het voorkomen van ecotopen in de Westerschelde verwijzen we naar §4.6 Systeemfunctionering: Interacties en samenhang.

Over de Westerschelde zijn al legio systeemanalyses geschreven die op een groot aantal punten gedetailleerder ingaan op de werking en problematiek. Het gaat om het rapport over Natuurherstel in de Westerschelde (Deltares, 2011), het Mesoschaal Westerschelde integratierapport (Taal et al., 2019) en de T2021-rapportage (Consortium Schelde in Beeld, 2023b, 2023a). De belangrijkste punten zijn in deze QuickScan systeemanalyse overgenomen.

4.1 Systeemvoorwaarden

Klimaat

Het klimaat is algemeen behandeld voor de gehele Zuidwestelijke Delta aangezien de waterlichamen in de delta geografisch gezien zeer dicht bij elkaar liggen (zie Bijlage III)



Watertemperatuur

De watertemperatuur en -variabiliteit is sturend voor het voorkomen van leefgemeenschappen in het estuarium. De watertemperatuur wordt op verschillende locaties in de Westerschelde gemeten. De jaarmediane watertemperatuur is sinds 1996 ongeveer 12 °C bij de meetstations in Walcheren en Terneuzen (Stolte & van Rongen, 2023). Bij meetstations Vlissingen, Hansweert geul en de Schaar van Ouden Doel worden structureel hogere waarden gemeten dan bij Walcheren en Terneuzen. De watertemperatuur in het oostelijke deel van de Westerschelde kan in de zomer oplopen tot boven de 20 °C. In het westelijke deel van het estuarium blijft de temperatuur in de zomer doorgaans onder 20 °C. In de winter daalt de temperatuur tot ongeveer 5 °C. Er worden diverse studies gedaan naar de effecten van veranderende watertemperatuur op de ecologie door onder andere Deltares en NIOZ, hier zijn nog geen resultaten van beschikbaar.

Bij de verschillende stations zijn lichte trends zichtbaar, zowel stijgend als dalend (Stolte & van Rongen, 2023). Over de gehele onderzoeksperiode (2000-2020) blijkt de trend significant: een lichte toename in temperatuur bij Terneuzen en een lichte afname bij Hansweert en de kuststations van Walcheren (zie Stolte & van Rongen (2023)).

Geo(hydro)morfologie

De Westerschelde is een estuarium dat wordt gekenmerkt door de natuurlijke processen en patronen van een getijdensysteem. De getij-asymmetrie heeft hierin een belangrijk aandeel. Geomorfologische patronen in het estuarium zijn opgebouwd uit verschillende geomorfologische eenheden, waaronder eb- en vloedgeulen, nevengeulen, platen, slikken, schorren, drempels en eb- en vloedscharen. Deze eenheden spelen een belangrijke rol in de morfologische en ecologische dynamiek. Door de zich ontwikkende eb- en vloedgeulen is een meergeulenstelsel ontstaan dat kan worden onderverdeeld in zes macrocellen (Figuur 3.2).

Taal et al. (2019) hebben een uitgebreide analyse gedaan van de geomorfologie en structuren op de mesoschaal aan de hand van macrocellen. In deze QuickScan gaan we slechts beperkt in op de geomorfologie, voor de volledige analyse verwijzen we naar Taal et al. (2019). Een nieuwe mesoschaal-analyse zal uiterlijk in 2027 door Deltares worden gepubliceerd in het kader van de langetermijnvisie voor de Westerschelde.

Geulen en drempels

In de Westerschelde worden de hoofdgeulen gedomineerd door één overheersende stroomrichting; veelal een meanderende ebgeul of een rechttere vloedgeul. Daarnaast komen ook nevengeulen voor. Drempels zijn ondiepe gebieden die op natuurlijke wijze ontstaan op plaatsen waar een vloedgeul uitloopt op een ebgeul (Figuur 3.2). Op locaties van drempels is veel vaargeulonderhoud vereist om de gewenste diepte te behouden, zodat de bereikbaarheid van de Haven van Antwerpen intact blijft. Binnen drempelgebieden kunnen eb- en vloedscharen samenkomen (Taal et al., 2019). Dit zijn smalle, dynamische geulen die ontstaan in drempelgebieden doordat de getijdestroom zich hier bundelt. Tijdens eb en vloed snijden ze de drempel in, waardoor water en sediment tussen de hoofdgeulen wordt uitgewisseld.



Kortsluitgeulen vormen kleinere verbindingen binnen een macrocel en koppelen eb- en vloedgeulen (Figuur 3.2). Deze verbindingen kunnen op verschillende manieren ontstaan: via een koppeling tussen eb- en vloedscharen, dwars door een drempelgebied of over een plaat tussen beide geulen (Taal et al., 2019).

Slikken en schorren

Langs de oevers bevinden zich droogvallende slikken en schorren. Op de slikken bieden laagdynamische delen goede leefomstandigheden voor bodemdieren (benthos). Schorren liggen hoger dan gemiddeld hoogwater en zijn permanent begroeid (Taal et al., 2019). Schorontwikkeling treedt dan ook op in gebieden die hoger liggen dan het hoogwater peil gedurende doodtij, en dus niet tijdens elk hoogwater inunderen. Hierdoor is er voldoende beschutting voor pioniervegetatie om zich te vestigen (Fivash et al., 2023). Het vestigen van (pionier)vegetatie stabiliseert de bodem en bevordert ophoging, wat leidt tot een positieve feedback voor verdere schorontwikkeling.

Platen

Platen zijn omringd door water van de eb- en vloedgeul en bestaan uit hoog- en laagdynamische zones. De laagdynamische zones zijn vaak slibrijk en bieden gunstige omstandigheden voor het benthos, terwijl de hoogdynamische, vaak zandige delen daar minder geschikt voor zijn.

Verstarring en versteiling

Door menselijke ingrepen is het dynamische evenwicht in het estuarium verstoord (Deltares, 2011). Het huidige beheer houdt de onbalans tussen getij en geometrie kunstmatig in stand. Menselijke ingrepen zoals inpoldering van schor en het kunstmatig op de plek houden van de vaargeul hebben de flexibiliteit en kanaalwisseling in het systeem sterk verminderd. Door ingrepen in het verleden en het huidige beleid verstart het systeem (Deltares, 2011; VNSC, 2024). Daarnaast heeft een drietal (grootschalige) vaargeulverdiepingen en -verruiming de hoogte- en stroomsnelheidscontrasten tussen platen en geulen vergroot (Deltares, 2011). De platen hogen op en enkele nevengeulen verzanden (Taal et al., 2019). De getijdestroming concentreert zich meer in de hoofdgeulen waardoor stroomsnelheden zijn toegenomen en laagdynamisch areaal langs de platen afneemt (VNSC, 2024). De combinatie van deze processen wordt ook wel versteiling genoemd (Taal et al., 2019).

4.2 Stroming

Waterbalans

De waterbalans van de Westerschelde wordt bepaald door de aan- en afvoer van zout water vanuit de Noordzee door getij. Er is daarnaast een continue toevoer van zoetwater vanuit de Zeeschelde. Door de open verbinding en de menging met de Zeeschelde door de getijdynamiek is er een uitgebreide brakke zone met verschillende leefgebieden. Naast de Zeeschelde is er zoetwateraanvoer vanuit de Bathse Spuisluis, het Kanaal Gent-Terneuzen en lozingen van poldergemalen en rioolwaterzuiveringsinstallaties. Deze zoetwaterstromen hebben een beperkte invloed op de totale waterbalans van de Westerschelde, en zijn substantieel kleiner dan die van de Zeeschelde en de



getijdenuitwisseling met de Noordzee (Taal et al., 2019). In recente jaren is de aanvoer van zoetwater tijdens droogte minimaal geweest (Nolte et al., 2024).

Golfwerking

Golfwerking ten westen van Ossenisse wordt voornamelijk gegenereerd door invloed van de Noordzee. Ten oosten van Ossenisse vormt scheepvaart de dominante bron van golfactiviteit. In het oostelijke deel van de Westerschelde, nabij Bath, zijn enkele erosie-hotspots geïdentificeerd die direct gerelateerd zijn aan scheepvaartactiviteiten (Schroevers et al., 2011). Ook lokale windpatronen spelen een rol in de hydrodynamiek. De windopzet van de waterstand is echter minimaal vanwege de ligging van het waterlichaam ten opzichte van de overheersende windrichting. De strijklengte blijft daardoor beperkt (Nolte et al., 2024).

Sedimenttransport

In het estuarium vindt netto bezinking van slib plaats. In het westelijke deel van de Westerschelde bezinkt voornamelijk marien slib, terwijl in oostelijke richting het aandeel fluviatiel slib toeneemt. In de huidige situatie verondiept hierdoor het vaarwater onder de Hoofdplaat en het Middelgat. De getijwerking in de Westerschelde zorgt voor een continue verplaatsing van sediment. De overheersende stroomrichting bepaalt daarmee ook de richting van het getijgemiddelde sedimenttransport (Taal et al., 2019). Onder natuurlijke omstandigheden zou dit leiden tot een dynamisch evenwicht, waarbij de oppervlakten van intergetijdengebieden en geulen in zekere verhouding tot elkaar staan (Deltares, 2011). Een dergelijk evenwicht kan zich echter niet instellen omdat de combinatie van ingrepen in het verleden (met name de bedijkingen) en het huidige beheer (met name het onderhoud aan de vaargeul) dat verhindert. Tegenwoordig wordt, naast terugstorten in diepe delen en beperkt storten in nevengeulen, een deel van de baggerspecie gestort bij de randen van platen. Deze werkwijze ondersteunt dat de totale hoeveelheid sediment per macrocel in grote lijnen behouden blijft (VNSC, 2019).

Stromingsvariatie en waterbeweging

Het ruimtelijke stromingspatroon in de Westerschelde wordt grotendeels bepaald door het asymmetrisch getij en de interactie met de geometrie. Getijdestromingen worden langs de platen door de geulen geleid. In de ebgeul is de stroomsnelheid meestal het hoogst, waardoor deze dieper en zandiger is, en overwegend als hoofdvaargeul wordt gebruikt. Aan de ebgeul-zijde van platen komt door de hogere stroomsnelheden overwegend meer hoogdynamisch areaal voor. De morfologie en geometrie bepalen waar er ruimte is voor stroming en hoe deze zich ontwikkelt. Door op de morfologie in te grijpen, bijvoorbeeld baggeren of stortingen, wordt ook direct op de stroming ingegrepen. Door historische ingrepen en het vereiste beheer van de vaargeul is het systeem verstarde en is de waterlijncomplexiteit afgenomen. Neven- en kortsluitgeulen verzanden en stroomsnelheid in de hoofdgeulen neemt toe. Stromingen in het estuarium worden in beperkte mate lokaal beïnvloed door wind en waterlozing bij de Bathse Spuisluis in het oosten (Nolte et al., 2024).



Getijslag

De getijslag is het verschil tussen hoog en laag water. In een estuarium wordt vanwege de trechtervorm de getijslag landinwaarts groter door stuwning van de vloedgolf. In het Schelde estuarium is de getijslag bij de monding van de Westerschelde 3,5 meter, terwijl dit 100 kilometer landinwaarts, in de Zeeschelde, 5,5 meter is. De getijslag is in de afgelopen 100 jaar stroomopwaarts vanaf Hansweert toegenomen door sedimentbeheer. Daarnaast is de locatie met de maximale getijslag verder stroomopwaarts verschoven. Bedijking, inpoldering, bochtafsnijding, commerciële zandwinning, baggeren en verruiming van de vaargeul zijn van invloed geweest op de toegenomen getijslag (VNSC, 2019). Om verdere indringing van het getij te voorkomen is er Vlaams-Nederlands beleid tot sedimentbehoud in het estuarium en vindt er geen commerciële zandwinning meer plaats (Nolte et al., 2024).

4.3 Structuren

Connectiviteit

De connectiviteit tussen de Noordzee, Westerschelde en Zeeschelde is vanwege de open verbinding erg natuurlijk. Het open estuarium faciliteert migraties van alle mariene soorten die daar gebruik van willen maken. Daarnaast wordt de Bathse Spuisluis visvriendelijk beheerd en zijn er vispassages bij Maelstede en Campen. Ook zijn er aalgoten bij Glerum, Groenewegen en Borssele. Vissen kunnen in potentie ook spuisluizen passeren, deze zijn gelegen bij Cadzand, Nol zeven, Braakman, Othene, Zuidwatering, Hellewoud en Bath.

Substraatype en heterogeniteit

Harde en moeilijk erodeerbare lagen en structuren spelen een belangrijke rol in de geometrie van het estuarium. Harde lagen bestaan in de Westerschelde uit oude kleilagen. Ook door de mens aangebrachte structuren zoals als vooroeververdediging, aangebrachte zinkstukken en stortsteen bepalen de geometrie. De aangebrachte verdedigingsstructuren liggen veelal in de buitenbochten waardoor deze niet meer kunnen migreren (Taal et al., 2019). Hoofdgeulen zijn overwegend zandig vanwege de hoge stroomsnelheden. Verschillende nevengeulen, met name bij het Middeldgat en het vaarwater langs Hoofdplaat vertonen een trendmatige verondieping en bevatten relatief hogere slibgehalten. Slibrijke ondergronden ontstaan in luwere zones, zoals slikken, schorren, laagdynamische plaatgebieden en in het bijzonder havenbekkens (Nolte et al., 2024).

Zwevend stof

Zwevend stof bestaat grotendeels uit gesuspendeerd sediment. De stations in de Westerschelde meten mediane hoeveelheden zwevend stof van rond 50 mg/l, met een grote variatie van jaar tot jaar en tussen stations (Stolte & van Rongen, 2023). Bij het meetpunt Schaar van Ouden Doel is dit hoger (meer dan 60 mg/l). De maximale hoeveelheid kan oplopen tot ruim boven de 100 mg/l. De hoeveelheid zwevend stof, en daarmee de troebelheid van het water, is in de Westerschelde relatief hoog maar vergelijkbaar met de situatie in het verleden (Stolte & van Rongen, 2023).

Hoewel de troebelheid een zorgpunt vormt, wordt deze in de Westerschelde niet beschouwd als een ernstig probleem voor het functioneren van het ecosysteem. In de Zeeschelde wordt het daarentegen wel als een probleem beschouwd.



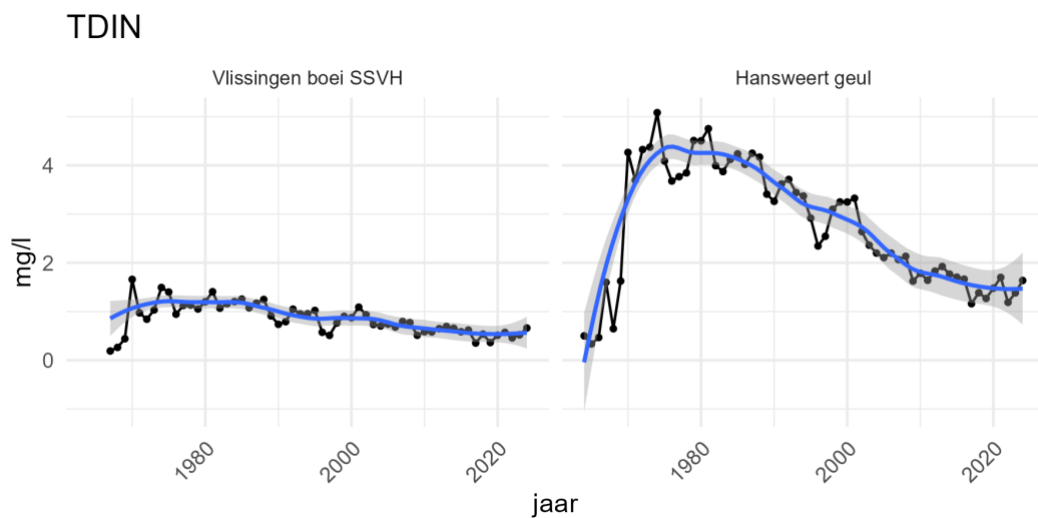
4.4 Stoffen

Saliniteit

De saliniteit wordt primair bepaald door de wisselwerking tussen het getij en de zoetwaterafvoer vanuit de Zeeschelde. Stroomopwaarts neemt het zoutgehalte af en de variabiliteit toe (Stolte & van Rongen, 2023). Met name stroomopwaarts bij Hansweert geul en Schaar van Ouden Doel is er sprake van een significante toename in saliniteit (Stolte & van Rongen, 2023). Volgens de OMES-grens ligt de polyhaliene zone westelijk van het Zuidergat en zuidelijk van de plaats Kruiningen. Ten oosten daarvan ligt de mesohaliene zone (Figuur 3.3). De OMES-grens wordt voor onder andere voor de ecotopenkartering gehanteerd als de grens tussen zout en variabel brak (Rijkswaterstaat, 2017).

Nutriënten

De belangrijkste nutriënten in de Westerschelde zijn koolstof, stikstof, fosfor en silicaat. Koolstof is meestal ruim voldoende aanwezig in de vorm van opgelost CO₂. In aquatische systemen zijn stikstof en/of fosfor limiterend voor de groei van primaire producenten. Silicaat bepaalt in grote mate de samenstelling van de fytoplanktongemeenschap, omdat de beschikbaarheid van silicaat noodzakelijk is voor de ontwikkeling van diatomeeën. Stikstof (ammonium en nitraat) en fosfor waren in grote hoeveelheden aanwezig in 1970 tot 2000, door lozingen van ongezuiverd afvalwater en afspoeling van nutriënten vanuit landbouwgronden. Silicaat is afkomstig van land of van getijdengebieden, waar het uit sediment verweert (VNSC, 2019).



Figuur 4.1 De totale concentratie van opgelost stikstof (TDIN) in mg/L bij de meetstations in Vlissingen en Hansweert. De lijn met onzekerheidsmarge representeert het gewogen vijfjarig gemiddelde. Afgeleid van Consortium Schelde in Beeld (2023b).

Stikstof

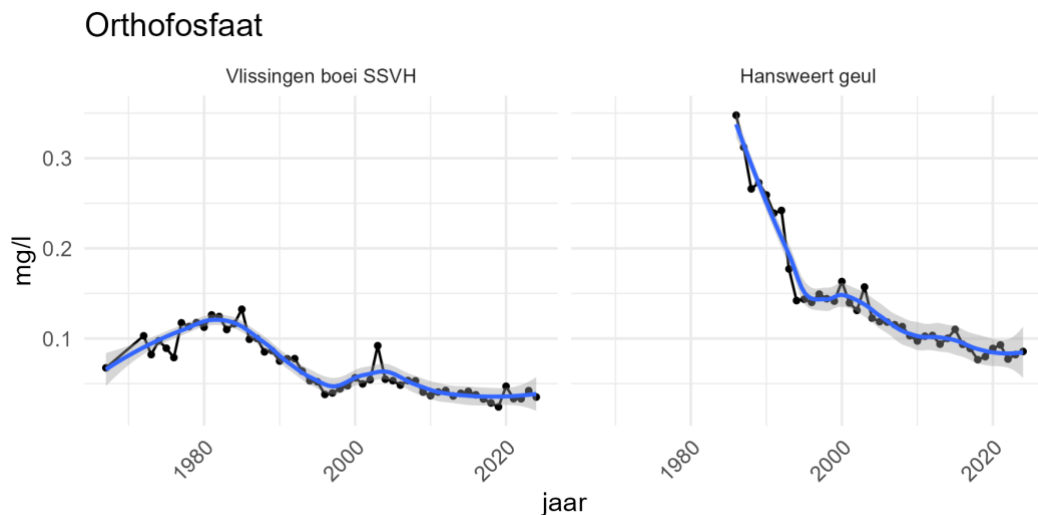
Stikstof komt in het oppervlaktewater in verschillende vormen voor: Anorganisch (ammonium, nitriet en nitraat) en organisch stikstof (opgelost en particulier) (Stolte & van Rongen, 2023). Het totaal opgelost anorganische stikstof (TDIN) is het beschikbare stikstof voor opname in het voedselweb. De gemiddelde concentratie aan opgelost beschikbaar stikstof is sinds 1980 met ongeveer de helft afgenomen (Figuur 4.1). Het stikstofgehalte



neemt stroomafwaarts sterk af door de menging van nutriëntrijk rivierwater met het nutriëntarmere zeewater (Figuur 4.1) (Consortium Schelde in Beeld, 2023b; Stolte & van Rongen, 2023). De winter concentratie anorganisch stikstof is nog wel te hoog in de Westerschelde (Royal HaskoningDHV & Waardenburg Ecology, 2024b).

Fosfor

Fosfor komt in het oppervlaktewater in verschillende vormen voor: Anorganisch (orthofosfaat (opgelost) en fosfaat gebonden aan slib) en organisch fosfor (opgelost en particulier) (Stolte & van Rongen, 2023). De concentratie orthofosfaat vormt het fosfor dat beschikbaar is voor opname in het voedselweb. De gemiddelde concentratie orthofosfaat is net als de stikstofconcentratie sterk afgenomen sinds 1980. Deze afname is het sterkst in het oosten van de Westerschelde, en is een direct gevolg van de rioolwaterzuiveringsinstallaties langs de Zeeschelde (Figuur 4.2) (Consortium Schelde in Beeld, 2023b; Stolte & van Rongen, 2023).



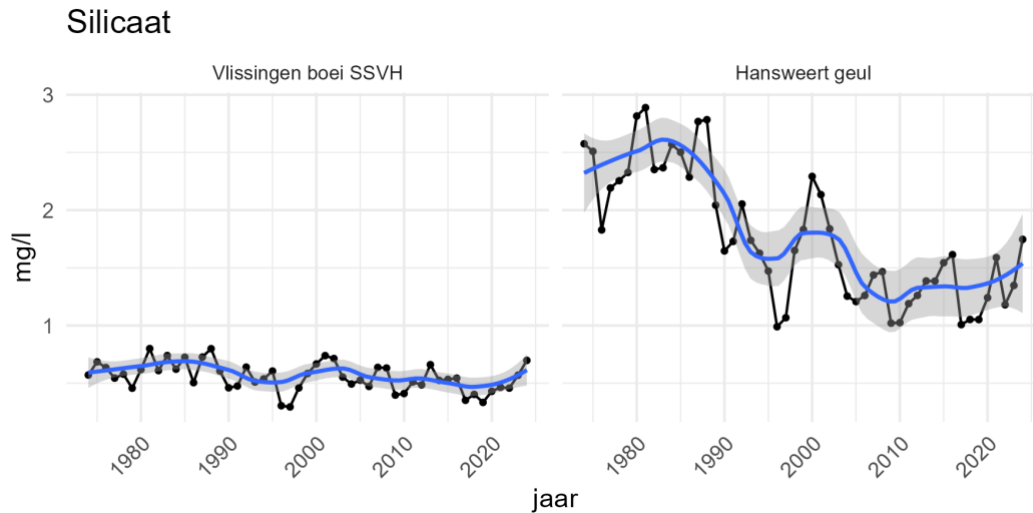
Figuur 4.2 De totale concentratie orthofosfaat in mg/L bij de meetstations in Vlissingen en Hansweert. De lijn met onzekerheidsmarge representeert het gewogen vijfjarig gemiddelde. Afgeleid van Consortium Schelde in Beeld (2023b).

