

Water- en stoffenbalans Veerse Meer 2011-2020



Water- en stoffenbalans Veerse Meer 2011-2020

Auteur(s)

Luuk van der Heijden

Water- en stoffenbalans Veerse Meer 2011-2020

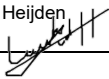


Opdrachtgever	Rijkswaterstaat Water Verkeer en Leefomgeving & Rijkswaterstaat – Zee en Delta
Contactpersoon	Gerben Dekker (RWS WVL) Alexander Nefs (RWS Zee en Delta)
Referenties	Onderdeel van het project KPP WR08 BOA ZW Delta
Trefwoorden	Veerse Meer; waterbalans; stoffenbalans, stikstof, fosfaat

Documentgegevens

Versie	1.0
Datum	27-07-2021
Projectnummer	11206834-000
Document ID	
Pagina's	70
Status	definitief

Auteur(s)

	Luuk van der Heijden	

Doc. Versie	Auteur	Controle	Akkoord	Publicatie
1.0	Luuk van der Heijden 	Arno Nolte 	Bianca Peters b.a. 	

Samenvatting

De laatste jaren zijn er signalen van ecologische problemen in het Veerse Meer geconstateerd waaronder vissterfte, schade aan het bodemleven en het voorkomen van witte *Beggiatoa* bacteriematten op het sediment. Om een beter begrip te krijgen van de oorzaken van deze situatie is een water- en stoffenbalans opgesteld van het Veerse Meer voor de jaren 2011 t/m 2020 als een van de bouwstenen om dit begrip te realiseren. De stoffenbalans richt zich op de nutriënten stikstof en fosfaat als basis voor de nutriëntenkringloop in het Veerse Meer en het belang voor primaire productie. Inzicht in de water- en stoffenbalans heeft drie doelen: 1) Identificatie van jaar- en seizoensvariatie en identificatie van trends, 2) Bijdrage aan systeemanalyse voor recente ecologische problemen, en 3) Klaarzetten invoergegevens (randvoorwaarden) voor modelberekeningen.

Uit de waterbalans blijkt dat de instroom en uitstroom bij de Katse Heule de grootste bijdrage leveren aan de waterbalans. De Katse Heule is verantwoordelijk voor 83% tot 87% van de instroom en meer dan 95% van de uitstroom, met een constante relatieve bijdrage over de jaren voor zowel in- als uitstroom. Vanwege de dominantie van de Katse Heule voor in- en uitstromend water is de jaar op jaar variatie van de waterbalans beperkt. Verder komt er water het Veerse Meer binnen via polderwater, afstroming van oevers, hemelwater, schutwater en lekverliezen vanuit het Kanaal door Walcheren (Sluis Veere) en schutverlies bij de Zandkreeksluis. De afvoer van water vindt naast uitstroom bij Katse Heule ook plaats door verdamping en door schutwater bij de Zandkreeksluis. De sluitfout van de waterbalans is gemiddeld 3% (28 miljoen m³) op jaarbasis, wat als een kleine, acceptabele sluitfout wordt gezien.

De stikstofbelasting van het Veerse Meer komt voor gemiddeld 60% vanaf de Oosterschelde via de Katse Heule en voor 30% van polderafvoeren. De overige posten dragen 10% bij. De belasting via poldergemalen is gecorreleerd met de polderwateraanvoer met een bijdrage tot circa 40% in natte jaren. In alle jaren, behalve 2013, is er sprake van een netto stikstofbelasting van gemiddeld circa 10% van het totaal: er komt meer stikstof in het Veerse Meer dan er uitstroomt. Op basis van algemene kennis wordt verwacht dat denitrificatie (omzetting naar stikstofgas dat naar de atmosfeer verdwijnt) de belangrijkste post is die niet in de stoffenbalans is opgenomen.

De fosfaatbelasting van het Veerse Meer komt voor gemiddeld 50% van de Oosterschelde via de Katse Heule, voor 40% van polderafvoeren en voor 10% via Sluis Veere. Net als voor stikstof is de fosfaatbelasting van de poldergemalen gecorreleerd met de polderwateraanvoer. De fosfaatconcentratie in polderwater varieert beperkt van jaar op jaar. De fosfaatbalans laat een netto uitstroom zien van gemiddeld circa 40% van het totaal: er gaat meer fosfaat uit het Veerse Meer dan er in komt. Deze grootte van de netto uitstroom wordt op basis van expert judgement als onwaarschijnlijk beoordeeld.

De stoffenbalans voor de instroom die belangrijk is voor de systeemanalyse als aandrijvende factor voor het systeemfunctioneren, wordt als (voldoende) betrouwbaar ingeschat, omdat beschikbare meetgegevens over het algemeen als (voldoende) representatief voor de bronnen worden beoordeeld. De stoffenbalans voor uitstroom wordt als onnauwkeuriger beoordeeld, omdat voor de Katse Heule (verreweg de grootste post) de concentratie bij Soelekerkepolder Oost op circa 10 km afstand wordt gebruikt. Vanwege de concentratiegradiënt in het Veerse Meer wordt Soelekerkepolder Oost als beperkt representatief voor de concentratie bij de Katse Heule gezien. De op basis van beschikbare meetgegevens afgeleide netto belasting is daardoor ook relatief onzeker. Modelleren van de waterbeweging en de waterkwaliteit van het Veerse Meer, die momenteel wordt uitgevoerd door Deltares binnen het kader KPP BOO Waterkwaliteitsmodelschematies, zal helpen het inzicht in de stikstof- en fosfaatbalans te vergroten.

Het model berekent de ruimtelijke concentratiegradiënt, waardoor de concentratie bij de Katse Heule gebruikt kan worden. Ook berekent het model biogeochemische processen zoals denitrificatie.

De water- en stoffenbalans 2011-2020 is beschikbaar als bouwsteen voor analyse van de ecologische problemen. Het resultaat wordt al ingezet als modelinvoer.

Inhoud

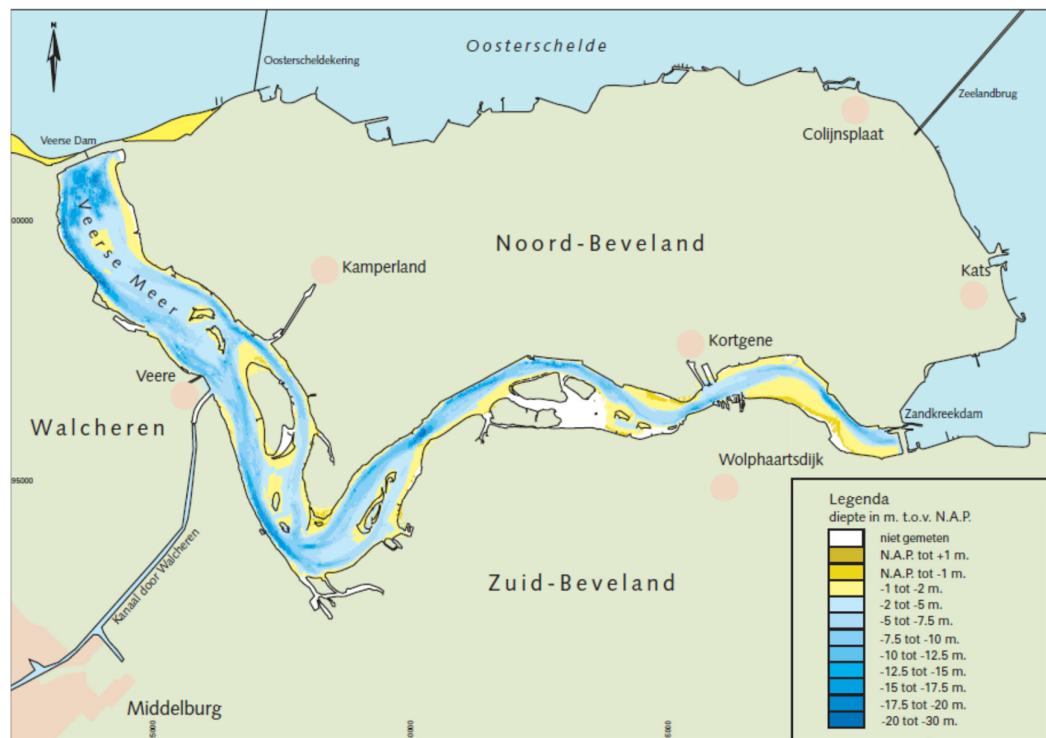
Samenvatting	4
1 Inleiding	8
1.1 Gebiedsbeschrijving	8
1.2 Doelstelling van het onderzoek	8
2 Basisgegevens en berekeningsmethoden voor de water- en stoffenbalans	9
2.1 Opzet water- en stoffenbalans en benodigde gegevens	9
2.2 Berekeningsmethoden waterbalans	10
2.2.1 Neerslag	10
2.2.2 Aanvoer polderwater	10
2.2.3 Afstroming van oevers	11
2.2.4 Openwater verdamping	11
2.2.5 Schut- en lekverlies Sluis Veere	11
2.2.6 Schutverlies Zandkreeksluis	11
2.2.7 Zandkreekdam (Katse Heule)	11
2.2.8 Peilfluctuatie en sluitfout	11
2.3 Berekeningsmethoden stoffenbalans	12
2.3.1 Stoffenconcentraties gemalen	12
2.3.2 Stoffenconcentratie sluis Veere	17
2.3.3 Stoffenconcentratie grote wateren	17
2.3.4 Emissieregistratie	17
3 Resultaten waterbalans	18
3.1 Waterbalans in zijn geheel	18
3.2 Katse Heule	21
3.3 Polderlozingen	21
3.4 Afstroming van oevers en hemelwater	23
3.5 Openwater verdamping	24
3.6 Schut- en lekverlies	24
4 Resultaten nutriëntenbalans	26
4.1 Poldergemalen en Kanaal door Walcheren	26
4.1.1 Stikstof	26
4.1.2 Fosfaat	28
4.2 Stikstofbalans	30
4.2.1 Totale stikstofbalans	30
4.2.2 Instroom van stikstof bij de gemalen	30
4.2.3 Instroom van stikstof bij sluis Veere	31
4.2.4 In en uitstroom van stikstof bij de Katse Heule en Zandkreeksluis	32
4.2.5 Emissieregistratie instroom van nutriënten	33
4.2.6 Guanotrofie	34
4.3 Fosfaatbalans	34
4.3.1 Totale fosfaatbalans	34

