



Vlaanderen
is wetenschap

PA047_13
WL rapporten

Monitoring Effecten Ontwikkelingsschets (MONEOS) – Jaarboek monitoring 2023

Data rapportage monitoring waterbeweging en
fysische parameters in Zeeschelde en bijrivieren

DEPARTEMENT
MOBILITEIT &
OPENBARE
WERKEN

waterbouwkundiglaboratorium.be

Monitoring Effecten Ontwikkelingsschets (MONEOS) – Jaarboek monitoring 2023

Data rapportage monitoring waterbeweging en
fysische parameters in Zeeschelde en bijrivieren

Michielsens, S.; van den Berg, M.; Thant, S.; Bertels, J.; Meire, D.; Plancke, Y.;
Vereecken, H.; Van Goethem, S.

Juridische kennisgeving

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

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

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

Copyright en wijze van citeren

© Vlaamse overheid, Departement Mobiliteit en Openbare Werken, Waterbouwkundig Laboratorium 2024
D/2024/3241/279

Deze publicatie dient als volgt geciteerd te worden:

Michielsens, S.; van den Berg, M.; Thant, S.; Bertels, J.; Meire, D.; Plancke, Y.; Vereecken, H.; Van Goethem, S. (2024). Monitoring Effecten Ontwikkelingsschets (MONEOS) – Jaarboek monitoring 2023: Data rapportage monitoring waterbeweging en fysische parameters in Zeeschelde en bijrivieren. Versie 4.0. WL Rapporten, PA047_13. Waterbouwkundig Laboratorium: Antwerpen.

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

Documentidentificatie

Opdrachtgever:	Waterbouwkundig Laboratorium	Ref.:	WL2024RPA047_13
Keywords (3-5):	Getij, debiet, sediment, monitoring, Schelde-estuarium		
Kennisdomeinen:	Hydrodynamica > Getij => In situ metingen Hydrodynamica > Golven => In situ metingen Hydrodynamica > Stroomsnelheden en -patronen => In situ metingen Sediment -> Cohesief sediment => In situ metingen Sediment -> Niet-cohesief sediment => In situ metingen Morfologie -> Erosie/sedimentatie => In situ metingen		
Tekst (p.):	98	Bijlagen (p.):	31
Vertrouwelijk:	☒ Nee ☒ Online beschikbaar		

Auteur(s):	Van Goethem, S.; Bertels, J.; Michielsens, S.; Thant, S.; van den Berg, M.; Plancke, Y.
------------	---

Controle

	Naam	Handtekening
Revisor(en):	Bertels, J.	Getekend door:Jonas Bertels (Signature) Getekend op:2024-10-04 14:51:16 +02:0 Reden:Ik keur dit document goed
	Meire, D.	Getekend door:Dieter Meire (Signature) Getekend op:2024-10-14 07:01:30 +02:0 Reden:Ik keur dit document goed
	Plancke, Y.	Getekend door:Yves Plancke (Signature) Getekend op:2024-10-07 09:30:50 +02:0 Reden:Ik keur dit document goed
	Vereecken, H.	Getekend door:Hans Vereecken (Signatu Getekend op:2024-10-15 13:13:34 +02:0 Reden:Ik keur dit document goed
Projectleider:	Van Goethem, S.	Getekend door:Stijn Van Goethem (Signa Getekend op:2024-10-04 14:01:41 +02:0 Reden:Ik keur dit document goed

Goedkeuring

Afdelingshoofd:	Bellafkih, K.	Getekend door:Abdelkarim Bellafkih (Sign Getekend op:2024-10-04 13:59:19 +02:0 Reden:Ik keur dit document goed
-----------------	---------------	--

Abstract

Voorliggend MONEOS jaarboek presenteert de resultaten van de systeemmonitoring in het Schelde estuarium uitgevoerd door het Waterbouwkundig Laboratorium in het jaar 2023. De uitgevoerde monitoring betreft de continue metingen van waterstand, debiet, stroming, saliniteit en sedimentconcentratie, alsook vaarten (helftij-eb en 13-uursmetingen), golfmetingen en periodieke metingen zwevende stof. Tevens is een inschatting gemaakt van de fluviatiele aanvoer van sediment, alsook van de PFAS-vrachten doorheen de Zeeschelde. Tenslotte worden ook de morfologische verandering van de Zeeschelde beschreven.

Op 21 december 2023 zorgde storm Pia, ondanks een dooftij-periode, voor een stormtij. In Antwerpen is er een waterstand van +6,71 mTAW bereikt. Verder valt het jaar 2023, wat het getij betreft, op door de hoge gemiddelde laagwaterstand bij zowel middel-, spring- als dooftij. Bij middeltij neemt het jaargemiddelde laagwater (0,11 mTAW) met ruim 7 cm toe t.o.v. 2022. In vergelijking met het gemiddelde van het voorbije decennium is het een toename van 14 cm. Het jaargemiddelde hoogwater ligt wel in lijn met de voorgaande jaren en decennia. Door de toenemende laagwaterstand, neemt ook het tijverschil verder af. Dit is enerzijds wel te verwachten, omdat het keerpunt in de 18,6-jarige cyclus van het getij bereikt is waarbij de tendens van dalende hoogwaterstanden en stijgende laagwaterstanden zal omkeren. Anderzijds, is de jaargemiddelde waterstand van 2023 in Antwerpen (maar ook doorheen het hele estuarium) opmerkelijk hoger. Mogelijks kan dit verklaart worden door de het zeer natte jaar en de bijbehorende hoge bovenafvoer. In 2023 kwam er slechts één stormtij voor.

Het jaargemiddelde bovendebiet van 2023 voor Schelle bedraagt 134 m³/s. Dit is de hoogste waarde in de voorbije 10 jaar en breekt, net als 2021, met de trend van lage afvoeren sinds 2017. Beschouwd over de periode 1949-2021 is er in ongeveer 15% van de jaren een jaardebiet dat hoger is dan deze waarde.

De historische vergelijking van 2023 van de stroomsnelheid over een LW-HW cyclus voor dooftij, gemiddeld tij en springtij toont de zeer gelijkaardige stroomsnelheden genoteerd voor Oosterweel-Boven in de uren voorafgaand HW. Enkel in het uur voorafgaand aan HW en voornamelijk in springtijcondities, zakt de gemiddelde waarde van 2023 onder de historisch gemiddelde trend. In de uren na HW, vooral vanaf HW+3u, liggen de stroomsnelheden voor 2023 iets hoger in vergelijking met de historische trend. Deze vallen echter nog steeds binnen de P25 – P75 (2001 – 2022) grenzen.

Voor het jaar 2023 tonen de eerder afwaartse posten een lage saliniteit begin januari, in de maand april, in de periode augustus begin september en eind december. De aanvoer van zoet water richting Schelde estuarium was in deze maanden ook hoog. T.o.v. 2022 liggen de saliniteitswaarden algemeen genomen een stuk lager en ook wanneer de langjarige evolutie in KHW max en KLW min voor de verschillende meetposten wordt beschouwd liggen deze aan de lage kant van de range

De mediaan van het stroomsnelheidsprofiel van 2023 over de verschillende getijcycli valt in vergelijking met de historische data nagenoeg altijd binnen de grenzen van het 25e en 75e percentiel. Hetzelfde geldt voor de historische vergelijking van 2023 van de stroomsnelheid over een LW-HW cyclus (ensemble analyse) voor dooftij, gemiddeld tij en springtij.

De watertemperatuur ligt in lijn met voorgaande jaren. De jaarstatistieken tonen weinig variatie tussen de stations onderling, hoewel de spreiding van de boxplots licht toeneemt naarmate men stroomopwaarts gaat. Dit heeft te maken met de grotere impact van de bovenafvoer stroomopwaarts en de bufferende werking van het zeewater stroomafwaarts.

Voor de opwaartse stations Weert, Schellebelle en Melle is een verhoging van de SSC gehalten waarneembaar tijdens de maanden juli-november, vooral in Weert is een duidelijke verhoging in SSC gehalte waarneembaar tijdens K LW en de ebfase. In 2022 was deze verhoging reeds zichtbaar vanaf mei, gezien de lange periode aan verhoogde bovenafvoer (begin maart tot midden april) en de piek in bovenafvoer midden mei treedt deze verhoging in 2023 pas op begin juli. Hier speelt immers de positie van het ETM een rol. Tijdens de winter is dit gelegen afwaarts Weert. Wanneer de bovenafvoer afneemt in de loop van het voorjaar-zomer (nu eerder zomer) migreert het ETM opwaarts, wat resulteert in hogere SSC waarden voor de stations Weert, Schellebelle en Melle. Vanaf het moment dat de bovenafvoer terug toeneemt (najaar) resulteert dit bijna onmiddellijk in een afname in SSC voor deze stations.

In 2023 worden de hoogste gemiddelde SSC waarden waargenomen ter hoogte van Oosterweel-Boven en Melle.

De jaarstatistieken voor SSC respectievelijk voor K HW min en K LW min vallen binnen de range met voorgaande jaren maar eerder aan de lage kant.

De jaarlijkse sedimentvrachten zijn grotendeels toe te wijzen aan een aantal piekevents doorheen het jaar met verhoogde bovenafvoer. De grootste jaarlijkse vrachten worden aangevoerd vanuit het Zennebekken en het Denderbekken, waarbij de vrachten vanuit het Zennebekken beduidend hoger liggen dan vorig jaar maar wel in lijn met de jaren 2018 t.e.m. 2020. De totale sedimentvracht richting Schelde estuarium voor het jaar 2023 bedraagt 596 337 ton.

In de meest afwaartse segmenten van de Zeeschelde kunnen aanzienlijke verandering vastgesteld worden in de bathymetrie. Voor een aantal kunnen deze toegeschreven worden aan bagger- en stortwerkzaamheden die hebben plaatsgevonden net voor of net na het moment dat de peiling uitgevoerd werd. Doorheen de Beneden- en Boven-Zeeschelde komen er geregeld patronen van erosie en sedimentatie voor. Dit kan toegeschreven worden aan de morfologische respons op menselijke ingrepen of aan een natuurlijke migratie van bodemvormen.

Voor vier van de vijf geobserveerde PFAS-componenten is er een toename van de vracht van stroomopwaarts naar stroomafwaarts. Deze 4 componenten vertonen min of meer dezelfde evolutie doorheen het stroomgebied. Enkel voor PFOS zien we een sterkere stijging tussen Lillo en de grens. Voor PFBS is er een omgekeerde evolutie.

Inhoudstafel

Abstract	IV
Inhoudstafel.....	IV
Lijst van de tabellen.....	VI
Lijst van de figuren	VIII
Colofon	XIII
Lijst van afkortingen	XIV
1 Inleiding	1
2 Jaaroverzicht getijwaarnemingen	2
2.1 Getijwaarnemingen.....	2
2.2 Getijwaarnemingen in Antwerpen.....	10
2.2.1 Jaaroverzicht.....	10
2.2.2 Het jaar 2023 in historisch perspectief.....	12
2.3 Stormvloeden.....	17
3 Jaaroverzicht bovendebieten	19
3.1 Overzicht meetlocaties	19
3.2 Gemeten bovenafvoer aan de randen van het tijgebied.....	20
3.3 Berekende bovenafvoer te Schelle	23
3.3.1 Het jaar 2023	23
3.3.2 Bovendebiet 2023 in historisch perspectief.....	25
3.4 Overzicht van de verblijftijd voor de Boven-Zeeschelde	28
3.4.1 Resultaten voor 2023	28
3.4.2 Resultaten in historisch perspectief	28
4 Jaaroverzicht fysische parameters	30
4.1 Continue metingen "fysische parameters"	30
4.1.1 Meetlocaties en toestellen.....	30
4.1.2 Kwaliteit van de data	33
4.1.3 Data-analyse	36
4.1.4 Verloop van stroomsnelheid	37
4.1.5 Verloop watertemperatuur	42
4.1.6 Verloop saliniteit	48
4.1.7 Verloop suspensiegehalte (SSC)	53
4.2 Periodieke metingen (laagfrequent) aan wateroppervlak.....	62

4.2.1	Zeeschelde	63
4.2.2	Durme	64
4.2.3	Rupel en bovenstromen	65
4.3	Meetcampagnes – halftij-eb vaarten	66
4.3.1	Methodiek	66
4.3.2	Het jaar 2023 en historisch verloop	67
4.4	Meetcampagnes - 13u-metingen	71
5	Sedimentaanvoer aan de rand van het getijgebied	78
6	Topo-bathymetrie	85
6.1	Methodes	85
6.2	Resultaten	87
6.2.1	Topo-bathymetrie	87
6.2.2	Verschilkaarten	87
6.2.3	Diepteligging langsprofiel	89
6.2.4	Hypsometrie	90
7	PFAS-vrachten	94
8	Referenties	96
Bijlage A: Meetlocaties MONEOS 2023		B1
Bijlage B: Evoluties HW en LW		B5
Bijlage C: Harmonische componenten		B10
Bijlage D: Overzicht jaarstatistieken gemiddelde watertemperatuur en saliniteit		B13
Bijlage E: Kalibratie Turbiditeit – SSC		B15
A.	Algemeen	B15
B.	Overzicht kalibratiecampagnes	B15
C.	Kalibratiecurves voor het jaar 2023	B15
Bijlage F: Topo-bathymetrie en verschilkaarten		B21

Lijst van de tabellen

Tabel 1 – Zeeschelde: overzicht per locatie van de getijkarakteristieken voor het jaar 2023, gerangschikt van afwaarts naar opwaarts. Waterstanden worden weergegeven in mTAW, getijverschil in m, en tijdsgelateerde waarden in uur:minuten.	4
Tabel 2 – Beneden-Nete en Durme: Overzicht per locatie van de hoofdkenmerkende tijwaarden in 2023... 7	
Tabel 3 – Getijparameters te Antwerpen-Loodsgebouw: het jaar 2023 in historisch perspectief;	13
Tabel 4 – Beneden-Zeeschelde te Antwerpen. Frequentietabel (1971-2023) van hoogwaterstanden (mTAW) bij stormtij (> +6,60 mTAW) en gevaarlijk stormtij (> +7,00 mTAW), verdeeld per decimeter. (groen: jaren zonder stormtij; grijs: jaren met stormtij, maar zonder gevaarlijk stormtij; blauw: jaren met gevaarlijk stormtij)	18
Tabel 5 – Overzicht van de meetstations die gebruikt worden voor de bepaling van de bovenafvoer te Schelle.	20
Tabel 6 – Jaarstatistieken gemeten daggemiddelde bovenafvoer 2023 (in m ³ /s) voor de stations aan de randen van het getijgebied.	21
Tabel 7 – Procentuele bijdrage van afvoer vanuit Groot Pand bij events met meer dan 100 m ³ /s naar Gent (Boeckx <i>et al.</i> , 2023).	23
Tabel 8 – Maandmedianen bovenafvoer [m ³ /s] 2023 voor de Zeeschelde te Schelle, de Rupel en de Boven-Zeeschelde	24
Tabel 9 – Overzicht eigenschappen multiparametertoestellen en gemeten parameters per locatie anno 2023. *Te Tielrode is een mobiel multiparametertoestel opgesteld, dit toestel maakt voorlopig nog geen deel uit van het MONEOS-programma	32
Tabel 10 – Berekenende statistieken voor de gemeten fysische parameters gedurende de verschillende getijfasen. K LW = Kentering bij laagwater, K HW = Kentering hoogwater.	36
Tabel 11 – Overzicht jaarstatistiek (2023) voor stroomsnelheid (m/s) tijdens vloed en eb in Oosterweel. Data in grijs weergegeven bevindt zich beneden de kwaliteitsdrempel.	38
Tabel 12 – Overzicht jaarstatistiek (2023) voor SSC (in mg/l) tijdens K HW/K LW (minimum) en vloed/eb (gemiddeld/maximum) voor de verschillende meetstations.	59
Tabel 13 – Overzicht meetcampagnes halftij-eb in 2023 (*Geen meting voor Waarde Radartoren, **Geen meting voor Walsoorden Zuidergat).	67
Tabel 14 – Sedimentconcentratie (mg/l) tijdens halftij-ebcampagnes in 2023.	69
Tabel 15 – Overzicht meetcampagnes 13u-metingen met datum van uitvoering, start- en eindtijdstip in MET	71
Tabel 16 – Waarden geschatte jaarlijkse sedimentvracht (ton) per stroomgebied (EWI-gecorrigeerd) voor het jaar 2023. *Data aangeleverd door VMM.	80
Tabel 17 – Overzicht periodes uitgevoerde peilingen per deelgebied.....	85
Tabel 18 – Percentage zonder data in de intertidale zone van de Beneden-Zeeschelde in de bodemgrids van 2022 en 2023.	86
Tabel 19 – Overzicht beschikbare meetgegevens PFAS-concentraties in 2023 # metingen (waarvan # onder detectielimiet)	95

Tabel 20 – Meetlocaties MONEOS 2023	B2
Tabel 21 – Jaarlijkse lineaire evolutie van de hoog- en laagwaters (1980-2023).....	B5
Tabel 22 – Overzicht jaarstatistiek (2023, gemiddelde en percentielen) van de gemiddelde temperatuur (°C) tijdens KHW en KLW voor de verschillende meetstations.	B13
Tabel 23 – Overzicht jaarstatistiek (2023, gemiddelde en percentielen) van de gemiddelde saliniteit (PSU) tijdens KHW en KLW voor de verschillende meetstations.	B14
Tabel 24 – Overzicht kenmerken van de SSC-Turbiditeit relaties per meetlocatie,.....	B16
Tabel 25 – Overzicht kalibratiecampagnes turbiditeit-SSC en bijhorende beschikbare turbiditeitsgegevens, en dit vanaf het begin van de metingen tot en met 2023,.....	B17

Lijst van de figuren

Figuur 1 – Tijmeetposten in het beheer van het Waterbouwkundig Laboratorium in 2023.	2
Figuur 2 – Zeeschelde: gemiddeld hoogwater (GHW) en gemiddeld laagwater (GLW) bij middeltij, springtij en doortij in 2023 t.o.v. de afstand in km tot de monding te Vlissingen	5
Figuur 3 – Zeeschelde: gemiddeld tijverschil (GTV) bij middeltij, springtij en doortij in 2023 t.o.v. de afstand in km tot de monding te Vlissingen.	5
Figuur 4 – Zeeschelde: gemiddelde duur van stijging en daling bij middeltij, springtij en doortij in 2023 t.o.v. de afstand in km tot de monding te Vlissingen.	6
Figuur 5 – Gemiddeld hoogwater (GHW) en gemiddeld laagwater (GLW) bij middeltij, springtij en doortij in 2023 voor de Beneden-Nete.	8
Figuur 6 – Gemiddeld tijverschil (GTV) bij middeltij, springtij en doortij in 2023 voor de Beneden-Nete.	8
Figuur 7 – Duur van stijging en daling bij middeltij, springtij en doortij in 2023 voor de Beneden-Nete.	9
Figuur 8 – Beneden-Zeeschelde in Antwerpen: jaarverloop van het tij (HW en LW) gedurende het jaar 2023, met aanduiding van het stormtij.	10
Figuur 9 – Verschil tussen waargenomen en astronomisch voorspelde HWs en LWs in Antwerpen voor het jaar 2023.	11
Figuur 10 – Windsnelheid (m/s) opgemeten te Hansweert in 2023 (Bron: Rijkswaterstaat).	11
Figuur 11 – Windrichting (t.o.v. noorden) opgemeten te Hansweert in 2023 (Bron: Rijkswaterstaat).	12
Figuur 12 – Antwerpen-Loodsgebouw: langjarige tij-evolutie (1888-2023) van jaargemiddeld hoogwater middeltij, springtij en doortij, aangevuld met de jaarlijks hoogste en de jaarlijks laagste hoogwaterstanden.	14
Figuur 13 – Antwerpen-Loodsgebouw: langjarige tij-evolutie (1888-2023) van jaargemiddeld laagwater middeltij, springtij en doortij, aangevuld met de jaarlijks hoogste en de jaarlijks laagste laagwaterstanden.	14
Figuur 14 – Antwerpen-Loodsgebouw: langjarige tij-evolutie (1888-2023) van jaargemiddeld tijverschil middeltij, springtij en doortij.	15
Figuur 15 – Trend jaargemiddeld hoogwater te Antwerpen-Loodsgebouw bepaald over de periode 1980-2023.	16
Figuur 16 – Trend jaargemiddeld laagwater te Antwerpen-Loodsgebouw bepaald over de periode 1980-2023.	16
Figuur 17 – Ligging van de HIC meetlocaties van bovenafvoer aan de randen van het tijgebied (Wilsele in beheer van VMM), en aanduiding van de locaties waar de bovenafvoer wordt berekend.	19
Figuur 18 – Verloop van de daggemiddelde bovenafvoer in 2023 voor de meetstations aan de randen van het tijgebied.	21
Figuur 19 – Jaarwaarden 2023 voor de stations aan de randen van het tijgebied.	22
Figuur 20 – Maandwaarden (mediaan) debiet 2023 en normaalwaarden voor Melle.	22
Figuur 21 – Daggemiddelde bovenafvoer ter hoogte van Schelle voor het jaar 2023, opgedeeld in het aandeel vanuit de Rupel en het aandeel vanuit de Boven-Zeeschelde.	23

Figuur 22 – Maandwaarden (mediaan) Schelle voor het jaar 2023, opgedeeld in het aandeel Rupel en het aandeel Boven-Zeeschelde.....	24
Figuur 23 – Relatieve voorstelling maandwaarden Schelle voor het jaar 2023, opgedeeld in het aandeel Rupel en het aandeel Boven-Zeeschelde.	25
Figuur 24 – Maandwaarden (mediaan) debiet 2023 en normaalwaarden voor Schelle.	26
Figuur 25 – Jaargemiddeld bovendeblat te Schelle over de periode 1949-2023, gerangschikt naar grootte.	26
Figuur 26 – Maandwaarden (mediaan) 2023 en normaalwaarden voor voor het berekende debiet van de Boven-Zeeschelde net opwaarts de monding van de Rupel nabij Wintam.	27
Figuur 27 – Maandwaarden (mediaan) 2023 en normaalwaarden voor het berekende debiet van de Rupel bij de monding nabij Wintam.....	27
Figuur 28 – Verblijftijd Boven-Zeeschelde voor het jaar 2023.....	29
Figuur 29 – Verblijftijd Boven-Zeeschelde in historisch perspectief (1971 – 2023).....	29
Figuur 30 – Locatie van Moneos-meetposten in de Zeeschelde met continue monitoring van fysische parameters in 2023. Te Tielrode is er een continue SF meting, deze is echter nog niet in het Moneos programma opgenomen.....	31
Figuur 31 – Overzicht van de datakwaliteit per parameter en per station voor de continue metingen fysische parameters (meetfrequentie 5 min) voor 2023. Voor Prosperpolder en Hemiksem is de frequentie van conductiviteit en temperatuur lager (10 min).....	34
Figuur 32 – Percentage van de datakwaliteitscategorieën per parameter en per station voor de continue metingen fysische parameters in 2023, voorgesteld in Figuur 31. Percentages worden getoond wanneer groter dan 10%. In Prosperpolder en Hemiksem wordt er geen turbiditeit gemeten.....	35
Figuur 33 – Verloop van de gemiddelde stroomsnelheid in 2023 tijdens vloed en eb ter hoogte van Oosterweel.	37
Figuur 34 – Verloop van de maximale stroomsnelheid in 2023 tijdens vloed en eb ter hoogte van Oosterweel.	37
Figuur 35 – Jaarstatistiek (2023, percentielen) voor maximale stroomsnelheid tijdens vloed en eb ter hoogte van Oosterweel.....	38
Figuur 36 – Karakteristiek verloop voor 2023 van de stroomsnelheid over een getijcyclus (ensemble analyse) voor doottij, gemiddeld tij en springtij ter hoogte van Oosterweel. Relatieve tijd is t.o.v. HW in Antwerpen.	39
Figuur 37 – Historische vergelijking van 2023 van de stroomsnelheid over een getijcyclus (ensemble analyse) voor doottij, gemiddeld tij en springtij ter hoogte van Oosterweel (data vanaf 2001). Relatieve tijd is t.o.v. HW in Antwerpen.	39
Figuur 38 – Evolutie jaarstatistieken (gemiddelde als bolletje weergegeven) voor stroomsnelheid tijdens vloed en eb voor Oosterweel-Boven.	40
Figuur 39 – Maximale stroomsnelheid t.o.v. het getijverschil tijdens de getijfasen: eb (links) en vloed (rechts) Blauwe markers zijn punten van jaar 2023, voorgaande jaren in het grijs	41
Figuur 40 – Verloop van het getijverschil en de maximale stroomsnelheid tijdens eb en vloed bij springtij, gemiddeld tij en doottij	41
Figuur 41 – Seizoenaal verloop temperatuur bij KHW en KWL (gemiddeldes) voor de verschillende meetstations in 2023.....	43

Figuur 42 – Seizoenaal verloop temperatuursverschil tussen KLW en KHW (gemiddeldes KLW min gemiddeldes KHW) voor de verschillende meetstations.	44
Figuur 43 – Jaarstatistieken voor temperatuur KHW en KLW (gemiddeldes) voor de verschillende meetstations.	45
Figuur 44 - Evolutie jaarstatistieken (gemiddelde als bolletje weergegeven) voor watertemperatuur tijdens KHW voor de verschillende meetstations.	46
Figuur 45 - Evolutie jaarstatistieken (gemiddelde als bolletje weergegeven) voor watertemperatuur tijdens KLW voor de verschillende meetstations	47
Figuur 46 – Seizoenaal verloop (gemiddelde) van de saliniteit KHW max en KLW min voor 2023 bij de verschillende meetstations.	49
Figuur 47 – Jaarstatistieken (2023) voor saliniteit KHW max en KLW min voor de verschillende meetstations.	50
Figuur 48 – Relatie tussen de saliniteit te Oosterweel bij kentering hoogwater en de verblijftijd (links) en de bovenafvoer (rechts) Gekleurde markers tonen waarden voor het laatste jaar (2023), grijze markers is de periode hiervoor.	50
Figuur 49 - Evolutie jaarstatistieken voor saliniteit bij KHW max voor de verschillende meetstations.	51
Figuur 50 - Evolutie jaarstatistieken voor saliniteit bij KLW min voor de verschillende meetstations	52
Figuur 51 – SSC (minima) verloop in 2023 tijdens KHW en KLW voor de verschillende meetstations.	55
Figuur 52 – SSC (gemiddelde) verloop in 2023 tijdens eb en vloed voor de verschillende meetstations.	56
Figuur 53 – SSC (maxima) verloop in 2023 tijdens eb/vloed voor de verschillende meetstations.	57
Figuur 54 – Jaarstatistiek (2023, percentielen) voor SSC tijdens KHW en KLW (minima) voor de verschillende meetstations.	58
Figuur 55 – Jaarstatistiek (2023, percentielen) voor SSC tijdens vloed en eb (gemiddeldes) voor de verschillende meetstations.	58
Figuur 56 – Jaarstatistiek (2023, percentielen) voor SSC tijdens vloed en eb (maxima) voor de verschillende meetstations.	59
Figuur 57 - Evolutie jaarstatistieken voor SSC bij KHW min voor de verschillende meetstations.	60
Figuur 58 - Evolutie jaarstatistieken voor SSC bij KLW min voor de verschillende meetstations.	61
Figuur 59 – Meetlocaties schepstalen anno 2023.	62
Figuur 60 – Evolutie jaarwaarden sedimentconcentratie nabij wateroppervlak (markers = mediaan, error bars = P25 en P75) voor de meetlocaties in de Zeeschelde.	63
Figuur 61 – Evolutie jaarwaarden sedimentconcentratie nabij wateroppervlak (markers = mediaan, error bars = P25 en P75) voor de meetlocaties in de Durme.	64
Figuur 62 – Evolutie jaarwaarden sedimentconcentratie nabij wateroppervlak (markers = mediaan, error bars = P25 en P75) voor de meetlocaties in de Rupel en randen gebied in het Rupelbekken.	65
Figuur 63 – Meetlocaties voor de halftij-ebvaarten in 2023.	66
Figuur 64 – Sedimentconcentratie aan de oppervlakte bij halftij-eb langsheen de volledige Zeeschelde.	68
Figuur 65 – Sedimentconcentratie aan de bodem bij halftij-eb langsheen de volledige Zeeschelde.	68
Figuur 66 – Sedimentconcentratie nabij het oppervlak (mg/l) bij halftij-eb langsheen de Zeeschelde	70

Figuur 67 – Sedimentconcentratie nabij de bodem (mg/l) bij halftij-eb langsheen de Zeeschelde	70
Figuur 68 – Meetlocaties 13u-metingen 2023.	73
Figuur 69 – Debiet, SSF en SSC tijdens de 13u-metingen in Boom over de periode 2009 en 2023.....	74
Figuur 70 – Debiet, SSF en SSC tijdens de 13u-metingen in Kruibeke over de periode 2009 en 2023	75
Figuur 71 – Debiet, SSF en SSC tijdens de 13u-metingen in Tielrode over de periode 2019 en 2023	76
Figuur 72 – Debiet, SSF en SSC tijdens de 13u-metingen Weert/Driegoten over de periode 2009 en en 2023	77
Figuur 73 – Overzicht van de meetlocaties en bijhorende stroomgebieden waarvoor de sedimentvrachten worden berekend	79
Figuur 74 – Geschatte sedimentvracht per stroomgebied (EWI-gecorrigeerd) voor het jaar 2023.	81
Figuur 75 – Historisch overzicht van de sedimentvrachten per stroomgebied (EWI-gecorrigeerd). Voor de locatie Werchter is pas data beschikbaar vanaf 2017.....	81
Figuur 76 – Berekende dagelijkse en gecumuleerde sedimentvracht in Melle komende van de Bovenschelde (en Leie)	82
Figuur 77 – Berekende dagelijkse en gecumuleerde sedimentvracht in Dendermonde komende van de Dender	82
Figuur 78 – Berekende dagelijkse en gecumuleerde sedimentvracht in Eppegem komende van de Zenne..	83
Figuur 79 – Berekende dagelijkse en gecumuleerde sedimentvracht in Aarschot komende van de Demer .	83
Figuur 80 – Berekende dagelijkse en gecumuleerde sedimentvracht in Itegem (Hullebrug) komende van de Grote Nete	84
Figuur 81 – Berekende dagelijkse en gecumuleerde sedimentvracht in Grobbendonk (Troon) komende van de Kleine Nete	84
Figuur 82 – Opdeling Zeeschelde enbijrivieren volgens de OMES-segmenten.....	86
Figuur 83 – Ligging langsprofiel Zeeschelde.....	87
Figuur 84 – Topo-bathymetrie 2023 voor de volledige Zeeschelde & Durme, met aanduiding van OMES segmenten (lichtgrijs)	88
Figuur 85 – Verschilkaart 2022-2023 voor de volledige Zeeschelde & Durme.	88
Figuur 86 – Diepteligging langsprofiel Zeeschelde	89
Figuur 87 – Relatieve verandering in watervolume onder 0 m TAW over periode 2012 – 2023 voor verschillende OMES-segmenten langsheen de Zeeschelde en de Durme	90
Figuur 88 – Hypsometrie voor het OMES-segment Durme (blauw = 2022 oranje = 2023).....	91
Figuur 89 – Hypsometrie voor de OMES-segmenten (9 t.e.m. 13) in de Beneden-Zeeschelde (blauw = 2022 oranje = 2023)	92
Figuur 90 – Hypsometrie voor de OMES-segmenten (14-19) in de Boven-Zeeschelde (blauw = 2022 oranje = 2023).....	93
Figuur 91 – PFAS-vrachten in de Zeeschelde voor het jaar 2023	95
Figuur 92 – Meetlocaties MONEOS 2023.	B1
Figuur 93 – Trend jaargemiddeld hoogwater te Prosperpolder bepaald over de periode 1980-2023.....	B6
Figuur 94 – Trend jaargemiddeld laagwater te Prosperpolder bepaald over de periode 1980-2023.	B6

Figuur 95 – Trend jaargemiddeld hoogwater te Temse bepaald over de periode 1980-2023.	B7
Figuur 96 – Trend jaargemiddeld laagwater te Temse bepaald over de periode 1980-2023.	B7
Figuur 97 – Trend jaargemiddeld hoogwater te Dendermonde bepaald over de periode 1980-2023.	B8
Figuur 98 –Trend jaargemiddeld laagwater te Dendermonde bepaald over de periode 1980-2023.	B8
Figuur 99 –Trend jaargemiddeld hoogwater te Wetteren bepaald over de periode 1980-2023.	B9
Figuur 100 –Trend jaargemiddeld laagwater te Wetteren bepaald over de periode 1980-2023.	B9
Figuur 101 – Evolutie in de tijd van de gemiddelde waterstand Z0	B10
Figuur 102 – Evolutie in de tijd van de amplitude en fase van de M2-component (afwaartse posten)	B11
Figuur 103 – Evolutie in de tijd van de amplitude en fase van de M4-component (afwaartse posten)	B11
Figuur 104 – Evolutie in de tijd van de amplitude en fase van de M2-component (opwaartse posten)	B12
Figuur 105 – Evolutie in de tijd van de amplitude en fase van de M4-component (opwaartse posten)	B12
Figuur 106 – De SSC-turbiditeitsrelaties voor Liefkenshoek Veer, Oosterweel, Kruibeke en Weert,	B19
Figuur 107 – De SSC-turbiditeitsrelaties voor Schellebelle, Melle, Klein-Willebroek.	B20
Figuur 108 – Topo-bathymetrie 2023 Zeeschelde: OMES-segmenten 9 en 10.....	B21
Figuur 109 – Topo-bathymetrie 2023 Zeeschelde: OMES-segmenten 11 en 12.....	B22
Figuur 110 – Topo-bathymetrie 2023 Zeeschelde: OMES-segment 13.....	B22
Figuur 111 – Topo-bathymetrie 2023 Zeeschelde: OMES-segment 14.....	B23
Figuur 112 – Topo-bathymetrie 2023 Zeeschelde: OMES-segment 15.....	B23
Figuur 113 – Topo-bathymetrie 2023 Zeeschelde: OMES-segment 16.....	B24
Figuur 114 – Topo-bathymetrie 2023 Zeeschelde: OMES-segment 17.....	B24
Figuur 115 – Topo-bathymetrie 2023 Zeeschelde: OMES-segment 18.....	B25
Figuur 116 – Topo-bathymetrie 2023 Zeeschelde: OMES-segment 19.....	B25
Figuur 117 – Topo-bathymetrie 2023 OMES-segment Durme.....	B26
Figuur 118 – Verschilkaart 2022-2023 Zeeschelde: OMES-segmenten 9 en 10.....	B27
Figuur 119 – Verschilkaart 2022-2023 Zeeschelde: OMES-segmenten 11 en 12.....	B27
Figuur 120 – Verschilkaart 2022-2023 Zeeschelde: OMES-segment 13.....	B28
Figuur 121 – Verschilkaart 2022-2023 Zeeschelde: OMES-segment 14.....	B28
Figuur 122 – Verschilkaart 2022-2023 Zeeschelde: OMES-segment 15.....	B29
Figuur 123 – Verschilkaart 2022-2023 Zeeschelde: OMES-segment 16.....	B29
Figuur 124 – Verschilkaart 2022-2023 Zeeschelde: OMES-segment 17.....	B30
Figuur 125 – Verschilkaart 2022-2023 Zeeschelde: OMES-segment 18.....	B30
Figuur 126 – Verschilkaart 2022-2023 Zeeschelde: OMES-segment 19.....	B31
Figuur 127 – Verschilkaart 2022-2023 OMES-segment Durme.....	B31

Colofon

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

Lijst van afkortingen

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

1 Inleiding

In het kader van de Ontwikkelingsschets 2010 van het Schelde-estuarium (OS-2010), beantwoordend aan de doelstellingen van de Lange-Termijn-Visie 2030 (LTV-2030) (Rijkswaterstaat Directoraat-generaal & Vlaamse Gemeenschap, 2001), wordt onder de naam MONEOS (MONitoring Effecten ONtwikkeling-Schets) een uitgebreide monitoring uitgevoerd in het mondingsgebied van het Schelde-estuarium, in de Westerschelde en in het Zeescheldebekken. Daarbij handelt het deels over een continue systeem-monitoring, deels over project- en deels over onderzoeksmonitoring. Veel van de systeem-monitoring is een verderzetting van al decennia lang bestaande meetnetten en metingen, eventueel uitgebreid naar meer locaties en/of meer parameters.

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

Dit rapport geeft een globaal overzicht van de in 2023 door het Waterbouwkundig Laboratorium uitgevoerde monitoring in het Zeescheldebekken dat kadert in MONEOS. Volgende parameters komen hierbij aan bod:

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

Daarnaast is, naar aanleiding van de problematiek rond PFAS, ook een hoofdstuk gewijd aan de vrachten in de Zeeschelde van 5 belangrijke PFAS-componenten.

Door de aanvaring van de meetpaal Lillo in september 2022 die hierdoor zo zwaar beschadigd werd dat deze moest gedemonteerd worden, worden er momenteel geen hoogfrequente golfmetingen meer uitgevoerd in de Zeeschelde. Deze parameter ontbreekt dus in voorliggend jaarboek.

Aangezien de beschikbare resultaten te laat beschikbaar kwamen, bevat het jaarboek ook geen analyse van de topo-bathymetrische opname van de Zeeschelde.

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

Voorliggend rapport wil in de eerste plaats een "jaarbeeld" geven, een verzameling van figuren en tabellen die het verloop van de hydrologische en fysische parameters bemeten en gevalideerd door het WL duidelijk weergeeft. Dit rapport bevat de weergave en rapportering van de resultaten voor 2023. Voor een overzicht van de MONEOS meetlocaties anno 2023 wordt verwezen naar Bijlage A: Meetlocaties MONEOS 2023. Voor de algemene achtergrond en methodologie met betrekking tot de monitoring in het Zeescheldebekken wordt verwezen naar Taverniers *et al.* (2013).

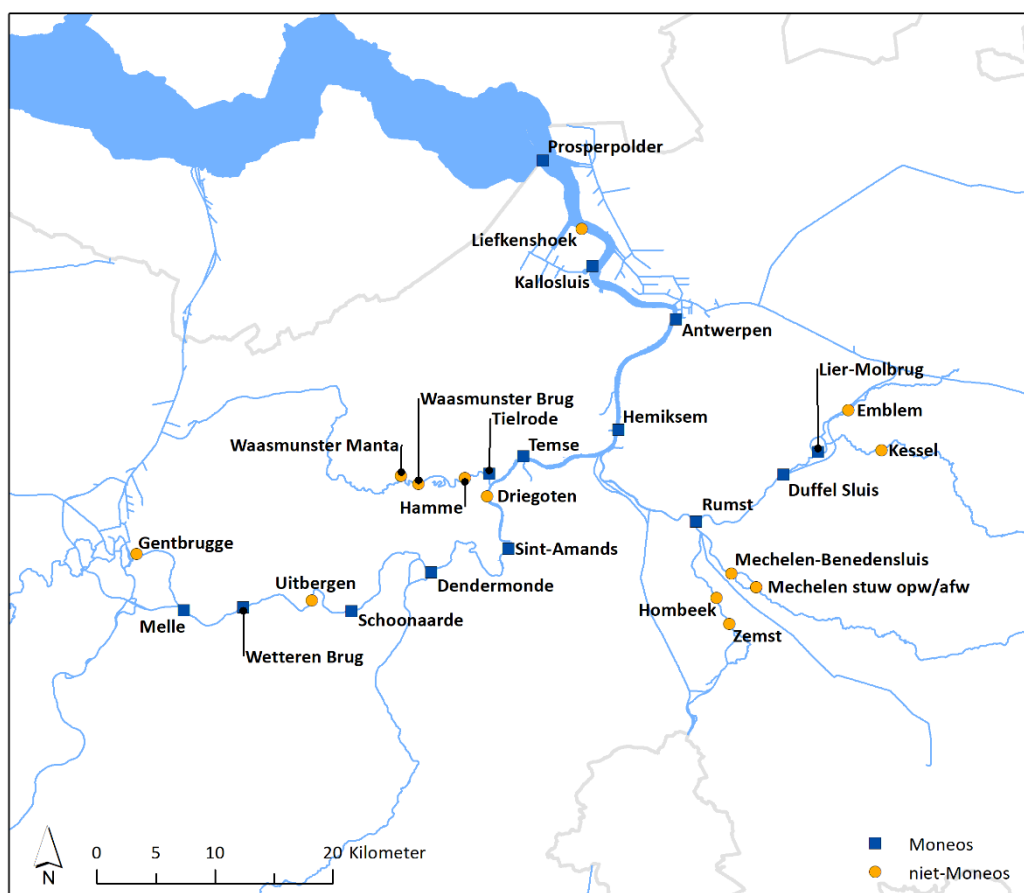
2 Jaaroverzicht getijwaarnemingen

Langsheen het Schelde-estuarium worden op verschillende locaties de waterstanden continu gemeten door het Waterbouwkundig Laboratorium (Zeeschelde en bijrivieren) en Rijkswaterstaat (Westerschelde). Deze metingen laten toe de belangrijkste getijparameters te bepalen. In dit hoofdstuk worden eerst de getijparameters van 2023 voor de belangrijkste meetlocaties in het Vlaamse deel van het estuarium gepresenteerd, en vervolgens wordt de langere termijn ontwikkeling voor de referentiepost “Antwerpen-Loodsgebouw” getoond.

In februari 2023 is er op een aantal locaties een bijstelling uitgevoerd o.b.v. de resultaten van een nieuwe en nauwkeurigere hoogtemeting van het referentiepunt voor de ijkingsmetingen. Voor uitgebreidere info omtrent deze ingrepen wordt er verwezen naar Vereecken *et al.* (2023). Deze bijstelling is ook toegepast op de metingen van januari en februari 2023.

2.1 Getijwaarnemingen

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



Figuur 1 – Tijmeetposten in het beheer van het Waterbouwkundig Laboratorium in 2023.

Tabel 1 geeft de getijparameters voor het jaar 2023 weer voor de meetlocaties in de Zeeschelde. Volgende getijparameters worden gerapporteerd:

- gemiddeld hoogwater (GHW)
- gemiddeld laagwater (GLW)
- gemiddeld tijverschil (GTV)
- gemiddeld halftijhoogte (GHT)
- duur van de stijging
- duur van de daling
- tijdsverschil t.o.v. Antwerpen voor hoogwater
- tijdsverschil t.o.v. Antwerpen voor laagwater

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

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

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

Figuur 2, Figuur 3 en Figuur 4 geven enkele waarden uit Tabel 1 weer. Figuur 2 geeft het GHW en GLW weer in functie van de afstand tot de monding. Het GHW neemt toe van Prosperpolder (5,20 mTAW) tot Sint-Amands (5,54 mTAW) en neemt daarna af tot in Wetteren (5,08 mTAW), om in Melle terug licht te stijgen (5,15 mTAW). Het GLW blijft van Prosperpolder (0,25 mTAW) tot Temse (0,20 mTAW) min of meer hetzelfde waardoor het tijverschil het grootst is in St.-Amands en Temse (Figuur 3), waar het 5,28 m bedraagt bij middeltij. Vanaf Temse neemt vervolgens het tijverschil af stroomopwaarts. Daarnaast is het GLW bij springtij vanaf Dendermonde en verder stroomopwaarts hoger dan bij middel- en doottij. Stroomafwaarts van Dendermonde is het GLW het laagst bij springtij. Het GHW daarentegen blijft hoger bij springtij en lager bij doottij over de volledige Zeeschelde. Samen resulteert dit in een tijverschil bij springtij dat hoger blijft dan het tijverschil bij middel- en doottij, maar het verschil wordt wel kleiner stroomopwaarts (Figuur 3).

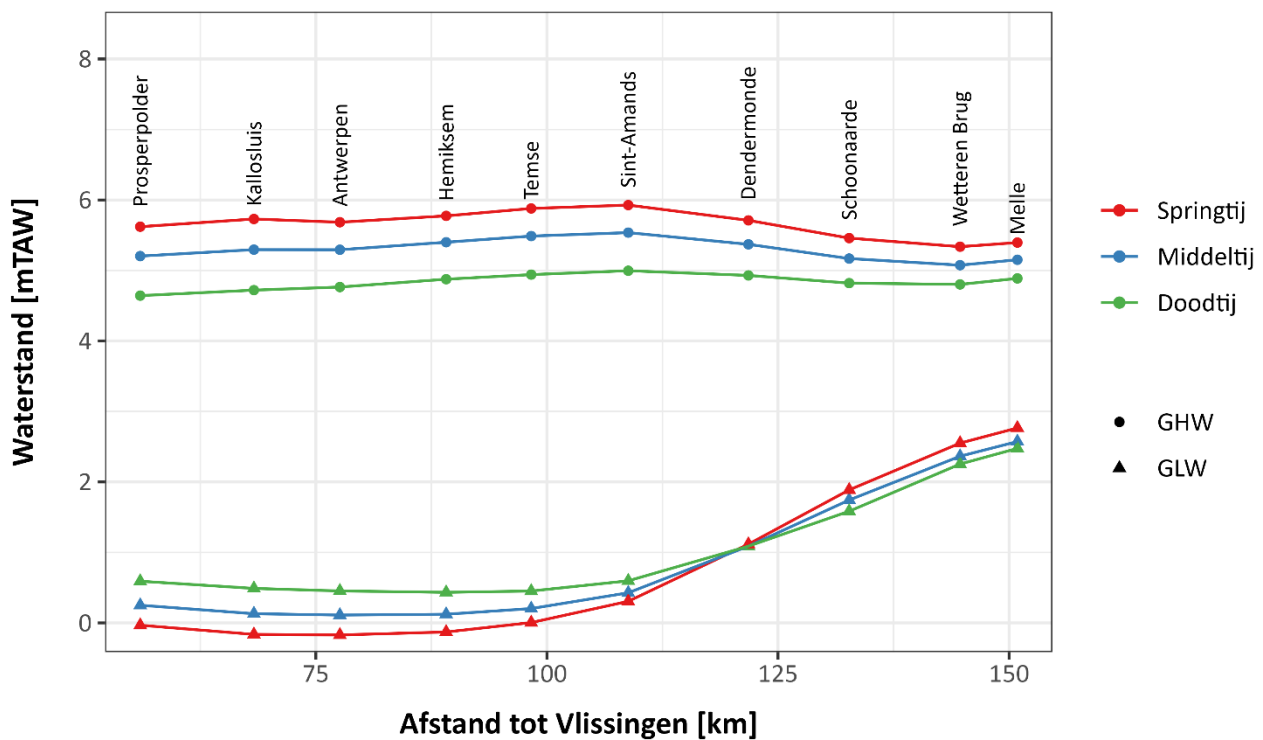
Uit Figuur 4 blijkt dat, hoe meer opwaarts, hoe korter de duur van stijging (van LW naar HW) en hoe langer de duur van daling (van HW naar LW) of hoe meer opwaarts, hoe asymmetrischer de getijkromme. De springtij-doodtijcyclus heeft een belangrijke invloed op de stijgings- en dalingsduur, waarbij de duur van de stijging bij springtij korter is dan bij doottij. In Antwerpen-Loodsgebouw loopt dit verschil op tot 55 minuten, terwijl dit in Dendermonde nog ca. 30 minuten bedraagt.

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

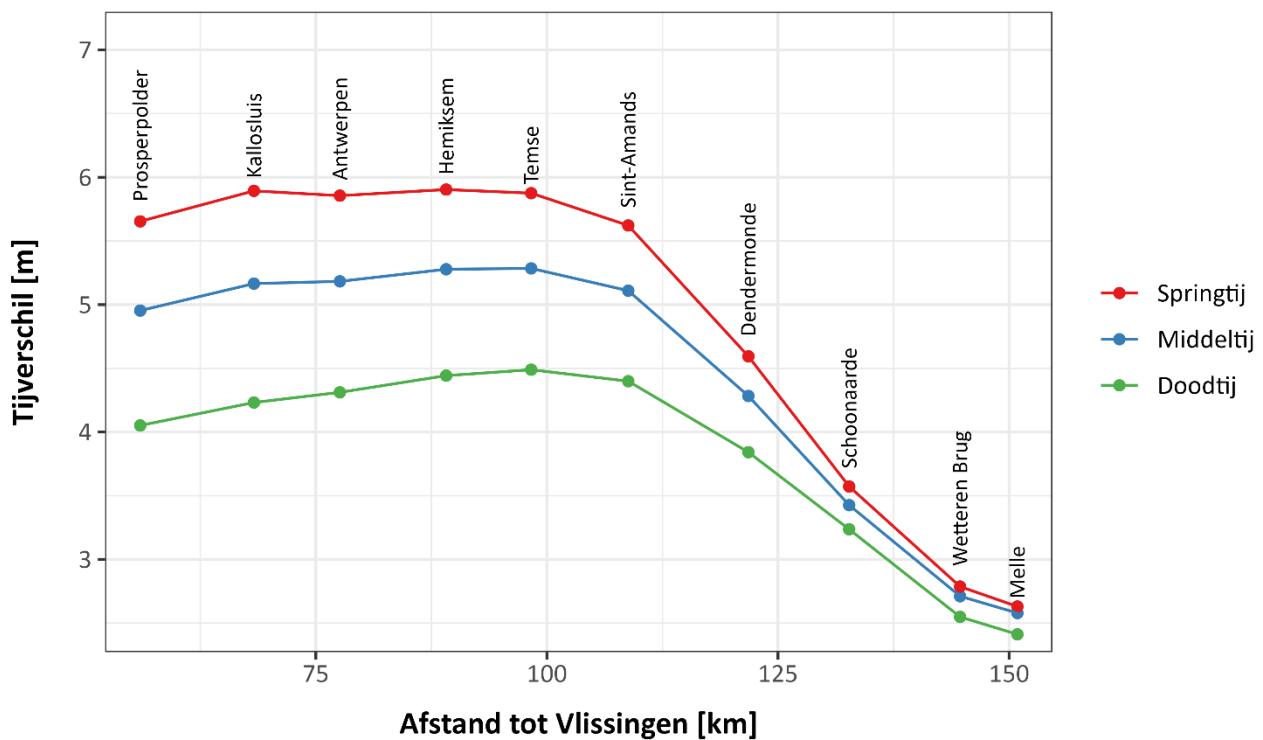
Figuur 5 geeft hetzelfde patroon weer als het stroomopwaartse gedeelte van Figuur 2 voor het GLW, namelijk: hoe verder stroomopwaarts, hoe hoger het GLW. De impact op het GHW is hier beperkt tot een lichte afname van het waterpeil ter hoogte van Lier Molbrug. Figuur 6 toont het bijbehorend gemiddeld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

Tabel 1 – Zeeschelde: overzicht per locatie van de getijkarakteristieken voor het jaar 2023, gerangschikt van afwaarts naar opwaarts. Waterstanden worden weergegeven in mTAW, getijverschil in m, en tijdsgerelateerde waarden in uur: minuten.

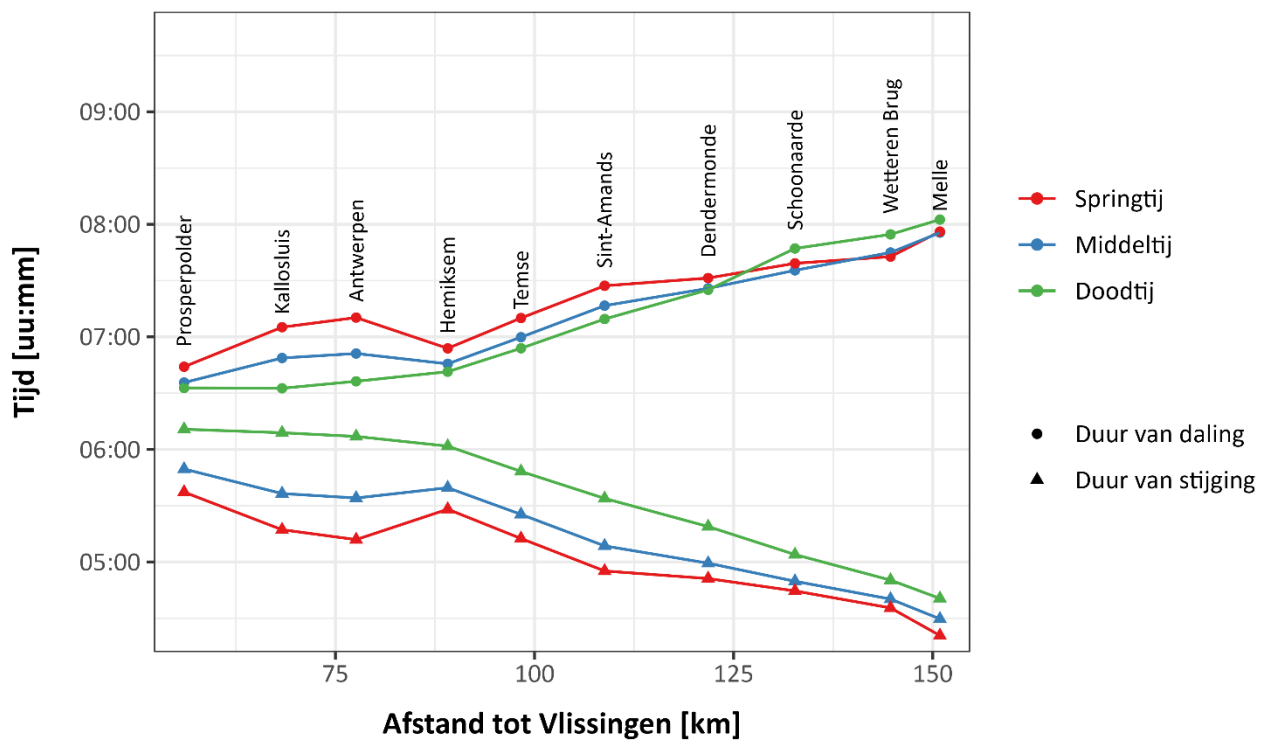
2023			Prosperpolder	Kallosluis	Antwerpen- Loodsgebouw	Hemiksem	Temse	Sint-Amands	Dendermonde	Schoonaarde	Wetteren Brug	Melle
afstand tot Vlissingen (km)			56,0	68,3	77,6	89,1	98,3	108,8	121,8	132,7	144,7	150,9
middeltij		GHW	5,20	5,30	5,29	5,40	5,49	5,54	5,37	5,17	5,08	5,15
		GLW	0,25	0,13	0,11	0,12	0,20	0,43	1,09	1,74	2,36	2,57
		GTV	4,95	5,17	5,18	5,28	5,28	5,11	4,28	3,43	2,71	2,58
		GHT	2,73	2,71	2,70	2,76	2,85	2,98	3,23	3,46	3,72	3,86
		duur stijging	5:50	5:36	5:34	5:40	5:25	5:09	4:59	4:50	4:40	4:30
		duur daling	6:36	6:49	6:51	6:46	7:00	7:17	7:26	7:35	7:45	7:56
	tijdsverschil t.o.v. Antwerpen	HW	-00:20	-00:16	0:00	0:32	0:47	1:04	1:38	2:11	2:56	3:16
		LW	-00:35	-00:18	0:00	0:27	0:56	1:30	2:13	2:56	3:50	4:20
springtij		GHW	5,62	5,73	5,68	5,77	5,88	5,93	5,71	5,46	5,34	5,40
		GLW	-0,03	-0,16	-0,17	-0,13	0,00	0,31	1,12	1,89	2,55	2,77
		GTV	5,65	5,89	5,86	5,90	5,88	5,62	4,59	3,57	2,79	2,63
		GHT	2,79	2,78	2,76	2,82	2,94	3,12	3,41	3,67	3,94	4,08
		duur stijging	5:37	5:17	5:12	5:28	5:13	4:55	4:51	4:45	4:36	4:21
		duur daling	6:44	7:05	7:10	6:54	7:10	7:27	7:31	7:39	7:43	7:56
	tijdsverschil t.o.v. Antwerpen	HW	-00:13	-00:14	0:00	0:43	0:56	1:13	1:50	2:24	3:08	3:28
		LW	-00:39	-00:19	0:00	0:27	0:56	1:30	2:11	2:51	3:44	4:19
doodtij		GHW	4,64	4,72	4,76	4,88	4,94	5,00	4,93	4,82	4,80	4,89
		GLW	0,59	0,49	0,45	0,43	0,45	0,60	1,09	1,58	2,25	2,48
		GTV	4,05	4,23	4,31	4,44	4,49	4,40	3,84	3,24	2,55	2,41
		GHT	2,62	2,60	2,61	2,65	2,70	2,80	3,01	3,20	3,53	3,68
		duur stijging	6:11	6:09	6:07	6:02	5:48	5:34	5:19	5:04	4:50	4:41
		duur daling	6:33	6:33	6:36	6:41	6:54	7:10	7:25	7:47	7:55	8:03
	tijdsverschil t.o.v. Antwerpen	HW	-00:26	-00:14	0:00	0:21	0:37	0:55	1:26	1:58	2:40	2:59
		LW	-00:30	-00:17	0:00	0:26	0:55	1:28	2:15	3:02	3:57	4:26
uiterste waarden		HHW	6,62	6,65	6,71	6,79	6,81	6,83	6,69	6,42	6,44	6,49
		LHW	3,82	3,90	3,95	4,07	4,11	4,18	4,12	4,09	4,00	4,07
	99e percentiel	HW	6,07	6,17	6,12	6,22	6,31	6,34	6,25	6,20	6,20	6,24
		HLW	2,04	1,96	1,92	1,88	1,89	2,02	2,66	3,39	4,78	5,49
	1e percentiel	LLW	-0,62	-0,76	-0,77	-0,70	-0,52	-0,18	0,50	0,98	1,36	1,44
		LW	-0,51	-0,66	-0,67	-0,62	-0,46	-0,11	0,55	1,11	1,49	1,53



Figuur 2 – Zeeschelde: gemiddeld hoogwater (GHW) en gemiddeld laagwater (GLW) bij middeltij, springtij en doodtij in 2023 t.o.v. de afstand in km tot de monding te Vlissingen



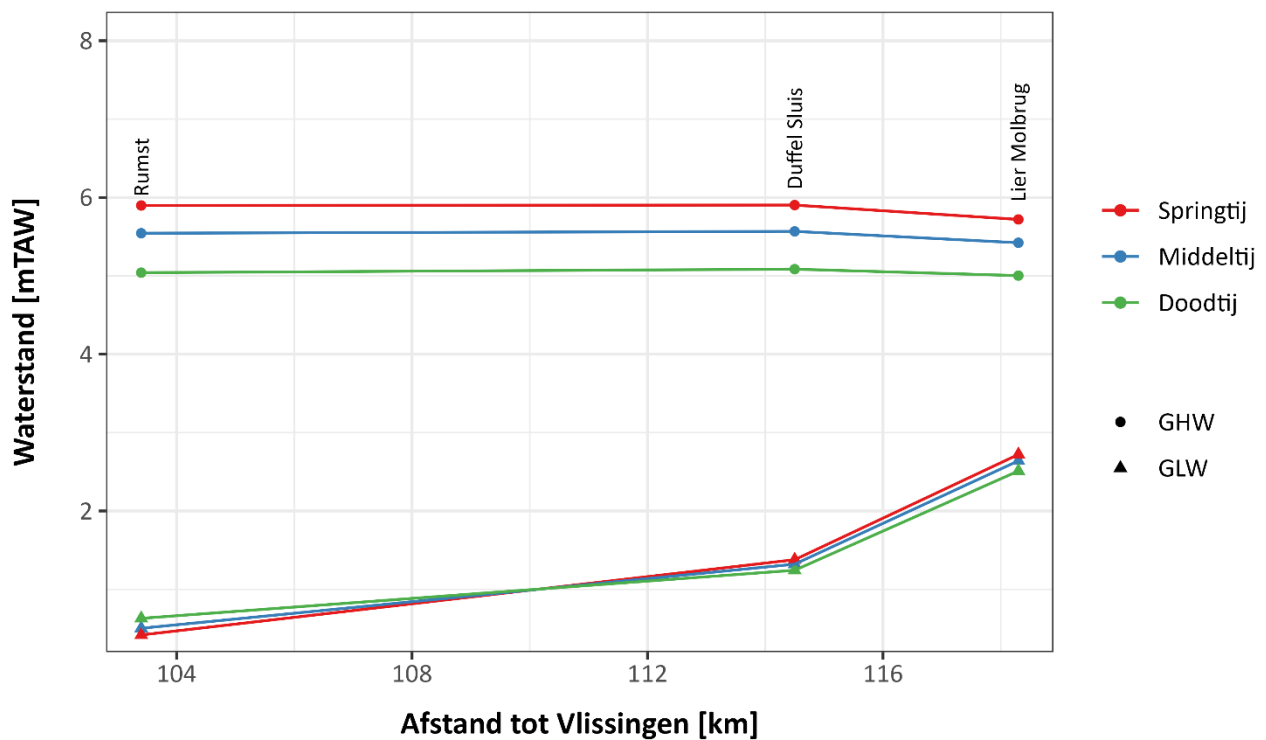
Figuur 3 – Zeeschelde: gemiddeld tijverschil (GTV) bij middeltij, springtij en doodtij in 2023 t.o.v. de afstand in km tot de monding te Vlissingen.



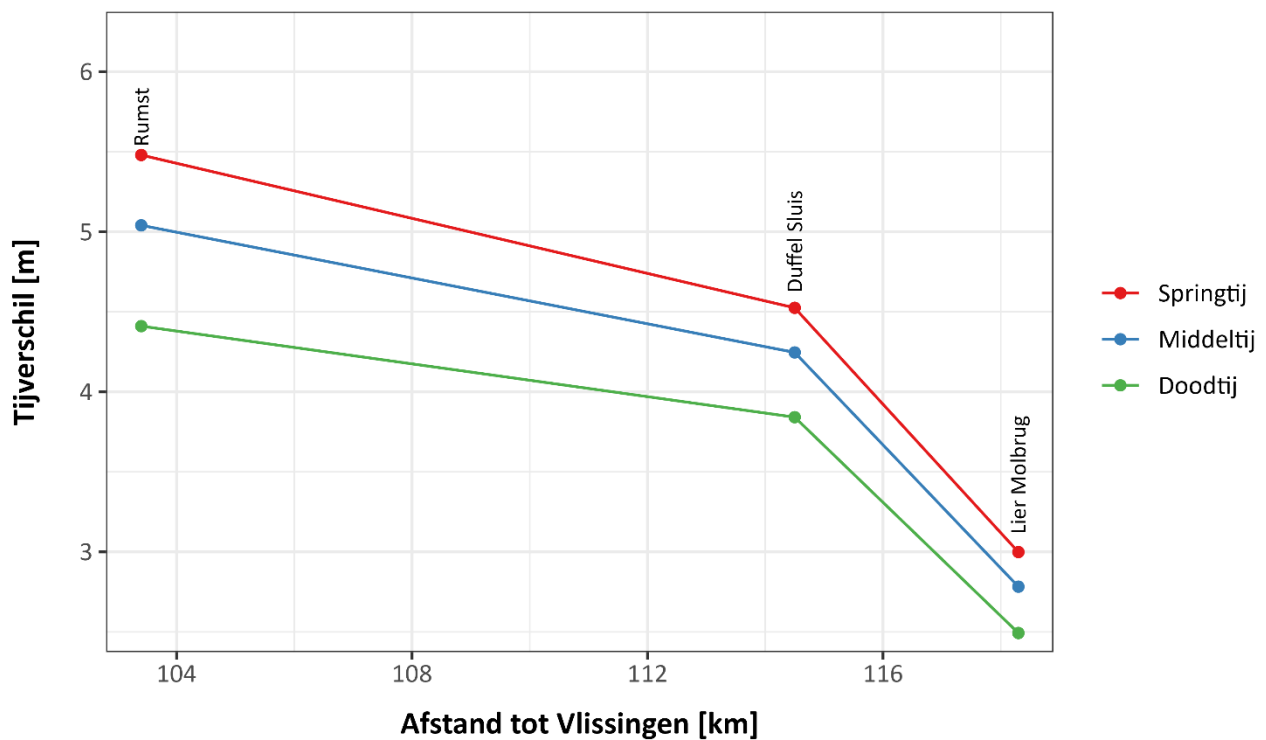
Figuur 4 – Zeeschelde: gemiddelde duur van stijging en daling bij middeltij, springtij en doortij in 2023 t.o.v. de afstand in km tot de monding te Vlissingen.

Tabel 2 – Beneden-Nete en Durme:
Overzicht per locatie van de hoofdkenmerkende tijwaarden in 2023.

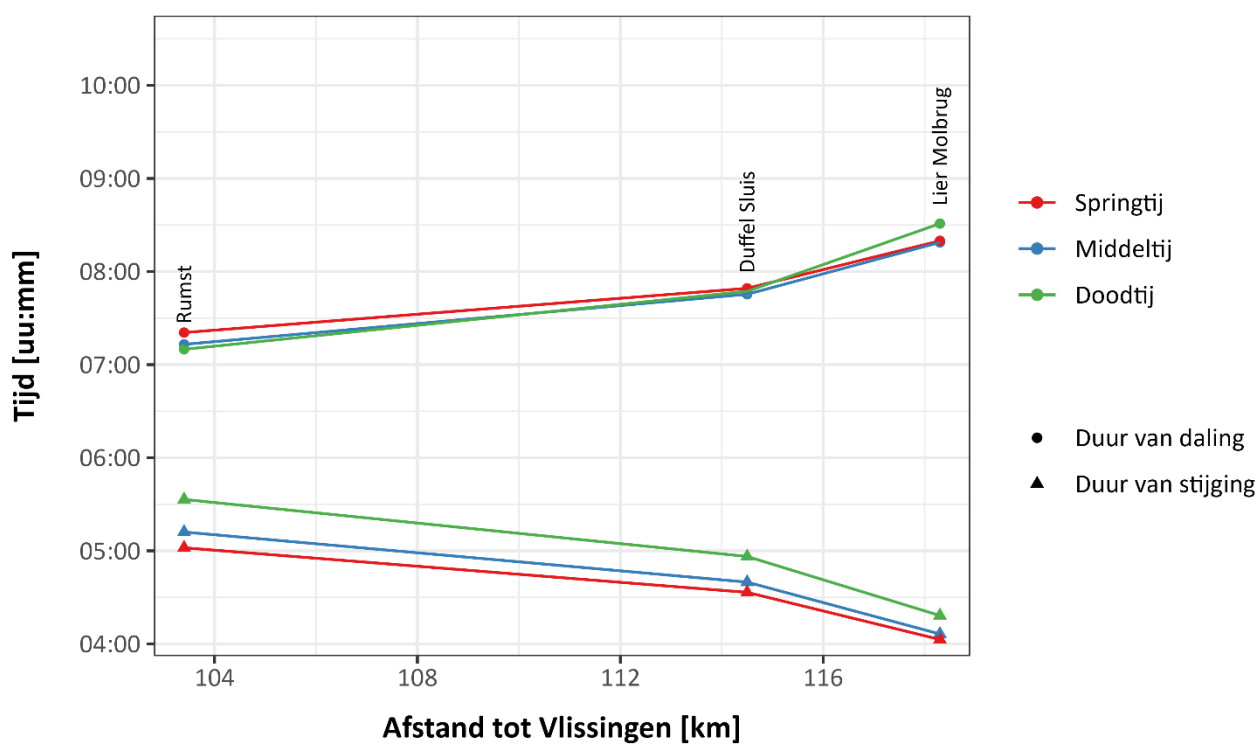
2023			Tielrode	Rumst	Duffel Sluis	Lier-Molbrug
afstand tot Vlissingen (km)			103,1	103,4	114,5	118,3
middeltij		GHW	5,58	5,54	5,57	5,42
		GLW	0,26	0,50	1,32	2,64
		GTV	5,31	5,04	4,25	2,78
		GHT	2,92	3,02	3,44	4,03
		duur stijging	5:17	5:12	4:40	4:06
		duur daling	7:08	7:13	7:45	8:19
	tijdsverschil t.o.v. Antwerpen	HW	0:52	1:03	1:25	1:44
		LW	1:09	1:25	2:19	3:11
springtij		GHW	5,98	5,90	5,90	5,72
		GLW	0,08	0,42	1,38	2,72
		GTV	5,90	5,48	4,52	3,00
		GHT	3,03	3,16	3,64	4,22
		duur van stijging	5:03	5:02	4:33	4:03
		duur daling	7:20	7:21	7:49	8:20
	tijdsverschil t.o.v. Antwerpen	HW	1:01	1:16	1:38	1:57
		LW	1:11	1:26	2:16	3:07
doodtij		GHW	5,02	5,04	5,09	5,00
		GLW	0,49	0,63	1,24	2,51
		GTV	4,52	4,41	3,84	2,49
		GHT	2,76	2,84	3,16	3,76
		duur stijging	5:44	5:33	4:56	4:18
		duur daling	6:58	7:10	7:47	8:31
	tijdsverschil t.o.v. Antwerpen	HW	0:45	0:49	1:11	1:28
		LW	1:07	1:23	2:22	3:19
uiterste waarden		HHW	6,89	6,87	6,86	6,75
		LHW	4,18	4,22	4,26	4,21
	99e percentiel	HW	6,41	6,34	6,34	6,25
		HLW	1,92	2,11	2,70	3,76
		LLW	-0,39	-0,10	0,67	1,81
	1e percentiel	LW	-0,32	-0,03	0,76	1,95



Figuur 5 – Gemiddeld hoogwater (GHW) en gemiddeld laagwater (GLW) bij middeltij, springtij en doottij in 2023 voor de Beneden-Nete.