Silicaat

Silicaat (of anorganisch silicium) is belangrijk voor diatomeeën. Het voldoende voorkomen van opgelost silicaat in de waterkolom bepaalt daardoor hoe de fytoplanktongemeenschap eruitziet. In de gehele Westerschelde is er een tekort aan silicaat ($<0,6$ mg/L) (Consortium Schelde in Beeld, 2023b). Deze tekorten beginnen verder stroomafwaarts steeds eerder in het jaar (Figuur 4.3) en kunnen in de monding meer dan 200 dagen duren, voornamelijk in het voorjaar (Consortium Schelde in Beeld, 2023b). De silicaatconcentratie wordt niet alleen bepaald door de mate van consumptie door diatomeeën in de Westerschelde, maar ook door aanvoer van silicaat uit stroomopwaartse gebieden en de consumptie ervan in die gebieden (Consortium Schelde in Beeld, 2023b). Getijdennatuur is een belangrijke buffer van opgelost silicaat in estuaria, door zwevend materiaal (o.a. plantresten en fytoplankton) dat met hoogtij het estuarium in komt, en siliciumrijke vegetatie als riet. Door de aanleg van gecontroleerde overstromingsgebieden in de Schelde is er in het Vlaamse



gedeelte meer silicium beschikbaar, maar dit is grotendeels opgebruikt voor het water het Nederlandse bereikt (Consortium Schelde in Beeld, 2023b).



Figuur 4.3 De totale concentratie silicaat in mg/L bij de meetstations in Vlissingen en Hansweert. De lijn met onzekerheidsmarge representeert het gewogen vijfjarig gemiddelde. Afgeleid van Consortium Schelde in Beeld (2023b).

Redfield ratio

De Redfield ratio (C:N:P:Si = 106:16:1:20) geeft de ecologisch optimale verhouding tussen voedingsstoffen weer en vormt daarmee een referentie voor de beoordeling van de nutriëntenbalans in de Westerschelde. Binnen de Westerschelde ligt de mediaan van de molaire stikstof-fosforverhouding (N:P ratio) op de meetpunten (tot aan de kust) tussen 1,20 en 1,44, waarbij 1 geldt als de genormaliseerde N:P ratio (Stolte & van Rongen, 2023). Een overschrijding van deze genormaliseerde N:P ratio van 1 geeft dus aan dat er een lichte fosforlimitatie, of beter gezegd stikstof dominantie, is in de Westerschelde. Op de meeste stations is bovendien sprake van een significante toename van de N:P ratio. Daarentegen nemen de molaire stikstof-koolstof- (N:C) en molaire fosfor-koolstofverhoudingen (P:C ratio's) bij alle stations significant af. Hierdoor benaderen deze verhoudingen steeds meer de waarden van de Redfield ratio (Stolte & van Rongen, 2023).

Verontreinigende stoffen

Sinds 2000 is de waterkwaliteit sterk verbeterd, maar de Westerschelde behoort nog steeds tot de meest vervuilde brak-zoute wateren van Nederland (Van Den Heuvel-Greve et al., 2024). Zo worden de KRW-doelen voor prioritare en specifieke verontreinigende stoffen niet allemaal gehaald. Er zijn overschrijdingen in het oppervlaktewater voor onder andere de zware metalen arseen en kwik (Figuur 4.4) (Consortium Schelde in Beeld, 2023a; Royal HaskoningDHV & Waardenburg Ecology, 2024b). In de monding van de Westerschelde zijn er minder overschrijdingen, maar worden de normen voor prioritare en specifiek verontreinigende stoffen nog steeds overschreden (Royal HaskoningDHV & Waardenburg Ecology, 2024a). In de waterbodem zijn ook overschrijdingen voor verontreinigende stoffen door bijvoorbeeld lood, nikkel en arseen (Consortium Schelde in Beeld, 2023a). Wel moet worden opgemerkt dat arseenconcentraties in de Westerschelde



ongeveer gelijk zijn met de Waddenzee (Van Den Heuvel-Greve et al., 2024). De vervuiling door deze stoffen wordt veroorzaakt door diffuse en puntbronnen bovenstrooms, maar ook door stoffen die nog uit de bodem vrijkomen en daar waren opgeslagen door historische lozingen (Nolte et al., 2024; Van Den Heuvel-Greve et al., 2024).

PFAS (per- en polyfluoralkylstoffen) zijn de bekendste probleemstofgroep van de Westerschelde. In 2023 waren de concentraties van een viertal PFAS-componenten in biota lager dan in 2006-2008. Desalniettemin hoopt de groep van stoffen zich op in het voedselweb van de Westerschelde en overschrijdt in 2023 zowel de biotanormen van de KRW als in onderzoek gerapporteerde effectgrenzen (Foekema & van den Heuvel-Greve, 2023; Van Den Heuvel-Greve et al., 2024). Overschrijding van effectgrenzen in dieren kan effect hebben op het functioneren, zoals bijvoorbeeld voortplanting of het immuunsysteem. De gevolgen hiervan zijn niet direct zichtbaar maar kunnen de veerkracht van een populatie verminderen.

Behalve PFAS zijn ook PCB's, PBDE's, b-HEPO en kwik persistente accumulerende stoffen in de Westerschelde in het voedselweb. Hoewel de concentraties van onder andere PFAS, PBDE's en TBT in biota zijn afgenomen sinds 2008, zijn de aangetroffen concentraties hoger dan in de Waddenzee en liggen ze boven de gerapporteerde effectgrenzen en KRW-normen (Foekema & van den Heuvel-Greve, 2023; Royal HaskoningDHV & Waardenburg Ecology, 2024b; Van Den Heuvel-Greve et al., 2024).



Figuur 4.4 Het KRW oordeel van stoffen binnen de chemische toestand (links) en de groep van specifiek verontreinigende stoffen (rechts) en het voldoen aan (blauw) of overschrijden van grenswaarden (rood). Sommige stoffen zijn niet toetsbaar (grijs). Bron: Royal HaskoningDHV & Waardenburg Ecology (2024b).



4.5 Soorten

Fytoplankton

Fytoplankton vormt de basis voor het voedselweb. Fytoplankton (eencellige algen), bentische algen en wieren (macroalgen) zorgen voor de primaire productie in de Westerschelde. Deze primaire productie is de bron van energie voor hogere trofische niveaus. Fytoplankton wordt gemonitord aan de hand van chlorofyl-a concentraties, microscooptellingen, en metingen van primaire productie.

De aanwezigheid van chlorofyl-a in het water wordt als een indicator gebruikt voor het voorkomen van fytoplankton. Het jaarmediaan chlorofyl-a gehalte ligt sinds 1996 in de Westerschelde relatief laag. Bij de meetstations bij Hansweert en Vlissingen is een daling van de concentratie chlorofyl-a waargenomen. Bij andere meetstations in de Westerschelde is deze trend niet waarneembaar (Stolte & van Rongen, 2023). De primaire productie ligt in de Westerschelde rond $80 \text{ g C m}^{-2} \text{ jaar}^{-1}$, dat is lager dan omliggende waterlichamen ($150\text{-}175 \text{ g C m}^{-2} \text{ jaar}^{-1}$) (zie Dijkman, 2023). Een lagere primaire productie in de Westerschelde is mogelijk het gevolg van de hogere troebelheid. In het oostelijke deel van de Westerschelde is de troebelheid hoger en wordt ook een lagere primaire productie gemeten (Dijkman, 2023).

Diatomeeën vormen de belangrijkste groep binnen het fytoplankton van de Westerschelde. Tegenwoordig komen ze het meeste voor bij Vlissingen, in de periode 2000-2005 was dit nog bij Hansweert (Figuur 4.5). *Phaeocystis globosa*, die als aparte groep 'Phaeocystis' wordt meegenomen, wordt gezien als een plaagalg omdat het een soort is die overmatig bloeit onder eutrofe omstandigheden, en bij het afsterven dik schuim kan veroorzaken (Peperzak & Van Wezel, 2023). Het is een belangrijke (mariene) voorjaarssoort in het mondingsgebied (Stolte & van Rongen, 2023). *Phaeocystis* wordt voornamelijk bij Vlissingen en Walcheren gevonden. Bij het station Schaar van Ouden Doel komt *Phaeocystis* nauwelijks voor (Figuur 4.6). Consortium Schelde in Beeld (2023b) geeft in de T2021 aan dat *Phaeocystis* over de gehele Westerschelde een probleem vormt. Diatomeeën en *Phaeocystis* bloeien beide in het voorjaar maar door langdurige siliciumtekorten krijgt *Phaeocystis* de overhand (Consortium Schelde in Beeld, 2023b).

Benthische algen

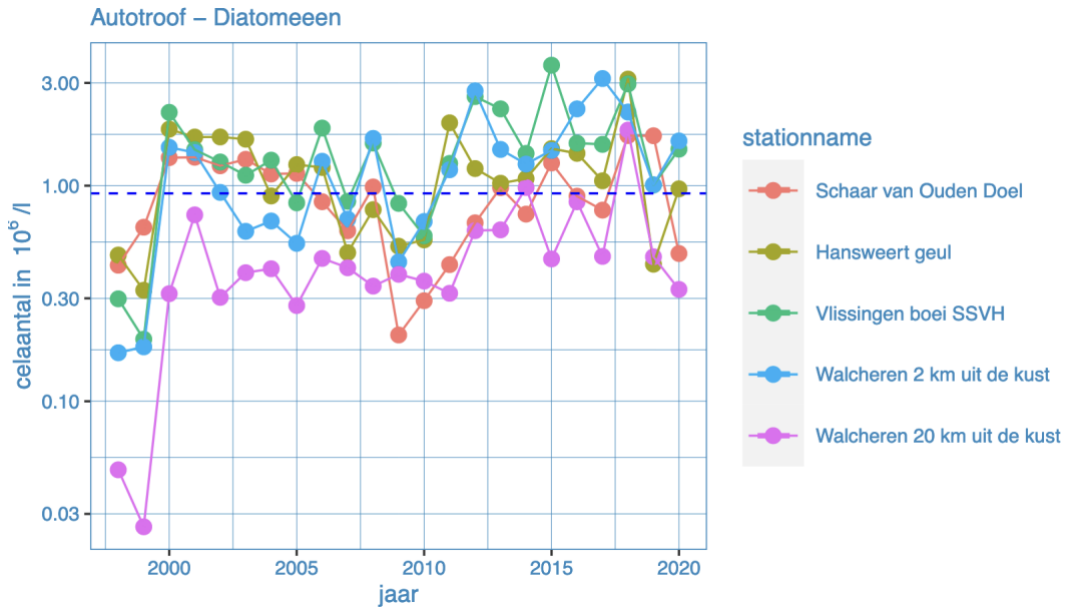
Benthische algen (of fyto bentos) nemen waarschijnlijk slechts een klein deel van de primaire productie voor hun rekening. Benthische algen zijn afhankelijk van de hoeveelheid beschikbaar intergetijdengebied, troebelheid en nutriëntenbeschikbaarheid (Consortium Schelde in Beeld, 2023b). Echter zijn er maar weinig gegevens bekend van benthische algen en deze groep zal niet verder worden meegenomen in deze rapportage.

Zoöplankton

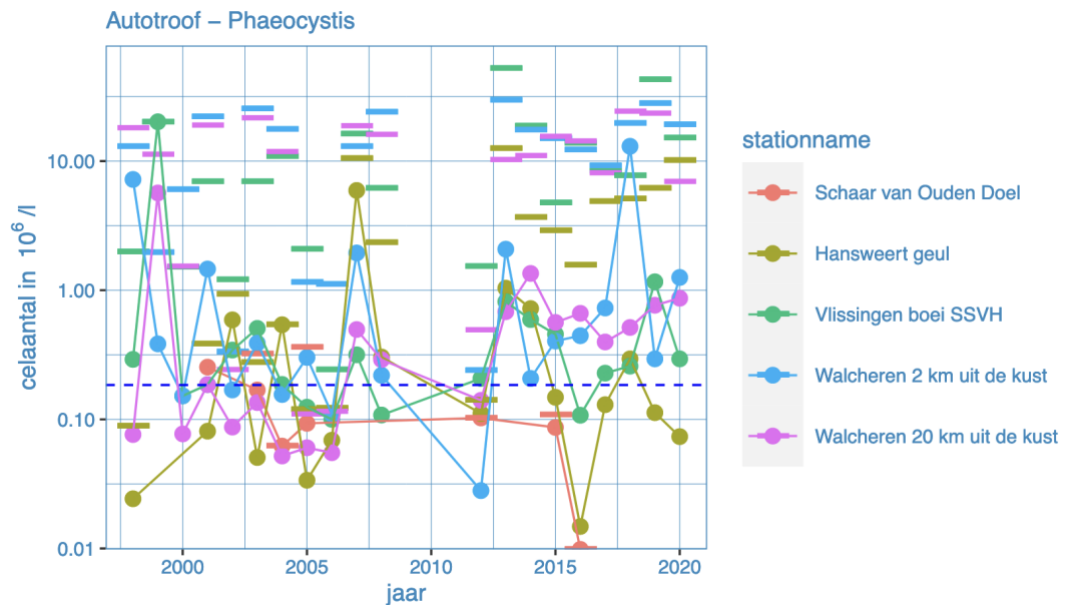
Het zoöplankton is de schakel tussen de primaire producenten en planktivore vis. Het bestaat uit een diverse groep die op grootte in drie groepen wordt ingedeeld; microzoöplankton (bv. protozoa), meso-zoöplankton (bv. volwassen copepoda) en macrozoöplankton (bv. aasgarnalen). De soortensamenstelling en diversiteit van het zoöplankton in oppervlaktewater is afhankelijk van verschillende factoren zoals hydromorfologie,



abiotiek, voedselrijkdom, predatiedruk en de hoeveelheid en samenstelling van de watervegetatie (STOWA, 2010).



Figuur 4.5 Jaarlijkse waarden voor diatomeeën voor alle meetstations. De stippellijn geeft het gemiddelde van de groep voor een grotere dataset weer. Bron: Stolte & van Rongen (2023).

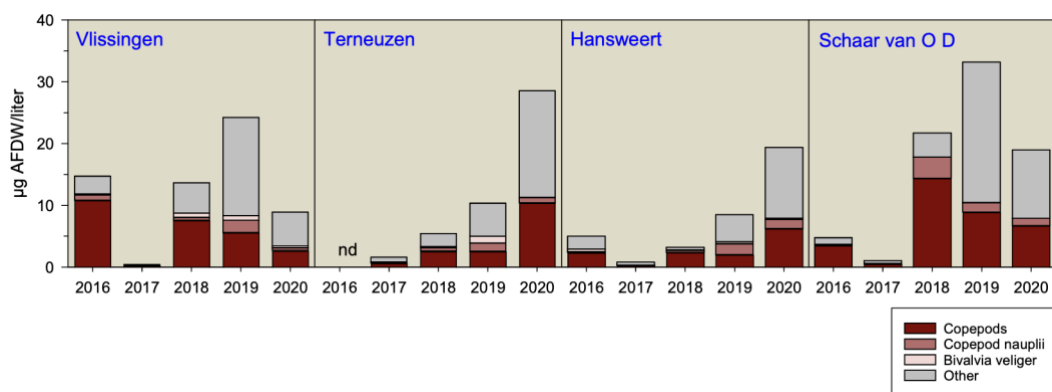


Figuur 4.6 Jaarlijkse waarden voor Phaeocystis voor alle meetstations. De stippellijn geeft het gemiddelde van de groep voor een grotere dataset weer, de streepjes het 90-percentiel over het groeiseizoen. Bron: Stolte & van Rongen (2023).

Bijkerk en Brochard (2021) vonden in 2020 bij Terneuzen en Hansweert een gemiddeld hogere biomassa mesozöplankton ten opzichte van de jaren ervoor, met name door



copepoden en larven van neteldieren (Cnidaria). Bij Vlissingen en Schaar van Ouden Doel is de gemiddelde biomassa juist lager door minder copepoden. De gemiddelde dichtheid van nauplii (larven van copepoden) en veliger (larven van tweekleppigen) was in 2020 over het algemeen hoger dan in 2017 en 2018 (Figuur 4.7). In 2017 werd een duidelijke dip in zoöplanktonbiomassa geobserveerd. Sindsdien worden de hogere gemeten waarden positief beoordeeld (Bijkerk & Brochard, 2021). Een beoordeling van de ontwikkelingen over een langere periode ontbreken, omdat het zoöplankton past recent in de monitoring wordt meegenomen in de Westerschelde (Consortium Schelde in Beeld, 2023a). Bovendien kunnen kwallen een grote predatiedruk uitoefenen op het zoöplankton, maar gegevens over kwallen in de Westerschelde zijn beperkt en over het algemeen anekdotisch (Consortium Schelde in Beeld, 2022)



Figuur 4.7 Seizoensgemiddelde biomassa van mesozooplankton in de Westerschelde van 2016 tot 2020. Bron: Bijkerk & Brochard (2021).

Overige waterflora

Schorren

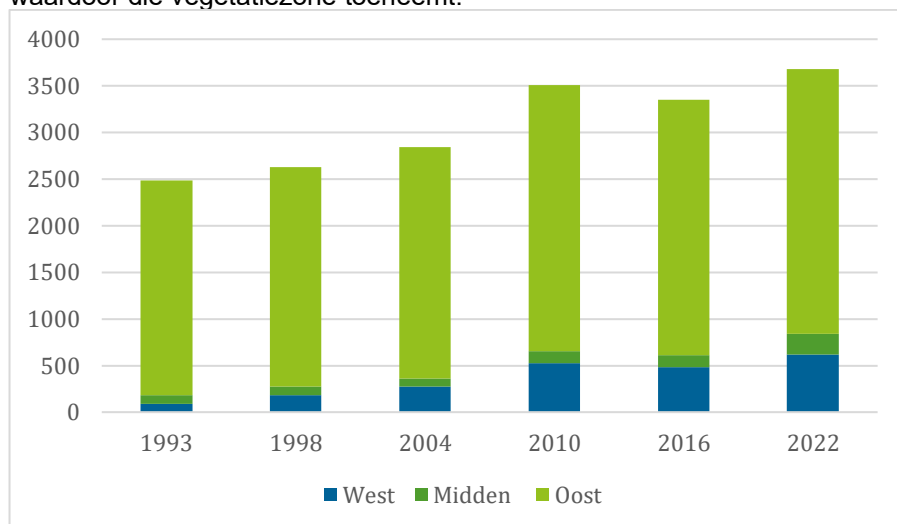
Schorren zijn permanent begroeide inter- en supragetijdengebieden en zijn een functioneel onderdeel van een estuarium. Ze vangen slib en sediment in, zijn leefgebied voor unieke schorvegetatiesoorten en bijbehorende organismen, zijn een kraam- en kinderkamer voor vissen, (Barbier et al., 2011; Charan-Dixon, 2025; Gittman et al., 2016) en een bron van silicium voor de waterkolom (Struyf et al., 2006). Daarnaast hebben de schorren aan de dijken ook een belangrijke golfdempende functie wat de belasting op dijken verlaagt (Nolte et al., 2024; VNSC, 2019).

Sinds 1993 worden schorvegetaties in de Westerschelde gekarteerd voor het meetnet kwelderartering (VEGWAD, wat onderdeel uitmaakt van MWTL (Hoefsloot et al., 2025). In 2022 is de meest recente VEGWAD-kartering in de Westerschelde uitgevoerd. De recent ontpolderde Hertogin Hedwigepolder was in 2022 nog niet opgenomen in de kartering. Uit de gekarteerde arealen sinds 1993 blijkt dat er sprake is van een toename in schoroppervlak in alle deelgebieden (Figuur 4.8). In de periode tussen 2010 en 2016 stagneerde de schorontwikkeling en was er zelfs een afname van het areaal schorren in de deelgebieden west en oost. Na 2016 zijn er weer sterke ontwikkelingen van de schorren gekarteerd (Hoefsloot et al., 2025). Een groot deel van deze schorontwikkeling heeft plaatsgevonden op de platen, zoals de Hooge Platen, Plaat van Walsoorden en Plaat van Valkenisse (Bijlage IV). Deze ontwikkeling wordt negatief beoordeeld, omdat het ten koste

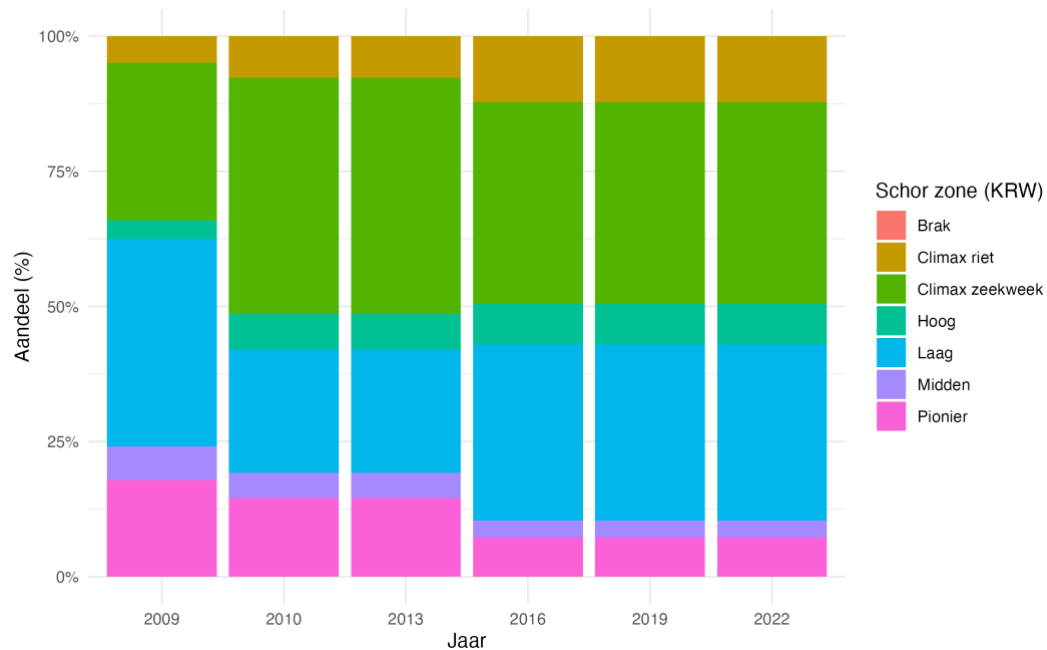


gaat van foerageergebied voor vogels. Uitbreiding van schorren op de slikken aan de randen van het estuarium worden wel gezien als gewenst (Consortium Schelde in Beeld, 2023a). Wanneer we de schorontwikkeling op de platen achterwege laten, is het schorareaal langs de randen in het westen toegenomen van 88,9 ha tot 144,3 ha sinds 1993, in het oosten van 2291 ha tot 2704,7 ha (Bijlage IV). In het westen ligt ruim 76% van het totale schorareaal op de Hooge Platen. De overige schorren in het westen zijn met enkele tientallen hectares voldoende groot voor een goed ecologisch functioneren. Ook de meeste schorren in het oosten zijn groot genoeg. In het midden van de Westerschelde zijn de meeste schorren echter te klein voor een goed ecologisch functioneren (Min. LNV, 2009), zoals Biezelingsche Ham, Hansweert, Terneuzen en Knuitershoek (Bijlage IV). Ze zijn te klein om voldoende ruimte te bieden aan de processen die het voorkomen van vegetatiezones en plantgemeenschappen ondersteunen. Het is niet per definitie zo dat kleine schorren geen waardevolle ecologische functies kunnen hebben (van Puijenbroek et al., 2025), maar daarvoor is het wel van belang dat omliggende schorren in het deelgebied van voldoende formaat zijn en dat is niet het geval in het midden van de Westerschelde.