4.3.2	Instroom van fosfaat bij de gemalen	35
4.3.3	Instroom van fosfaat bij sluis Veere	36
4.3.4	In- en uitstroom van fosfaat bij de Katse Heule en de Zandkreeksluis	36
4.3.5	Guanotrofie	38
5	Conclusie en aanbevelingen	39
5.1	Waterbalans	39
5.2	Nutriëntenbalans	39
5.3	Aanbevelingen	39
5.3.1	Gevolgen van ontbrekende data	40
6	Bronvermelding	41

1 Inleiding

1.1 Gebiedsbeschrijving

Voor het Veerse Meer, een voormalige zeearm (Veerse Gat), zijn in de afgelopen decennia de open verbindingen met de Noordzee en Oosterschelde afgesloten (respectievelijk 1961 en 1960) en is een doorlaatmiddel De Katse Heule in gebruik genomen (2004). Dit doorlaatmiddel maakte een uitwisseling van 40 m³/sec mogelijk tussen de Oosterschelde en het Veerse Meer. Door het water van de Oosterschelde steeg de saliniteit en het zuurstofgehalte in de diepere delen van het meer gedurende de zomer (Craeymeersch & de Vries, 2007). De laatste jaren is er echter sprake van een terugkeer van zuurstofarme/loze delen in het Veerse Meer. Door de Nederlandse Onderwatersport Bond (NOB) werd vastgesteld dat er dieper dan 3 meter weinig leven meer is (Krutij et al., 2020; van der Mast & Eg, 2021). Het is nodig om een beter begrip te krijgen van de oorzaken van deze zuurstofarme/loze situatie, een water- en stoffenbalans is een van de bouwstenen om dit begrip te realiseren.



Figuur 1.1. Diepte-profiel van het Veerse Meer.

1.2 Doelstelling van het onderzoek

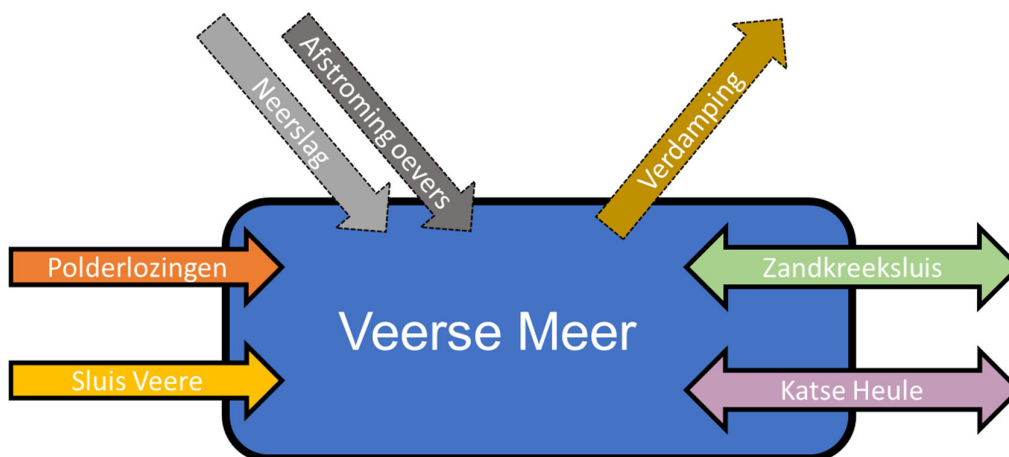
Het doel van deze studie is het om de water- en stoffenbalans van het Veerse Meer voor de jaren 2011 t/m 2020 in kaart te brengen. De stoffenbalans richt zich op de nutriënten stikstof en fosfaat. Inzicht in de water- en stoffenbalans heeft drie doelen: 1) Identificatie van jaarlijkse en seizoenale variatie en identificatie van trends, 2) Bijdrage aan systeemanalyse voor recente problemen met zuurstofloosheid en de gevolgen hiervan op flora en fauna, en 3) Klaarzetten invoergegevens voor modelberekeningen.

Voor het Volkerak-Zoommeer wordt op dit moment ook een water- en stoffenbalans opgezet. De gebruikte methoden worden op elkaar afgestemd waar mogelijk.

2 Basisgegevens en berekeningsmethoden voor de water- en stoffenbalans

2.1 Opzet water- en stoffenbalans en benodigde gegevens

Een schematisch overzicht van de water- en stoffenbalans toont de verschillende bronnen en uitstroompunten van zowel water als nutriënten voor het Veerse Meer (Figuur 2.1). Het Veerse Meer heeft een oppervlak van circa 2200 ha bij NAP -0,3 m (gemiddeld winterpeil) en ongeveer 2350 ha bij NAP -0,05 m (gemiddeld zomerpeil). Daarnaast zijn er ook nog ongeveer 1900 ha aan eilanden en buitendijkse gronden. Als gevolg van het in- en uitlaten van water via de Katse Heule is er sprake van een (zeer) beperkt getij op het Veerse Meer, van minder dan 10 cm (van der Kaaij & Kerkhoven, 2021). Er lozen verschillende poldergemalen en uitwateringssluizen water direct op het Veerse Meer en zijn er twee gemalen die indirect via het Kanaal door Walcheren lozen.



Figuur 2.1. Schematisch overzicht van wateruitwisseling (alle pijlen) en stoffenuitwisseling (dikgedrukte pijlen) voor verschillende bronnen van het Veerse Meer.

De waterbalans wordt opgezet aan de hand van informatie aangeleverd door Rijkswaterstaat (RWS), Waterschap Scheldestromen en het Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut (KNMI). Dit gaat om gegevens van weerstations (Wilhelminadorp, Kortgene, Wolphaartsdijk en Vrouwenpolder), poldergemalen (debieten en concentraties), waterstanden (binnen en buiten het Veerse Meer) en informatie voor schuttingen en lekverlies van de sluisen. Vanuit RWS-ZD zijn de volgende datasets aangeleverd:

1. Waterbalans Veerse Meer 2020 – Excelbestand van RWS-ZD met meerdere tabbladen – versie 15-04-2021.
2. De debieten voor het doorlaatmiddel Katse Heule voor 2011 t/m 2020 (per 10 minuten).
3. Schutgegevens sluis Veere en Zandkreeksluis (waterstand) voor 2011 t/m 2020 (per 10 minuten).
4. Kolkgebruik sluisen Veere en Zandkreeksluis op dagbasis van 2011 t/m 2020.

Vanuit Waterschap Scheldestromen zijn de volgende datasets opgehaald:

1. Waterkwaliteitsgegevens Kanaal door Walcheren (meetpunt Stationsburg Middelburg) van 2010 t/m 2018 (ongeveer 1 meting per maand).
2. Waterkwaliteitsgegevens Soelekerkepolder (Veerse Meer), Lodijkse Gat en Wissenkerke (beide in Oosterschelde) van 1986 t/m 2018 (ongeveer 1 meting per maand).

Vanuit de KNMI-website (<https://www.knmi.nl/nederland-nu/klimatologie/uurgegevens>) zijn de volgende datareeksen opgehaald:

1. Neerslaggegevens voor station Vrouwenpolder, Wilhelminadorp, Wolphaartsdijk, en Kortgene voor de periode 1946 t/m 2021.
2. Vochtigheid, luchttemperatuur, windsnelheid, zonneshijnduur, en referentiegwasverdamming voor stations Vlissingen (station 310), Wilhelminadorp (station 323) en Woensdrecht (station 340) voor de periode 2000 t/m 2021 (april).

Vanuit Deltares zijn er gegevens over de aanvoer van stikstof vanuit de emissieregistratie en de regionalisatie watervogels gegevens aangeleverd.

1. Emissiegegevens voor stikstof worden voor het Veerse Meer opgehaald uit het volgende excel bestand – “ERemissie-export1990-2018_AE.xlsx”.
2. Guanotrofie gegevens worden voor het Veerse Meer opgehaald uit het volgende bestand: “RegionalisatieWatervogels_2010_2015_2018.xlsx”

2.2 Berekingsmethoden waterbalans

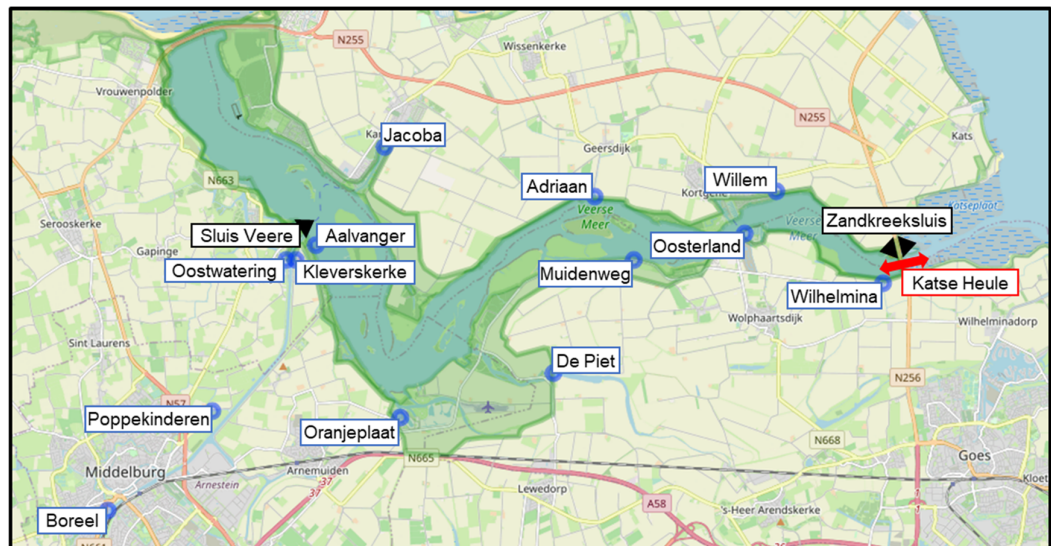
2.2.1 Neerslag

De berekeningsmethode voor de hoeveelheid neerslag op het wateroppervlak van het Veerse Meer is afkomstig uit Pieters (2004). De neerslag op de buitendijkse terrestrische gebieden is opgenomen als afstroming (§2.2.3).