Figuur 6 – Gemiddeld tijverschil (GTV) bij middeltij, springtij en doottij in 2023 voor de Beneden-Nete.



Figuur 7 – Duur van stijging en daling bij middeltij, springtij en doodtij in 2023 voor de Beneden-Nete.

2.2 Getijwaarnemingen in Antwerpen

2.2.1 Jaaroverzicht

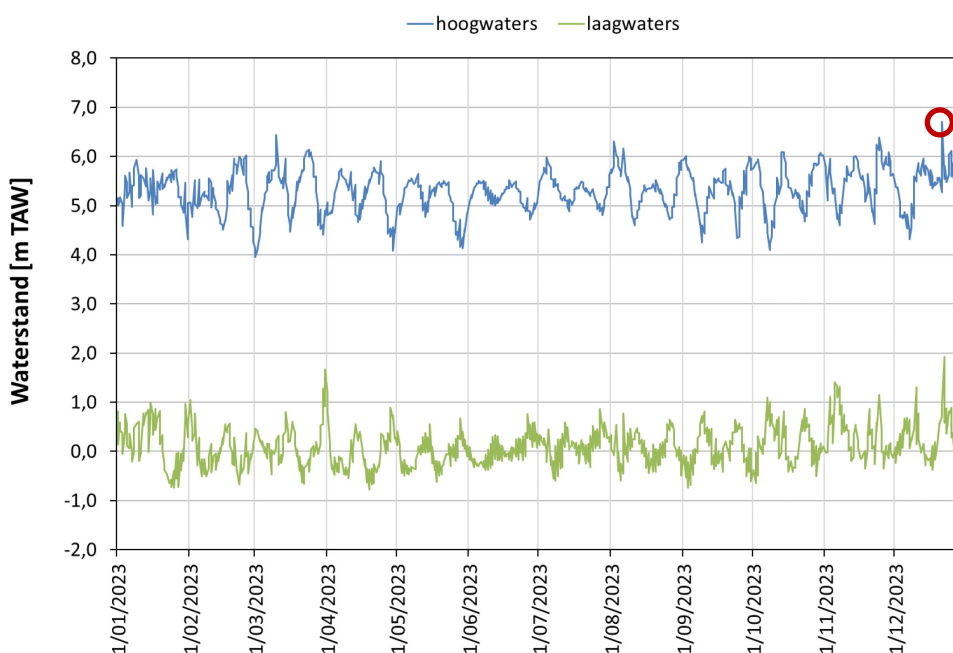
Al meer dan honderddertig jaar (1888 – 2023) registreert men in Antwerpen, ter hoogte van het Loodsgebouw, de waterstand. Door deze lange registratieperiode en gezien het representatieve karakter van deze meetpost worden deze data als maatstaf van het getij in het Zeescheldebekken gebruikt.

Figuur 8 toont het jaarverloop in 2023 voor hoog- en voor laagwaters voor de meetpost Antwerpen-Loodsgebouw. Op 21 december (+6,71 mTAW) werd het stormtijpeil (+6,60 mTAW) overschreden (§2.3).

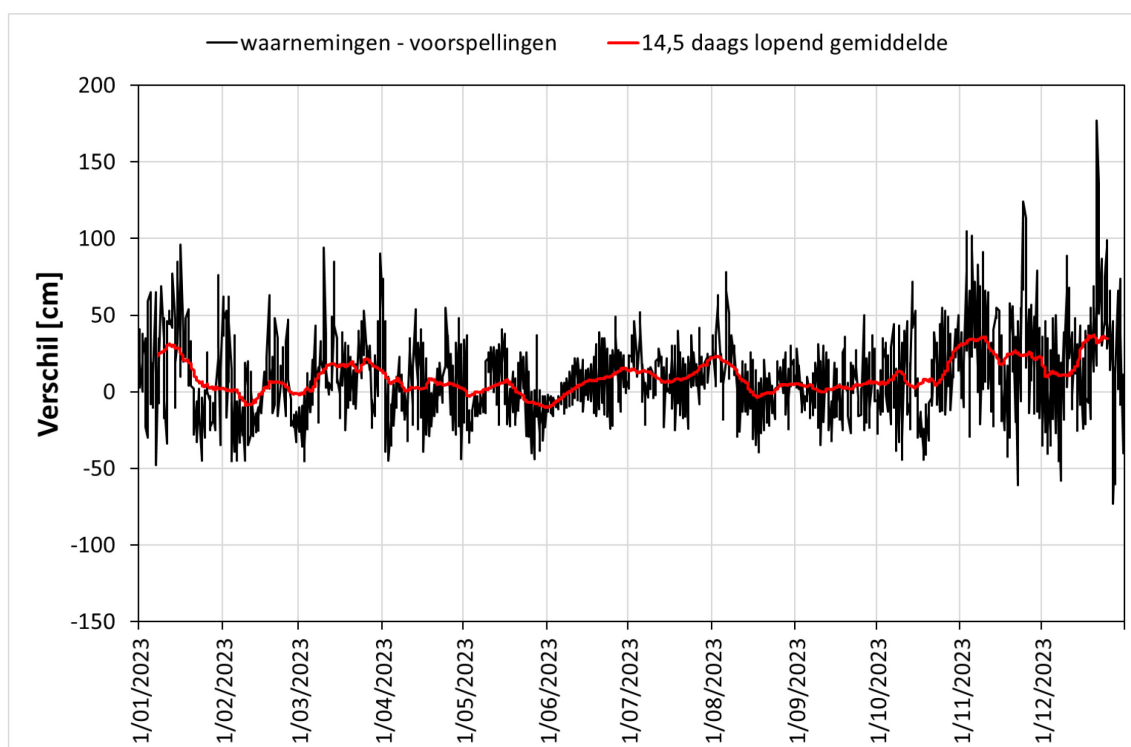
De tweewekelijkse springtij-doodtijcyclus is duidelijk waarneembaar in de metingen (Figuur 8). Echter, de waarnemingen kunnen in beperkte of grotere mate afwijken van het astronomische verloop (Figuur 9). Dit komt door de invloed van meteorologische omstandigheden. In het afwaartse deel van het estuarium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

Gedurende het jaar 2023 was, gemiddeld gezien, de waargenomen waterstand 10 cm hoger dan de astronomisch voorspelde waterstand (Afdeling Kust & Waterbouwkundig Laboratorium, 2023). Dit komt ook tot uiting in de gemiddelde waterstand Z0 (Bijlage C: Harmonische componenten), die eveneens hoger ligt dan in de voorgaande jaren.

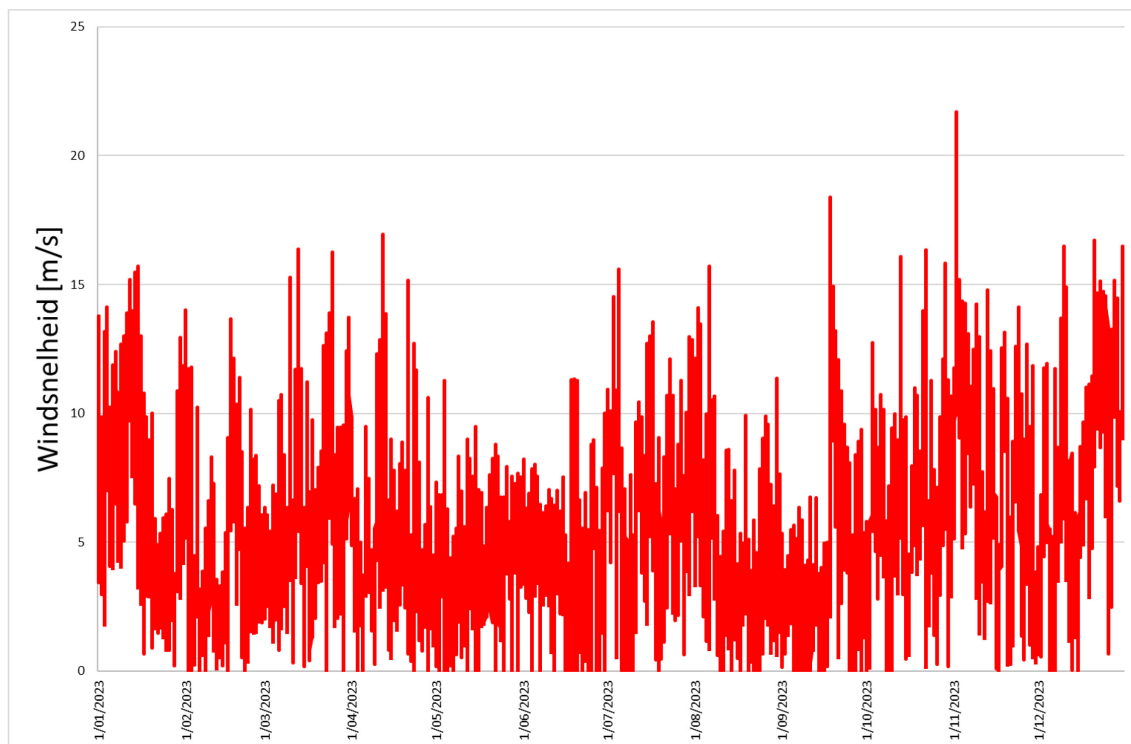
De gemiddelde absolute waarde van het verschil tussen waargenomen en astronomisch voorspelde waterstand in 2023 bedraagt 22 cm. Tijdens de zomermaanden (april - september) is het verschil tussen het opgetreden en astronomisch voorspeld getij gemiddeld zo'n 16 cm, met 95% van alle verschillen liggend tussen +/- 37 cm en met een maximum verschil van 78 cm. Tijdens de wintermaanden (oktober - maart) wordt er een grotere variabiliteit aan verschillen tussen effectief waargenomen getij en astronomisch voorspeld getij vastgesteld. Gemiddeld bedraagt de absolute waarde van het verschil zo'n 28 cm, daarbij vallen 95% van alle verschillen tussen +/- 75 cm, met een maximum verschil van 177 cm. De grotere variabiliteit in de wintermaanden kan toegeschreven worden aan het frequenter voorkomen van (aanzienlijke) opwaaiingen en afwaaiingen in deze periode (Figuur 10).



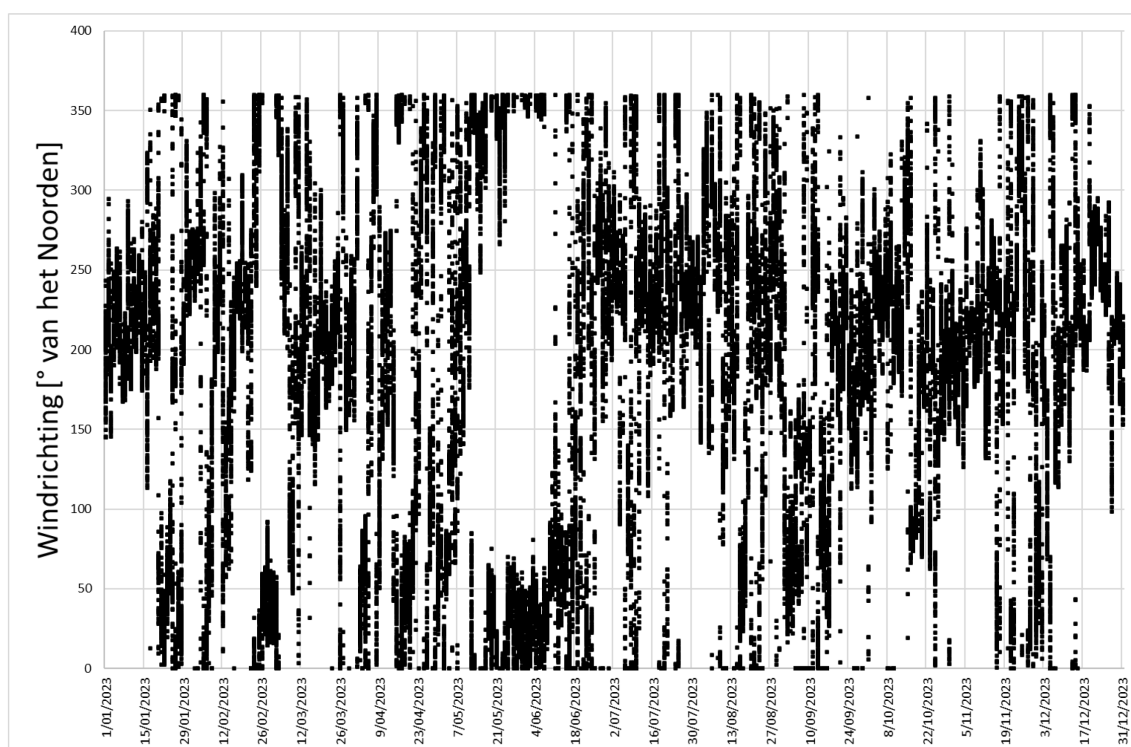
Figuur 8 – Beneden-Zeeschelde in Antwerpen: jaarverloop van het tij (HW en LW) gedurende het jaar 2023, met aanduiding van het stormtij.



Figuur 9 – Verschil tussen waargenomen en astronomisch voorspelde HWs en LWs in Antwerpen voor het jaar 2023.



Figuur 10 – Windsnelheid (m/s) opgemeten te Hansweert in 2023 (Bron: Rijkswaterstaat).



Figuur 11 – Windrichting (t.o.v. noorden) opgemeten te Hansweert in 2023 (Bron: Rijkswaterstaat).

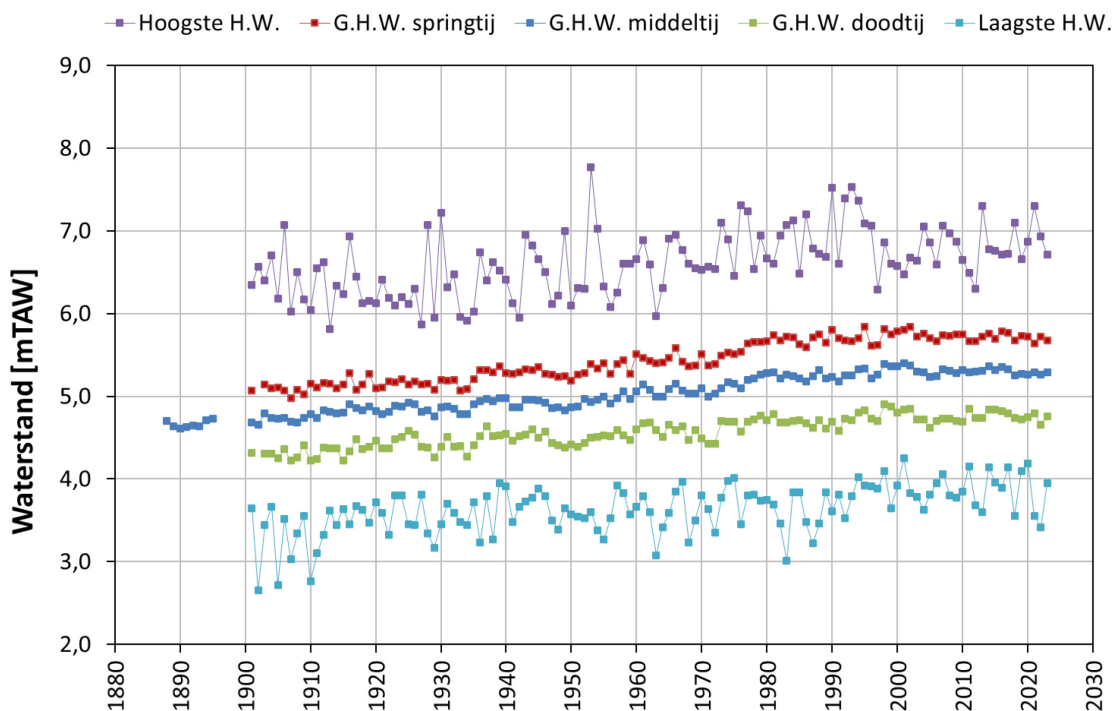
2.2.2 Het jaar 2023 in historisch perspectief

Naast dit soort jaaroverzichten, is het interessant om een aantal kengetallen van het voorbije jaar weer te geven met enkele referentiegetallen ter vergelijking. Tabel 3 toont een overzicht van de getijparameters voor de tijpost Antwerpen-Loodsgebouw in 2023, inclusief een vergelijking met de voorgaande decennia.

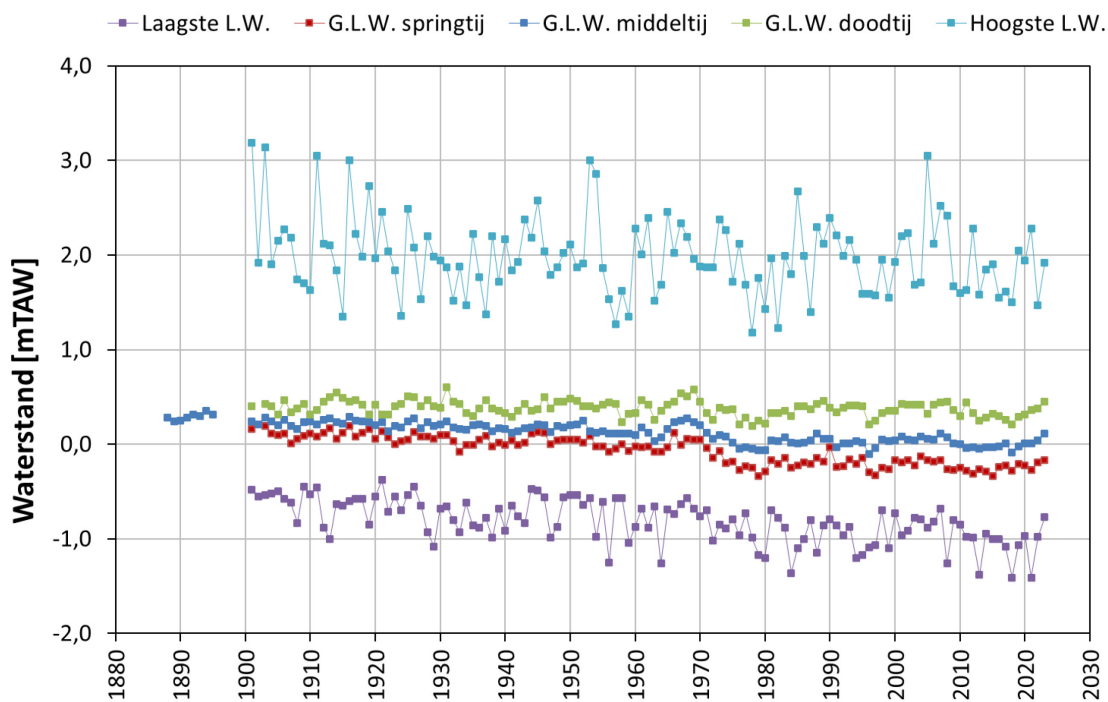
Het jaar 2023 valt op door de hoge gemiddelde laagwaterstand bij zowel middel-, spring- als doottij. Bij middeltij neemt het jaargemiddelde laagwater (0,11 mTAW) met ruim 7 cm toe t.o.v. 2022. In vergelijking met het gemiddelde van het voorbije decennium is het een toename van 14 cm (Tabel 3 & Figuur 13). Het jaargemiddelde hoogwater ligt wel in lijn met de voorgaande jaren en decennia (Tabel 3 & Figuur 12). Door de toenemende laagwaterstand, neemt ook het tijverschil verder af (Tabel 3 & Figuur 14). Dit is enerzijds wel te verwachten aangezien we ons in een afnemende fase van de 18,6-jarige cyclus bevinden (maximum in 2016) en er dus een tendens is van dalende hoogwaterstanden en stijgende laagwaterstanden. Anderzijds, is de jaargemiddelde waterstand van 2023 in Antwerpen (maar ook doorheen het hele estuarium) opmerkelijk hoger. Mogelijks kan dit verklaard worden door de het zeer natte jaar en de bijbehorende hoge bovenafvoer (§3.3).

Tabel 3 – Getijparameters te Antwerpen-Loodsgebouw: het jaar 2023 in historisch perspectief;
(waterstanden in mTAW, tijverschillen in meter).

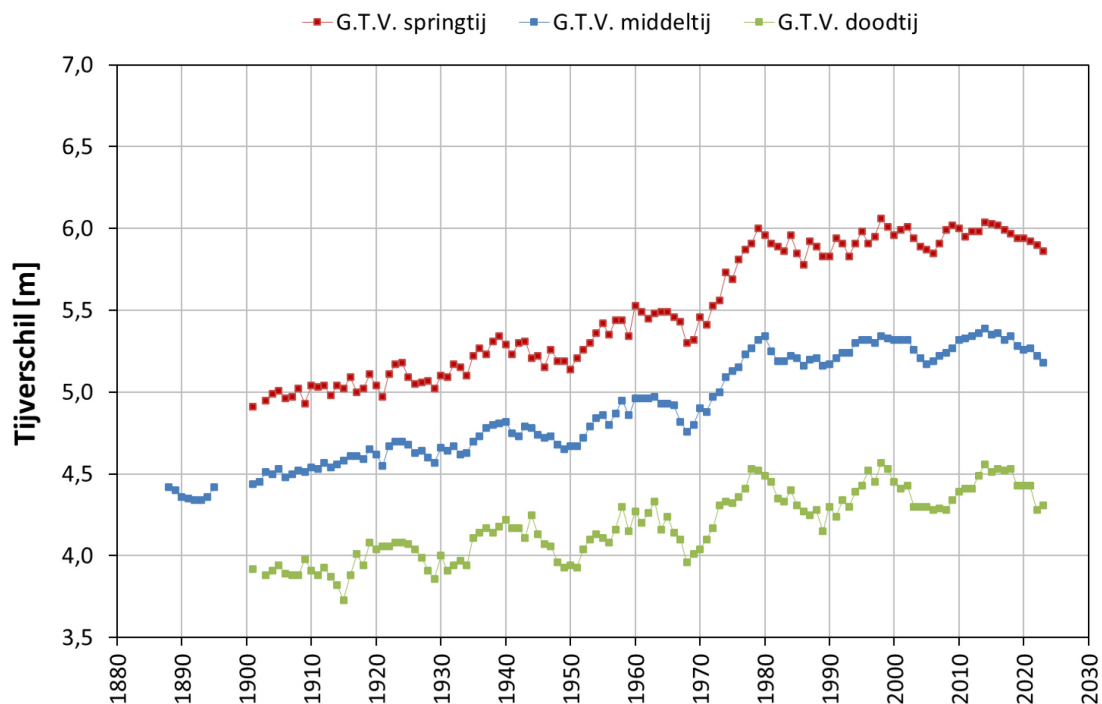
		1971 - 1980	1981 – 1990	1991 - 2000	2001 - 2010	2011 - 2020	2023
Middeltij	GHW	5,15	5,24	5,29	5,30	5,30	5,29
	GLW	0,01	0,05	0,00	0,05	-0,03	0,11
	GTV	5,14	5,19	5,29	5,25	5,33	5,18
	Duur van de stijging	05:18	05:22	05:25	05:31	05:30	5:34
	Duur van de daling	07:07	07:03	07:01	06:54	06:56	6:51
Springtij	GHW	5,55	5,70	5,72	5,75	5,72	5,68
	GLW	-0,20	-0,17	-0,23	-0,19	-0,26	-0,17
	GTV	5,75	5,87	5,95	5,94	5,98	5,86
	Duur van de stijging	04:45	05:00	05:01	05:08	5:06	5:12
	Duur van de daling	07:25	07:20	07:18	07:12	7:13	7:10
Doodtij	GHW	4,64	4,69	4,77	4,73	4,78	4,76
	GLW	0,29	0,38	0,34	0,40	0,30	0,45
	GTV	4,35	4,31	4,43	4,33	4,48	4,31
	Duur van de stijging	05:47	05:54	05:55	06:05	6:00	6:07
	Duur van de daling	06:53	06:48	06:44	06:39	6:41	6:36
uiterste waarden	HHW	7,31	7,52	7,53	7,08	7,3	6,71
	99 ^{ste} percentiel	6,04	6,16	6,18	6,35	6,20	6,12
	LHW	3,35	3,01	3,53	3,63	3,55	3,95
	HLW	2,38	2,67	2,21	3,05	2,28	1,92
	1 ^{ste} percentiel	-0,61	-0,63	-0,65	-0,66	-0,76	-0,77
	LLW	-1,20	-1,36	-1,20	-1,24	-1,41	-0,67



Figuur 12 – Antwerpen-Loodsgebouw: langjarige tij-evolutie (1888-2023) van jaargemiddeld hoogwater middeltij, springtij en doottij, aangevuld met de jaarlijks hoogste en de jaarlijks laagste hoogwaterstanden.



Figuur 13 – Antwerpen-Loodsgebouw: langjarige tij-evolutie (1888-2023) van jaargemiddeld laagwater middeltij, springtij en doottij, aangevuld met de jaarlijks hoogste en de jaarlijks laagste laagwaterstanden.



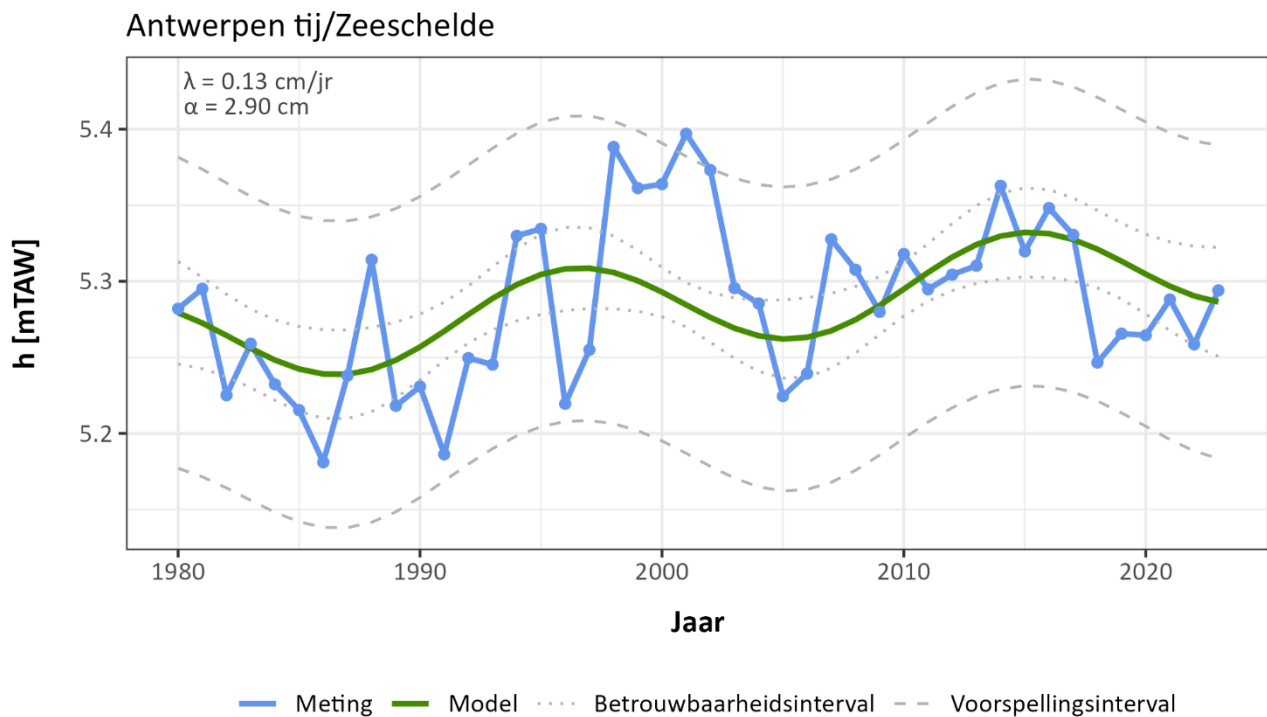
Figuur 14 – Antwerpen-Loodsgebouw: langjarige tij-evolutie (1888-2023) van jaargemiddeld tijverschil middeltij, springtij en doodtij.

In het kader van Moneos-T (Schrijver & Plancke, 2008) en de T-rapporteringen (Depreiter *et al.*, 2014; Barneveld *et al.*, 2018 & Gensen *et al.*, 2023) en Agenda voor de Toekomst (Vandenbruwaene *et al.*, 2020) is specifiek gekeken naar trends in de langjarige evolutie van hoog- en laagwaters. Figuur 15 en Figuur 16 geven deze respectievelijke trends weer voor Antwerpen (berekend over de periode 1980-2022). Bijlage B: Evoluties HW en LW toont bijkomend de evoluties bij Prosperpolder, Temse, Dendermonde en Wetteren.

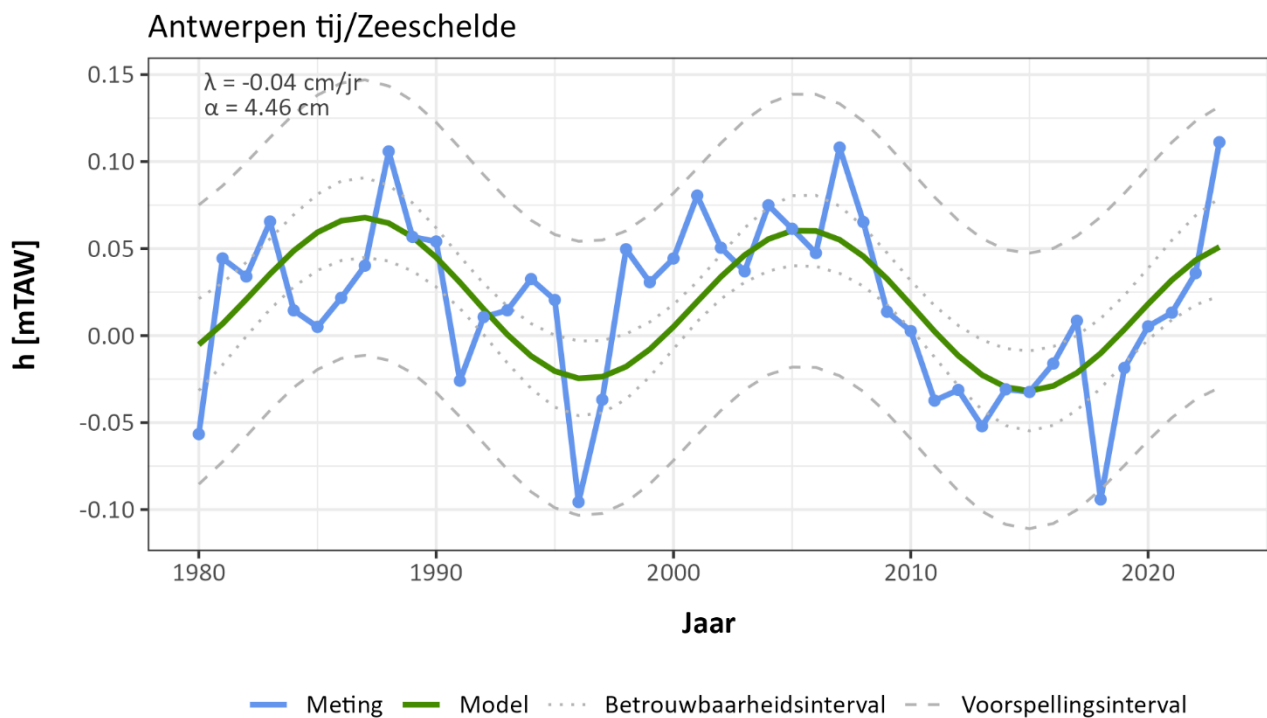
Het jaargemiddelde hoogwater (GHW) in Antwerpen ligt quasi op de trendlijn. Het is, met andere woorden, de hoogwaterstand die men verwacht o.b.v. de GHW sinds 1980. Zoals eerder al aangekaart valt ook hier de jaargemiddelde laagwaterstand op die ruim hoger is dan men o.b.v. de trendanalyse verwacht (95% confidentieinterval). De GLW blijft echter binnen het 95%-voorspellingsinterval die rekening houdt met de variabiliteit van de GLW.

Over de periode 1980-2023 bedraagt de stijging in jaargemiddeld hoogwater ten gevolge zeespiegelstijging 0,13 cm/jaar. Dat is 0,01 cm/jaar hoger dan in 2022 (analyse 1980-2022). De trend voor laagwater is -0,04 cm/jaar (+0,02 cm/jaar t.o.v. 2022).

Er is gekozen om de trend te bepalen vanaf 1980 omwille van de trendbreuken in de jaren '70. Bovendien vallen deze trends niet in elk station op hetzelfde moment. Voor meer informatie omtrent trendbepalingen en resultaten van overige meetlocaties wordt verwezen naar Bijlage B: Evoluties HW en LW. Wanneer je de GLW van de andere stations bekijkt, valt het op dat de GLW systematisch aan de hoge kant ligt. In Prosperpolder valt die buiten het 95% voorspellingsinterval. Voor de evolutie van de harmonische componenten wordt verwezen naar Bijlage C: Harmonische componenten.



Figuur 15 – Trend jaargemiddeld hoogwater te Antwerpen-Loodsgebouw bepaald over de periode 1980-2023.



Figuur 16 – Trend jaargemiddeld laagwater te Antwerpen-Loodsgebouw bepaald over de periode 1980-2023.

2.3 Stormvloeden

Met de term ‘stormvloeden’ in het Zeescheldebekken bedoelt men een hoogwatergolf die de Schelde binnendringt en zich voortplant, met een hoogwaterstand te Antwerpen-Loodsgebouw hoger dan +6,60 mTAW.

Men spreekt van ‘stormtij’ (ook wel ‘stormvloed’) wanneer een hoogwater meer dan +6,60 mTAW en lager dan +7,00 mTAW bedraagt. Vanaf een hoogwater hoger dan +7,00 mTAW spreekt men van een ‘gevaarlijk stormtij’ (ook wel ‘buitengewone stormvloed’).

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

Dit deed zich in 2023 slechts een enkele keer voor. Op 21 december 2023 zorgde storm Pia, ondanks een doortij-periode, voor een stormtij. In Antwerpen is er een waterstand van +6,71 mTAW bereikt. Voor bijkomende info over dit stormtij wordt er verwezen naar de Scheldeflits 2023 – 01 (Hydrologisch Informatiecentrum, 2023).

Een overzicht van hoogwaterstanden boven +6,60 mTAW vanaf 1971 is terug te vinden in Tabel 4. Sinds 2013 vindt er jaarlijks minstens 1 stormtij plaats. Voordien gebeurde het regelmatig dat er een jaar was zonder stormtij. Desondanks komt een gevaarlijk stormtij in dezelfde periode minder voor.

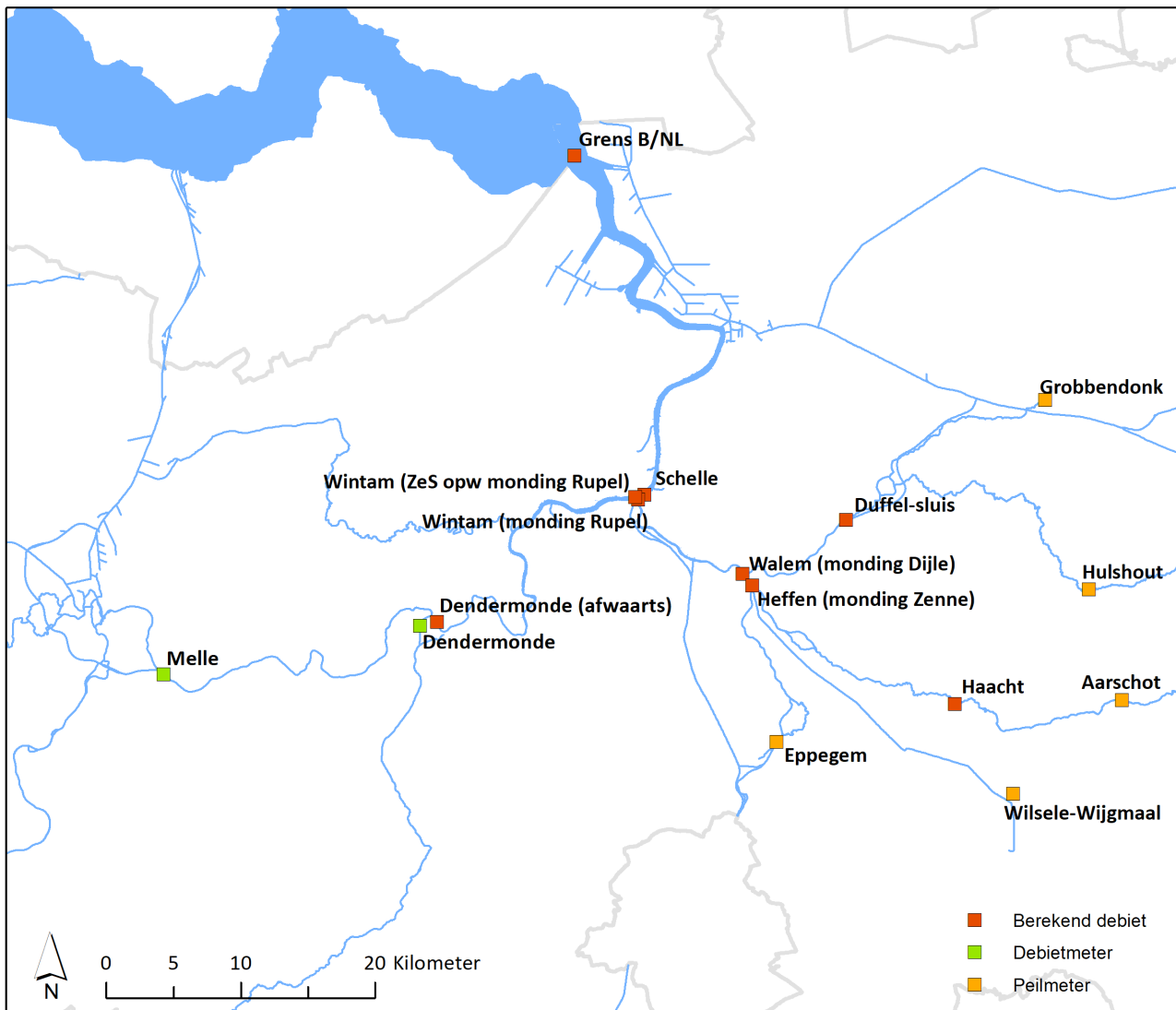
Tabel 4 – Beneden-Zeeschelde te Antwerpen. Frequentietabel (1971-2023) van hoogwaterstanden (mTAW) bij stormtijden ($> +6,60$ mTAW) en gevaarlijk stormtij ($> +7,00$ mTAW), verdeeld per decimeter.
(groen: jaren zonder stormtij; grijs: jaren met stormtij, maar zonder gevaarlijk stormtij; blauw: jaren met gevaarlijk stormtij)

ZEESCHELDE in ANTWERPEN																														klasse HW																							
optreden van hoogwaterstanden hoger dan +6,60 mTAW																																																					
1971-2023																																																					
klasse HW's																														klasse HW																							
7,71 - 7,80																														7,71 - 7,80																							
7,61 - 7,70																														7,61 - 7,70																							
7,51 - 7,60																														7,51 - 7,60																							
7,41 - 7,50																														7,41 - 7,50																							
7,31 - 7,40																														7,31 - 7,40																							
7,21 - 7,30																														7,21 - 7,30																							
7,11 - 7,20																														7,11 - 7,20																							
7,01 - 7,10																														7,01 - 7,10																							
6,91 - 7,00																														6,91 - 7,00																							
6,81 - 6,90																														6,81 - 6,90																							
6,71 - 6,80																														6,71 - 6,80																							
6,61 - 6,70																														6,61 - 6,70																							
	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
	0	4	1	0	3	3	0	2	1	2	1	3	2	0	3	1	1	0	7	0	2	7	3	6	4	0	1	0	0	0	2	1	2	4	0	4	1	1	1	0	0	2	1	1	1	3	1	1	4	1	3	1	

3 Jaaroverzicht bovendebieten

3.1 Overzicht meetlocaties

Sinds 1949 wordt de bovenafvoer gemeten aan de randen van het getijgebied. De bovenafvoer wordt op verschillende locaties gemeten, waarbij iedere locatie representatief is voor een opwaarts gelegen hydrografisch bekken (een overzicht v.d. meetlocaties: zie groene/oranje symbolen in Figuur 17 en Tabel 5). Om een idee te krijgen van de totale bovenafvoer richting Beneden-Zeeschelde wordt de gemeten afvoer aan de randen van het tijgebied doorgerekend naar afwaarts. Hierbij wordt een schaalvergroting en een tijdsvertraging toegepast op de gemeten debieten. De afwaarts gelegen, berekende debieten worden in Figuur 17 weergegeven aan de hand van de rode symbolen. Dit resulteert in Wintam in een berekende bovenafvoer (daggemiddelde) voor het Rupelbekken en voor het Boven-Zeescheldebekken. De som van beide geeft ter hoogte van Schelle de totale bovenafvoer richting Beneden-Zeeschelde. Voor meer informatie omtrent deze rekenmethodiek wordt verwezen naar Vanlierde *et al.* (2014) en Michielsen *et al.* (in prep.).



Figuur 17 – Ligging van de HIC meetlocaties van bovenafvoer aan de randen van het tijgebied (Wilsele in beheer van VMM), en aanduiding van de locaties waar de bovenafvoer wordt berekend.

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

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

3.2 Gemeten bovenafvoer aan de randen van het tijgebied

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

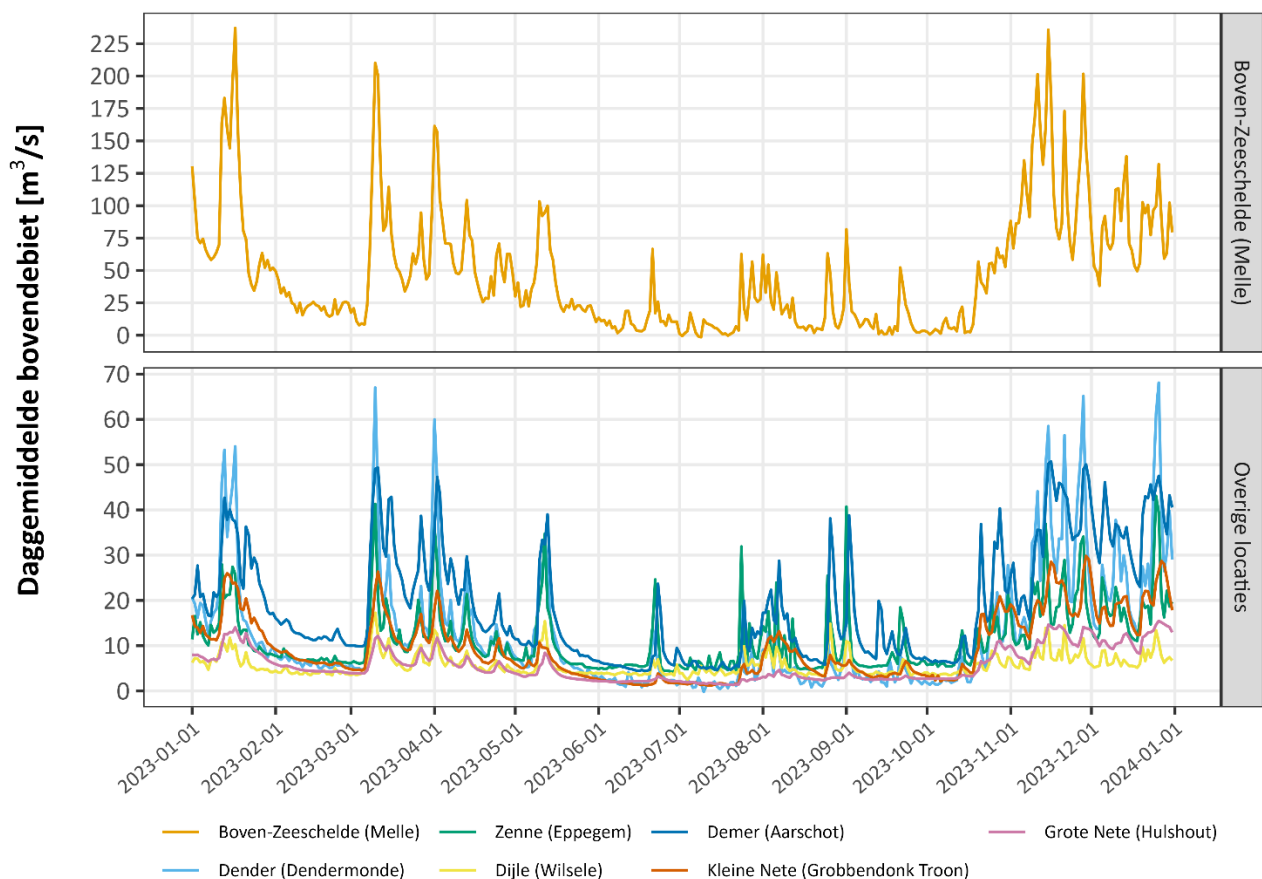
Gewoonlijk zorgen de Bovenschelde en Leie bij wassen voor het grootste aandeel in de bovenafvoer richting Beneden-Zeeschelde. Dit leidt tot duidelijk hogere debieten te Melle in vergelijking met de overige meetlocaties (Figuur 18, Figuur 19, Tabel 6). Tevens wordt een deel van het water afgevoerd naar het Kanaal Gent-Terneuzen (KGT). Echter, door de werken aan de Nieuwe Sluis Terneuzen wenste men het aantal scheepvaartstremmingen op het Kanaal Gent-Terneuzen maximaal te beperken. Bovendien is de Middensluis te Terneuzen sinds september 2022 niet beschikbaar om water te spuien. En gezien de risico's verbonden met (te) hoge afvoer via Beernem (overstromingsproblematieken Brugge) en het Afleidingskanaal van de Leie (dijkdoorbraak eind 2018) werd er procentueel gezien aanzienlijk meer water richting Zeeschelde gestuurd. Boeckx *et al.* (2023) heeft de impact van deze tijdelijke herverdeling vergeleken met de waterverdeling bij wassen groter dan 100 m³/s voor deze periode. Hieruit blijkt dat er door dit nieuwe beheer bij wassen 15% meer water via de Zeeschelde wordt afgevoerd (Tabel 7). Dit regime is tot februari 2023 gehanteerd, wanneer de Nieuwe Sluis Terneuzen gebruikt kon worden voor het spuien.

Tijdens droge periodes keren de gebruikelijke rollen om en is de basisafvoer in Melle lager dan die aan de overige randen van het tijgebied (zie b.v. P10 in Tabel 6). Het grootste volume van de al beperkte afvoer van de Leie en de Bovenschelde wordt tijdens zeer droge periodes afgeleid naar het kanaal Gent-Terneuzen.

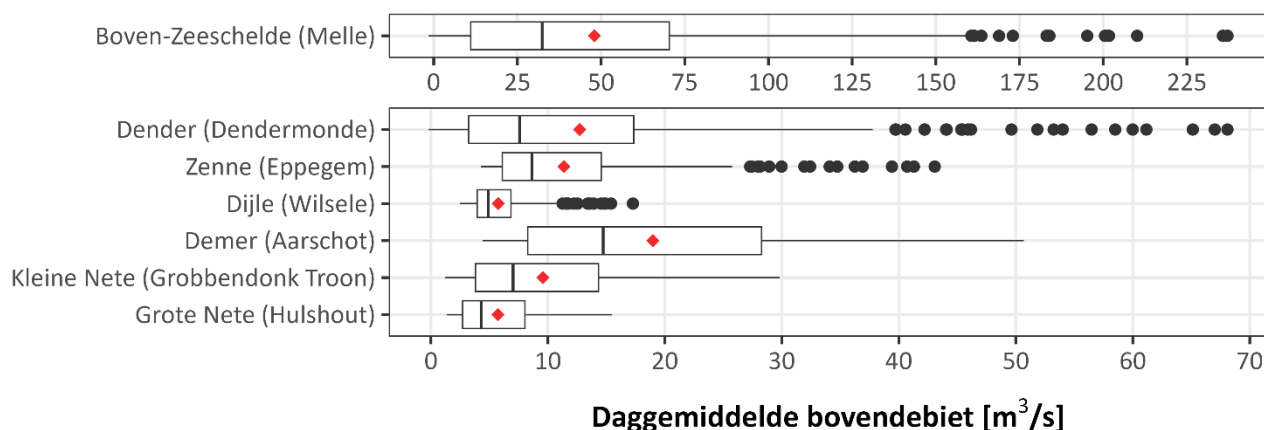
Volgens het KMI (Koninklijk Meteorologisch Instituut, 2024) was 2023 een warm en nat jaar. De maanden maart, juli en november waren beduidend natter dan normaal (1991-2022). Februari was dan weer opmerkelijk droger. Dit weerspiegelt zich dan ook in de afvoer van de rivieren (Figuur 18).

Tabel 6 – Jaarstatistieken gemeten daggemiddelde bovenafvoer 2023 (in m³/s) voor de stations aan de randen van het getijgebied.

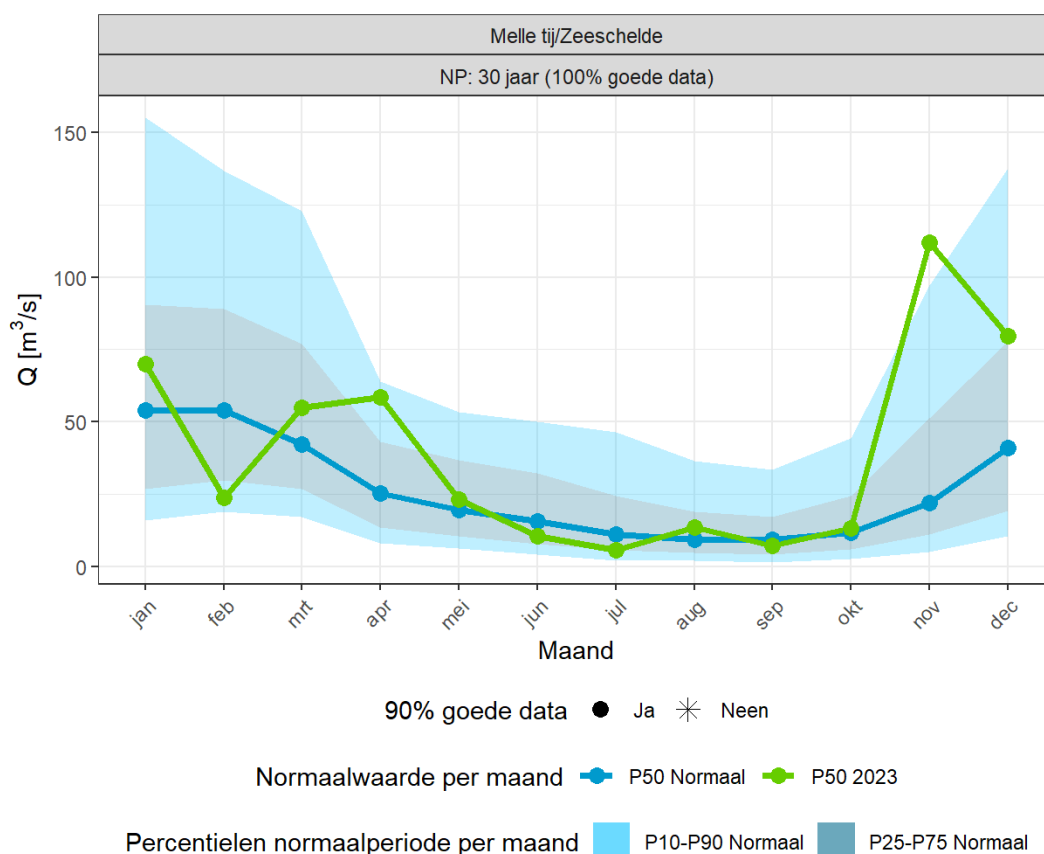
Station	Gem.	StDev	P10	P25	P50 - Mediaan	P75	P90
Boven-Zeeschelde (Melle)	48,0	46,9	3,7	11,1	32,4	70,4	109,3
Dender (Dendermonde)	12,7	13,2	1,8	3,2	7,6	17,3	30,3
Zenne (Eppegem)	11,4	7,2	5,3	6,1	8,6	14,6	21,0
Dijle (Wilsele)	5,8	2,4	3,7	4,0	4,9	6,8	9,0
Demer (Aarschot)	19,0	12,6	5,9	8,3	14,7	28,3	38,8
Kleine Nete (Grobbendonk Troon)	9,6	7,1	1,8	3,8	7,0	14,3	19,8
Grote Nete (Hulshout)	5,7	3,7	2,1	2,7	4,3	8,0	11,8



Figuur 18 – Verloop van de daggemiddelde bovenafvoer in 2023 voor de meetstations aan de randen van het tijgebied.



Figuur 19 – Jaarwaarden 2023 voor de stations aan de randen van het tijgebied.
Rode ruit geeft de gemiddelde waarde aan. Individuele daggemiddelde bovendebiten die buiten het P10-P90 interval vallen, worden als zwarte punten weergegeven.



Figuur 20 – Maandwaarden (mediaan) debiet 2023 en normaalwaarden¹ voor Melle.

¹ Een klimatologische normaalperiode omvat een periode van 30 jaar. De standaard normaalperiodes omvatten een periode van 30 jaar waarbij het eindjaar eindigt op een 10-tal. De laatste standaard normaalperiode is dus 1991-2020 en deze geldt ook voor 2023.
Bron: <https://community.wmo.int/en/wmo-climatological-normals>

Tabel 7 – Procentuele bijdrage van afvoer vanuit Groot Pand bij events met meer dan 100 m³/s naar Gent (Boeckx *et al.*, 2023).

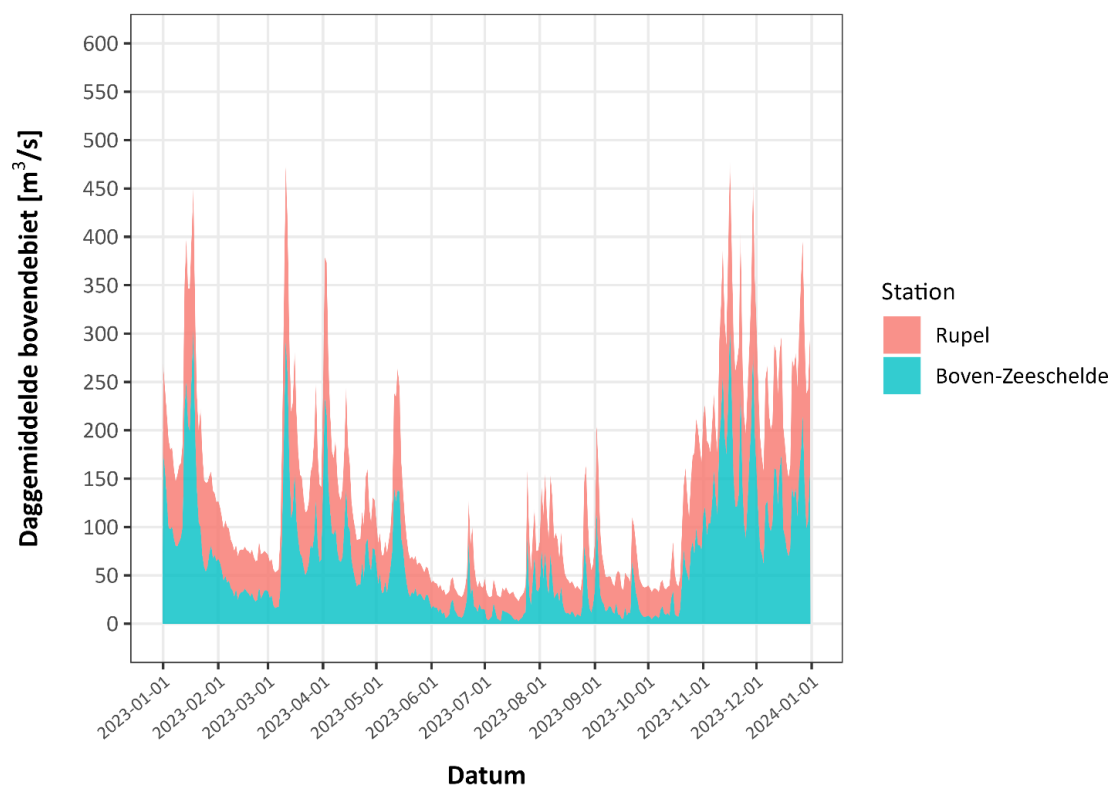
	2010 – sept. 2022	11-21 jan. 2023
Zeeschelde (Melle)	56%	71%
Kanaal Gent-Terneuzen (Evergem)	26%	14%
Afleidingskanaal van de Leie (Zomergem)	12%	4%
Kanaal Gent-Oostende (Oostkamp/Beernem)	6%	11%

3.3 Berekende bovenafvoer te Schelle

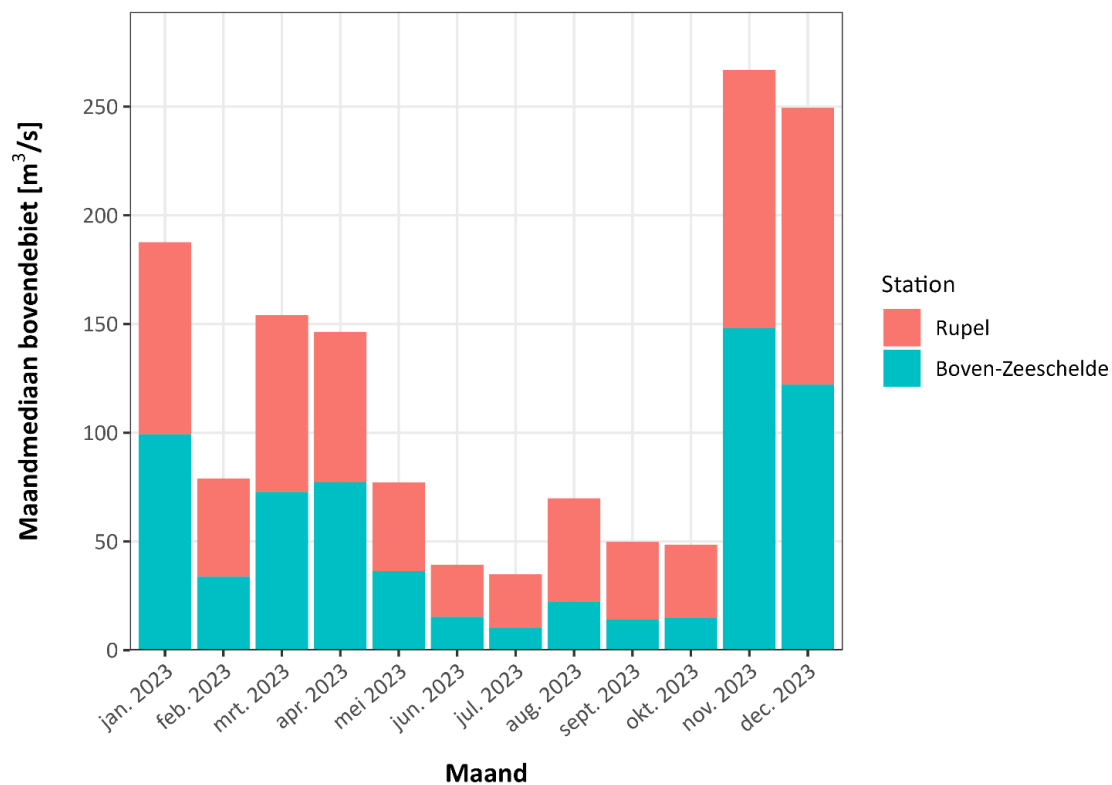
3.3.1 Het jaar 2023

Zoals eerder al gesteld, vormt de aanvoer via de Boven-Zeeschelde traditioneel in de wintermaanden het grootste aandeel van de bovenafvoer in Schelle, de aanvoer via de Rupel is in die periode kleiner. In 2023 is dat aandeel eerder 50/50, met enkel tijdens de maanden januari (53%) en november (55%) een hogere aanvoer via de Boven-Zeeschelde (Figuur 22, Figuur 23 & Tabel 8). De droge maand februari zorgt voor een ongebruikelijke, in verhouding, grote aanvoer via de Rupel (57%).

Tijdens de zomermaanden vormt de aanvoer via de Rupel het grootste aandeel van de bovenafvoer in Schelle. In 2023 vormt april, waarin het aandeel van de Boven-Zeeschelde groter is (53%), hierop een uitzondering. Tussen juli en oktober vormt de aanvoer via de Rupel 70% van de bovenafvoer in Schelle.



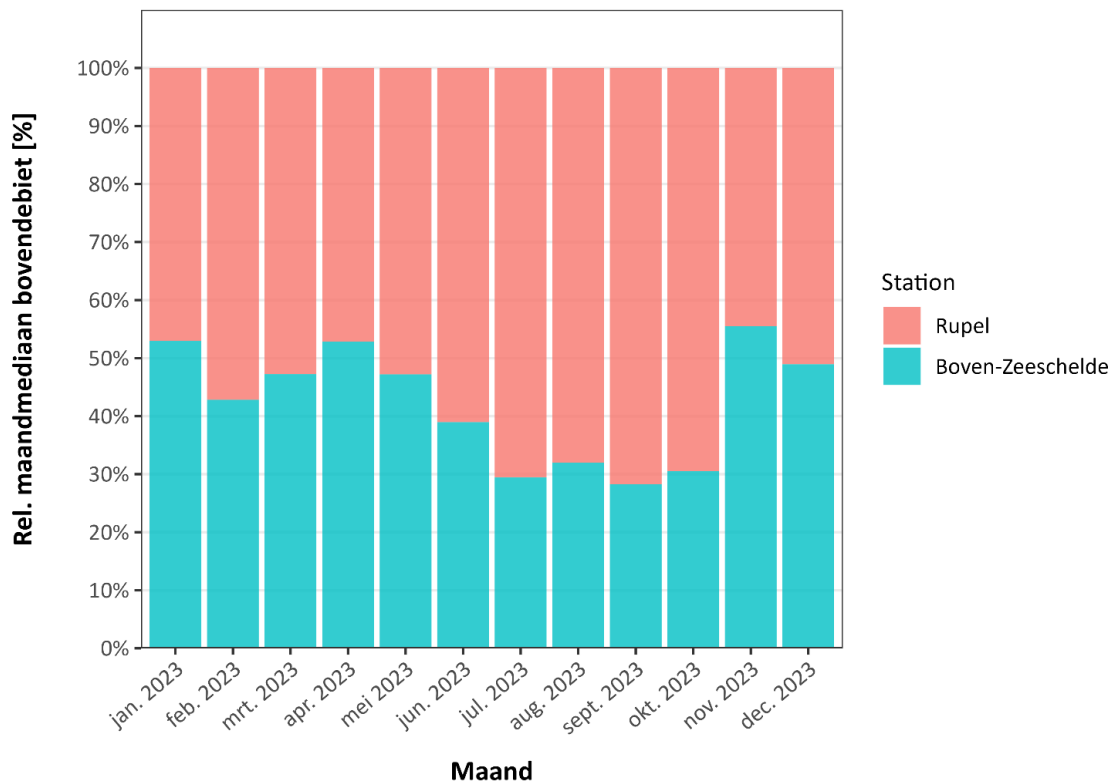
Figuur 21 – Daggemiddelde bovenafvoer ter hoogte van Schelle voor het jaar 2023, opgedeeld in het aandeel vanuit de Rupel en het aandeel vanuit de Boven-Zeeschelde.



Figuur 22 – Maandwaarden (mediaan) Schelle voor het jaar 2023, opgedeeld in het aandeel Rupel en het aandeel Boven-Zeeschelde.

Tabel 8 – Maandmedianen bovenafvoer [m³/s] 2023 voor de Zeeschelde te Schelle, de Rupel en de Boven-Zeeschelde.

	Mediane bovenafvoer [m³/s]		
	Schelle	Rupel	Boven-Zeeschelde
januari	187	88	99
februari	79	45	34
maart	154	81	73
april	146	69	77
mei	77	41	36
juni	39	24	15
juli	35	25	10
augustus	70	48	22
september	50	36	14
oktober	49	34	15
november	267	119	148
december	249	127	122



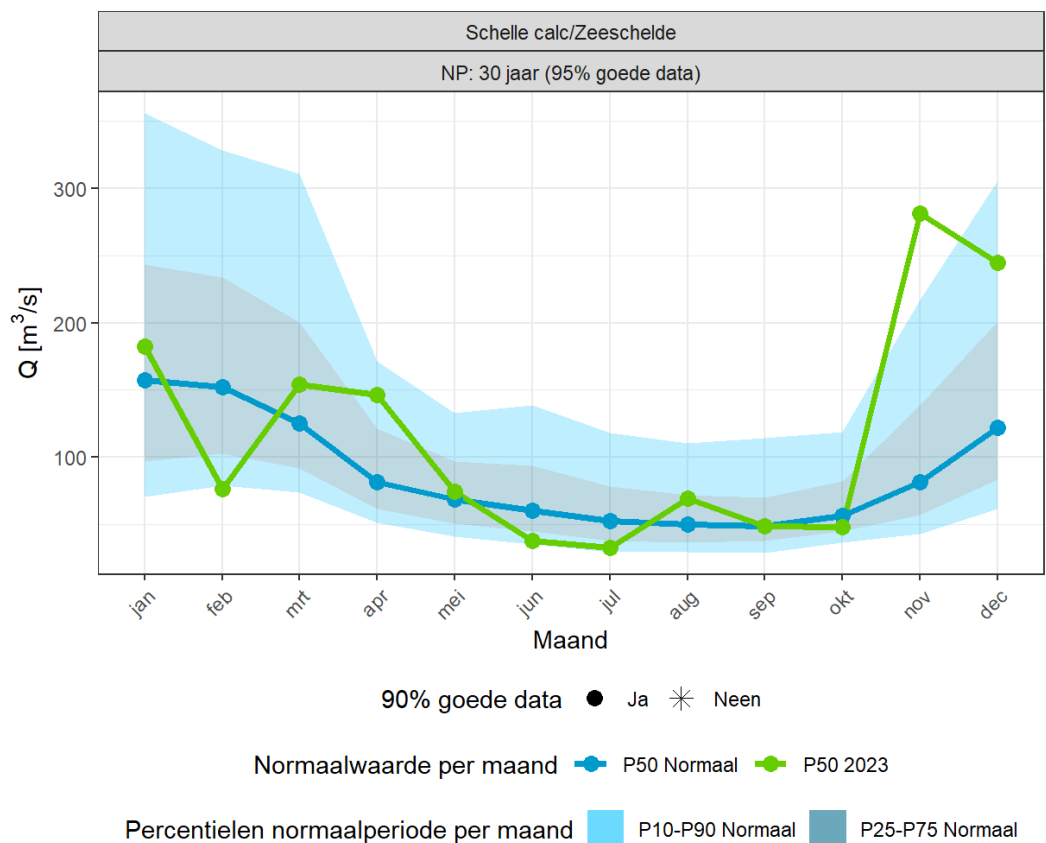
Figuur 23 – Relatieve voorstelling maandwaarden Schelle voor het jaar 2023, opgedeeld in het aandeel Rupel en het aandeel Boven-Zeeschelde.