Het evenwichtig voorkomen van vegetatiezones binnen schorren is belangrijk vanwege de ecologische samenhang tussen deze zones (Min. LNV, 2008a, 2008b, 2009; STOWA, 2024; Wielakker et al., 2011). Echter lijkt de zonering tussen vegetatiezones juist minder evenwichtig te zijn geworden (Figuur 4.9), waarschijnlijk als gevolg van verstarring (Arcadis & TAUW, 2025; Consortium Schelde in Beeld, 2023b). Hierdoor weet nieuwe pioniervegetatie zich moeilijk te ontwikkelen op nieuwe locaties, terwijl bestaande schorren successie ondervinden. Als gevolg is er een afname van pionierschor sinds 2009, terwijl in diezelfde periode het aandeel climaxvegetatie (strandkweek en riet) is toegenomen (Figuur 4.9). De successie naar climaxvegetatie wordt op het Verdrongen Land van Saeftinghe vertraagd door het inzetten van grazers, zoals schapen en koeien. Ook vindt er natuurlijke begrazing plaats door ganzen en konijnen. Intensieve begrazing leidt echter ook tot een uniforme (lage) vegetatie die karakteristiek is voor lage schor (van Duin et al., 2016), waardoor die vegetatiezone toeneemt.



Figuur 4.8 Ontwikkeling in schorareaal (in hectare) in het westen, midden en oosten van de Westerschelde sinds 1993. Data ontleend aan Hoefsloot et al. (2025).



Figuur 4.9 Het aandeel per vegetatiezone voor de schorren in de Westerschelde. Data ontleend van Informatiehuis Water (z.d.).

Macrobenthos

Macrobenthos zijn bodemdieren en vormen een belangrijke schakel tussen primaire productie en hogere trofische niveaus in het ecosysteem, zoals vissen en vogels. De langjarige trend van de macrobenthos is positief, zowel in soortenrijkdom en dichtheid als in biomassa. Deze trend kan gekoppeld worden aan de toename in laagdynamische leefgebieden (Bakker et al., 2025; Consortium Schelde in Beeld, 2023a). Echter wordt de gestegen soortenrijkdom vooral veroorzaakt door een toename van exoten (Bakker et al., 2024). Wanneer één of meerdere van deze exoten de lokale gemeenschap verstoren en zo het ecosysteem van de Westerschelde uit balans brengen, is dat een zorgwekkende ontwikkeling (Consortium Schelde in Beeld, 2023b). De stijgende trend in biomassa is voornamelijk gedreven door relatief grote soorten tweekleppigen (Bivalvia). De sterke toename in tweekleppigen is mogelijk het gevolg van een afname in tributyltin (TBT) (Consortium Schelde in Beeld, 2023b). Aantallen en biomassa van kokkels blijven achter, mogelijk als gevolg van grootschalige kokkelsterfte in de zomers van 2020 en 2022, veroorzaakt door hete zomers en warme winters. Dit was niet uniek in de Westerschelde, ook in de Waddenzee was er sprake van kokkelsterfte in deze periode. Mosselbanken ontbreken op de platen, oester- en gemengde oester/mosselbanken komen vrijwel alleen voor op hard substraat zoals stortstenen (Consortium Schelde in Beeld, 2023a; Troost et al., 2024). Over het voorkomen van oesters en mosselen in de sublitorale delen, met name de diepe geulen, is weinig bekend. Zo is er in 2024 in De Deurloo platte oester gedregd (Kerckhof & Kerkhove, 2025). Deze vondst was eenmalig, maar wijst op het mogelijk belang van deze leefgebied. Verder onderzoek kan het ecologische belang van de diepere geulen aantonen.



Vis

De ondiepe zones van de Westerschelde hebben een belangrijke kraamkamer- en opgroefunctie voor verschillende zeevissen, zoals zeebaars, tong, horsmakreel, zeedonderpad, harnasmannetje, bot en pollak (Hostens, 2003 in Consortium Schelde in Beeld, 2023). Schorren spelen hier ook een belangrijke rol in (Barbier et al., 2011; Charan-Dixon et al., 2025; Friese et al., 2021). Daarnaast is met de verbetering van de waterkwaliteit in de Zeeschelde en Westerschelde het estuarium weer belangrijker geworden voor diadrome soorten, zoals paling, driedoornige stekelbaars en rivierprik (Consortium Schelde in Beeld, 2023b; Winter et al., 2021). Het grootste aandeel van de visgemeenschap hebben vissoorten waarvoor een kinderkamerfunctie in het estuarium ligt. Ook het aantal estuarien residente soorten is toegenomen. Recent worden er ook weer meer trekvisseren in de Westerschelde gevonden (Tulp et al., 2023). De trefkans van trekvisseren met de huidige monitoringsmethode is echter klein en laat daardoor niet altijd een goed beeld van het aantal trekvisseren zien.

Sinds 1970 wordt in de Westerschelde jaarlijks de Demersal Fish Survey (DFS) uitgevoerd waarbij bodemvis en bodemdieren worden bemonsterd met een boomkor. Hieruit blijkt dat schol het meeste voorkomt in de Westerschelde, gevolgd door grondel, tong, schar, haring, steenbolk, bot en wijting (Tulp et al., 2023; van Rijssel et al., 2025). De soortenrijkdom is sinds 1970 vrijwel stabiel gebleven, terwijl de soortenrijkdom in de Oosterschelde sinds 2010 afneemt (Tulp et al., 2023). Ook is er geen duidelijke trend te zien in de visbiomassa die rond 2 kg/ha schommelt. In vergelijking met de Oosterschelde (<1 kg/ha) en de Eems-Dollard (ca 1 kg/ha) ligt de visbiomassa in de Westerschelde hoger (ca. 2 kg/ha) (Van Rijssel et al., 2024). De zorgwekkende trend die in T2021-rapportages worden gerapporteerd (Consortium Schelde in Beeld, 2023b), delen we daarom hier niet. Sinds 2000 komen haring en sinds 2007 bot consequenter en meer voor in de boomkor-vangsten van de Westerschelde. Vanaf 2008 worden daarentegen steenbolk, kabeljauw en schar veel minder gevangen. De laatste jaren wordt zeebaars wel weer vaker gevangen, met een uitschieter in 2022 toen bijna 3 kg/ha zeebaars werd gevangen (Van Rijssel et al., 2024). De achteruitgang van bijvoorbeeld kabeljauw en toename van zeebaars kan worden toegeschreven aan de opwarming van het water door klimaatverandering. Hier profiteren mul, rode poon en kleine pieterman ook van (Van Rijssel et al., 2024). Daarnaast is er een opvallende toename van spiering sinds 2010 (Tulp et al., 2023), die waarschijnlijk profiteerde van de verbeterde waterkwaliteit in het estuarium.

Zeezoogdieren

In de Westerschelde komen populaties bruinvissen en gewone en grijze zeehonden voor. Zeezoogdieren staan bovenaan het voedselweb, daarom is het welzijn van aanwezige populaties een belangrijke indicator voor het functioneren van het systeem.

Gewone zeehonden

De populatie gewone zeehonden is sterk gegroeid tussen 1993 en 2023, van enkele individuen tot meer dan 500. Ook het aantal jongen is in diezelfde periode sterk toegenomen van nul tot 112 jongen, maar het aandeel jongen ten opzichte van de populatie ligt nog beduidend lager in de Westerschelde in vergelijking met de Waddenzee, respectievelijk 20-25% en 34-40% (Consortium Schelde in Beeld, 2023b; Hoekstein et al.,



2025). Hieruit blijkt dat reproductie in de Westerschelde (en de Delta) mogelijk te laag is om de populatie in stand te houden (Hoekstein et al., 2025). Voor het verschil met de Waddenzee zijn twee mogelijke verklaringen: (1) Een sterke influx in 2018-2019 van niet geslachtsrijpe dieren, of (2) een lagere reproductie door hoge PFOS (een stof die behoort tot PFAS) gehalten in gewone zeehonden in de Westerschelde (Consortium Schelde in Beeld, 2023b; Dedert et al., 2015). De tweede hypothese wordt versterkt door resultaten uit onderzoek door van den Heuvel-Greve et al. (2024), waaruit blijkt dat de effectgrens van PFOS in gewone zeehonden in de Westerschelde wordt overschreden.

Grijze zeehonden

Sinds 2002 neemt ook het aantal grijze zeehonden in de Delta sterk toe, maar met name in de Voordelta (meer dan 3000 in 2022). Slechts enkele tientallen individuen weten de Westerschelde te vinden. Wel worden er sinds 2013 enkele jongen gevonden in de Westerschelde. De Hooge Platen vormen de belangrijkste rustplaats voor grijze zeehonden in de Westerschelde, het is daarom belangrijk dat hier geen verstoring plaatsvindt (Hoekstein et al., 2025).

Bruinvissen

Bruinvissen in de Westerschelde maken onderdeel uit van de metapopulatie van de Zuidelijke Noordzee en er is geen specifieke Westerschelde-populatie te onderscheiden. Door een zuidwaartse verschuiving van de bruinvispopulatie in de Noordzee, komen er sinds 1990 weer meer bruinvissen in de Nederlandse Noordzee voor (Geelhoed, 2024). Er is onvoldoende informatie beschikbaar om de omvang van het leefgebied van bruinvis in de Westerschelde en Saefinghe te bepalen (Arcadis & TAUW, 2025). De soort is gevoelig voor verstoring door geluid. Het (toegenomen) scheepvaartverkeer in de Westerschelde kan schade veroorzaken aan het gehoor van de bruinvis (Arcadis & TAUW, 2025).

(Invasieve) exoten

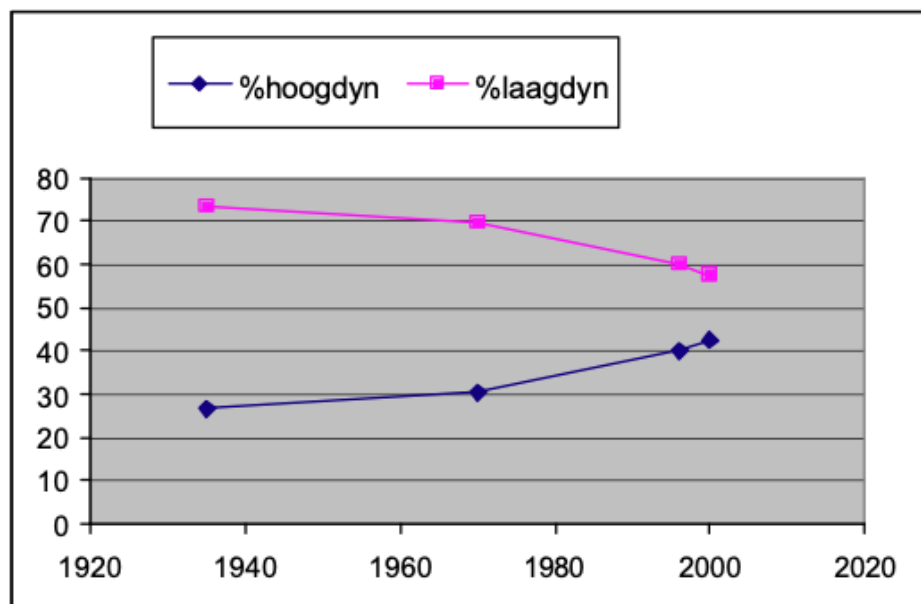
De brakwaterkorfschelp (*Potamocorbula amurensis*) is door het Nationale Soortenregister ingedeeld als potentieel invasieve exoot, voornamelijk is niet duidelijk of de soort in de Westerschelde invasief zal worden.

De Chinese wolhandkrab (*Eriocheir sinensis*) is een invasieve exoot die de bodem omwoelt en waterinfrastructuur kapot maakt door gangen te graven. Zo kunnen ze de troebelheid verhogen en extra voedingsstoffen in de waterkolom brengen. Chinese wolhandkrabben uit de Westerschelde zijn niet geschikt voor consumptie door mogelijke vervuiling en worden daarom niet bevestigd maar actief bestreden (Nederlandse Voedsel- en Warenautoriteit, 2022). In de Zeeschelde wordt er wel naar Chinese wolhandkrabben gevestigd middels krabbengoten. In de waterkolom is de Amerikaanse ribkwal *Mnemiopsis leidyi* al een aantal jaren aanwezig, maar er is geen monitoring van (rib)kwallen (Herman, 2022). Deze ribkwal is een efficiënte predator van het zoöplankton en heeft weinig natuurlijke predatoren.



4.6 Systeemfunctioneren: Interacties en samenhang

In een natuurlijk estuarium bepalen morfologie en stroming het voorkomen van ecotopen die op hun beurt weer de verspreiding en het voorkomen van soorten bepalen. Morfologische processen en stroming staan dus aan de basis van het systeem. De afgelopen decennia hebben echter ontwikkelingen plaatsgevonden die deze processen sterk hebben beïnvloed. De belangrijkste ontwikkelingen zijn de verdieping en verruiming van de vaargeul en de vernauwing van het estuarium door bedijking en inpoldering van opgeslibde intergetijdengebieden. Hierdoor is de verhouding tussen de diepte van de vaargeul en breedte van het estuarium verstoord (van den Bergh et al., 2003). Door deze historische ingrepen en het huidige beheer en onderhoud van de vaargeul is het systeem verstarde. De vaargeul wordt kunstmatig op zijn plek gehouden, platen zijn hoger geworden en overgangszones zijn versteild (De Vet et al., 2017). Slikken aan de oevers van het estuarium zijn vernauwd en verlaagd (van den Bergh et al., 2003). Bovendien is de waterlijncomplexiteit van platen afgenomen door het opvullen van kortsluitgeulen en de stroomlijning van plaatsystemen (van den Bergh et al., 2003). Het probleem van het verdwijnen van kortsluitgeulen is een afname van morfologische diversiteit (en dus verstarde), met minder veerkracht van het systeem tot gevolg.

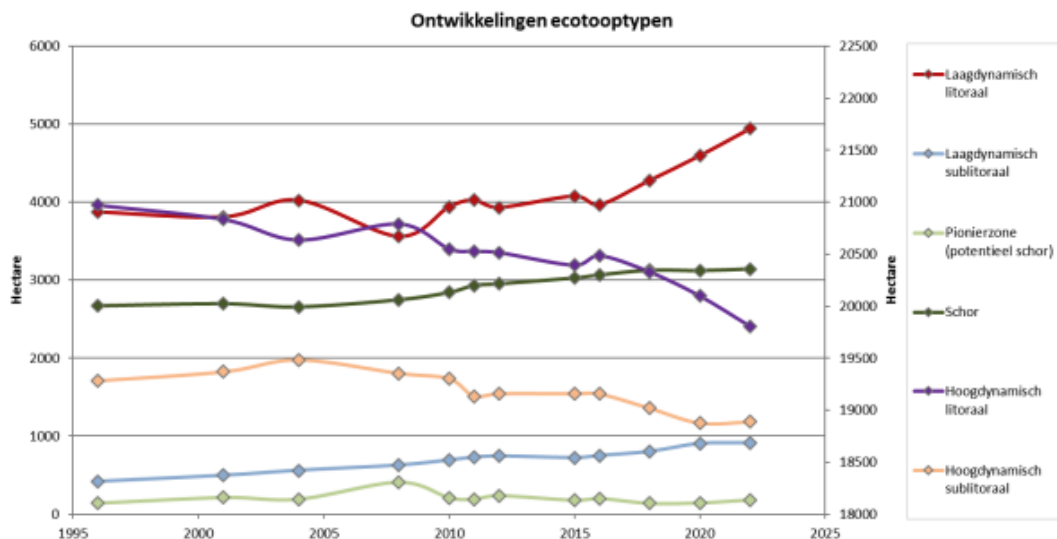


Figuur 4.10 Verhouding in areaal tussen hoogdynamisch en laagdynamisch intergetijdengebied in de periode 1935 tot 2000 op basis van geomorfologische kaarten. Bron: van den Bergh et al. (2003).

Dit alles heeft geleid tot een relatieve afname van laagdynamisch areaal ten opzichte van hoogdynamisch areaal in de Westerschelde in de 20^e eeuw (Figuur 4.10). Deze ontwikkeling is verontrustend omdat laagdynamische intergetijdengebieden een grotere potentiële macrofaunagemeenschap hebben, waarvan bijvoorbeeld steltlopers afhankelijk zijn (Craeymeersch & Ysebaert, 2020). Sinds de eeuwwisseling neemt het areaal laagdynamisch in het litoraal en sublitoraal juist weer toe (Figuur 4.11), zoals bij de Plaat van Valkenisse door de verzanding van de Zimmermangeul (Taal et al., 2019). Deze ontwikkeling is lokaal versterkt door de bouw van strekdammen tot in de geul



(Herman, 2022). Hoewel zulke ontwikkelingen van laagdynamisch areaal op korte termijn een positief effect kunnen hebben op de ecologie, hebben ze ook nadelen. Op lange termijn kan verdere opvulling van zij- en nevengeulen leiden tot het vastgroeien van platen met slikken aan de wal, waardoor heterogeniteit van ecotopen in één of meerdere macrocellen afneemt. Het aantal gebieden waar steltlopers en zeehonden nog ongestoord kunnen rusten neemt hierdoor verder af. Versturende activiteiten hebben een effect op de fitheid van individuele dieren en uiteindelijk op de fitheid en weerbaarheid van de populatie. Er moet daarom gekeken worden hoe rustgebieden voor zeehonden en steltlopers behouden kunnen blijven. Daarnaast speelt het risico dat op verhoogde platen schorvorming kan plaatsvinden (Fivash et al., 2023; Schwarz et al., 2018). Fivash et al. (2023) onderzocht de omslag van onbegroeide plaat tot schor en de factoren die daaraan ten grondslag liggen. De omslag gebeurt in een relatief korte tijdsperiode en is afhankelijk van de overstromingsduur van de plaat en de vorming van micro-topografische patronen op de plaat. Bij ophoging van de plaat (en dus een lagere overstromingsduur) kan er makkelijker een omslag naar schor ontstaan. In de Westerschelde is het areaal schor als gevolg van deze processen toegenomen tussen 2004 en 2020 en dit heeft geleid tot een afname van intergetijdengebied op de platen (Fivash et al., 2023). Als schorren zich eenmaal hebben gevestigd worden de gevormde micro-topografische patronen en krekens verder gestabiliseerd, wat behoud en verdere ontwikkeling van schorren bevordert (Fivash et al., 2023; Schwarz et al., 2018). Hoewel schorontwikkeling op de platen een afname betekent van ecologisch waardevol intergetijdengebied, vormen schorren ook hoogwatervluchtplaatsen in de Westerschelde. Deze zijn schaars in het estuarium, waar vogels vaak dijken als hoogwatervluchtplaatsen gebruiken en last hebben van verstoring door mensen. De Hooge Platen worden nu als belangrijkste hoogwatervluchtplaats gezien voor vogels (Consortium Schelde in Beeld, 2023b).



Figuur 4.11 Ontwikkeling van arealen per ecotooptype in de Westerschelde, periode 1996-2022. Bron: Pree (2022).

De verstoorde verhouding tussen de diepte van de vaargeul en de breedte van het estuarium heeft mogelijk ook effecten op de troebelheid in de waterkolom. Een gebrek aan laagdynamische gebieden waar zwevend stof kan sedimenteren zorgt voor meer



troebelheid in het systeem, en daarmee een verminderde primaire productie. Aangezien primaire productie de basis van het voedselweb is, is een verdere vertroebeling van de waterkolom ongewenst. In hoeverre de hiergenoemde systeemomslag zal gaan plaatsvinden in de Westerschelde is nog onzeker (zie hiervoor een review in Herman (2022)).

Toch lijkt de troebelheid nu al te leiden tot een lagere primaire productie van het fytoplankton in vergelijking met omliggende waterlichamen (Dijkman, 2023). De troebelheid kan daarmee de abundantie van fytoplankton drukken. Naast de abundantie is de kwaliteit van de fytoplanktongemeenschap ook een belangrijke parameter voor de kwaliteit van het systeem. Hierin speelt silicaat een belangrijke rol aangezien silicaat wordt opgenomen door diatomeeën en dus bepaald of de fytoplanktongemeenschap bestaat uit een diatomeeën- of een niet-diatomeeëngemeenschap (Consortium Schelde in Beeld, 2022). In de Westerschelde is er echter met regelmaat en langdurig een silicaattekort in het voorjaar (zie §4.4), wanneer juist diatomeeën bloeien. In combinatie met te hoge concentraties stikstof en fosfor schuift de fytoplanktongemeenschap hierdoor naar een niet-diatomeeëngemeenschap die van lagere voedselkwaliteit is voor zoöplankton. Zo'n 'trophic cascade' heeft negatieve gevolgen voor het hele voedselweb, omdat het silicaattekort zijn doorwerking heeft naar hogere trofische niveaus, zoals vissen.

4.7 Overige drukfactoren

Met twintigduizend zeeschepen die jaarlijks de Haven van Antwerpen in varen is de Westerschelde een van 's werelds drukst bevaren toegangswegen (Port of Antwerp-Bruges, 2024). De combinatie van grootschalige scheepvaart en daarbij horend onderhoud aan de vaarweg, historische bedijkingen en vervuilingsdruk van schadelijke stoffen veroorzaakt meervoudige knelpunten voor morfologie, waterkwaliteit, leefgebieden en soorten.

Scheepvaart heeft een directe invloed op de omgeving door het produceren van onderwatergeluid en het introduceren van exoten. Menselijk geproduceerd geluid, zoals dat van schepen, verstoort mariene fauna, zoals zeezoogdieren en vissen, maar ook macrofauna (Duarte et al., 2021). Als gevolg van de verstoringen van individuen neemt de algehele fitheid van de populaties en de gezondheid van het systeem af, waardoor het minder veerkrachtig is. Bij een verlaagde veerkracht kan de introductie van exoten een groter gevaar vormen. Exoten kunnen meekomen met het ballastwater of aan de scheepshuid. Wanneer een exoot invasief is kan het evenwicht van het systeem ontwricht worden.

Een drukfactor die indirect het gevolg is van scheepvaart is het vaargeulonderhoud. Om de Haven van Antwerpen bereikbaar te houden moet de vaargeul op diepte gehouden worden. Door de vastlegging en verdieping van de vaargeul wordt de waterbeweging beïnvloed, waardoor verstarring optreedt. Ook historische inpoldering en het aanleggen van dijken hebben geleid tot versmalling en vastlegging, waardoor de verstarring versterkt wordt.



Een andere drukfactor is de historische en huidige chemische vervuiling door de industrie en landbouw (zie §4.4). Verontreinigende stoffen bouwen op in het voedselweb en verslechteren de veerkracht van het ecosysteem. Hoewel diverse chemische verontreinigingen aangepakt zijn, kunnen nalevering en nieuwe stoffen nog lange tijd voor problemen zorgen.

Als laatste zijn ook verstoring door recreatie en te lage voedselbeschikbaarheid door overbevissing een drukfactor, met name voor hogere trofische niveaus zoals zeezoogdieren en vogels (Hoekstein et al., 2025). Beide drukfactoren tasten de fitheid van individuen aan, door ze te verstoren wanneer de dieren in rust of aan het foerageren zijn. Door een lage voedselbeschikbaarheid moeten dieren meer moeite doen om voldoende te consumeren.



5 Systeembeschrijving met autonome ontwikkelingen

Deze paragraaf bevat een trendanalyse van de verwachte autonome ontwikkeling van het watersysteem inclusief de processen en drukfactoren. Onder autonome ontwikkeling wordt verstaan dat het huidige gebruik en het bestaande beleid ongewijzigd worden voortgezet.