Het Veerse Meer is opgedeeld in vier delen en elk weerstation representeert een bepaald gedeelte van het meer. Voor Vrouwenpolder is dit 23%, voor Wilhelminadorp 2%, voor Wolphaartsdijk 62% en voor Kortgene 13%. De neerslag gemeten bij deze stations wordt vermenigvuldigd met het oppervlakte wat elk station representeert. Hierbij wordt rekening gehouden met een verschil in nat oppervlak tussen zomer (-0,05 m NAP; 23.420.000 m²) en winter (-0,30 m NAP; 21.950.000 m²).

2.2.2 Aanvoer polderwater

De gegevens voor lozingen van de verschillende poldergemalen zijn in liter per seconde met een frequentie van 10 minuten. De gegevens worden omgezet naar m³ per seconde. De elf poldergemalen die direct in het Veerse Meer lozen, zijn gemaal Jacoba, Adriaan, Willem, Wilhelmina, Oosterland, Muidenweg, De Piet, Kleverskerke, Aalvanger, Oranjeplaat en Oostwatering (Figuur 2.2).



Figuur 2.2. Kaart van het Veerse Meer met de poldergemalen (blauwe stippen), de sluisen (zwarte driehoeken) en het doorlaatmiddel (rode pijl).

2.2.3 Afstroming van oevers

De afstroming van oevers wordt berekend met behulp van de neerslaggegevens (berekend aan de hand van vier weerstations, zie §2.2.1), informatie over de gewasverdamming binnen deze oevers en gegevens voor het oppervlakte aan buitendijkse gronden en eilanden voor de zomer (18.340.000 m²) en winter (19.810.000 m²).

2.2.4 Openwater verdamping

Openwaterverdamping wordt berekend aan de hand van de formule van Penman (Valiantzas, 2006). Deze formule heeft gegevens nodig voor relatieve vochtigheid (r_v), luchttemperatuur ($T-l$), windsnelheid (w_s), zonneshijnduur (zsd), de dichtheid van het oppervlaktewater (d_w) en de korte golf straling uitgedrukt in verdampingsintensiteit. De constante factoren zijn de verdampingswarmte (2,45 MJ/kg), de soortelijke warmte van lucht bij constante druk (1,004), de dichtheid van lucht (1,205 kg/m³) en de psychrometerconstante (0,066).

Met deze gegevens wordt de uiteindelijke verdamping van water aan het oppervlakte berekend m.b.v. verschillende tussenstappen en formules (zie bijlage 6A.1).

2.2.5 Schut- en lekverlies Sluis Veere

Het schutverlies van Sluis Veere (Figuur 2.2) wordt berekend door het waterstandsverschil tussen het Kanaal door Walcheren en het Veerse Meer (bij meetpunt VM04) te vermenigvuldigen met het oppervlakte van de kleine en grote kolk (schutting) en het aantal keren dat deze op een dag open gaan.

Het lekverlies is aangenomen als een constante van 0,5 m³ per seconde (Van der Kaaij & Kerkhoven, 2021).

2.2.6 Schutverlies Zandkreeksluis

Het schutverlies bij de Zandkreeksluis (Figuur 2.2) gaat beide kanten op. Afhankelijk van het waterstandsverschil vindt verlies plaats van het Veerse Meer naar de Oosterschelde of andersom. Aan de hand van gegevens voor de waterstand binnen het Veerse Meer (gemeten bij station VM03), het oppervlakte van de schutkolk (3,180 m²), de waterstand van de schutschijf inkomend en uitgaand (6A.8) en het aantal keren op een dag dat deze open gaat, kan het schutverlies berekend worden.

2.2.7 Zandkreekdam (Katse Heule)

Voor het doorlaatmiddel van de Zandkreekdam (vanaf nu Katse Heule genoemd) zijn de gegevens voor in- en uitgaande debieten verkregen (Figuur 2.2). De debieten worden door Rijkswaterstaat berekend op basis van het waterstandsverschil over de Katse Heule, het doorstroomoppervlakte (zijnde 16,5 m²; totaal 33 m²) en de afvoercoëfficiënt.

Recent onderzoek heeft aangetoond dat de afvoercoëfficiënt niet gelijk is voor inlaten en spuien (Lieveense, 2021). Voor deze studie worden de nieuwe, aangepaste afvoercoëfficiënten gebruikt zijnde 0,73 voor inlaten en 0,60 voor spuien. Een klein verschil in afvoercoëfficiënt zou kunnen resulteren in een groot verschil in de aanvoer of afvoer door de Katse Heule waardoor deze herziening van groot belang was.

2.2.8 Peilfluctuatie en sluitfout

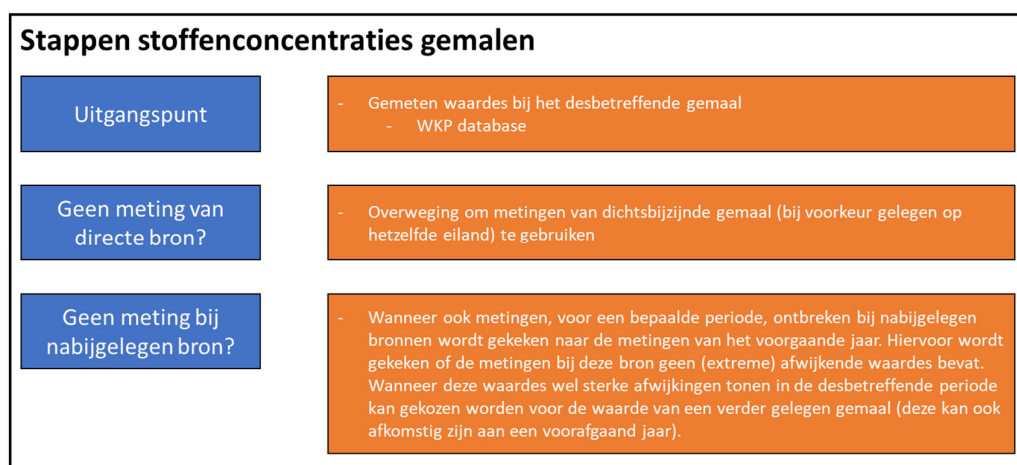
Het netto verlies of gewin aan water betekent respectievelijk een dalende of stijgende waterstand die in werkelijkheid niet optreedt, i.e. de waterbalans is niet sluitend. De grootte van de sluitfout wordt bepaald door de debieten te combineren met de gemeten waterstand in het Veerse Meer.

Het verschil tussen het netto debiet uit de waterbalans en het verwachte netto debiet o.b.v. het geobserveerde meerpeil, wordt de sluitfout genoemd. Deze bepaling van de sluitfout kan voorafgaand aan een modelsimulatie berekend worden.

2.3 Berekingsmethoden stoffenbalans

2.3.1 Stoffenconcentraties gemalen

Bij de poldergemalen komen dagelijks nutriënten het Veerse Meer in. Voor een aantal gemalen worden jaarlijks meerdere metingen gedaan, dit zijn gemaal Adriaan, gemaal De Piet, gemaal Wilhelmina en gemaal Willem. Voor overige gemalen ontbreken deze metingen geregeld en deze worden in deze studie daarom opgevuld met data van andere gemalen (Tabel 2.1). Ontbreekt ook deze data dan wordt er voor gekozen om de data van de jaren ervoor of erna te gebruiken voor het desbetreffende gemaal of andere gemalen (Figuur 2.3). Dit wordt per gemaal in detail beschreven in de volgende paragrafen.



Figuur 2.3. Overweging en stappen die aangehouden zijn bij het invullen van de stoffenconcentraties voor de verschillende gemalen (WKP = Waterkwaliteitsportaal.nl).

Tabel 2.1 Per gemaal wordt aangegeven wat de eerste 6 opties zijn voor het invullen van ontbrekende data. Deze verdeling is samengesteld aan de hand van afstand tot het gemaal en overeenkomst met het eiland waarop het gemaal zich bevindt. Gemalen zijn: Aalvanger (Aalvan), Adriaan (Adriaa), Boreel, Jacoba, Klever (Kleverskerke), Muiden (Muidenweg), Ooster (Oosterland), Oostwa (Oostwatering), Piet, Poppe (Poppekinderen), Wilhel (Wilhelmina) en Willem.