3.3.2 Bovendebiet 2023 in historisch perspectief

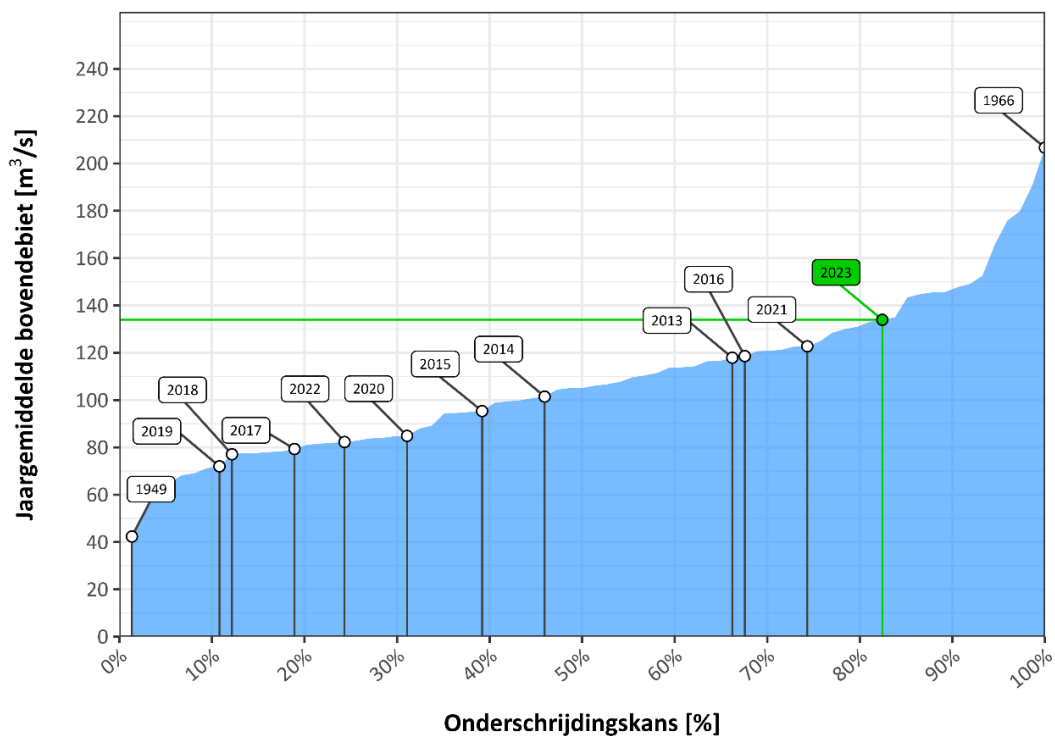
De bovenafvoer in Schelle begint in januari 2023 met een vrij normale waarde. Door de droge maand februari zakt het debiet weg tot slechts 79 m³/s (vergelijkbaar met de P10 waarde van de normaalperiode 1991-2020). Vervolgens neemt de afvoer in maart en april toe tot een betrekkelijk hoge afvoer van 146 m³/s in april. In de loop van het voorjaar daalt de afvoer geleidelijk tot waarden die in juni en juli overeenstemmen met de P10-waarde van de normaalperiode. De tweede helft van de zomer was nat waardoor de afvoer weer toenam tot normale waarden voor die periode van het jaar. En toen begon het te regenen,... dat zorgde voor een uitzonderlijk hoge afvoer in november (267 m³/s). In de normaalperiode (1991-2020) was deze nooit zo hoog. Ook december kende een relatief hoge afvoer.

Het jaargemiddelde bovendebiet van 2023 voor Schelle bedraagt 134 m³/s. Dit is de hoogste waarde in de voorbije 10 jaar en breekt, net als 2021, met de trend van lage afvoeren sinds 2017. Beschouwd over de periode 1949-2021 is er in ongeveer 15% van de jaren een jaardebiet dat hoger is dan deze waarde (Figuur 25).

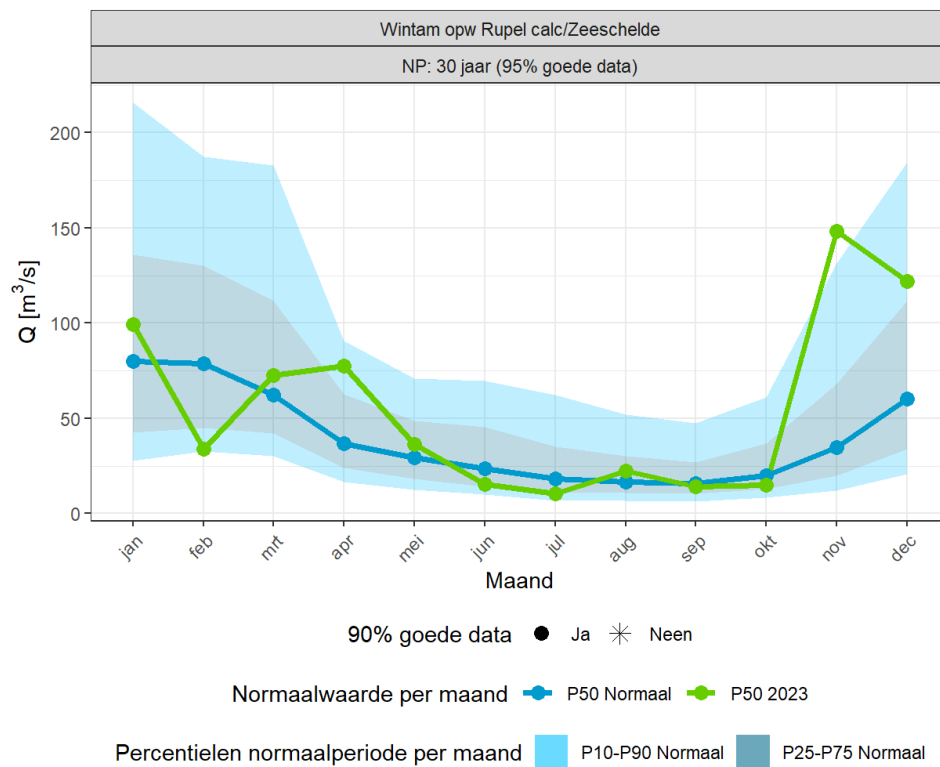
De berekening van de afvoer in Schelle gebeurt net afwaarts de monding van de Rupel. Het debiet bestaat er dus uit een bijdrage van enerzijds de Leie, Bovenschelde, Dender en Durme via de Zeeschelde (Figuur 26) en anderzijds de Netes, Demer, Dijle en Zenne via de Rupel (Figuur 27). Met name door de verschillende meteorologische condities boven deze afstroomgebieden is de relatieve bijdrage van beide afstroomgebieden verschillend. Zo is de aanvoer via de Rupel in maart en augustus hoger dan normaal, voor de aanvoer via de Zeeschelde is die vrij normaal gedurende deze maanden. Tijdens de overige maanden kennen beide afstroomgebieden een gelijkaardig verloop t.o.v. de normaalwaarde.



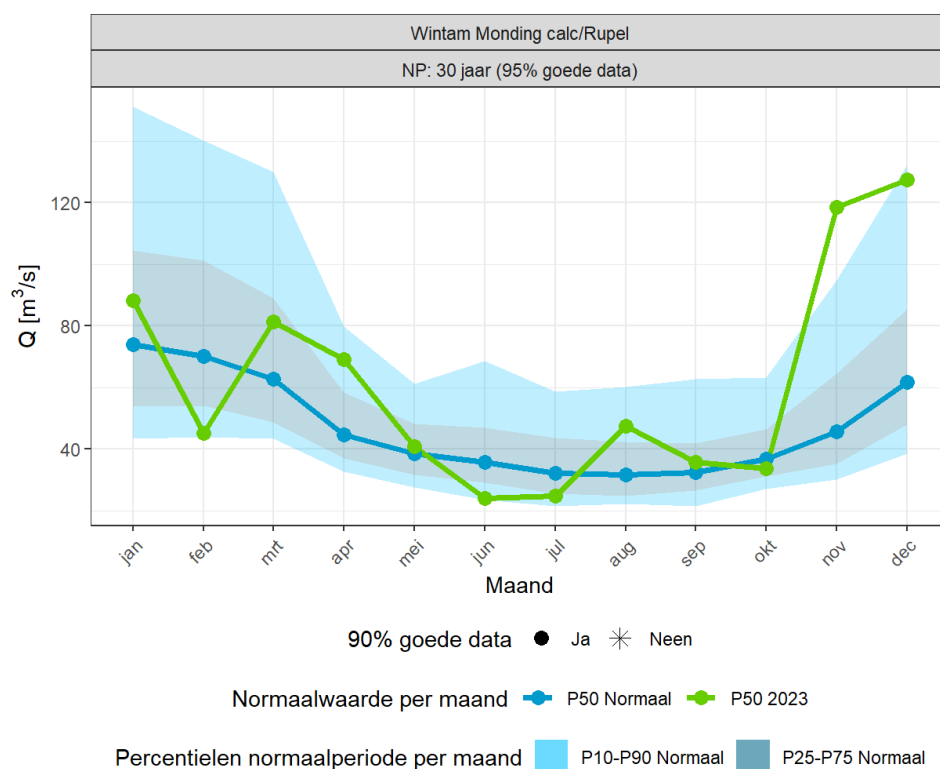
Figuur 24 – Maandwaarden (mediaan) debiet 2023 en normaalwaarden voor Schelle.



Figuur 25 – Jaargemiddeld bovendebiet te Schelle over de periode 1949-2023, gerangschikt naar grootte.



Figuur 26 – Maandwaarden (mediaan) 2023 en normaalwaarden voor voor het berekende debiet van de Boven-Zeeschelde net opwaarts de monding van de Rupel nabij Wintam.



Figuur 27 – Maandwaarden (mediaan) 2023 en normaalwaarden voor het berekende debiet van de Rupel bij de monding nabij Wintam.

3.4 Overzicht van de verblijftijd voor de Boven-Zeeschelde

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

Tot MONEOS jaarboek 2021 is er gebruik gemaakt van een vast watervolume (gebaseerd op de topo-bathymetrie van 2001, (Plancke *et al.*, 2014) voor de Boven-Zeeschelde. Sinds het MONEOS rapport van 2022 (Plancke *et al.*, 2023) gebruikt men een doorheen de tijd variabel watervolume, afgeleid uit de beschikbare topo-bathymetrische opnames.

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

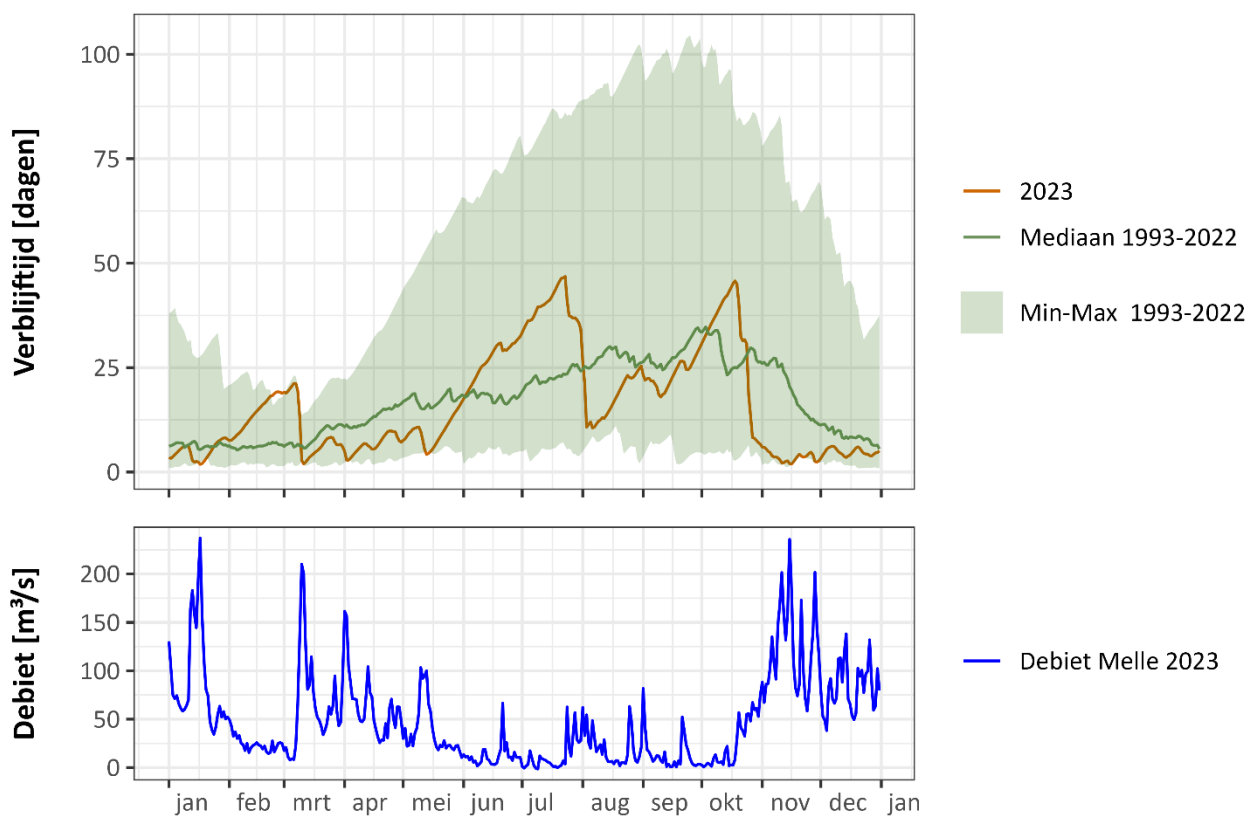
3.4.1 Resultaten voor 2023

Het verloop van de verblijftijd in 2023 wordt weergegeven in Figuur 28, samen met de daggemiddelde bovenafvoer van Melle. Ter vergelijking worden ook de minimum-, mediaan- en maximumwaarden per dag weergegeven over de periode 1971-2022.

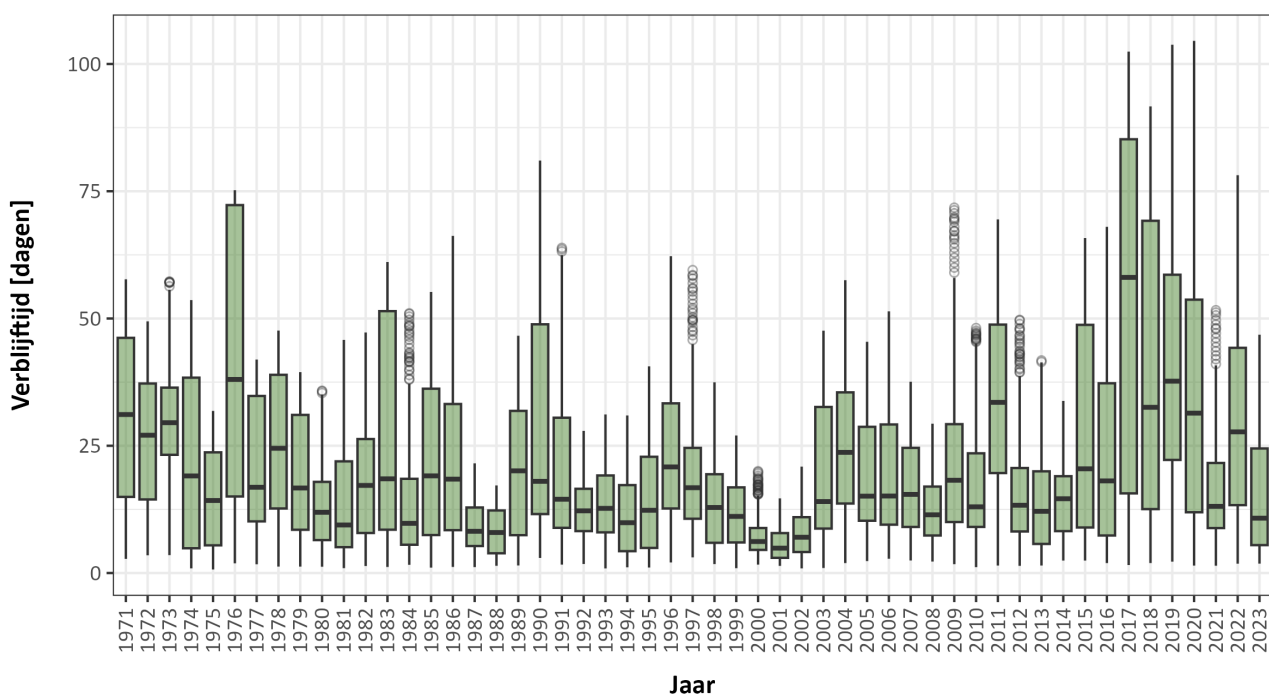
2023 begon met een lage verblijftijd in januari. Hieraan kwam in februari een einde. Door het uitblijven van neerslag nam de afvoer in Melle ook af, wat resulteerde in een relatief hoge verblijftijd voor deze periode in het jaar. Na deze droge periode steeg de bovenafvoer weer waardoor de verblijftijd weer afnam en van maart tot halfweg mei vrij stabiel bleef en laag t.o.v. de mediaan. Tot eind juli steeg de verblijftijd weer. De verhoogde afvoer eind juli-begin augustus zorgde opnieuw voor een afname van de verblijftijd waarna deze weer geleidelijk toenam tot eind oktober, wanneer het natte najaar begon. De verblijftijd nam snel af en bleef kort voor de rest van het jaar met, zeker voor oktober en november, lage verblijftijden vergeleken met de historische mediaan en minimum waarden.

3.4.2 Resultaten in historisch perspectief

Figuur 29 toont voor elk jaar de boxplot van de dagelijkse verblijftijden sinds 1971. In 2023 lagen de mediane en P25 verblijftijd beduidend lager dan de voorbije jaren. Deze is sinds 2002 niet meer zo laag geweest. Ook de P75 en de maximum verblijftijd waren in 2023 relatief kort. Net iets langer dan in 2021. Daarvoor moet er tot 2014 terug gekeken worden om opnieuw dergelijke korte verblijftijden te zien.



Figuur 28 – Verblijftijd Boven-Zeeschelde voor het jaar 2023



Figuur 29 – Verblijftijd Boven-Zeeschelde in historisch perspectief (1971 – 2023).

4 Jaaroverzicht fysische parameters

Het Waterbouwkundig Laboratorium meet fysische parameters (stroomsnelheid en -richting, temperatuur, conductiviteit en turbiditeit) en ecologische parameters (Chlorofyl A-gehalte, PPFD², zuurstofconcentratie, zuurstofverzadigingsgraad en zuurtegraad) op zowel continue basis op vaste meetlocaties, als tijdens singuliere meetcampagnes. In dit hoofdstuk wordt een overzicht gegeven van de gemeten fysische parameters in het jaar 2023. Voor de ecologische parameters wordt verwezen naar de OMES-rapporten (e.g. Maris *et al.*, 2020 & Maris *et al.*, 2022).

4.1 Continue metingen "fysische parameters"

4.1.1 Meetlocaties en toestellen

Op 8 meetplaatsen in de Zeeschelde (Prosperpolder, Liefkenshoek Veer, Oosterweel, Kruibeke, Hemiksem, Weert, Schellebelle en Melle) en op één plaats op de Rupel (Klein-Willebroek) staan er vaste multiparameter-toestellen (zie Figuur 30). Hier worden op continue wijze verschillende fysische parameters geregistreerd.

Een belangrijk verschil in meetlocaties t.o.v. 2022 is het ontbreken van meetpaal Lillo. De meetpaal werd aangevaren in september 2022 waarna geen metingen meer mogelijk waren. De meetpaal werd ondertussen ontmanteld. Uit een analyse (Meire *et al.*, 2023) blijkt dat de locatie niet geheel complementair is aan deze van Liefkenshoek, waardoor in de nabije toekomst moet gekeken hoe een nieuwe opstelling op een veilige manier kan worden heropgebouwd.

Te Tielrode nabij de Durmemonding is in het kader van het onderzoeksproject rond de Durme eveneens een multiparametertoestel opgesteld. Op termijn zal dit toestel onderdeel uitmaken van het MONEOS-programma. De resultaten worden momenteel echter nog niet opgenomen in het voorliggend rapport.

Op de meeste meetposten hangt er telkens één toestel. Een aantal toestellen zijn vlottend gepositioneerd zodat ze gedurende de gehele getijcyclus, relatief t.o.v. het wateroppervlakte, dezelfde waterlaag opmeten. Ter hoogte van Oosterweel is de opstelling op een vaste hoogte ten opzichte van de bodem.

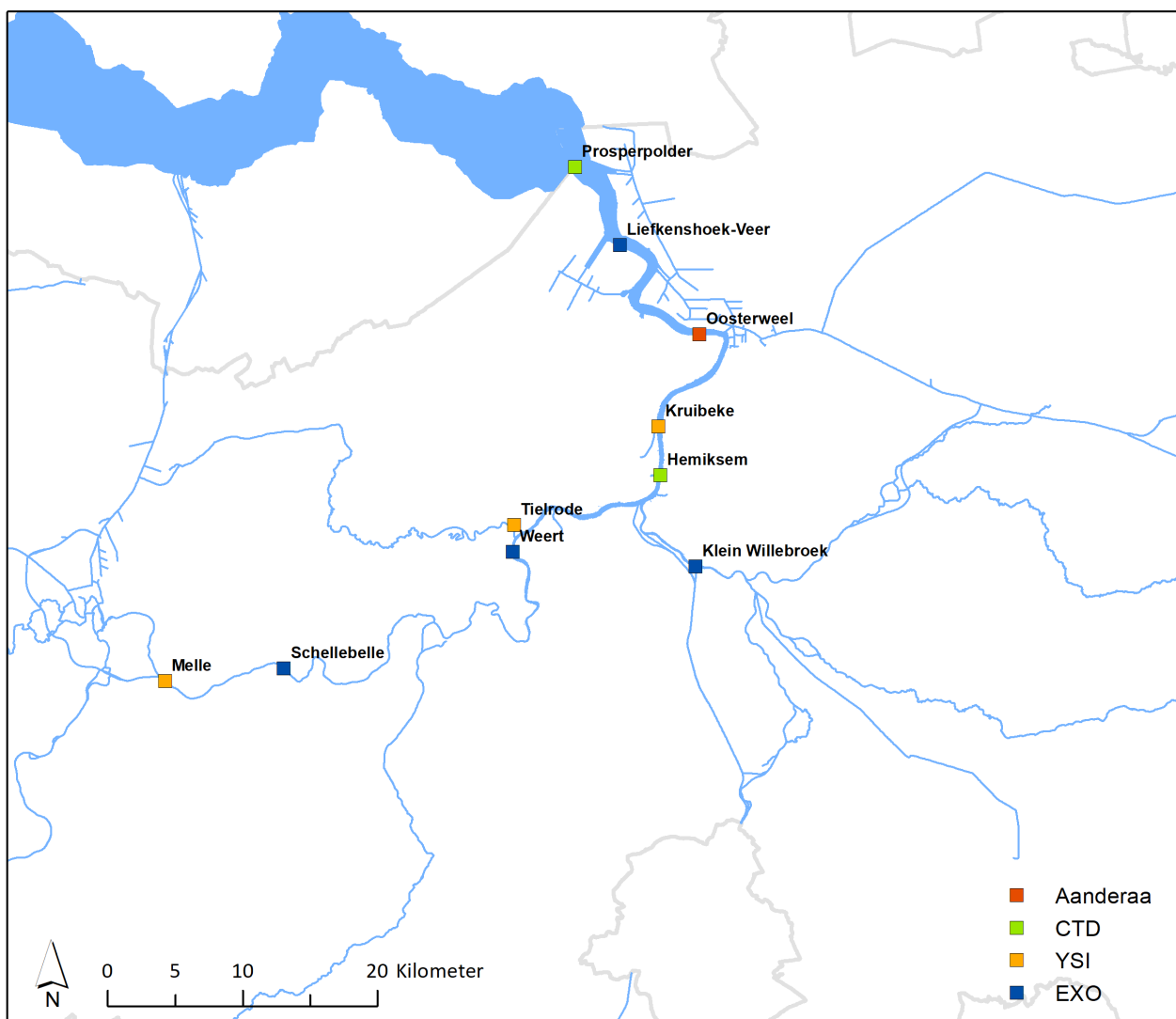
In het estuarium wordt er met verschillende sensortypes gemeten. De Aanderaa Seaguard meet om de 30 seconden. Deze metingen worden uitgemiddeld over een tijdsinterval van 5 minuten en via telemetrie doorgestuurd. De CTD-toestellen (RBR concerto; Valeport Midas) meten, afhankelijk van de locatie, om de 1 of 2 seconden. Deze metingen worden uitgemiddeld over een tijdsinterval van 5 minuten en via telemetrie doorgestuurd.

De YSI en EXO toestellengaan elke 5 minuten een waarde doorsturen. De YSI of EXO gaat binnen deze periode van 5 minuten zelf beslissen hoe lang er moet worden gemeten om tot een stabiele meting te komen.

Tabel 9 presenteert voor iedere meetlocatie welk toesteltype er hangt, alsook welke parameters geregistreerd worden en aan welke frequentie. Indien mogelijk³ wordt de absolute positie t.o.v. het referentiepeil (TAW) afgeleid.

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

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



Figuur 30 – Locatie van Moneos-meetposten in de Zeeschelde met continue monitoring van fysische parameters in 2023.
Te Tielrode is er een continue SF meting, deze is echter nog niet in het Moneos programma opgenomen.

Tabel 9 – Overzicht eigenschappen multiparametertoestellen en gemeten parameters per locatie anno 2023. *Te Tielrode is een mobiel multiparametertoestel opgesteld, dit toestel maakt voorlopig nog geen deel uit van het MONEOS-programma.

Meetlocatie	Toesteltype	Tijdsinterval	Gemeten parameters									Verticale positie	Absolute positie (mTAW)	Stroomgebied
			Cond	WT	Turb	v	vDIR	pH	O ₂	PPFD	Chfyla			
Prosperpolder	Valeport-CTD	5 min	x	x								Vast	-1,5 m TAW	Beneden-Zeeschelde
Liefkenshoek - Veer	EXO	5 min	x	x	x			x	x	x	x	Vlottend : 0,7 m onder het wateroppervlak	Variërend met getij	Beneden-Zeeschelde
Oosterweel (boven)	Aanderaa Seaguard	5 min	x	x	x	x	x					Vast : B: 4,5 m boven de bodem	-2,3 mTAW	Beneden-Zeeschelde
Kruikeke	YSI	5 min	x	x	x			x	x			Vlottend : 1,1 m onder het wateroppervlak	Variërend met getij	Beneden-Zeeschelde
Hemiksem	Valeport-CTD	5 min	x	x								Vast	-1,5 m TAW	Beneden-Zeeschelde
Weert	EXO	5 min	x	x	x			x	x	x	x	Vlottend : 0,7 m onder het wateroppervlak	Variërend met getij	Boven-Zeeschelde
Schellebelle	EXO	5 min	x	x	x			x	x	x	x	Vlottend : 0,7 m onder het wateroppervlak	Variërend met getij	Boven-Zeeschelde
Melle	YSI	5 min	x	x	x			x	x			Vast : 1,1 m boven de bodem	+1,5 m TAW	Boven-Zeeschelde
Klein Willebroek	EXO	5 min	x	x	x			x	x	x	x	Vlottend : 0,7 m onder het wateroppervlak	Variërend met getij	Rupel
Tielrode*	YSI	5 min	x	x	x			x	x			Vlottend : 0,5 m onder het wateroppervlak	Variërend met getij	Durme

4.1.2 Kwaliteit van de data

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

- **Onderhoudsmomenten:** tijdens de onderhoudsmomenten kunnen kortstondig geen data beschikbaar zijn, het gaat hier om een periode van max. 1-2u.
- **Vervanging toestel:** bij het vervangen van een toestel zijn kortstondig geen data beschikbaar, de periode is afhankelijk van de duur van de installatie van het nieuwe toestel. In bepaalde gevallen wordt een kleine sprong in de data vastgesteld (overgang van de 2 meettoestellen).
- **Afwijkende registraties:** afwijkende registraties in de data waarvoor niet altijd een eenduidige verklaring kan gegeven worden. Deze afwijkende waarden worden verwijderd uit de finale meetreeks, gecorrigeerd tijdens het validatieproces of krijgen een kwaliteitscode “suspect” waarna ze niet langer worden opgenomen in verdere data-analyse. Afwijkende registraties kunnen voorkomen door bijvoorbeeld vervuiling van de sensor, drift van de sensor, ...

Een overzicht van de datakwaliteit van de continue fysische parameters voor het jaar 2023 wordt gegeven in Figuur 31 en Figuur 32. Het verloop van de datakwaliteit doorheen het jaar voor de continu gemeten fysische parameters wordt in Figuur 31 getoond. Figuur 32 toont de kwaliteit van de metingen in verhouding tot de periode dat er is gemeten.

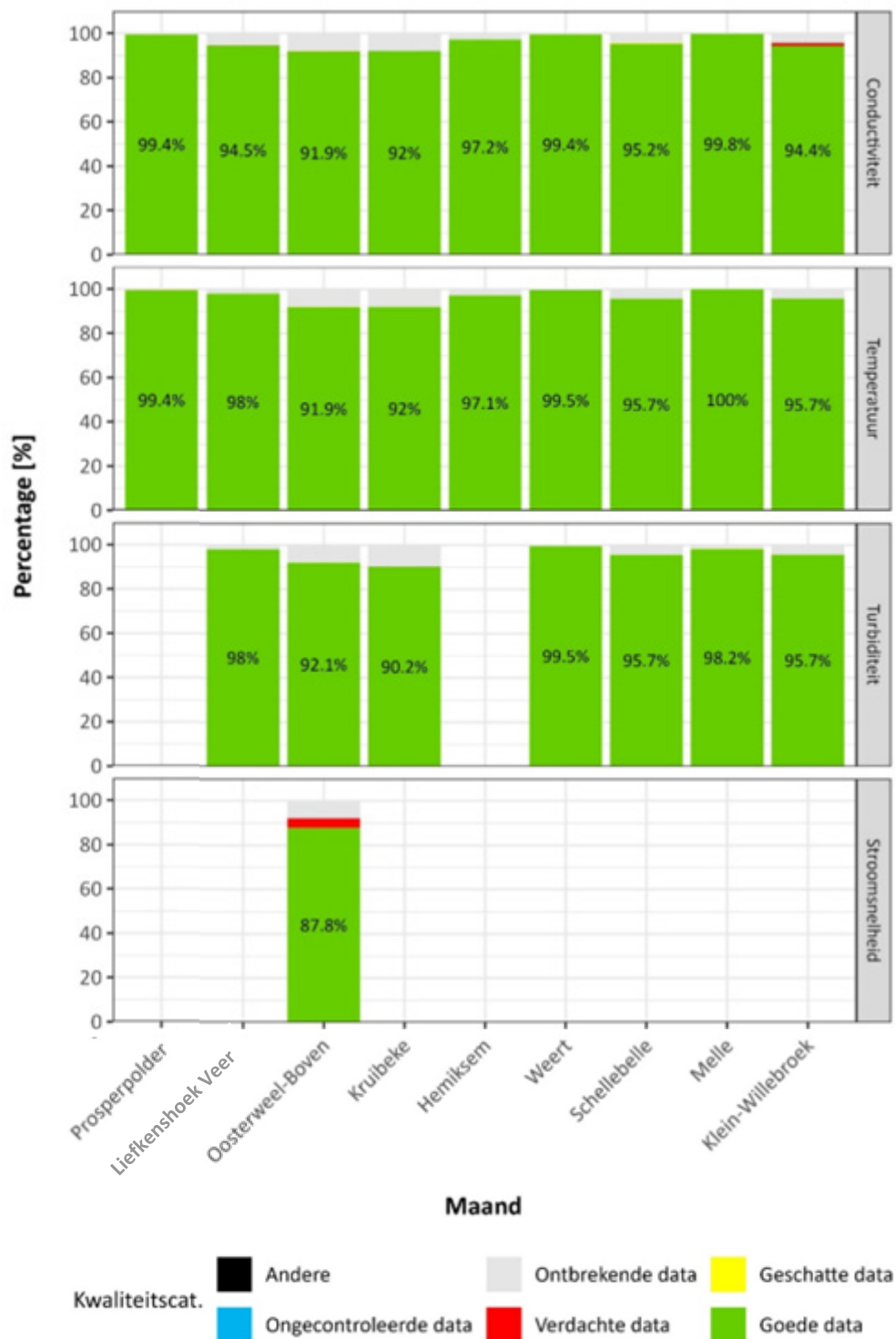
Zoals blijkt uit de figuren ligt de datakwaliteit voor 2023 zeer hoog. Op basis van de figuren worden volgende vaststellingen gedaan m.b.t de kwaliteit van de data:

- Ontbrekende data:
 - o Data ontbreekt voor Oosterweel-Boven (alle parameters) voor de perioden 17/01/2023 – 25/01/2023 en 20/04/2023 – 10/05/2023. In januari is de ontbrekende data te wijten aan technische problemen (technische problemen data-overdracht). De onderbreking in april/mei werd veroorzaakt door een stroomonderbreking, deze werd vervolgens opgevangen door het inzetten van een noodgenerator totdat de normale stroomvoorziening werd heropgestart.
 - o In Kruibeke ontbreekt de data (alle parameters) voor de periode 15/05/2023 – 13/06/2023 omwille van communicatieproblemen met de datalogger (technisch probleem). Van 12/10/2023 tot 19/10/2023 is er ook een onderbreking in de datastroom van de turbiditeitsensor (sensor heeft niet gewerkt).
 - o In de periode 13/09/2023 – 27/09/2023 zijn er omwille van communicatieproblemen met het toestel geen data voor Schellebelle (alle parameters).
 - o Conductiviteitsdata ontbreekt voor Liefkenshoek Veer in de periode 16/10/2023 – 26/10/2023. De oorzaak hiervoor is onduidelijk.
 - o Overige korte data-onderbrekingen zijn in de eerste plaats te wijten aan kortstondige technische problemen en/of onderbrekingen t.b.v. onderhoud/vervangingen toestellen.
- Verdachte data:
 - o Tijdens de periode 17/05/2023 – 31/05/2023 hing het toestel van Oosterweel-Boven niet op de correcte verticale positie. Hoewel het patroon van de data op zich een normaal verloop vertoont werd uit voorzorg gekozen de data toch als verdacht aan te duiden. Aangezien de verwachte impact van de wijziging in verticale positie (1,75 m) op de parameters watertemperatuur en conductiviteit zeer beperkt is werd voor deze parameters de kwaliteit gewoon op goed gezet.

- Geschatte data:
 - Voorafgaand aan de periode waarbij data ontbreken voor de post Schellebelle (13/09/2023 – 27/09/2023) werd voor de parameter conductiviteit de data op verdacht gezet. Dit vanwege een afwijkend patroon gevolgd door een onderbreking in de data.



Figuur 31 – Overzicht van de datakwaliteit per parameter en per station voor de continue metingen fysische parameters (meetfrequentie 5 min) voor 2023. Voor Prosperpolder en Hemiksem is de frequentie van conductiviteit en temperatuur lager (10 min).



Figuur 32 – Percentage van de datakwaliteitscategorieën per parameter en per station voor de continue metingen fysische parameters in 2023, voorgesteld in Figuur 31. Percentages worden getoond wanneer groter dan 10%. In Prosperpolder en Hemiksem wordt er geen turbiditeit gemeten.

4.1.3 Data-analyse

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

Rond elk kenteringstijdstip is een kenteringsinterval bepaald van twee uren, waarbij het interval één uur voor en één uur na het kenteringstijdstip beslaat. Het kenteringsinterval rond hoogwater wordt aangeduid als “kentering hoogwater” (KHW), het kenteringsinterval rond laagwater wordt aangeduid als “kentering laagwater” (KLW). Tussen KHW en KLW zijn vervolgens de eb- en vloedfases afgeleid. De ebfase gaat van KHW naar KLW, de vloedfase gaat van KLW naar KHW. Voor elke getijfase, zijnde vloed, eb, KHW en KLW zijn er voor de verschillende fysische parameters verschillende statistieken berekend (Figuur 8) met data van goede kwaliteit (i.e. observaties die gevlagd werden als verdacht worden niet meegenomen). De statistieken zijn gepresenteerd in §4.1.4 tot en met §4.1.7 in voorliggend MONEOS rapport.

Tabel 10 – Berekende statistieken voor de gemeten fysische parameters gedurende de verschillende getijfases.
KLW = Kentering bij laagwater, KHW = Kentering hoogwater.

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

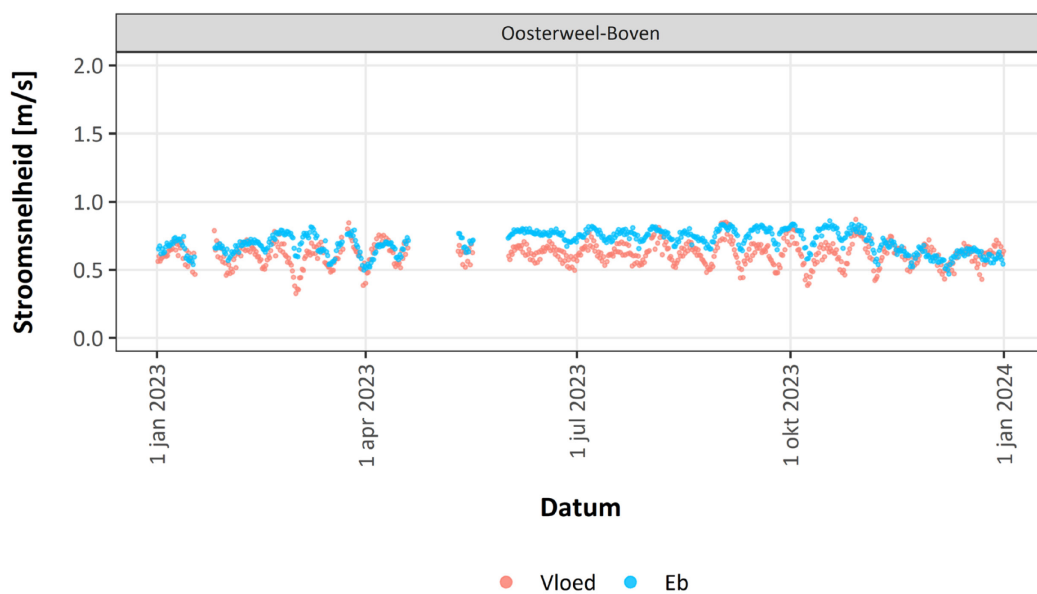
Of een statistiek van een individuele getijfase geselecteerd is voor visualisatie in de scatterplots en verdere opname in de boxplots en de berekening van de jaarstatistieken, hangt af van de kwaliteit van de data binnen elke individuele getijfase. Om als individuele getijfase geselecteerd te worden,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

Voor de ensemble analyses van de stroomsnelheid is er een onderscheid gemaakt tussen springtij-, doottij- en gemiddelde tijcondities (Figuur 36 en Figuur 37). In een eerste stap zijn de hoogwaters tijdens springtij en doottij toegewezen op basis van de astronomisch voorspelde tijdstippen. Vervolgens zijn er voorafgaand en aansluitend rond de vastgelegde hoogwaters nog twee hoogwaters meegenomen als spring- en doottij, om zodoende 8 tot 9 procent van de getijen te bestempelen als springtij en een gelijk aantal als doottij. De overige getijen zijn meegenomen als gemiddeld tij.

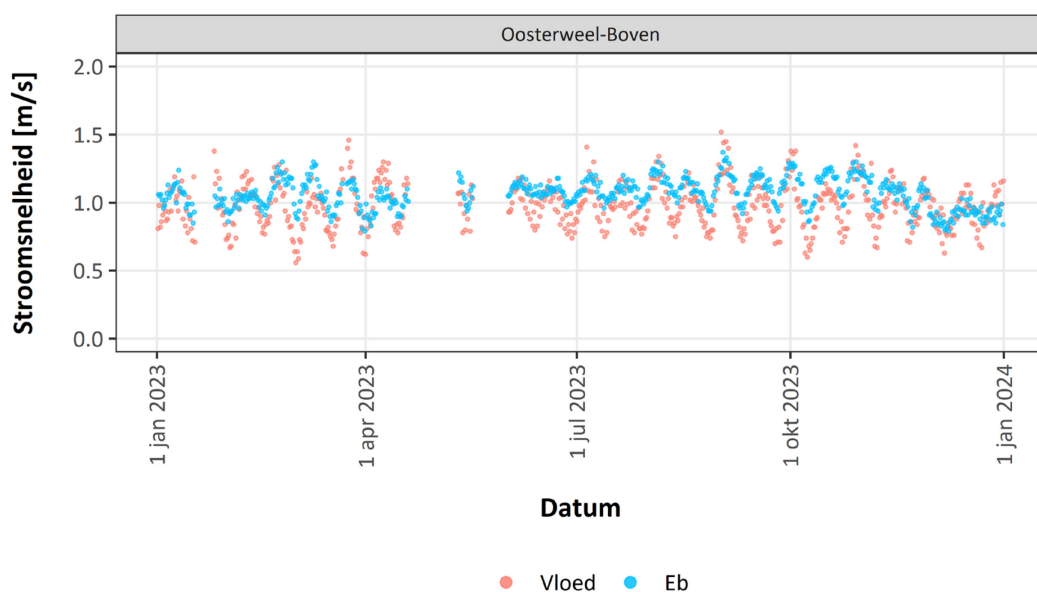
4.1.4 Verloop van stroomsnelheid

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

De stroomsnelheden bij Oosterweel tijdens vloed en eb zijn vergelijkbaar met elkaar (Figuur 33), hoewel de gemiddelde waarden voor eb iets hoger liggen dan bij vloed. Dit is voornamelijk het geval voor de periode juni-november. De gemiddelde jaarwaarde tijdens vloed bedraagt 0,62 m/s, tijdens eb ligt deze iets hoger en bedraagt deze 0,71 m/s. Merk ook op dat de data voor 2023 beneden de kwaliteitsdrempel liggen. Ook de maximum waarden zijn gelijkaardig tijdens vloed en eb, deze bedragen respectievelijk 0,98 en 1,06 m/s.



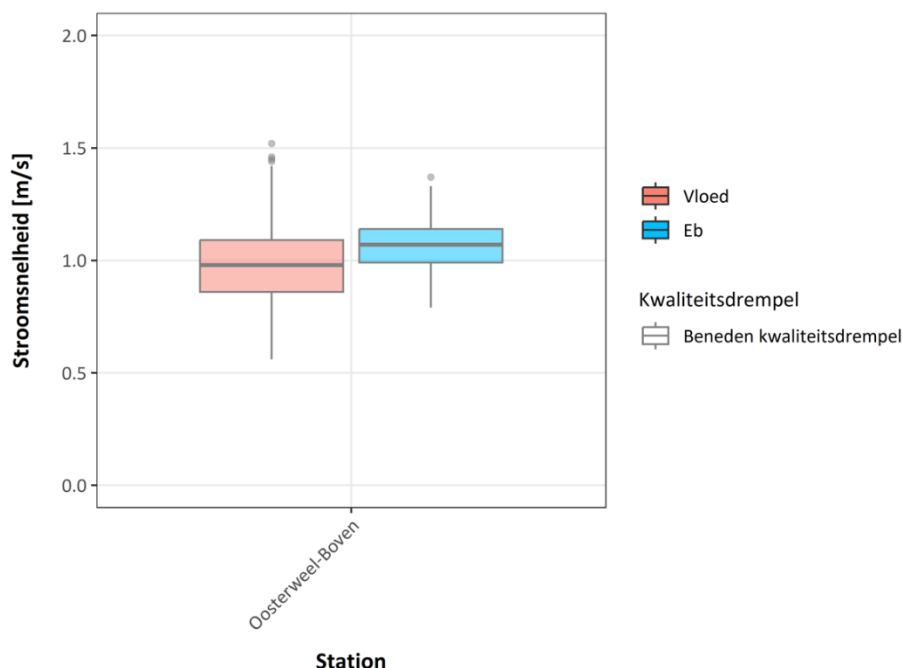
Figuur 33 – Verloop van de gemiddelde stroomsnelheid in 2023 tijdens vloed en eb ter hoogte van Oosterweel.



Figuur 34 – Verloop van de maximale stroomsnelheid in 2023 tijdens vloed en eb ter hoogte van Oosterweel.

Tabel 11 – Overzicht jaarstatistiek (2023) voor stroomsnelheid (m/s) tijdens vloed en eb in Oosterweel.
Data in grijs weergegeven bevindt zich beneden de kwaliteitsdrempel.

Getij fase	% geschikte data	Gemiddelde gemiddeldes ± SD	p25 gem.	p50 gem.	p75 gem.	Gemiddelde maxima ± SD	p25 max.	p50 max.	p75 max.
Vloed	87,0	0,62 ± 0,08	0,57	0,62	0,67	0,98 ± 0,17	0,86	0,98	1,09
Eb	87,0	0,71 ± 0,08	0,65	0,72	0,77	1,06 ± 0,11	0,99	1,07	1,14

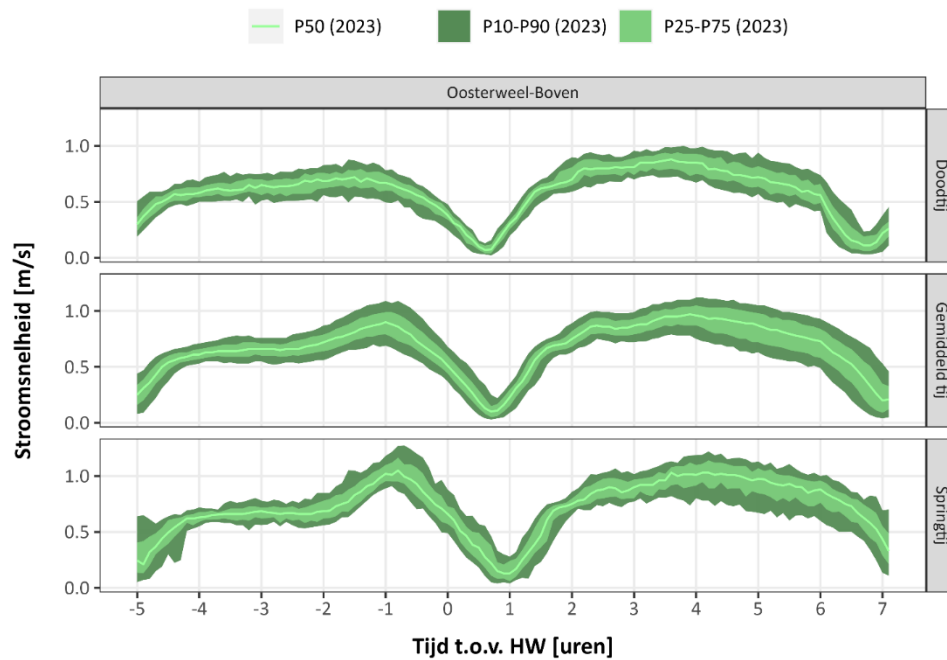


Figuur 35 – Jaarstatistiek (2023, percentielen) voor maximale stroomsnelheid tijdens vloed en eb ter hoogte van Oosterweel.

Er ontwikkelt zich gedurende de springtijcondities en in beperktere mate bij gemiddelde tijcondities een duidelijke piek in stroomsnelheid tijdens de vloedfase, ongeveer 1,5 uur voor het optreden van kentering hoogwater. Ter hoogte van Oosterweel kunnen deze pieksnelheden tijdens springtij-vloed 1,4 m/s oplopen. Wanneer we het stroomsnelheidsprofiel van 2023 over de verschillende getijcycli vergelijken met de beschikbare historische data (Figuur 37), dan merken we op dat de mediaan van 2023 nagenoeg altijd binnen de grenzen van het 25^e en 75^e percentiel van de historische data valt.

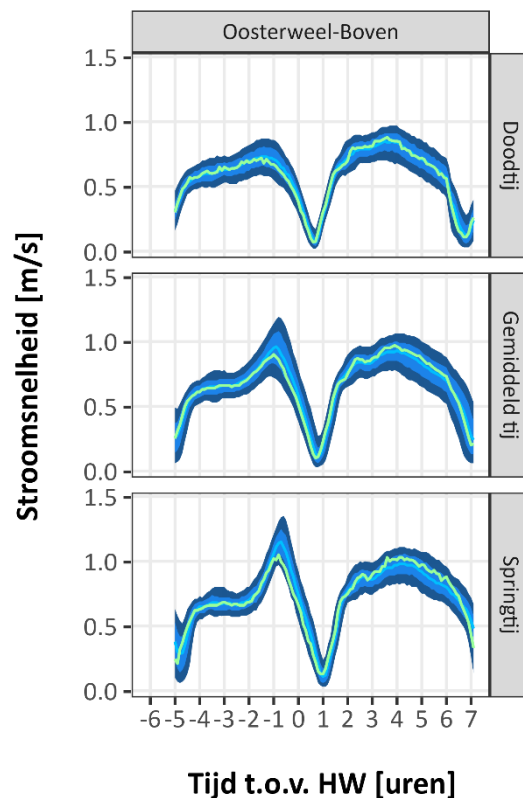
De historische vergelijking van 2023 over een getijcyclus (ensemble analyse) voor doortij, gemiddeld tij en springtij toont de zeer gelijkaardige stroomsnelheden genoteerd voor Oosterweel-Boven in de uren voorafgaand HW. Enkel in het uur voorafgaand aan HW en voornamelijk in springtijcondities zakt de gemiddelde waarde van 2023 onder de historisch gemiddelde trend. In de uren na HW, vooral vanaf HW+3u, liggen de stroomsnelheden voor 2023 iets hoger in vergelijking met de historische trend. Deze vallen echter nog steeds binnen de P25 – P75 (2001 – 2022) grenzen.

Beschouwen we het langjarig verloop in gemiddelde stroomsnelheid bij eb en vloed, dan zijn de jaarstatistieken voor 2023 opnieuw weinig verschillend ten opzichte van de voorgaande jaren, met uitzondering van het voorgaande jaar dat aan de lagere kant lag (Figuur 38).

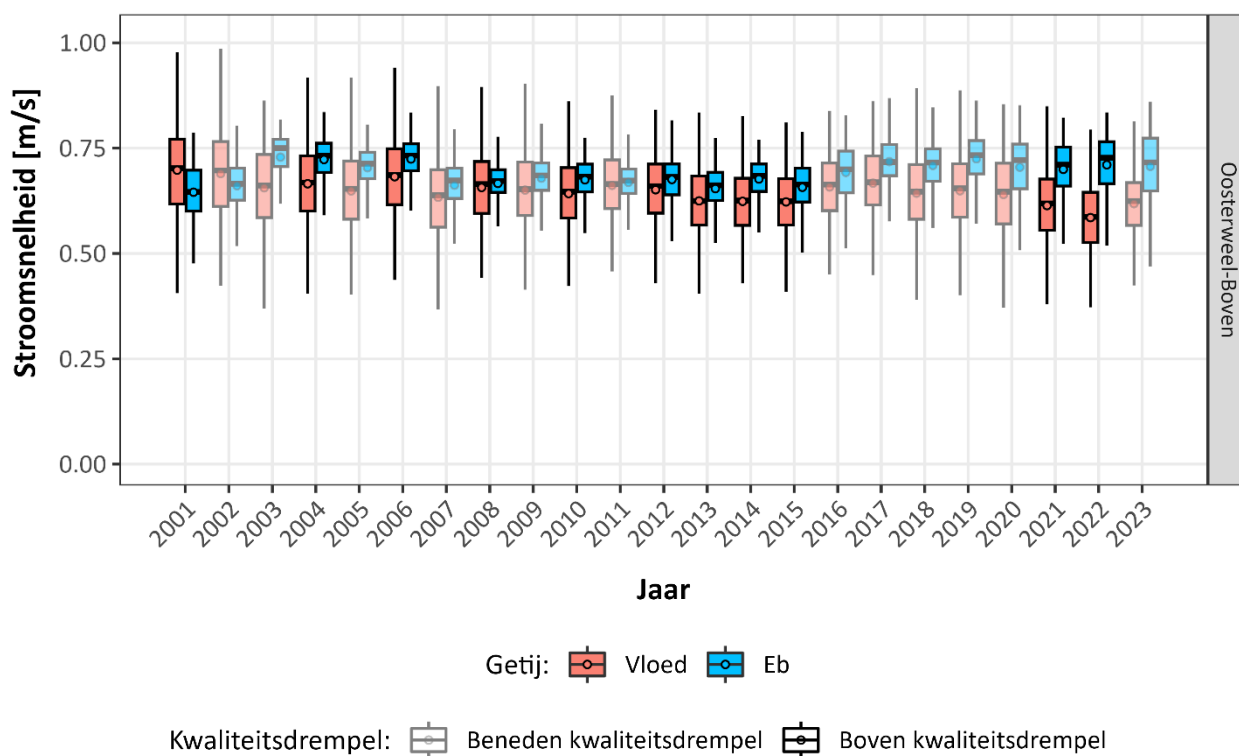


Figuur 36 – Karakteristiek verloop voor 2023 van de stroomsnelheid over een getijcyclus (ensemble analyse) voor doodtij, gemiddeld tij en springtij ter hoogte van Oosterweel. Relatieve tijd is t.o.v. HW in Antwerpen.

P10-P90 (2001-2022) P25-P75 (2001-2022) P50 (2001-2022) P50 2023



Figuur 37 – Historische vergelijking van 2023 van de stroomsnelheid over een getijcyclus (ensemble analyse) voor doodtij, gemiddeld tij en springtij ter hoogte van Oosterweel (data vanaf 2001). Relatieve tijd is t.o.v. HW in Antwerpen.



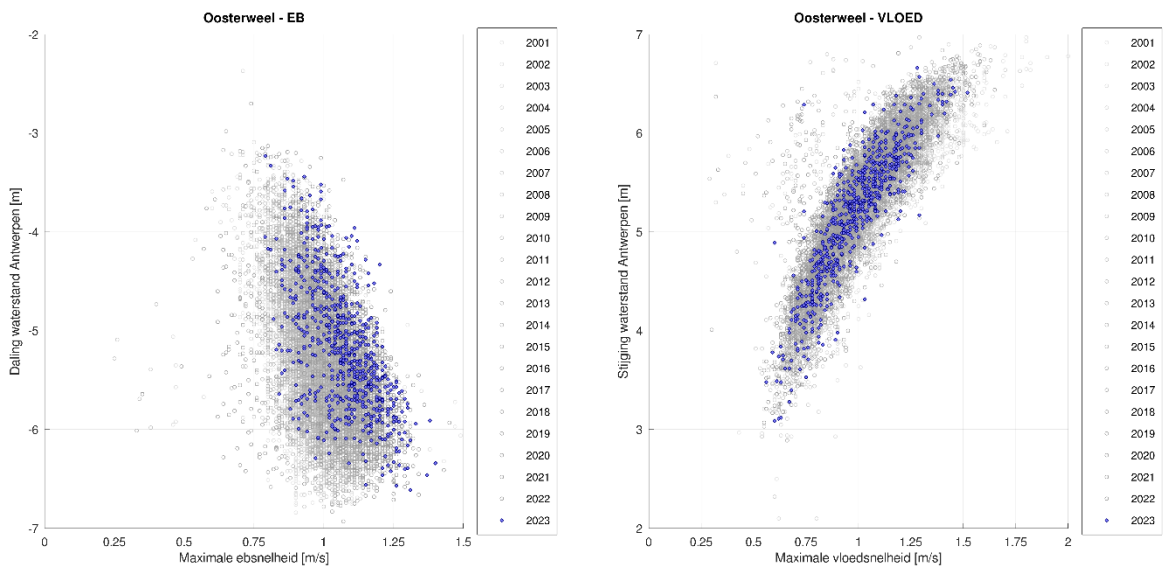
Figuur 38 – Evolutie jaarstatistieken (gemiddelde als bolletje weergegeven) voor stroomsnelheid tijdens vloed en eb voor Oosterweel-Boven.

Figuur 39 toont het verband tussen de maximale stroomsnelheid in Oosterweel tijdens een getijfase en het overeenkomstige peilverschil t.h.v. de nabij gelegen tijpost in Antwerpen. Dit toont dat, wat verwacht wordt, er bij grotere tijverschillen er ook hogere maximale stroomsnelheden worden geregistreerd. Wat in deze figuren echter opvalt is dat de puntenkoppels van 2023 bij vloed mooi verspreid zijn over de historische puntenwolk. Bij eb, daarentegen, liggen de koppels uit 2023 aan de rechterzijde van de wolk. Dat betekent dat de maximale snelheid tijdens eb in 2023 historisch gezien aan de hoge kant is.

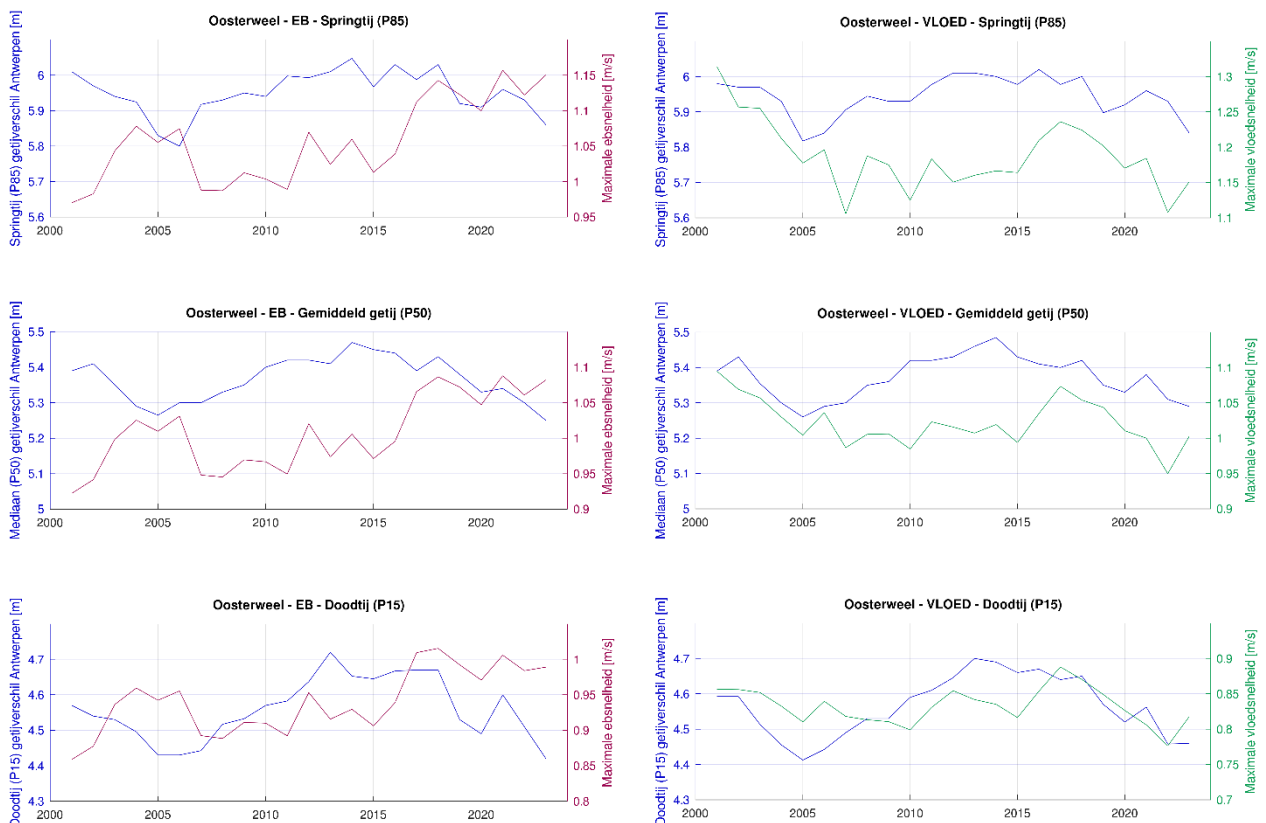
Dit wordt bevestigd door Figuur 39 en Figuur 40. Door een model doorheen de punten te fitten (lineair voor eb, kwadratisch voor vloed) kan voor elke tijverschil een overeenkomstige maximum snelheid bepaald worden. Voor deze figuren is jaarlijks de maximum snelheid bepaald a.h.v. de P15 (doodtij), P50 (gemiddeld tij) en P85 (springtij) van de tijverschillen.

Tijdens eb is de maximale stroomsnelheid in 2017 sterk toegenomen t.o.v. de voorafgaande jaren en dat voor zowel doottij, gemiddeld tij en springtij. Sindsdien is dat min of meer op hetzelfde niveau gebleven. Bij vloed merk je deze toename ook in 2017. Echter, in de daaropvolgende jaren neemt de maximale stroomsnelheid geleidelijk weer af.

Uit een eenvoudige vergelijking met voorgaande jaren is er niet onmiddellijk een relatie met de verhoogde bovenafvoer. B.v. 2016 was ook gekenmerkt door een verhoogde bovenafvoer zonder hogere ebstroming. Het omgekeerde gold voor 2019 en 2020. Verder onderzoek is nodig om de oorzaak te identificeren. Hierbij dient de rol van veranderingen in getijvoortplanting en veranderingen in (lokale) topo-bathymetrie als potentiële verklaring onderzocht te worden. Dergelijke gedetailleerde analyses passen echter niet binnen het doel van een 'factual data report' dat dit Moneos rapport is.



Figuur 39 – Maximale stroomsnelheid t.o.v. het getijverschil tijdens de getijfasen: eb (links) en vloed (rechts)
Blauwe markers zijn punten van jaar 2023, voorgaande jaren in het grijs



Figuur 40 – Verloop van het getijverschil en de maximale stroomsnelheid tijdens eb en vloed bij springtij, gemiddeld tij en doodtij

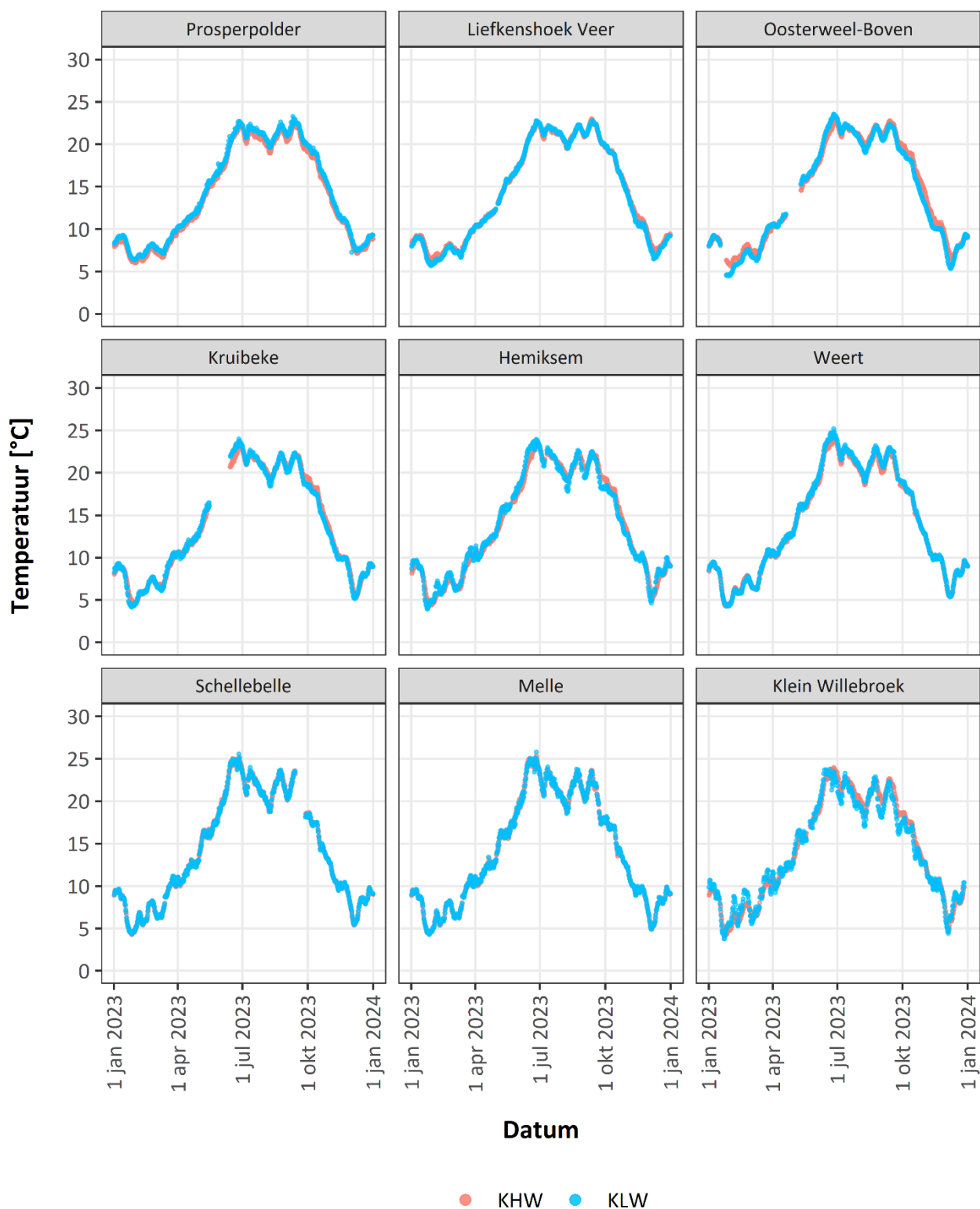
4.1.5 Verloop watertemperatuur

Het temperatuursverloop tijdens KHW en KLW over een volledig jaar toont voor alle meetstations een seizoenale trend die duidelijk gecorreleerd is met de luchttemperatuur (Figuur 41). Tijdens de wintermaanden ligt de (gemiddelde) temperatuur van de afwaartse posten (Prosperpolder, Liefkenshoek Veer en in beperkte mate Oosterweel Boven) hoger dan deze van de meer stroomopwaartse posten, in de zomermaanden zijn de pieken net lager (Figuur 41). De minimum watertemperaturen tijdens de wintermaanden schommelen algemeen rond de 4°C, met uitzondering van de meer afwaartse posten waar deze rond de 6°C blijft hangen.

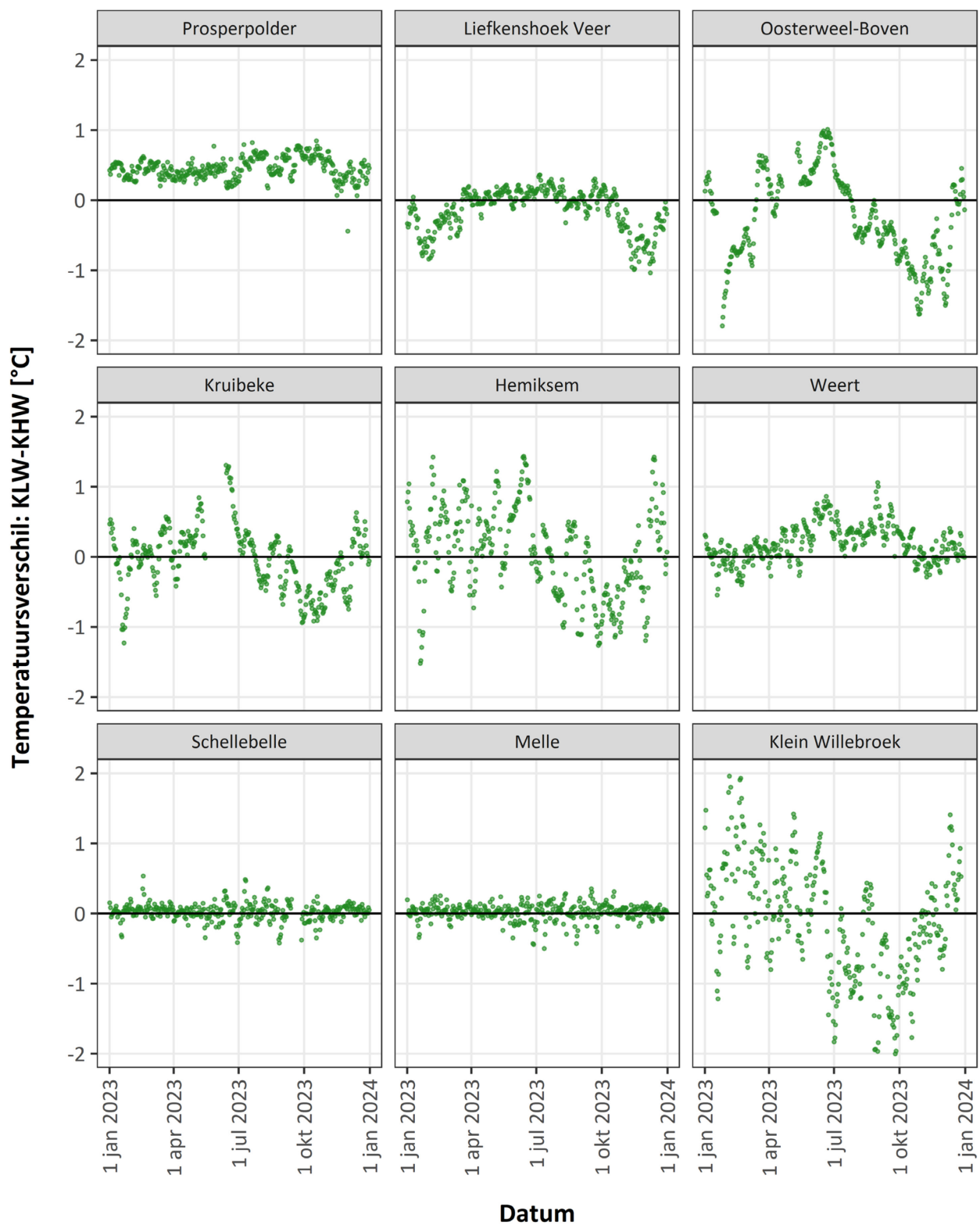
De hoogste watertemperatuur wordt bereikt tijdens de zomermaanden met waarden in de range van 20-25° C, waarbij in juni voor de meetposten Weert, Schellebelle en Melle watertemperaturen van zelfs net boven de 25 °C worden geregistreerd (Figuur 41). De jaarstatistieken tonen weinig variatie tussen de stations onderling, hoewel de spreiding van de boxplots licht toeneemt naarmate men stroomopwaarts gaat (Figuur 43). Dit heeft te maken met de grotere impact van de bovenafvoer stroomopwaarts en de bufferende werking van het zeewater stroomafwaarts.