5.1 Systeemvoorwaarden en stroming

De estuariumgrenzen en vaargeuldimensies zullen volgens internationale afspraken hetzelfde blijven om de bereikbaarheid van de Haven van Antwerpen te garanderen. De dimensies van het estuarium blijven daardoor uit verhouding en de trend van versteiling en verstarring zal doorzetten. Behoud van het meergeulensysteem is niet in het geding; het huidige beleid stuurt op instandhouding en de huidige geometrie in de Westerschelde genoeg ruimte voor zowel een eb- als een vloedgeul. Wel kunnen zij- en nevengeulen verlanden door natuurlijke ontwikkelingen en als gevolg van lokale ingrepen zoals het plaatsen van strekdammen, zoals bijvoorbeeld bij de Zimmermangeul gebeurt (zie §4.6). Op korte termijn leiden dergelijke ontwikkelingen tot meer laagdynamisch litoraal areaal wat gunstig is voor benthos en vogels, maar het draagt ook bij aan hogere stroomsnelheden in de hoofdgeulen en verdere verstarring van het systeem. Er wordt niet verwacht dat de getijslag nog veel zal toenemen door gemaakte aanpassingen van het sedimentbeheer en de baggerstrategie. Volgens modelberekeningen door Rübke et al. (2020) zullen de hoogwaterstanden meestijgen met de zeespiegel. Stroomopwaarts in het estuarium zal gemiddeld hoogwater met een maximum van 10% meer toenemen ten opzichte van de zeespiegel.

De Westerschelde zal verder in de toekomst sterk worden beïnvloed door klimaatverandering, met name door temperatuurverandering en zeespiegelstijging. Afhankelijk van voorspellingen gaat het om een stijging van respectievelijk 1 tot 4°C en 0,3 tot 1,2 m tegen het jaar 2100 (Bessembinder et al., 2023). Door de voorspelde zeespiegelstijging zal er een eb-dominante getijdenasymmetrie ontstaan waardoor er netto sediment uit het estuarium wordt getransporteerd. Op de lange termijn zullen intergetijdengebieden niet mee kunnen groeien met de zeespiegelstijging en zal het areaal laagdynamisch litoraal afnemen (Rübke et al., 2020). Gevolgen op het systeemfunctioneren op deze tijdschaal zijn nu nog slecht te voorspellen.

5.2 Structuren

Bij een voortzetting van het huidige beleid blijft de ligging van de dijken onveranderd en wordt de vaargeul op de huidige diepte en breedte gehouden. De verstoorde diepte-



breedte verhouding van het estuarium blijft daardoor gelijk aan de huidige situatie. Hierdoor zullen de (hydro)morfologische ontwikkelingen die zich nu al voordoen hun verdere doorwerking hebben in een autonome situatie. Verondiepende nevengeulen zullen verder verlanden en mogelijk zal hierdoor meer laagdynamisch intergetijdengebied ontwikkelen. Op de langere termijn wordt echter verwacht dat door zeespiegelstijging, en de hierdoor veranderende sedimenttransport, juist weer een deel van de intergetijdengebieden zal verdrinken. Als gevolg van zeespiegelstijging zullen in de toekomst dijkversterkingen uitgevoerd moeten worden.

Als het huidige beleid voor vaargeulonderhoud wordt voortgezet, zullen de trends van versteiling en verstarring aanhouden, waardoor de waterlijncomplexiteit verder afneemt. Door een verlaagde hydraulische ruwheid en complexiteit van het systeem ervaart stromend water minder weerstand waardoor er hogere stroomsnelheden bereikt kunnen worden. Dit geldt met name in de verbreedde en verdiepte ebgeul. Als gevolg van de hogere stroomsnelheden neemt de concentratie zwevend stof in de waterkolom toe. Er is veel onzeker over de lange termijn ontwikkelingen; verdere vertroebeling is mogelijk, maar een omslag naar een hyperturbide systeem wordt niet verwacht. vertroebeling vormt dus wel een risico en stijgende sedimentconcentraties in de waterkolom beperken het binnendringen van licht, waardoor de primaire productie afneemt. Als er verdere vertroebeling van het systeem optreedt zal de primaire productie dalen, waardoor de basis van het voedselweb wegvalt. Bij een gebrek aan fytoplankton is er geen voedsel voor zoöplankton, die op hun beurt hogere trofische niveaus niet kunnen voeden. Daarmee wordt een estuarium dat normaal bekend staat om zijn hoge productiviteit, veel minder productief.

5.3 Stoffen en soorten

De autonome ontwikkeling van stoffen in de Westerschelde wordt beïnvloed door klimaatverandering, landgebruik en ontwikkelingen in de stroomopwaartse gebieden. Als we de huidige ontwikkelingen van stoffen volgen (zie §4.4), zullen deze verder (licht) afnemen en stabiliseren. Door afnemende nutriëntenconcentraties is het ecosysteem stabiel en krijgen plaagalgen weinig kans. Toenemende watertemperaturen kunnen er wel voor zorgen dat *Phaeocystis* bloeien vaker gaan voorkomen.

Sinds 2000 is de chemische waterkwaliteit van de Westerschelde verbeterd en nemen de concentraties verontreinigende stoffen in biota af. De verwachting is dat deze afname gestaag doorzet, mits er in zowel Vlaanderen als Nederland actief beleid op wordt gevoerd. Door de gestage afname is er minder ophoping van o.a. PFAS in het voedselweb, wat positief is voor zowel lagere (o.a. slakken en schelpen) als hoge (o.a. zeehonden) trofische niveaus. Vermindering van accumulatie van verontreinigende stoffen in het voedselweb heeft tijd nodig, en wordt daarom niet op korte termijn verwacht. Negatieve effecten zullen niet sterker worden.

Waardevol foerageergebied voor vogels neemt af door aanhoudende verstarring en versteiling. In een getijdencyclus valt door versteiling minder areaal droog. Op korte termijn ontstaat meer laagdynamisch areaal door verondieping van zij- en nevengeulen, maar door



aanhoudende verstarring en successie zal hier schor ontstaan. Hierdoor neemt het laagdynamsich areaal uiteindelijk af. Door het vastleggen van de hoofdgeulen en het aanleggen van oeververdedigingen zal het schor langs dijken verouderen. Door versnelde ophoging van slikken sinds 2005 en een sterkte toename van schorvegetaties als gevolg is het realistisch dat ook in deze gebieden verdere successie en veroudering van het schor optreedt.

Extremere zomertemperaturen in combinatie met warmere winters dragen bij aan kokkelsterfte. Het is waarschijnlijk dat dit in de toekomst door klimaatverandering vaker voor zal komen. Ook zullen er waarschijnlijk regelmatig nieuwe exoten opduiken in het systeem. Een voorbeeld is de recente 'explosie' van de brakwaterkorfschelp (*Potamocorbula amurensis*). In San Francisco Bay heeft deze soort een systeemomslag veroorzaakt (Herman, 2022). Door het opwarmen van het water zullen ook zogenaamde 'klimaatschuivers' zich in het systeem vestigen. Introductie van exoten en klimaatschuivers kan moeilijk worden voorkomen, maar een gezond en veerkrachtig systeem inclusief voedselweb kan wel beter weerstand bieden tegen invasieve exoten dan een verzwakt systeem. Daarnaast kunnen nieuwe soorten zich ook ontwikkelen tot een waardevolle toevoeging of vervanging in het voedselweb, bijvoorbeeld als er regelmatig kokkelsterfte plaatsvindt.

De stijging van de watertemperatuur en het vaker voorkomen van extreme zomertemperaturen door klimaatverandering maakt de ondiepe gebieden ongeschikt voor vissoorten die hier gevoelig voor zijn. In dat geval moeten deze vissen de koelere (diepere) delen van de Westerschelde opzoeken, maar het is onduidelijk in hoeverre de diepere geulen van de Westerschelde geschikt zijn als habitat. Die geschiktheid moet zeker ook onderzocht worden in het kader van onderwatergeluid geproduceerd door schepen die met de huidige ontwikkeling van de scheepvaart zal toenemen. Daarnaast zijn juist de ondiepe delen geschikt als kinderkamer. De beperkte waterdiepte maakt dat jonge vis lastig tot niet bereikbaar is voor grotere vissen. Nu al is er een relatieve afname van de biomassa van kinderkamersoorten in de visgemeenschap. Trekvisserijen nemen wel toe in het laatste decennium (Tulp et al., 2023). Zij gebruiken het open estuarium voor de migratie naar de Zeeschelde en de zijrivieren. Wel zijn er verbeteringen mogelijk voor de verbindingen met omliggende polders, en het Volkerak-Zoommeer watersysteem via het Bathse Spuikanaal (Winter et al., 2021).



6 Scoren ecosysteemgezondheid

Het scoren van de gezondheid van het ecosysteem van de Westerschelde in zowel zijn huidige staat (Hoofdstuk 4), als in de situatie met autonome ontwikkelingen (Hoofdstuk 5), is gedaan aan de hand van de randvoorwaarden en indicatoren voor een gezond ecosysteem (Hoofdstuk 3). Door het scoren wordt duidelijk waar de staat van het ecosysteem verschilt met een gezond en goed functionerende Westerschelde (Foppe & Van Bets, 2023). Waar mogelijk worden de randvoorwaarden, aan de hand van bijbehorende indicatoren, kwantitatief beoordeeld. Wanneer te veel gegevens ontbreken wordt geprobeerd een kwalitatieve beoordeling van de randvoorwaarden te geven. Dit verhaal helpt om essentiële elementen en processen in het watersysteem te identificeren en geeft aanleiding voor noodzakelijke onderzoeksvragen en maatregelen.

6.1 Huidige situatie

Gezien de historische ontwikkeling van de Westerschelde kunnen we aannemen dat de Westerschelde (hydro)morfologisch en hydrologisch gezien sterk veranderd is. Zo is de diepte-breedte verhouding in het estuarium verstoord en wordt verstarring en versteiling nog steeds als een risico gezien. Omdat een beoordeling over de **huidige (hydro)morfologische en hydrologische toestand** niet ondubbelzinnig kan worden genomen en afhankelijk is van het perspectief waarin ze worden bekeken; Natuurlijkheid, Veiligheid en/of Toegankelijkheid (Consortium Schelde in Beeld, 2022). Daarom beoordelen we de (hydro)morfologische en hydrologische toestand niet, zoals ook niet is gedaan in de T2021-rapportages (Consortium Schelde in Beeld, 2022). Voor een kwalitatieve beoordeling moeten de verklarende parameters geanalyseerd worden per macrocel (zie hoofdstuk 3). Voor een genuanceerde onderbouwing verwijzen we hiervoor naar het Mesoschaal Westerschelde integratierapport (Taal et al., 2019). Een nieuwe Mesoschaal-analyse wordt in de komende jaren door Deltares uitgevoerd.

In de huidige situatie voldoet de **fysisch-chemische waterkwaliteit niet**. De toestand voor fysisch-chemische waterkwaliteit scoort volgens de KRW-normen matig in zowel de Westerschelde als Zeeuwse kust (kustwater) (Royal HaskoningDHV & Waardenburg Ecology, 2024a, 2024b). Bovendien voldoet de verhouding tussen nutriënten niet aan de Redfield ratio. De genormaliseerde N:P ratio van 16:1 wordt overschreden en neemt toe, wat aangeeft dat er een lichte stikstofdominantie is. De N:C en P:C verhoudingen zijn ook te hoog, maar nemen wel af. Daarnaast voldoet het waterlichaam niet aan de KRW-norm voor prioritare stoffen en specifiek verontreinigende stoffen. Zo zijn er zes normoverschrijdingen voor specifiek verontreinigende stoffen, zeven voor ubiquitaire stoffen, één niet ubiquitaire stof en twee nieuwe stoffen.



Ook aan randvoorwaarde 3 **‘een goede leefgebied kwantiteit en kwaliteit’** wordt niet voldaan. Wel kunnen we stellen dat de huidige (hydro)morfologische en hydrologische toestand leidt tot het voorkomen van dynamische en minder dynamische gebieden die de condities scheppen voor een variatie aan leefgemeenschappen. De huidige arealen van hoog- en laagdynamische gebieden worden als voldoende beoordeeld. Ook de kwaliteit van de macrofaunagemeenschap wordt binnen de KRW als goed beoordeeld, met een relatief hoge biomassa en soortenrijkdom. Wel zijn er te weinig kokkels, en mosselbanken ontbreken op de platen. Het gebrek aan kokkels en mosselbanken is een indicator dat de kwaliteit van het leefgebied onvoldoende is. Het aandeel van exoten binnen de macrofaunagemeenschap stijgt, waardoor de kans op een invasieve exoot die het voedselweb verstoort toeneemt.

Er is voldoende schorareaal aanwezig in de Westerschelde volgens de KRW-deelmaatlat areaal schorren, maar de analyse per deelgebied toont aan dat er in het midden van de Westerschelde onvoldoende schorareaal is. Ook de schorkwaliteit is onvoldoende. Drie van de vijf schorzones hebben een te hoog of juist te laag aandeel van het totaal, daarnaast is het aandeel van zowel climax riet als climax strandkweek te hoog (Tabel 6.1). De huidige hydrodynamiek is niet meer in staat om het proces van schorsuccessie om te keren. Slikoevers zijn te smal door gebrek aan ruimte in het estuarium waardoor er onvoldoende schor met volledige zonering kan ontwikkelen. Er is daarom geen evenwichtige schorzoning in het systeem. Een analyse van de schorkwaliteit per deelgebied was niet beschikbaar, daarom is de schorzoning over de hele Westerschelde bekeken.

Tabel 6.1 De verdeling van vegetatiezones als maat voor de KRW schorkwaliteit in 2022. Data ontleend aan Informatiehuis Water (z.d.).

KRW vegetatiezone	Aandeel van totaal (%)	Vereisten	Voldoet
Pionier	7,3	>5% en <35%	Ja
Laag	32,6	>5% en <35%	Ja
Midden	3,0	>5% en <35%	Nee, te laag
Hoog + climax strandkweek	44,9	>5% en <35%	Nee, te hoog
Aandeel climax strandkweek	83,2	Aandeel <50%	Nee, te hoog
Brak + climax riet	12,2	>5% en <35%	Nee, te hoog
Aandeel climax riet	100	Aandeel <50%	Nee, te hoog

Er is onvoldoende informatie beschikbaar over bruinvis om de omvang en kwaliteit van het leefgebied te bepalen, mede omdat de locaties van telposten beperkt zijn tot de monding van de Westerschelde. Wel is bekend dat de soort gevoelig is voor verstoring door geluid. Het drukke vaarverkeer kan daarom een negatief effect hebben op de kwaliteit van het habitat (Arcadis & TAUW, 2025).

De gewone zeehond populatie vertoont een positieve trend. Toch spelen diverse drukfactoren spelen een rol voor de leefgebied kwaliteit. Watervervuiling en verstoring door recreatie de grootste drukfactoren, maar ook onderwatergeluid veroorzaakt door scheepvaart kan een rol spelen (Arcadis & TAUW, 2025). Over de leefgebied kwaliteit van



de grijze zeehond is weinig bekend. Dit komt met name door de recente aanwijzing (2022) van het gebied voor de soort (Arcadis & TAUW, 2025). Drukfactoren zijn verstoring door recreatie, te lage voedselbeschikbaarheid door overbevissing en watervervuiling (Hoekstein et al., 2025).

Aan de vierde randvoorwaarde voor **een gezond voedselweb** wordt niet voldaan. Fytoplankton scoort goed binnen de KRW, maar de plaagalg *Phaeocystis* vormt over de hele Westerschelde wel een probleem. Ook macrofauna scoort goed binnen de KRW. Vis scoort daarentegen matig vanwege een te lage abundantie van vis in het algemeen, en spiering, fint, bot en slakdolf in het bijzonder. Daarnaast kunnen we voor spiering en fint de populatie-opbouw beoordelen en die voldoet niet (STOWA, 2024; van Rijssel et al., 2025). Alle trofische niveaus lijken wel met voldoende diversiteit aanwezig in het systeem.

Aan randvoorwaarde 5 '**een goed functionerende schakel**' wordt niet voldaan. Natura 2000-populatiedoelstellingen voor de habitatrictlijnsoorten zeeprik, rivierprik en fint worden nog niet gehaald, wat aangeeft dat de Westerschelde als schakel voor vis nog onvoldoende functioneert. De doelstellingen leefgebied omvang en kwaliteit voor broedvogels en niet-broedvogels worden wel gehaald. Leefgebieden van internationaal afnemende of bedreigde soorten worden voldoende beschermd volgens Natura2000-wetgeving of internationale kaders zoals het OSPAR-verdrag.

6.2 Situatie met autonome ontwikkelingen

Voor veel indicatoren is de beoordeling van de verwachte situatie de Westerschelde onder autonome ontwikkeling onveranderd of zelfs verslechterd ten opzichte van de huidige situatie. De twee belangrijkste autonome ontwikkelingen die knelpunten vormen voor het ecologisch functioneren van de Westerschelde zijn het aanhouden van verstelling en verstarung, en de gevolgen van klimaatverandering. Natuurlijke dynamiek en variatie in hoog- en laagdynamische gebieden verslechtert. De kwaliteit van schor neemt verder af en op langere termijn neemt ook het areaal laagdynamisch leefgebied af.

In de huidige trend zal leefgebiedkwaliteit afnemen en de kraamkamer- en schakelfunctie voor vis, een belangrijk niveau in het voedselweb, verslechteren. Door stijgende watertemperaturen zal de macrobenthosgemeenschap het moeilijk krijgen en er zullen vaker *Phaeocystis* bloeien ontstaan. De chemische waterkwaliteit toont een verbeterende trend die zal aanhouden maar op den duur zal stabiliseren. Dit kan positieve effecten hebben op het voedselweb.



DEEL B

7 Beleidsdoel/beheervraag

Een recent probleem in de Westerschelde is een recente afname van spiering (*Osmerus eperlanus*), nadat die juist was toegenomen sinds de waterkwaliteit in het estuarium verbeterde. In 2011 werd de Westerschelde (en Zeeschelde) nog gezien als een zeer belangrijke paaiplaats en kinderkamer voor spiering (Goudswaard & Breine, 2011). Op basis hiervan is de probleemvraag van de opdrachtgever als volgt:

Welke oorzaken liggen ten grondslag aan de recente afname van spiering in de Westerschelde?

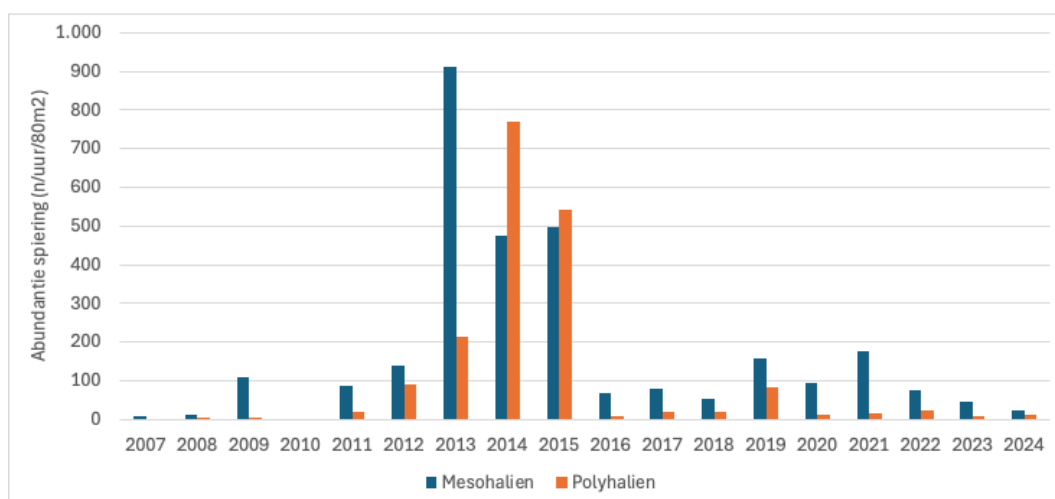
De abundantie van spiering is een belangrijke parameter binnen de KRW (STOWA, 2024), waardoor het van belang is om te achterhalen welke factoren hebben gezorgd voor een afname in de abundantie van spiering.

8 Terugredeneren vanuit 5S structuur

In dit hoofdstuk is er vanuit het probleem terug geredeneerd om zo belangrijke oorzaken te identificeren. Het probleem wordt integraal behandeld en niet per “S”, omdat meerdere factoren (geïntegreerd) een rol spelen. Op deze manier kan er efficiënt tot de kern van het probleem worden gekomen. Het geeft inzicht in de mogelijke knoppen waaraan gedraaid kan worden om het probleem aan te pakken.

8.1 Integrale behandeling van het probleem

Spiering kent migrerende (diadrome) populaties en standpopulaties. In de Westerschelde gaat het om een migrerende populatie die leeft in estuaria en paait in de bovenstroomse zoete wateren. De migratie naar bovenstroomse gebieden vindt plaats in de lente (Illing et al., 2024). Net als in andere Europese estuaria, zoals de Thames, Elbe, Weser en Eems, is spiering na een korte opleving door verbeterde waterkwaliteit sinds midden jaren negentig vanaf circa 2015 opnieuw sterk afgenomen (Figuur 8.1). Dat is een zorgwekkende ontwikkeling, omdat spiering van groot belang is voor soorten die hoger staan in het voedselweb, zoals zeezoogdieren (Leopold, 2015) en vogels, waaronder enkele die van belang zijn binnen Natura 2000 (Arcadis & TAUW, 2025). In de Zeeschelde kwam spiering tussen 2011 en 2017 in grote aantallen voor en was het de dominantste soort (van de Meutter et al., 2021). Deze opleving kwam nadat spiering in de Zeeschelde was uitgestorven door verontreiniging, en de eerste terugkomst in 2005. Ook in Vlaanderen is onbekend waarom spiering weer is afgenomen sinds 2017.

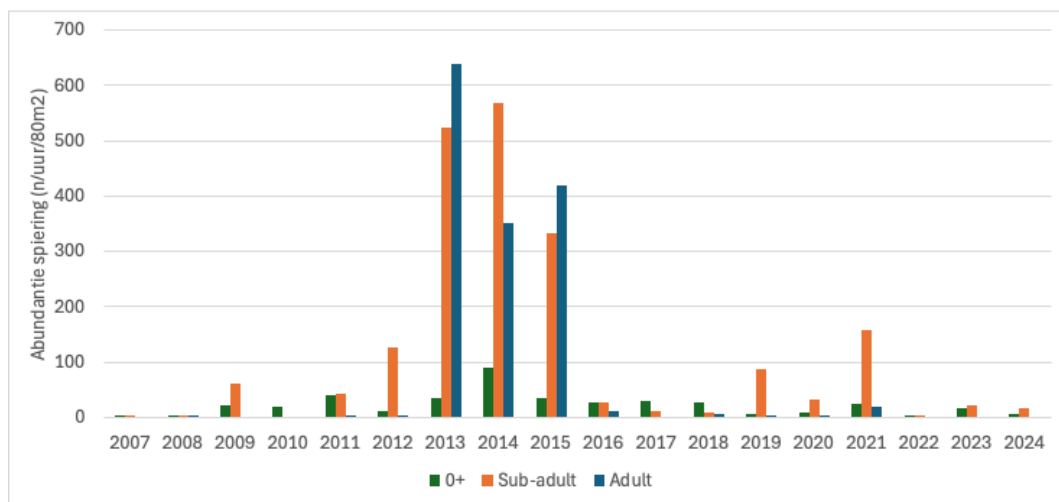


Figuur 8.1 Abundantie van spiering als vangstaantal in de ankerkuil sinds 2007. Data ontleend aan Wageningen Marine Research (z.d.) in opdracht van RWS en Min. LNVN.



De oorzaken voor de afname in spiering in de Westerschelde zijn niet duidelijk. Mogelijke factoren zijn klimaatverandering, die invloed heeft op opgroeigebieden (kinderkamerfunctie) en voedselbeschikbaarheid, en lokale drukfactoren, zoals visserij en verdieping van vaarwegen en toename van zwevende stoffen. Hoe deze factoren afzonderlijk bijdragen aan de achteruitgang is onbekend en onderwerp van diverse (internationale) studies (Drewes et al., 2025; Illing et al., 2024; Keskinen et al., 2012).