Optie	Aalvan	Adriaa	Boreel	Jacoba	Klever	Muiden	Ooster	Oostwa	Piet	Poppe	Wilhel	Willem
1	Klever	Willem	Poppe	Adriaan	Oostwat	Ooster	Wilhel	Klever	Muiden	Boreel	Ooster	Adriaan
2	Oostwa	Jacoba	Oostwa	Willem	Adriaan	Piet	Muiden	Aalvan	Ooster	Klever	Muiden	Ooster
3	Piet	Muiden	Klever	Aalvan	Poppe	Wilhel	Piet	Poppe	Wilhel	Oostwat	Piet	Wilhel
4	Poppe	Ooster	Aalvan	Klever	Boreel	Adriaan	Willem	Boreel	Adriaan	Aalvan	Willem	Muiden
5	Boreel	Piet	Piet	Oostwat	Piet	Willem	Adriaan	Piet	Willem	Piet	Adriaan	Piet
6	Muiden	Wilhel	Ooster	Piet	Jacoba	Klever	Klever	Jacoba	Klever	Willem	Klever	Jacoba

2.3.1.1 Gemaal Aalvanger

Voor gemaal Aalvanger is de data die ontbreekt aangevuld met data van gemaal De Piet en Willem (Tabel 2.2). Voor het gemaal Aalvanger zijn geen metingen naar stoffenconcentraties. Waar mogelijk is gekozen voor de gemeten concentraties van gemaal De Piet, het dichtstbijzijnde gemaal wat op hetzelfde eiland ligt en direct uitmondt in het Veerse Meer. Voor het jaar 2012 is voor stikstof gerelateerde metingen gekozen voor de waarden afkomstig van gemaal Willem omdat in dit jaar ook metingen bij gemaal de Piet ontbreken. Fosfaat gerelateerde metingen voor

data jaar zijn afkomstig van de metingen voor gemaal de Piet uit het voorafgaande jaar. Dit is gerelateerd aan de lage fosfaat en totaal fosfor concentraties gemeten bij gemaal Willem.

Tabel 2.2. Afkomst van ontbrekende data voor verschillende parameters voor het gemaal Muidenweg in de periode 2011 t/m 2020.

Jaar	Parameter	Afkomstig van	
		Gemaal	Uit het jaar
2011 2013–2020 (jan. – sept.)	NO3 – NH4 – TotN – PO4 – TotP	De Piet	2011–2020 (jan. – sept.)
2012	NO3 – NH4 – TotN	Willem	2012
2012	PO4 – TotP	De Piet	2011
2020 (sept. – dec.)	NO3 – NH4 – TotN – PO4 – TotP	De Piet	2019 (sept. – dec.)

2.3.1.2 Gemaal Adriaan

Voor gemaal Adriaan is de data die ontbreekt aangevuld met data van gemaal Willem en de Piet en gemeten bij Adriaan zelf op een ander tijdstip (jaar) (Tabel 2.3). Er is waar mogelijk voor gemaal Willem gekozen, het dichtstbijzijnde station met voldoende metingen. Wanneer deze ontbreken voor gemaal Willem, zoals in 2019 en 2020, worden de gemeten waardes bij gemaal De Piet gebruikt.

Tabel 2.3. Afkomst van ontbrekende data voor verschillende parameters voor het gemaal Adriaan in de periode 2011 t/m 2020.

Jaar	Parameter	Afkomstig van	
		Gemaal	Uit het jaar
2012	NO3 – NH4 – TotN	Willem	2012
	PO4 – TotP	Adriaan	2011
2019 2020 (jan. – sept.)	NO3 – NH4 – PO4 – TotP	Willem	2019 2020 (jan. – sept.)
2019 2020 (jan. – sept.)	TotN	De Piet	2019 2020 (jan. – sept.)
2020 (sept. – dec.)	NO3 – NH4 – PO4 – TotP	Willem	2019 (sept. – dec.)
2020 (sept. – dec.)	TotN	De Piet	2019 (sept. – dec.)

2.3.1.3 Gemaal Boreel

Voor gemaal Boreel is de data die ontbreekt aangevuld met data van gemaal de Piet en gemaal Kleverskerke (Tabel 2.4). Gemaal Kleverskerke is in het jaar 2019 het dichtstbijzijnde gemaal met metingen, gemaal Boreel heeft in dat jaar geen metingen. In het jaar 2020 is geen enkele meting beschikbaar in de nabijgelegen gemalen en is daarom gekozen voor metingen van gemaal de Piet.

Tabel 2.4. Afkomst van ontbrekende data voor verschillende parameters voor het gemaal Boreel in de periode 2011 t/m 2020.

Jaar	Parameter	Afkomstig van	
		Gemaal	Uit het jaar
2019	NO3 – NH4 – TotN – PO4 – TotP	Kleverskerke	2019
2020 (jan. – sept.)	NO3 – NH4 – TotN	De Piet	2020 (jan. – sept.)
2020 (sept. – dec.)	NO3 – NH4 – TotN – PO4 – TotP	De Piet	2019 (sept. – dec.)

2.3.1.4 Gemaal Jacoba

Voor gemaal Jacoba is de data die ontbreekt aangevuld met data van gemaal De Piet en gemaal Willem (Tabel 2.5). Voor de sluis bij Jacoba is dezelfde data gebruikt als die voor gemaal Jacoba wordt gebruikt. Omdat data ontbreekt voor de gehele periode voor gemaal Jacoba en sluis Jacoba zijn de gemeten waardes van gemaal Willem gebruikt, het dichtstbijzijnde gemaal met een bruikbare dataset aan metingen. Voor het jaar 2019 en begin 2020 ontbreken ook metingen van totale stikstof bij gemaal Willem waardoor hier gegevens van gemaal de Piet worden gebruikt.

Tabel 2.5. Afkomst van ontbrekende data voor verschillende parameters voor het gemaal Jacoba in de periode 2011 t/m 2020.

Jaar	Parameter	Afkomstig van	
		Gemaal	Uit het jaar
2011–2020 (jan. – sept.)	NO ₃ – NH ₄ – PO ₄ – TotP	Willem	2011–2020 (jan. – sept.)
2011–2018	TotN	Willem	2011–2018
2019–2020 (jan. – sept.)	TotN	De Piet	2019–2020 (jan. – sept.)
2020 (sept. – dec.)	NO ₃ – NH ₄ – PO ₄ – TotP	Kleverskerke	2019 (sept. – dec.)
2020 (sept. – dec.)	TotN	De Piet	2019 (sept. – dec.)

2.3.1.5 Gemaal Kleverskerke

Voor gemaal Kleverskerke is de data die ontbreekt aangevuld met data van gemaal Boreel, gemaal Poppekinderen en gemaal de Piet en data gemeten bij Kleverskerke zelf op een ander tijdstip (jaar) (Tabel 2.6). De ontbrekende data voor de jaren 2011-2017 is aangevuld met data afkomstig van gemaal Boreel, een gemaal wat op hetzelfde eiland ligt en op het Kanaal door Walcheren loost. Voor het jaar 2020 ontbreekt data voor de nabijgelegen gemalen, zoals Aalvanger, Oostwatering, Poppekinderen en Boreel, en worden daarom waardes gebruikt afkomstig van gemaal de Piet.

Tabel 2.6. Afkomst van ontbrekende data voor verschillende parameters voor het gemaal Kleverskerke in de periode 2011 t/m 2020.

Jaar	Parameter	Afkomstig van	
		Gemaal	Uit het jaar
2011–2017	NO ₃ – NH ₄ – TotN – PO ₄ – TotP	Boreel	2011–2017
2018	NO ₃ – NH ₄ – TotN – PO ₄ – TotP	Poppekinderen	2018
2019	NO ₃ – NH ₄ – TotN – PO ₄ – TotP	Kleverskerke	2019
2020 (jan. – sept.)	NO ₃ – NH ₄ – TotN – PO ₄ – TotP	De Piet	2020 (jan. – sept.)
2020 (sept. – dec.)	NO ₃ – NH ₄ – TotN – PO ₄ – TotP	Kleverskerke	2019 (sept. – dec.)

2.3.1.6 Gemaal Muidenweg

Voor gemaal Muidenweg is de data die ontbreekt aangevuld met data van gemaal De Piet en gemaal Willem (Tabel 2.7). Data ontbreekt voor de gehele periode voor gemaal Muidenweg en daarom is gekozen voor data afkomstig van gemaal de Piet, het dichtstbijzijnde gelegen gemaal met een ruime set aan metingen. Daarnaast is dit een gemaal gelegen op hetzelfde eiland. Voor het jaar 2012 ontbreekt ook de data voor gemaal de Piet, waardoor voor stikstof gerelateerde metingen gekozen is voor de enige dataset die in dat jaar beschikbaar is voor het Veerse Meer, namelijk die van gemaal Willem. Fosfaat gerelateerde metingen voor data jaar zijn afkomstig van de metingen voor gemaal de Piet uit het voorafgaande jaar. Dit is gerelateerd aan de lage fosfaat en totaal fosfor concentraties gemeten bij gemaal Willem.

Tabel 2.7. Afkomst van ontbrekende data voor verschillende parameters voor het gemaal Muidenweg in de periode 2011 t/m 2020.

Jaar	Parameter	Afkomstig van	
		Gemaal	Uit het jaar
2011 2013–2020 (jan. – sept.)	NO3 – NH4 – TotN – PO4 – TotP	De Piet	2011 2013–2020 (jan. – sept.)
2012	NO3 – NH4 – TotN	Willem	2012
2012	PO4 – TotP	De Piet	2011
2020 (sept. – dec.)	NO3 – NH4 – TotN – PO4 – TotP	De Piet	2019 (sept. – dec.)

2.3.1.7 Gemaal Oosterland

Voor gemaal Oosterland is de data die ontbreekt aangevuld met data van gemaal Wilhelmina en gemaal Willem (Tabel 2.8). Omdat data ontbreekt voor de gehele periode voor gemaal Oosterland zijn de gemeten waardes van gemaal Wilhelmina gebruikt, het dichtstbijzijnde gemaal met een bruikbare dataset aan metingen. Voor het jaar 2012 ontbreken ook metingen bij gemaal Wilhelmina waardoor hier gegevens van gemaal Willem worden gebruikt.

Tabel 2.8. Afkomst van ontbrekende data voor verschillende parameters voor het gemaal Oosterland in de periode 2011 t/m 2020.

Jaar	Parameter	Afkomstig van	
		Gemaal	Uit het jaar
2011	NO3 – NH4 – TotN – PO4 – TotP	Wilhelmina	2011
2012	NO3 – NH4 – TotN – PO4 – TotP	Willem	2012
2013 – 2020 (jan. – aug.)	NO3 – NH4 – TotN – PO4 – TotP	Wilhelmina	2013 – 2020 (jan. – aug.)
2020 (sept. – dec.)	NO3 – NH4 – TotN – PO4 – TotP	Wilhelmina	2019 (sept. – dec.)