De bufferende werking van het zeewater is daarnaast ook zichtbaar in het temperatuurverschil tussen KLW en KHW doorheen het jaar. Voor het afwaartse stations Prosperpolder is de temperatuur tijdens KLW altijd hoger dan tijdens KHW (Figuur 42). Het kleinere watervolume tijdens KLW zal relatief gezien steeds 'warmer' zijn dan het grotere volume dat het estuarium binnenkomt met 'koudere' zeewater. Dit verschil tussen KLW en KHW is het grootst tijdens de zomer. Voor de stations die zowel beïnvloed worden door zout water vanuit de Noordzee als zoet water van opwaarts (Oosterweel, Kruibeke, Hemiksem, Weert, en in mindere mate Liefkenshoek-Veer en Klein-Willebroek) is de temperatuur in het najaar en in de winter tijdens KLW lager dan tijdens KHW. Dit komt omdat het opwaartse aangevoerde zoet water zich sneller heeft aangepast aan de omgevingstemperatuur tijdens het najaar en dus sneller kouder wordt (want kleiner volume dan de zee). Tijdens KLW (na de ebfase) is het aandeel van opwaarts aangevoerd zoet water het grootst en zijn de temperaturen bijgevolg lager dan tijdens KHW. In het voorjaar doet zich het omgekeerde voor en is het opwaartse aangevoerde zoet water sneller opgewarmd dan het zeewater. Bijgevolg is de temperatuur bij KLW hoger dan bij KHW. Dit verschil wordt kleiner naar de zomer toe aangezien de zee zich dan ook heeft aangepast aan de omgevingstemperatuur. De opwaartse stations Schellebelle en Melle worden niet beïnvloed door zout water (zie ook Figuur 42) waardoor er bijgevolg geen temperatuurverschil is tussen KHW en KLW.

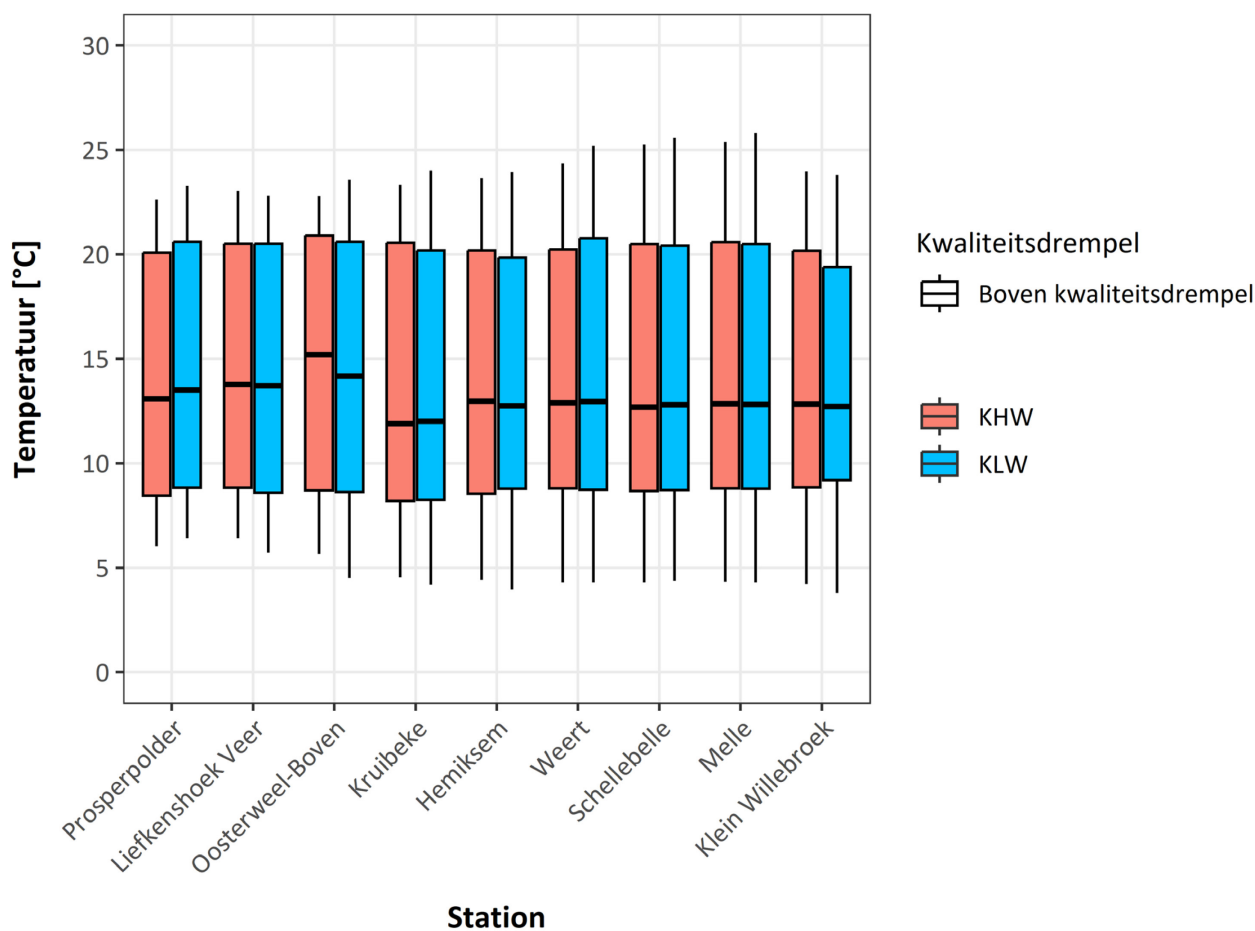
Tenslotte geven Figuur 44 en Figuur 45 de evolutie in jaarstatistieken weer voor de verschillende meetstations (Gemiddelden bij KHW/KLW). De resultaten voor 2023 liggen voor alle meetposten in lijn met voorgaande jaren.



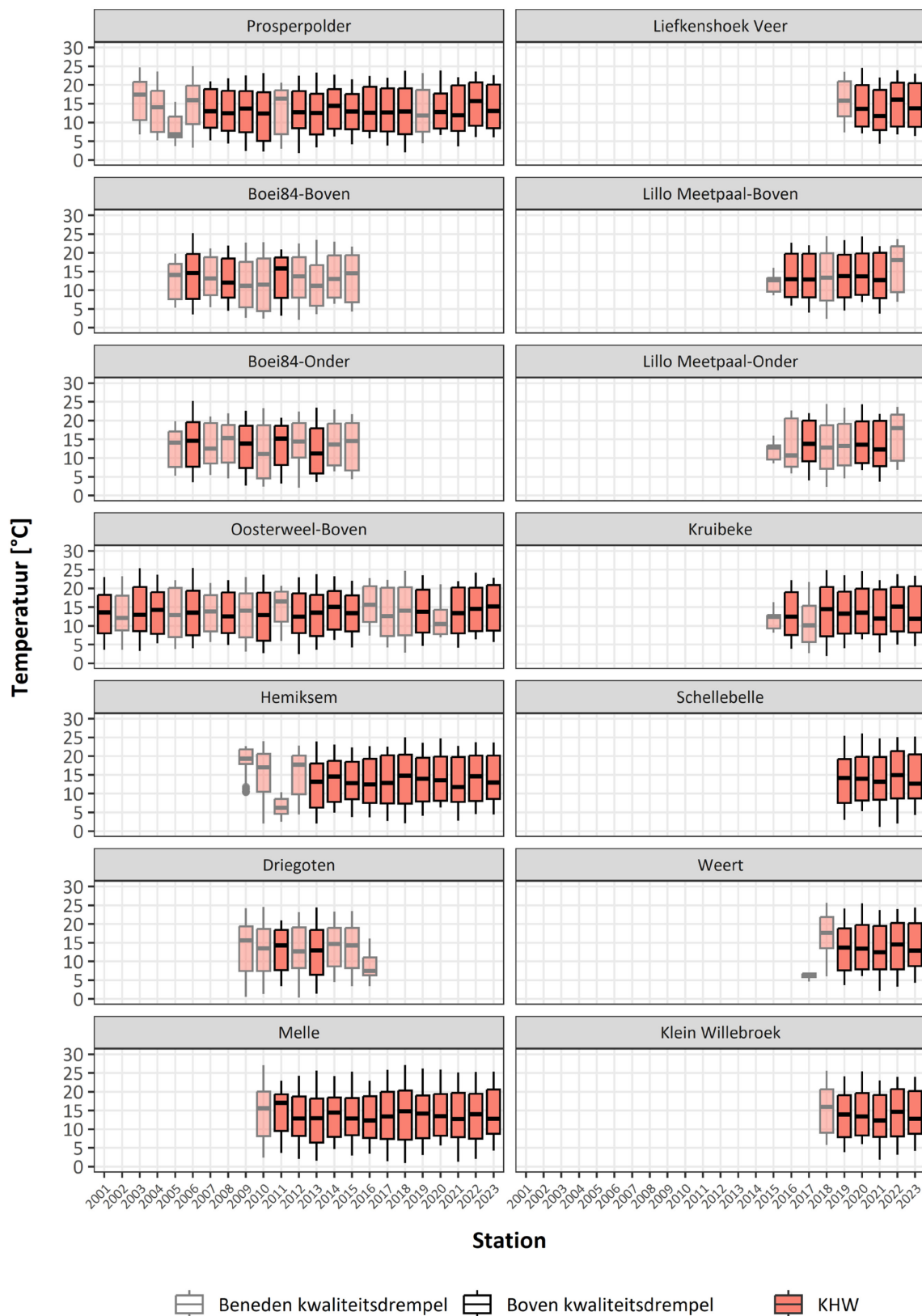
Figuur 41 – Seizoenaal verloop temperatuur bij KHW en KLW (gemiddeldes) voor de verschillende meetstations in 2023.



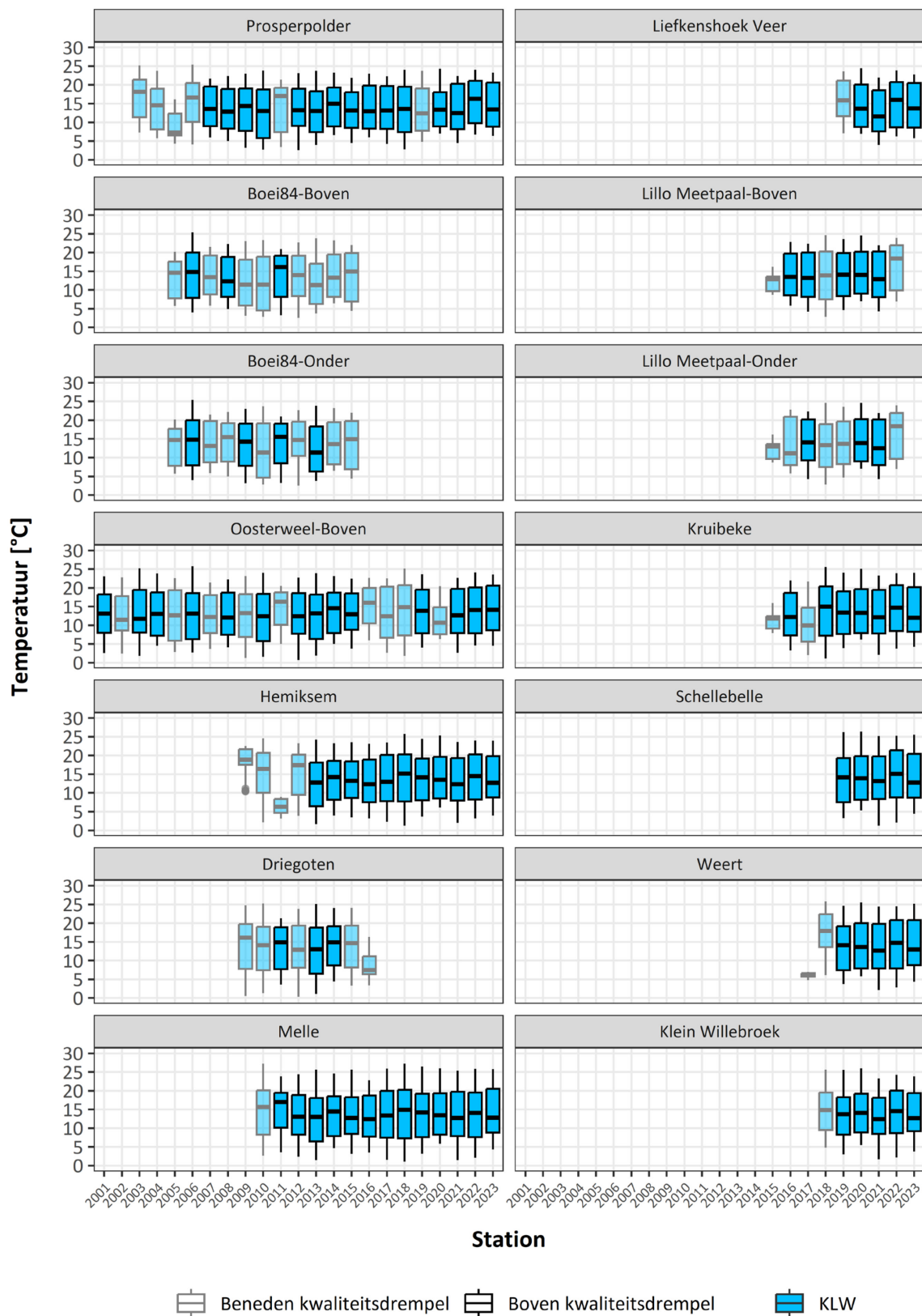
Figuur 42 – Seizoenaal verloop temperatuursverschil tussen KLW en KHW (gemiddeldes KLW min gemiddeldes KHW) voor de verschillende meetstations.



Figuur 43 – Jaarstatistieken voor temperatuur KHW en KLW (gemiddeldes) voor de verschillende meetstations.



Figuur 44 - Evolutie jaarstatistieken (gemiddelde als bolletje weergegeven) voor watertemperatuur tijdens KHW voor de verschillende meetstations.



Figuur 45 - Evolutie jaarstatistieken (gemiddelde als bolletje weergegeven) voor watertemperatuur tijdens KWL voor de verschillende meetstations

4.1.6 Verloop saliniteit

Op basis van de conductiviteit- en temperatuurmetingen wordt de saliniteit berekend gebruik makende van de UNESCO formule. Deze formule is opgesteld voor standaard oceaanwater en is nauwkeurig binnen het bereik 2-42 PSU⁴. Voorzichtigheid is dus geboden bij de interpretatie van PSU waarden < 2 (Meire *et al.*, 2022).

Algemeen is er een duidelijke saliniteitsgradiënt doorheen het Schelde estuarium. Afwaartse stations (grootste invloed zeewater) hebben een hogere saliniteit dan de opwaartse stations (Figuur 47). Daarnaast is het saliniteitverloop doorheen het jaar duidelijk geassocieerd met de aanvoer van zoet water vanuit de bovenlopen. Tijdens de wintermaanden (hogere bovenafvoer) is de saliniteit in het estuarium lager dan tijdens de zomermaanden (Figuur 46). Binnen een individuele getijcyclus is de aanvoer van zout water maximaal op het einde van de vloed, waardoor de saliniteitswaarden tijdens KHW hoger liggen dan tijdens KLW.

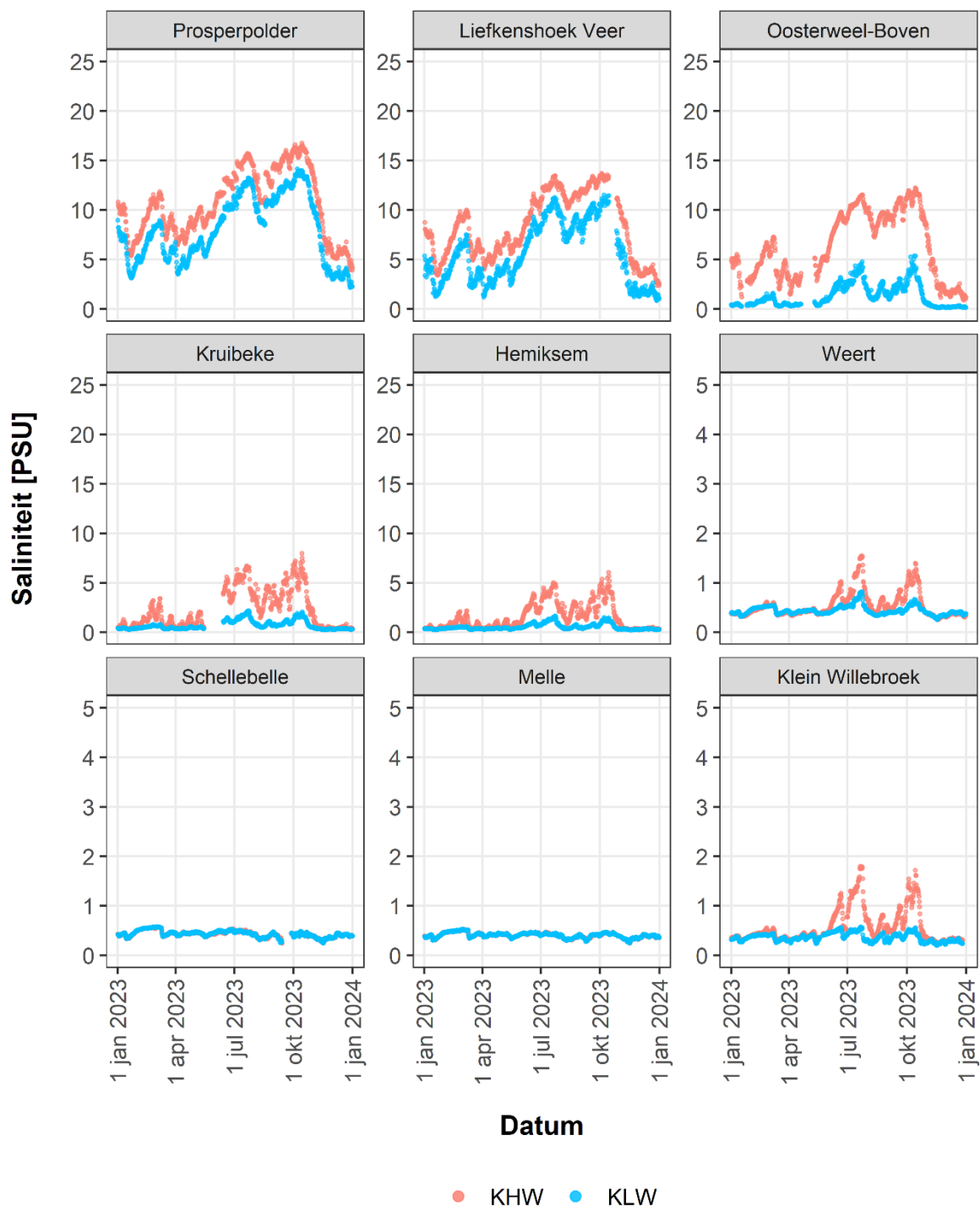
Voor het jaar 2023 tonen de eerder afwaartse posten een lagere saliniteit begin januari, in de maand april, in de periode augustus begin september en eind december (Figuur 46). De aanvoer van zoet water richting Schelde estuarium was in deze maanden ook hoog (zie §3, Figuur 18, Figuur 22 en Figuur 24). Tijdens de zomermaanden stijgt de saliniteit tot 17 PSU bij KHW voor Prosperpolder. De periode van verhoogde bovenafvoer in de periode augustus – begin september is duidelijk zichtbaar in alle posten met een daling van de saliniteit.

T.o.v. 2022 liggen de saliniteitswaarden algemeen genomen een stuk lager en ook wanneer de langjarige evolutie in KHW (maximale waarde) en KLW (minimale waarde) voor de verschillende meetposten wordt beschouwd, liggen deze aan de lage kant van de range (Figuur 49 - Figuur 50). Bij Oosterweel is de intragetijvariatie, het verschil tussen kentering hoogwater en kentering laagwater, beduidend groter dan op andere locaties. Het verschil kan hier oplopen tot ± 7 PSU, terwijl dit bij de overige meetposten eerder beperkt blijft tot 2 PSU.

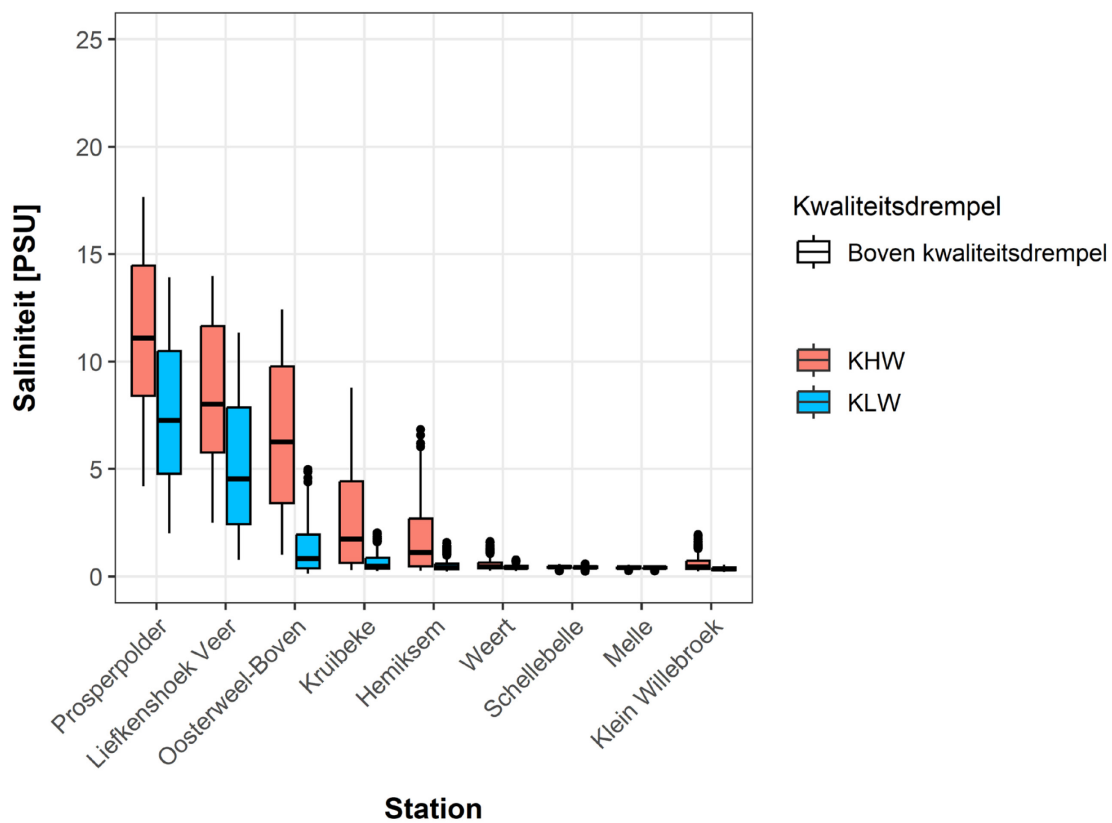
De relatie tussen de bovenafvoer en de saliniteit wordt ook weergegeven in Figuur 48. Er is gekozen om deze relatie weer te geven voor Oosterweel, aangezien hiervoor de langste dataset (continue metingen sinds 2002) beschikbaar is. De relatie tussen de saliniteit bij kentering hoogwater en de verblijftijd (Figuur 48 - links) toont een toename in saliniteit bij toenemende verblijftijden. De puntenkoppels voor 2023 vallen binnen de variatie die ook voor de eerdere jaren terug te vinden is. De relatie tussen de saliniteit bij kentering hoogwater en de bovenafvoer (Figuur 48 – rechts) toont een (eerder exponentiële) afname in saliniteit bij toenemende bovenafvoer. Met name bij een bovenafvoer beneden 50 m³/s is deze relatie duidelijk aanwezig, voor hogere bovenafvoeren is de spreiding aanzienlijk. De puntenkoppels voor 2023 vallen ook hier binnen de variatie die ook voor de eerdere jaren terug te vinden is.

Een overzicht van de jaarstatistieken is terug te vinden in Overzicht jaarstatistieken .

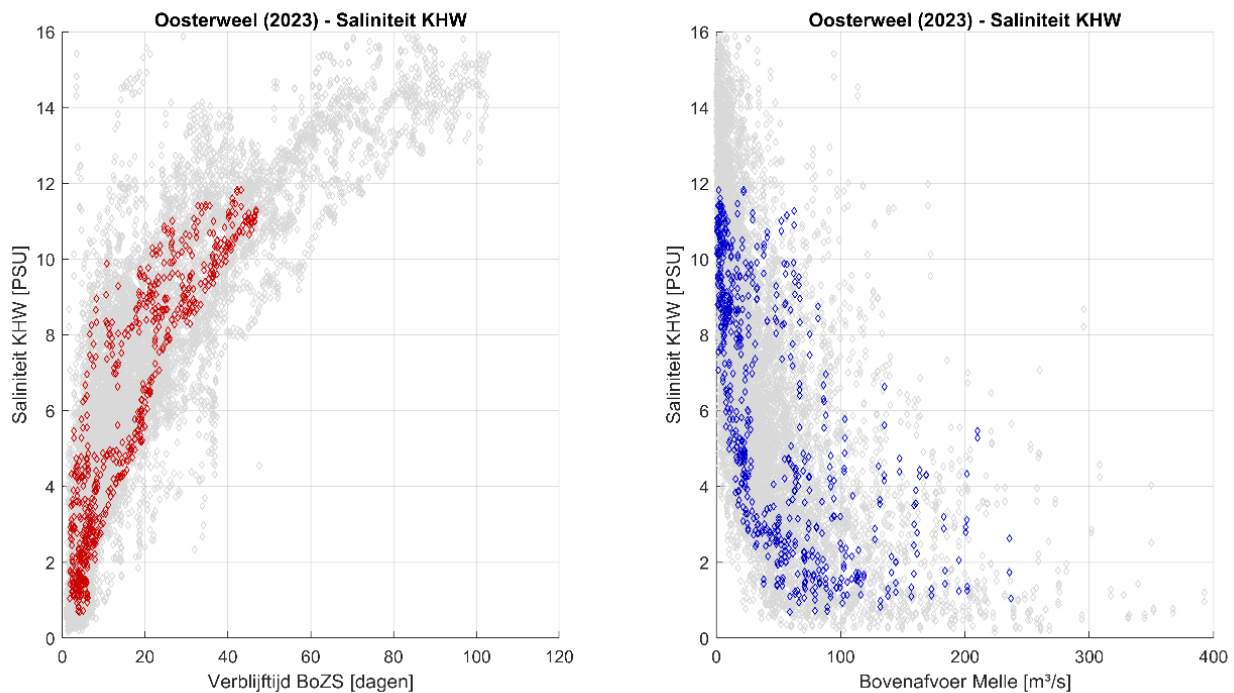
⁴ Practical Salinity Unit. Zeewater is euhalien en reikt van 30-35 PSU. Brak water heeft een saliniteit van 0,5 tot 29 PSU wat volgens het *Venice System* verder kan onderverdeeld worden in: polyhalien (30-18 PSU), mesohalien (18-5 PSU) en oligohalien (5-0,5 PSU). Meer info in De Boeck *et al.* (2014).



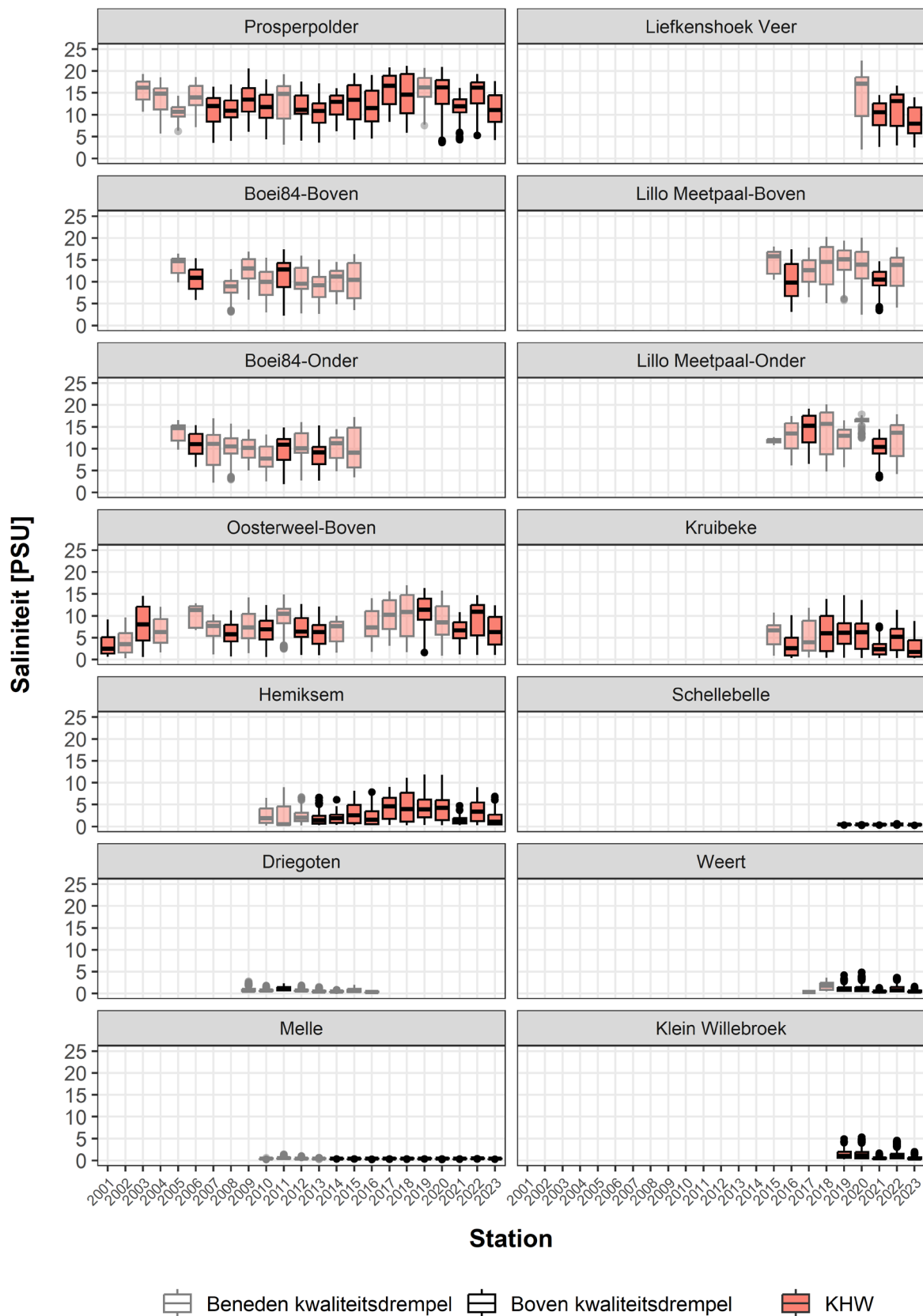
Figuur 46 – Seizoenaal verloop (gemiddelde) van de saliniteit KHW max en KLW min voor 2023 bij de verschillende meetstations.



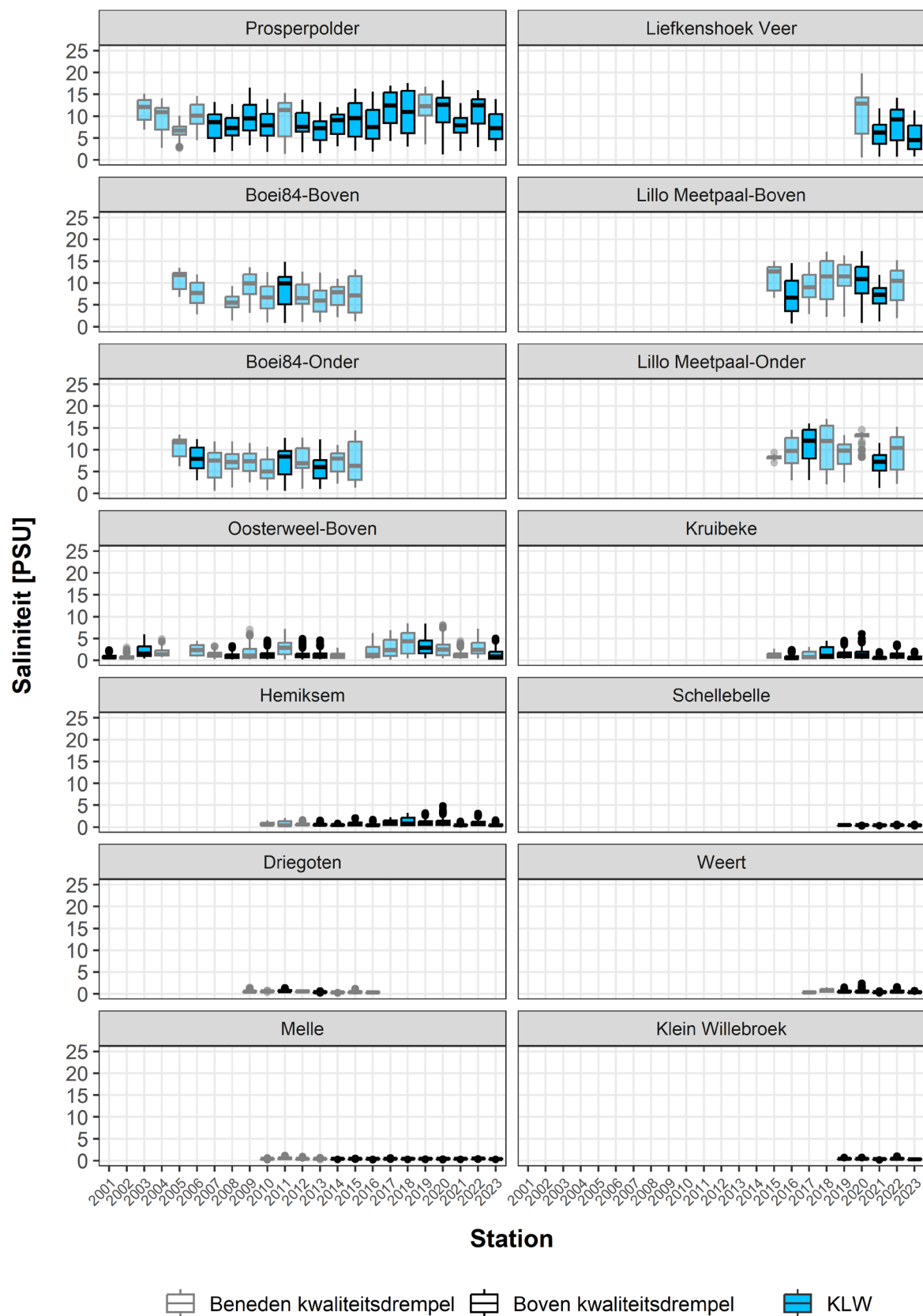
Figuur 47 – Jaarstatistieken (2023) voor saliniteit KHW max en KWL min voor de verschillende meetstations.



Figuur 48 – Relatie tussen de saliniteit te Oosterweel bij kentering hoogwater en de verblijftijd (links) en de bovenafvoer (rechts) Gekeurde markers tonen waarden voor het laatste jaar (2023), grijze markers is de periode hiervoor.



Figuur 49 - Evolutie jaarstatistieken voor saliniteit bij KHW max voor de verschillende meetstations



Figuur 50 - Evolutie jaarstatistieken voor saliniteit bij KLV min voor de verschillende meetstations

4.1.7 Verloop suspensiegehalte (SSC)

Op basis van de continue turbiditeitsmetingen kan een turbiditeitssignaal omgezet worden naar waarden in zwevende stof gehalte (= Suspended Sediment Concentration = SSC, uitgedrukt in mg/l). Om de turbiditeit om te zetten naar SSC voert het WL ter hoogte van de verschillende turbiditeit meetstations kalibratiecampagnes uit, en dit één of meerdere keren per jaar. Een overzicht van de kalibratiecampagnes en de opgestelde kalibratiecurves voor het jaar 2023 is terug te vinden in Bijlage E: Kalibratie Turbiditeit – SSC.

De methode om de kalibratiecurves op te stellen is recent bijgesteld om een betere relatie te bekomen met de geobserveerde statistieken en eigenschappen van de data (van den Bergh *et al.*, *in prep.*). Zo worden enkel de 6 meest recente campagnes gebruikt voor het vormen van de kalibratiecurve, en wordt er niet langer gebruik gemaakt van de methode van de kleinste kwadraten, maar van een mediaan regressie. Dit levert eenzelfde type relatie op, echter, is ze meer robuust tegen de niet normale fouten verdelingen die in de data geobserveerd worden. Tevens worden nu enkel de vaste toestellen gebruikt voor het opbouwen van de curve omdat deze een betere relatie hebben met de feitelijk gemeten turbiditeit.

Verwacht wordt dat het SSC gehalte tijdens de kenteringsmomenten duidelijk lager is dan tijdens de vloed- en eb fase. Tijdens kentering gaat de stroomsnelheid immers naar nul, waardoor het sediment uitzakt richting bodem en de SSC waarden lager worden. Tijdens vloed en eb neemt de stroomsnelheid weer toe, wordt het sediment opgewoeld en zijn de SSC waarden in de waterkolom opnieuw hoger. De lagere waarden bij kentering en hogere waarden bij vloed/eb zijn duidelijk te zien op Figuur 51 t.e.m. Figuur 56.

In maart is er een duidelijke piek in suspensiegehalte te zien in alle meetposten (met uitzondering van Weert en Klein-Willebroek). Deze piek kan verklaard worden door de verhoogde bovenafvoer die worden geregistreerd voor de periode van 1/03/2023 – 1/04/2023. Vooral bij Oosterweel worden zeer hoge waarden waargenomen, tot 600 mg/l. Deze zijn waarschijnlijk veroorzaakt door stortingen in de nabijheid en minder met de bovenafvoer. Een tweede piek in SSC doet zich voor midden mei. Vooral bij de meetpost Oosterweel-Boven is deze zeer uitgesproken (meer dan 300 mg/l), bij Liefkenshoek Veer en Kruibeke is deze beperkter (tot rond de 100 mg/l). Overige pieken in Oosterweel zijn deze rond midden augustus en in november, vooral deze laatste is in meerdere posten terug te vinden (Figuur 51 en Figuur 52).

De SSC varieert zowel in tijd als ruimte, waarbij de verplaatsing van het estairien turbiditeitsmaximum (ETM) veroorzaakt wordt door variatie in bovenafvoer. Bij een klassieke verloop van de bovenafvoer, zorgen de hogere bovenafvoeren in de winter er voor dat het ETM meer afwaarts (~ Beneden-Zeeschelde tussen KM 60-90) komt te liggen in de winter en het voorjaar. De periode van lagere bovenafvoer vanaf het voorjaar en in de zomer, zorgt ervoor dat het ETM meer opwaarts (afwaartse deel van de Boven-Zeeschelde tussen KM 90-120) komt te liggen. Gelet op het verschil in watervolume in de Beneden-Zeeschelde en de Boven-Zeeschelde, zal de verhoging in de Boven-Zeeschelde meer uitgesproken zijn dan deze in de Beneden-Zeeschelde. Daarnaast is in de Beneden-Zeeschelde een invloed waar te nemen van de stortingen van (vooral slibrijke) onderhoudsbaggerspecie (zie Intermezzo I).

Voor de opwaartse stations Weert, Schellebelle en Melle is een verhoging van het SSC gehalte waarneembaar tijdens de maanden juli-november, vooral in Weert is een duidelijke verhoging waarneembaar tijdens KLW en de eb fase (Figuur 51 t.e.m. Figuur 53). In 2022 was deze verhoging reeds zichtbaar vanaf mei, gezien de lange periode aan verhoogde bovenafvoer (begin maart tot midden april) en de piek in bovenafvoer midden mei treedt deze verhoging in 2023 pas op begin juli. Deze variatie komt overeen met de hierboven beschreven dynamica van het ETM: tijdens de winter is dit gelegen afwaarts Weert; wanneer de bovenafvoer afneemt in de loop van het voorjaar-zomer (nu eerder zomer) migreert het ETM opwaarts, wat resulteert in hogere SSC waarden voor de stations Weert, Schellebelle en Melle. Vanaf het moment dat de bovenafvoer terug toeneemt (najaar) resulteert dit bijna onmiddellijk in een afname in SSC voor deze stations.

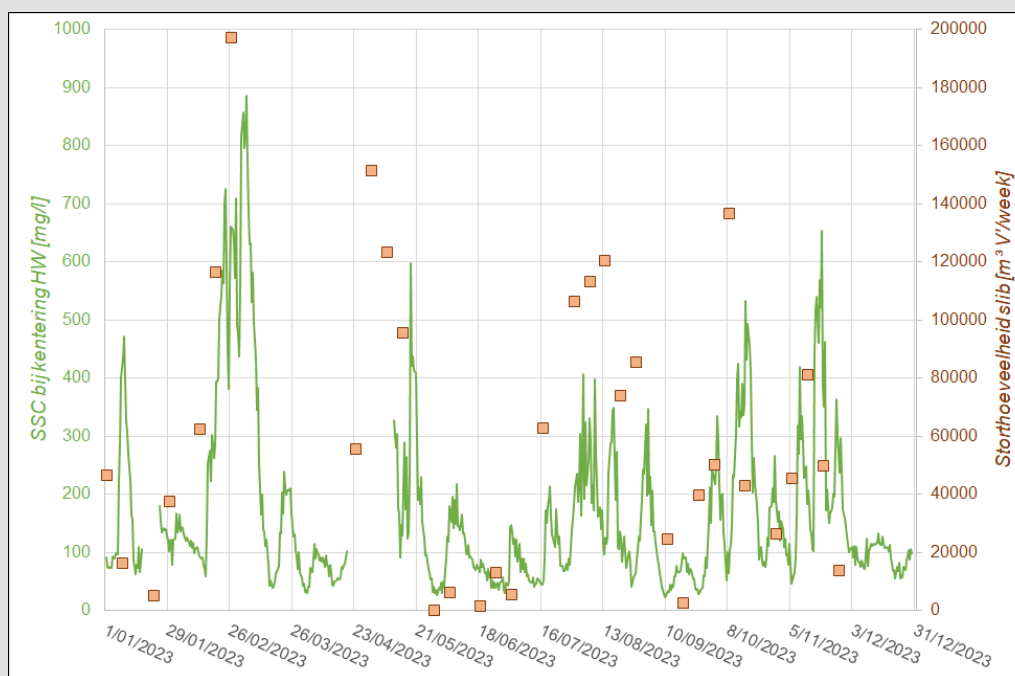
In 2023 worden de hoogste gemiddelde SSC waarden waargenomen ter hoogte van Oosterweel-Boven (> 1 000 mg/l) en Melle (tot 800 mg/l) (Figuur 52 en Figuur 55). Bij een vergelijking van de absolute waarden tussen de stations onderling is het belangrijk om mee te geven dat de positie van het meettoestel in de waterkolom niet overal dezelfde is (zie Tabel 9). Voor éénzelfde locatie liggen over het algemeen de concentraties nabij oppervlak lager dan nabij bodem.

Tenslotte geven Figuur 57 en Figuur 58 de evolutie in jaarstatistieken voor SSC respectievelijk voor KHW min en KLW min. Hoewel de resultaten van 2023 binnen de range vallen met voorgaande jaren liggen ze, met uitzondering van Melle, eerder aan de lage kant. Ook Melle volgt dit patroon, maar deze heeft in verhouding een zeer grote spreiding (indien rekening houdend met outliers).

INTERMEZZO I – stortingen onderhoudsbaggerspecie

Om de toegankelijkheid tot de haven van Antwerpen te garanderen worden er in opdracht van de Maritieme Toegang onderhoudsbaggerwerkzaamheden uitgevoerd. Hierbij wordt een onderscheid gemaakt tussen “zand” en “slib”. Waar de zanderige specie zich eerder als bodemtransport zal verplaatsen, zal het slib voornamelijk in suspensie getransporteerd worden. Op deze manier zal vooral het slib een invloed kunnen hebben op de SSC nabij de stortlocaties. In 2023 zijn er slechts 2 stortlocaties gebruikt: Ketelputten (bij vloed) en Punt van Melsele (bij eb). Tot en met 2021 werd ook de stortlocatie bij Oosterweel gebruikt, maar omwille van de werken in het kader van de Oosterweeltunnel wordt deze locatie niet meer gebruikt. In 2023 is in totaal 2,01 Mm³ V' (V' is een “herleid” volume omgerekend naar een vaste densiteit van 2 t/m³) aan slibrijke specie gestort, wat 14% meer is dan in 2022, maar 15 tot 20% minder dan in 2020 en 2021 (resp. 2,49 Mm³ V' en 2,42 Mm³ V').

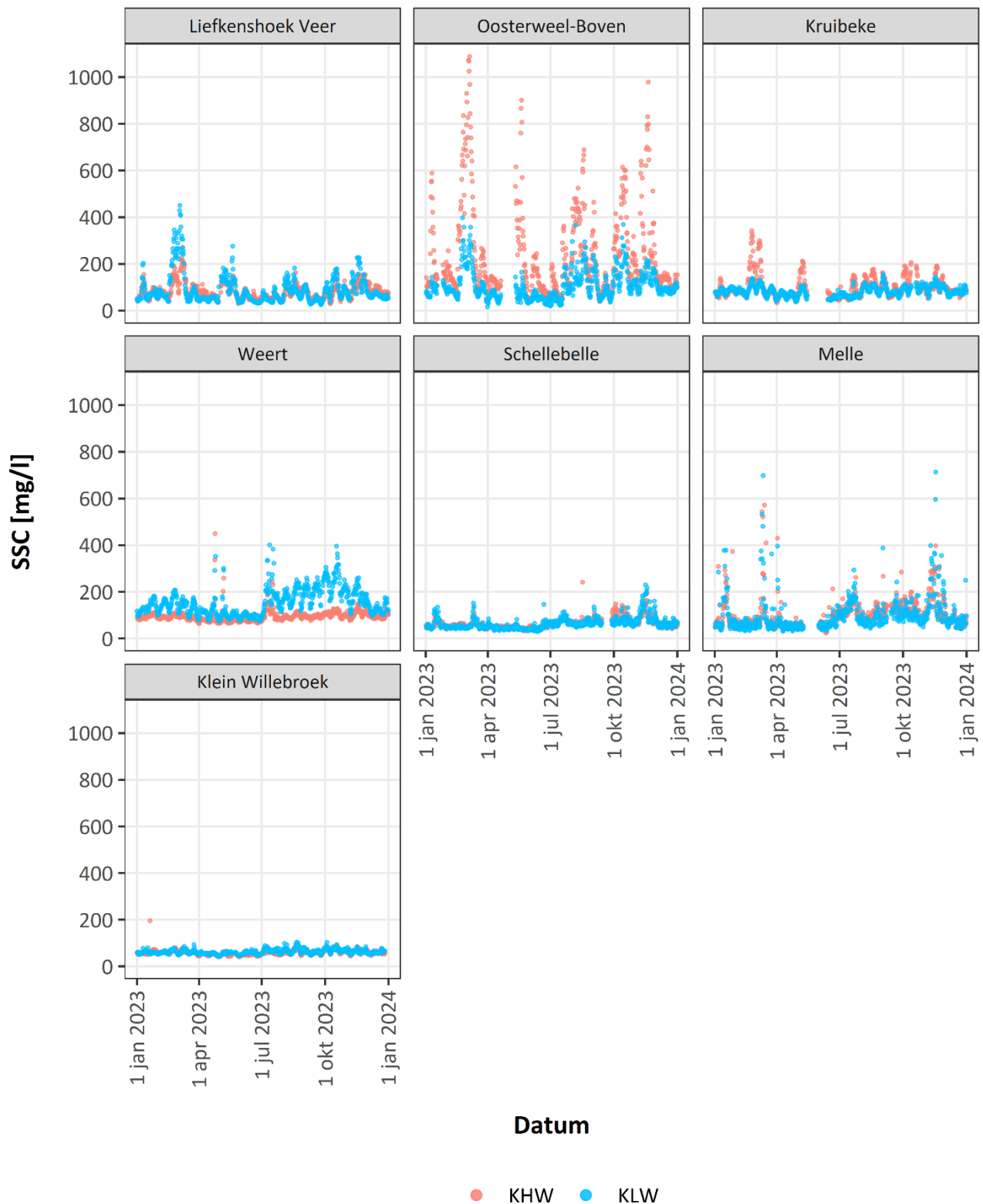
Onderstaande figuur geeft de variatie in sedimentconcentratie bij kentering hoogwater weer voor het station Oosterweel, gelegen in de nabijheid van beide stortlocaties. Hierop is te zien dat de stortingen doorheen het jaar plaats vinden met verhoogde volumes in februari, mei, juli-augustus en oktober. Tijdens deze periodes is er ook een lichte tot aanzienlijke toename te zien in de SSC. Naast de invloed van de stortingen, zal de SSC ook variëren onder invloed van de bovenafvoer of verblijftijd en de getijfactor.



Figuur – Variatie van SSC te Oosterweel en dagelijkse storthoeveelheid slib



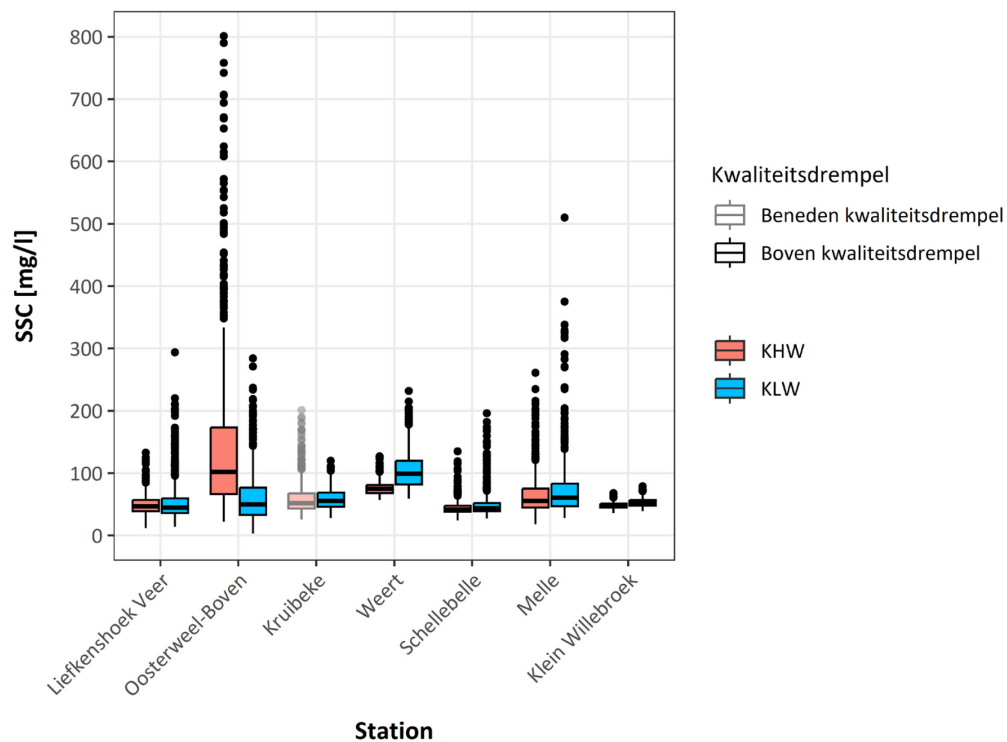
Figuur 51 – SSC (minima) verloop in 2023 tijdens KHW en KLW voor de verschillende meetstations.



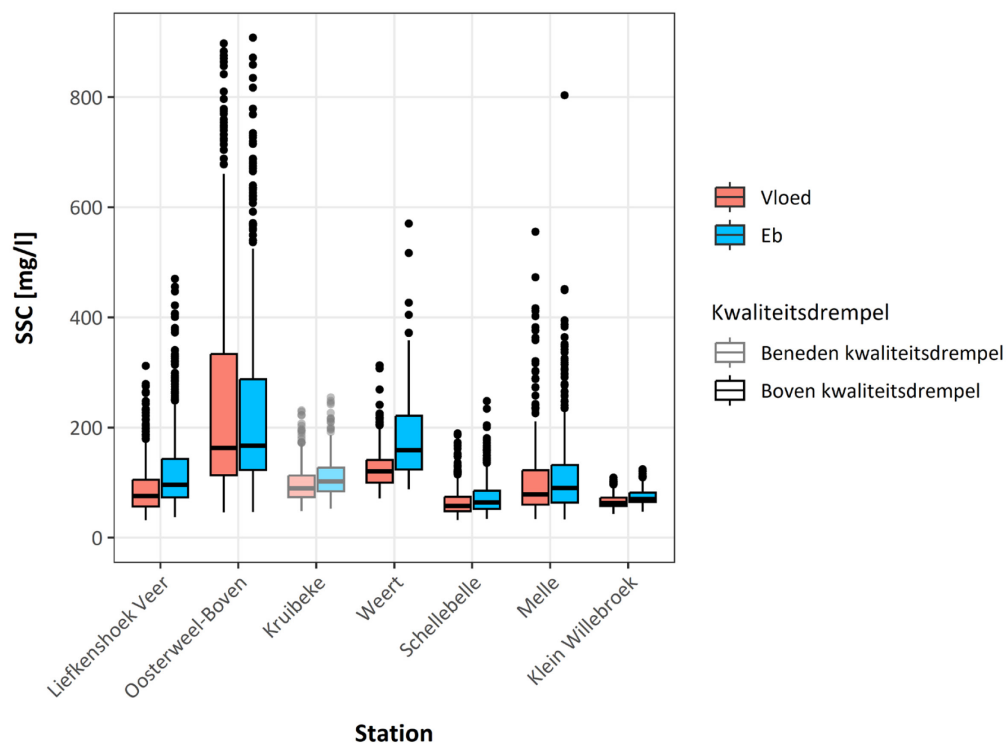
Figuur 52 – SSC (gemiddelde) verloop in 2023 tijdens eb enloed voor de verschillende meetstations.



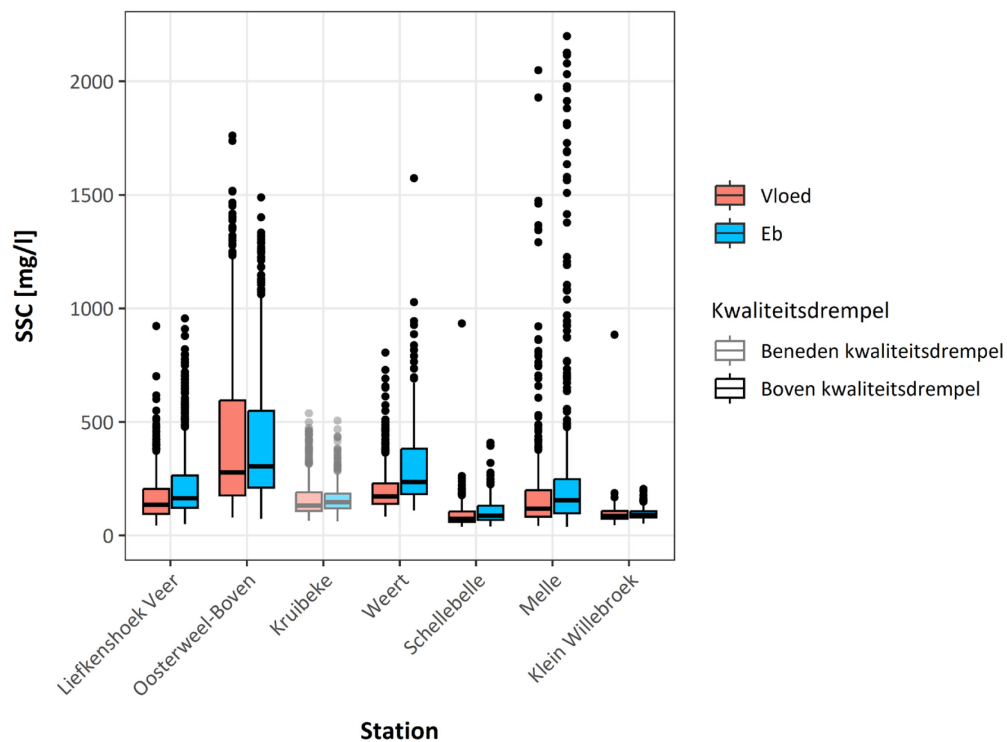
Figuur 53 – SSC (maxima) verloop in 2023 tijdens eb/vloed voor de verschillende meetstations.



Figuur 54 – Jaarstatistiek (2023, percentielen) voor SSC tijdens KHW en KLW (minima) voor de verschillende meetstations.



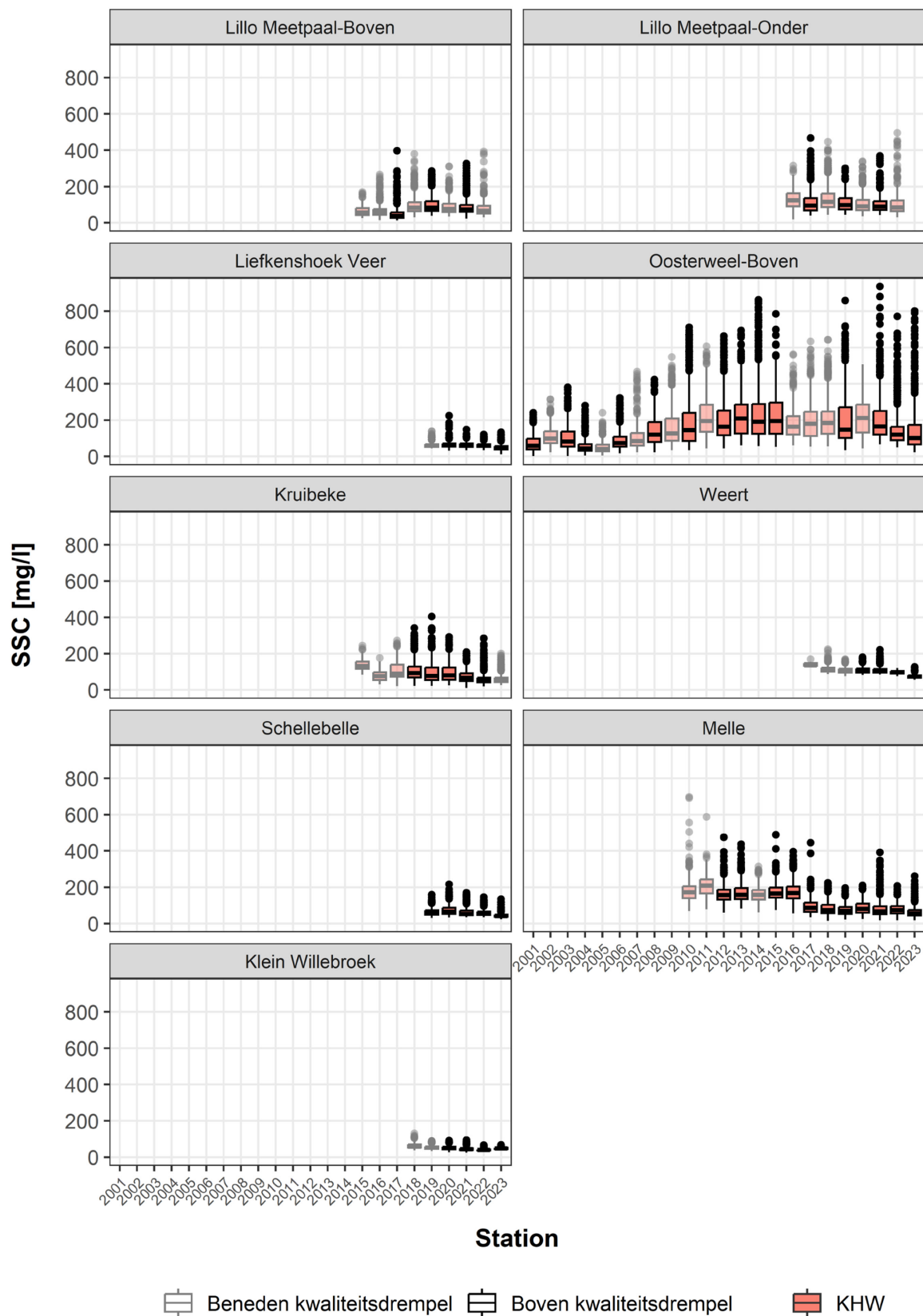
Figuur 55 – Jaarstatistiek (2023, percentielen) voor SSC tijdens vloed en eb (gemiddeldes) voor de verschillende meetstations.



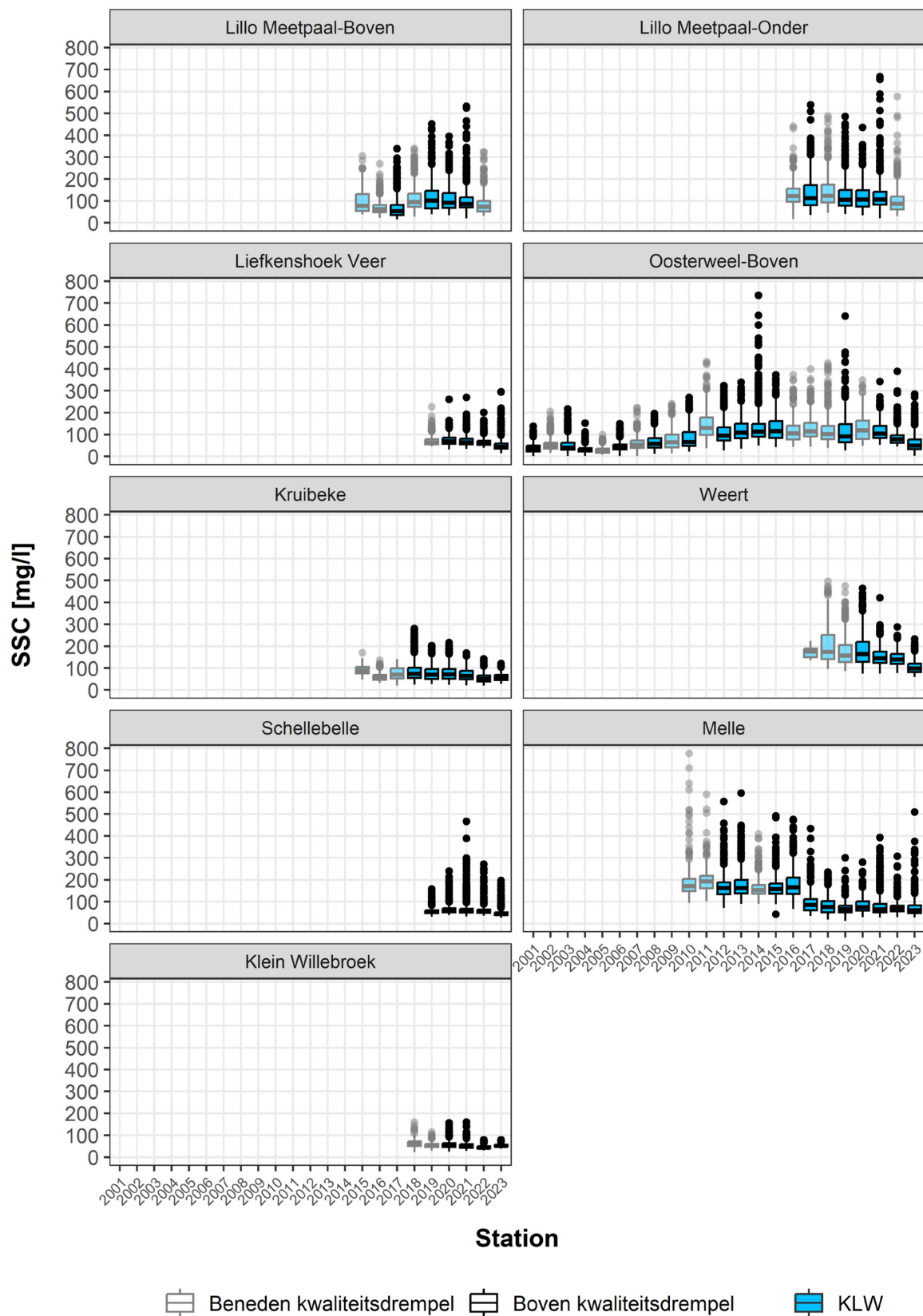
Figuur 56 – Jaarstatistiek (2023, percentielen) voor SSC tijdens vloed en eb (maxima) voor de verschillende meetstations.

Tabel 12 – Overzicht jaarstatistiek (2023) voor SSC (in mg/l) tijdens KHW/KLW (minimum) en vloed/eb (gemiddeld/maximum) voor de verschillende meetstations.

Station	% geschikte data		Kentering (minimum)		% geschikte data		Eb		Vloed	
	KHW	KLW	KHW	KLW	Vloed	Eb	Gemiddeld	Maximum	Gemiddeld	Maximum
Liefkenshoek Veer	98	97,7	49 ± 15	54 ± 31	97,9	97,2	121 ± 72	218 ± 150	87 ± 43	166 ± 102
Oosterweel-Boven	92,1	91,2	149 ± 136	61 ± 40	91,2	91,2	229 ± 163	413 ± 288	242 ± 184	428 ± 340
Kruibeke	89,9	90,1	60 ± 26	59 ± 17	89,9	89,8	109 ± 34	160 ± 62	97 ± 32	164 ± 84
Weert	99,4	99,3	75 ± 10	103 ± 29	99,3	99,3	176 ± 64	289 ± 150	124 ± 33	197 ± 91
Schellebelle	95,6	95,6	45 ± 13	51 ± 22	95,2	95,2	74 ± 30	103 ± 48	65 ± 24	89 ± 50
Melle	92,4	92,4	65 ± 32	75 ± 51	92,2	92,2	110 ± 71	256 ± 344	99 ± 61	176 ± 200
Klein Willebroek	95,8	94,2	48 ± 5	53 ± 6	94,8	93,8	74 ± 13	95 ± 22	66 ± 12	92 ± 39



Figuur 57 - Evolutie jaarstatistieken voor SSC bij KHW min voor de verschillende meetstations.