Voor een gezonde spieringpopulatie is het van belang dat de opbouw van de populatie op orde is. Een gezonde populatie wordt gerepresenteerd door een relatief kleine groep adulten in vergelijking met sub-adulten en juvenielen, waarbij de juvenielen (0+) het talrijkst zijn (STOWA, 2024). In de vangstaantallen in de Westerschelde is echter eerder een tegengestelde trend te zien, waar de groep sub-adulten en adulten vele malen groter is dan die van juvenielen (Figuur 8.2). Mogelijk is de maaswijdte die gebruikt wordt voor de ankerkuil-bemonsteringen niet goed toe te passen voor juveniele spieringen. Als dat niet het geval is, is dat een zorgwekkende waarneming en wijst het op problemen met de reproductie en ontwikkeling van larven en jonge spiering. In de Zeeschelde worden in het voorjaar wel zeer kleine juveniele spieringen aangetroffen in de fuikenmonitoring (van de Meutter et al., 2021), dus het is waarschijnlijk dat deze trend te wijten is aan de Nederlandse bemonsteringsmethode.



Figuur 8.2 Abundantie van spiering per leeftijdsgroep (0+, subadult, adult) in de ankerkuil sinds 2007. Data ontleend aan van Rijssel et al. (2025).

Waterkwaliteit

De initiële opkomst van spiering is waarschijnlijk te danken aan een substantiële verbetering van de waterkwaliteit van het Schelde-estuarium, aangezien spiering daar gevoelig voor is. Het gaat daarbij met name om zuurstofhuishouding, verontreiniging met zware metalen en troebelheid.

Spiering heeft een hoge zuurstofbehoefte, waardoor een slechte zuurstofhuishouding de habitatgeschiktheid sterk kan verminderen. Dit geldt in hoge mate ook voor de aanwas en ontwikkeling van larven en daarmee de gezondheid van de hele populatie (Drewes et al., 2025). Het minimale zuurstofgehalte ligt voor spiering tussen 5 mg/l (zomer) en 6 mg/l



(winter) (Consortium Schelde in Beeld, 2022). Aan deze eisen wordt in de Westerschelde ruim voldaan in zowel de zomer als de winter. De laagste zuurstofconcentraties zijn in de winter in het zwak polyhaline deel van de Westerschelde gemeten op 6,48 mg/l in de periode 2004-2009. Sinds die periode is de zuurstofconcentratie in het zwak en sterk polyhaline deel in de winter en zomer toegenomen (Consortium Schelde in Beeld, 2023a). Bovenstrooms van de Westerschelde komt de zuurstofconcentratie in de Zeeschelde en zijrivieren wel onder de grenswaarden in de zomer en winter. Sinds 2010 is de zuurstofhuishouding wel sterk verbeterd, maar ook in de periode 2016-2021 zijn er in de zijrivier de Rupel nog zuurstofloze omstandigheden (<2 mg/l) gemeten. In geen van de zijrivieren voldoet de zuurstofhuishouding. In de Zeeschelde voldoet de zuurstofhuishouding wel in de winter, maar in de zomer op een aantal compartimenten niet (Consortium Schelde in Beeld, 2023a). Dit verklaart echter niet de recente achteruitgang van de spieringpopulatie, omdat de zuurstofhuishouding misschien op sommige plekken bovenstrooms recent weer iets achteruit is gegaan, maar nog altijd hoger is dan in de periode voor de terugkeer van spiering in het Schelde-estuarium.

Daarnaast is spiering gevoelig voor overschrijdingen van zware metalen, met name de embryonale en larvale stadia van spiering (Sepulveda et al., 1993). In het hele Schelde-estuarium zijn er normoverschrijdingen van één of meerdere stoffen en neemt het aantal overschrijdingen toe (Consortium Schelde in Beeld, 2023b). Echter is er in de periode dat de spiering toenam en achteruitging geen sterke ontwikkeling in de concentraties van zware metalen geweest. Mogelijk kunnen overschrijdingen van zware metalen in combinatie met andere drukfactoren hebben bijgedragen aan de achteruitgang van spiering. Dit moet verder onderzocht worden.

Naast de zuurstofhuishouding en overschrijdingen van normwaarde voor zware metalen kan ook turbiditeit een effect hebben op de overleving van spiering. Spiering is een zichtjager, waardoor een verhoogde troebelheid de kans op een succesvolle jacht sterk kan verkleinen (Chapman et al., 2014; Ortega et al., 2020). In andere estuaria lijkt dit de spieringpopulatie te beïnvloeden, zoals in de Eems (Tulp et al., 2022) en de Elbe (Illing et al., 2024). In de Westerschelde en Zeeschelde blijft de troebelheid echter onder de 400 mg/l waar boven de mortaliteit van larven toeneemt (Consortium Schelde in Beeld, 2023a; Illing et al., 2024). Een troebelheid tussen de 130 en 270 mg/l is optimaal wat betreft foerageren, tussen de 270 en 400 mg/l zijn de omstandigheden suboptimaal (Illing et al., 2024). De troebelheid in de Westerschelde valt binnen deze optimale omstandigheden, maar bovenstrooms komen geregeld veel hogere concentraties zwevend stof gemeten, met name in de zomer en herfst (Consortium Schelde in Beeld, 2023a). Op de lange termijn leiden suboptimale omstandigheden ook tot mortaliteit. Het is daarom van belang om de baggerstrategie, die de troebelheid beïnvloedt, aan te passen op de kwetsbaarheden van spiering.

Klimaatverandering

Als gevolg van het opwarmen van het water door klimaatverandering worden verschuivingen in de life history traits gerapporteerd en een verminderde aanwas (Arula et al., 2017). Vissen worden namelijk eerder geslachtsrijp bij hogere temperaturen, waarna een steeds groter deel van hun energie aan hun reproductie wordt besteed en veel minder



in groei (Arula et al., 2017). Hierdoor blijven individuen kleiner. Zo is bijvoorbeeld ook in het IJsselmeer gevonden dat spiering steeds kleiner wordt (de Leeuw & Volwater, 2023). Kleinere vissen dragen minder eieren bij zich dan grotere individuen, waardoor deze verandering in de life history traits dus aanwas in de populatie beïnvloedt (Arula et al., 2017). Daarnaast vallen spieringen door hun kleinere formaat mogelijk makkelijker ten prooi aan predatoren (de Leeuw & Volwater, 2023), zoals zeebaars.

De opwarming van het water heeft ook een effect op de zuurstofhuishouding. In warm water is namelijk minder zuurstof opgelost dan in koud water. In meren wordt om die reden een grenswaarde van 20°C aangehouden (de Leeuw, 2007; Keskinen et al., 2012). Deze grenswaarde wordt in vrijwel het hele Schelde-estuarium overschreden (Consortium Schelde in Beeld, 2023a). In meren leidt het opwarmen van het water echter tot stratificatie, waarbij een bovenste warmere laag strikt gescheiden is van een onderste koudere laag. Tussen de twee lagen vindt nauwelijks uitwisseling van stoffen plaats. Als gevolg leidt zuurstofverbruik in de onderste laag tot zuurstofarmere omstandigheden, terwijl in de bovenste laag onvoldoende zuurstof kan oplossen door de hoogte van de watertemperatuur. In de Westerschelde kunnen spieringen in warmere periodes echter wel de diepere koudere en zuurstofrijkere gebieden opzoeken. Om die reden moet onderzocht worden in hoeverre spiering de diepere delen van de Westerschelde gebruikt en in hoeverre het voldoet aan de habitatwensen van spiering.

Daarnaast kunnen verhoogde temperaturen leiden tot een mismatch tussen de ontwikkeling van larven en de piek van de zoöplanktonbloei, hun belangrijkste voedselbron. Dit komt doordat larven sneller ontwikkelen onder warmere temperaturen, terwijl zoöplankton eerder reageert op daglicht. Een mismatch heeft als gevolg dat er hogere sterfte is onder larvale en juveniele spiering (Keller et al., 2020). De temperatuur van het oppervlaktewater in de lente lijkt echter niet te zijn toegenomen sinds 2000 (Stolte & van Rongen, 2023).

Kinderkamerfunctie

Als laatste is spiering afhankelijk van een goede kinderkamerfunctie van de Westerschelde. Hoewel het areaal van verschillende ecotootypes wel is ontwikkeld in de Westerschelde sinds 2016 (Figuur 4.11), het jaar dat de spieringpopulatie plots sterk afnam (Figuur 8.1), is de ontwikkeling van ecotootypes geleidelijk gegaan en niet resoluut. In het geval dat deze ontwikkeling wel ten grondslag ligt aan de afname van spiering, dan is dat het gevolg van een afname in hoogdynamisch litoraal en/of toename van laagdynamisch litoraal. Echter worden juist de laagdynamische intergetijdengebieden als waardevolle kinderkamers voor vis gezien.

Drukfactoren

De ontwikkeling van spiering tot 2006 correleert negatief met de boomkorvisserij in de Westerschelde, maar niet de garnalenkorvisserij (Tulp et al., 2008). In dat opzicht zou een afname van de boomkorvisserij hebben geleid tot een toename van spiering, maar we weten dat ook andere factoren hieraan hebben bijgedragen, zoals hiervoor is beschreven. Het is wel opmerkelijk dat het aantal visuren met de garnalenkor in 2016 en 2017 substantieel is toegenomen tot bijna 7000 in vergelijking met 2013 en 2014 (ca. 2000



visuren). In 2016 nam de abundantie spiering namelijk ook abrupt af (Figuur 8.1) en lijkt er een sterke correlatie te bestaan. Het is onduidelijk of er een causaal verband is, maar dit kan wel verder onderzocht worden.

8.2 Conclusie

Er is nog veel onduidelijk over de oorzaken voor de schijnbaar plotselinge achteruitgang in de abundantie van spiering. Een verbetering van de waterkwaliteit lijkt in eerste instantie te hebben geleid tot een sterke toename van spiering. De zuurstofhuishouding, troebelheid en watertemperatuur zijn misschien nog niet overal in het Schelde-estuarium op orde voor spiering, maar hebben zich ook niet sterk (in negatieve zin) ontwikkeld. De enige opvallende ontwikkeling is die van de garnalenkorvisserij, waarvan de visintensiteit in de Westerschelde sterk toenam in de jaren dat er ook een sterke achteruitgang van spiering werd waargenomen.

De ontwikkeling van spiering in de Westerschelde is vergelijkbaar met die in andere estuaria. Daarom zijn lokale factoren mogelijk niet enkel verantwoordelijk voor de achteruitgang van spiering, maar moet er ook gekeken worden naar algemenere factoren zoals klimaatverandering. Dat neemt niet weg dat de habitatgeschiktheid in het Schelde-estuarium wel verbeterd kan worden.

DEEL C

9 Onderzoeks- en maatregelagenda

In paragraaf 9.1 is beschreven welke kennisleemten en onderzoeksvragen er bij de huidige QuickScan systeemanalyse naar voren zijn gekomen. In paragraaf 9.2 zijn enkele maatregelen beschreven die als stuurknop kunnen dienen als de oorzaken duidelijk zijn.

9.1 Onderzoek

Tabel 9.1 *Overzicht van kennisleemtes met betrekking tot het functioneren van de Westerschelde.*

Aspect ("S")	Onderzoeksvraag/Kennisleemte/ Probleem	Oplossingsrichting
Soorten & Structuren	In welke periode is spiering minder gevoelig voor een verhoging van de turbiditeit?	Verbetering habitatgeschiktheid voor spiering
Soorten & Structuren	In hoeverre gebruikt spiering de diepere delen van de Westerschelde als "climate refuge"?	Habitatgebruik spiering duiden
Soorten & Structuren	Voldoen de diepere delen van de Westerschelde als habitat voor spiering?	Verbetering habitatgebruik voor spiering
Soorten & Structuren	In hoeverre voldoen de ondiepe delen van de Westerschelde als kinderkamer en opgroeigebied voor spiering?	Verbetering habitatgebruik voor spiering
Soorten & Stoffen	Hoe beïnvloedt de concentratie en normoverschrijdingen van verontreinigende stoffen de habitatgeschiktheid voor spiering?	Verbetering habitatgeschiktheid voor spiering
Drukfactoren	In hoeverre verklaart het aantal visuren met de garnalenkor de abundantie van spiering in de Westerschelde?	Verlagen drukfactoren voor spiering
Soorten & Systeemvoorwaarden	Wat zijn de losstaande effecten van geulverdieping, klimaatverandering, troebelheid, verschuiving verhouding ecotopen op de spiering abundantie?	Onderzoek, aansluiten bij bestaand onderzoek
Soorten & Drukfactoren	Wat is het effect van onderwatergeluid, veroorzaakt door scheepvaart, op zeezoogdier- en vispopulaties en hoe belemmert het mogelijk habitatgebruik?	Verlagen drukfactoren voor zeezoogdieren en vissen
Systeemvoorwaarden	Aan welke breedte-diepte verhouding moet de Westerschelde voldoen om het heterogene	Herstel estuarium dynamiek



Aspect ("S")	Onderzoeksvraag/Kennisleemte/ Probleem	Oplossingsrichting
	mozaïek aan liefgebieden met cyclische vernieuwing te behouden?	
Soorten	Wat is de habitatgeschiktheid voor zeegras in de Sloehaven en andere gebieden in de Westerschelde?	Verbetering habitatgeschiktheid zeegras

9.2 Maatregelen

Behalve de beheervraag uit hoofdstuk 7 zijn er in hoofdstuk 4 zijn ook verscheidene andere problemen voor het functioneren van de Westerschelde geïdentificeerd. Onderstaand stuk bevat suggesties voor maatregelen die kunnen bijdragen aan een verbetering van het ecologisch functioneren van het systeem.

Tabel 9.2 *Suggesties voor maatregelen ter verbetering van het ecologisch functioneren van de Westerschelde.*

Maatregel	Beoogde Effect(en)
Optimalisatie van beheer t.a.v. hoeveelheid zwevend stof	Door activiteiten die de hoeveelheid stof in de waterkolom verhogen te beperken tot periode waarin spiering het minst kwetsbaar is, wordt de spieringpopulatie versterkt.
Estuarium verbreden	Waar mogelijk wordt het estuarium verbreed om de natuur in de Westerschelde meer ruimte te geven. Dit leidt tevens een vermindering van zwevend stof door bezinking in laagdynamische gebieden, en een afname van de getij indringing en stroomsnelheden (Deltares, 2011). Er kan gedacht worden aan dijkverleggingen, gecontroleerde getijdengebieden, ontpolderingen, inlagen of aantakkingen van oude zeearmen (VNSC, 2024).
Vaargeulen verondiepen	Waar mogelijk vaargeulen verondiepen om verstelling van platen tegen te gaan en verstarung te verminderen. Hierdoor is er ook minder vaargeulonderhoud nodig, waardoor troebelheid afneemt (VNSC, 2024).
Wisselpolders	Waar mogelijk wisselpolders inrichten. Dit kan tijdelijk de natuur in de Westerschelde versterken via de ontwikkeling van (nu) schaarse pioniersstadia. Dit draagt bij aan het (tijdelijk) verhogen van de veerkracht van het systeem (VNSC, 2024).
Vispassages	Optimaliseer passeerbaarheid van kunstwerken om de connectiviteit met andere grote en kleine wateren te bevorderen, zoals bij het Bathse Spuikanaal, waardoor diadrome vispopulaties gezonder worden (Winter et al., 2021).
Zeegrasherstel	Sluit aan bij de nationale inzet op het herstel van zeegras in de Waddenzee en Zeeuwse Delta.
Rustgebieden	Instellen en handhaven van rustgebieden voor de mariene fauna.



Referenties

- Arcadis & TAUW. (2025). Rapport doeluitwerking Westerschelde & Saeftinghe.
- Arula, T., Shpilev, H., Raid, T., Vetemaa, M., & Albert, A. (2017). Maturation at a young age and small size of European smelt (*Osmerus eperlanus*): A consequence of population overexploitation or climate change? *Helgoland Marine Research*, 71(1), 7. <https://doi.org/10.1186/s10152-017-0487-x>
- Bakker, A. M. R., & Van Den Hurk, B. J. J. M. (2012). Estimation of persistence and trends in geostrophic wind speed for the assessment of wind energy yields in Northwest Europe. *Climate Dynamics*, 39(3–4), 767–782. <https://doi.org/10.1007/s00382-011-1248-1>
- Bakker, E. G. R., de Vos, L., Japink, M., & Kruijt, D. B. (2025). Macrozoöbenthosbemonstering in de zoute Rijkswateren 2024 (Nos 25–273). *Waardenburg Ecology*.
- Bakker, E. G. R., Duijts, O., Breebaart, A. L., Japink, M., & Kruijt, D. B. (2024). Macrozoöbenthosbemonstering in de Zoute Rijkswateren 2023. *Delta: Westerschelde & Oosterschelde* (Nos 24–309). *Waardenburg Ecology*.
- Bal, D., Beijer, H. M., Fellingner, M., Haveman, R., van Opstal, A. J. F. M., & van Zadelhoff, F. J. (2001). *Handboek Natuurdoeltypen* (Tweede, geheel herziene editie). Ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij.
- Barbier, E. B., Hacker, S. D., Kennedy, C., Koch, E. W., Stier, A. C., & Silliman, B. R. (2011). The value of estuarine and coastal ecosystem services. *Ecological Monographs*, 81(2), 169–193. <https://doi.org/10.1890/10-1510.1>
- Beck, H. E., McVicar, T. R., Vergopolan, N., Berg, A., Lutsko, N. J., Dufour, A., Zeng, Z., Jiang, X., van Dijk, A. I. J. M., & Miralles, D. G. (2023). High-resolution (1 km) Köppen-Geiger maps for 1901–2099 based on constrained CMIP6 projections. *Scientific Data*, 10(1), 724. <https://doi.org/10.1038/s41597-023-02549-6>
- Beeftink, W.G. 1984. Geography of European halophytes. In: Dijkema, K.S. (ed.), W.G. Beeftink, J.P. Doody, J.M. Gehu, B. Heydemann & S. Rivas Martinez. *Salt marshes in Europe*. Council of Europe. Nature and environment series 30, Strasbourg: 15-33.
- Besseminder, J., Bintanja, R., van Dorland, R., Homan, C., Overbeek, B., Selden, F., & Siegmund, P. (2023). KNMI'23 klimaatscenario's voor Nederland (KNMI publicatie-23-03; p. 65). KNMI.
- Bijkerk, R., & Brochard, C. (2021). *Mesozoöplankton in de Westerschelde, 2020*. Bureau Waardenburg.
- Billen, G., Garnier, J., & Rousseau, V. (2005). Nutrient fluxes and water quality in the drainage network of the Scheldt basin over the last 50 years. *Hydrobiologia*, 540(1–3), 47–67. <https://doi.org/10.1007/s10750-004-7103-1>
- Bos, O. G., & Tamis, J. E. (2020). Evaluation of OSPAR recommendations for endangered and/or declining species and habitats in the Netherlands. *Wageningen Marine Research*. <https://doi.org/10.18174/512841>
- Chapman, J. M., Proulx, C. L., Veilleux, M. A. N., Levert, C., Bliss, S., André, M.-È., Lapointe, N. W. R., & Cooke, S. J. (2014). Clear as mud: A meta-analysis on the effects of sedimentation on freshwater fish and the effectiveness of sediment-control measures. *Water Research*, 56, 190–202. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2014.02.047>
- Charan-Dixon, H. (2025). *Salt marsh as a habitat for fish in the Wadden Sea* [University of Groningen]. <https://doi.org/10.33612/diss.1306177799>
- Charan-Dixon, H., Cornacchia, L., Van Hees, N., Bos, S., Tulp, I., & Eriksson, B. K. (2025). Fish are more abundant in salt marsh creeks with a salinity gradient and low drainage capacity.



- Estuarine, Coastal and Shelf Science, 322, 109362.
<https://doi.org/10.1016/j.ecss.2025.109362>
- Consortium Schelde in Beeld. (2022). Evaluatiemethodiek Schelde-estuarium. Update 2021. HKV, Universiteit Gent, Bureau Waardenburg en Antea Group.
- Consortium Schelde in Beeld. (2023a). Analyserapport T2021-rapportage Schelde-estuarium.
- Consortium Schelde in Beeld. (2023b). Evaluatierapport T2021-rapportage Schelde-estuarium.
- Craeymeersch, J. A., & Ysebaert, T. (2020). Foerageergebieden voor steltopers in de Westerschelde. Voedselbeschikbaarheid en advies over bodemdierenbemonsteringen t.b.v. Het laagwatervogeltelprogramma (C108/19). Wageningen Marine Research.
- de Leeuw, J. J. (2007). Aanbevelingen Richtlijnen Duurzame Visserij op Spiering in IJsselmeer/Markermeer (C008/07). IMARES.
- de Leeuw, J. J., & Volwater, J. J. J. (2023). Spieringstand IJsselmeer en Markermeer 2023 (23.026). Stichting Wageningen Research Centrum voor Visserijonderzoek (CVO).
- De Vet, P. L. M., Van Prooijen, B. C., & Wang, Z. B. (2017). The differences in morphological development between the intertidal flats of the Eastern and Western Scheldt. *Geomorphology*, 281, 31–42. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2016.12.031>
- Dedert, M., Brasseur, S., & Vab den Heuvel-Greve, M. J. (2015). Zeehonden in het Deltagebied; populatieontwikkeling en geperfluoreerde verbindingen (C178/14). IMARES Wageningen UR.
- Deltares. (2011). Natuurherstel in de Westerschelde: De mogelijkheden nader verkend (Nos 1204087-000-ZKS-0030). Deltares.
- Dijkman, N. (2023). Pelagische primaire productie Grevelingenmeer, Oosterschelde, Veerse Meer en Westerschelde (BM 23.38). Rijkswaterstaat CIV Hydrobiologisch Laboratorium.
- Drewes, D., Schrum, C., Pein, J., Benkort, D., & Daewel, U. (2025). Environmental controls on the development of early life stages of European smelt in the Elbe estuary. *Ecological Modelling*, 510, 111313. <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2025.111313>
- Duarte, C. M., Chapuis, L., Collin, S. P., Costa, D. P., Devassy, R. P., Equiluz, V. M., Erbe, C., Gordon, T. A. C., Halpern, B. S., Harding, H. R., Havlik, M. N., Meekan, M., Merchant, N. D., Miksis-Olds, J. L., Parsons, M., Predragovic, M., Radford, A. N., Radford, C. A., Simpson, S. D., ... Juanes, F. (2021). The soundscape of the Anthropocene ocean. *Science*, 371(583). <https://doi.org/10.1126/science.aba4658>
- Fivash, G. S., Temmerman, S., Kleinhans, M. G., Heuner, M., Van Der Heide, T., & Bouma, T. J. (2023). Early indicators of tidal ecosystem shifts in estuaries. *Nature Communications*, 14(1), 1911. <https://doi.org/10.1038/s41467-023-37444-6>
- Foekema, E., & van den Heuvel-Greve, M. (2023). Literature review to guide the PFAS field survey in the Westerschelde in 2023 (C037/23). Wageningen Marine Research.
- Foppe, A., & Van Bets, L. (2023, January). Raamwerk Ecologische Watersysteemanalyse Rijkswaterstaat. Ministerie van Economische Zaken.
- Friese, J. D. S., Temming, A., & Dänhardt, A. (2021). Preference, avoidance or coincidence? How fish and crustaceans use intertidal salt-marsh creeks in the German Wadden Sea. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 255, 107297. <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2021.107297>
- Geelhoed, S. C. V. (2024). Changes in Harbour porpoise distribution in the North Sea. Wageningen Marine Research.