2.3.1.8 Gemaal Oostwating

Voor gemaal Oostwating is de data die ontbreekt aangevuld met data van gemaal Boreel, gemaal Poppekinderen, gemaal Kleverskerke en gemaal de Piet (Tabel 2.9). De ontbrekende data voor de jaren 2011-2017 is aangevuld met data afkomstig van gemaal Boreel, een gemaal wat op hetzelfde eiland ligt en op het Kanaal door Walcheren loost. Voor het jaar is gekozen voor data afkomstig uit 2018, een gemaal wat nog meer nabijgelegen is dan gemaal Boreel. Voor het jaar 2019 wordt gebruik gemaakt van data afkomstig uit gemaal Kleverskerke, een gemaal wat nog meer nabijgelegen is dan gemaal Boreel en gemaal Poppekinderen. Voor het jaar 2020 ontbreekt data voor de nabijgelegen gemalen, zoals Aalvanger, Oostwating, Poppekinderen en Boreel, en worden daarom waardes gebruikt afkomstig van gemaal de Piet.

Tabel 2.9. Afkomst van ontbrekende data voor verschillende parameters voor het gemaal Oosterland in de periode 2011 t/m 2020.

Jaar	Parameter	Afkomstig van	
		Gemaal	Uit het jaar
2011–2017	NO3 – NH4 – TotN – PO4 – TotP	Boreel	2011–2017
2018	NO3 – NH4 – TotN – PO4 – TotP	Poppekinderen	2018
2019	NO3 – NH4 – TotN – PO4 – TotP	Kleverskerke	2019
2020 (jan. – sept.)	NO3 – NH4 – TotN – PO4 – TotP	De Piet	2020 (jan. – sept.)
2020 (sept. – dec.)	NO3 – NH4 – TotN – PO4 – TotP	Kleverskerke	2019 (sept. – dec.)

2.3.1.9 Gemaal de Piet

Voor gemaal de Piet is de data die ontbreekt aangevuld met data van gemaal Willem en data gemeten bij de Piet zelf op een ander tijdstip (jaar) (Tabel 2.10). Voor het jaar 2012 ontbreekt data voor gemaal de Piet, waardoor voor stikstof gerelateerde metingen gekozen is voor de enige dataset die in dat jaar beschikbaar is voor het Veerse Meer, namelijk die van gemaal Willem. Fosfaat gerelateerde metingen voor data jaar zijn afkomstig van de metingen voor gemaal de Piet uit het voorafgaande jaar. Dit is gerelateerd aan de lage fosfaat en totaal fosfor concentraties gemeten bij gemaal Willem.

Tabel 2.10. Afkomst van ontbrekende data voor verschillende parameters voor het gemaal de Piet in de periode 2011 t/m 2020.

Jaar	Parameter	Afkomstig van	
		Gemaal	Uit het jaar
2012	NO3 – NH4 – TotN	Willem	2012
	PO4 – TotP	de Piet	2011
2020 (sept. – dec.)	NO3 – NH4 – TotN – PO4 – TotP	de Piet	2019 (sept. – dec.)

2.3.1.10 Gemaal Poppekinderen

Voor gemaal Poppekinderen is de data die ontbreekt aangevuld met data van gemaal De Piet, gemaal Willem en gemaal Kleverskerke en data gemeten bij Poppekinderen zelf op een ander tijdstip (jaar) (Tabel 2.11). Voor het jaar 2012 ontbreekt data voor gemaal Poppekinderen, waardoor voor stikstof gerelateerde metingen gekozen is voor de enige dataset die in dat jaar beschikbaar is voor het Veerse Meer, namelijk die van gemaal Willem. Fosfaat gerelateerde metingen voor data jaar zijn afkomstig van de metingen voor gemaal Poppekinderen uit het voorafgaande jaar. Dit is gerelateerd aan de lage fosfaat en totaal fosfor concentraties gemeten bij gemaal Willem. Omdat gemaal Poppekinderen geen metingen in het jaar 2019 is gebruik gemaakt van metingen uit het dichtstbijzijnde gemaal, Gemaal Kleverskerke. In het jaar 2020 is geen enkele meting beschikbaar in de nabijgelegen gemalen en is daarom gekozen voor metingen van gemaal de Piet.

Tabel 2.11. Afkomst van ontbrekende data voor verschillende parameters voor het gemaal Poppekinderen in de periode 2011 t/m 2020.

Jaar	Parameter	Afkomstig van	
		Gemaal	Uit het jaar
2012	NO3 – NH4 – TotN	Willem	2012
	PO4 – TotP	Poppekinderen	2011
2019	NO3 – NH4 – TotN – PO4 – TotP	Kleverskerke	2019
2020 (jan. – sept.)	NO3 – NH4 – TotN	De Piet	2020 (jan. – sept.)
2020 (sept. – dec.)	NO3 – NH4 – TotN – PO4 – TotP	De Piet	2019 (sept. – dec.)

2.3.1.11 Gemaal Wilhelmina

Voor gemaal Wilhelmina is de data die ontbreekt aangevuld met data van gemaal Willem en data gemeten bij Wilhelmina zelf op een ander tijdstip (jaar) (Tabel 2.12). Voor het jaar 2012 ontbreekt data voor gemaal Wilhelmina, waardoor voor stikstof gerelateerde metingen gekozen is voor de enige dataset die in dat jaar beschikbaar is voor het Veerse Meer, namelijk die van gemaal Willem. Fosfaat gerelateerde metingen voor data jaar zijn afkomstig van de metingen voor gemaal Wilhelmina uit het voorafgaande jaar. Dit is gerelateerd aan de lage fosfaat en totaal fosfor concentraties gemeten bij gemaal Willem.

Tabel 2.12. Afkomst van ontbrekende data voor verschillende parameters voor het gemaal Wilhelmina in de periode 2011 t/m 2020.

Jaar	Parameter	Afkomstig van	
		Gemaal	Uit het jaar
2012	NO3 – NH4 – TotN	Willem	2012
	PO4 – TotP	Wilhelmina	2011
2020 (sept. – dec.)	NO3 – NH4 – TotN – PO4 – TotP	Wilhelmina	2019 (sept. – dec.)

2.3.1.12 Gemaal Willem

Voor gemaal Willem is de data die ontbreekt aangevuld met data van gemaal de Piet en data gemeten bij Willem zelf op een ander tijdstip (jaar) (Tabel 2.13). Voor het jaar 2019 ontbreken metingen aan totale stikstof voor gemaal Willem waardoor gebruik wordt gemaakt van gemeten waarden bij gemaal de Piet, het dichtstbijzijnde gemaal wat metingen heeft in deze periode. Voor de periode september – december 2020 wordt gebruik gemaakt van metingen uit het voorgaande jaar, zowel voor totale stikstof (gemaal de Piet) als voor andere stoffen (gemaal Willem zelf).

Tabel 2.13. Afkomst van ontbrekende data voor verschillende parameters voor het gemaal Willem in de periode 2011 t/m 2020.

Jaar	Parameter	Afkomstig van	
		Gemaal	Uit het jaar
2019	TotN	de Piet	2019
2020 (jan. – sept.)			2020 (jan. – sept.)
2020 (sept. – dec.)	TotN	de Piet	2019 (sept. – dec.)
2020 (sept. – dec.)	NO3 – NH4 – PO4 - TotP	Willem	2019 (sept. – dec.)

2.3.2 Stoffenconcentratie sluis Veere

Er zijn jaarlijks metingen voor het meetpunt Stationsburg in Middelburg wat het enige meetstation is bruikbaar voor de analyse van stoffenconcentraties in het Kanaal door Walcheren. Het water van het Kanaal door Walcheren komt via sluis Veere in het Veerse Meer.

2.3.3 Stoffenconcentratie grote wateren

Voor het Veerse Meer en de Oosterschelde worden ook stoffenconcentraties bepaald. Deze worden gebruikt om de aan- en afvoer van nutriënten door de Katse Heule te bepalen. Voor het Veerse Meer worden de nutriënten gemeten bij meetstation Soelekerkepolder. Voor de stoffenconcentratie van de Oosterschelde wordt gebruik gemaakt van het gemiddelde van twee meetstations, namelijk Wissenkerke en Lodijkse Gat. De waarden van beide stations voor stikstof en fosfaat zijn, ondanks dat deze relatief ver uit elkaar liggen, zeer vergelijkbaar (zie bijlage 0). Een gemiddelde van deze twee stations is daarom gebruikt.

2.3.4 Emissieregistratie

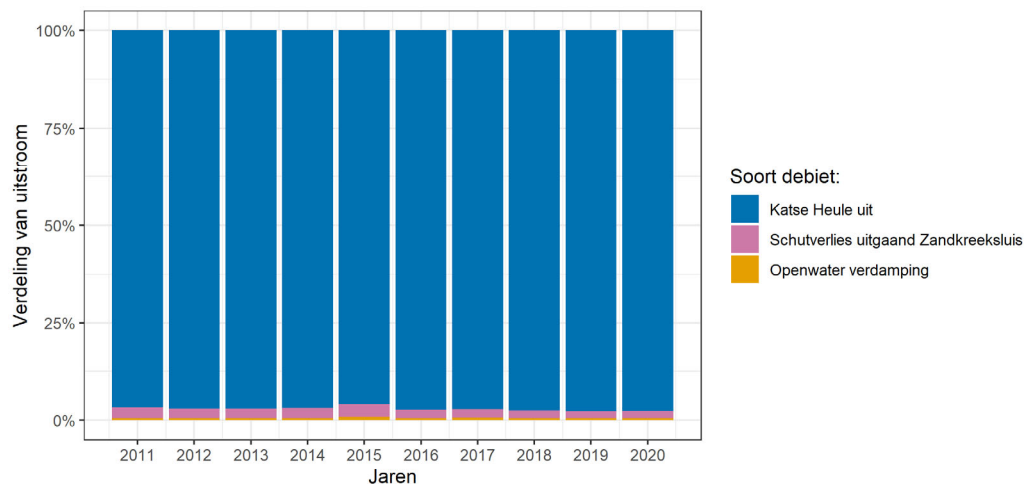
Naast de nutriënten die via waterwegen het systeem binnenkomen is er voor het Veerse Meer ook gekeken naar de emissie van stikstof via huishoudelijke lozingen van de binnenscheepvaart, het mee-bemesten van sloten, huishoudelijk afvalwater (ook via IBA en recreatievaart), overstorten van ongezuiverd rioolwater, regenwaterriolen, uit- en afspoeling van landelijke gebieden, erfafspoeling van landbouwbedrijven, atmosferische depositie, afvalwater van glastuinbouw en water uit ongezuiverde riolen.