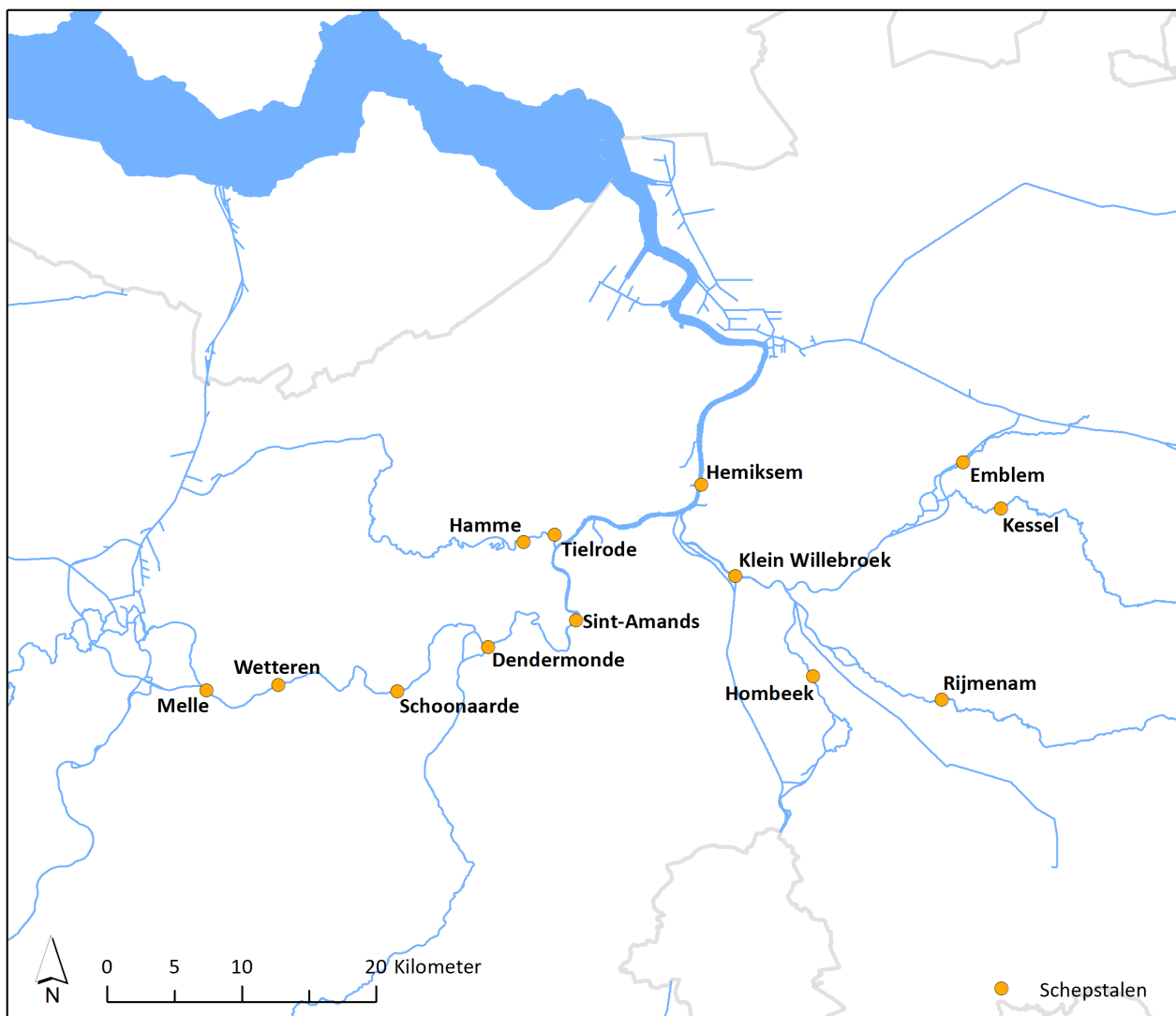


Figuur 58 - Evolutie jaarstatistieken voor SSC bij KLW min voor de verschillende meetstations.

4.2 Periodieke metingen (laagfrequent) aan wateroppervlak

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

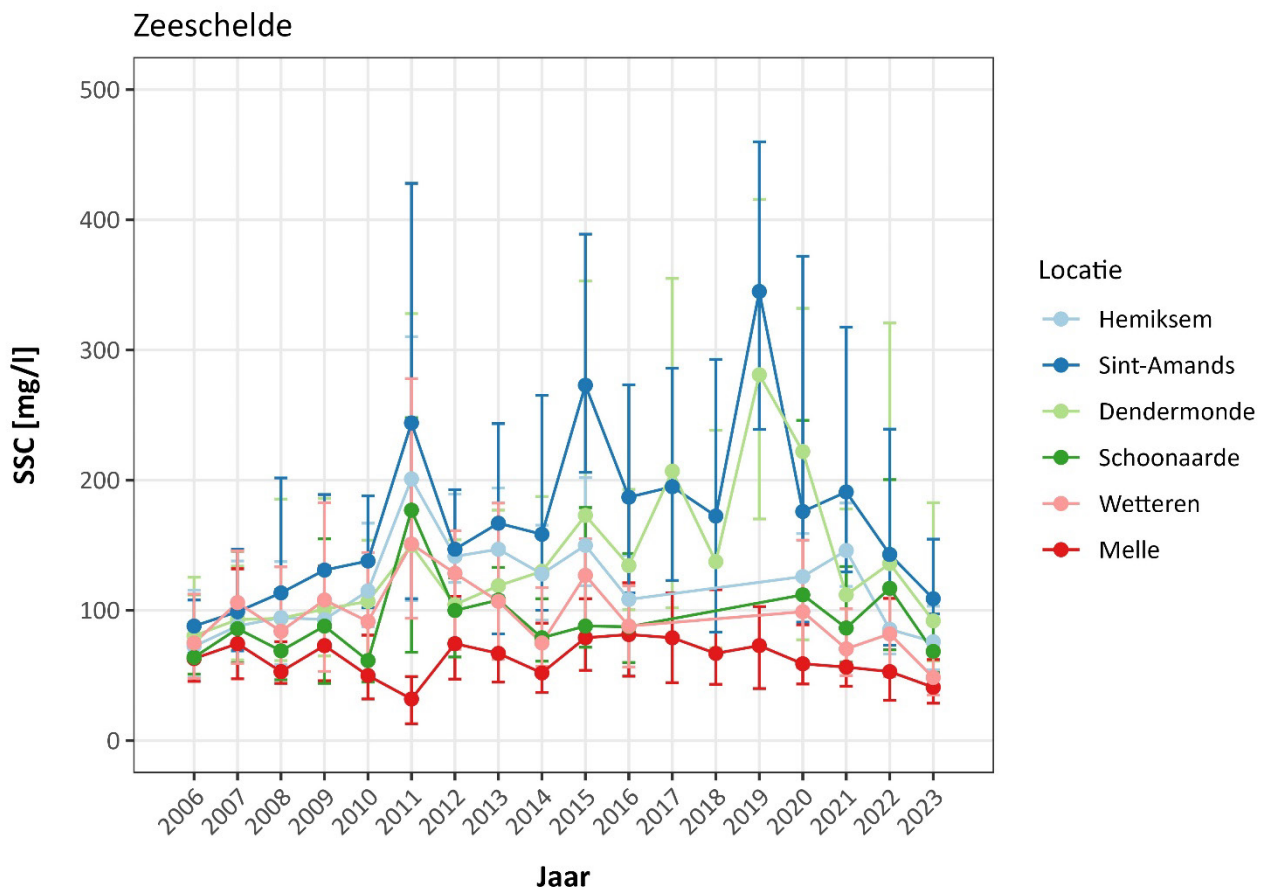
Anno 2023 worden er op 13 locaties schepstalen genomen (Figuur 59). Voor de locaties in het tijgebied is de staalnamefrequentie ongeveer 2-wekelijks, voor de locaties aan de randen van het tijgebied (Rijmenam, Kessel, Emblem en Hombeek) is dit circa maandelijks.



Figuur 59 – Meetlocaties schepstalen anno 2023.

4.2.1 Zeeschelde

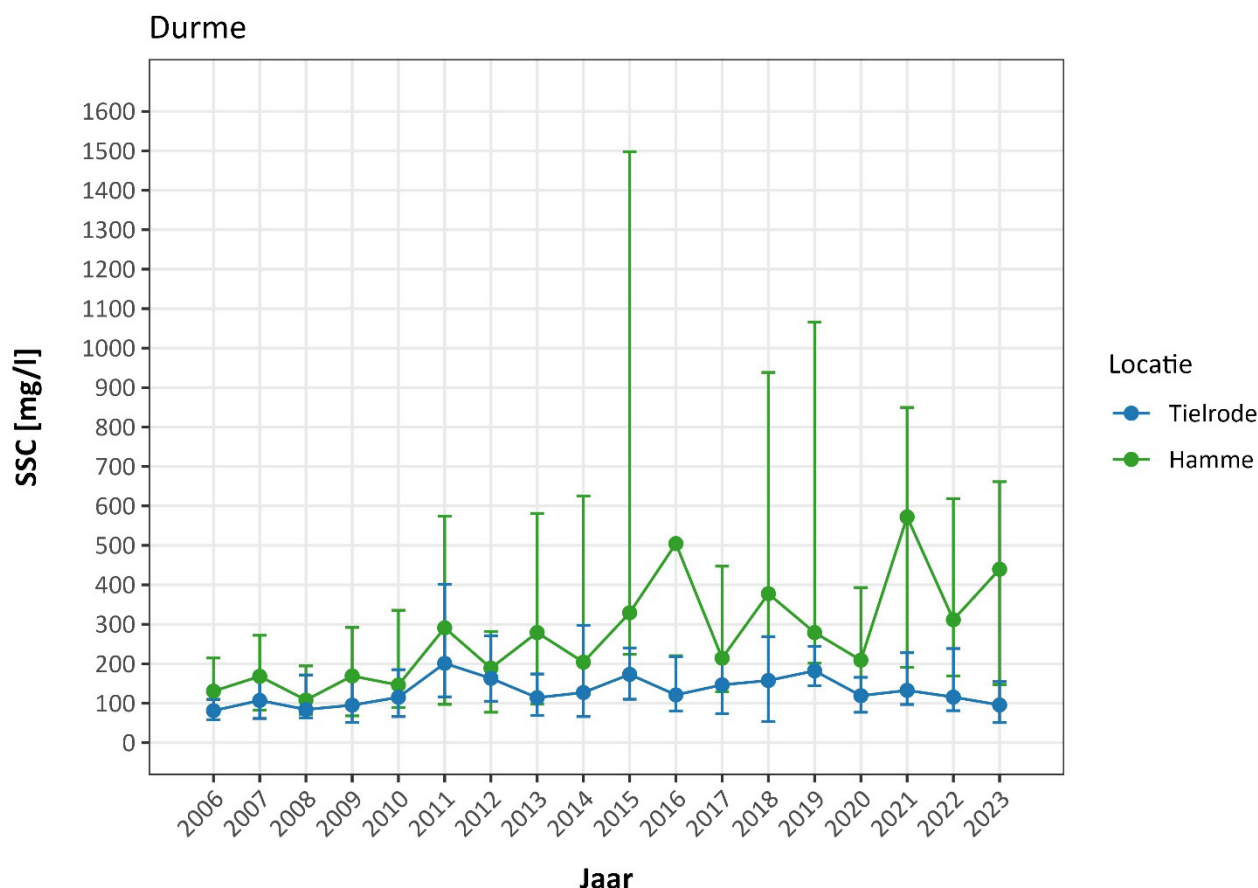
Figuur 60 toont het suspensiegehalte aan het wateroppervlak in de Zeeschelde, gemeten nabij Melle, Wetteren, Schoonaarde, Dendermonde, Sint-Amands en Hemiksem. Zoals voor eerdere jaren het geval was werd in de Zeeschelde tijdens 2023 de laagste jaarmediaan in sedimentconcentratie waargenomen aan de stroomopwaartse rand in Melle. De concentratie stijgt stroomafwaarts tot in Dendermonde en Sint-Amands, om vervolgens terug af te nemen richting Hemiksem. Zoals beschreven in de Moneos rapporten van voorgaande jaren kunnen er in de jaren 2015 en 2019 pieken in sedimentconcentratie voor de locaties Dendermonde en Sint-Amands worden vastgesteld. De concentraties van 2023 liggen, hoewel aan de lage kant, in lijn met de dalende trend in voorgaande jaren (2016-2018 en 2020-2022). Voor de locaties Wetteren, Schoonaarde en Dendermonde is er opnieuw een afname in sedimentconcentraties t.o.v. 2022. Het suspensiegehalte in Melle blijft zoals de voorbije jaren (2015-2022) langzaam afnemen. In Sint-Amands was er in 2022 een afname tot op het niveau van 2012, in 2023 is er een verdere afname in concentratie zichtbaar tot het niveau van 2007-2008.



Figuur 60 – Evolutie jaarwaarden sedimentconcentratie nabij wateroppervlak (markers = mediaan, error bars = P25 en P75) voor de meetlocaties in de Zeeschelde.

4.2.2 Durme

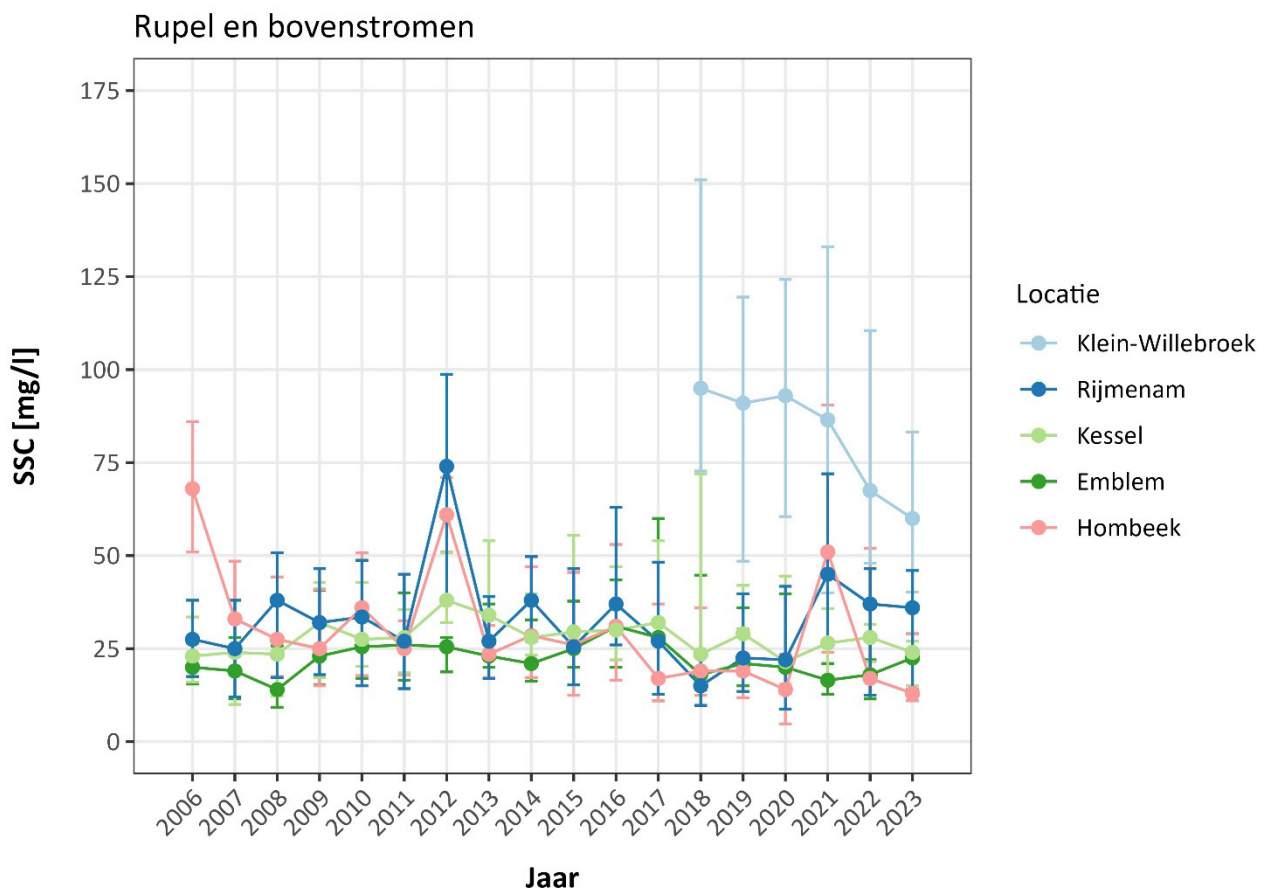
Figuur 61 toont de sedimentconcentratie aan het wateroppervlak op de Durme, gemeten nabij Hamme en Tielrode. Net zoals in voorgaande jaren worden er bij Hamme hogere sedimentgehalten opgemeten dan nabij Tielrode. De spreiding is hier weliswaar ook nog steeds groter, met opnieuw grote uitschieters. De sterke jaar-op-jaar variatie die te zien is bij Hamme sinds 2015 zet zich ook in 2023 verder. De mediaanwaarde van 2023 ligt rond de 450 mg/l waardoor ze aan de hoge kant ligt t.o.v. voorgaande jaren (excl. 2016 en 2021). In Tielrode neemt de sedimentconcentratie licht toe van 2013 tot 2019. De afname in sedimentconcentratie die zich voordoet in 2020 en nadien eerder constant blijft rond deze waarde zet zich lichtjes verder.



Figuur 61 – Evolutie jaarwaarden sedimentconcentratie nabij wateroppervlak (markers = mediaan, error bars = P25 en P75) voor de meetlocaties in de Durme.

4.2.3 Rupel en bovenstromen

Figuur 62 toont de sedimentconcentratie aan het wateroppervlak op de Rupel en zijn bovenstromen, gemeten nabij Emblem (Kleine Nete), Kessel (Grote Nete), Rijmenam (Dijle), Hombeek (Zenne) en Klein-Willebroek (Rupel). In de Rupel, nabij Klein-Willebroek worden de hoogste sedimentgehalten opgemeten. Voor deze meetlocatie zijn metingen slechts beschikbaar vanaf 2018. De afname in suspensiegehalte t.o.v. de voorgaande jaren, duidelijk zichtbaar in 2022, zet zich ook in 2023 verder. De suspensiegehalten voor de meer opwaarts gelegen locaties in de Grote Nete te Kessel en de Kleine Nete te Emblem zijn voor 2023 zeer gelijkaardig, wat respectievelijk een kleine verlaging en verhoging t.o.v. 2022 inhoudt. De suspensiegehalten zijn hier laag (~ 25 mg/l) en blijven algemeen genomen nagenoeg constant in vergelijking met voorgaande jaren. Na de piek in sedimentconcentratie in 2021 die zich voordeed in de Zenne te Hombeek en de Dijle te Rijmenam, vielen in 2022 de concentraties voor Hombeek terug naar het niveau van de voorafgaande jaren (2017 – 2020). Deze blijven op hetzelfde niveau hangen in 2023. De concentraties bij Rijmenam zijn gelijkaardig aan deze vastgesteld in 2022. Toen werd een daling in suspensiegehalte vastgesteld na de piek in 2021, echter niet tot het niveau van de voorgaande jaren. De waargenomen concentratie voor 2023 ligt in lijn met de concentraties beschouwd in de jaren 2014, 2016 en 2022.

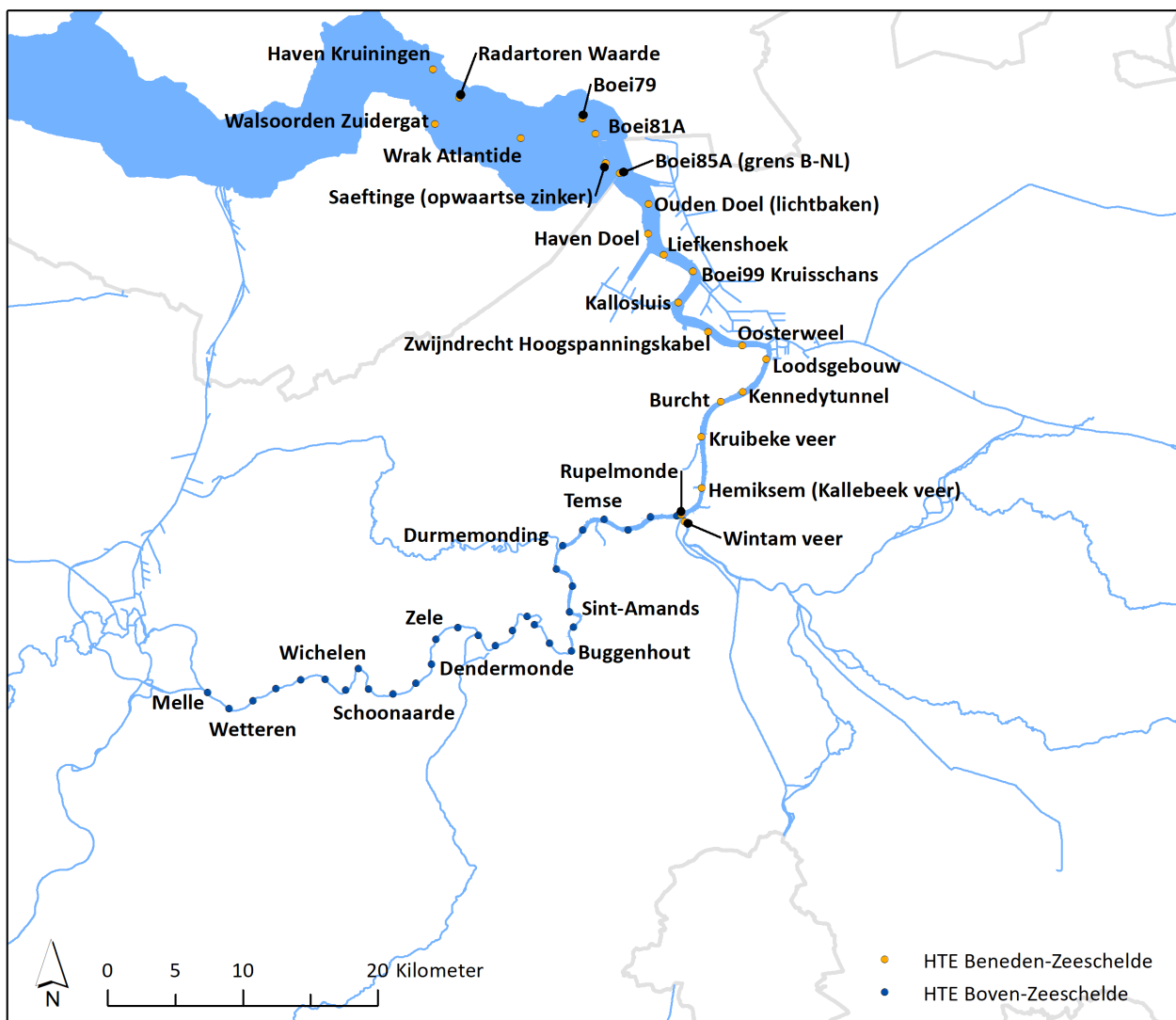


Figuur 62 – Evolutie jaarwaarden sedimentconcentratie nabij wateroppervlak (markers = mediaan, error bars = P25 en P75) voor de meetlocaties in de Rupel en randen tijgebied in het Rupelbekken.

4.3 Meetcampagnes – halftij-eb vaarten

4.3.1 Methodiek

De halftij-ebvaarten zijn periodieke langsvaarten langs het Schelde estuarium met als doel de ruimtelijke patronen van het suspensiegehalte in beeld te brengen. De metingen worden specifiek uitgevoerd tijdens de eb fase aangezien de stroomsnelheid en de sedimentconcentraties dan minder fluctueren. Gedurende een halftij-ebvaart worden er zowel nabij het wateroppervlak als nabij de bodem waterstalen genomen op vaste locaties (met een tussenafstand van ca. 2 km, zie Figuur 63). De halftij-eb vaarten worden sinds 2009 maandelijks uitgevoerd op 17 vaste locaties in de Beneden-Zeeschelde. In 2013 vond een uitbreiding plaats met 30 meetpunten in de Boven-Zeeschelde (Plancke *et al.*, 2014). Gezien de oprichting van nieuwe continue meetposten met turbiditeit (en afgeleid suspensiegehalte), werd in 2015 de frequentie verlaagd naar een seizoenale uitvoering (Tabel 13). Sinds 2017 meet men ook in 3 meer afwaarts gelegen punten op de Westerschelde. In 2022 werd, omwille van het sluiten voor de scheepvaart van de Schaar van Valkenisse in de Westerschelde, een meetlocatie (tijdelijk) vervangen: Walsoorden Zuidergat kwam in de plaats van “radartoren Waarde”.



Figuur 63 – Meetlocaties voor de halftij-ebvaarten in 2023.

Tabel 13 – Overzicht meetcampagnes halftij-eb in 2023
(*Geen meting voor Waarde Radartoren, **Geen meting voor Walsoorden Zuidergat).

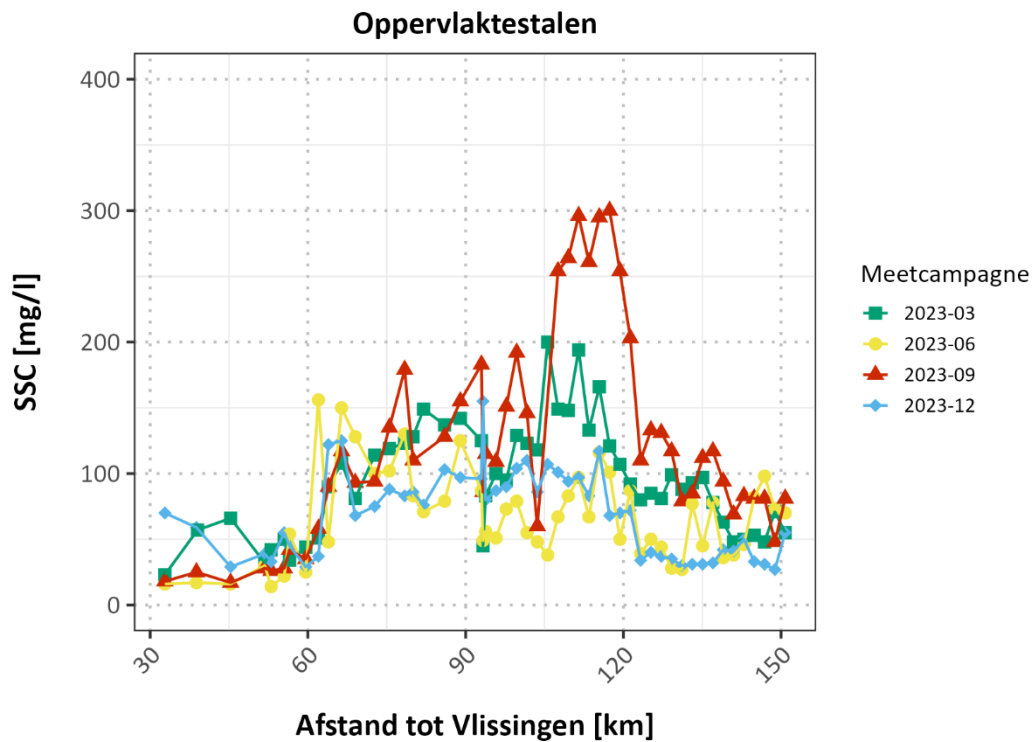
Seizoen	Deelrivier	Datum campagne
Lente	Beneden-Zeeschelde	15/3/2023*
	Boven-Zeeschelde	13-14/3/2023
Zomer	Beneden-Zeeschelde	9/6/2023**
	Boven-Zeeschelde	7-8/6/2023
Herfst	Beneden-Zeeschelde	6/9/2023**
	Boven-Zeeschelde	4-5/9/2023
Winter	Beneden-Zeeschelde	20/12/2023**
	Boven-Zeeschelde	18-19/12/2023

4.3.2 Het jaar 2023 en historisch verloop

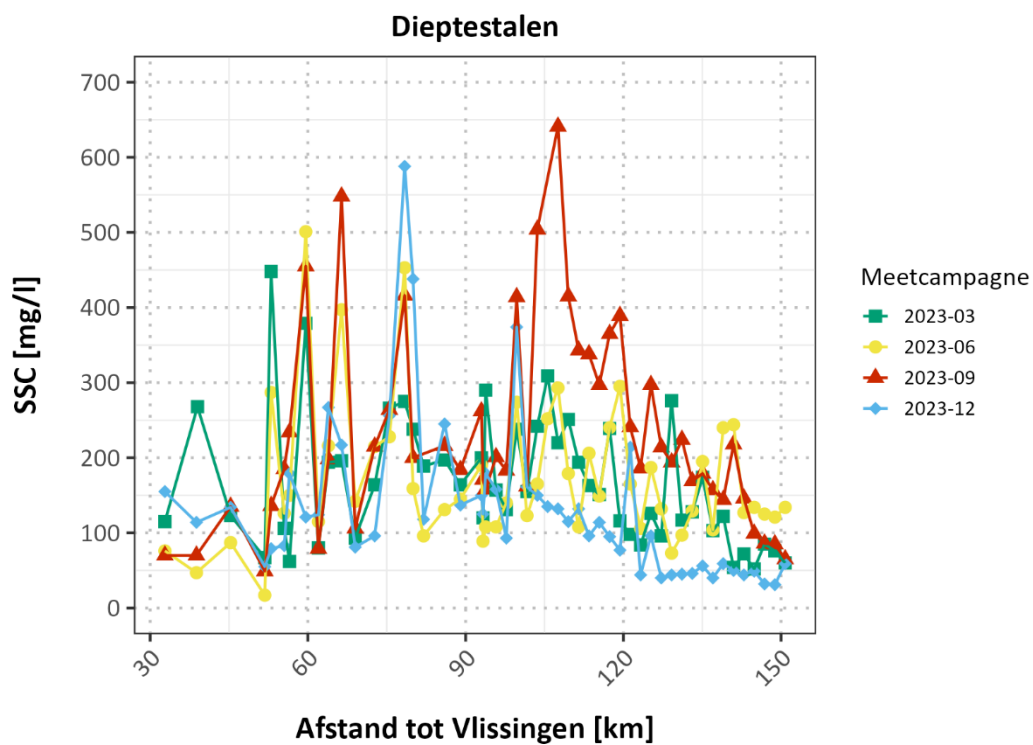
De sedimentconcentraties aan de oppervlakte zijn grotendeels gelijkaardig voor de 4 meetcampagnes en dus doorheen de seizoenen (Figuur 64, Tabel 14). Doorheen het estuarium is de sedimentconcentratie relatief beperkt tot ongeveer km 60 (Doel). Vervolgens neemt de concentratie toe tot net opwaarts Dendermonde (km 115). De concentratie is dan maximaal 150-200 mg/l afh. van de campagne. Vanaf Dendermonde neemt de sedimentconcentratie snel weer af. De laatste 30 km is de concentratie relatief constant (< 100 mg/l). Een uitzondering hierop is de campagne in september, deze kent hogere sedimentconcentraties tot 300 mg/l tussen Mariekerke en Dendermonde (km 105 tot 120).

Ook het verloop van de sedimentconcentratie nabij de bodem kent een vrij groot analoog verloop doorheen de verschillende campagnes (Figuur 65, Tabel 14). Tot ongeveer Antwerpen Kennedytunnel (km 80) is het verloop zeer “grillig” met grote variaties (van 100 tot 600 mg/l) tussen opeenvolgende locaties. Tot Temse (km 95) is er vervolgens een relatief stabiel verloop. Vanaf hier neemt de variatie opnieuw toe. Enkel in de decembercampagne geldt dit minder. De verhoogde concentratie (tot 650 mg/l) tussen Mariekerke en Dendermonde in de septembercampagne bij de oppervlaktetalen zie je ook terug bij de dieptetalen.

Doorheen de Schelde is de sedimentconcentratie die tijdens de halftij-eb vaarten gemeten is lager dan in 2022 en zeker dan de periode voor 2021. Aan de oppervlakte wordt de hoogste concentratie t.h.v. Dendermonde gemeten. Net als in 2021 is er in de Beneden Zeeschelde geen zone met een verhoogde concentratie waar te nemen. Hetzelfde wordt er vastgesteld voor de staalnames nabij de bodem, zei het dat de concentraties er hoger zijn. In de Beneden-Zeeschelde is er een verhoogde concentratie op- en afwaarts Liefkenshoek en t.h.v. Antwerpen. In de Boven-Zeeschelde komen de hoogste bodemconcentraties voor tussen de Durmemonding en Dendermonde. (Figuur 66 - Figuur 67)



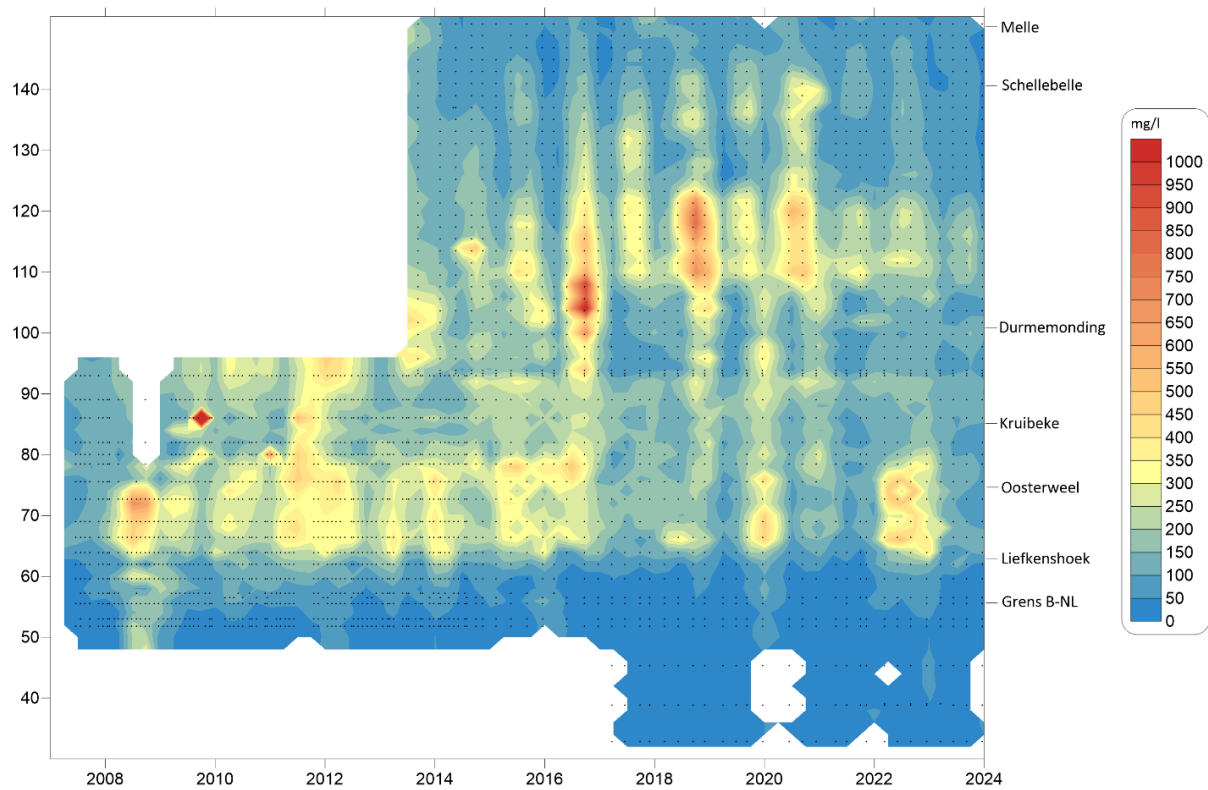
Figuur 64 – Sedimentconcentratie aan de oppervlakte bij halftij-eb langsheen de volledige Zeeschelde



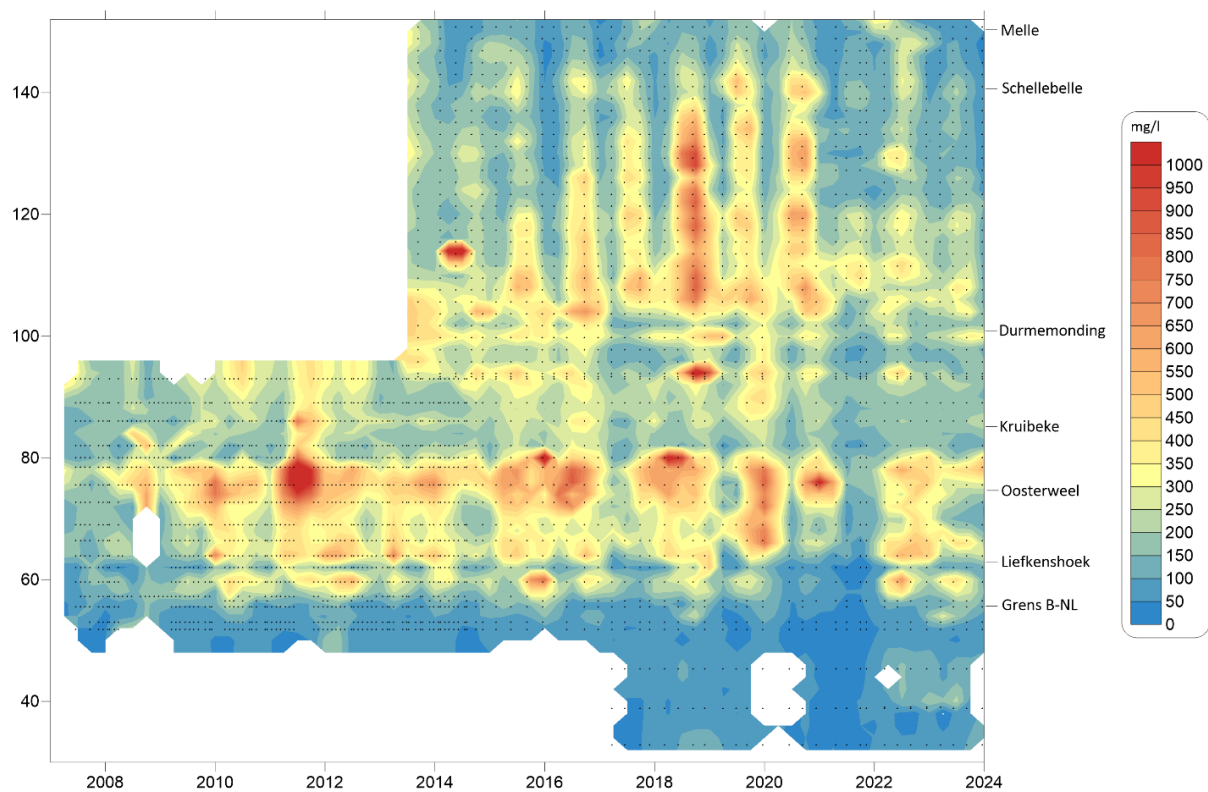
Figuur 65 – Sedimentconcentratie aan de bodem bij halftij-eb langsheen de volledige Zeeschelde

Tabel 14 – Sedimentconcentratie (mg/l) tijdens halftij-ebcampagnes in 2023.

		maart		juni		september		december	
		opp	bodem	opp	bodem	opp	bodem	opp	bodem
Gehele Zeeschelde	min	34	52	25	73	35	65	27	31
	max	200	379	156	501	300	641	155	588
	mediaan	97	157	71	149	115	214	75	115
	stdev	40	78	32	93	73	133	33	111
Boven- Zeeschelde	min	45	52	27	73	48	65	27	31
	max	200	309	116	295	300	641	155	374
	mediaan	93	128	56	134	116	198	68	93
	stdev	41	74	23	64	80	133	34	71
Beneden- Zeeschelde	min	34	62	25	96	35	79	29	81
	max	149	379	156	501	183	548	125	588
	mediaan	117	195	94	175	110	216	85	165
	stdev	38	83	39	130	47	135	29	143
Wester- schelde	min	23	67	14	17	17	49	29	55
	max	66	448	30	287	28	185	70	155
	mediaan	46	119	17	82	26	103	47	99
	stdev	16	145	6	96	5	53	16	38



Figuur 66 – Sedimentconcentratie nabij het oppervlak (mg/l) bij halftij-eb langs de Zeeschelde (interpolatietechniek: Kriging, zoekradius X-as: 0,25 jaar, zoekradius Y-as: 2 km)



Figuur 67 – Sedimentconcentratie nabij de bodem (mg/l) bij halftij-eb langs de Zeeschelde (interpolatietechniek: Kriging, zoekradius X-as: 0,25 jaar, zoekradius Y-as: 2 km)

4.4 Meetcampagnes - 13u-metingen

IMDC heeft in opdracht van de Vlaamse Waterweg NV in 2023 op 4 locaties 13-uursmetingen uitgevoerd en verwerkt (Figuur 68 en Tabel 15). Deze metingen werden uitgevoerd binnen het kader van MONEOS-programma onder de OMES monitoring.

Tijdens een 13u-meting worden er gedurende een volledige getijcyclus continu dwarsraaien gevaren. Hierbij wordt de stroomsnelheid gemeten en worden er ter hoogte van het schip stalen genomen om het sedimentgehalte te bepalen. De stroomsnelheid wordt gemeten met een Acoustic Doppler Current Profiler (ADCP) die onder het schip wordt gemonteerd. Het teruggekaatste signaal van ADCP ("backscatter") wordt op basis van de stalen omgerekend naar een inschatting van de sedimentconcentratie. Daarnaast wordt eveneens met een YSI (optische backscatter sensor) de turbiditeit gemeten. De turbiditeit kan omgerekend worden naar gesuspendeerde sedimentconcentratie (SSC) aan de hand van een kalibratiecurve opgesteld met de gemeten SSC van de watermonsters. Ook deze extra informatie kan gebruikt worden voor het omrekenen van de ADCP-backscatter naar sedimentconcentratie. Voor de juiste methodiek wordt verwezen naar het OMES-rapport 2023 dat later beschikbaar komt.

Een overzicht van de debieten, waterstanden, sedimentfluxen (SSF) en SSC⁵ gemeten tijdens de 13-uursmetingen in 2023 wordt gegeven in Figuur 69 tot en met Figuur 72. De belangrijkste vaststellingen worden hieronder per meetlocatie weergegeven. Meer gedetailleerde info omtrent deze metingen kan worden teruggevonden in de OMES rapporten (eg. Maris *et al.*, 2022).

Tabel 15 – Overzicht meetcampagnes 13u-metingen met datum van uitvoering, start- en eindtijdstip in MET

Meetlocatie	Datum campagne	Startuur	Einduur	Getijfactor ⁶
Boom	19/06/2023	4:49	17:25	0,99
Kruibeke	20/06/2023	4:52	18:00	1,01
Tielrode	30/08/2023	4:33	17:30	1,05
Weert	31/08/2023	5:21	17:01	1,07

Boom (Figuur 69)

- In vergelijking met voorgaande 13u-metingen is het hoogwater relatief laag. Het laagwater is hoger, overeenkomstig met het gemiddelde laagwater bij springtij (Tabel 2).
- Het debiet is in de vloedfase, en beperkter tijdens eb, relatief hoog in vergelijking met eerdere campagnes.
- Het patroon in sedimentflux voor 2023 is gelijkaardig aan de voorgaande jaren en ligt binnen de range van de voorbije jaren. Tijdens eb is de flux betrekkelijk laag, tijdens vloed is dat gemiddeld.
- De SSC is lager dan, maar ligt in lijn met, de SSC tijdens de historische campagnes.

⁵ De SSC die in de figuren getoond wordt, zijn berekend door de SSF te delen door het debiet. Dit geeft een indicatie van de sectie-gemiddelde SSC doorheen de getijcyclus.

⁶ Getijfactor t.o.v. meetlocatie Antwerpen Loodsgebouw: getijverschil bij vloed te Antwerpen/10j gemiddeld getijverschil te Antwerpen (2011-2020)

Kruibeke (Figuur 70)

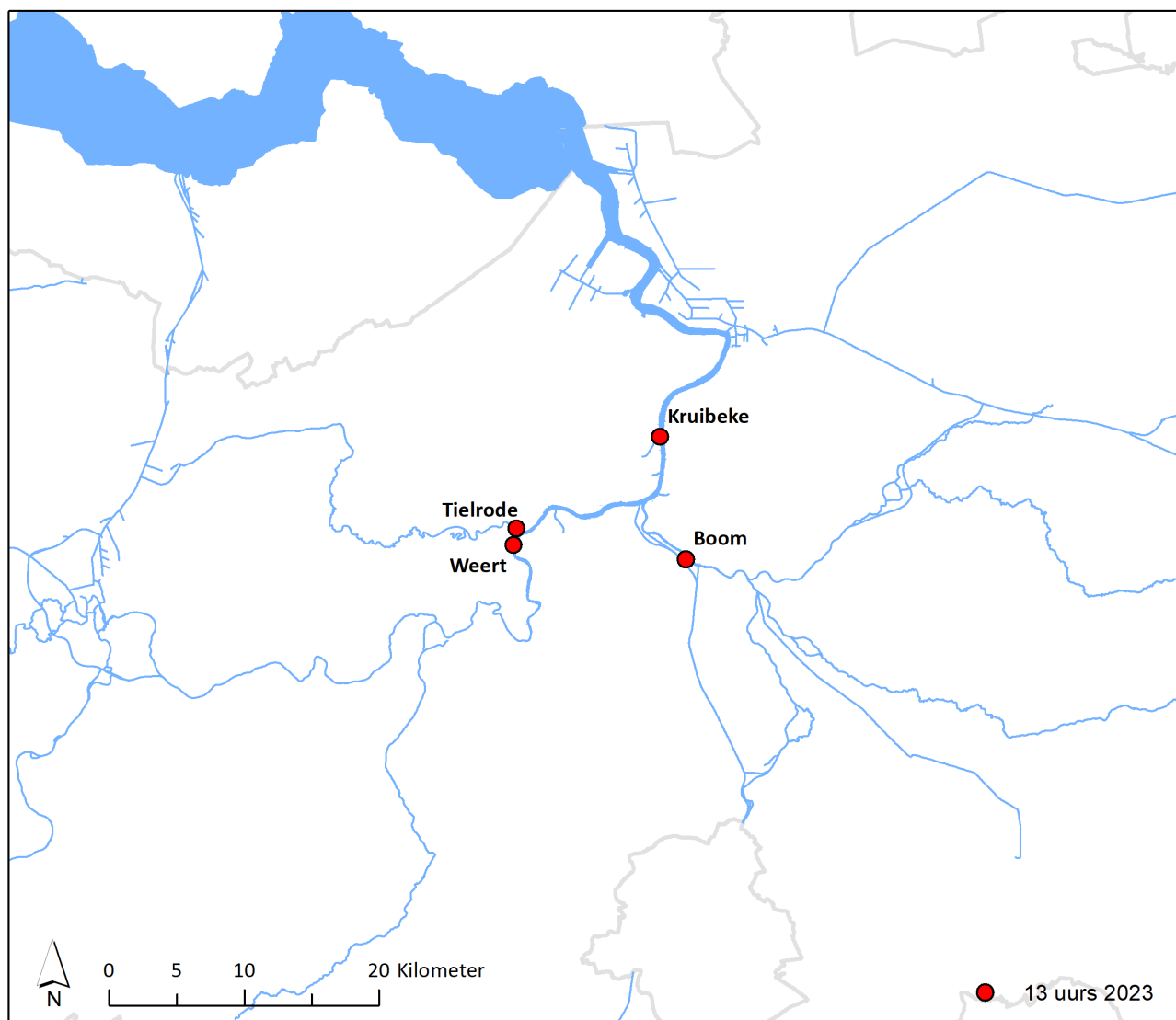
- In vergelijking met voorgaande 13u-metingen is het hoogwater relatief laag. Het laagwater is hoger.
- Het debiet is in de vloedfase, en beperkter tijdens eb, relatief hoog in vergelijking met eerdere campagnes.
- De sedimentflux is doorheen de hele getijgolf laag in vergelijking met eerdere 13u-metingen.
- Dat uit zich ook in lage SSC-waarden. Bovendien heeft deze een ander verloop dan tijdens de vorige campagnes. Na het hoogwater blijft deze licht toenemen tot 1,5u na laagwater. Tijdens vorige campagnes neemt deze (licht) af.

Tielrode (Figuur 71)

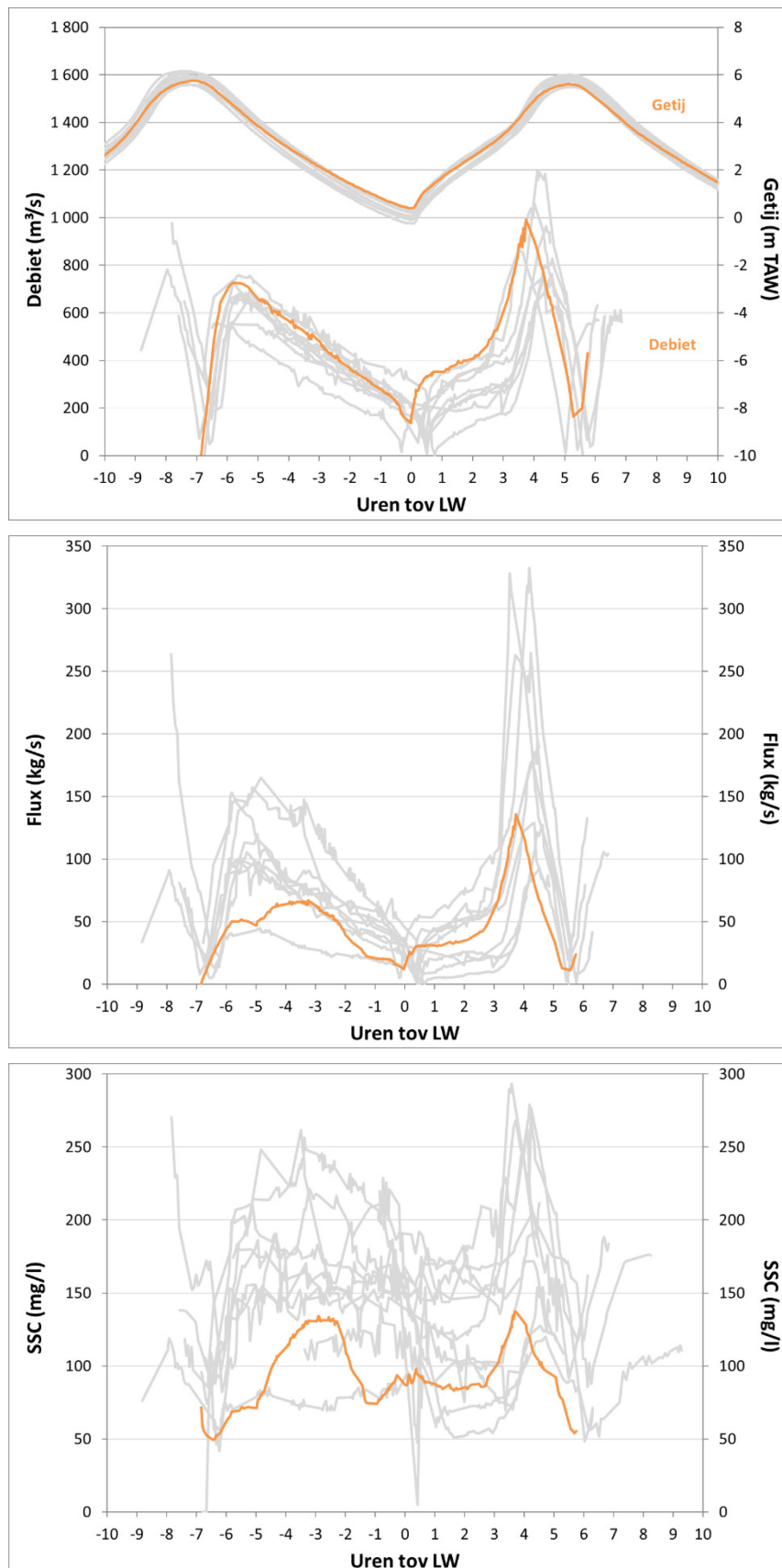
- In Tielrode is er in 2023 slechts voor de 3^e keer een 13u-meting gehouden. Het getij en debiet verliepen gelijkaardig aan de voorgaande twee campagnes. De periode rond laagwater en kentering laagwater is wel gemist tijdens de meting.
- De sedimentflux en-concentratie zijn over de volledige getijgolf lager in vergelijking met de historische metingen.

Weert (Figuur 72)

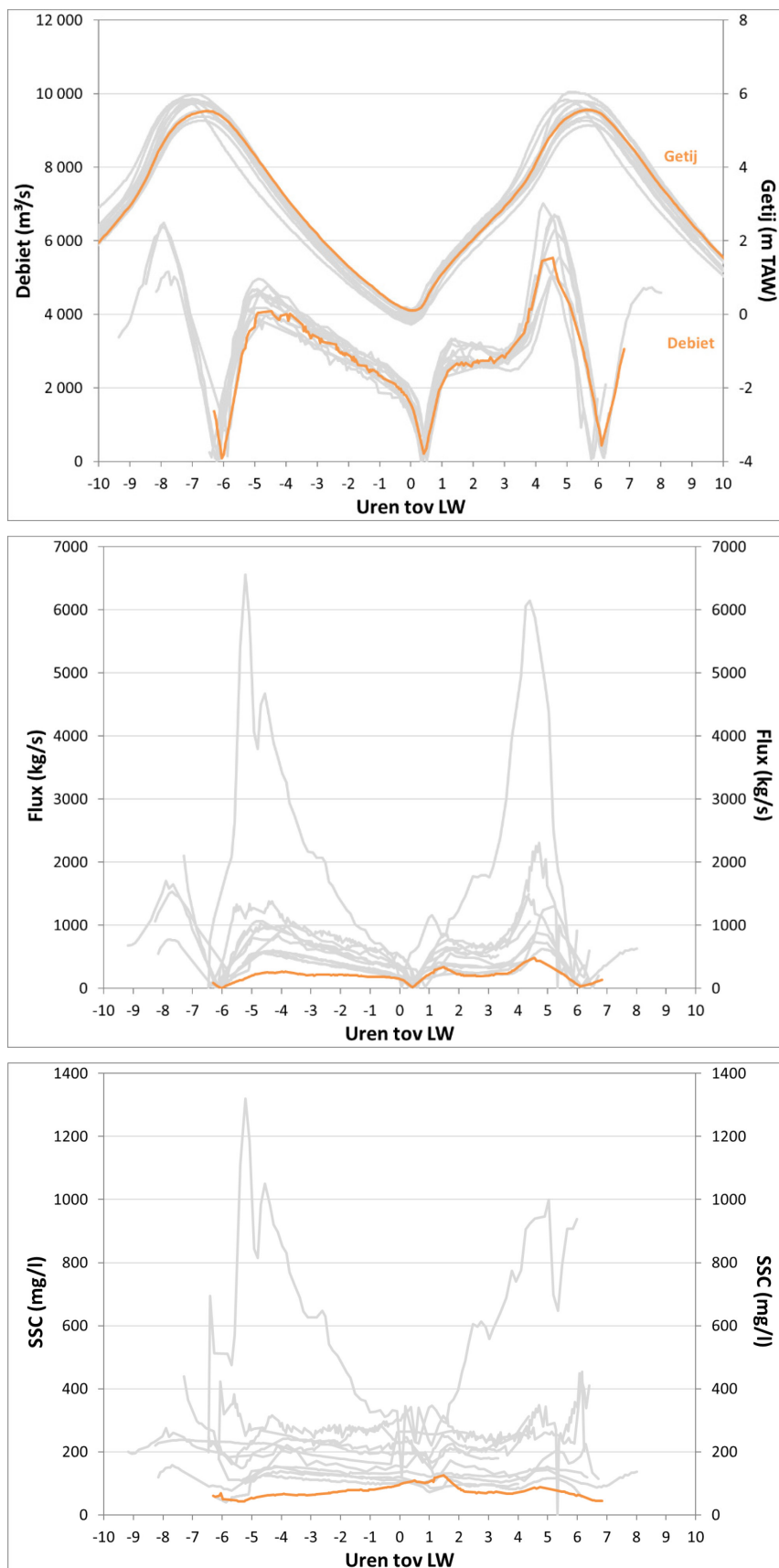
- De waterstanden zijn de hoogste (of bij de hoogste) in de voorgestelde periode 2014 – 2023. De debieten volgen hetzelfde algemeen patroon zoals vastgesteld tijdens de voorbije jaren en liggen in het hogere gedeelte van de range in debieten, in het bijzonder tijdens eb.
- Binnen de range van de historische 13u-metingen vallen de waarden van 2023 in het gemiddelde (tijdens vloed) tot hogere bereik (tijdens eb).
- Na hoogwater is de SSC minimaal vervolgens neemt deze toe tijdens eb tot 1,5u voor laagwater. Een kleine 3 uur voor hoogwater neemt de concentratie even toe tot 1 uur voor hoogwater. Bij laagwater is er een korte afname in concentratie. Vervolgens neemt de SSC opnieuw geleidelijk af. Dat patroon trad ook tijdens voorgaande metingen op.



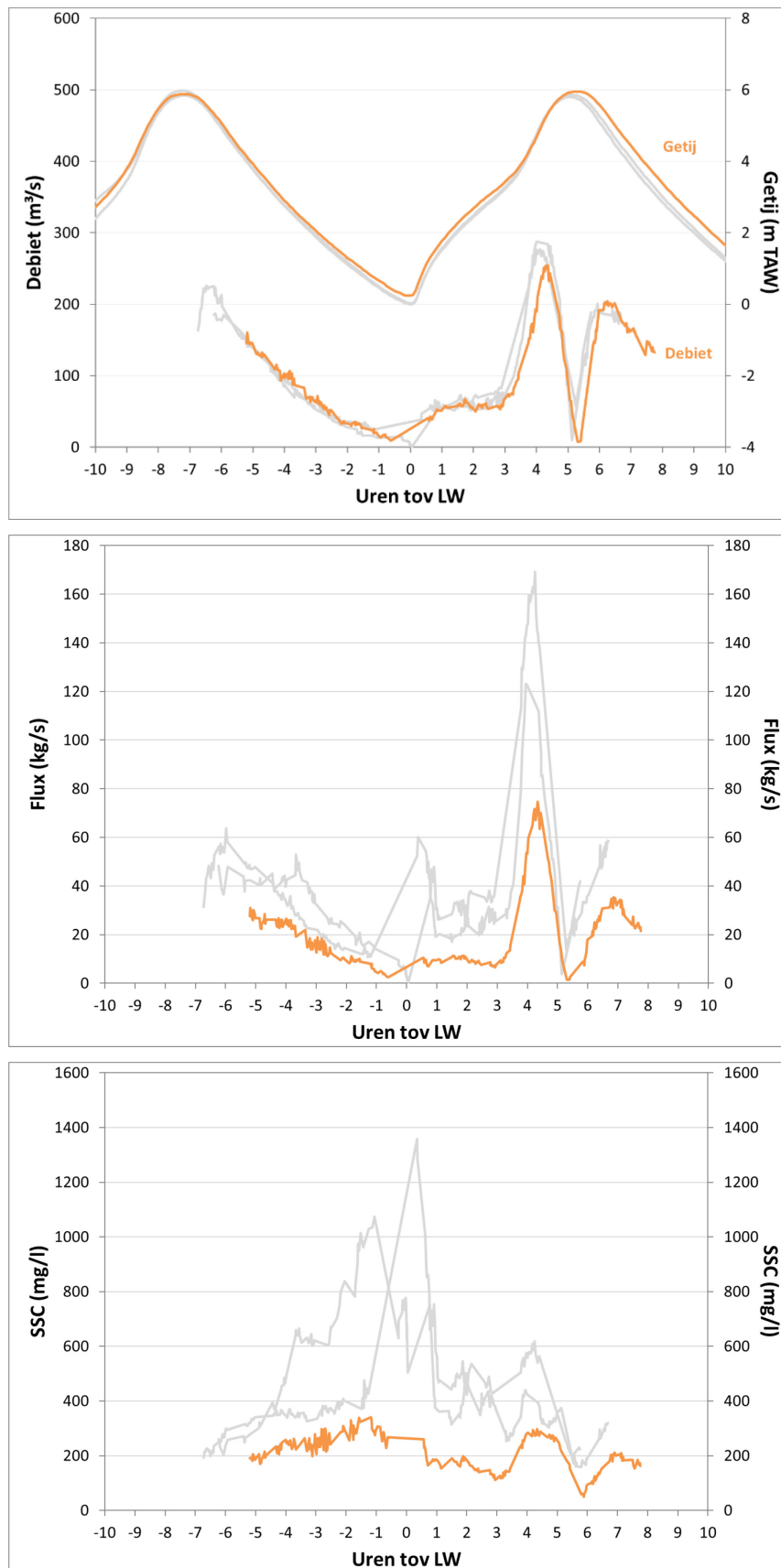
Figuur 68 – Meetlocaties 13u-metingen 2023.



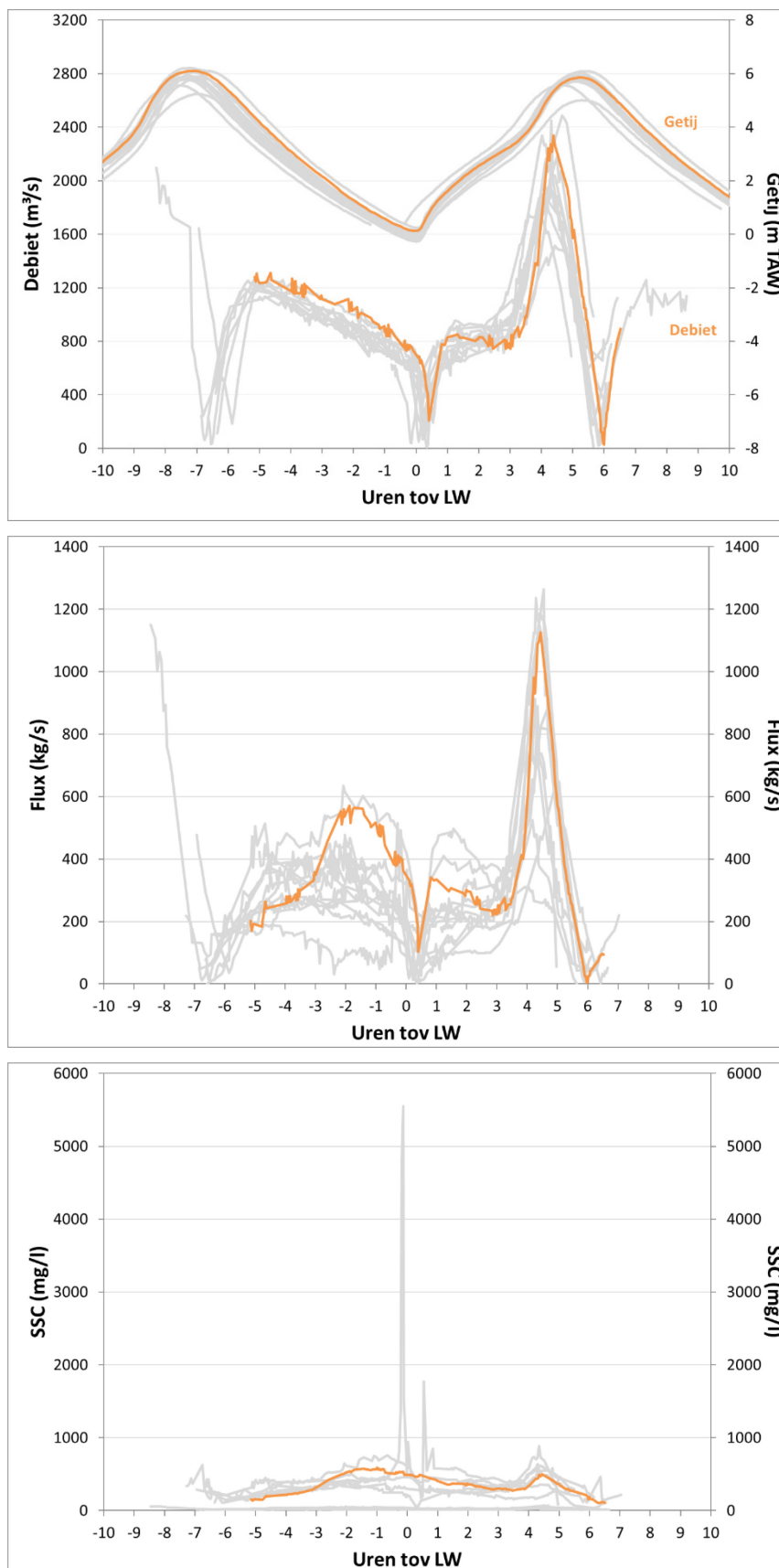
Figuur 69 – Debiet, SSF en SSC tijdens de 13u-metingen in Boom over de periode 2009 en 2023 (historisch grijs, 2023 oranje).



Figuur 70 – Debiet, SSF en SSC tijdens de 13u-metingen in Kruibeke over de periode 2009 en 2023
(historisch grijs, 2023 oranje)



Figuur 71 – Debiet, SSF en SSC tijdens de 13u-metingen in Tielrode over de periode 2019 en 2023 (historisch grijs, 2023 oranje).



Figuur 72 – Debiet, SSF en SSC tijdens de 13u-metingen Weert/Driegoten over de periode 2009 en en 2023 (historisch grijs, 2023 oranje).

5 Sedimentaانvoer aan de rand van het getijgebied

Dit hoofdstuk bespreekt het vanuit de bovenlopen aangevoerde sedimentvolume in suspensie. Bodemtransport door o.m. saltatie zit hier niet in opgenomen.. Sinds 2017 wordt een nieuwe methode Vos *et al.* (2019) toegepast:

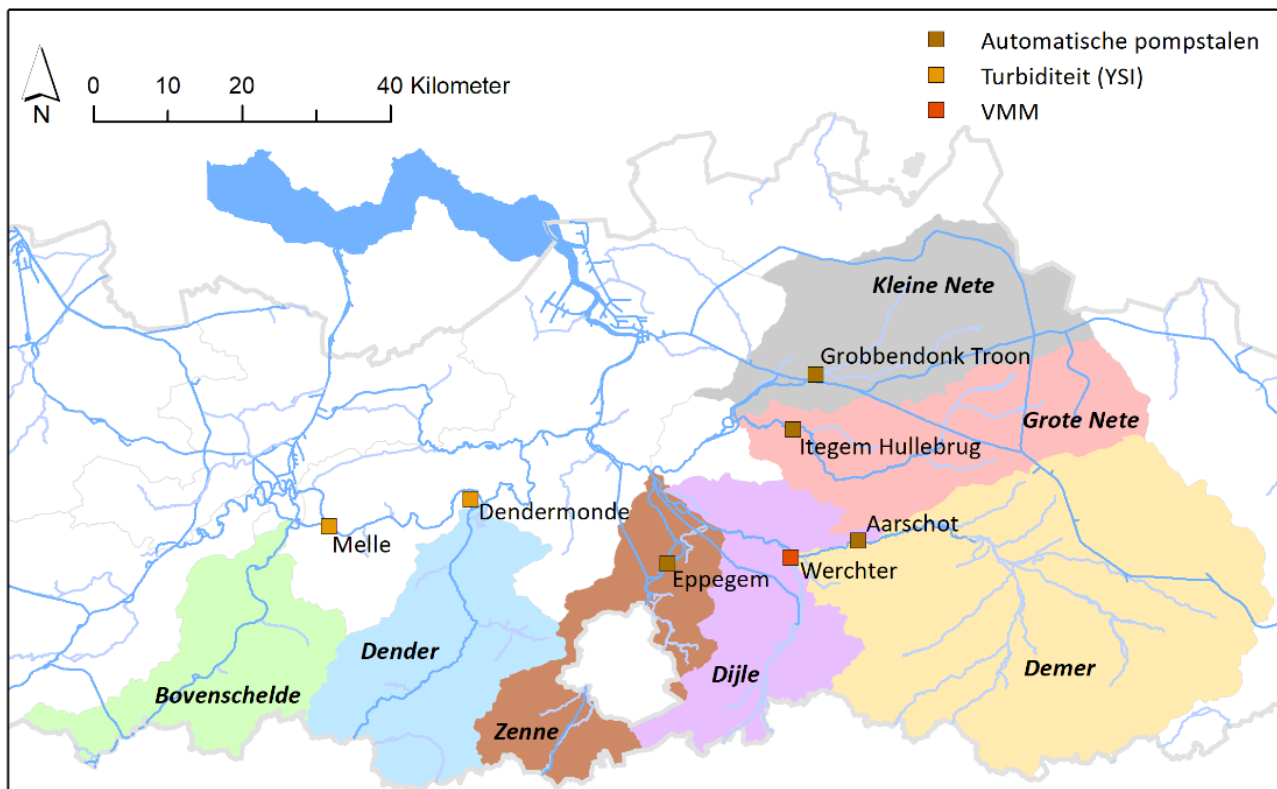
- Bij de meetstations aan de rand van het getijgebied met louter stroomafwaarts georiënteerde flux wordt de sedimentvracht rechtstreeks berekend uit de waargenomen sedimentconcentratie in de pompstalen en de gemeten debieten.
- Bij de meetstations die nog onderhevig zijn aan de getijdewerking en waar men bijgevolg nog steeds eb- en vloedstroming waarneemt, wordt de sedimentvracht berekend op basis van de hoogfrequente (elke 5') turbiditeitsmetingen en de instantane getijdebieten.

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

De sedimentvracht (SSL) wordt berekend voor onderstaande stations (zie Figuur 73):

- Boven-Zeeschelde te Melle (YSI)
- Dender te Dendermonde (YSI)
- Zenne te Eppegem (automatische pompstalen)
- Demer te Aarschot (automatische pompstalen)
- Grote Nete te Itegem-Hullebrug (automatische pompstalen)
- Kleine Nete te Grobbendonk (Troon) (automatische pompstalen)
- Dijle te Werchter (aangeleverd door VMM⁷)

⁷ Voor de Dijle worden de jaarlijkse vrachten berekend en gerapporteerd door VMM. De vrachten worden berekend op basis van turbiditeitsmetingen (OBS500, Campbell Sc.) en staalnames ter hoogte van Werchter, en debietsmetingen ter hoogte van Wilsele. Van 16/8 tot 21/11 is er een inschatting o.b.v. de relatie debiet-sedimentconcentratie (schriftelijke mededeling Nele Van Ransbeeck, VMM).