- Gittman, R. K., Peterson, C. H., Currin, C. A., Joel Fodrie, F., Piehler, M. F., & Bruno, J. F. (2016). Living shorelines can enhance the nursery role of threatened estuarine habitats. *Ecological Applications*, 26(1), 249–263. <https://doi.org/10.1890/14-0716>
- Goudswaard, P. C., & Breine, J. (2011). kuilen en Schieten in het Schelde-estuarium. Vergelijkend vissen op de Zeeschelde in België en Westerschelde in Nederland (C139/11). IMARES & INBO.
- Herman, P. (2022). De Schelde, op weg naar een mooie toekomst? (Nos 11208065-000-ZKS-0007). Deltares.
- Hoefsloot, G., Loermans, J., de Jong, J., Haringa, J., & Bergwerff, J. W. (2025). Toelichting bij de vegetatiekartering Westerschelde 2022: Op basis van false colour-luchtfoto's 1:5.000 (Nos 25–058). Waardenburg Ecology.
- Hoekstein, M. S. J., Arts, F. A., & Janse, W. (2025). Watervogels en zeehonden in de Zoute Delta in 2023/2024 (Nos 2025–01). Deltamilieu Projecten.
- Illing, B., Sehl, J., & Reiser, S. (2024). Turbidity effects on prey consumption and survival of larval European smelt (*Osmerus eperlanus*). *Aquatic Sciences*, 86(3), 84. <https://doi.org/10.1007/s00027-024-01103-9>
- Jeuken, C., Tanczos, I., Thoolen, P., van Helvert, M., Rozemeijer, M., & Wang, Z. B. (2002). Onderbouwing van het cellenconcept Westerschelde als instrument voor beleid en beheer (Z2838 / Z3288).
- Keller, M., Molenaar, P., De Leeuw, J., Mooij, W., Rijnsdorp, A., & Van De Wolfshaar, K. (2020). Temperature effects on egg and larval development rate in European smelt, *OSMERUS EPERLANUS*, experiments and a 50 year hindcast. *Journal of Fish Biology*, 96(6), 1422–1433. <https://doi.org/10.1111/jfb.14314>
- Kerckhof, F., & Kerkhove, T. (2025). De inheemse Platte oester (*Ostrea edulis*, Linnaeus, 1758), terug van (nooit?) weggeweest? *De Strandvlo*, 45(1).
- Keskinen, T., Lilja, J., Högmänder, P., Holmes, J. A., Karjalainen, J., & Marjomäki, T. J. (2012). Collapse and recovery of the European smelt (*Osmerus eperlanus*) population in a small boreal lake—An early warning of the consequences of climate change. *Boreal Environment Research*, 17, 398–410.
- KNMI. (2021). KNMI Klimaatsignaal '21—Hoe het klimaat in Nederland snel verandert (p. 72). https://cdn.knmi.nl/knmi/asc/klimaatsignaal21/KNMI_Klimaatsignaal21.pdf
- KNMI. (2024, May 14). Meer zon in de Lente. <https://www.knmi.nl/over-het-knmi/nieuws/zonneschijnduur-in-de-lente-is-2-keer-zoveel-toegenomen-als-de-zonnestraling>
- Leopold, M. F. (2015). Eat and be eaten: Porpoise diet studies. Wageningen University.
- Maris, T., Bruens, A., van Duren, L., Vroom, J., Holzhauer, H., de Jonge, M., van Damme, S., Nolte, A., Kuijper, K., Taal, M., Jeuken, C., Kromkamp, J., Wesenbeeck, B., van Ryckegem, G., van den Bergh, E., Wijnhoven, S., & Meire, P. (2014). Evaluatiemethodiek Schelde-estuarium, update 2014 (Deltares rapportnummer 1209394).
- Min. LNV. (2008a). Eénjarige pioniersvegetaties van slik- en zandgebieden met *Salicornia* spp. En andere zoutminnende soorten (H1310).
- Min. LNV. (2008b). Schorren met slijkgrasvelden (*Spartina maritima*) (H1320).
- Min. LNV. (2009). Atlantische schorren (*Glaucium-Puccinellietalia maritima*) (H1330).
- Nederlandse Voedsel- en Warenautoriteit. (2022). Chinese wolhandkrab.
- Nolte, A., Grashof, J., & Bolman, B. (2024). Verkennende Systeemanalyse Zuidwestelijke Delta.



- Ortega, J. C. G., Figueiredo, B. R. S., Da Graça, W. J., Agostinho, A. A., & Bini, L. M. (2020). Negative effect of turbidity on prey capture for both visual and non-visual aquatic predators. *Journal of Animal Ecology*, 89(11), 2427–2439. <https://doi.org/10.1111/1365-2656.13329>
- Peperzak, L., & Van Wezel, R. (2023). Human fatalities related to a *Phaeocystis* harmful algal bloom in the North Sea. *Harmful Algae*, 130, 102545. <https://doi.org/10.1016/j.hal.2023.102545>
- Port of Antwerp-Bruges. (2024). Yearbook of Statistics 2024 (p. 75).
- Rijkswaterstaat. (2017). Toelichting op de zoute ecotopenkaart Westerschelde 2016.
- Röbke, B. J., Elmilady, H., van der Wegen, M., & Taal, M. (2020). The long-term morphological response to sea level rise and different sediment strategies in the Western Scheldt estuary (The Netherlands) (Nos 1210301-009-ZKS-0009). *Deltares*.
- Royal HaskoningDHV & Waardenburg Ecology. (2024a). Doelbereik factsheet: Zeeuwse kust (kustwater) (NL95_1A, ROO: ZD).
- Royal HaskoningDHV & Waardenburg Ecology. (2024b). Doelbereik factsheet: Westerschelde (NL89_WESTDE_OWL, ROO: ZD) (grondige analyse).
- Rozema, J., Laan, P., Broekman, R., Ernst, W. H. O., & Appelo, C. A. J. (1985). On the lime transition and decalcification in the coastal dunes of the province of North Holland and the island of Schiermonnikoog. *Acta Botanica Neerlandica*, 34(4), 393–411.
- Schroevens, M., Huisman, B. J. A., Van Der Wal, M., & Terwindt, J. (2011). Measuring ship induced waves and currents on a tidal flat in the Western Scheldt estuary. 2011 IEEE/OES 10th Current, Waves and Turbulence Measurements (CWTM), 123–129. <https://doi.org/10.1109/CWTM.2011.5759539>
- Schwarz, C., Gourgue, O., Van Belzen, J., Zhu, Z., Bouma, T. J., Van De Koppel, J., Ruessink, G., Claude, N., & Temmerman, S. (2018). Self-organization of a biogeomorphic landscape controlled by plant life-history traits. *Nature Geoscience*, 11(9), 672–677. <https://doi.org/10.1038/s41561-018-0180-y>
- Sepulveda, A., Thiel, R., & Nellen, W. (1993). Distribution patterns and production of early life stages of European smelt, *Osmerus eperlanus* L., from the Elbe river. *ICES CM*, 39(22).
- Stolte, W., & van Rongen, B. (2023). Eerstelijns Rapportage Westerschelde. *Deltares*.
- STOWA. (2024). Referenties en Maatlatten voor Natuurlijke Watertypen voor de Kaderrichtlijn Water 2021-2027 (Nos 2018–49).
- Struyf, E., Meire, P., Van Damme, S., & Middelburg, J. (2006). Zoetwaterschorren als siliciumbuffers in het Schelde-estuarium. *Water*, 24, 1–7.
- Taal, M., Mastbergen, D., Cleveringa, J., Schrijvershof, R., Plancke, Y., Wang, Z., van der Werf, J., & van der Spek, A. (2019). Mesoschaal Westerschelde, Integratierapport 2014-2018. *Deltares*.
- Troost, K., Van Asch, M., Breunese, S., Brummelhuis, E., Cornelisse, S., Glorius, S., Van Den Ende, D., Van Es, Y., Perdon, K. J., Van Der Pool, J., Suykerbuyk, W., Van Zweeden, C., & Van Zwol, J. (2024). Schelpdierbestanden in de Nederlandse kustzone, Waddenzee en zoute deltawateren in 2023 (24.008). Centrum voor Visserijonderzoek (CVO). <https://doi.org/10.18174/649954>
- Tulp, I., Bolle, L. J., & Rijnsdorp, A. D. (2008). Signals from the shallows: In search of common patterns in long-term trends in Dutch estuarine and coastal fish. *Journal of Sea Research*, 60(1–2), 54–73. <https://doi.org/10.1016/j.seares.2008.04.004>
- Tulp, I., Chen, C., & Vrooman, J. (2022). The nursery function of the Ems estuary for fish (C092/22). Wageningen Marine Research.



- Tulp, I., Molla Gazi, K., Chen, C., & Wijsman, J. (2023). Ontwikkelingen vis en overige mobiele fauna in de Oosterschelde vanaf 1970. Wageningen Marine Research. <https://doi.org/10.18174/644505>
- van de Meutter, F., de Regge, N., & Bezdenjesnji, O. (2021). Dieetaanalyse van hogere trofische niveaus in de Zeeschelde: Deel vissen. Resultaten van een studie met stabiele isotopen (Rapporten van het Instituut voor Natuur-en Bosonderzoek 2021 (41)). Instituut voor Natuur-en Bosonderzoek.
- van den Bergh, E., van Damme, S., Graveland, J., de Jong, D. J., Baten, I., & Meire, P. (2003). Studierapport natuurontwikkelings-maatregelen ten behoeve van de Ontwikkelingsschets 2010 voor het Schelde-estuarium (Werkdocument/RIKZ/OS/2003.825x).
- Van Den Heuvel-Greve, M., De Froe, E., Kotterman, M., Kwadijk, C., & Foekema, E. (2024). Hoofdlijnenrapport: Impact van probleemstoffen (incl. PFAS) op natuur in de Westerschelde. Wageningen Marine Research. <https://doi.org/10.18174/680465>
- van der Spek, A. J. (1994). Large-scale evolution of holocene tidal basins in the Netherlands. Universiteit Utrecht.
- van Duin, W. E., Jongerius, H., Nicolai, A., Jongsma, J. J., Hendriks, A., & Sonneveld, C. (2016). Friese en Groninger kwelderwerken: Monitoring en beheer 1960-2014 (C042/16). IMARES Wageningen UR.
- van Puijenbroek, M. E. B., van Duin, W. E., Heidinga, D., Terpstra, M., Versloot, F., & Bijkerk, W. (2025). Inventarisatie ecologische kwaliteit, knelpunten en kansen van kwelders in de Waddenzee (C036/25). Wageningen Marine Research.
- Van Rijssel, J. C., Sandig, A., & De Leeuw, J. J. (2024). Vismonitoring Rijkswateren t/m 2023 (C075/24). Wageningen Marine Research.
- van Rijssel, J. C., Sandig, A., & de Leeuw, J. J. (2025). Vismonitoring Rijkswateren t/m 2024. Deel I: Toestand en trends (C097/25). Wageningen Marine Research.
- VNSC. (2019). Systeemanalyse natuur Schelde-estuarium.
- VNSC. (2024). Langetermijnperspectief voor de Natuur van het Schelde-estuarium. Vlaams-Nederlandse Schelde Commissie.
- Wageningen Marine Research. (z.d.). Zoetwatervisdata [Data set]. <https://ecologie-van-zoetwatervis.wur.nl>
- Wielakker, D., Bak, A., & Reitsma, J. M. (2011). Herziening referenties en doelen Kaderrichtlijn Water voor Zeegras en Kwelders in K2, 02 en M32 watertypen (Nos 11–196). Bureau Waardenburg.
- Winter, H. V., Mulder, I. M., & Tangelder, M. (2021). Vismigratie in de Zuidwestelijke Delta (C020/21). Wageningen Marine Research.
- Zuidhof, A., & Tangelder, M. (2025). Programmatische Aanpak Grote Wateren: Toekomstbestendige Rijn-, Maas- en Scheldemonding.



Dankwoord

De voorliggende studie is uitgevoerd in opdracht van Rijkswaterstaat Zee en Delta. Contactpersoon bij RWS ZD is Wouter Quist. Wij danken Hindrik Jan Bijma (Haskoning), Harriette Holzhauser, Helga van der Jagt (WE), Sam de Poorter en in het bijzonder Marcel Taal (Deltares) voor de inhoudelijke bijdragen en kennisoverdracht. Ook dank aan de experts die hebben bijgedragen aan de workshop: Wouter Quist, Bernd van Broekhoven, Jim van Belzen, Harriete Holzhauser, Frank Gijzel, Marcel Taal, Silvana Ciarelli, Arda van Helsdingen en Helga van der Jagt.



Bijlage I Achtergrondinformatie Westerschelde

Zuidwestelijke Delta

Het historisch perspectief geeft een brede blik op de te verwachten ontwikkelingen in het systeem op langere termijn. Hiernaast wordt het watersysteem in een brede context geplaatst en geeft het een indicatie van bepaalde processen die mogelijk nu nog steeds van belang zijn. Ook geeft het een indicatie van wat er gebeurt als het systeem zich autonoom ontwikkelt.

De huidige Westerschelde is onderdeel van de zogenaamde Zuidwestelijke Delta, een gebied met daarin Zeeland, de Zuid-Hollandse eilanden en het westelijk deel van Noord-Brabant. De Westerschelde ligt tussen de Zeeuwse gebieden Zuid-Beveland in het noorden en Zeeuws-Vlaanderen in het zuiden. In de Zuidwestelijke Delta wordt water aangevoerd vanuit de rivieren de Rijn, de Maas en de Schelde en dit water stroomt vervolgens uit in de Noordzee. De Zuidwestelijke Delta is een netwerk van drukbevaren transportroutes en een belangrijk gebied voor visserij, landbouw, zoetwatervoorziening en recreatie. De Westerschelde is de belangrijkste vaarweg voor internationale scheepvaart in de Zuidwestelijke Delta. Hiernaast vallen delen van het gebied onder het Europees netwerk van beschermde natuurgebieden Natura 2000 en de Kaderrichtlijn Water.

De 20e eeuw is de meest bepalende tijdsperiode in de historie van de Zuidwestelijke Delta, aangezien de delta naar aanleiding van de Watersnoodramp in 1953 ingrijpend is veranderd; om de waterveiligheid te vergroten werden de Deltawerken gebouwd. De Deltawerken zorgden voor afdamming en opknipping van de oorspronkelijke geleidelijke overgangen van rivier naar zee (estuaria). De kustlijn is sterk verkort en de Deltawerken leidden tot grote veranderingen in de aanwezige watersystemen. De Westerschelde is de laatst overgebleven open verbinding met de Noordzee in de zuidwestelijke delta. Het estuarium vormt een essentiële toegangsroute naar de Haven van Antwerpen, maar herbergt ook unieke natuur door de aanwezige getijdendynamiek en natuurlijke zoet-zout overgang. Ondanks de open verbinding staan ook in de Westerschelde de natuurlijke processen onder druk. Historische inpoldering van intergetijdengebied en internationale afspraken over de bereikbaarheid van de Haven van Antwerpen beperken de beschikbare ruimte voor getijdennatuur.



Figuur Bijlage I. 1 Overzichtskaart van De Deltawerken, Nederlands grootste verdedigingssysteem tegen hoogwater vanuit zee. De waterkeringen bestaan uit vijf stormvloedkeringen, twee sluisen en zes dammen (Bron: Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat, 2021).

De Westerschelde heeft een lengte van 60 tot 95 kilometer, afhankelijk van de gehanteerde definitie, en een breedte die varieert van ongeveer 250 meter bij Antwerpen tot bijna 8 kilometer bij Vlissingen. De totale oppervlakte bedraagt ongeveer 31.900 hectare, waarvan het grootste deel uit water bestaat, aangevuld met schorren, slikken en zandplaten. De diepte van de vaargeul wordt door onderhoud op veel plaatsen op minimaal 14,5 meter onder het laagste astronomische tij (LAT) gehouden, maar lokaal zijn dieptes tot ruim 60 meter onder NAP gemeten, waarmee het diepste punt van het Nederlands continentaal plat zich in de Westerschelde bevindt.

Aan de oostzijde ontvangt de Westerschelde zoetwater uit de Zeeschelde, waarmee een natuurlijke overgang ontstaat van zoet naar zout water. Daarnaast zijn er diverse hydraulische verbindingen met omliggende wateren en polders, die van belang zijn voor het regionale waterbeheer en de ecologische dynamiek.



Een belangrijke kunstmatige verbinding is het Bathse Spuikanaal, dat via de Bathse Spuisluis overtollig zoetwater uit het Volkerak-Zoommeer en het Markiezaatsmeer afvoert naar de Westerschelde. De Bathse Spuisluis kan grote hoeveelheden water spuien en speelt een cruciale rol bij het reguleren van het waterpeil, het voorkomen van wateroverlast en het verbeteren van de waterkwaliteit in het achterland. Naast deze spuisluis zijn er ook andere inlaten en sluizen die zorgen voor een gecontroleerde wateruitwisseling tussen de Westerschelde en aangrenzende wateren, zoals het Kanaal Gent-Terneuzen en het Kanaal door Zuid-Beveland. Deze verbindingen zijn essentieel voor het beheer van zoet- en zoutwatergradiënten, vismigratie en het behoud van de ecologische functies van het estuarium.

Door het ontbreken van afsluitende dammen of stormvloedkeringen, in tegenstelling tot andere deltawateren, blijft de Westerschelde een dynamisch systeem met een natuurlijke getijdenwerking en een continue uitwisseling van water met de omliggende gebieden. Dit maakt het estuarium uniek binnen de Zuidwestelijke Delta en van groot belang voor zowel waterbeheer als natuurwaarden.

De Westerschelde kent verschillende terrein beherende organisaties. Rijkswaterstaat is onder andere verantwoordelijk voor de waterveiligheid, waterkwaliteit, nautisch beheer en het beheer van het vaarwegennetwerk en de uitvoering van Natura 2000-beheerplannen. De primaire waterkeringen worden samen met Waterschap Scheldestromen beheerd en onderhouden. Daarnaast beheert Het Zeeuwse Landschap diverse natuurgebieden langs de Westerschelde en is Staatsbosbeheer verantwoordelijk voor enkele binnendijkse natuurgebieden. De Provincie Zeeland voert, in opdracht van het Rijk, natuurherstelmaatregelen uit in het kader van het Natuurpakket Westerschelde.



Bijlage II Notulen workshop 02-10-2024

Notulen

Onderwerp: Workshop Westerschelde
Datum: 02-10-2024
Aanwezig: Wouter Quist, Bernd van Broekhoven, Jim van Belzen, Harriete Holzauer, Frank Gijzel, Marcel Taal, Silvana Ciarelli, Quirijn Schürmann, Arda van Helsdingen, Helga van der Jagt.
Opgesteld door: Helga van der Jagt

Agenda

- Kennismaking
- Presentatie over de inhoud
- Stroming
- Morfologie
- Structuren
- Stoffen
- Soorten
- Voorwaarden en indicatoren voor een gezonde Westerschelde
- Werksessie

Kennismaking

Met de vraag: welk stuk van de Westerschelde zou je ons willen laten zien?

Presentatie over de inhoud

Discussiepunten: tot waar loopt de Westerschelde? Het originele voorstel was de lijn Vlissingen-Breskens, maar N2000 loopt tot de monding. In de basis het hele deel meenemen en het gebied opdelen in deelgebieden.

Systeemvoorwaarden: toevoegen van "gradiënten van hoog- en laagdynamisch".

Karakteristieken: toevoegen van "waterkwaliteit/chemie".

Stroming

Golfwerking: ook windopzet is relevant. Er zijn een paar erosie-hotspots die door scheepvaart komen.

Zoetwater: bij de spuisluis bij Bath kan een hoop zoet water komen. Er is een gradiënt.

Getijgolf: de waterstanden en de morfologische ontwikkelingen zijn interessanter. Amplitude is belangrijker.

Stroming: verschil tussen eb- en vloedgeulen en stromingssnelheden zijn echt anders. Het verschil tussen die geulen bepaalt hoe de ecologie functioneert. De Westerschelde is een kenmerkend meergeulenstelsel.

Hogere stroomsnelheden komt door meer water en een veranderende morfologie.

Het ruimtelijke stromingspatroon moet benoemd worden. Er is een patroon met ruimtelijke verschillen.



Morfologie: is sturend. Er is weinig laagdynamisch gebied, door stroming.

Samenhang: in de Westerschelde is het lastig om de S-en los te koppelen, het wordt altijd vanuit de morfologie en stroming gecombineerd beschreven. In de autonome trends bespreken we waar het systeem naartoe gaat.

Structuren:

- Netto slibtransport komt uit zee. In het verleden was het uit de Westerschelde. Het slib kan met het getij heen en weer.
- Disbalans in sedimentatie is bij alle platen. Het is een enorme dynamiek, die in het verleden nog groter is geweest. De verstarring wordt nu gezien als een probleem.
- Samenspel tussen opbouw en afbraak is verstoord, mn afbraak van lagere delen
- Gradiënt is te steil of onvoldoende aanwezig, of er is te weinig ruimte voor alle stadia.
- Variatie in structuren: waterlijncomplexiteit is aan het afnemen. Er zijn meer rechte lijnen. "Verlaagde waterlijncomplexiteit".
- Ecotopen: dat is wat we er zelf van maken. Je wil diversiteit en overgangen.

Stoffen:

- Voedingsstoffen: in het oosten is er een overdaad aan voedingsstoffen, die worden verdund in het westen.
- Er is in het oostelijk deel wel een hoge primaire productie geweest. Maar de brakke zone is lastig voor zoete en voor zoute soorten. Kan door lichtlimitatie komen.
- Siliciumtekorten zijn ook in het oosten.
- Stikstof: de Noordzee is ook niet op orde. Er zijn *Phaeocystis* bloeien in het polyhaliene deel
- Licht reguleert de primaire productie.
- Troebelheid is een probleem in de Zeeschelde, misschien niet in de Westerschelde. Een gezonde Zeeschelde levert leven op wat ook iets oplevert in de Westerschelde. In de Westerschelde is het geen probleem, in de Eems is dezelfde lichtlimitatie wel een probleem.
- Minder eutrofiëring zou bijdragen aan een gezondere Westerschelde.
- Schorren lijken last te hebben van te veel stikstof, ze gaan minder wortels aanmaken en dat leidt tot meer erosie.
- Toxicanten: toxische risico's van PFAS en de stapeling van toxische soorten is onbekend.

Soorten

Primaire productie: wordt gemeten, incl. soortensamenstelling. Staan in de Eerstelijnsrapportage.

Zoöplankton: Data is er wel, van Waardenburg.

Macrobenthos: TBT is een suggestie/hypothese. Het is vrij waarschijnlijk dat er een waterkwaliteitsverbetering is

Vis: biomassa is heel erg afgenomen, mn in het mesohaliene gedeelte. Afname is een halvering sinds 2009. Kan klimaatverandering zijn. Er is gigantisch veel glasaal-aanbod bij Bath.



Schorren: de hoge platen worden steeds hoger. Bij Baarland, Zuidgors etc neemt pionier juist toe. De geulen verdwijnen uit de schorren. Voor Saeftinghe zijn er studies uit de jaren 70 die aantonen dat geulen heel belangrijk zijn voor vis.

Vogels: er is een verschuiving in vogels. De binnendijkse gebieden zijn essentieel voor het functioneren van het systeem. De doelstellingen voor de Westerschelde worden gehaald dankzij die binnendijkse gebieden.

Zeehonden: er is een toxicant die nadelig is voor de reproductie.

Voorwaarden en indicatoren voor een gezonde Westerschelde

We willen uit de beleidskaders stappen. Hoe functioneert het systeem, en wanneer is het systeem gezond?

Randvoorwaarden: kustverdediging hard op de norm, zacht op de vorm. De dijken kun je dynamisch inrichten. Er komt een behoorlijke dijkversterking aan, en dan ligt het een tijd vast.

Binnen deze randvoorwaarden is het gewoon niet mogelijk, dan zul je beheermaatregelen moeten treffen.