3 Resultaten waterbalans

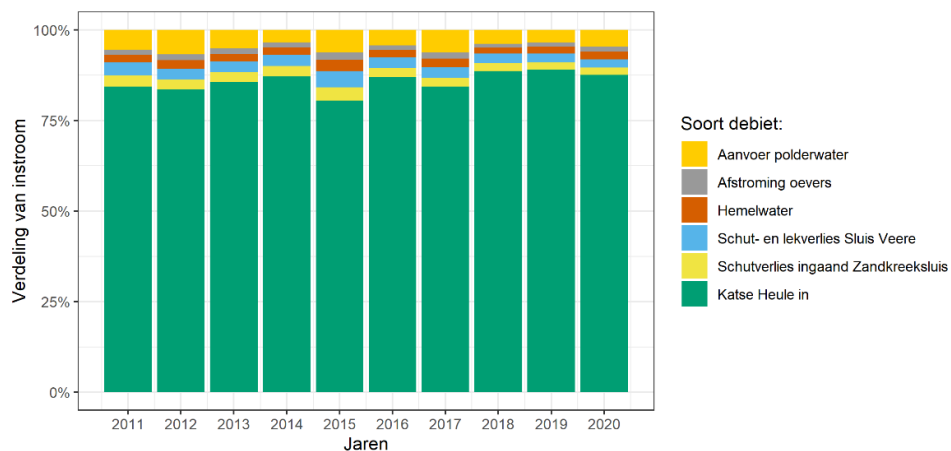
3.1 Waterbalans in zijn geheel

De verschillende in- en uitgaande waterdebieten voor het Veerse Meer zijn relatief constant voor de jaren 2011 t/m 2020, al toont het jaar 2015 enige afwijking in de procentuele verdeling (Figuur 3.21 en Figuur 3.2) en totale debieten (Figuur 3.3). Dit komt vooral omdat de waterbalans gedomineerd wordt door de Katse Heule met gemiddeld circa 95% van de uitstroom en circa 85% van de instroom. De relatieve verandering per soort debiet laten een vergelijkbare stabiele trend zien voor de Katse Heule in- en uitstroom (Figuur 3.4), de grootste stijging is 21% t.o.v. het jaar ervoor (voor 2017-2018 Katse Heule instroom). De grootste variatie van jaar op jaar wordt waargenomen voor de polderlozingen die varieert van stijgingen van 43% (2017 t.o.v. 2016) tot dalingen van 37% (2014 t.o.v. 2013).

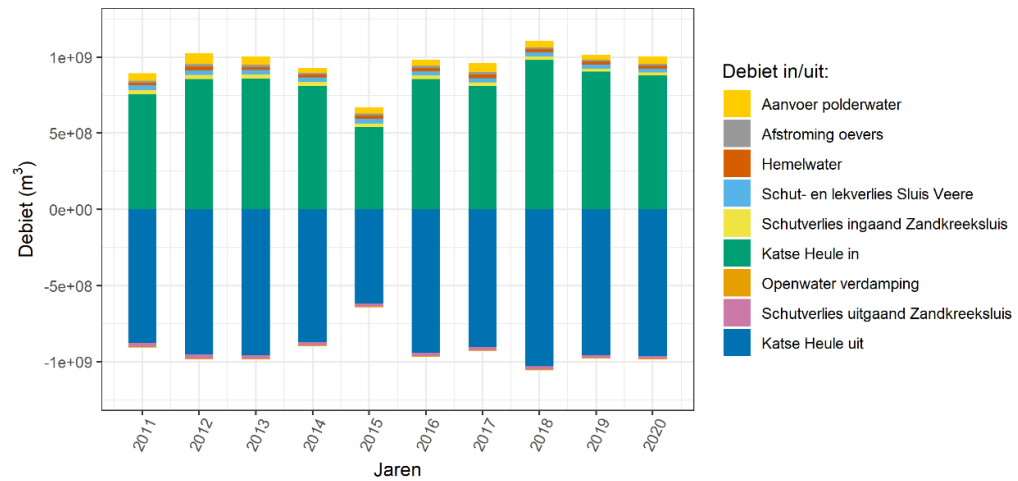
De maandelijkse in- en uitgaande debieten tonen een relatief constante trend voor de verschillende jaren met uitzondering van het jaar 2015 (zie bijlage 6A.2). De verschillende debieten worden in de volgende paragrafen in meer detail besproken.



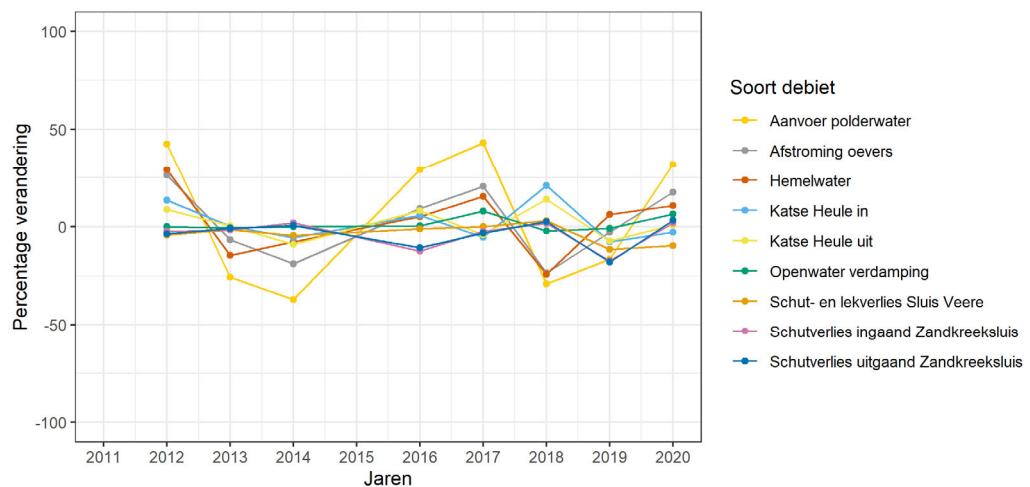
Figuur 3.1. Procentuele verdeling van uitgaande debieten voor het Veerse Meer in de jaren 2011 t/m 2020.



Figuur 3.2. Procentuele verdeling van ingaande debieten voor het Veerse Meer in de jaren 2011 t/m 2020.

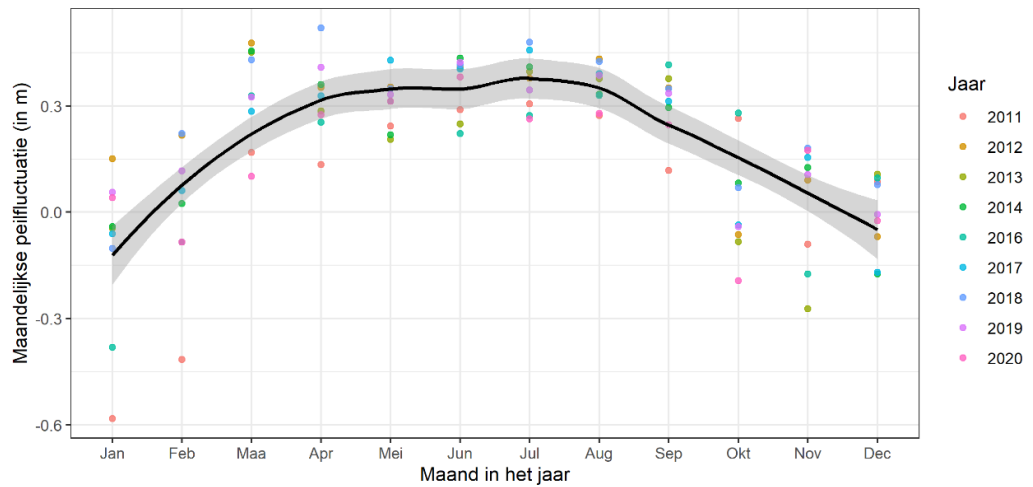


Figuur 3.3. Totale debieten (in m^3) opgedeeld in verschillende in- en uitgaande debieten voor het Veerse Meer in de jaren 2011 t/m 2020. De gegevens voor 2015 zijn incompleet.

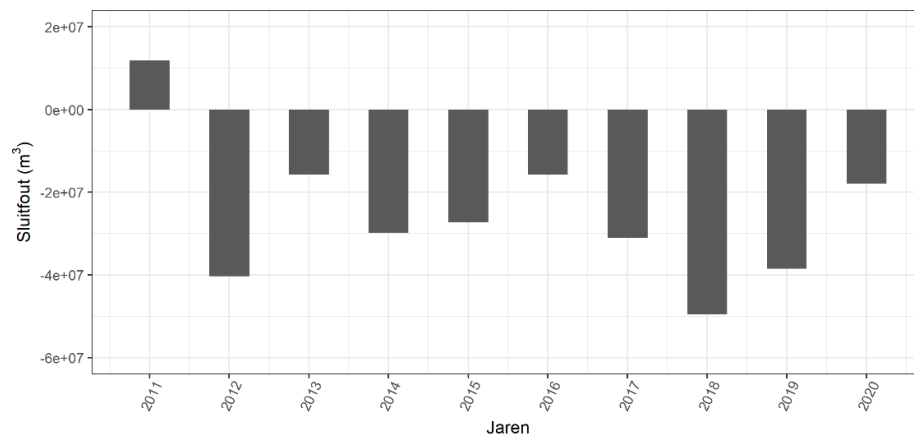


Figuur 3.4. Relatieve verandering per debiet soort voor de jaren 2011 t/m 2020 berekend aan de hand van de waarde voor het jaar ervoor. De gegevens voor 2015 zijn niet compleet en dit jaar is daarom niet meegenomen.