Figuur 73 – Overzicht van de meetlocaties en bijhorende stroomgebieden waarvoor de sedimentvrachten worden berekend

De metingen die worden uitgevoerd ter hoogte van bovenstaande locaties zijn puntmetingen die vervolgens worden gecorrigeerd naar dwarssectie gemiddelde concentraties. Hiervoor werden de bevindingen toegepast van Brackx *et al.* (2019), die een analyse uitvoerde op de EWI-campagnes⁸ uitgevoerd door het WL. De correctie van de metingen in Dendermonde, Itegem-Hullebrug en Melle staat echter nog niet op punt en er was nood aan bijkomende EWI-campagnes om een betere relatie op te stellen. De bijkomende EWI-campagnes zullen verwerkt worden, waarna nieuwe correcties kunnen doorgevoerd worden in volgende edities van de MONEOS rapportages.

Voor de Dijle worden de jaarlijkse vrachten berekend en gerapporteerd door VMM. De vrachten worden berekend op basis van turbiditeitsmetingen (OBS500, Campbell Sc.) en staalnames ter hoogte van Werchter, en debietsmetingen ter hoogte van Wilsle⁹. VMM voert bovenstaande metingen uit op beide locaties, WL heeft aanvullend EWI-metingen uitgevoerd om te komen tot gecorrigeerde vrachten. Meer informatie over de metingen en de methodiek met betrekking tot de Dijle is terug te vinden in de rapporten van het sedimentmeetnet onbevaarbare waterlopen (b.v. Vlaamse Milieumaatschappij (2021)).

Over het algemeen zijn jaarlijkse vrachten grotendeels toe te wijzen aan een aantal piekevents (verhoogde bovenafvoer) doorheen het jaar. 2023 kende een ietwat afwijkend patroon in bovenafvoer: februari was bijzonder droog, de maanden maart, juli en november waren dan echter weer beduidend natter dan normaal. Ook begin mei, midden juni en begin en eind augustus vertonen verhoogde bovenafvoeren (zie §3.2).

⁸ 'Equal Width Increment'-, of kortweg EWI-metingen worden gebruikt om dwarssectiegemiddelde sedimentconcentraties te bepalen ter hoogte van waterlopen. Meer informatie over deze methodiek terug te vinden in Brackx *et al.* (2019)

⁹ Van 16/8/2023 tot 21/11/2023 is er een inschatting gemaakt o.b.v. de relatie debiet-sedimentconcentratie.

Het effect van de verhoogde bovenafvoer in deze periodes op de sedimentvracht is vooral zichtbaar bij de meetlocaties Melle, Dendermonde en Aarschot. Het effect is in beperkte mate te zien in Eppegem, Grobbendonk en Itegem-Hullebrug, waarbij voor deze laatste de verhoogde waarden in juni en augustus echter volledig ontbreken. Bij Eppegem wordt een bijkomende verhoging vastgesteld in de eerste helft van mei.

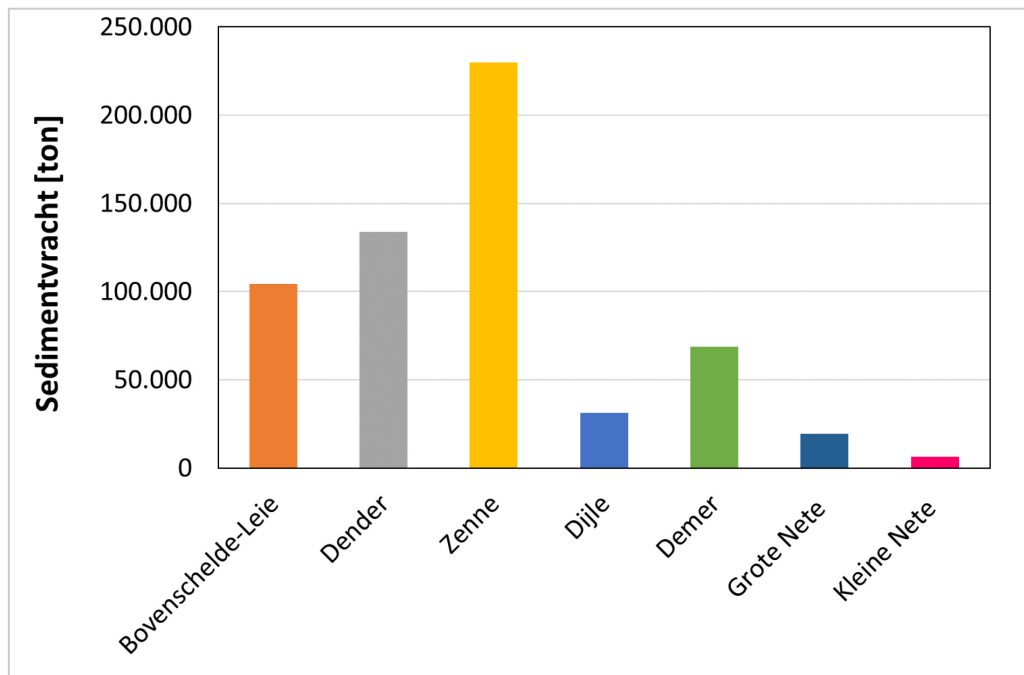
De grootste jaarlijkse vrachten worden opnieuw aangevoerd vanuit het Zennebekken en het Denderbekken (Tabel 16 en Figuur 74), waarbij de vrachten vanuit het Zennebekken beduidend hoger liggen dan vorig jaar maar wel in lijn met de jaren 2018 t.e.m. 2020. Ook voor het Denderbekken is het verschil t.o.v. 2022 beduidend groot. De vrachten komende vanuit de Bovenschelde liggen hoger dan deze in 2022, maar nog steeds in lijn met de range aan gemiddelden van de periode 2012-2023. De totale sedimentvracht richting Schelde estuarium voor het jaar 2023 bedraagt 593 942 ton. De waarden voor de sedimentvrachten van 2023 liggen in alle bekkens in lijn met de andere voorgaande jaren (licht hoger), met uitzondering van het jaar 2021 (Figuur 75).

Figuur 76 t.e.m. Figuur 81 tonen de berekende dagelijkse en gecumuleerde sedimentvracht (EWI-correctie toegepast) per stroomgebied.

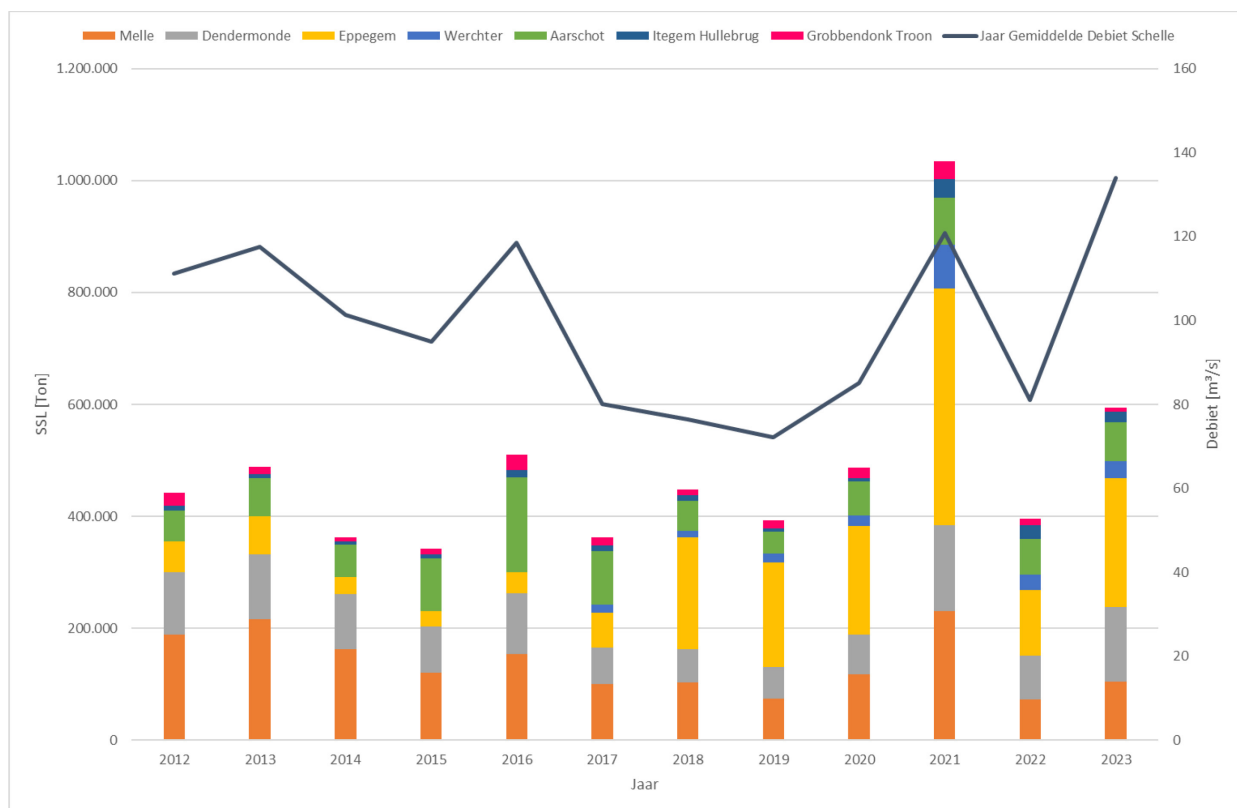
Tabel 16 – Waarden geschatte jaarlijkse sedimentvracht (ton) per stroomgebied (EWI-gecorrigeerd) voor het jaar 2023.

*Data aangeleverd door VMM.

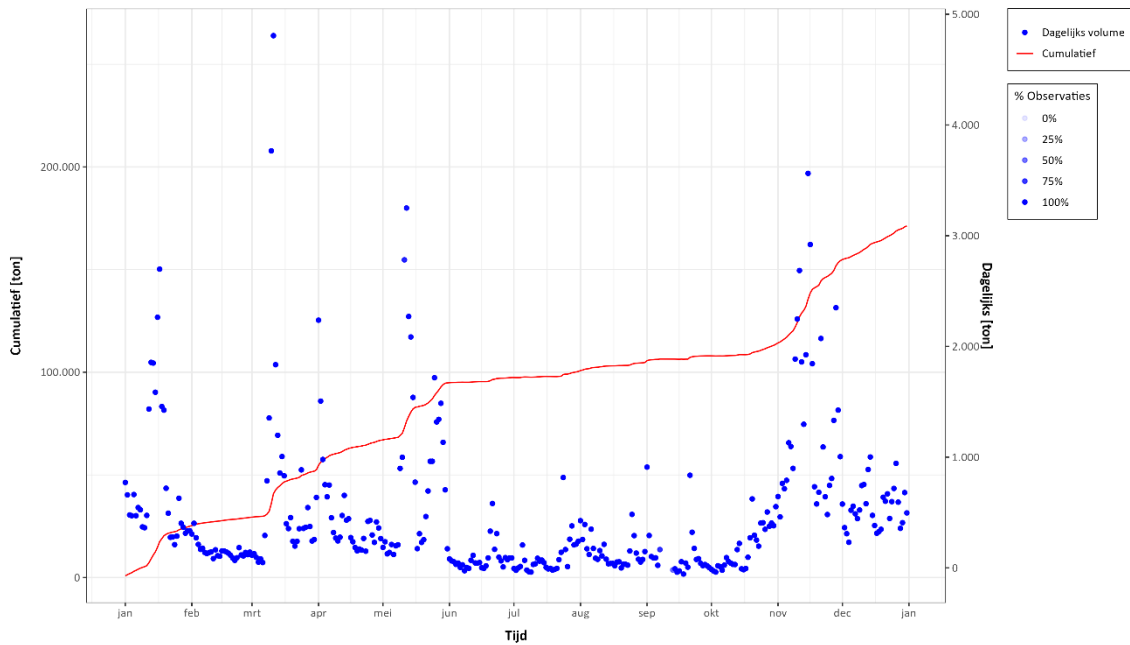
Locatie	Rivier	EWI-correctie	EWI-gecorrigeerde jaarlijkse sedimentvracht [ton]
Melle	Bovenschelde	$EWI=44,57 + 0,39*SSL$	104 377
Dendermonde	Dender	$EWI=248,57 + 0,27*SSL$	134 020
Eppegem	Zenne	$EWI=10,35 + 0,67*SSL$	229 716
Aarschot	Demer	$EWI=29,1 + 0,14*SSL$	68 876
Grobbendonk-Troon	Kleine Nete	$EWI=13,24 + 0,3*SSL$	6 362
Itegem-Hullebrug	Grote Nete	$EWI=11,2 + 1,33*SSL$	19 450
Werchter (VMM)*	Dijle	/	31 141



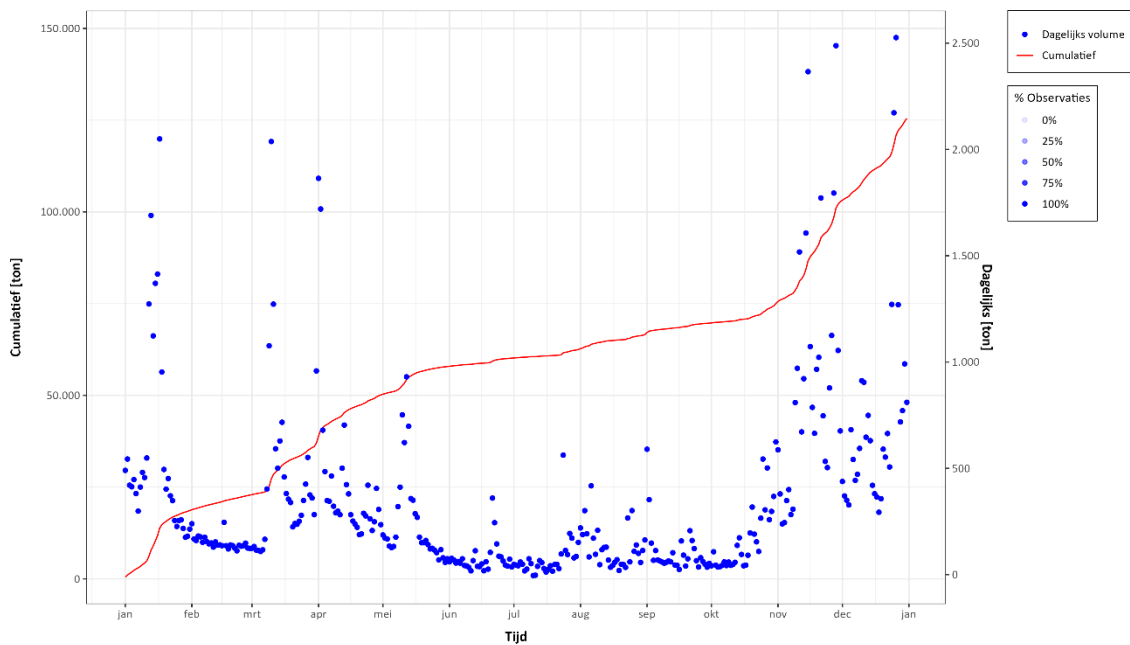
Figuur 74 – Geschatte sedimentvracht per stroomgebied (EWI-gecorrigeerd) voor het jaar 2023.



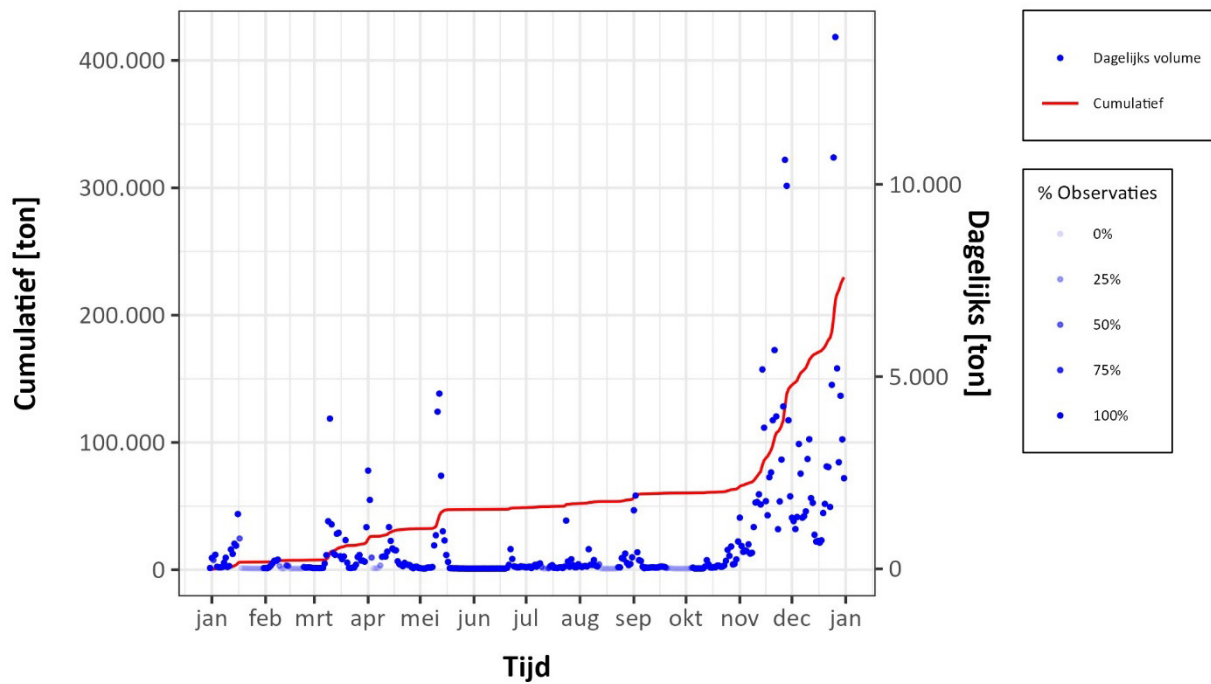
Figuur 75 – Historisch overzicht van de sedimentvrachten per stroomgebied (EWI-gecorrigeerd).
Voor de locatie Werchter is pas data beschikbaar vanaf 2017.



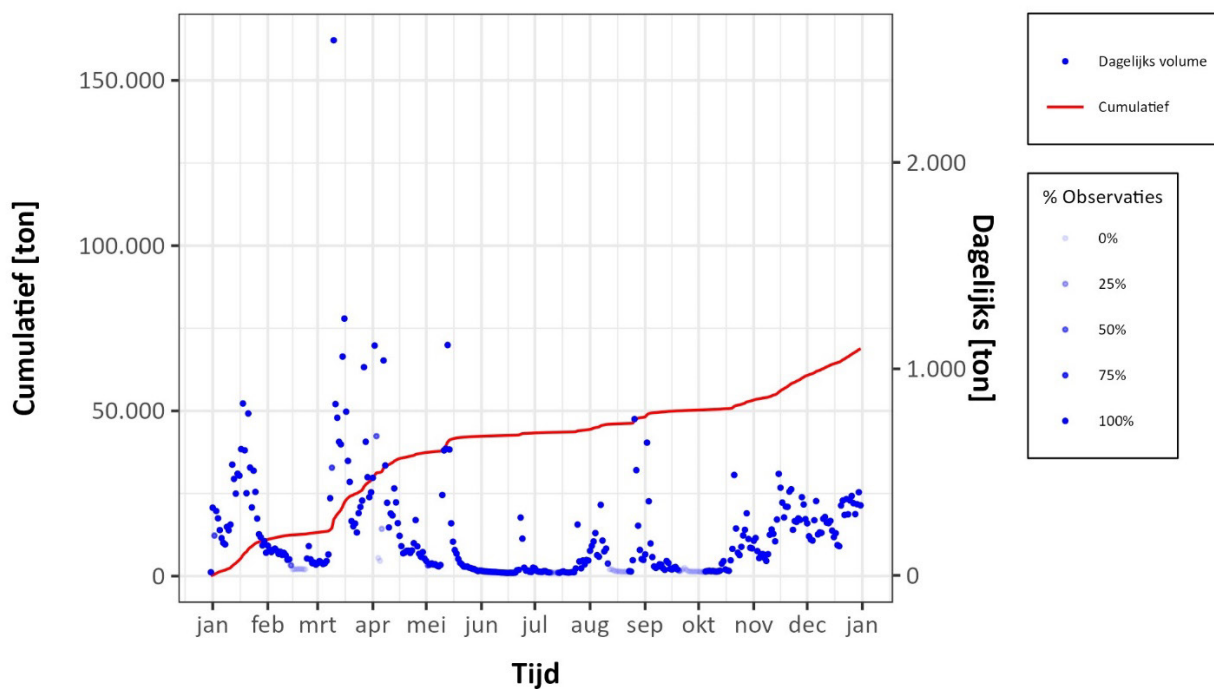
Figuur 76 – Berekende dagelijkse en gecumuleerde sedimentvracht in Melle komende van de Bovenschelde (en Leie) (EWI-correctie toegepast).



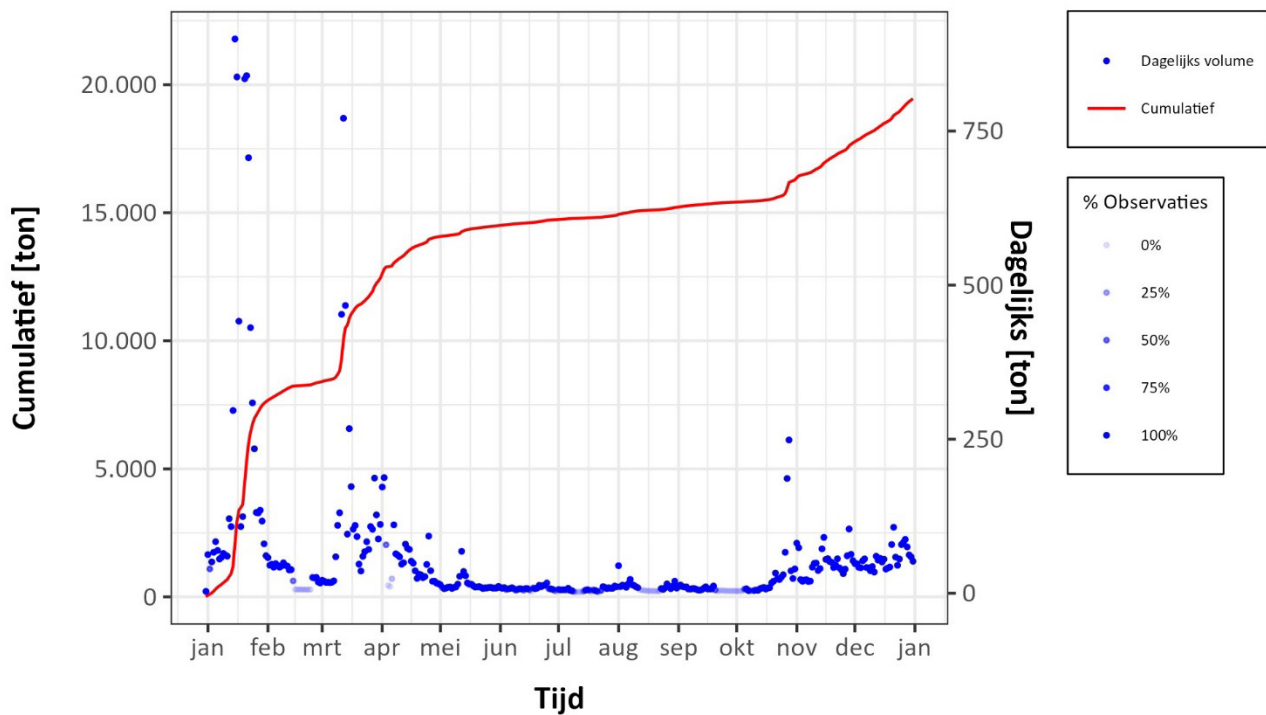
Figuur 77 – Berekende dagelijkse en gecumuleerde sedimentvracht in Dendermonde komende van de Dender (EWI-correctie toegepast).



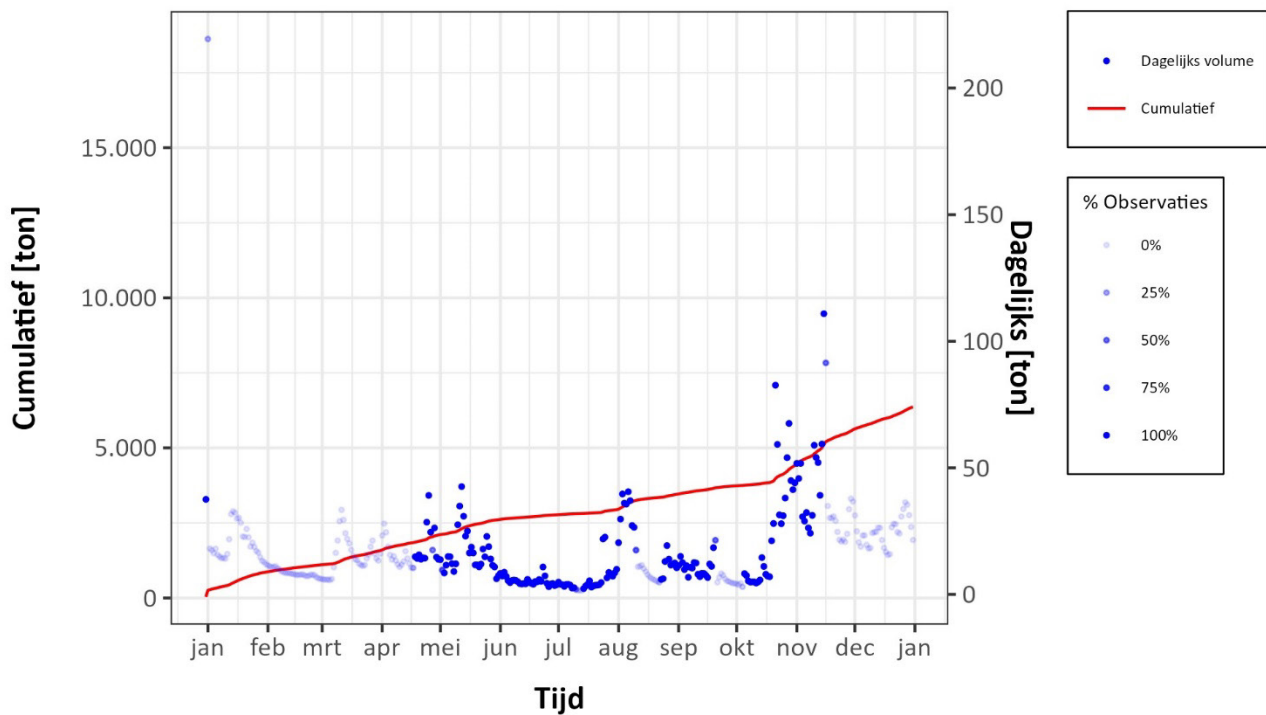
Figuur 78 – Berekende dagelijkse en gecumuleerde sedimentvracht in Eppegem komende van de Zenne (EWI-correctie toegepast).



Figuur 79 – Berekende dagelijkse en gecumuleerde sedimentvracht in Aarschot komende van de Demer (EWI-correctie toegepast).



Figuur 80 – Berekende dagelijkse en gecumuleerde sedimentvracht in Itegem (Hullebrug) komende van de Grote Nete (EWI-correctie toegepast).



Figuur 81 – Berekende dagelijkse en gecumuleerde sedimentvracht in Grobbendonk (Troon) komende van de Kleine Nete (EWI-correctie toegepast).

6 Topo-bathymetrie

In het kader van het MONEOS-programma wordt ook de topo-bathymetrie in het Schelde-estuarium opgemeten. Aangezien deze opnames niet systematisch worden gerapporteerd¹⁰ of aan een eerstelijnsanalyse worden onderworpen, is dit op vraag van Maritieme Toegang opgenomen in het MONEOS-jaarboek.

Voor de Beneden-Zeeschelde wordt zowel de topografie (boven laagwaterlijn) als de bathymetrie (onder de laagwaterlijn) jaarlijks opgemeten. Voor de Boven-Zeeschelde wordt de topografie elke 3 jaar gemeten, terwijl de bathymetrie ook jaarlijks wordt opgemeten. Voor de Rupel en Durme worden zowel topografie als bathymetrie 3-jaarlijks opgemeten.

6.1 Methodes

De bathymetrische gegevens zijn afkomstig uit de sectiekaarten voor de Zeeschelde die opgemeten worden via multibeam echo soundings (MBES) door Vlaamse Hydrografie. Deze werden gecombineerd met topometrische data die met behulp van LIDAR verzameld worden, om ook de ondiepere (en moeilijk peilbaar vanop het water) delen mee op te kunnen nemen. Deze metingen worden door afdeling Maritieme Toegang omgezet naar gebiedsdekkende grids met een resolutie van 1x1 m. Tabel 17Tabel 1717 geeft een overzicht van de opnames per deelgebied die gebruikt werden om het gebiedsdekkende bodemgrid voor het jaar 2023 op te maken.

Tabel 1717 – Overzicht periodes uitgevoerde peilingen per deelgebied

Deelgebied	Bathymetrie (MBES)	Topografie (LIDAR)
Beneden-Zeeschelde	18-09-2023 tem 24-11-2023	5-04-2023
Boven-Zeeschelde	14-02-2023 tem 21-11-2023	Niet beschikbaar
Rupel	Niet beschikbaar	Niet beschikbaar
Durme	20-10-2023 tem 23-10-2023	Niet beschikbaar

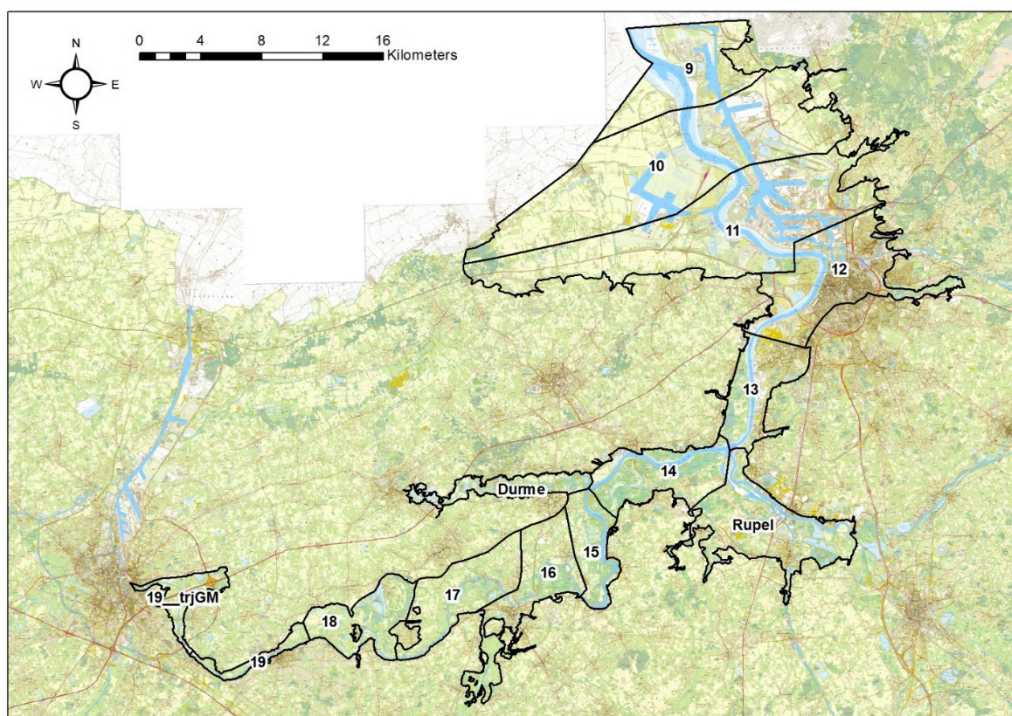
In de intertidale zone, waar zowel opnames o.b.v. MBES (bathymetrie) als LIDAR (topografie) beschikbaar zijn, is er voor het gebiedsdekkende bodemgrid van 2023 gekozen om een gemiddelde van beide opnames te gebruiken. Voordien werd in deze zone enkel de bathymetrie gebruikt. Uit een vergelijking van de bodemgrids van 2022 en 2023 blijkt dat de oppervlakte zonder data (gaten in het grid) binnen de intertidale zone van de Beneden-Zeeschelde meer dan verdubbeld is: van gemiddeld 1,7 % naar 4,5 %, met het grootste verschil in OMES segmenten 9 en 13 (Tabel 18).

¹⁰ Uitzondering is de Beneden-Zeeschelde waarvoor jaarlijks de sectiekaarten op papier worden uitgegeven.

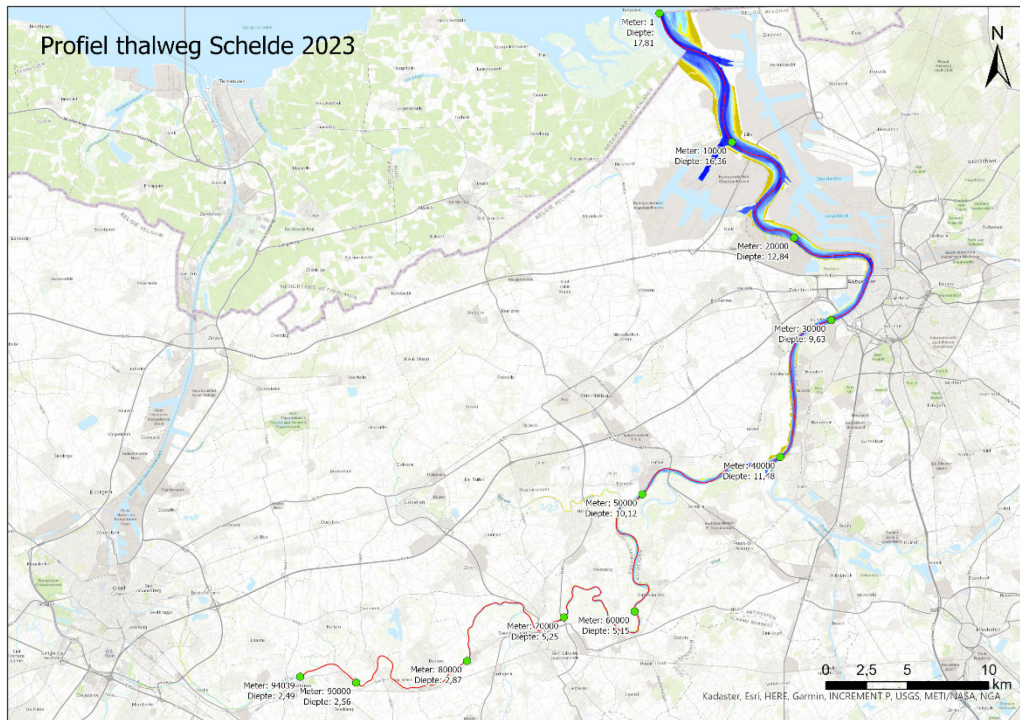
Tabel 18 – Percentage zonder data in de intertidale zone van de Beneden-Zeeschelde in de bodemgrids van 2022 en 2023.

OMES segment	% zonder data 2022	% zonder data 2023
9	1,90	4,78
10	4,35	6,47
11	2,11	3,66
12	0,67	2,63
13	0,39	5,06
Gemiddelde	1,74	4,52

Naast de topo-bathymetrie aan sich zijn de veranderingen in morfologie zichtbaar gemaakt. Ruimtelijk gebeurt dit aan de hand van verschilkaarten tussen de recente periode (2023) en de vorige periode (2022) waarvoor een gebiedsdekkend grid beschikbaar is. Daarnaast worden de verschillen ook nog inzichtelijk gemaakt aan de hand van de hypsometrie. Hierbij wordt het watervolume beneden verschillende referentiepeilen berekend binnen een bepaalde polygoon. In navolging van de sedimentbalans is gekozen de OMES-segmenten (Figuur 82) te hanteren als ruimtelijke indeling. Aangezien de hypsometrie de volledige range van dieptes beschrijft, wordt er daarnaast ook voor gekozen om het watervolume beneden het referentievlak van 0 mTAW voor te stellen. Voor de Beneden-Zeeschelde en het afwaartse deel van de Boven-Zeeschelde komt dit quasi overeen met het laagwaterpeil (zie ook §2). Opgemerkt kan worden dat deze keuze afwijkt van een gelijkaardige analyse in het kader van eerder onderzoek (Plancke *et al.*, 2021b) waar wel expliciet is rekening gehouden met de ruimtelijke variatie van het laagwaterpeil. Voor Moneos is echter voor een vereenvoudigde methodiek gekozen.



Figuur 82 – Opdeling Zeeschelde en bijrivieren volgens de OMES-segmenten.



Figuur 83 – Ligging langsprofiel Zeeschelde

6.2 Resultaten

6.2.1 Topo-bathymetrie

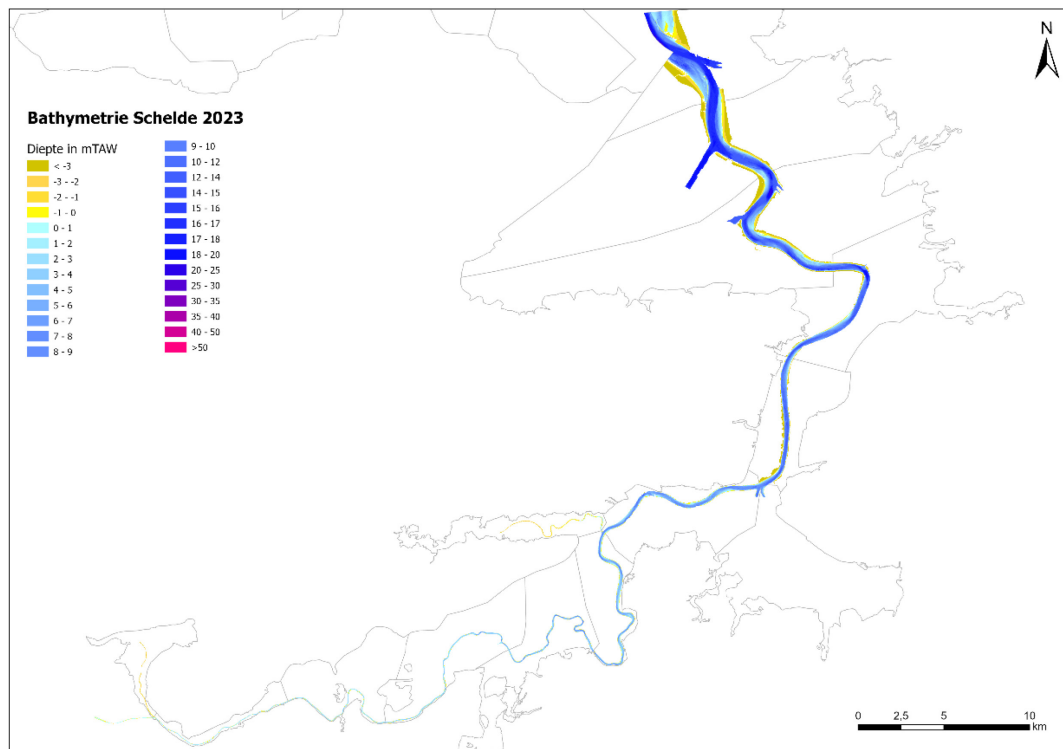
Figuur 84 geeft de topo-bathymetrie weer van de Zeeschelde en Durme voor het jaar 2023. In Bijlage F: Topo-bathymetrie en verschilkaarten **Fout! Verwijzingsbron niet gevonden.** wordt in Figuur 108 t.e.m. Figuur 117 de topo-bathymetrie per OMES-segment weergegeven zodat de variatie in diepteligging duidelijk wordt.

6.2.2 Vershilkaarten

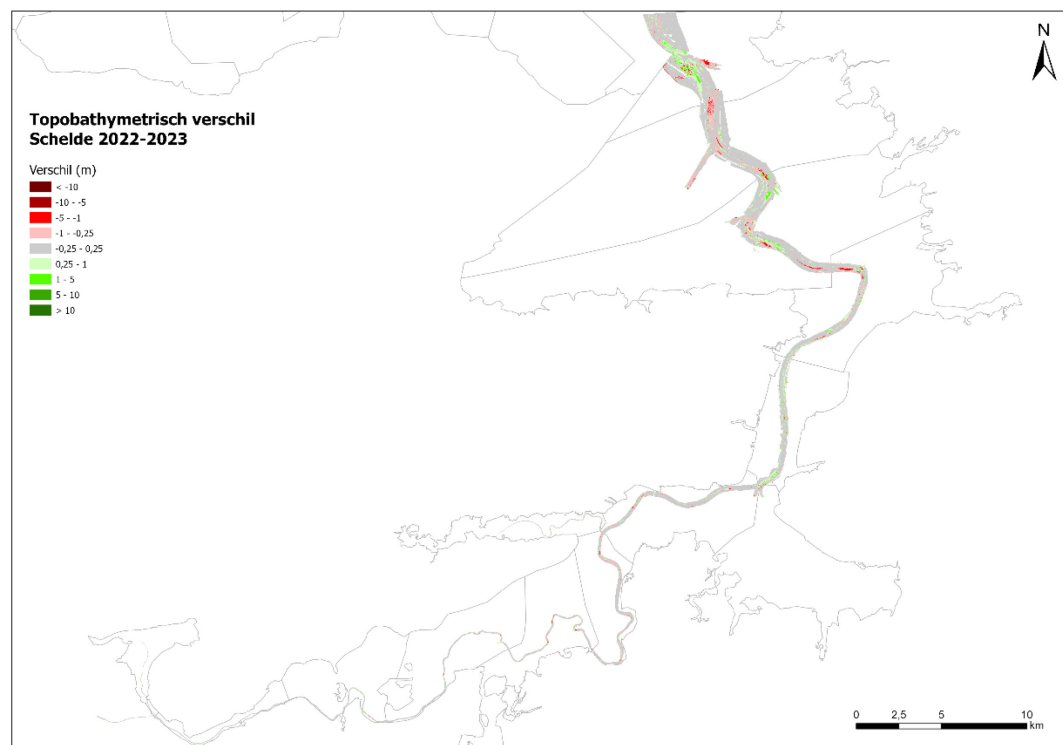
Figuur 85 geeft de verschilkaart weer voor de Zeeschelde en Durme voor de jaren 2022 en 2023. In Bijlage F: Topo-bathymetrie en verschilkaarten worden in Figuur 118 t.e.m. Figuur 127 de verschilkaarten tussen de topo-bathymetrie uit 2022 en 2023 per OMES-segment weergegeven zodat de variatie in diepteligging duidelijk wordt. De verschilkaarten zijn berekend door de bodemligging van 2023 van die van 2022 af te trekken. Negatieve (rode) verschillen duiden dan op sedimentatie, positieve (groene) verschillen tonen erosie.

In de meest afwaartse segmenten (9 – 12) kunnen aanzienlijke verandering vastgesteld worden. Voor een aantal zones (e.g. drempel van Zandvliet, Schaar Ouden Doel in OMES-segment 9 of toegangsgeul Kallo-sluis) kunnen deze toegeschreven worden aan bagger- en stortwerkzaamheden die hebben plaatsgevonden net voor of net na het moment dat de peiling uitgevoerd werd. Op de rand van OMES-segment 10 en 11 kan ook een patroon van erosie en sedimentatie waargenomen worden. Dit kan toegeschreven worden aan de morfologische respons na de bouw van de wachtsteiger ter hoogte van de Ketelplaat (Plancke *et al.*, 2021a) en de aanleg van de krib ter hoogte van Fort Sint-Filips.

Meer opwaarts zijn vaak patronen terug te vinden van erosie met aangrenzende sedimentatie (e.g. geul in OMES-segment 13 en 14), wat wijst op een migratie van bodemvormen. Doorheen de Boven-Zeeschelde zijn er zones met erosie dan wel sedimentatie te vinden. Deze ontwikkeling kunnen zowel toe te schrijven zijn aan natuurlijke evoluties als menselijke ingrepen (e.g. sedimentonttrekking). In voorliggend rapport wordt niet in detail ingegaan op deze oorzaken, enkel een voorstelling van de verschillen wordt weergegeven.



Figuur 84 – Topo-bathymetrie 2023 voor de volledige Zeeschelde & Durme, met aanduiding van OMES segmenten (lichtgrijs)

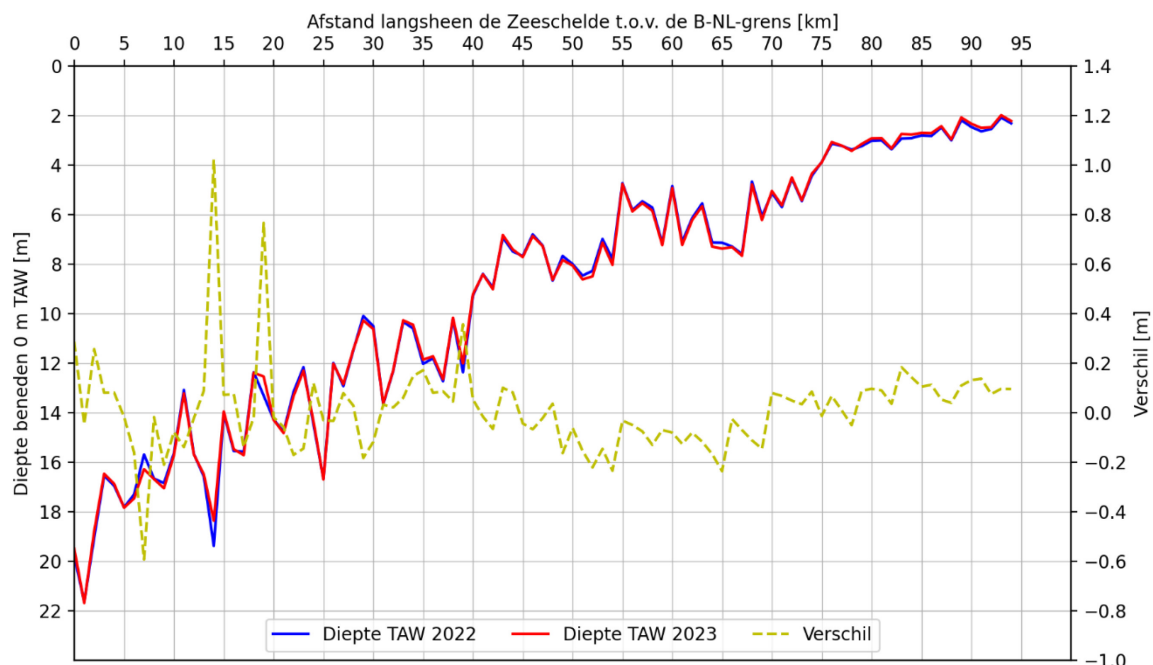


Figuur 85 – Verschilkaart 2022-2023 voor de volledige Zeeschelde & Durme.

6.2.3 Diepteligging langsprofiel

In aanvulling aan de topo-bathymetrie en verschilkaart, is ervoor gekozen een voorstelling op te nemen van de diepteligging van een langsprofiel doorheen de Zeeschelde. Voor de ligging van het profiel wordt verwezen naar Figuur 83. De resultaten, zowel de resp. diepteligging in 2022 en 2023 als het verschil, zijn terug te vinden in Figuur 86. Hierbij is gekozen om de gemiddelde diepteligging per zone van 1000 m te presenteren. De initiële resolutie van 1 m geeft een grotere spreiding, waarbij verschillen in diepte lokaal kunnen oplopen tot ± 4 m. Op deze schaal zijn ook de individuele bodenvormen deels gevisualiseerd.

Hierbij valt het op dat het verschil in het algemeen beperkt is (-20 cm tot +20 cm), met uitzondering van een aantal stukken waar er een duidelijke ver(on)dieping kan waargenomen worden (km 7 (t.h.v. Deurganckdok), 14 (t.h.v. Fort St.-Filip) en 19 (t.h.v. Oosterweel)). Belangrijk is hierbij op te merken dat deze voorstelling eerder illustratief is, aangezien slechts één punt in de dwarssectie beschouwd wordt en dat dit punt niet noodzakelijkerwijs representatief is voor de volledige dwarssectie.



Figuur 86 – Diepteligging langsprofiel Zeeschelde

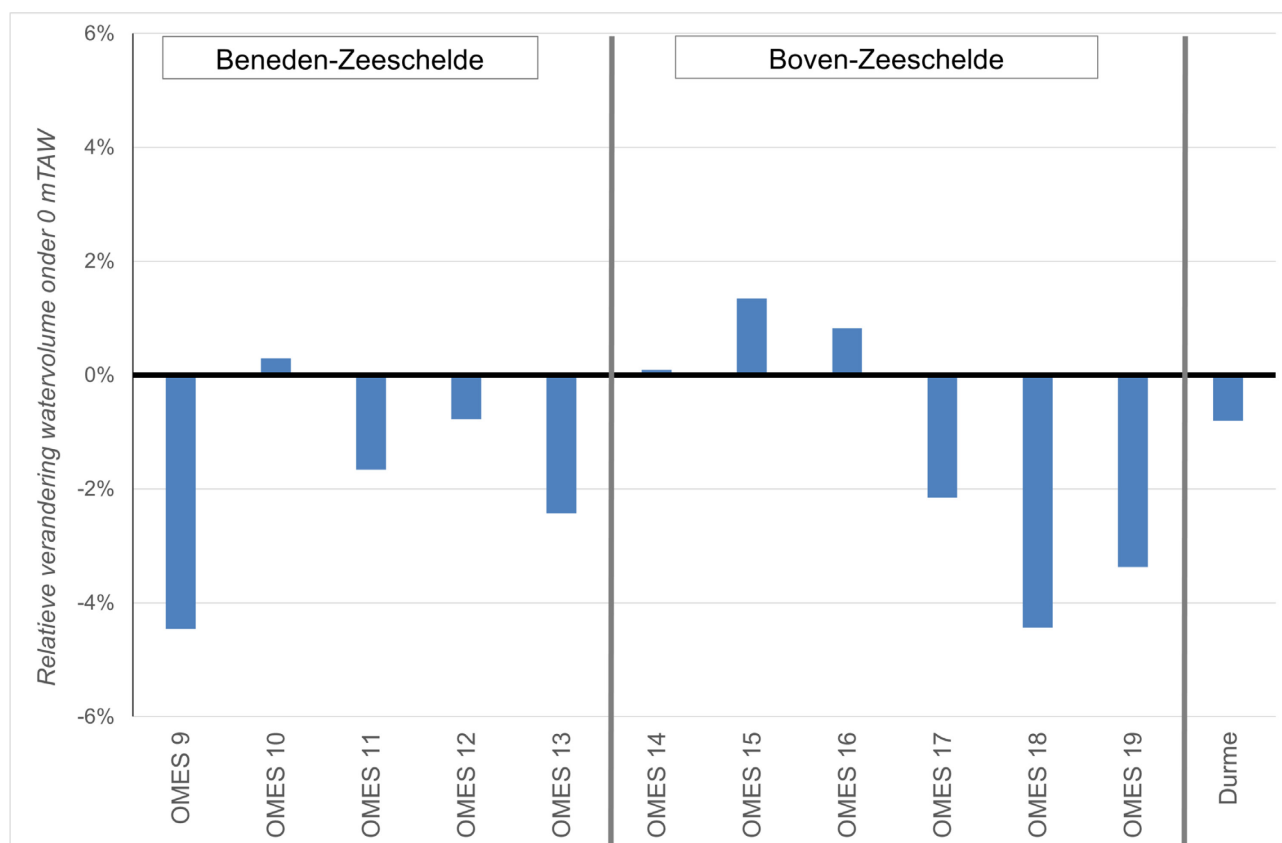
6.2.4 Hypsometrie

De hypsometrie is berekend voor de verschillende OMES-segmenten in de Beneden-Zeeschelde (Figuur 89) en de Boven-Zeeschelde (Figuur 90). De figuren tonen het watervolume onder de verschillende referentieniveaus (stap van 10 cm), waarbij eveneens de hypsometrie voor 2022 wordt getoond. Let wel: in 2022 is de topografie van de Boven-Zeeschelde opgemeten. Dit gebeurt 3-jaarlijks en is deze dus niet beschikbaar in 2023. Dit verklaart de afwijking tussen de hypsometrische curves van 2022 en 2023 bij de hogere peilen in de Boven-Zeeschelde en de Durme.

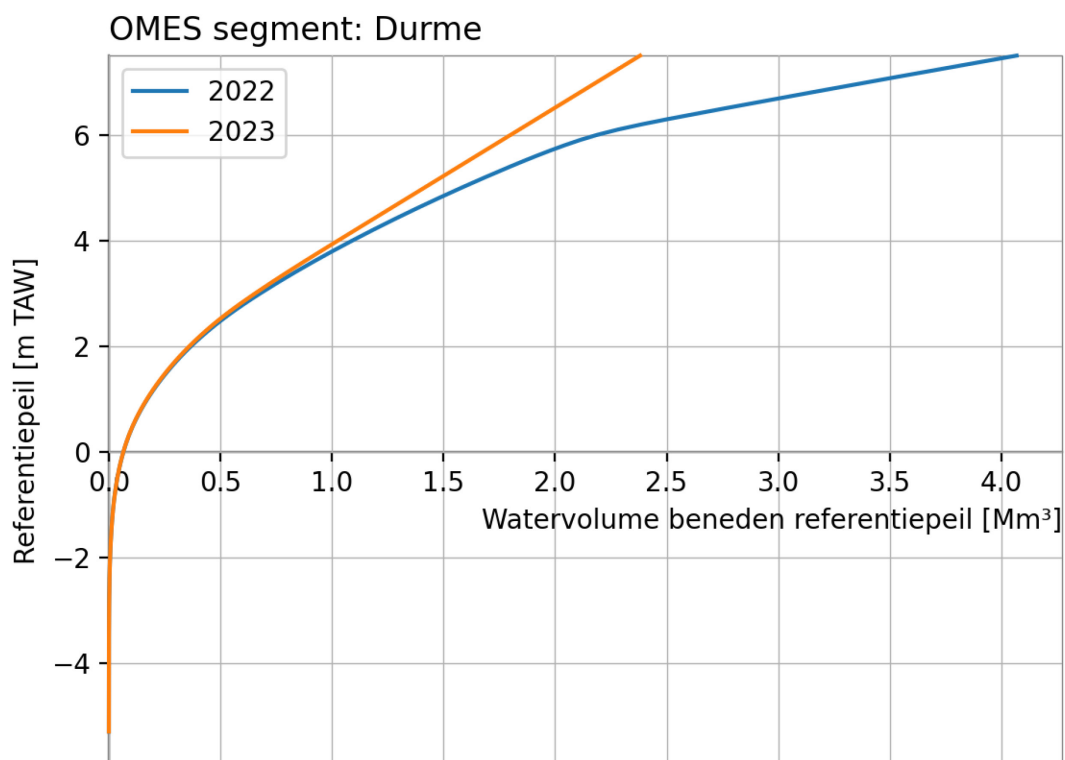
Voor alle segmenten kan er visueel bijna geen verschil vastgesteld worden tussen 2022 en 2023. Daarom wordt ook het watervolume beneden 0 mTAW voorgesteld (Figuur 87). Hieruit blijkt dat voor de Beneden-Zeeschelde de verschillen beperkt blijven. Het afwaartse segmenten 9 toont een afname ruim 4 % van het watervolume onder 0 mTAW. Dit geldt in mindere mate ook voor de meer opwaartse segmenten (11-13). Segment 10 kent een beperkte toename van het volume onder 0 mTAW.

Het afwaartse deel van de Boven-Zeeschelde (segmenten 14-16) kent een beperkte toename van het volume onder 0 mTAW. Verder opwaarts neemt het volume af met een maximum van ruim 4% in OMES segment 18.

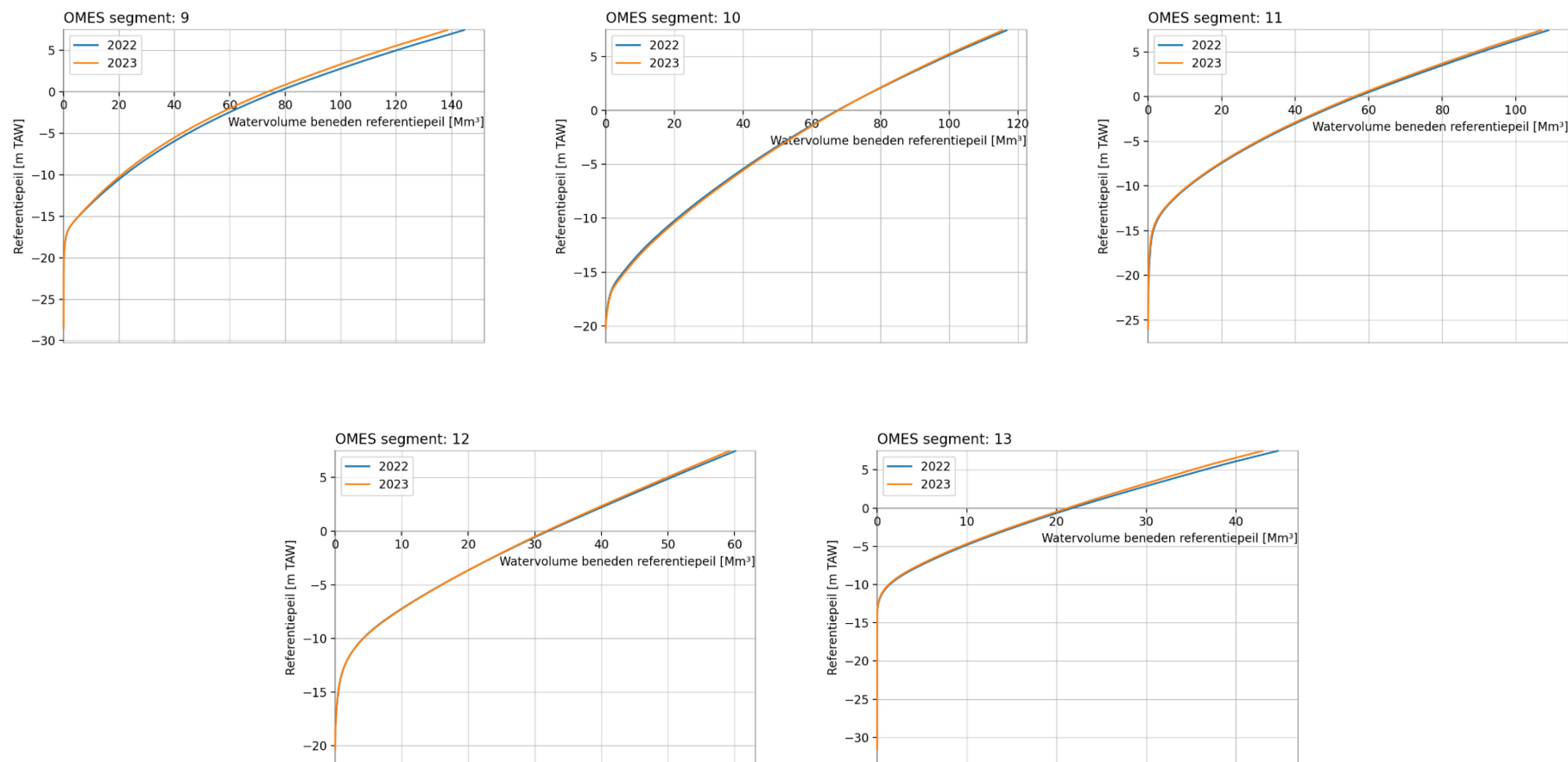
Ook voor de Durme (Figuur 88) treedt een beperkte reductie (<-1 %) op van het watervolume onder 0 mTAW.



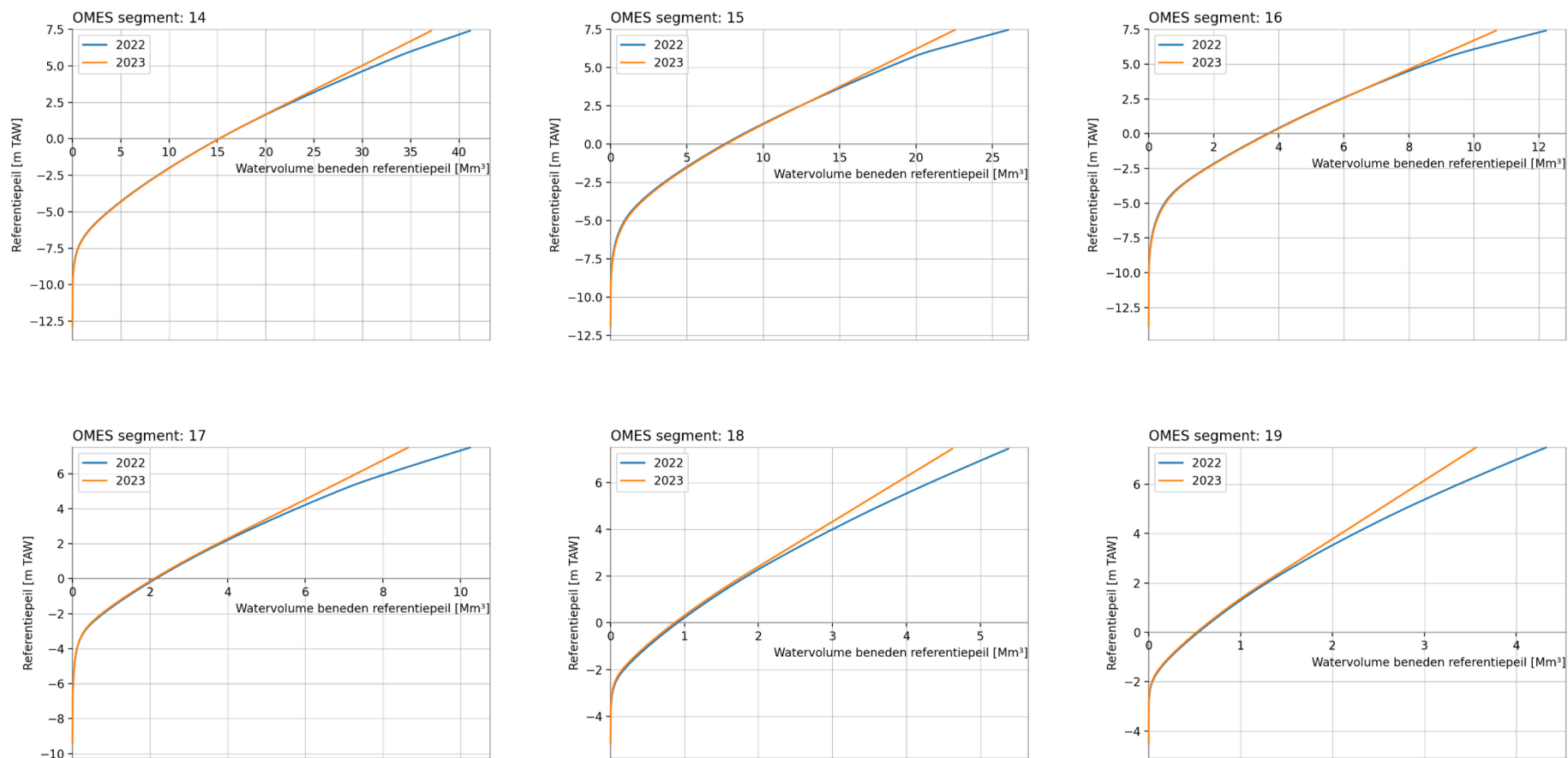
Figuur 87 – Relatieve verandering in watervolume onder 0 m TAW over periode 2012 – 2023 voor verschillende OMES-segmenten langsheen de Zeeschelde en de Durme



Figuur 88 – Hypsometrie voor het OMES-segment Durme (blauw = 2022 | oranje = 2023)



Figuur 89 – Hypsometrie voor de OMES-segmenten (9 t.e.m. 13) in de Beneden-Zeeschelde (blauw = 2022 | oranje = 2023)



Figuur 90 – Hypsometrie voor de OMES-segmenten (14-19) in de Boven-Zeeschelde (blauw = 2022 | oranje = 2023)

7 PFAS-vrachten

In navolging van een eerste berekening (Plancke *et al.*, 2022) op vraag van de PFAS-opdrachthouder en de uitbreiding ervan in het MONEOS-jaarboek 2022, wordt hier opnieuw een inschatting gemaakt van de PFAS-vrachten in het Schelde-estuarium. De focus ligt hierbij op de vrachten voor 5 PFAS-stoffen, waarbij er zowel korte (C₄) als lange (C₈) ketens werden geselecteerd:

- | | |
|-----------------------------------|---|
| - Perfluorbutaanzuur (PFBA) | [C ₄ F ₇ O ₂] |
| - Perfluorbutaansulfonzuur (PFBS) | [C ₄ F ₉ SO ₃] |
| - Perfluorhexaanzuur (PFHxA) | [C ₆ F ₁₁ O ₂] |
| - Perfluoroctaanzuur (PFOA) | [C ₈ F ₁₅ O ₂] |
| - Perfluoroctaansulfonzuur (PFOS) | [C ₈ F ₁₇ SO ₃] |

De berekening van jaarvrachten gebeurt conform de methode van de VrachtenApp (Deltares, 2016)::

$$PFAS_{jaarvracht} = \sum_n (Q_{dag} \times [PFAS_i^{meting}]) \times \frac{365 d}{n}$$

Met [PFAS_i] de concentratie van de PFAS-componenten, Q_{dag} het dagdebiet op de dag dat de PFAS-concentratie werd gemeten en n het aantal beschikbare metingen. Voor meer informatie wordt verwezen naar Plancke *et al.* (2022).

Het aantal beschikbare meetgegevens voor 2023 wordt weergegeven in Tabel 19. Deze tabel bevat eveneens per parameter het aantal meetwaarden dat zich beneden de detectielimiet bevindt. Voor deze metingen wordt de concentratie gelijkgesteld aan de helft van de detectielimiet, identiek als in de eerdere berekening. Voor Dendermonde zijn er dusdanig veel stalen onder de detectiedrempel, dat hiervoor deze methodiek niet werd aangehouden. Voor Dendermonde wordt gewerkt met enerzijds een minimum (i.e. 0) en anderzijds een maximum (i.e. de detectiedrempel).

Figuur 91 bevat de jaarvrachten voor 2023 voor de verschillende PFAS-componenten. Voor vier van de vijf geobserveerde PFAS-componenten is er een toename van de vracht van stroomopwaarts naar stroomafwaarts. Deze 4 componenten vertonen min of meer dezelfde evolutie doorheen het stroomgebied. Enkel voor PFOS is er een sterkere stijging tussen Lillo en de grens (van 51 naar 107 kg/jaar).

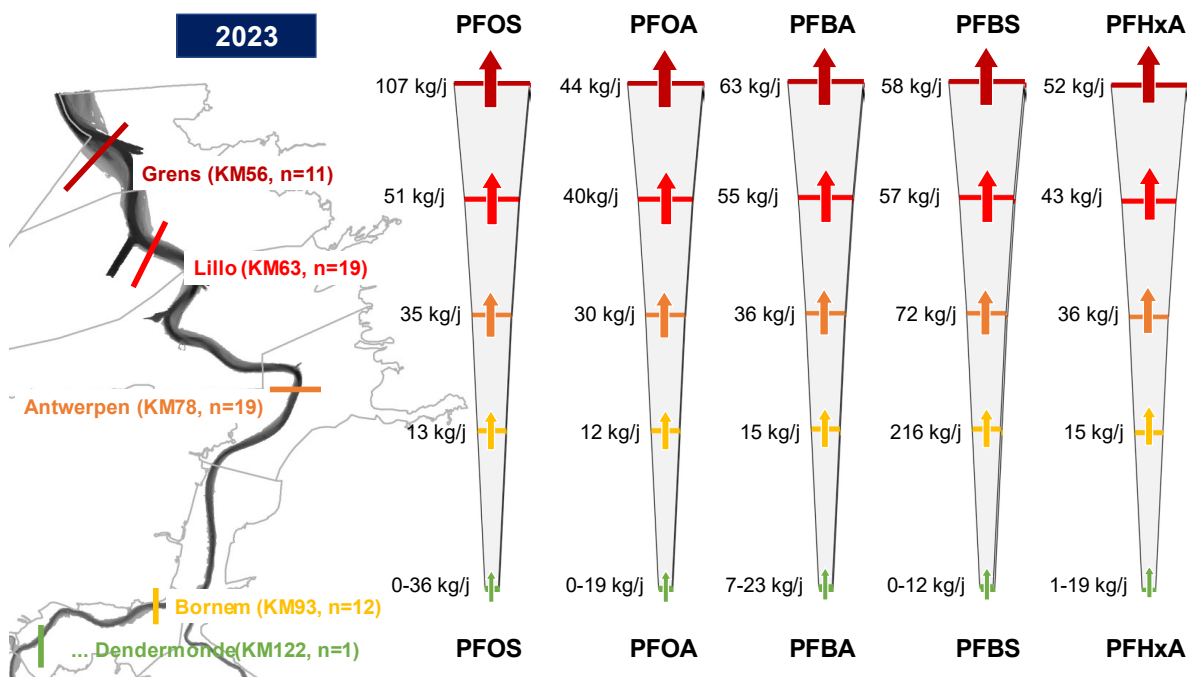
Voor PFBS is er een omgekeerde evolutie (van 216 kg/jaar stroomopwaarts naar 58 kg/jaar stroomafwaarts).