Streefbeeld PAGW is net gepubliceerd. Doeluitwerking N2000 is in concept klaar, Silvana vraagt of de conceptversie gedeeld kan worden.

Werk sessie

- Verjonging is beperkt
- Vegetatieontwikkeling gaat ten koste van het areaal slikken.
- Hooge Platen was gelijk aflopend, maar is nu aan het ophogen en aan het versteilen.
- Het hoger worden zorgt voor een verschuiving in droogvalduur. Dit heeft een effect op vogels maar ook op biochemische processen op intergetijdengebieden.
- Primaire productie wordt gelimiteerd door vertroebeling. Benthische productie is relevanter.
- Waterlijncomplexiteit zorgt voor het knippen van het relevante intergetijdengebied
- De successie gaat sneller dan de regeneratie. Er vindt wel verjonging plaats maar minder dan successie.
- Functie diep water: biomassa benthos is relatief hoog.
- De Westerschelde is gezond, maar er is geen ruimte voor regeneratie. Het is dus niet robuust en er is dus een risico op verslechtering.
- Doembeeld is platen met bossen en kliffen.
- Chemie is een probleem voor reproductie van zeehonden
- Vis is het grote vraagstuk. Is er genoeg ruimte, opgroei habitat, chemische cocktail.
- Op de Schaar v Ouwedoel zijn er pieken van Vanadium en Barium, onbekend waar dat vandaan komt. Wat doen piekbelastingen met je systeem? Is opgenomen in een kennisprogramma.
- Er is veel verbeterd sinds de jaren 80, maar de biomassa vis is nog steeds laag. Wat verhindert ze nu? Paaigebied, voedsel, toxiciteit?
- Er is niet genoeg ruimte binnen de huidige dijken. Welke middelen heb je nog om er iets aan te gaan doen? De overgangen, vis passages, binnendijkse gebieden.
- Overgangen: verbindingen tussen land en water.



- Het systeem is gezond als het gebied de functie van een overgangsgebied kan vervullen.
- Tuinieren op lokaal niveau zorgt voor grote onbekenden op systeemniveau. Een maatregel op 1 locatie heeft ook effect op een andere locatie. Ga je door met deze maatregelen?
- Denklijn overgangsgebied, regeneratie, dynamiek. Dat moeten de basiskenmerken zijn van je systeem, die moet je meenemen in je tuinplan. Dus kijk naar het geheel en focus niet op een klein elementje.
- Ruimtegebrek is het grootste probleem.
- Wat kan en mag er allemaal in het systeem? Waar stort je, wat doe je aan de dijken. Kunnen de dijken iets naar achteren, waar zitten de opportuniteiten?
- Ruimte is er bij de Hooge PLaaten en plaat van valkenisse en boven biezelingse ham. Daar is de meeste ruimte voor natuur.
- Een gezonde westerschelde heeft een natuurlijk functionerend systeem in elke zone.
- Kennisleemtes: chemie, komst van exoten, in hoeverre is de primaire productie limiterend voor het functioneren van het systeem, kolonisatie van Japanse oester op zacht substraat.
- Kun je iets met zoneringen, reservaten, N2000 beheerplannen.



Bijlage III Uitwerking beleidskaders

Verschillende beleidsdoelen zijn van invloed op de Westerschelde, zoals Kaderrichtlijn Water (KRW), Natura 2000, Programmatische Aanpak Grote Wateren (PAGW), OSPAR, Klimaatbestendige netwerken en Assetmanagement Natuur en waterkwaliteit, een bredere focus dan alleen het watersysteem.

KRW

De Kaderrichtlijn Water (KRW) is een Europese richtlijn (2000) met als doelstelling het realiseren en behouden van chemisch schoon en ecologisch gezond oppervlaktewater en grondwater (STOWA, 2024). De EU-lidstaten moeten deze 'goede toestand' uiterlijk in 2027 realiseren.

In deze QuickScan systeemanalyse van de Westerschelde vallen zowel het KRW-waterlichaam Westerschelde (NL89_westsde), als het KRW-waterlichaam Zeeuwse kust (kustwater) (NL95_1A). De Westerschelde heeft het watertype O2a (estuarium met matig getijverschil) en Zeeuwse kust (kustwater) K3. De status van de Westerschelde is "sterk veranderd" vanwege onomkeerbare hydromorfologische aanpassingen, en omdat de terugkeer naar een volledig natuurlijk systeem technisch onhaalbaar en/of onevenredig duur is. Zeeuwse kust (kustwater) is wel een natuurlijk waterlichaam binnen de KRW.

De doelstelling voor de biologische kwaliteitselementen (fytoplankton, overige waterflora, macrofauna en vis) zijn het zogenaamde Goede Ecologische Toestand (GET) voor natuurlijke waterlichamen en Goed Ecologisch Potentieel (GEP) voor sterk veranderde waterlichamen. De scores worden uitgedrukt in een Ecologische Kwaliteits Ratio (EKR) tussen 0,0 en 1,0. De GEP's voor de biologische kwaliteitselementen zijn weergegeven in Tabel Bijlage III. 1.

Aan de hand van metingen in het watersysteem wordt voor elk van de maatlaten een Toestand (op basis van het meest recente meetjaar) en een Oordeel (gemiddelde van de drie meest recente meetjaren) gevormd. De maatlat overige waterflora bestaat uit deelmaatlaten en de maatlat vis bestaat uit indicatoren waarvan de EKR wordt bepaald en tot een Toestand en Oordeel leiden voor de maatlat. Voor overige waterflora worden vier deelmaatlaten onderscheiden voor het areaal en de kwaliteit van kwelders en zeegras (Tabel Bijlage III. 1). Vis bestaat uit twee deelmaatlaten voor abundantie en soortensamenstelling. De deelmaatlat voor soortensamenstelling is weer in vijf indicatoren verdeeld: Aantal diadrome soorten, aantal estuariene residente soorten, aantal kinderkamersoorten, aantal soorten seizoensgasten en aantal zoetwater-soorten. Als laatste zijn er ook nog voor de deelmaatlat vis abundantie twee soorten als vertegenwoordiger gekozen per belangrijke ecologische gilde. Het gaat om spiering en fint (diadroom), slakdolf en bot (estuariene resident), haring en wijting (mariene juveniel) en pos (oligohaliene zone). Seizoensgasten worden niet kwantitatief beschouwd. Spiering en fint zijn opgedeeld in drie leeftijdsgroepen, 0+, subadult en adult. Deze drie leeftijdsgroepen moeten voldoende talrijk zijn om te kunnen spreken van een gezonde zichzelf in standhoudende populatie (STOWA, 2024).



Tabel Bijlage III. 1 *Goed Ecologisch Potentieel (GEP) en Goede Ecologische Toestand (GET) voor biologische kwaliteitselementen van de Westerschelde en Zeeuwse kust (kustwater). Biologische kwaliteitselementen kunnen uit deelmaatlatten of indicatoren bestaan*

Biologisch kwaliteitselement, deelmaatlat of indicator	Westerschelde	Zeeuwse kust (kustwater)
Fytoplankton	0,60	0,60
Macrofauna	0,60	0,60
Overige waterflora	0,20	N.v.t.
Deelmaatlat Areaal kwelders		
Deelmaatlat Kwaliteit kwelders		
Deelmaatlat Areaal zeegrasvelden		
Deelmaatlat Dichtheid soorten zeegras		
Vis	0,37	N.v.t.
Deelmaatlat Vis abundantie		
Deelmaatlat Vis soortensamenstelling		
Indicator Aantal didadrome soorten		
Indicator Aantal estuariene residente soorten		
Indicator Aantal kinderkamersoorten		
Indicator Aantal soorten seizoensoorten		
Indicator Aantal zoetwater-soorten		

Naast doelen voor de biologische kwaliteitselementen zijn ook doelen vastgesteld voor de biologie ondersteunende fysisch-chemische parameters (fosfor, stikstof, DIN, zoutgehalte, temperatuur, zuurgraad, zuurstofverzadiging en doorzicht). Deze zijn weergegeven in Tabel Bijlage III. 2. De doelen voor overige waterflora, vissen en winter-DIN zijn gewijzigd ten opzichte van de voorgeschreven doelen vanuit de maatlatten. Tenslotte zijn er ook doelen voor specifiek verontreinigende stoffen en prioritaire stoffen (ubiquitaire stoffen, niet-ubiquitaire stoffen en nieuwe prioritaire stoffen). Deze stoffen mogen de opgestelde norm per stof niet overschrijden. Bij overschrijdingen voldoet de chemische waterkwaliteit van het watersysteem niet.



Tabel Bijlage III. 2 Waarden voor fysisch-chemische parameters binnen de KRW voor de Westerschelde en Zeeuwse kust (kustwater).

Kwaliteits­element	Indicator	Manier van beoordeling	Westerschelde	Zeeuwse kust (kustwater)
Nutriënten	Winter-DIN	Wintergemiddelde	≤ 1,25 mg N/l	≤ 0,46 mg N/l
Thermische omstandigheden	Dagwaarde	98 percentiel	≤ 25 °C	≤ 25 °C
Zuurstofhuishouding	Verzadiging	Zomergemiddelde	60% – 120%	60% – 80%

Natura 2000

Natura 2000 is een Europees netwerk van beschermde natuurgebieden. In deze Natura 2000-gebieden worden bepaalde dieren, planten en hun natuurlijke leefomgeving beschermd om de biodiversiteit (soortenrijkdom) te behouden. Het Natura 2000-gebied Westerschelde & Saef­tinghe grenst aan de N2000-gebieden Vlakte van de Raan en Zwin & Kievit­polder. Het Natura 2000-gebied Westerschelde & Saef­tinghe is aangewezen als Vogel- en Habitatrichtlijn­gebied en heeft doelstellingen voor habitattypen (n=13), habitatrichtlijnsoorten (n=8), broedvogels (n=9) en niet-broedvogels (n=31) (Arcadis & TAUW, 2025). Vanwege het belang van de Westerschelde voor vogels worden binnen deze QuickScan systeemanalyse vogels wel meegenomen, in tegenstelling tot de QuickScan systeemanalyses die zijn uitgevoerd voor andere Delta-wateren.

Habitatype	Oppervlakte	Kwaliteit
H1110B – Permanent over­stroomde zandbanken (Noordzee-kustzone)	=	=
H1130 – Estuaria	>	>
H1140B – Slik- en zandplaten (Noordzee-kustzone)	=	=
H1310A – Zilte pionierbegroeiingen (zeekraal)	>	=
H1310B – Zilte pionierbegroeiingen (zeevetmuur)	=	=
H1320 – Slijkgrasvelden	=	=
H1330A – Schorren en zilte graslanden (buitendijks)	>	>
H1330B – Schorren en zilte graslanden (binnendijks)	=	=
H2110 – Embryonale duinen	=	=
H2120 – Witte duinen	=	=
H2130A – Grijs­e duinen (kalkrijk)	=	=
H2160 – Duindoornstruwelen	=	=
H2190B – Vochtige duinvalleien (kalkrijk)	=	=



Habitatrichtlijnsoort	Populatie	Omvang leefgebied	Kwaliteit leefgebied
H1014 – Nauwe korfslak	=	=	=
H1095 – Zeeprik	>	=	=
H1099 – Rivierprik	>	=	=
H1103 – Fint	>	=	=
H1351 – Bruinvis	=	=	=
H1364 – Grijze zeehond	=	=	=
H1365 – Gewone zeehond	>	=	>
H1903 – Groenknolorchis	=	=	=

Broedvogel	Populatie	Omvang leefgebied	Kwaliteit leefgebied
A081 – Bruine kiekendief	20	=	=
A132 – Kluut	2000*	=	=
A137 – Bontbekplevier	100*	=	=
A138 – Strandplevier	220*	=	=
A176 – Zwartkopmeeuw	400*	=	=
A191 – Grote stern	6200*	=	=
A193 – Visdief	6500*	=	=
A195 – Dwergstern	300*	=	=
A272 – Blauwborst	450	=	=

Niet-broedvogel	Populatie	Populatie waarde	ISHD	Omvang leefgebied	Kwaliteit leefgebied
A005 – Fuut	100	Gemiddelde	Foerageergebied	=	=
A026 – Kleine zilverreiger	40	Gemiddelde	Foerageergebied	=	=
A034 – Lepelaar	30	Gemiddelde	Slaap- en rustplaats, en foerageergebied	=	=
A041 – Kolgans	380	Gemiddelde	Slaap- en rustplaats, en foerageergebied	=	=
A043 – Grauwe gans	16600	Gemiddelde	Slaap- en rustplaats, en foerageergebied	=	=
A048 – Bergeend	4500	Gemiddelde	Slaap- en rustplaats, en foerageergebied	=	=
A050 – Smient	16600	Gemiddelde	Slaap- en rustplaats, en foerageergebied	=	=
A051 – Krakeend	40	Gemiddelde	Foerageergebied	=	=
A052 – Wintertaling	1100	Gemiddelde	Foerageergebied	=	=
A053 – Wilde eend	11700	Gemiddelde	Foerageergebied	=	=



Niet-broedvogel	Populatie	Populatie waarde	ISHD	Omvang leefgebied	Kwaliteit leefgebied
A054 – Pijlstaart	1400	Gemiddelde	Foerageergebied	=	=
A056 – Slobeend	70	Gemiddelde	Foerageergebied	=	=
A069 – Middelste zaagbek	30	Gemiddelde	Foerageergebied	=	=
A075 – Zeearend	2	Maximum	Foerageergebied	=	=
A103 – Slechtvalk	8	Maximum	Foerageergebied	=	=
A130 – Scholekster	7500	Gemiddelde	Slaap- en rustplaats, en foerageergebied	=	=
A132 – Kluut	540	Gemiddelde	Slaap- en rustplaats, en foerageergebied	=	=
A137 – Bontbekplevier	430	Gemiddelde	Slaap- en rustplaats, en foerageergebied	=	=
A138 – Strandplevier	80	Gemiddelde	Slaap- en rustplaats, en foerageergebied	=	=
A140 – Goudplevier	1600	Gemiddelde	Slaap- en rustplaats, en foerageergebied	=	=
A141 – Zilverplevier	1500	Gemiddelde	Slaap- en rustplaats, en foerageergebied	=	=
A142 – Kievit	4100	Gemiddelde	Slaap- en rustplaats, en foerageergebied	=	=
A143 – Kanoetstrandloper	600	Gemiddelde	Slaap- en rustplaats, en foerageergebied	=	=
A144 – Drieteenstrandloper	1000	Gemiddelde	Slaap- en rustplaats, en foerageergebied	=	=
A149 – Bonte strandloper	15100	Gemiddelde	Slaap- en rustplaats, en foerageergebied	=	=
A157 – Rosse grutto	1200	Gemiddelde	Slaap- en rustplaats, en foerageergebied	=	=
A160 – Wulp	2500	Gemiddelde	Slaap- en rustplaats, en foerageergebied	=	=
A161 – Zwarte ruiter	270	Gemiddelde	Slaap- en rustplaats, en foerageergebied	=	=
A162 – Tureluur	1100	Gemiddelde	Slaap- en rustplaats, en foerageergebied	=	=



Niet-broedvogel	Populatie	Populatie waarde	ISHD	Omvang leefgebied	Kwaliteit leefgebied
A164 – Groenpootruiter	90	Gemiddelde	Slaap- en rustplaats, en foerageergebied	=	=
A169 – Steenloper	230	Gemiddelde	Slaap- en rustplaats, en foerageergebied	=	=

PAGW

De Programmatische Aanpak Grote Wateren (PAGW) heeft tot doel de ecologische waterkwaliteit te verbeteren en de natuur te versterken in de Nederlandse grote wateren. Een robuuste natuur, dat de gevolgen van klimaatverandering op kan vangen, is volgens het PAGW van belang voor veiligheid, leefomgeving en economie. De doelstellingen van het PAGW zijn hiermee breder dan alleen natuur (Natura 2000) en waterkwaliteit (KRW).

De Gebiedsagenda van de Zuidwestelijke Delta verbindt wateropgaven met klimaatadaptatie, energietransitie, kringlooplandbouw en circulaire economie. Het overkoepelende doel voor de Deltawateren is het behouden of bereiken van een ecologisch veerkrachtig, klimaatbestendig systeem. Het herstellen van verbindingen en gradiënten wordt hierbij als een belangrijk aspect gezien. Voor de Westerschelde wordt er ingezet op het creëren van ruimte voor nieuwe estuariene natuur. Voor 2050 moet de natuur in de Westerschelde voldoende robuust en veerkrachtig zijn (Zuidhof & Tangelder, 2025).

OSPAR

OSPAR begrenst niet alleen de Noordzee, maar ook de Waddenzee en Zeeuwse Delta vallen onder OSPAR. OSPAR streeft naar een schone, gezonde, biodiverse en productieve Noordoost Atlantische Oceaan, die duurzaam gebruikt wordt en weerbaar is tegen klimaatverandering en verzuring van de oceaan.

In 2008 heeft OSPAR een lijst gepubliceerd met bedreigde of achteruitgaande soorten en leefgebieden. Die lijst staat centraal in de maatregelen die worden genomen om de toestand van die soorten en leefgebieden te verbeteren. Bovendien zijn er kennisdocumenten voor de soorten en leefgebieden gemaakt, zodat er een beter begrip ontstaat. In Bos & Tamis (Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat, 2021) is een evaluatie gegeven voor soorten en leefgebieden die voor Nederland van belang zijn. Enkele soorten en leefgebieden zijn ook van toepassing op de Zeeuwse Delta, waardoor OSPAR benut kan worden voor het versterken van de mariene biodiversiteit binnen de Westerschelde.



Bijlage IV Klimaat Zuidwestelijke Delta

Klimaat

Het klimaat is beschreven voor de gehele Zeeuwse Delta. De verschillende oppervlaktewaterlichamen in de Zuidwestelijke Delta liggen relatief dicht bij elkaar, waardoor er geen grote klimaatverschillen verwacht worden tussen de waterlichamen. Voor de beschrijving is grotendeels gebruik gemaakt van landelijke gegevens. Waar mogelijk is het betreffende onderwerp (type klimaat, temperatuur, neerslag of wind) gedetailleerder beschreven voor Zeeland waarbij veelal gebruik gemaakt is van data van het KNMI-meetstation in Vlissingen.

Type klimaat

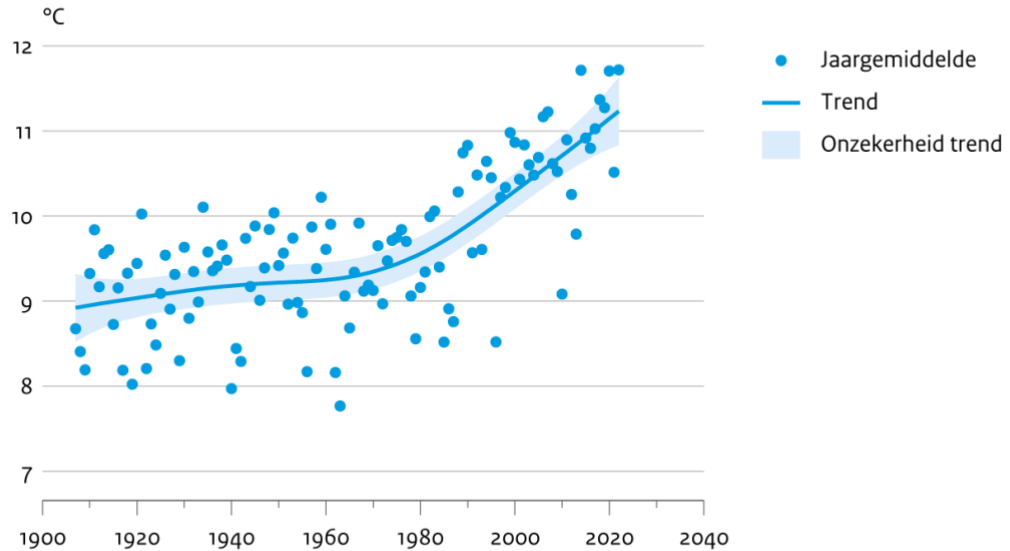
De Europese noordwestkust, en daarmee ook de Zeeuwse Delta, wordt volgens de Köppenschaal geclassificeerd als een gematigd zeeklimaat (Cfb) (KNMI, 2021). In dit type klimaat is de koudste maand gemiddeld minstens 3°C en hooguit 18°C. In de warmste maand is het gemiddeld minstens 10°C en hooguit 22°C. Gedurende het hele jaar kan neerslag vallen. In de periode 1901 tot 2020 is de jaargemiddelde temperatuur met 2,3°C toegenomen (KNMI, 2024).

Temperatuur

De gemiddelde windsnelheid in Zeeland varieerde in de periode 1991 - 2020 van vier tot meer dan zes m/s. Hoe dichterbij de kust, des te hoger de gemiddelde windsnelheid (KNMI, 2024). Uit onderzoek van het KNMI blijkt dat veranderingen van het windklimaat in de toekomst in Nederland gering zijn (Figuur Bijlage IV. 1) en niet statistisch significant. Wel lijkt er een toename te zijn in situaties met extreme wind uit westelijke richting. Daarnaast zijn er aanwijzingen dat (ex-)tropische cyclonen de Noordzee vaker kunnen bereiken in een warmer klimaat (Bakker & Van Den Hurk, 2012), waardoor gemiddelde windsnelheden verder kunnen toenemen.