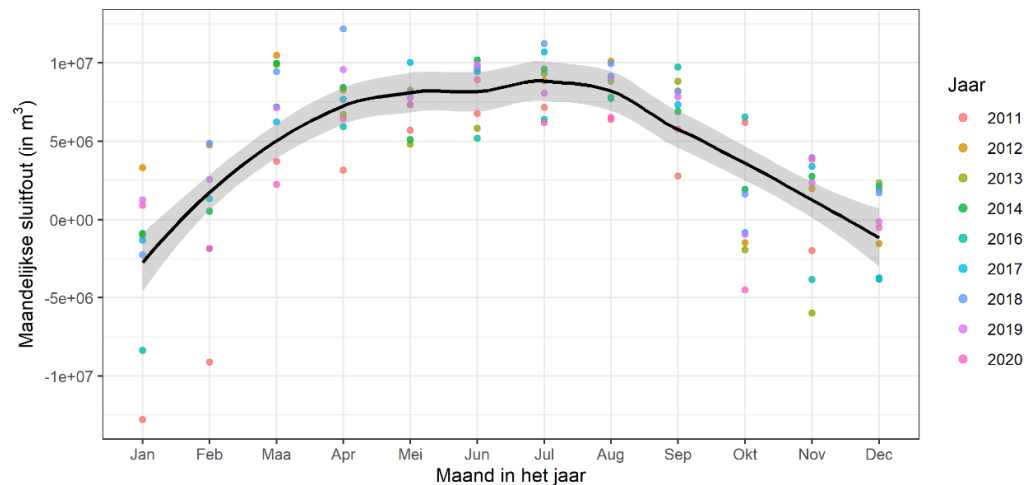
De waterbalans is niet sluitend voor deze jaren, iets wat ook terugkomt in de peilfluctuatie die per maand wordt bepaald (Figuur 3.5 en zie bijlage 6A.2) en welke varieert tussen -0,6 m (januari 2011) en 0,5 m (april 2018). De peilfluctuatie is relatief stabiel over de jaren (0,8 m tot 3,4 m) en duidt op een gemiddelde sluitfout per jaar variërend tussen een tekort van 12 miljoen m^3 tot een overschot aan 50 miljoen m^3 water (Figuur 3.6). Maandelijks varieert de sluitfout tussen de -5 en 5 miljoen m^3 water (Figuur 3.7). Ter vergelijking: het watervolume van het Veerse Meer bij NAP 0 m is circa 100 miljoen m^3 .



Figuur 3.5. Gemiddelde jaarlijkse variatie in peilfluctuatie voor de jaren 2011 t/m 2020. Zwarte lijn geeft de mediaan weer en de grijze balk geeft de 95% onzekerheidsinterval weer.



Figuur 3.6. Jaarlijkse variatie in de sluitfout van de waterbalans (in m³) voor het Veerse Meer voor de jaren 2011 t/m 2020.



Figuur 3.7. Gemiddelde jaarlijkse variatie in de sluitfout voor de jaren 2011 t/m 2020. Zwarte lijn geeft de mediaan weer en de grijze balk geeft de 95% onzekerheidsinterval weer.

3.2 Katse Heule

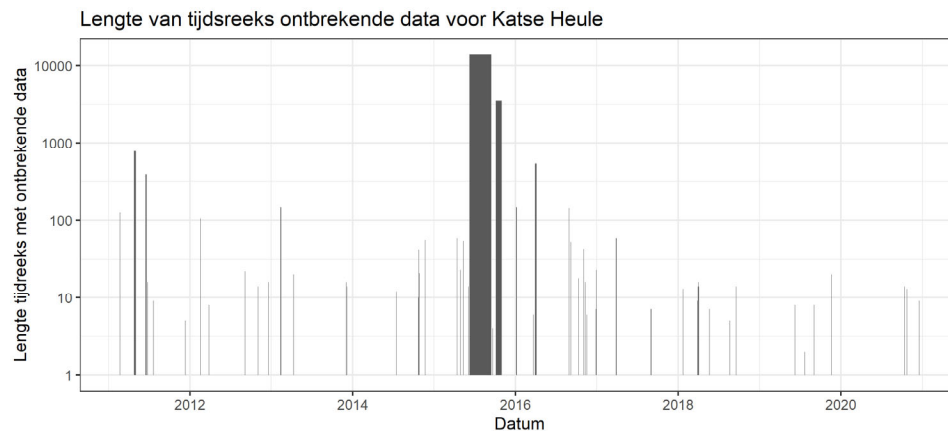
De in- en uitgaande debieten bij de Katse Heule zijn relatief stabiel over de jaren, met uitzondering van het jaar 2015 (Figuur 3.8). Er is sprake van een netto uitstroom bij de Katse Heule voor alle jaren. De afwijking voor de in- en uitgaande waterdebieten voor het jaar 2015 ten opzichte van andere jaren valt te verklaren door relatief veel missende data voor de maanden juni, juli en augustus (Tabel 3.1). Dit is ook te zien wanneer gekeken wordt naar de maandelijkse in- en uitgaande debieten (zie bijlage 6A.2). De lengte van tijdreeksen aan ontbrekende data toont ook aan dat voornamelijk het jaar 2015 een lange reeks aan ontbrekende data heeft (Figuur 3.9).



Figuur 3.8. In- en uitgaande debieten bij de Katse Heule voor de jaren 2011 t/m 2020. Voor het jaar 2015 ontbreken data, waardoor het debiet niet volledig is.

Tabel 3.1. Percentages aan ontbrekende data per jaar voor de Katse Heule over de periode 2011 t/m 2020.

	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Ontbrekende data (%)	2,5	0,3	0,4	0,3	33,3	1,9	0,1	0,3	0,1	0,1

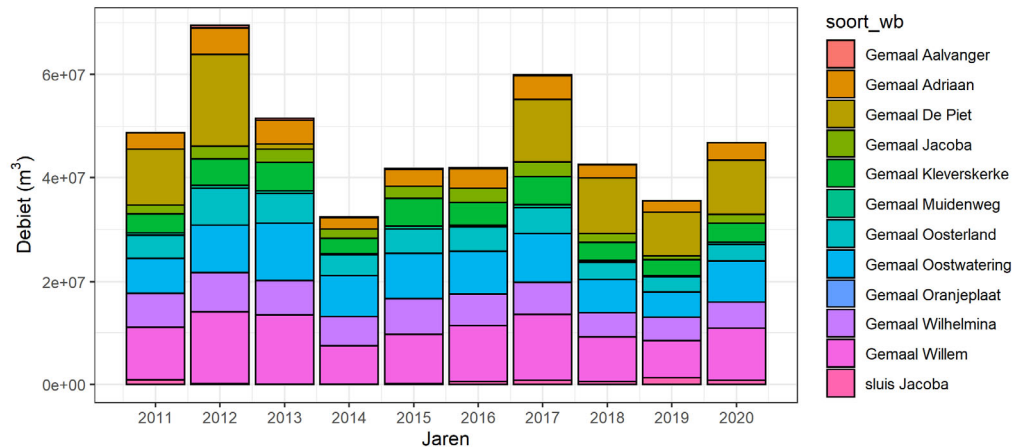


Figuur 3.9. Lengte (aantal tijdstappen van 10 minuten) van tijdreeksen met ontbrekende data voor de in- en uitstroom bij de Katse Heule voor de jaren 2011 t/m 2020.

3.3 Polderlozingen

Er zijn verschillen waar te nemen in de jaarlijkse inkomende debieten bij de poldergemalen (Figuur 3.10 en zie bijlage 6A.3). De grootste uitstroom vindt plaats bij de gemalen Willem, De Piet en Oostwatering. In de jaren 2012 en 2017 komt meer water het Veerse Meer binnen bij de

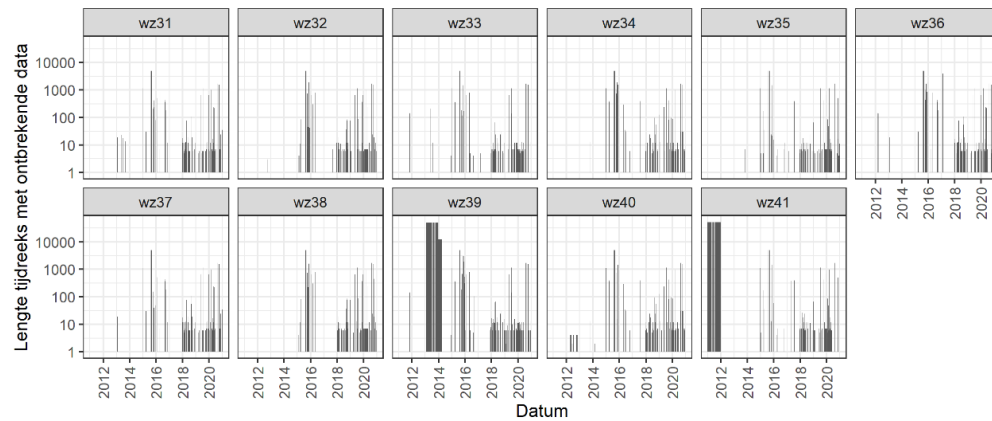
poldergemalen dan in de overige jaren. Deels wordt dit veroorzaakt door ontbrekende data, zo blijkt wanneer gekeken wordt naar het aantal tijdstipmomenten zonder data (Tabel 3.2). De lengte van tijdsreeksen aaneengesloten ontbrekende data verschilt sterk per gemaal (Figuur 3.11). Zo ontbreekt voor gemaal Oranjeplaat de complete dataset, voor gemaal Aalvanger het jaar 2011 en voor gemaal De Piet het jaar 2013 (> 95%). In de jaren 2015, 2018, 2019, 2020 ontbreken ook relatief lange tijdreeksen van data voor alle gemalen (zie bijlage 6A.3.1 voor meer detail). Voor het jaar 2015 ontbreekt voor alle gemalen een groot aangesloten gedeelte van de maand augustus. Ook voor de jaren 2018 t/m 2020 ontbreekt de data voor alle gemalen op hetzelfde moment. De langere tijdreeksen van ontbrekende data zijn niet aangevuld met data, door bijvoorbeeld lineaire interpolatie, vanwege de variatie in inkomende polderdebieten.