Bij een nazicht blijkt dat 2 van de 302 metingen verantwoordelijk zijn voor 25 % van de totale vracht:

- Bornem 330 ng/l PFBS op 16/01
- Zandvliet 72ng/l PFOS op 13/03

Tabel 19 – Overzicht beschikbare meetgegevens PFAS-concentraties in 2023
metingen (waarvan # onder detectielimiet)

Locatie	Debiet	PFBA	PFBS	PFHxA	PFOS	PFOA
Zandvliet	B-NL-grens	11 (2)	11 (1)	11 (0)	11 (1)	11 (0)
Lillo	B-NL-grens	19 (3)	19 (2)	19 (0)	19 (2)	19 (0)
Antwerpen-Steenplein	½ Beneden-Zeeschelde + ½ B-NL-grens	19 (8)	18 (2)	19 (1)	19 (2)	19 (1)
Hemiksem	Beneden-Zeeschelde + Rupel	12 (5)	10 (0)	12 (1)	12 (2)	12 (1)
Dendermonde	Boven-Zeeschelde (opw) + Dender	12 (11)	12 (12)	12 (11)	12 (12)	12 (12)



Figuur 91 – PFAS-vrachten in de Zeeschelde voor het jaar 2023

8 Referenties

Afdeling kust; Waterbouwkundig Laboratorium (2022) Getijtafels 2023 voor Nieuwpoort, Oostende, Blankenberge, Zeebrugge, Vlissingen, Prosperpolder, Antwerpen en Wintam.

Barneveld, H.J.; Nicolai, R.P.; Boudewijn, T.J.; de Jong, J.W.; Didderen, K.; van de Haterd, R.J.W.; Van de Moortel, I.; Velez, C. (2018). Evaluatierapport T2015-rapportage Schelde-estuarium: Ielystad. 428 pp.

Boeckx, L.; Deschamps, M.; Coen, L. (2023). Wasrapport IJzer-Afwatering Gent: januari 2023. Versie 2.0. *WL Rapporten*, PA008_3. Waterbouwkundig Laboratorium: Antwerpen. Available at: <https://documentatiecentrum.watlab.be/owa/imis.php?module=ref&refid=362824>

Brackx, M.; Van De Moortel, I.; Vandenbruwaene, W.; Vereecken, H.; Plancke, Y.; Deschamps, M.; Mostaert, F. (2019). Validatie fysische parameters: Verwerking EWI-campagnes periode 2012-2017. Versie 3.0. *WL Rapporten*, PA025_15. Waterbouwkundig Laboratorium: Antwerpen. Available at: <http://documentatiecentrum.watlab.be/owa/imis.php?module=ref&refid=313923>

Deltares. (2016). Aanvoer rivieren buitenland. 10 pp.

Depreiter, D.; Cleveringa, J.; van der Laan, T.; Maris, T.; Ysebaert, T.; Wijnhoven, S. (2014). T2009-rapport Schelde-estuarium. 522 + 2 bijlagen pp. pp.

Fremau, M. (2019). Kalibratie van een optisch indirect meettoestel voor het meten van sedimenttransport in een fysisch model. Universiteit Antwerpen. 56 pp.

Hydrologisch Informatiecentrum. (2022a). Hoogwater 31 januari 2022. *Scheldeflits*, 02. Waterbouwkundig Laboratorium: Antwerpen. Available at: <http://documentatiecentrum.watlab.be/owa/imis.php?module=ref&refid=349992>

Hydrologisch Informatiecentrum. (2022b). Hoogwater 5 januari 2022. *Scheldeflits*, 01. Waterbouwkundig Laboratorium: Antwerpen. Available at: <http://documentatiecentrum.watlab.be/owa/imis.php?module=ref&refid=349987>

Hydrologisch Informatiecentrum. (2022c). Hoogwaters 17 - 21 februari 2022. *Scheldeflits*, 03. Waterbouwkundig Laboratorium: Antwerpen. Available at: <http://documentatiecentrum.watlab.be/owa/imis.php?module=ref&refid=349993>

Koninklijk Meteorologisch Instituut. (2023). Klimatologisch jaaroverzicht, Jaar 2022. 13 pp.

Maris, T.; Baeten, S.; Van den Neucker, T.; van den Broeck, T.; Meire, P. (2020a). OMES rapport 2019 Intergetijdengebieden: Onderzoek naar de gevolgen van het Sigmaplan, baggeractiviteiten en havenuitbreiding in de Zeeschelde op het milieu. *Report Ecosystem Management Research Group ECOBE*, 020-R266. Universiteit Antwerpen: Antwerpen

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

Maris, T.; Gelsomini, P.; Horemans, D.; Meire, P. (2020b). Onderzoek naar de gevolgen van het Sigmaplan, baggeractiviteiten en havenuitbreiding in de Zeeschelde op het milieu. Geïntegreerd eindverslag van het onderzoek verricht in 2019. 165 pp.

Meire, D.; Vandenbruwaene, W.; De Bruyne, L.; Thant, S.; Vereecken, H.; Claeys, S.; Deschamps, M. (2022). Bepaling saliniteit op basis van conductiviteits- en temperatuursmetingen: rekenmethodiek en gevoeligheidsanalyse. Versie 4.0. *WL Rapporten*, 17_119_1. Waterbouwkundig Laboratorium: Antwerpen. Available at: <https://documentatiecentrum.watlab.be/owa/imis.php?module=ref&refid=352724>

- Plancke, Y.; Bertels, J.; Michiels, S.; Thant, S.; van den Berg, M.; Meire, D.; Vereecken, H. (2023).** Monitoring Effecten Ontwikkelingsschets (MONEOS) – Jaarboek monitoring 2022: data rapportage monitoring waterbeweging en fysische parameters in Zeeschelde en bijrivieren. Versie 4.0. *WL Rapporten*, PA047_12. Waterbouwkundig Laboratorium: Antwerpen. Available at: <https://documentatiecentrum.watlab.be/owa/imis.php?module=ref&refid=367833>
- Plancke, Y.; Schramkowski, G.; Mostaert, F. (2019).** Harmonische analyse van het getij: deelrapport 1. Bepaling van harmonische componenten voor getijstations in de Zeeschelde. Versie 3.0. *WL Rapporten*, 18_108_1. Waterbouwkundig Laboratorium: Antwerpen. Available at: <http://documentatiecentrum.watlab.be/owa/imis.php?module=ref&refid=312099>
- Plancke, Y.; Van De Moortel, I.; Hertogs, R.; Vereecken, H.; Vos, G.; Verdoodt, N.; Meire, D.; Deschamps, M.; Mostaert, F. (2017).** Monitoring Effecten Ontwikkelingsschets (MONEOS) – Jaarboek monitoring 2016: deelrapport 6. Factual data rapportage van monitoring waterbeweging en fysische parameters in de Zeeschelde in 2016. versie 4.0. *WL Rapporten*, 12_070_6. Waterbouwkundig Laboratorium: Antwerpen. Available at: <http://documentatiecentrum.watlab.be/owa/imis.php?module=ref&refid=291098>
- Plancke, Y.; Vanhooren, J.; De Maerschalck, B.; Gabriels, W. (2022).** PFAS: inschatting PFAS-vrachten in de Zeeschelde. Versie 3.0. *WL Rapporten*, 22_079_1. Waterbouwkundig Laboratorium: Antwerpen. Available at: <https://documentatiecentrum.watlab.be/owa/imis.php?module=ref&refid=359689>
- Plancke, Y.; Vereecken, H.; Vanlede, J.; Verwaest, T.; Mostaert, F. (2014).** Slibbalans-Zeeschelde: deelrapport 5. Metingen halfjaar-eb Boven-Zeeschelde 2013. *WL Rapporten*, 00_029. Waterbouwkundig Laboratorium: Antwerpen
- Rijkswaterstaat Directoraat-generaal; Vlaamse Gemeenschap. (2001).** Langetermijnvisie Schelde-estuarium
- Schrijver, M.; Plancke, Y. (2008).** Uitvoeringsplan MONEOS-T 2008 - 2018. Rijkswaterstaat Zeeland/Vlaamse Overheid. Departement voor Mobiliteit en Openbare Werken: Middelburg. 44 pp.
- Taverniers, E.; Plancke, Y.; Mostaert, F. (2013).** MONEOS - jaarboek monitoring WL - Basisboek: overzicht monitoring hydrodynamiek en fysische parameters zoals door WL in het Zeescheldebekken gemeten - uitleggend basisboek met algemene situering, methodologie en achtergrond. *WL Rapporten*, 12_070. Waterbouwkundig Laboratorium: Antwerpen
- Thant, S.; Plancke, Y.; Vandenbruwaene, W.; Claeys, S.; Deschamps, M.; Mostaert, F. (2020).** Kalibratiemetingen zwevende stof: overzichtsrapport uitgevoerde metingen Zeeschelde in het jaar 2017. Versie 4.0. *WL Rapporten*, 15_024_2. Waterbouwkundig Laboratorium: Antwerpen. Available at: <http://documentatiecentrum.watlab.be/owa/imis.php?module=ref&refid=323486>
- Vandenbruwaene, W.; Hertoghs, R.; Meire, D.; Vereecken, H.; Deschamps, M.; Mostaert, F. (2019).** Optimalisatie monitoring Zeeschelde: modernisering getijmeetnet en kwaliteitscontrole. Versie 4.0. *WL Rapporten*, 14_138_1. Waterbouwkundig Laboratorium: Antwerpen. Available at: <http://documentatiecentrum.watlab.be/owa/imis.php?module=ref&refid=311175>
- Vandenbruwaene, W.; Stark, J.; Plancke, Y.; Mostaert, F. (2020).** Agenda voor de Toekomst – Historische evolutie getij en morfologie Schelde estuarium: deelrapport 5. Synthese. Versie 4.0. *WL Rapporten*, 14_147_5. Waterbouwkundig Laboratorium: Antwerpen. Available at: <http://documentatiecentrum.watlab.be/owa/imis.php?module=ref&refid=322528>
- Vandenbruwaene, W.; Vanlede, J.; Plancke, Y.; Verwaest, T.; Mostaert, F. (2016).** Slibbalans Zeeschelde: deelrapport 4. Historische evolutie SPM. versie 6.0. *WL Rapporten*, 00_029_4. Waterbouwkundig Laboratorium: Antwerpen. 74 + 4 p. bijlagen pp.
- Vanlierde, E.; Cornet, E.; Vereycken, K.; Taverniers, E.; Deschamps, M.; Verwaest, T.; Mostaert, F. (2014).** Methode berekening debieten in de Schelde: berekening debieten te Schelle, afwaarts Dendermonde en aan de Belgisch-Nederlandse grens. *WL Rapporten*, 12_077. Waterbouwkundig Laboratorium: Antwerpen

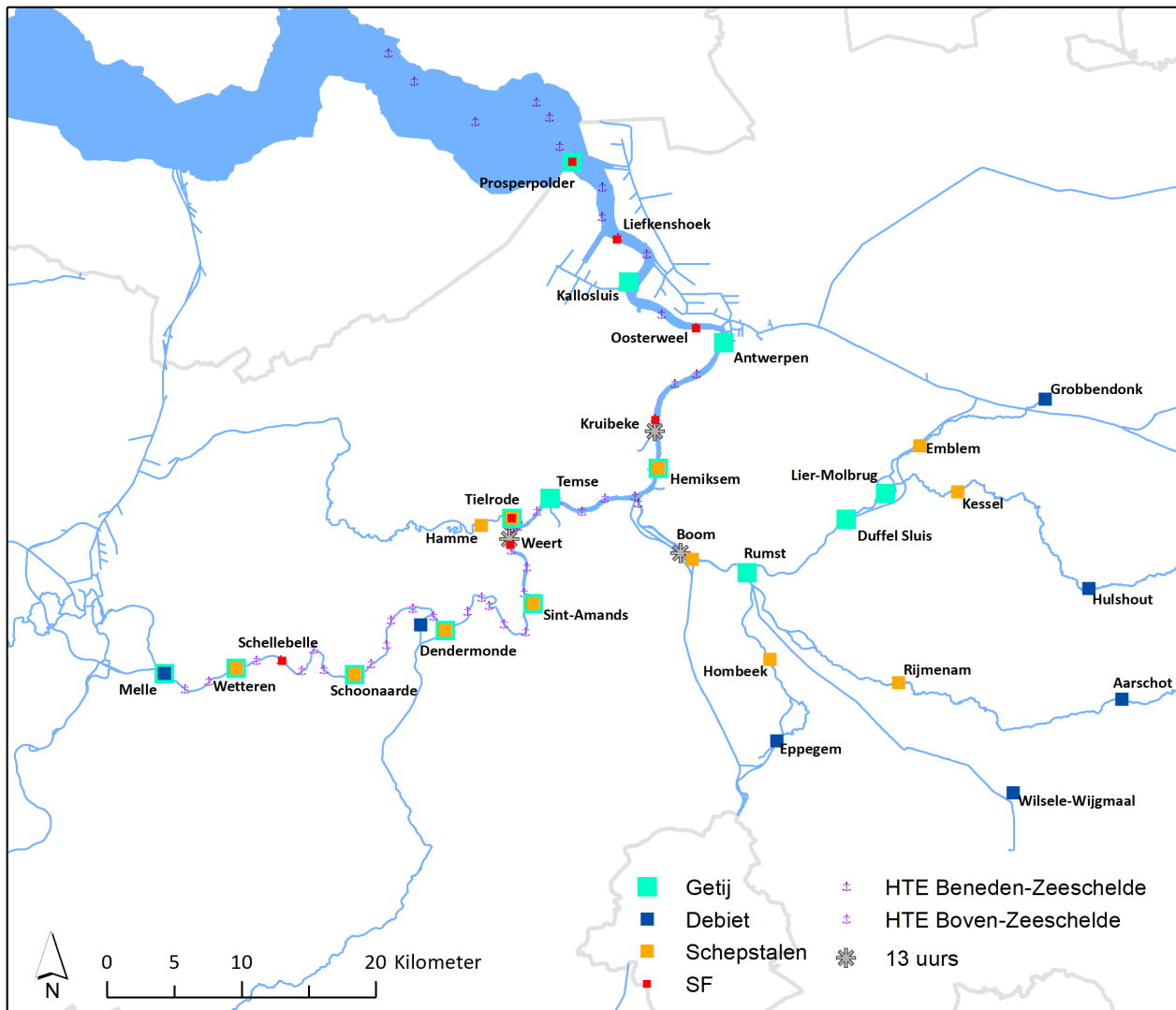
Vereecken, H.; Michielsens, S.; Deschamps, M. (2023). Evaluatie van de peilmeters in het gebied van het Schelde-estuarium (2011-2023): opmetingen referentieniveaus en validatie in de WISKI databank. Versie 4.0. *WL Rapporten*, PA024_5. Waterbouwkundig Laboratorium: Antwerpen. Available at: <https://documentatiecentrum.watlab.be/owa/imis.php?module=ref&refid=365760>

Vlaamse Milieumaatschappij. (2021). Rapport sedimentmeetnet onbevaarbare waterlopen 2020. 46 pp.

Vos, G.; Van De Moortel, I.; Meire, D.; Claeys, S.; Plancke, Y.; Mostaert, F. (2019). Validatie fysische parameters: optimalisatie methodologie voor het bepalen van sedimentaanvoer naar het Schelde-estuarium. Versie 4.0. *WL Rapporten*, 12_076_13. Waterbouwkundig Laboratorium: Antwerpen. Available at: <http://www.vliz.be/nl/open-marien-archief?module=ref&refid=305582>

Bijlage A: Meetlocaties MONEOS 2023

Figuur 92 geeft een overzicht van de meetlocaties die in het kader van MONEOS gerapporteerd worden.



Figuur 92 – Meetlocaties MONEOS 2023.

In Tabel 20 worden voor elke meetlocatie, per soort meting, de opgemeten parameters, toesteltype, type monitoring (continu/periodiek) en startdatum weergegeven.

Tabel 20 – Meetlocaties MONEOS 2023

Meetlocatie	Soort meting	Parameter	Toesteltype	Type monitoring	Start meting
Aarschot	Debiet	H	Radar Ott	Continu	1/01/1975
Dendermonde Appels	Debiet	Q	ADM	Continu	1/01/1971
Epegem	Debiet	H	Vega radar	Continu	19/12/1970
Grobbendonk	Debiet	H	Radar Ott	Continu	20/12/1980
Hulshout	Debiet	H	Radar Ott	Continu	29/12/1975
Melle	Debiet	Q	ADM	Continu	1/01/1971
Wilsele-Wijgmaal	Debiet	H	Vega radar	Continu	26/12/1974
Antwerpen	Getij	W	Radar Ott	Continu	30/04/1966
Dendermonde	Getij	W	Radar Ott	Continu	30/04/1966
Duffel Sluis	Getij	W	Radar Ott	Continu	30/04/1966
Hemiksem	Getij	W	Radar Ott	Continu	13/05/1966
Kallosluis	Getij	W	Radar Ott	Continu	30/04/1966
Lier-Molbrug	Getij	W	Radar Ott	Continu	30/04/1966
Melle	Getij	W	Radar Ott	Continu	30/04/1966
Prosperpolder	Getij	W	Radar Ott	Continu	30/04/1966
Schoonaarde	Getij	W	Radar Ott	Continu	31/08/1998
Sint-Amands	Getij	W	Radar Ott	Continu	30/04/1996
Temse	Getij	W	Druksonde Ott	Continu	30/04/1966
Tielrode	Getij	W	Radar Ott	Continu	30/04/1966
Wetteren Brug	Getij	W	Radar Ott	Continu	30/04/1996
Rumst	Getij	W	Radar Ott	Continu	24/10/2019
Hemiksem	SF	Cond, WT	CTD	Continu	28/07/2009
Klein-Willebroek	SF	Cond, Turb_NTU, WT	EXO	Continu	17/07/2018
Kruikeke	SF	Cond, Turb_NTU, WT	YSI	Continu	25/09/2015
Melle	SF	Cond, Turb_NTU, WT	YSI	Continu	12/01/2010
Oosterweel	SF	Cond, v, vDIR, Turb_NTU, WT	Aanderaa	Continu	4/01/2001
Prosperpolder	SF	Cond, WT	CTD	Continu	23/04/2003
Schellebelle	SF	Cond, Turb_NTU, WT	YSI/EXO (vanaf 22/11/2022)	Continu	15/12/2016
Tielrode	SF	Cond, Turb_NTU, WT	YSI (mobiel)	Continu	19/12/2017
Weert	SF	Cond, Turb_NTU, WT	YSI/EXO (vanaf 10/6/2022)	Continu	19/12/2017
Liefkenshoek-Veer	SF	Cond, Turb_NTU, WT	EXO	Continu	26/03/2019
Dendermonde	Schepstalen	SSC_Sch	Verzwaarde fles	Periodiek	27/12/2005
Emblem	Schepstalen	SSC_Sch	Verzwaarde fles	Periodiek	27/12/2005
Hamme	Schepstalen	SSC_Sch	Verzwaarde fles	Periodiek	3/01/2006
Hemiksem	Schepstalen	SSC_Sch	Verzwaarde fles	Periodiek	6/01/2020
Hombeek	Schepstalen	SSC_Sch	Verzwaarde fles	Periodiek	28/12/2005
Kessel	Schepstalen	SSC_Sch	Verzwaarde fles	Periodiek	27/12/2005
Klein Willebroek	Schepstalen	SSC_Sch	Verzwaarde fles	Periodiek	30/07/2018
Melle	Schepstalen	SSC_Sch	Verzwaarde fles	Periodiek	27/12/2005
Rijmenam	Schepstalen	SSC_Sch	Verzwaarde fles	Periodiek	28/01/2002
Schoonaarde	Schepstalen	SSC_Sch	Verzwaarde fles	Periodiek	27/12/2005

Meetlocatie	Soort meting	Parameter	Toesteltype	Type monitoring	Start meting
Sint-Amands	Schepstalen	SSC_Sch	Verzwaarde fles	Periodiek	27/12/2005
Tielrode	Schepstalen	SSC_Sch	Verzwaarde fles	Periodiek	3/01/2006
Wetteren	Schepstalen	SSC_Sch	Verzwaarde fles	Periodiek	27/12/2005
Betoncentrale Coeck	HTE (bez)	d, SSC_PompHTE	pompstalen HTE	Periodiek	20/05/2015
Boei79	HTE (bez)	d, SSC_PompHTE	pompstalen HTE	Periodiek	20/06/2007
Boei81A	HTE (bez)	d, SSC_PompHTE	pompstalen HTE	Periodiek	20/07/2007
Boei85A	HTE (bez)	d, SSC_PompHTE	pompstalen HTE	Periodiek	8/03/2010
Boei99	HTE (bez)	d, SSC_PompHTE	pompstalen HTE	Periodiek	20/06/2007
Burcht	HTE (bez)	d, SSC_PompHTE	pompstalen HTE	Periodiek	20/07/2007
Haven Doel	HTE (bez)	d, SSC_PompHTE	pompstalen HTE	Periodiek	20/07/2007
Haven Kruiningen	HTE (bez)	d, SSC_PompHTE	pompstalen HTE	Periodiek	22/03/2017
Hemiksem	HTE (bez)	d, SSC_PompHTE	pompstalen HTE	Periodiek	20/06/2007
Kallosluis	HTE (bez)	d, SSC_PompHTE	pompstalen HTE	Periodiek	20/06/2007
Kennedytunnel	HTE (bez)	d, SSC_PompHTE	pompstalen HTE	Periodiek	20/06/2007
Kruibeke veer	HTE (bez)	d, SSC_PompHTE	pompstalen HTE	Periodiek	20/06/2007
Liefkenshoek	HTE (bez)	d, SSC_PompHTE	pompstalen HTE	Periodiek	20/06/2007
Loodsgebouw	HTE (bez)	d, SSC_PompHTE	pompstalen HTE	Periodiek	20/06/2007
Oosterweel	HTE (bez)	d, SSC_PompHTE	pompstalen HTE	Periodiek	20/06/2007
Ouden Doel	HTE (bez)	d, SSC_PompHTE	pompstalen HTE	Periodiek	20/06/2007
Radartoren Waarde	HTE (bez)	d, SSC_PompHTE	pompstalen HTE	Periodiek	22/03/2017
Rupelmonde	HTE (bez)	d, SSC_PompHTE	pompstalen HTE	Periodiek	20/06/2007
Saeftinge	HTE (bez)	d, SSC_PompHTE	pompstalen HTE	Periodiek	20/06/2007
Walsoorden Zuidergat	HTE (bez)	d, SSC_PompHTE	pompstalen HTE	Periodiek	9/03/2022
Wintam veer	HTE (bez)	d, SSC_PompHTE	pompstalen HTE	Periodiek	22/05/2015
Wrak Atlantide	HTE (bez)	d, SSC_PompHTE	pompstalen HTE	Periodiek	22/03/2017
Zwijndrecht hoogspanningskabel	HTE (bez)	d, SSC_PompHTE	pompstalen HTE	Periodiek	20/06/2007
Appels opw veer	HTE (boz)	d, SSC_PompHTE	pompstalen HTE	Periodiek	11/09/2013
B132 opw Notelaer	HTE (boz)	d, SSC_PompHTE	pompstalen HTE	Periodiek	12/09/2013
Baasrode veer	HTE (boz)	d, SSC_PompHTE	pompstalen HTE	Periodiek	12/09/2013
Boelwerf	HTE (boz)	d, SSC_PompHTE	pompstalen HTE	Periodiek	12/09/2013
Branst	HTE (boz)	d, SSC_PompHTE	pompstalen HTE	Periodiek	12/09/2013
Buggenhout	HTE (boz)	d, SSC_PompHTE	pompstalen HTE	Periodiek	12/09/2013
De Cramp	HTE (boz)	d, SSC_PompHTE	pompstalen HTE	Periodiek	12/09/2013
Dendermonde	HTE (boz)	d, SSC_PompHTE	pompstalen HTE	Periodiek	12/09/2013
Dendersluis	HTE (boz)	d, SSC_PompHTE	pompstalen HTE	Periodiek	11/09/2013
Durmemonding	HTE (boz)	d, SSC_PompHTE	pompstalen HTE	Periodiek	12/09/2013
Kwatrecht	HTE (boz)	d, SSC_PompHTE	pompstalen HTE	Periodiek	11/09/2013
Kwatrecht afw	HTE (boz)	d, SSC_PompHTE	pompstalen HTE	Periodiek	11/09/2013
Lippenbroek	HTE (boz)	d, SSC_PompHTE	pompstalen HTE	Periodiek	6/02/2014
Mariekerke veer	HTE (boz)	d, SSC_PompHTE	pompstalen HTE	Periodiek	12/09/2013
Melle	HTE (boz)	d, SSC_PompHTE	pompstalen HTE	Periodiek	11/09/2013
Moerzeke	HTE (boz)	d, SSC_PompHTE	pompstalen HTE	Periodiek	12/09/2013
Schellebelle Kerk	HTE (boz)	d, SSC_PompHTE	pompstalen HTE	Periodiek	11/09/2013
Schellebelle opw	HTE (boz)	d, SSC_PompHTE	pompstalen HTE	Periodiek	11/09/2013

Meetlocatie	Soort meting	Parameter	Toesteltype	Type monitoring	Start meting
Schoonaarde afw brug	HTE (boz)	d, SSC_PompHTE	pompstalen HTE	Periodiek	11/09/2013
Schoonaarde opw brug	HTE (boz)	d, SSC_PompHTE	pompstalen HTE	Periodiek	11/09/2013
Sint-Amands opw dorp	HTE (boz)	d, SSC_PompHTE	pompstalen HTE	Periodiek	12/09/2013
Steendorp	HTE (boz)	d, SSC_PompHTE	pompstalen HTE	Periodiek	12/09/2013
Temsebrug	HTE (boz)	d, SSC_PompHTE	pompstalen HTE	Periodiek	12/09/2013
Uitbergen bocht	HTE (boz)	d, SSC_PompHTE	pompstalen HTE	Periodiek	11/09/2013
Uitbergen brug opw	HTE (boz)	d, SSC_PompHTE	pompstalen HTE	Periodiek	11/09/2013
Vlassenbroek	HTE (boz)	d, SSC_PompHTE	pompstalen HTE	Periodiek	12/09/2013
Wetteren	HTE (boz)	d, SSC_PompHTE	pompstalen HTE	Periodiek	11/09/2013
Wichelen	HTE (boz)	d, SSC_PompHTE	pompstalen HTE	Periodiek	11/09/2013
Wintam	HTE (boz)	d, SSC_PompHTE	pompstalen HTE	Periodiek	12/09/2013
Zelee kasteeltje	HTE (boz)	d, SSC_PompHTE	pompstalen HTE	Periodiek	11/09/2013
Zelee opw jachtclub	HTE (boz)	d, SSC_PompHTE	pompstalen HTE	Periodiek	11/09/2013

Bijlage B: Evoluties HW en LW

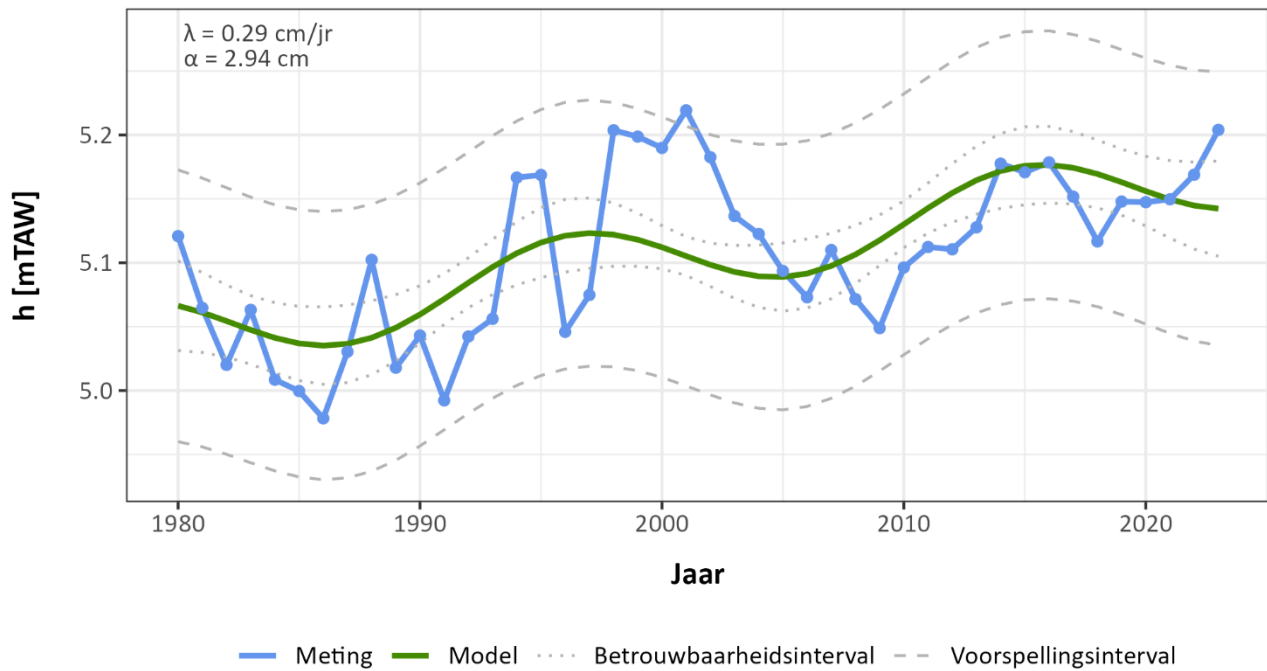
In onderstaande figuren worden de jaargemiddelde waarden gebruikt (blauw) om de langjarige trend (over de periode 1980-2023) te bepalen. De groene volle lijn geeft de regressielijn weer, terwijl de gestippelde grijze lijn het 95%-betrouwbaarheidsinterval weergeeft (dit komt overeen met de mate van nauwkeurigheid van de schatting van de regressieparameters). De grijze gestreepte lijn geeft het 95%-voorspellingsinterval weer (hierbij wordt tevens rekening gehouden met de variabiliteit van de hoog- of laagwaters). De regressielijn, betrouwbaarheids- en voorspellingsintervallen zijn bepaald op basis van de jaargemiddelde hoog- en laagwaters van 1980 tot en met 2022. In 2013 zijn de peillatten opnieuw ingemeten en werd er vanaf 2011 een correctie doorgevoerd. Meer informatie hieromtrent is terug te vinden in Vandenbruwaene *et al.* (2019). Uit datzelfde rapport blijkt dat het opnemen van de peilschaalcorrectie weinig invloed heeft op de trendanalyse in Antwerpen. In februari 2023 is er op een aantal locaties een bijstelling uitgevoerd o.b.v. de resultaten van een nieuwe en nauwkeurigere hoogtemeting van het referentiepunt voor de ijkingsmetingen. Voor uitgebreidere info omtrent deze ingrepen wordt er verwezen naar Vereecken *et al.* (2023).

Figuur 93 tot en met Figuur 100 presenteren de resultaten voor Prosperpolder, Temse, Dendermonde en Wetteren voor hoog- en laagwater. In Tabel 21 wordt de jaarlijkse lineaire evolutie voor hoog- en laagwater weergegeven, berekend over periode 1980-2022. Voor meer informatie over de trendlijnbepaling wordt verwezen naar het MONEOS-rapport 2016 (Plancke *et al.*, 2017).

Tabel 21 – Jaarlijkse lineaire evolutie van de hoog- en laagwaters (1980-2023).

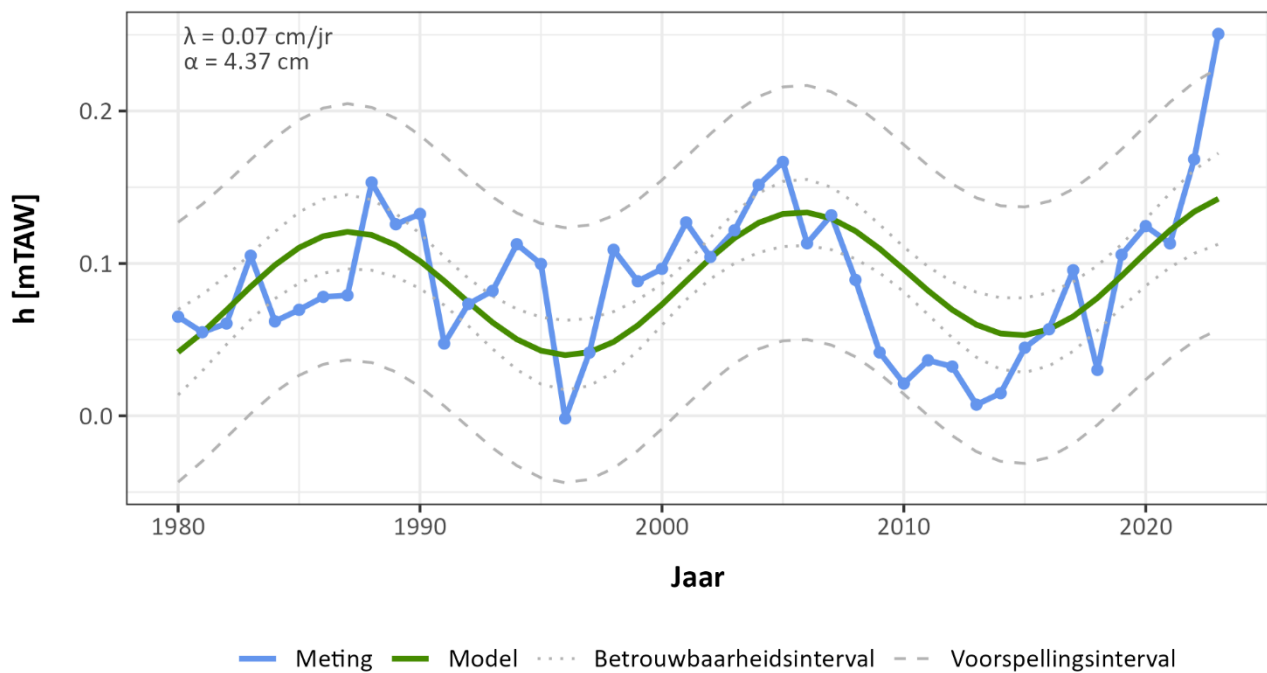
Locatie	Jaarlijkse evolutie (cm/jaar)	
	HW	LW
Prosperpolder	0,29	0,07
Antwerpen	0,13	-0,04
Temse	0,20	-0,08
Dendermonde	0,29	-0,76
Wetteren	0,23	-1,09

Prosperpolder tij/Zeeschelde

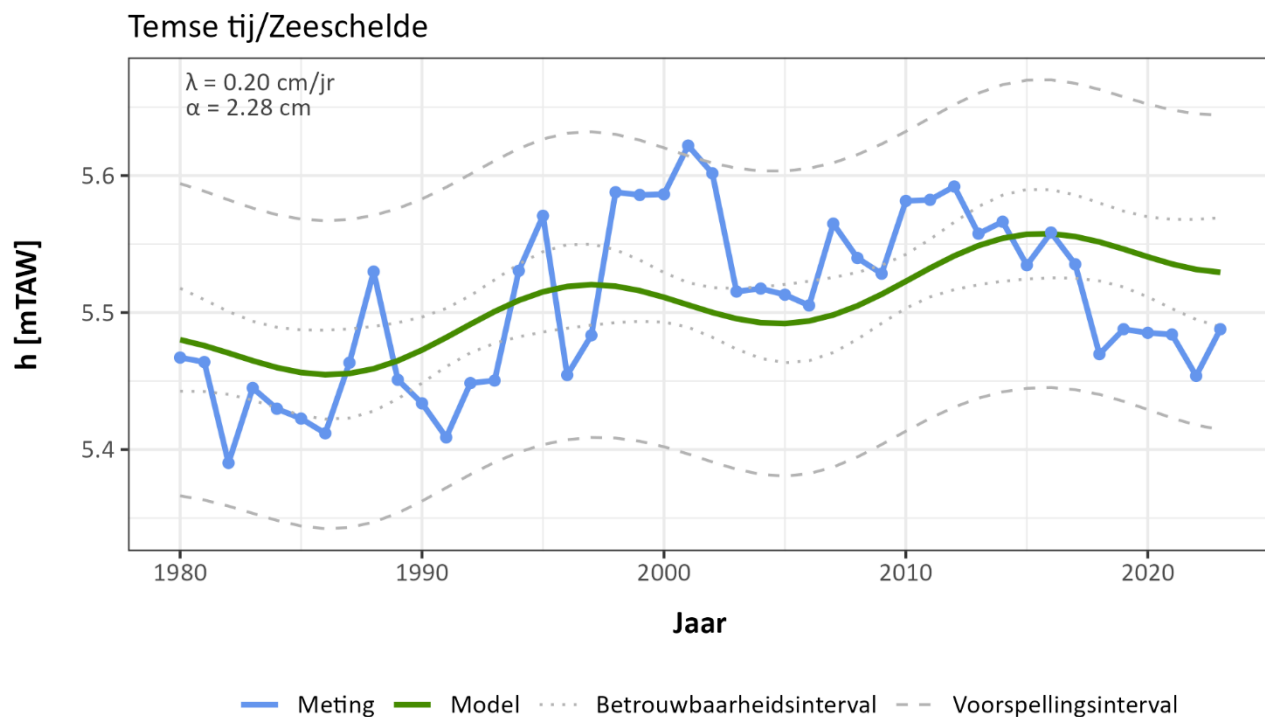


Figuur 93 – Trend jaargemiddeld hoogwater te Prosperpolder bepaald over de periode 1980-2023.

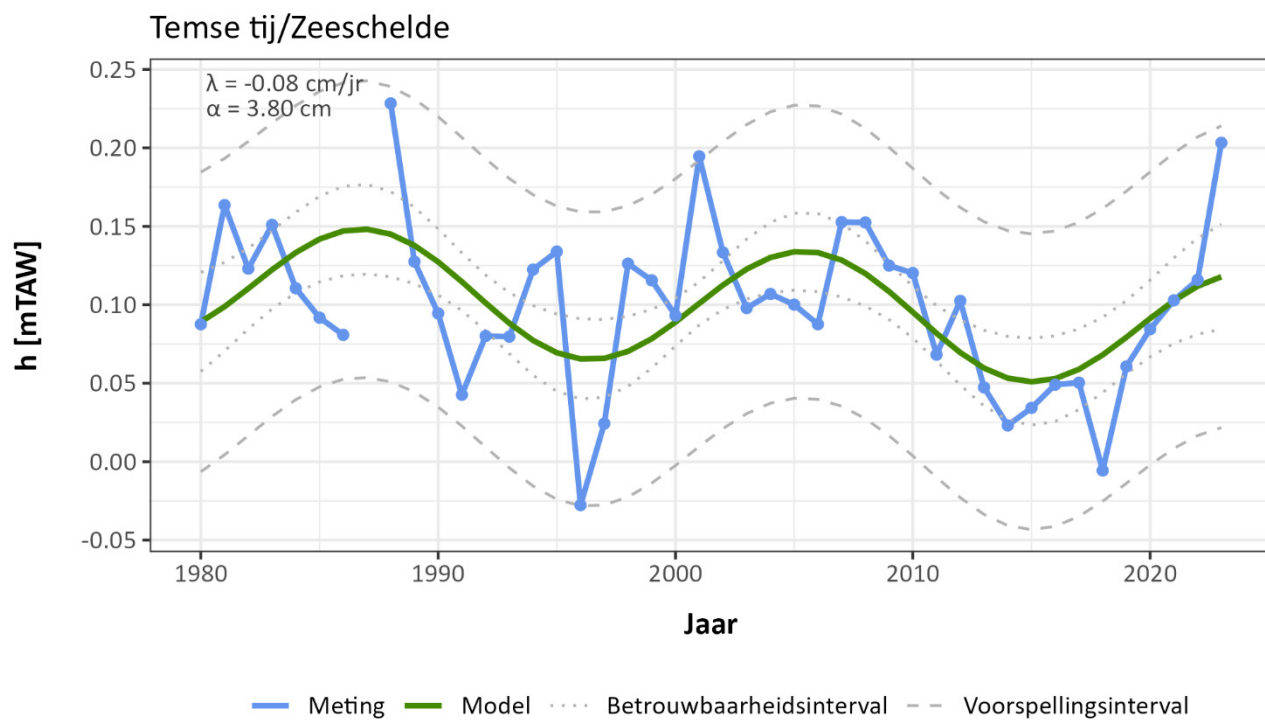
Prosperpolder tij/Zeeschelde



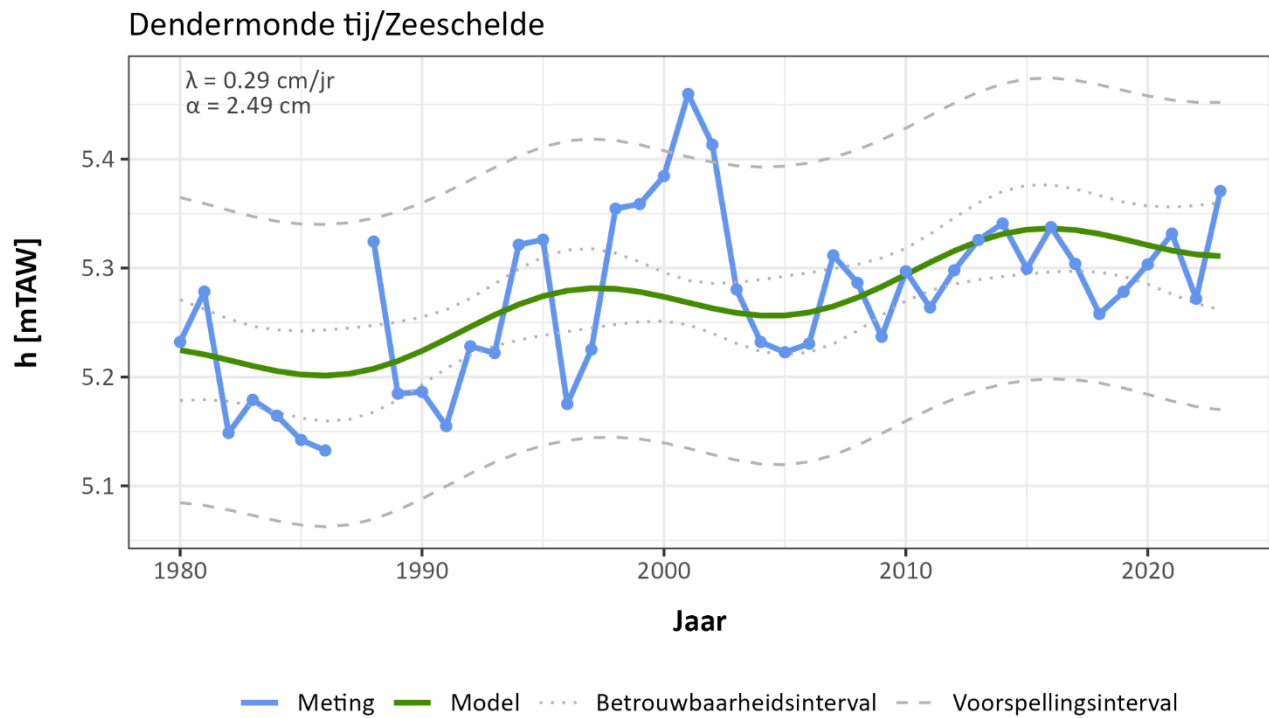
Figuur 94 – Trend jaargemiddeld laagwater te Prosperpolder bepaald over de periode 1980-2023.



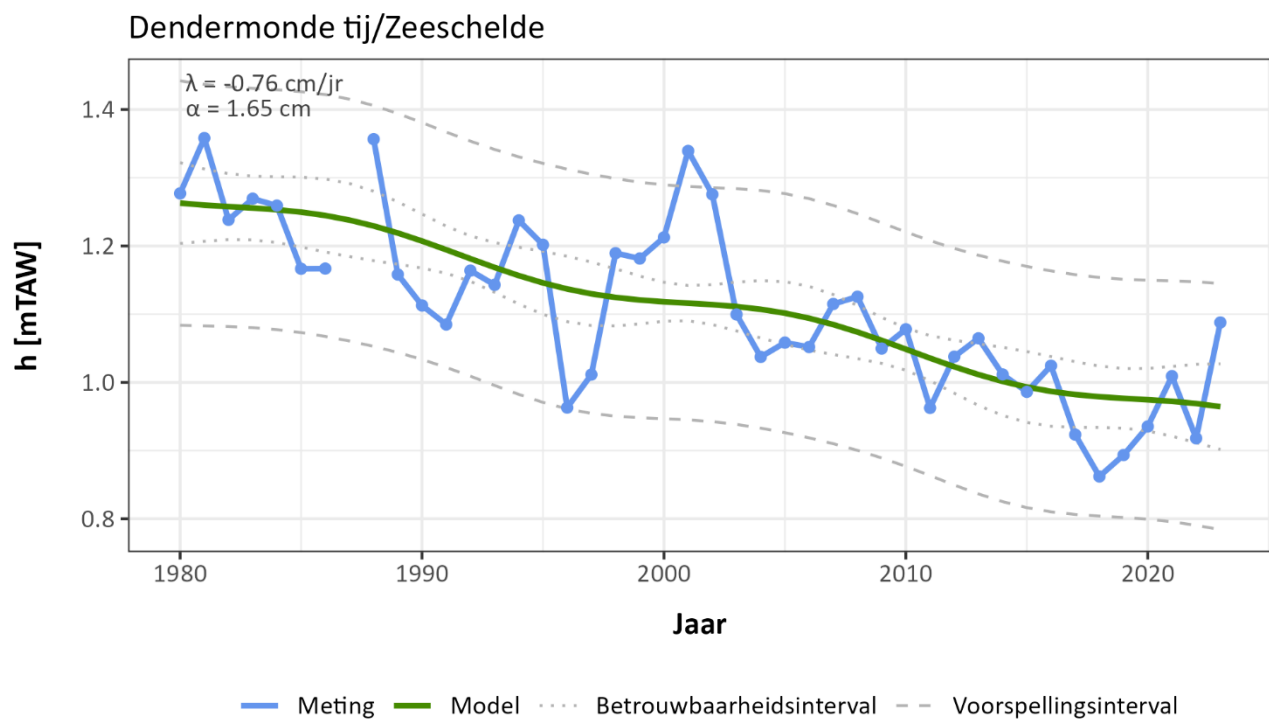
Figuur 95 – Trend jaargemiddeld hoogwater te Temse bepaald over de periode 1980-2023.



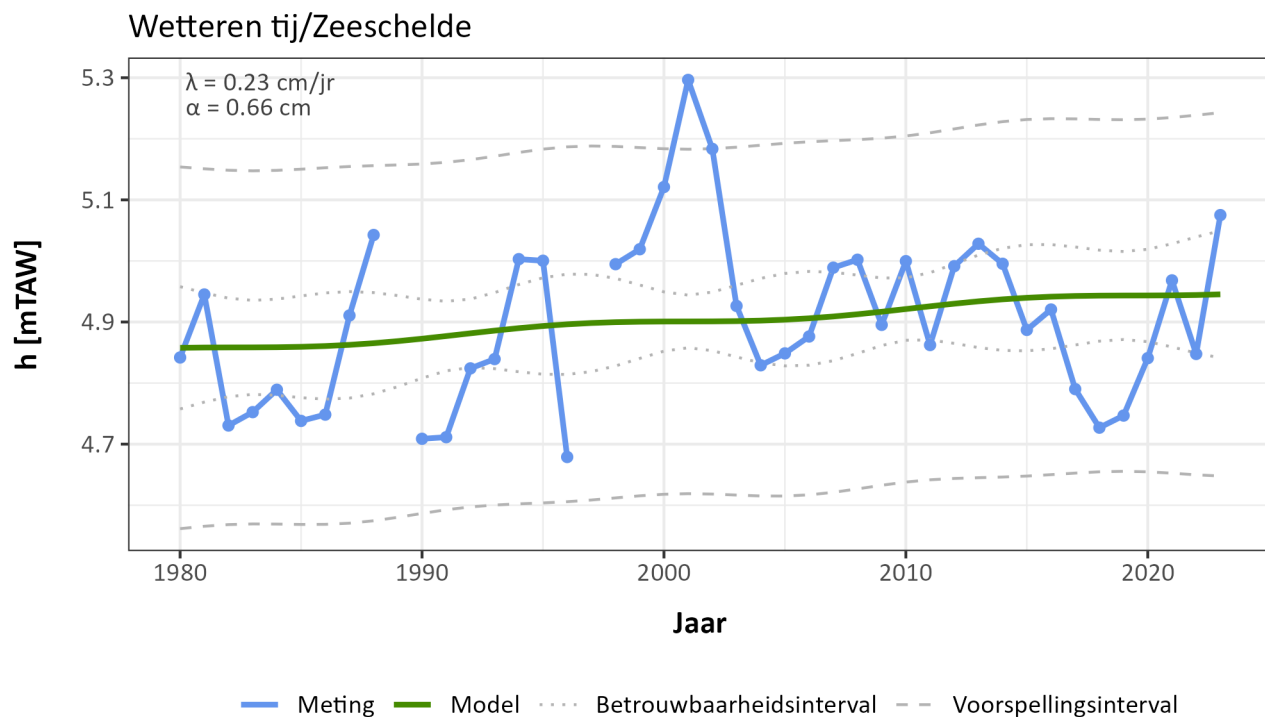
Figuur 96 – Trend jaargemiddeld laagwater te Temse bepaald over de periode 1980-2023.



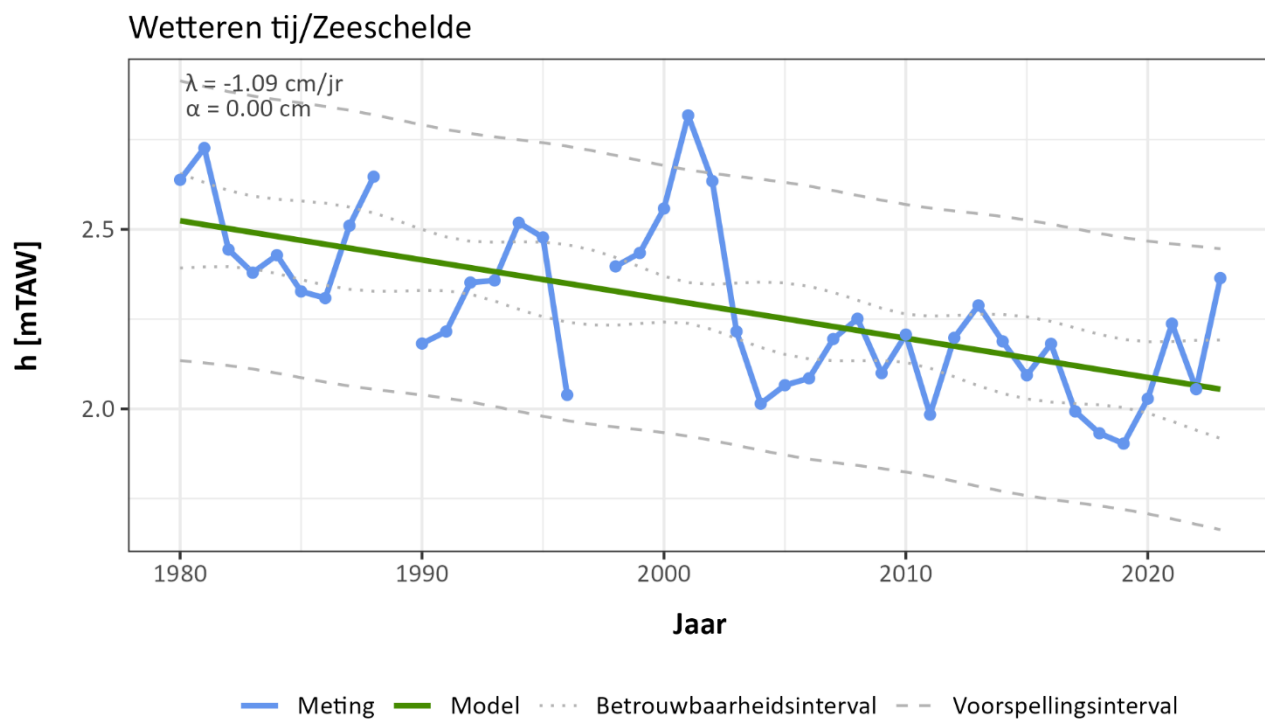
Figuur 97 – Trend jaargemiddeld hoogwater te Dendermonde bepaald over de periode 1980-2023.



Figuur 98 –Trend jaargemiddeld laagwater te Dendermonde bepaald over de periode 1980-2023.



Figuur 99 –Trend jaargemiddeld hoogwater te Wetteren bepaald over de periode 1980-2023.



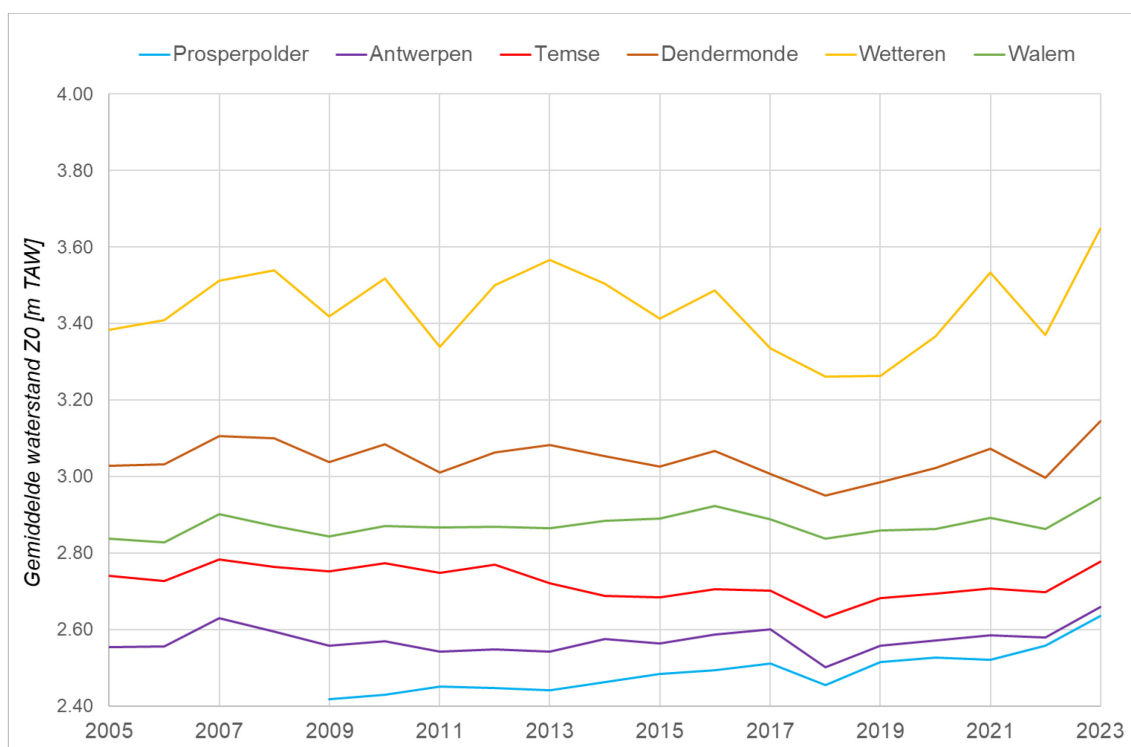
Figuur 100 –Trend jaargemiddeld laagwater te Wetteren bepaald over de periode 1980-2023.

Bijlage C: Harmonische componenten

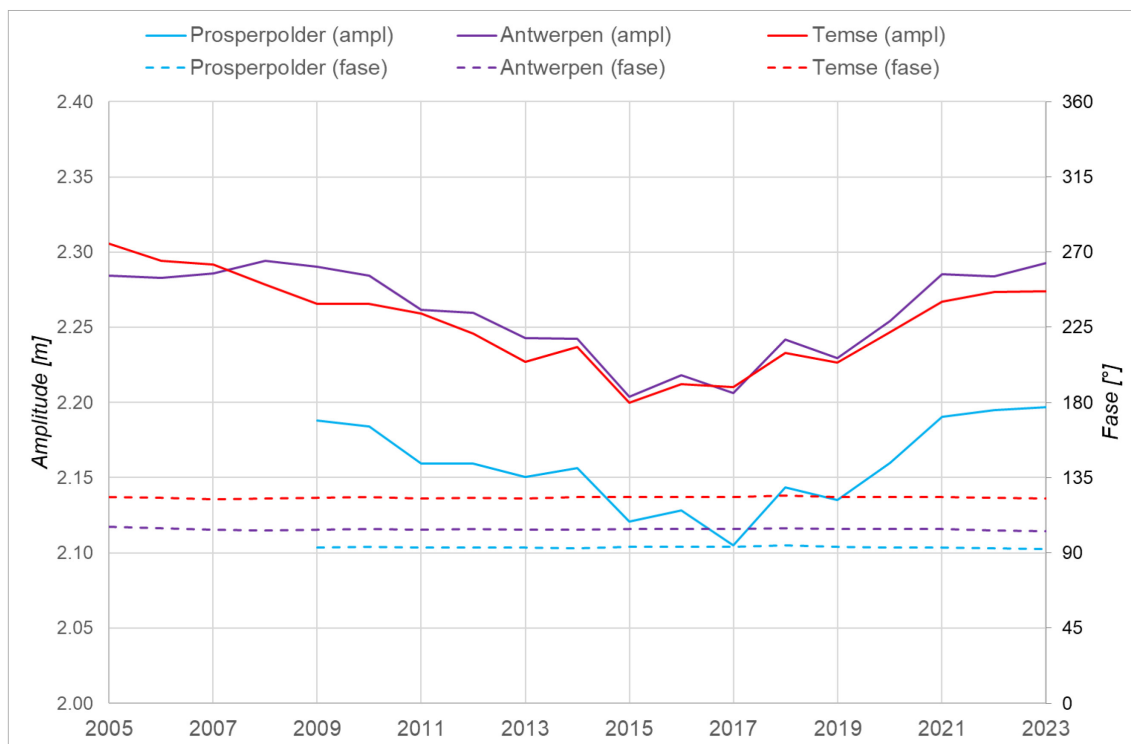
In het kader van de Evaluatiemethodiek voor het beoordelen van de ontwikkelingen van het fysisch systeem van het Schelde-estuarium, worden harmonische getijcomponenten als verklarende parameter beschouwd (Maris *et al.* 2014). Voor de Westerschelde worden deze door Rijkswaterstaat systematisch berekend,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

Vanaf meetjaar 2018 worden de harmonische componenten voor deze stations jaarlijks in het MONEOS-jaarboek gerapporteerd. Er is geopteerd om louter de belangrijkste componenten (M2 en M4) en de gemiddelde waterstand (Z0) te rapporteren (Plancke *et al.*, 2019). M2 is het dubbeldaags maansgetij (periode 12 uur 25 minuten) en M4 de viermaaldaagse component van het maansgetij (periode 6 uur 12,5 minuten).

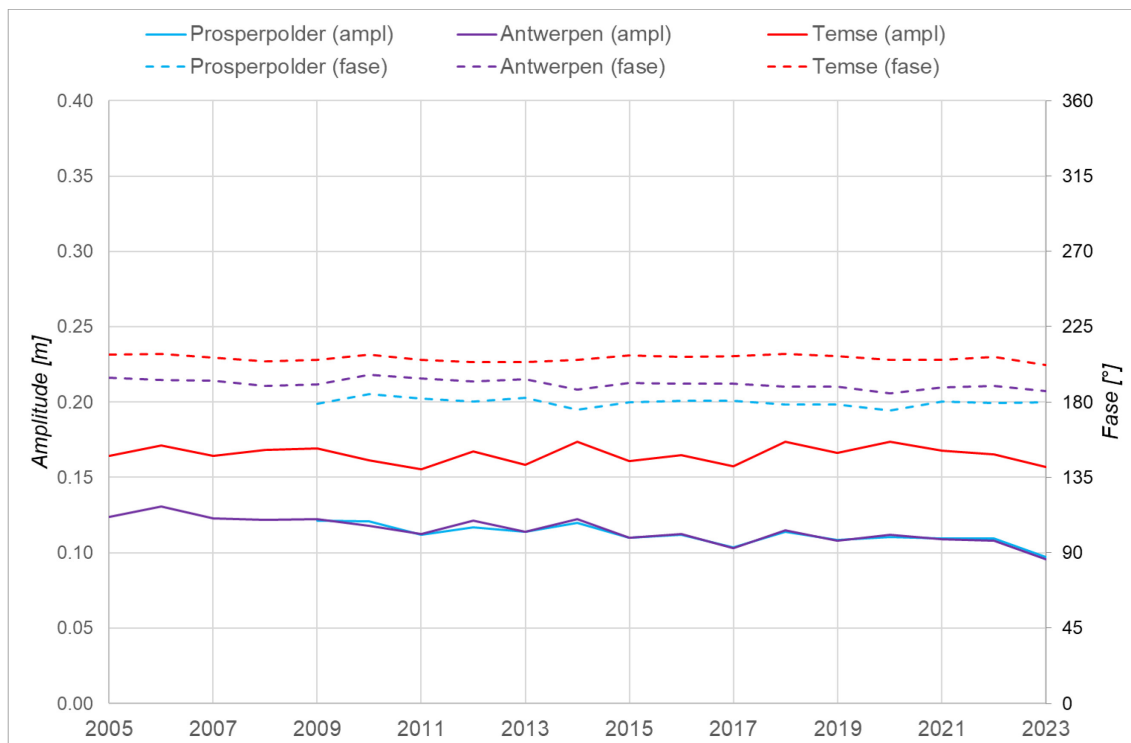
In onderstaande figuren wordt de evolutie van de gemiddelde waterstand Z0, de fase (verschuiving t.o.v. Vlissingen) en de amplitude van de M2- en M4-componenten weergegeven over de periode 2005 (i.e. start beschikbaarheid continue digitale gegevens) tot en met 2022 (Figuur 101 tot Figuur 105).



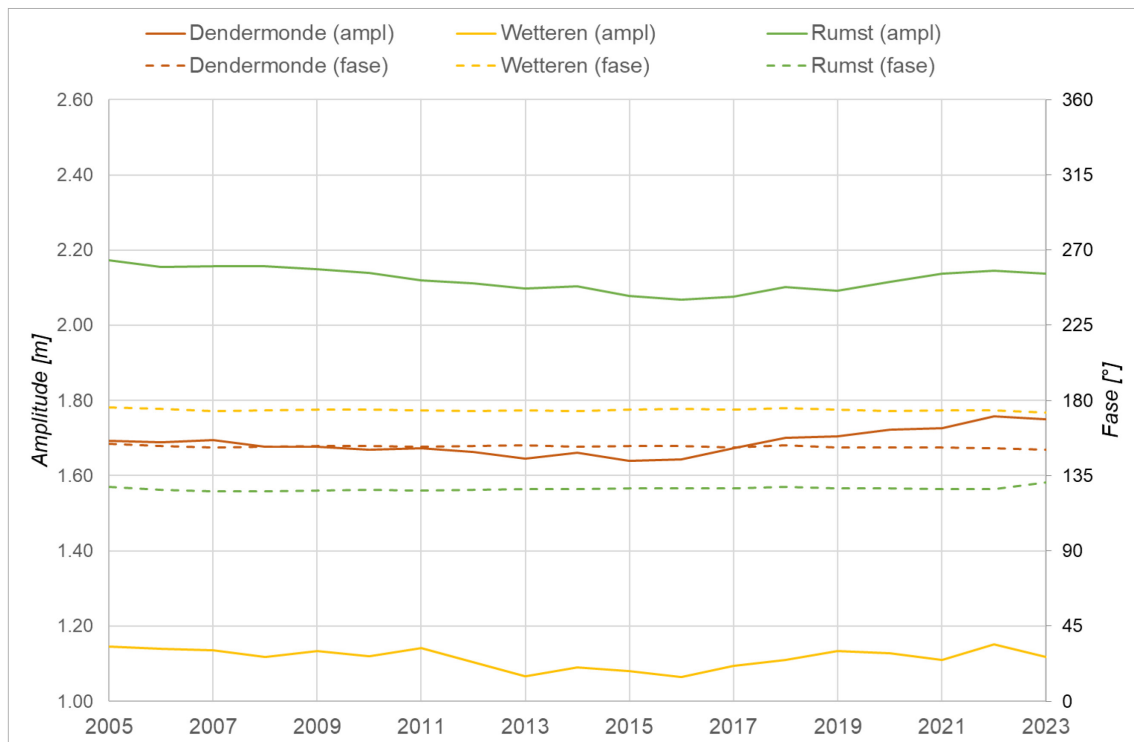
Figuur 101 – Evolutie in de tijd van de gemiddelde waterstand Z0



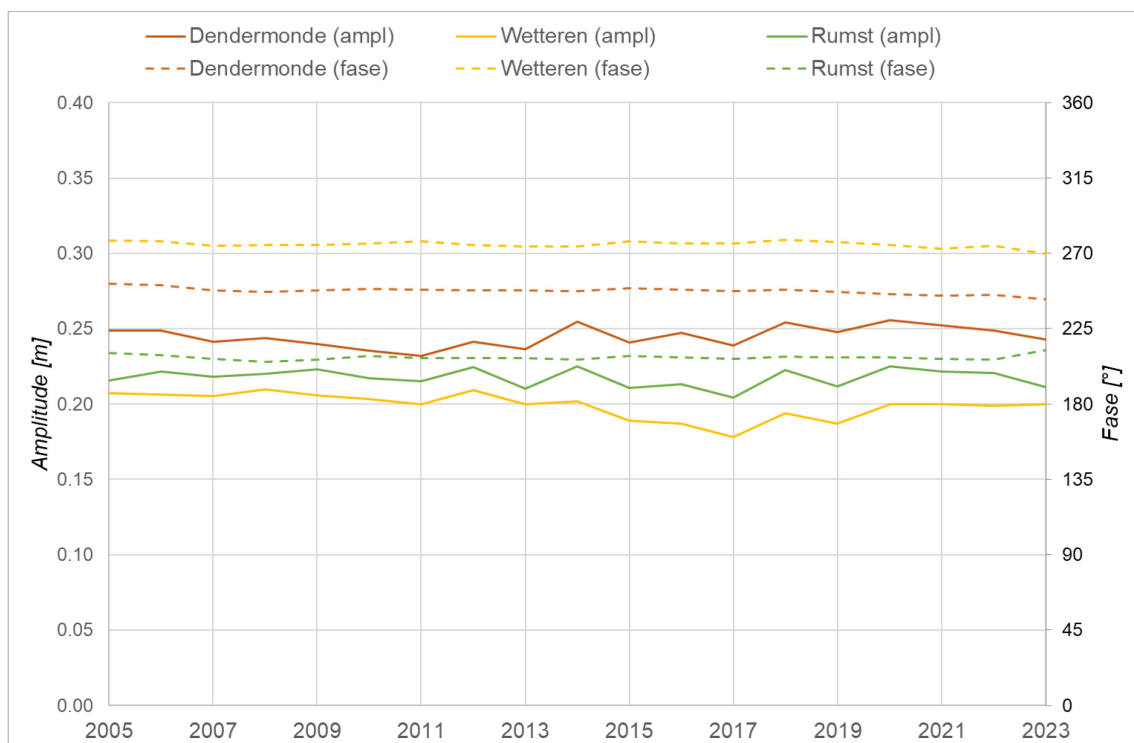
Figuur 102 – Evolutie in de tijd van de amplitude en fase van de M2-component (afwaartse posten)



Figuur 103 – Evolutie in de tijd van de amplitude en fase van de M4-component (afwaartse posten)



Figuur 104 – Evolutie in de tijd van de amplitude en fase van de M2-component (opwaartse posten)



Figuur 105 – Evolutie in de tijd van de amplitude en fase van de M4-component (opwaartse posten)

Bijlage D: Overzicht jaarstatistieken gemiddelde watertemperatuur en saliniteit

Tabel 22 – Overzicht jaarstatistiek (2023, gemiddelde en percentielen) van de gemiddelde temperatuur (°C) tijdens KHW en KLW voor de verschillende meetstations.