Jaartemperatuur op vijf KNMI-hoofdstations



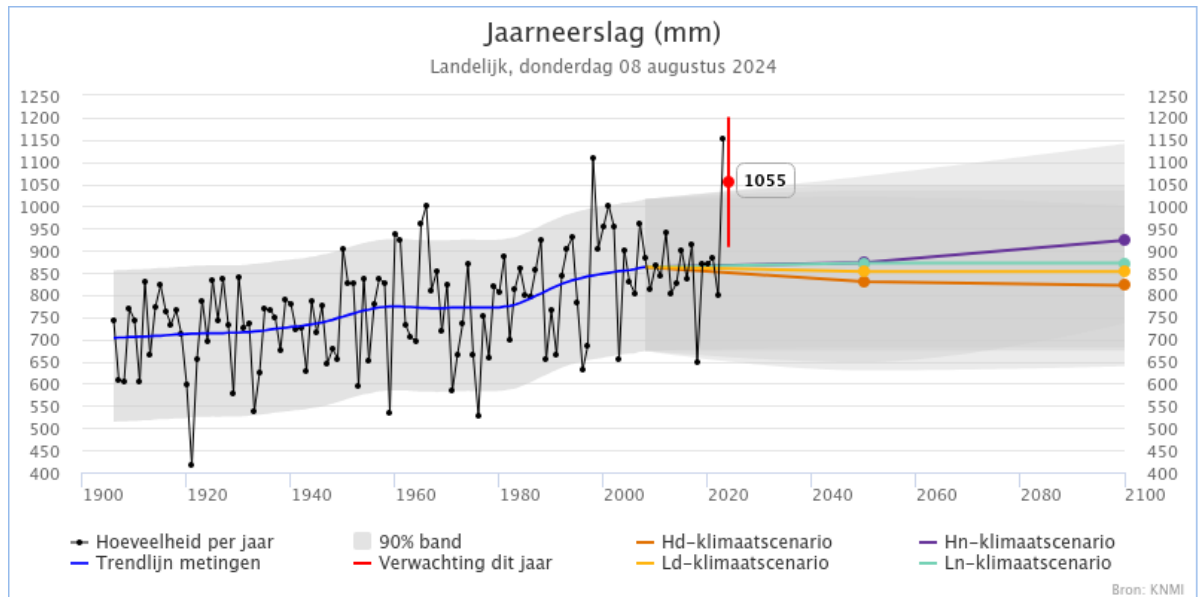
Bron: KNMI

PBL/aug23
www.clo.nl/nlo22615

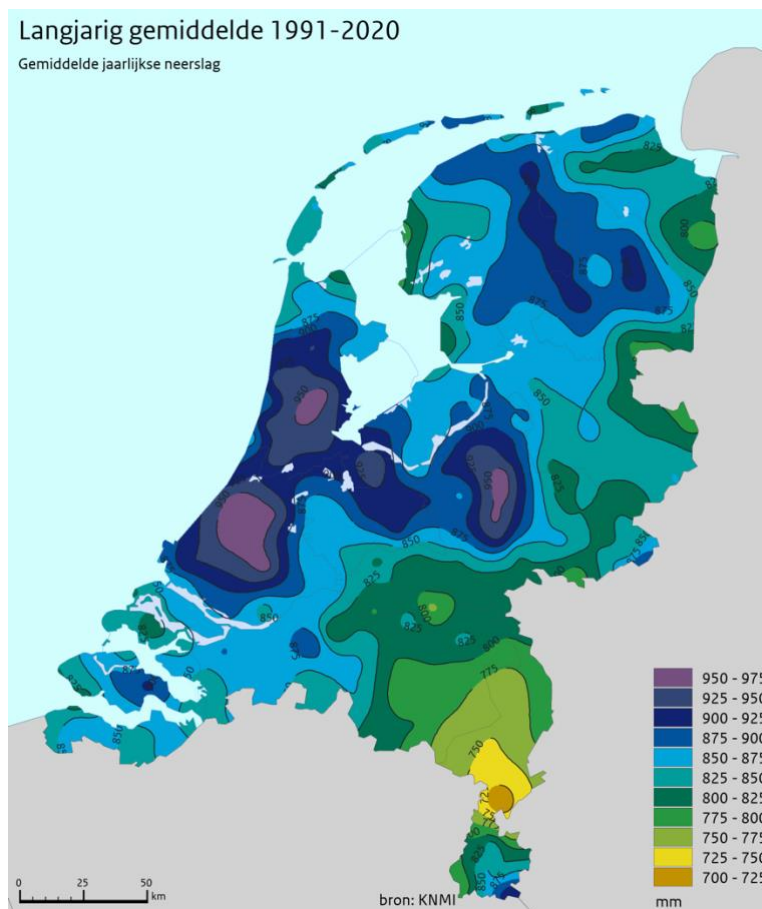
Figuur Bijlage IV. 1 Jaartemperatuur op vijf KNMI-hoofdstations waaronder Vlissingen (CBS et al., 2024).

Neerslag

De afgelopen 100 jaar is, ondanks veel fluctuatie per jaar, de gemiddelde hoeveelheid neerslag per jaar geleidelijk toegenomen in Nederland (Figuur Bijlage IV. 2). Uit data van de periode 1991-2020 blijkt dat in Zeeland aan de kust iets minder regen is gevallen (825-850mm/j) dan in het binnenland van Zeeland (875-925mm/j) (Figuur Bijlage IV. 3). Het KNMI heeft de verwachte neerslag in de toekomst gemodelleerd aan de hand van 4 scenario's, gebaseerd op CO₂ uitstoot in natte en droge gebieden (Figuur Bijlage IV. 2). Bij een lage uitstoot wordt verwacht dat de trend niet verder stijgt en stabiliseert. In het geval van een hoge CO₂ uitstoot wordt verwacht dat de jaarneerslag in de natte gebieden verder stijgt. In droge gebieden is de verwachting dat hoeveelheid neerslag eerst daalt tot 2050 en daarna stabiliseert.



Figuur Bijlage IV. 2 Landelijk neerslag per jaar in mm met verschillende toekomstscenario's (KNMI Klimaatviewer).

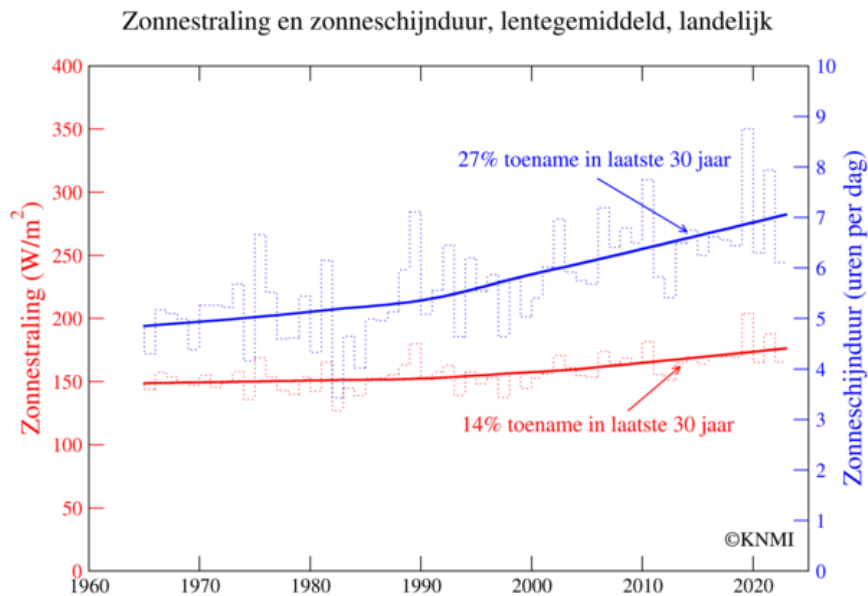


Figuur Bijlage IV. 3 Gemiddelde jaarlijkse neerslag in Nederland (1991-2020) (KNMI Klimaatviewer).

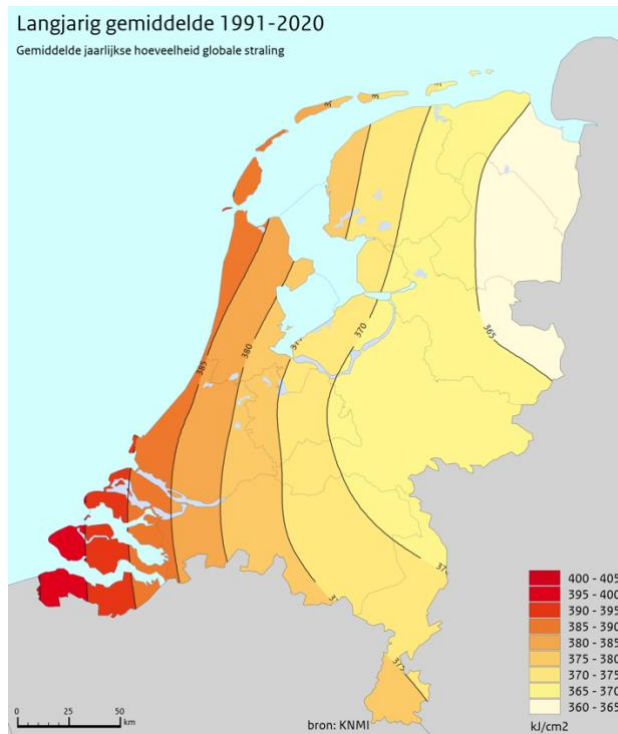


Licht

De afgelopen 30 jaar (1994 – 2023) is in Nederland de zonnestraling en zonneshijnduur met respectievelijk 14 en 27 procent toegenomen (Figuur Bijlage IV. 4). De toename is voornamelijk het gevolg van minder bewolking wat samenhangt met een lagere relatieve luchtvochtigheid en het vaker voorkomen van hogedrukgebieden. Uit onderzoek van het KNMI blijkt dat de gemiddelde jaarlijkse hoeveelheid globale straling (directe en diffuse straling) in Zeeland het hoogst was (Figuur Bijlage IV. 5). De stijgende trend wordt mogelijk ook verklaard door toevallige, langjarige variaties met wind uit zonnige richting. De kans bestaat dat de trend in de toekomst weer afvlakt of zelfs afneemt (KNMI, 2024).



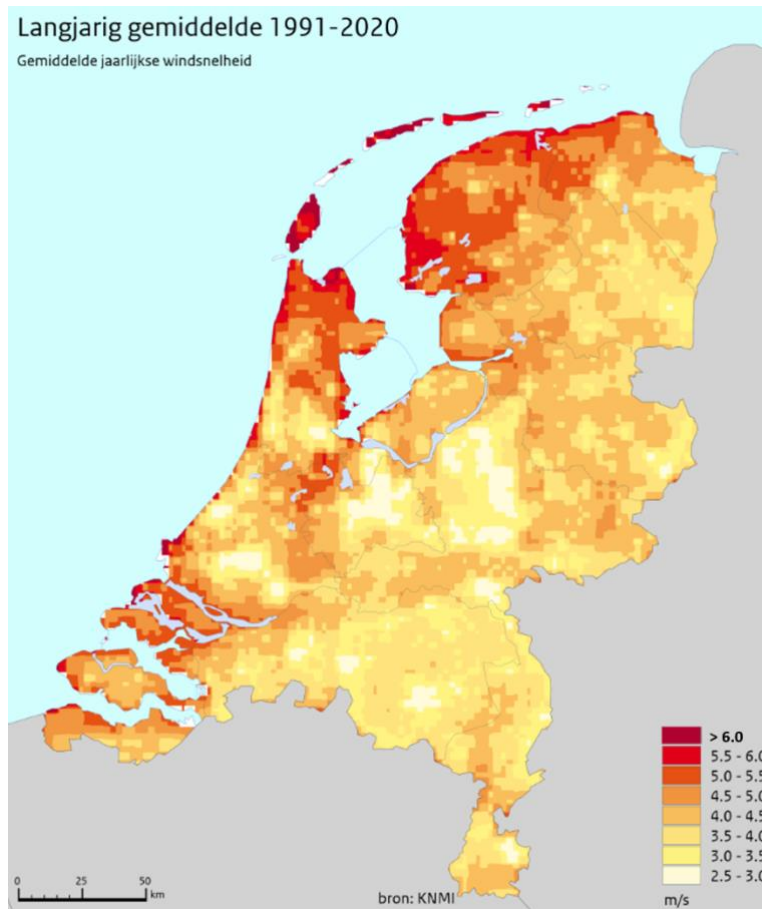
Figuur Bijlage IV. 4 Landelijk gemiddeld zonnestraling en zonneshijnduur in de lente (links) (KNMI2).



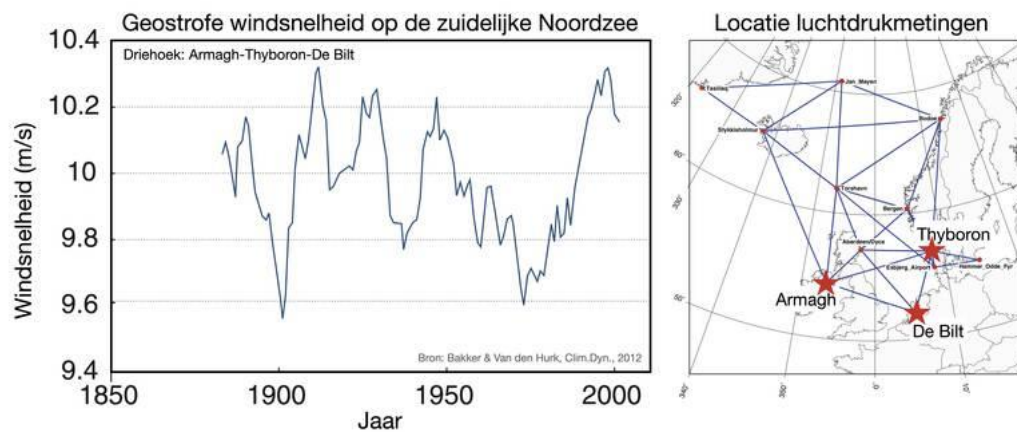
Figuur Bijlage IV. 5 Gemiddelde jaarlijkse hoeveelheid globale straling (rechts) (KNMI Klimaatviewer).

Wind

De gemiddelde windsnelheid in Zeeland varieerde in de periode 1991 - 2020 van 4 tot meer dan 6 m/s. Hoe dichterbij de kust, des te hoger de gemiddelde windsnelheid (Figuur Bijlage IV.). Uit onderzoek van het KNMI blijkt dat veranderingen van het windklimaat in de toekomst in Nederland gering zijn (Figuur Bijlage IV. 6) en niet statistisch significant. Wel lijkt er een toename te zijn in situaties met extreme wind uit westelijke richting. Daarnaast zijn er aanwijzingen dat (ex-)tropische cyclonen de Noordzee vaker kunnen bereiken in een warmer klimaat (KNMI¹), waardoor gemiddelde windsnelheden verder kunnen toenemen.



Figuur Bijlage IV. Gemiddeld jaarlijkse windsnelheid (1991-2020) (KNMI klimaatviewer).



Figuur Bijlage IV. 6 Geostrofe windsnelheid op de Zuidelijke Noordzee (links) en meetlocaties (rechts) (KNMI1).



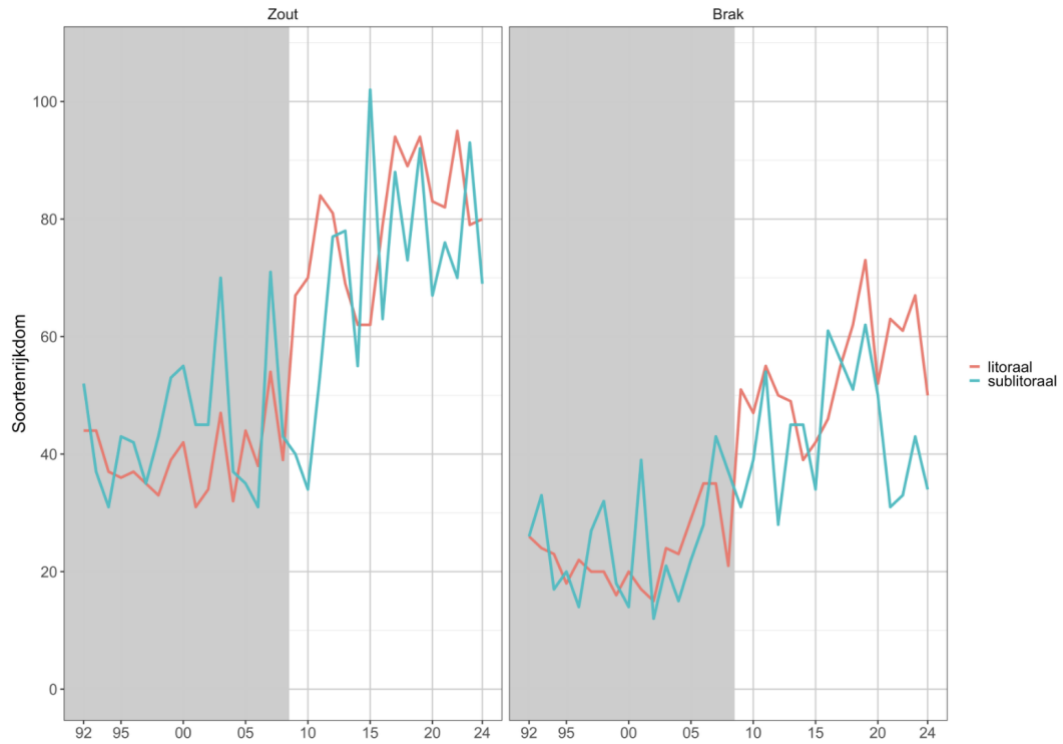
Bijlage V Schorren

Tabel Bijlage V. 1 *Overzicht van gebieden VEGWAD-kartering met oppervlakte begroeid schor per karteerjaar en totalen per deelgebied (* is gekarteerd in 1990 en ** is gekarteerd in 1995). *** Vanaf 2016 vormen Hooge Platen en Hooge Springer een geheel, Hooge Platen geeft het totaal gekarteerde oppervlak van beide weer. Aangepast van Hoefsloot et al. (2025).*

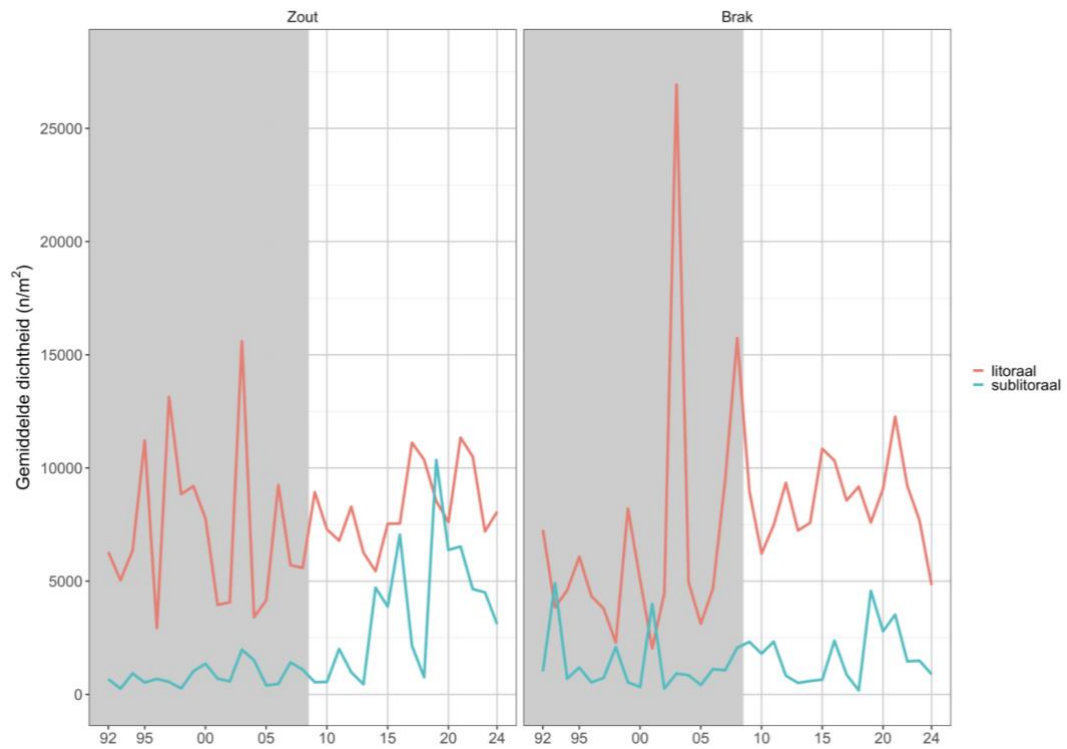
Deel- gebied	Gebiedsnaam	Oppervlakte begroeid schor in ha					
		2022	2016	2010	2004	1998	1993
West	Sloehaven	42,5	30,1	34,2	30,8	31,5	29,9
	Kaloot	10,7	8,4	8,5	8	7,8	14,9
	Hooge Platen	471,1	367,6	137,9	46,7	21,4	1,5
	Hooge Springer	***	***	272,7	129,9	66,1	-
	Hoofdplaat	17,6	12,5	11,6	8,3	8,5	7,5
	Paulinapolder	73,5	65,2	63,4	50,0	48,6	36,6
Totaal west		615,4	483,8	528,3	273,7	183,9	90,4
Midden	Zuidgors	75,7	43,8	38	43,9	50,2	54,7
	Schor bij Baarland	112,6	47,1	48,6	11,6	9,5	9,7
	Biezelingsche ham	0,8	1,0	1,5	1,5	4,6	5,2
	Hansweert	0,6	0,9	1,5	-	-	-
	Terneuzen	2,1	1,6	2,2	-	-	-
	Hellegatspolder	19,6	19,9	20,0	19,7	21,4	22,4
	Knuitershoek	10,1	10,3	11,4	8,7	6,8	-
Totaal midden		221,5	124,6	123,2	85,4	92,5	92
Oost	Schor bij Waarde	82,1	84,0	94,9	91,7	90,4	93,5
	Schor bij Bath	43,0	42,3	42,9	42,6	44	49,3
	Appelzak	16,4	16,0	16,2	14,7	14,0	13,4
	Baalhoek	5,8	4,0	4,9	6,1	2,1	2,9
	Platen van Valkenisse	141,5	103,3	158,8	104,9	13,7	9,9
	Saeftinghe	2430,0	2369,1	2409,9	2119,1	2078,4	2039,8*
	Sieperdaschor	127,4	122,8	128,2	105,5	105,9	92,1**
	Totaal oost		2846,2	2741,5	2855,8	2484,6	2348,5
	Totalen	3683,0	3349,6	3507,3	2843,7	2624,9	351,4



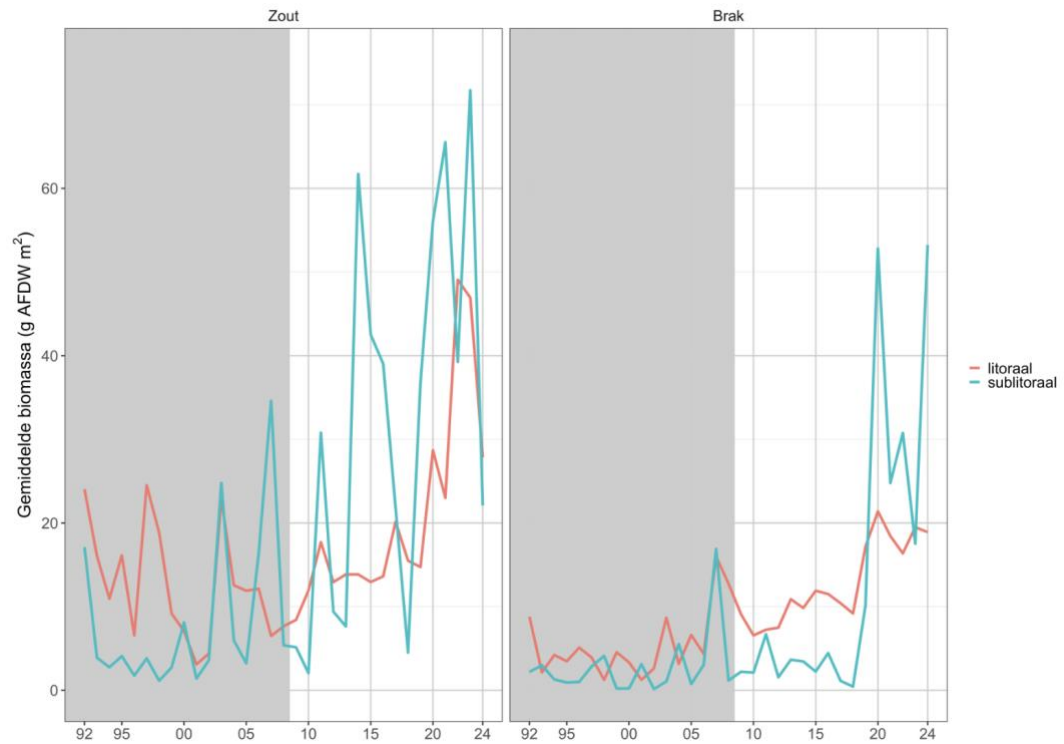
Bijlage VI Macrofaunagemeenschap



Figuur Bijlage VI. 1 Ontwikkeling van de soortenrijkdom in de Westerschelde sinds 1992. Links in het zoute deel en rechts in het brakke deel. Voor 2009 was de methode niet ecotoopgericht, deze periode is grijs gemarkeerd (Bakker et al., 2025)



Figuur Bijlage VI. *Ontwikkeling van de gemiddelde dichtheid in de Westerschelde sinds 1992. Links in het zoute deel en rechts in het brakke deel. Voor 2009 was de methode niet ecotoopgericht, deze periode is grijs gemarkeerd (Bakker et al., 2025).*



Figuur Bijlage VI. 2 Ontwikkeling van de gemiddelde biomassa in de Westerschelde sinds 1992. Links in het zoute deel en rechts in het brakke deel. Voor 2009 was de methode niet ecotoopgericht, deze periode is grijs gemarkeerd (Bakker et al., 2025).