Station	Getijfase	% geschikte data	Gemiddelde gemiddeldes ± SD	min gem.	p25 gem.	p50 gem.	p75 gem.	max gem.
Prosperpolder	KHW	99,2	13,9 ± 5,6	6	8,5	13,1	20,1	22,6
Prosperpolder	KLW	99	14,4 ± 5,7	6,4	8,8	13,5	20,6	23,3
Liefkenshoek Veer	KHW	98	14,4 ± 5,7	6,4	8,8	13,8	20,5	23
Liefkenshoek Veer	KLW	97,7	14,3 ± 5,9	5,7	8,6	13,7	20,5	22,8
Oosterweel-Boven	KHW	92,1	14,6 ± 5,9	5,7	8,7	15,2	20,9	22,8
Oosterweel-Boven	KLW	91,1	14,3 ± 6,1	4,5	8,6	14,2	20,6	23,6
Kruikebe	KHW	91,9	13,7 ± 6,1	4,5	8,2	11,9	20,5	23,3
Kruikebe	KLW	91,9	13,6 ± 6,1	4,2	8,2	12	20,2	24
Hemiksem	KHW	97,2	13,9 ± 6,0	4,4	8,5	13	20,2	23,7
Hemiksem	KLW	96,9	14,0 ± 6,0	4	8,8	12,8	19,8	23,9
Weert	KHW	95,6	14,1 ± 6,2	4,3	8,7	12,7	20,5	25,2
Weert	KLW	95,6	14,1 ± 6,2	4,4	8,7	12,8	20,4	25,6
Schellebelle	KHW	99,4	14,1 ± 6,1	4,3	8,8	12,9	20,2	24,4
Schellebelle	KLW	99,3	14,3 ± 6,3	4,3	8,7	13	20,8	25,2
Melle	KHW	100	14,2 ± 6,3	4,3	8,8	12,9	20,6	25,4
Melle	KLW	99,9	14,2 ± 6,3	4,3	8,8	12,8	20,5	25,8
Klein Willebroek	KHW	95,9	14,1 ± 6,0	4,2	8,8	12,8	20,2	24
Klein Willebroek	KLW	94,2	14,0 ± 5,7	3,8	9,2	12,7	19,4	23,8

Tabel 23 – Overzicht jaarstatistiek (2023, gemiddelde en percentielen) van de gemiddelde saliniteit (PSU) tijdens KHW en KLW voor de verschillende meetstations.

Station	Getijfase	% geschikte data	Gemiddelde gemiddeldes $\pm$ SD	min gem.	p25 gem.	p50 gem.	p75 gem.	max gem.
Prosperpolder	KHW	99,2	10,6 $\pm$ 3,4	4	7,8	10,3	13,7	16,8
Prosperpolder	KLW	98,7	8 $\pm$ 3,3	2,2	5,1	7,6	10,9	14,2
Liefkenshoek Veer	KHW	94,8	8,3 $\pm$ 3,2	2,4	5,5	7,8	11,4	13,7
Liefkenshoek Veer	KLW	94,5	5,6 $\pm$ 3,1	0,9	2,7	5	8,3	11,5
Oosterweel-Boven	KHW	91,8	6,4 $\pm$ 3,4	0,9	3,2	6	9,6	12,3
Oosterweel-Boven	KLW	90,5	1,4 $\pm$ 1,2	0,1	0,4	0,9	2,2	5,4
Kruike	KHW	91,9	2,3 $\pm$ 2	0,3	0,6	1,5	3,8	8
Kruike	KLW	91,8	0,7 $\pm$ 0,4	0,3	0,4	0,5	1	2,2
Hemiksem	KHW	97,2	1,5 $\pm$ 1,3	0,3	0,4	1	2,3	6,1
Hemiksem	KLW	96,9	0,5 $\pm$ 0,3	0,2	0,3	0,4	0,6	1,7
Weert	KHW	99,3	0,5 $\pm$ 0,3	0,3	0,4	0,4	0,6	1,5
Weert	KLW	99,2	0,4 $\pm$ 0,1	0,3	0,4	0,4	0,5	0,8
Schellebelle	KHW	94,8	0,4 $\pm$ 0,1	0,3	0,4	0,4	0,5	0,6
Schellebelle	KLW	94,8	0,4 $\pm$ 0,1	0,3	0,4	0,4	0,5	0,6
Melle	KHW	99,6	0,4 $\pm$ 0,1	0,3	0,4	0,4	0,4	0,5
Melle	KLW	99,7	0,4 $\pm$ 0,1	0,3	0,4	0,4	0,4	0,5
Klein Willebroek	KHW	94,8	0,6 $\pm$ 0,3	0,2	0,3	0,4	0,7	1,8
Klein Willebroek	KLW	93,1	0,4 $\pm$ 0,1	0,2	0,3	0,4	0,4	0,6

Bijlage E: Kalibratie Turbiditeit – SSC

A. Algemeen

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

Een overzicht van de bekomen relaties en modelstatistieken staat in Tabel 24, Figuur 106 en Figuur 107.

B. Overzicht kalibratiecampagnes

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

Er wordt voor iedere meetlocatie een relatie opgesteld tussen SSC en turbiditeit op basis van de uitgevoerde kalibratiecampagnes. Door deze relaties toe te passen op het continue turbiditeitssignaal, verkrijgt men voor alle meetlocaties continue berekende suspensiegehaltes (zie §4.1.7). Een overzicht van de uitgevoerde campagnes met bijhorende beschikbare turbiditeitsmetingen wordt weergegeven in Tabel 25,

C. Kalibratiecurves voor het jaar 2023

De methode om de kalibratiecurves op te stellen is recent bijgesteld om een betere relatie te bekomen met de geobserveerde statistieken en eigenschappen van de data (van den Bergh *et al.*, *in prep.*). Zo worden enkel de 6 meest recente campagnes gebruikt voor het vormen van de kalibratiecurve, en wordt er niet langer gebruik gemaakt van de methode van de kleinste kwadraten, maar van een mediaan regressie. Dit levert eenzelfde type relatie op, echter, is ze meer robuust tegen de niet normale fouten verdelingen die in de data geobserveerd worden. Tevens worden nu enkel de vaste toestellen gebruikt voor het opbouwen van de curve omdat deze een betere relatie hebben met de feitelijk gemeten turbiditeit.

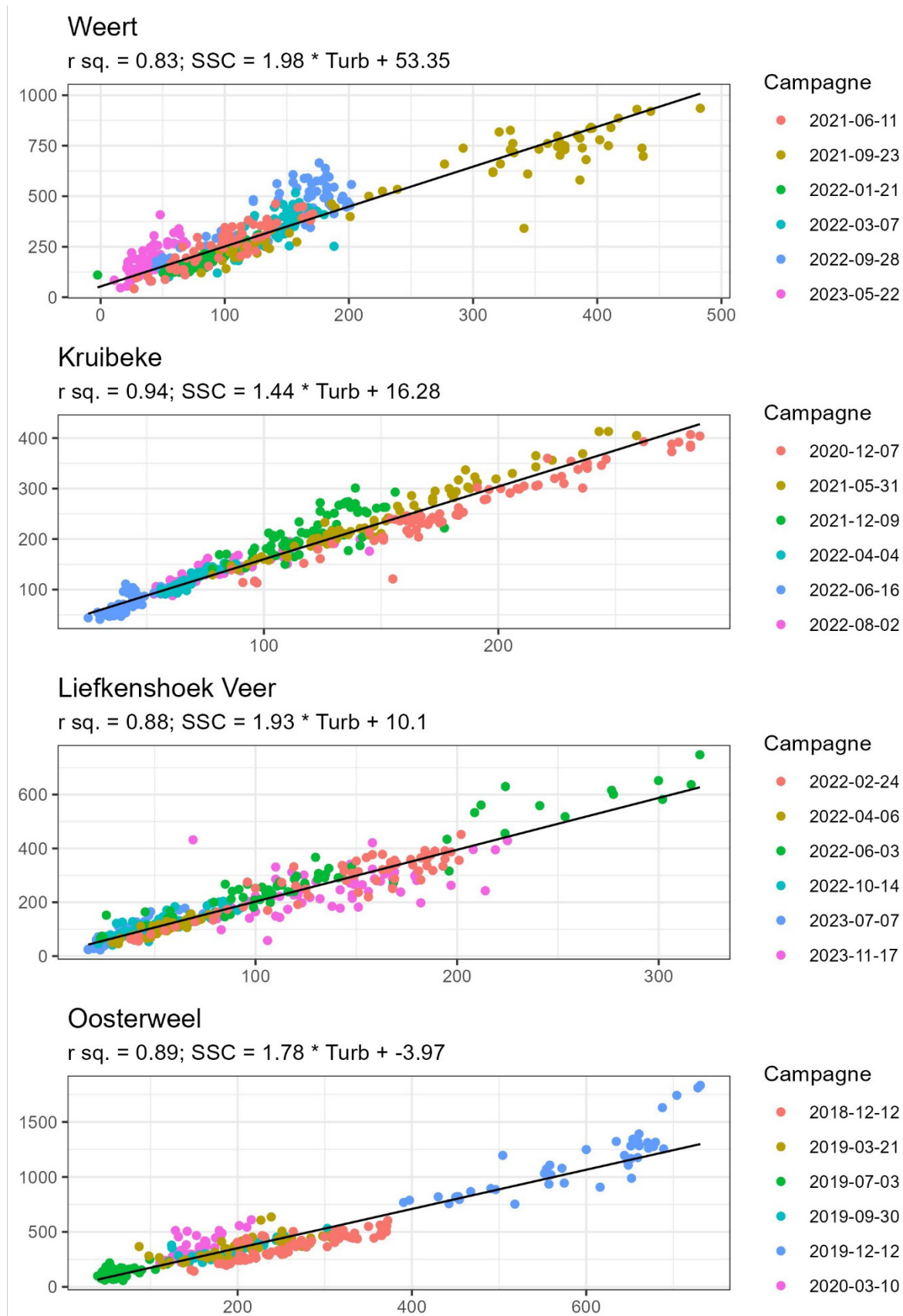
Tabel 24 – Overzicht kenmerken van de SSC-Turbiditeit relaties per meetlocatie,

Locatie	R²	Intercept	Helling
Klein-Willebroek	0,84	32,47	1,3
Kruikeke	0,95	16,28	1,44
Liefkenshoek Veer	0,88	10,1	1,93
Melle	0,34	14	2
Oosterweel	0,89	-3,97	1,78
Schellebelle	0,9	20,87	1,77
Tielrode	0,86	-33,27	1,92
Weert	0,83	53,35	1,98

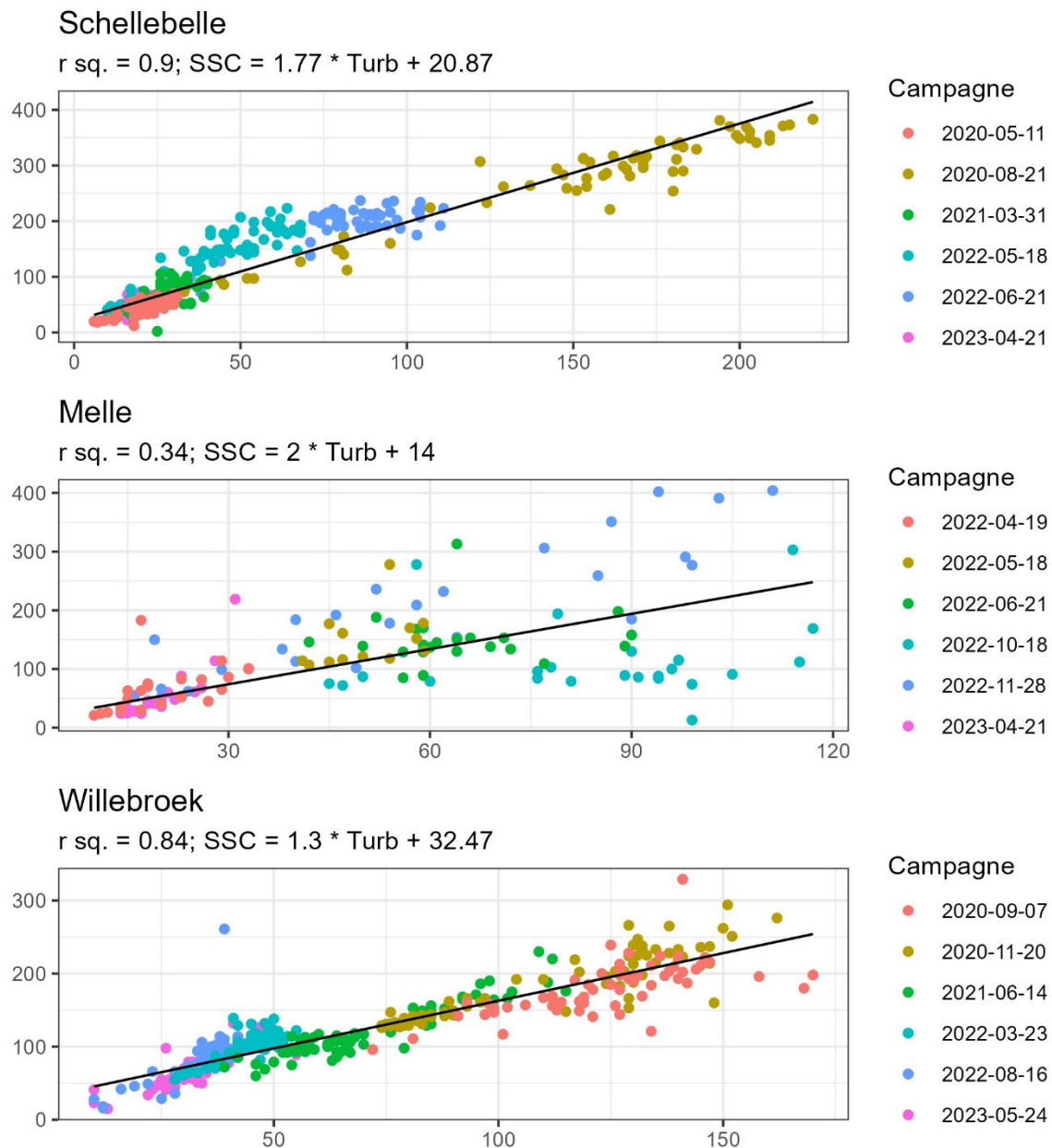
Tabel 25 – Overzicht kalibratiecampagnes turbiditeit-SSC en bijhorende beschikbare turbiditeitsgegevens, en dit vanaf het begin van de metingen tot en met 2023,

Meetlocatie	Datum	Vaste YSI	Mobiele YSI	Vaste Seaguard	Mobiele Seaguard
Klein-Willebroek	12/10/2018	x	x		
Klein-Willebroek	13/12/2018	x	x		
Klein-Willebroek	19/09/2019		x		
Klein-Willebroek	13/03/2020		x		
Klein-Willebroek	10/06/2020	x	x		
Klein-Willebroek	7/09/2020	x	x		
Klein-Willebroek	20/11/2020	x	x		
Klein-Willebroek	14/06/2021	x			
Klein-Willebroek	23/03/2022	X	x		
Klein-Willebroek	16/08/2022	x	x		
Klein-Willebroek	24/05/2023	x			
Kruike	10/03/2017	x	x		
Kruike	18/10/2017	x			
Kruike	1/12/2017	x	x		
Kruike	5/04/2018	x			
Kruike	28/09/2018	x			
Kruike	12/02/2019	x			
Kruike	2/10/2019	x	x		
Kruike	13/05/2020	x	x		
Kruike	7/12/2020	x	x		
Kruike	31/05/2021	x	x		
Kruike	9/12/2021	x	x		
Kruike	4/04/2022	X	x		
Kruike	16/06/2022	X	x		
Kruike	2/08/2022	x	x		
Kruike	7/06/2023	x			
Liefkenshoek Veer	6/06/2019	x	x		
Liefkenshoek Veer	4/10/2019	x	x		
Liefkenshoek Veer	21/12/2020	x	x		
Liefkenshoek Veer	2/04/2021		x		
Liefkenshoek Veer	30/06/2021	x			
Liefkenshoek Veer	24/09/2021	x	x		
Liefkenshoek Veer	24/02/2022	X	x		
Liefkenshoek Veer	6/04/2022	X	X		
Liefkenshoek Veer	3/06/2022	X	X		
Liefkenshoek Veer	14/10/2022	x	X		
Liefkenshoek Veer	7/07/2023	x			
Liefkenshoek Veer	17/11/2023	x			
Melle	31/03/2017	x	x		
Melle	25/08/2017	x			
Melle	11/10/2017	x			
Melle	8/12/2017	x	x		
Melle	19/06/2018	x			
Melle	29/10/2018	x			
Melle	11/05/2020	x			
Melle	21/08/2020	x			
Melle	15/01/2021	x			
Melle	31/03/2021	x			
Melle	24/08/2021	x			
Melle	21/04/2023	x			
Oosterweel	7/10/2013				x
Oosterweel	3/02/2014				x
Oosterweel	7/11/2014				x
Oosterweel	21/01/2015				x
Oosterweel	16/11/2015				x
Oosterweel	5/02/2016				x
Oosterweel	13/09/2016				x

Meetlocatie	Datum	Vaste YSI	Mobiele YSI	Vaste Seaguard	Mobiele Seaguard
Oosterweel	1/03/2017				x
Oosterweel	8/06/2017				x
Oosterweel	6/09/2017				x
Oosterweel	19/03/2018				x
Oosterweel	26/06/2018				x
Oosterweel	11/09/2018				x
Oosterweel	12/12/2018				x
Oosterweel	21/03/2019				x
Oosterweel	3/07/2019				x
Oosterweel	30/09/2019				x
Oosterweel	12/12/2019				x
Oosterweel	10/03/2020				x
Oosterweel	28/05/2020			x	
Oosterweel	15/12/2020			x	
Oosterweel	16/03/2021			x	x
Oosterweel	6/12/2022				x
Schellebelle	3/03/2017	x			
Schellebelle	10/10/2017	x			
Schellebelle	6/12/2017	x	x		
Schellebelle	18/06/2018	x	x		
Schellebelle	29/10/2018	x	x		
Schellebelle	7/02/2019	x	x		
Schellebelle	13/09/2019	x	x		
Schellebelle	11/05/2020	x			
Schellebelle	21/08/2020	x			
Schellebelle	15/01/2021	x	x		
Schellebelle	31/03/2021	x	X		
Schellebelle	18/05/2022	X	x		
Schellebelle	21/06/2022	X	X		
Schellebelle	28/11/2022	x	X		
Schellebelle	21/04/2023	x			
Tielrode	15/06/2018		x		
Tielrode	23/04/2019		x		
Tielrode	16/09/2019		x		
Tielrode	18/09/2020		x		
Tielrode	18/11/2020		x		
Tielrode	2/03/2021		x		
Tielrode	29/04/2021		x		
Tielrode	9/09/2021		x		
Tielrode	22/03/2022	X	x		
Tielrode	17/06/2022	X	X		
Tielrode	29/09/2022	x	X		
Weert	3/07/2018	x			
Weert	8/02/2019	x	x		
Weert	28/02/2020	x			
Weert	21/09/2020	x	x		
Weert	5/11/2020	x	x		
Weert	17/02/2021	x			
Weert	11/06/2021	x			
Weert	23/09/2021	x	x		
Weert	21/01/2022	X	x		
Weert	7/03/2022	X	X		
Weert	29/09/2022	x	X		
Weert	22/05/2023	x			

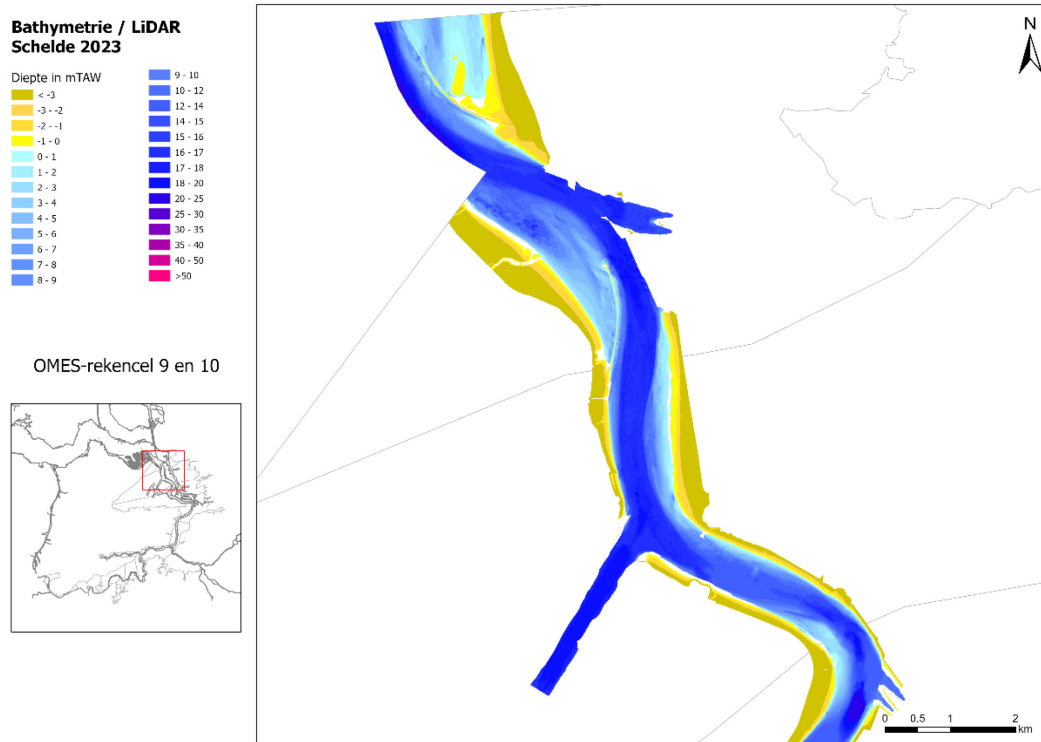


Figuur 106 – De SSC-turbiditeitsrelaties voor Liefkenshoek Veer, Oosterweel, Kruikeke en Weert,

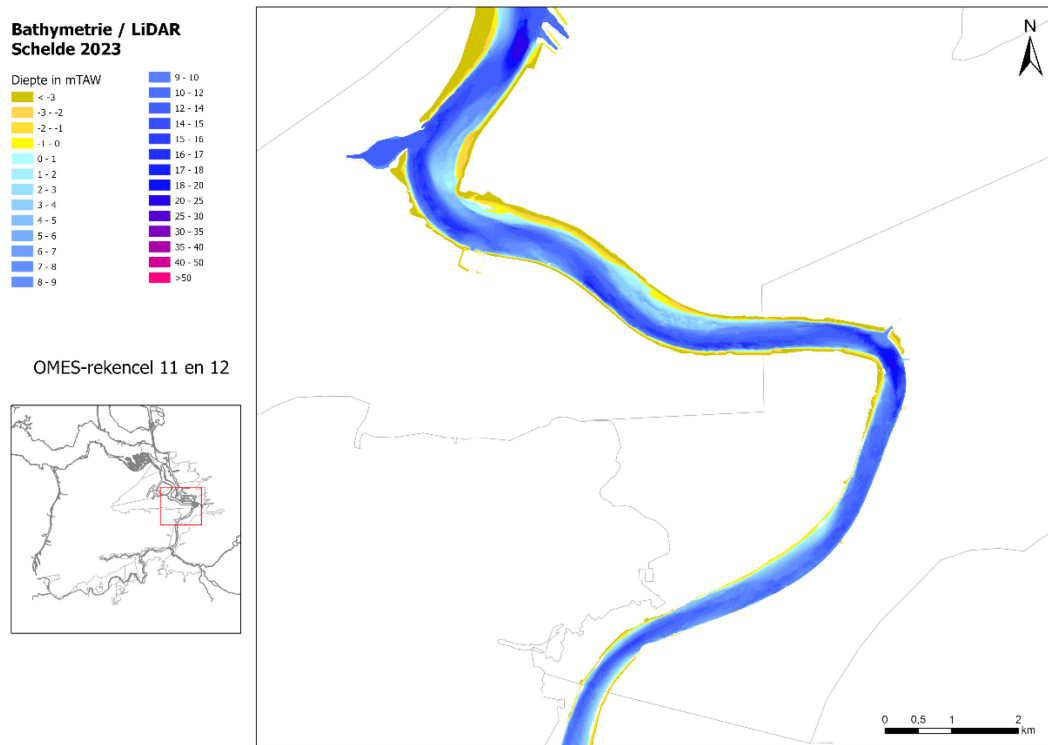


Figuur 107 – De SSC-turbiditeitsrelaties voor Schellebelle, Melle, Klein-Willebroek.

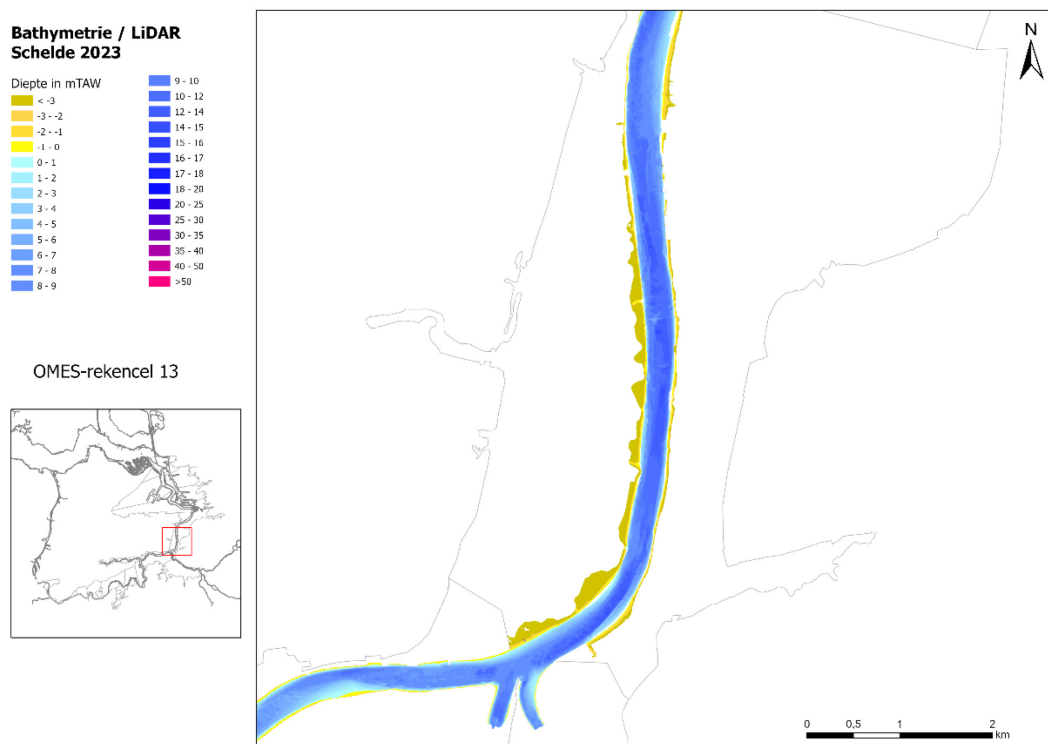
Bijlage F: Topo-bathymetrie en verschilkaarten



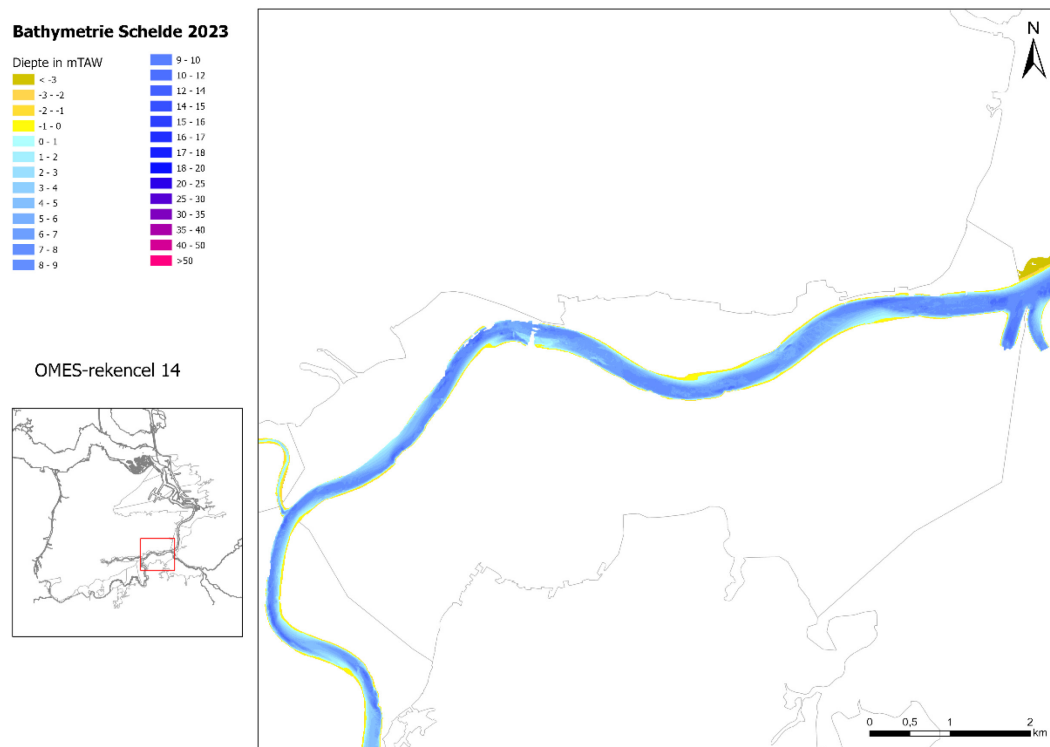
Figuur 108 – Topo-bathymetrie 2023 Zeeschelde: OMES-segmenten 9 en 10.



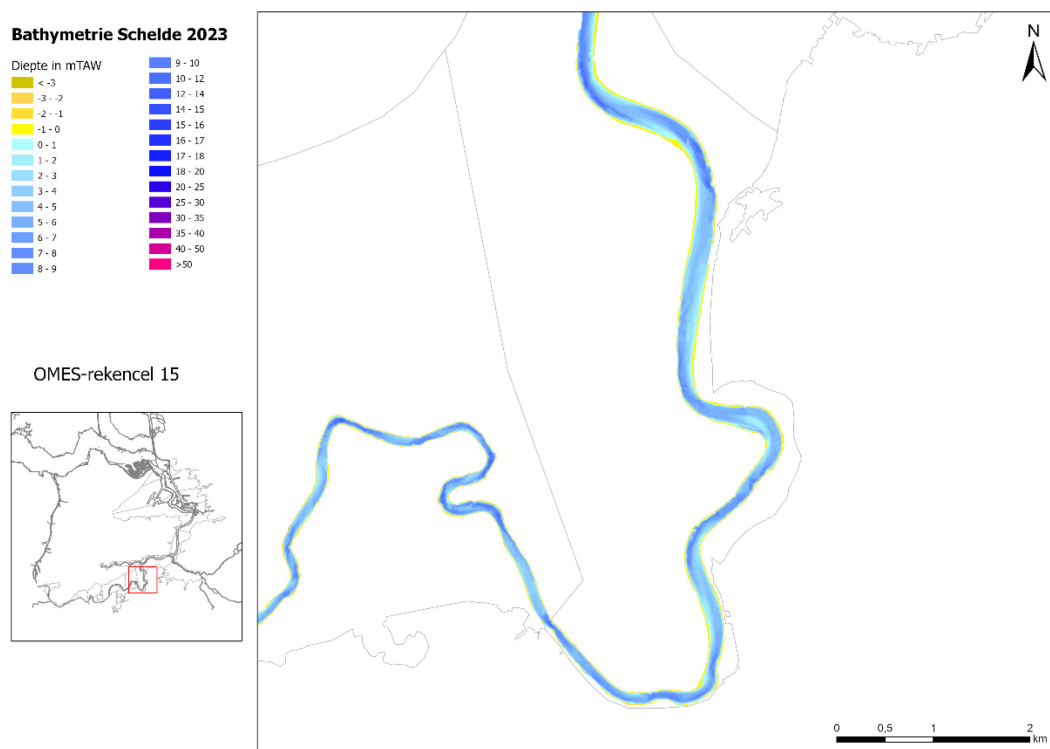
Figuur 109 – Topo-bathymetrie 2023 Zeeschelde: OMES-segmenten 11 en 12.



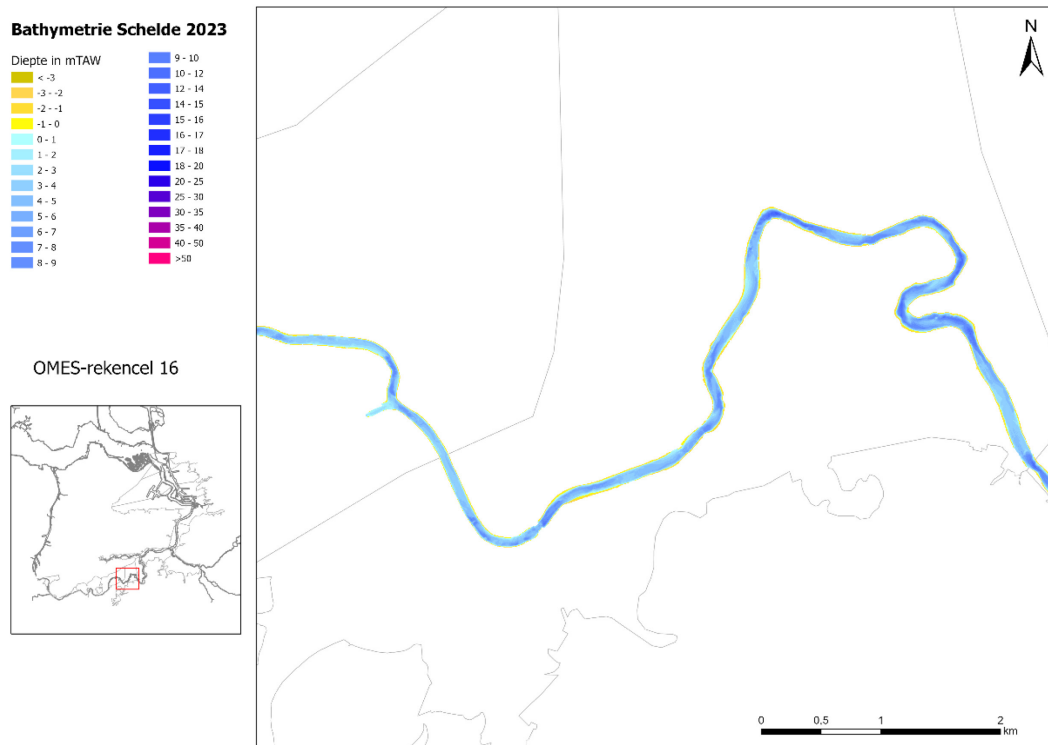
Figuur 110 – Topo-bathymetrie 2023 Zeeschelde: OMES-segment 13.



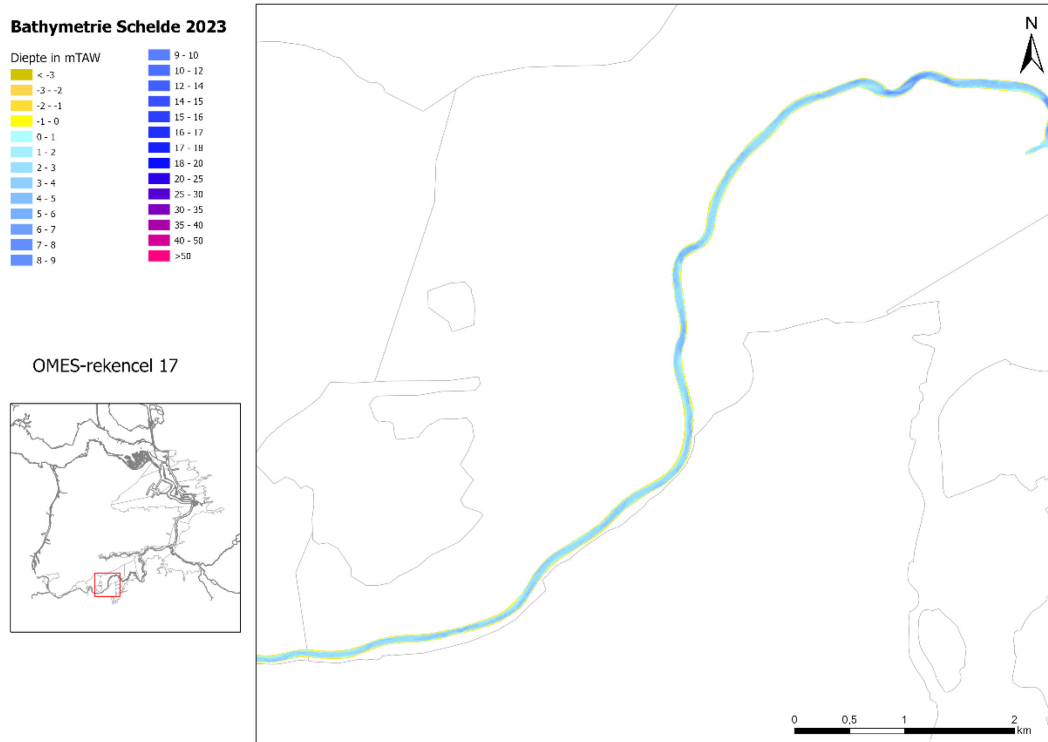
Figuur 111 – Topo-bathymetrie 2023 Zeeschelde: OMES-segment 14.



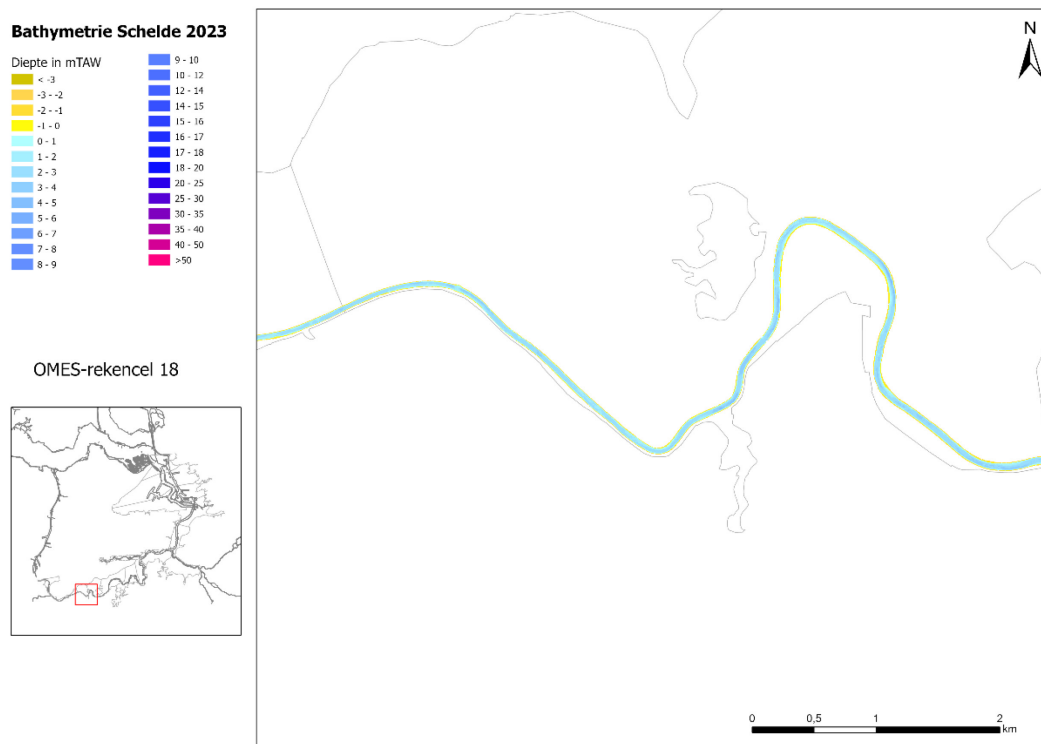
Figuur 112 – Topo-bathymetrie 2023 Zeeschelde: OMES-segment 15.



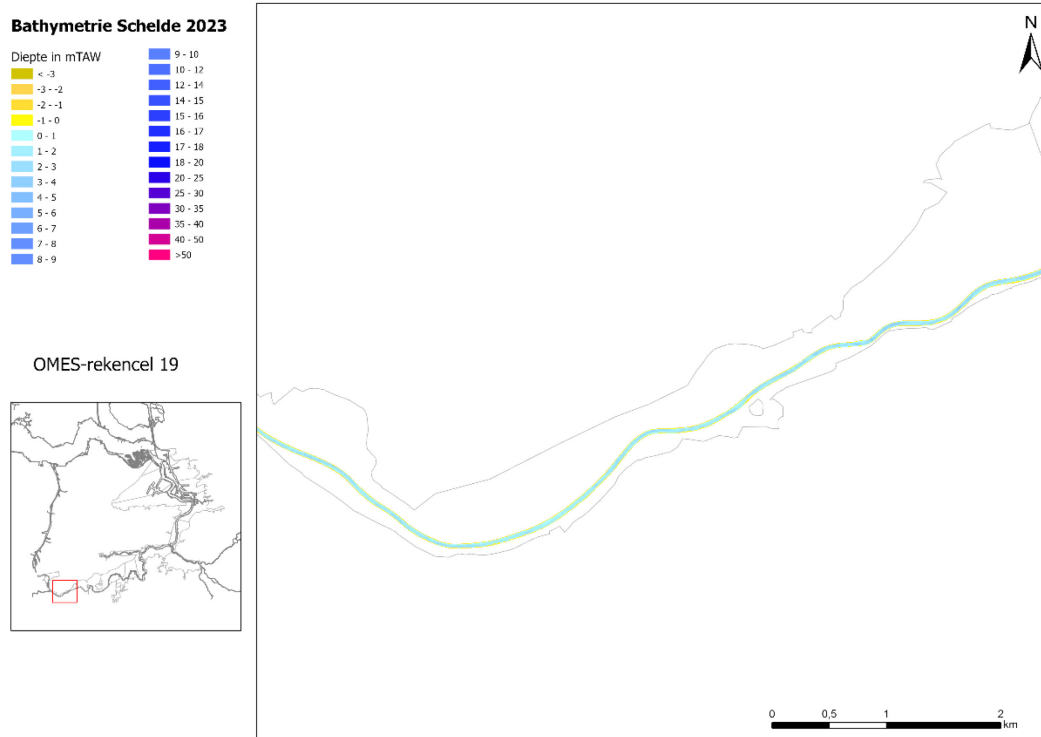
Figuur 113 – Topo-bathymetrie 2023 Zeeschelde: OMES-segment 16.



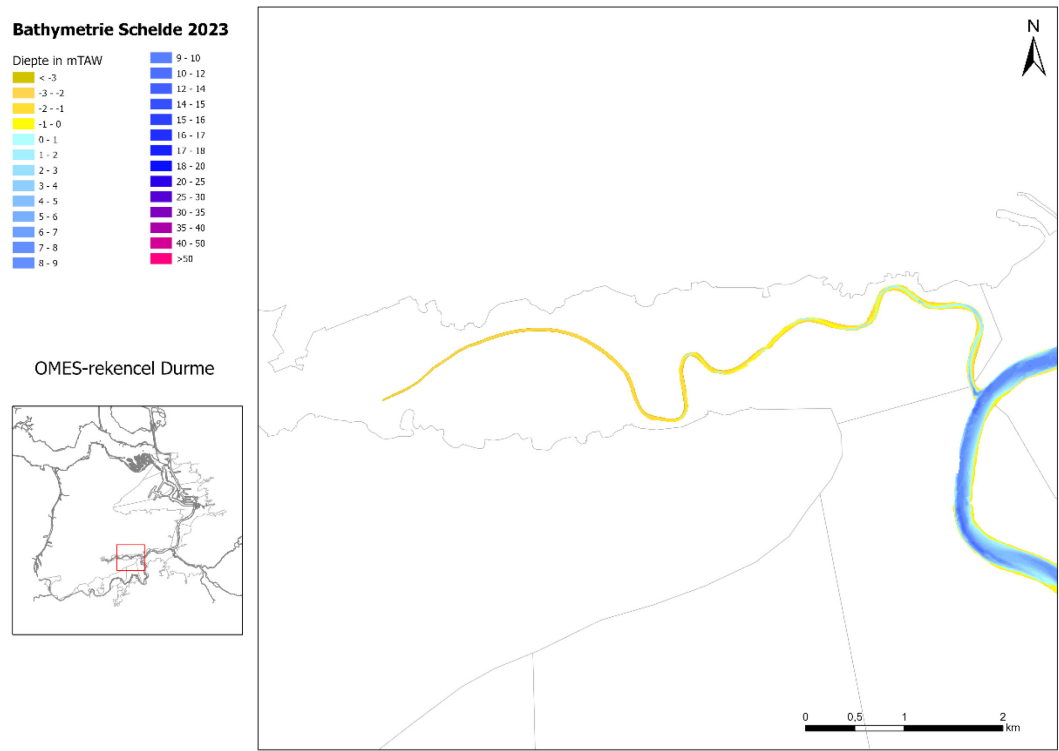
Figuur 114 – Topo-bathymetrie 2023 Zeeschelde: OMES-segment 17.



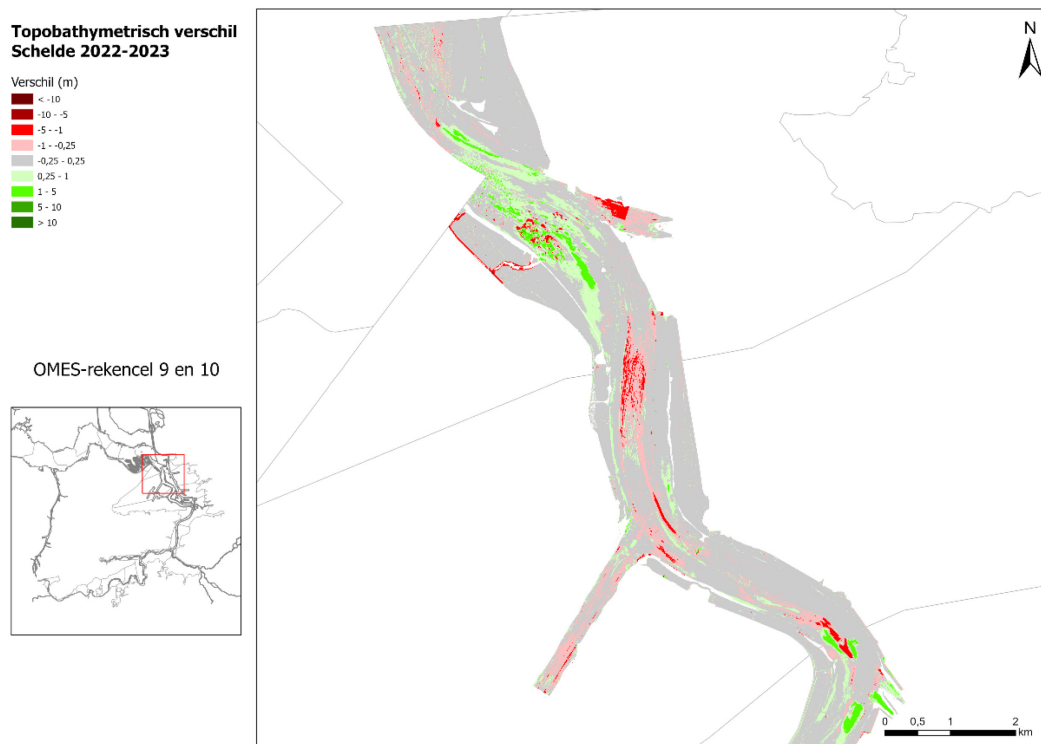
Figuur 115 – Topo-bathymetrie 2023 Zeeschelde: OMES-segment 18.



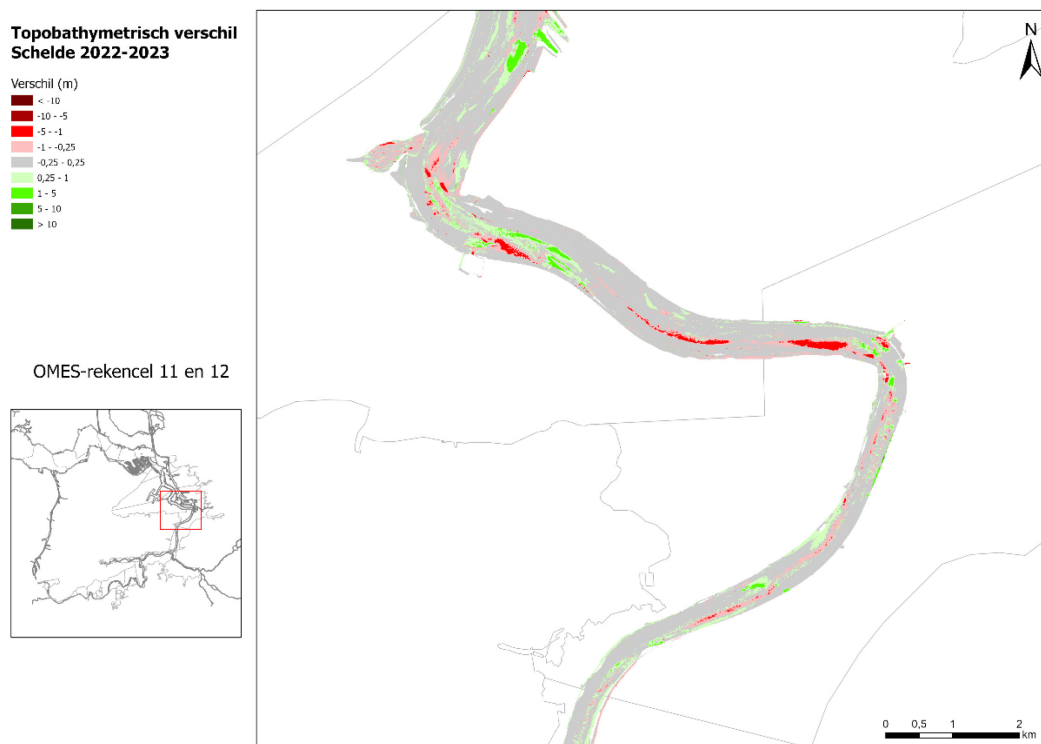
Figuur 116 – Topo-bathymetrie 2023 Zeeschelde: OMES-segment 19.



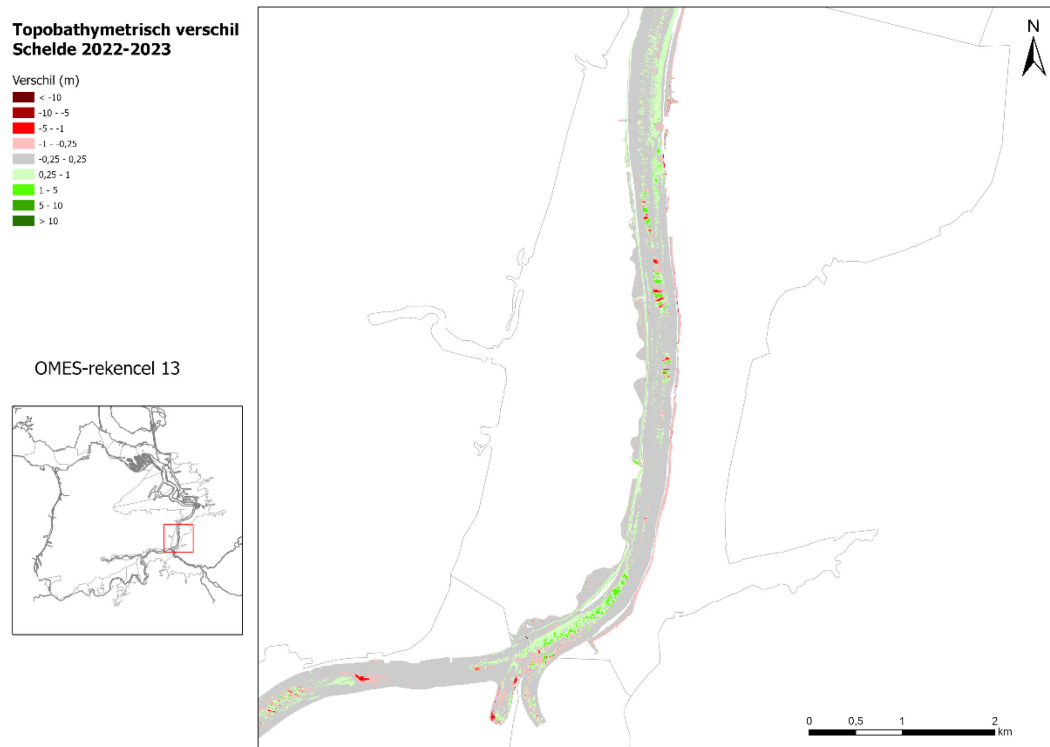
Figuur 117 – Topo-bathymetrie 2023 OMES-segment Durme.



Figuur 118 – Verschilkaart 2022-2023 Zeeschelde: OMES-segmenten 9 en 10.



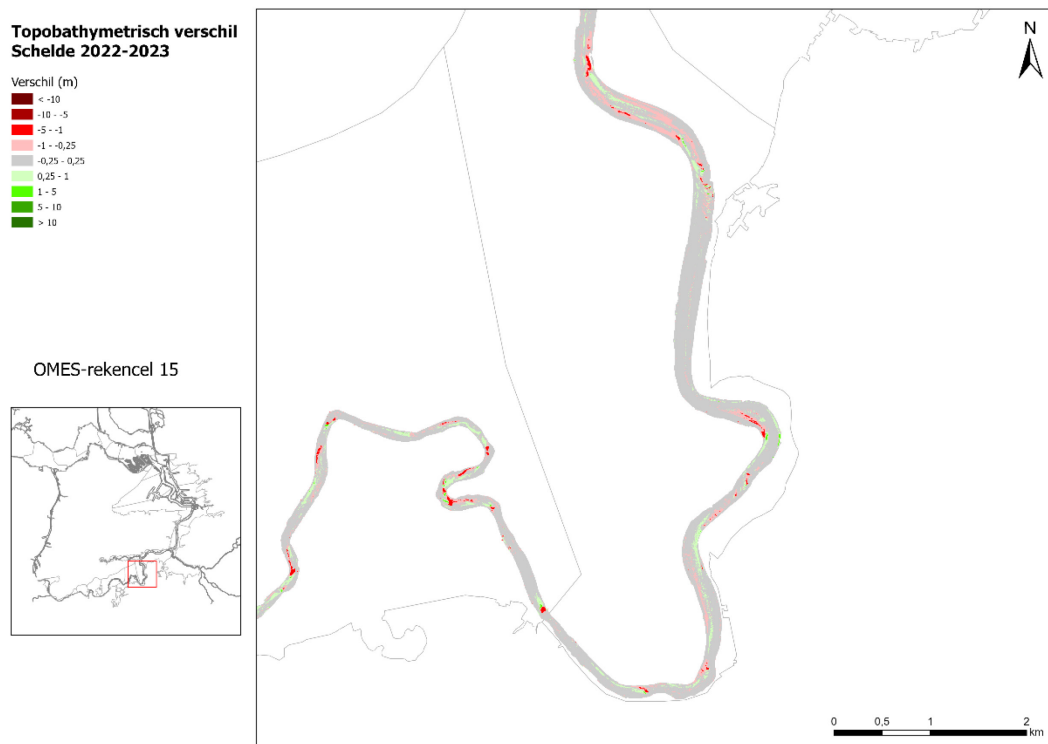
Figuur 119 – Verschilkaart 2022-2023 Zeeschelde: OMES-segmenten 11 en 12.



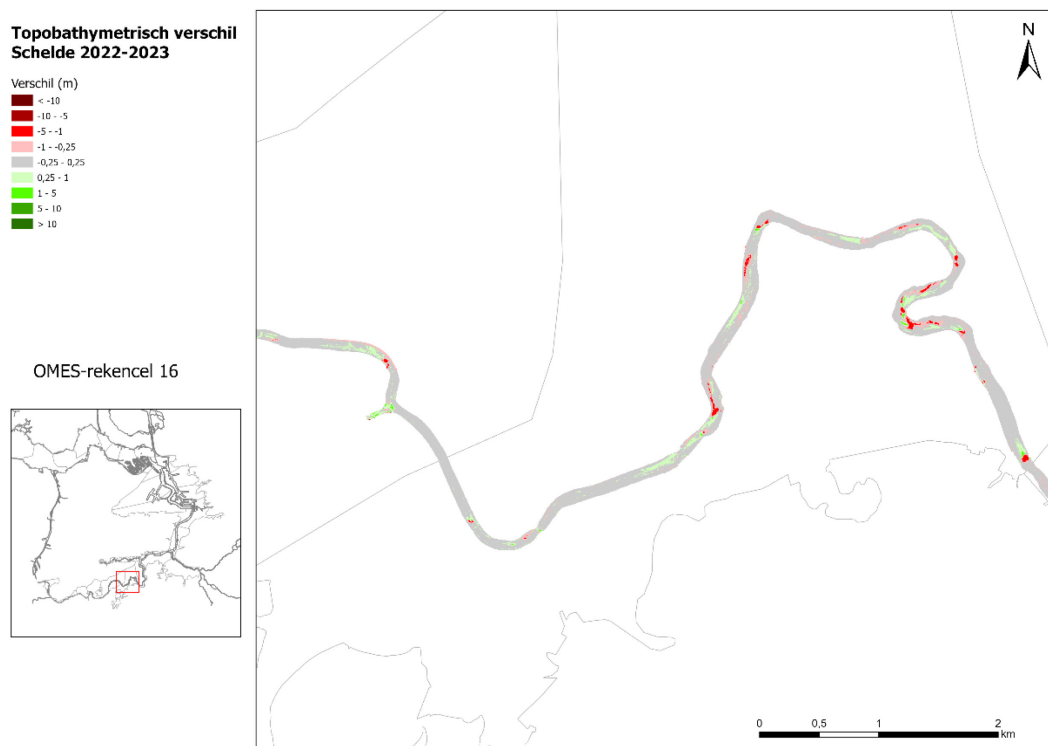
Figuur 120 – Verschilkaart 2022-2023 Zeeschelde: OMES-segment 13.



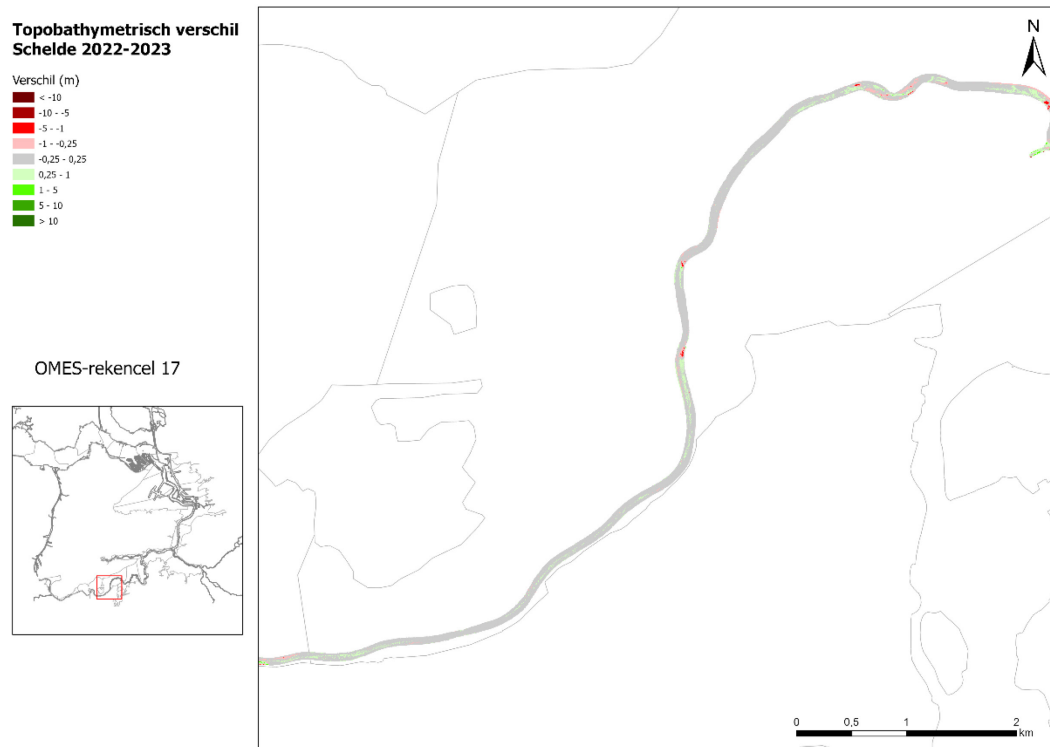
Figuur 121 – Verschilkaart 2022-2023 Zeeschelde: OMES-segment 14.



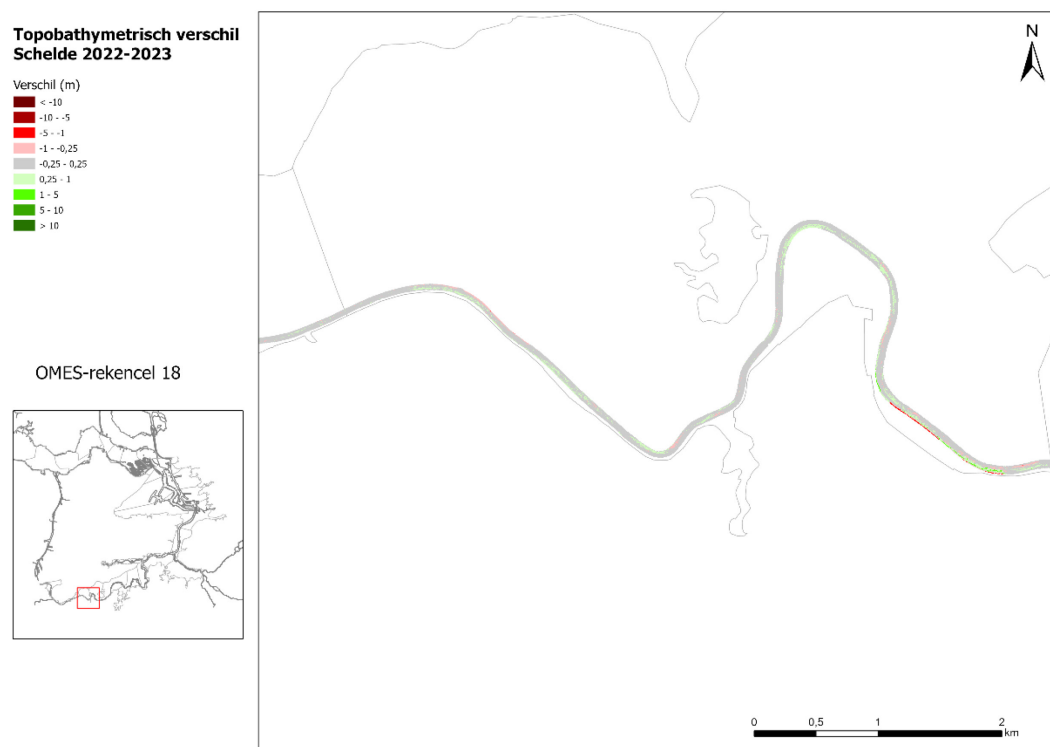
Figuur 122 – Verschilkaart 2022-2023 Zeeschelde: OMES-segment 15.



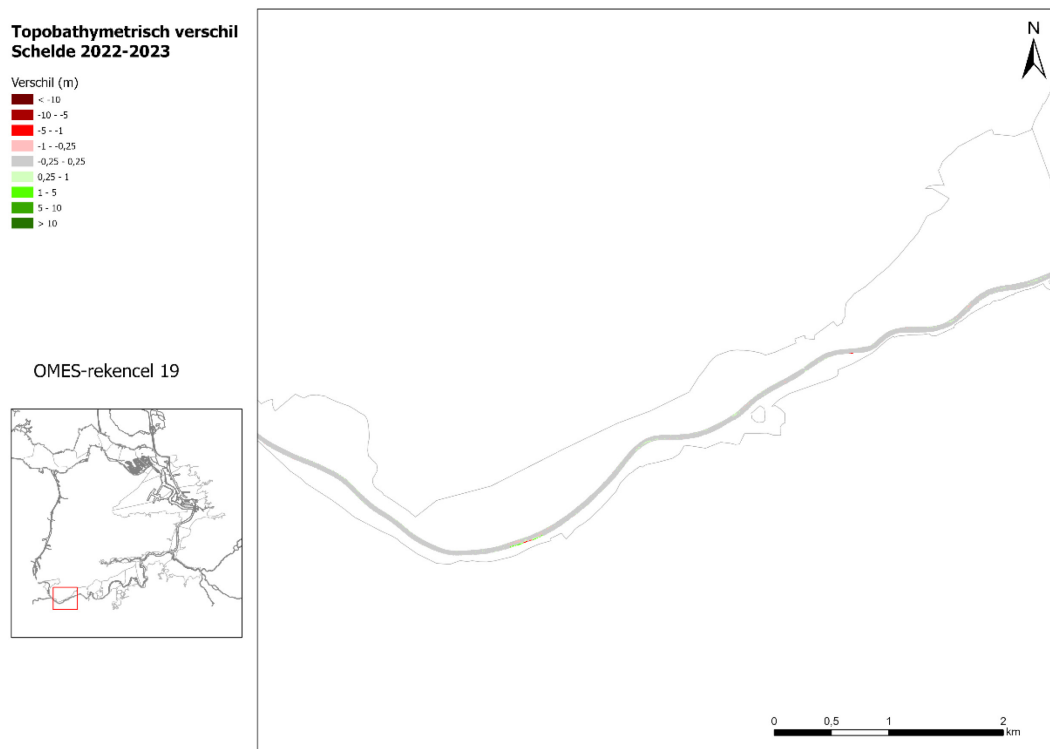
Figuur 123 – Verschilkaart 2022-2023 Zeeschelde: OMES-segment 16.



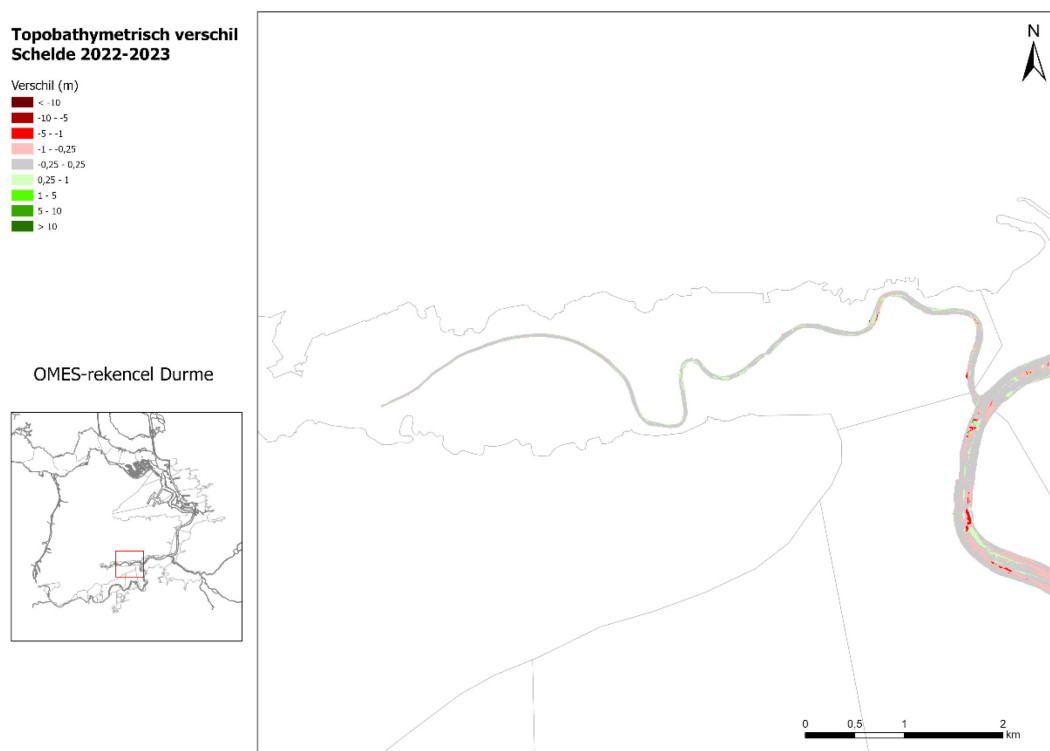
Figuur 124 – Verschilkaart 2022-2023 Zeeschelde: OMES-segment 17.



Figuur 125 – Verschilkaart 2022-2023 Zeeschelde: OMES-segment 18.



Figuur 126 – Verschilkaart 2022-2023 Zeeschelde: OMES-segment 19.



Figuur 127 – Verschilkaart 2022-2023 OMES-segment Durme.

DEPARTEMENT **MOBILITEIT & OPENBARE WERKEN**
Waterbouwkundig Laboratorium

Berchemlei 115, 2140 Antwerpen

T +32 (0)3 224 60 35

F +32 (0)3 224 60 36

waterbouwkundiglabo@vlaanderen.be

www.waterbouwkundiglaboratorium.be