Figuur 3.10. Totale ingaande debieten voor het Veerse Meer bij de verschillende poldergemalen voor de jaren 2011 t/m 2020.

Tabel 3.2. Percentages aan ontbrekende data per gemaal per jaar voor de periode 2011 t/m 2020. Gemaalcodes staan voor Oostwatering (wz31), Kleverskerke (wz32), Willem (wz33), Adriaan (wz34), Jacoba (wz35), sluis Jacoba (wz36), Wilhelmina (wz37), Oosterland (wz38), De Piet (wz39), Muidenweg (wz40), Aalvanger (wz41) en Oranjeplaat (wz42). Percentages zijn dikgedrukt wanneer deze groter zijn dan 10%.

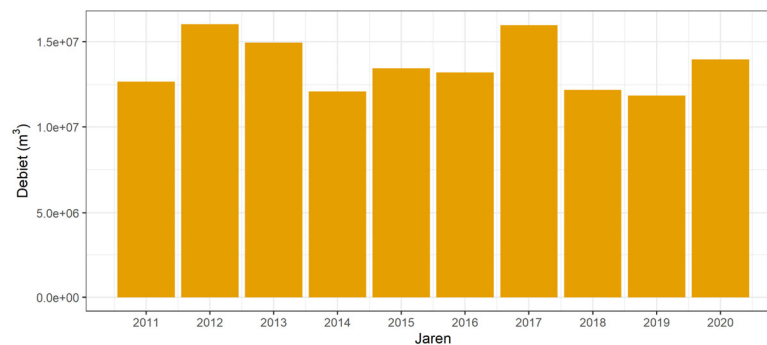
Jaar	wz31	wz32	wz33	wz34	wz35	wz36	wz37	wz38	wz39	wz40	wz41	wz42
2011	0,0	0,5	0,3	0,0	0,3	0,5	0,7	0,3	0,6	0,0	100,0	100,0
2012	0,2	0,2	0,8	0,3	0,5	0,7	0,2	0,2	0,4	1,0	1,4	100,0
2013	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	95,8	1,0	1,0	100,0
2014	2,2	2,2	2,2	2,2	3,2	2,2	2,4	2,2	25,6	2,4	2,2	100,0
2015	24,4	24,2	21,5	27,6	20,1	36,6	21,2	25,3	35,2	19,8	20,5	100,0
2016	7,5	7,5	7,5	7,5	7,8	8,6	7,5	7,5	9,1	7,6	7,5	100,0
2017	1,1	1,1	1,2	1,2	1,2	8,5	1,0	1,1	2,1	1,3	1,8	100,0
2018	11,8	12,7	13,2	12,7	13,5	12,6	13,1	13,1	14,8	13,9	13,2	100,0
2019	11,7	11,9	12,0	11,8	12,0	11,6	11,9	12,0	13,4	12,0	11,8	100,0
2020	15,7	15,7	15,8	15,4	19,5	15,7	15,8	16,5	17,4	15,7	15,7	100,0



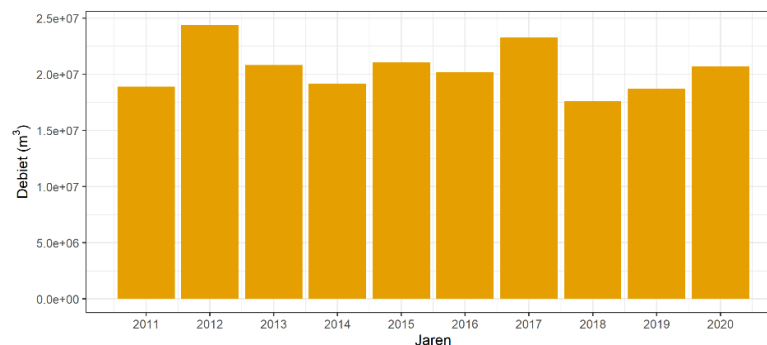
Figuur 3.11. Lengte (aantal tijdsstappen van 10 minuten) van tijdreeksen met ontbrekende data voor de verschillende gemalen die uitstromen in het Veerse Meer in de jaren 2011 t/m 2020. Gemealcodes staan voor Oostwatering (wz31), Kleverskerke (wz32), Willem (wz33), Adriaan (wz34), Jacoba (wz35), sluis Jacoba (wz36), Wilhelmina (wz37), Oosterland (wz38), De Piet (wz39), Muidenweg (wz40), Aalvanger (wz41) en Oranjeplaat (wz42).

3.4 Afstroming van oevers en hemelwater

De afstroming van de oevers toont relatief kleine verschillen tussen de jaren (Figuur 3.12) die grotendeels bepaald wordt door de variatie in neerslag (Figuur 3.13). Bij de aanvoer door neerslag (ook wel hemelwater genoemd) vallen droge jaren, zoals het jaar 2018, op door een relatief lage hoeveelheid instroom door neerslag voor het Veerse Meer (zie ook bijlage 6A.4).



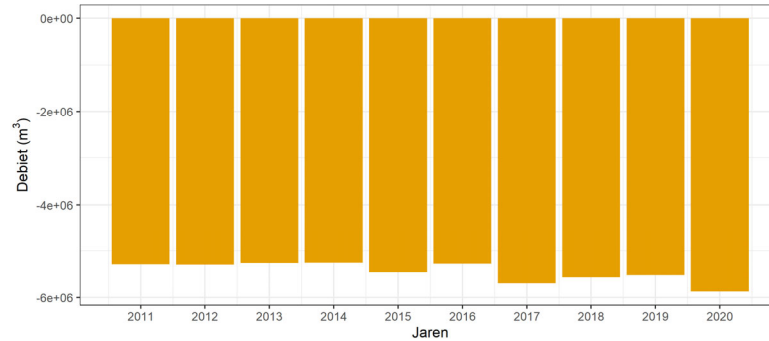
Figuur 3.12. Totale instroom in het Veerse Meer door afstroming van oevers voor de jaren 2011 t/m 2020.



Figuur 3.13. Totale aanvoer van hemelwater op het oppervlakte water van het Veerse Meer in de jaren 2011 t/m 2020.

3.5 Openwater verdamping

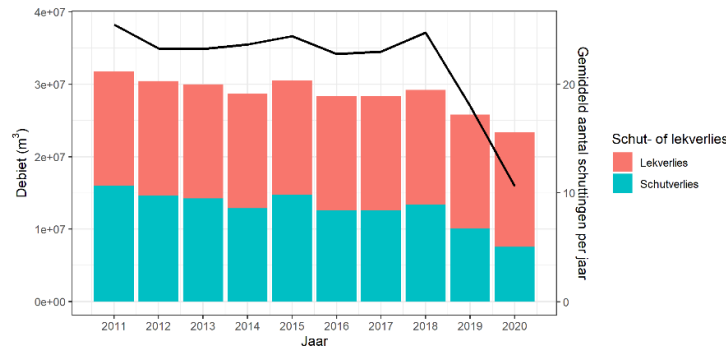
Ook de openwater verdamping toont minimale verschillen over de jaren (Figuur 3.14), al lijkt er wel sprake van een lichte trend in oplopende hoeveelheid water dat verdwijnt door verdamping over de jaren. De recente jaren 2017-2020 laten een licht verhoogde openwater verdamping zien ten opzichte van de jaren 2011-2016 (met uitzondering van 2015). De verklarende variabelen voor deze toename in verdamping zijn waarschijnlijk een toename in jaarlijks gemiddelde windsnelheid en zonneshijnduur (zie figuren met jaarlijkse waarden in bijlage A.9). Deze toename wordt geremd door een afname in jaarlijks gemiddelde relatieve luchtvochtigheid. De jaarlijkse luchttemperatuur laat wel variatie zien tussen de jaren, echter is een duidelijk patroon hier niet zichtbaar.



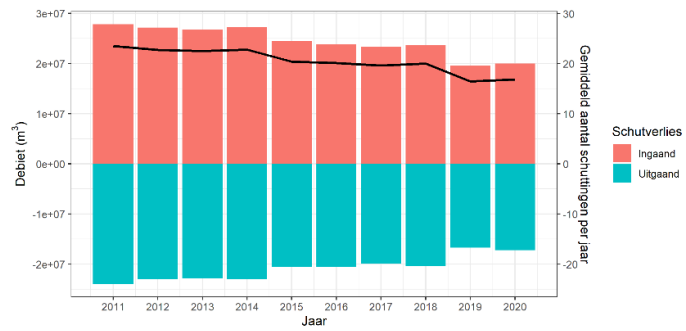
Figuur 3.14. Totale uitgaande debieten veroorzaakt door openwater verdamping van het Veerse Meer voor de jaren 2011 t/m 2020.

3.6 Schut- en lekverlies

Het schut- en lekverlies bij Sluis Veere (Figuur 3.15) en het schutverlies bij de Zandkreeksluis (Figuur 3.16) neemt geleidelijk aan af over de jaren. Bij de Zandkreeksluis resulteert een groter inkomend debiet in een netto instroom van water naar het Veerse Meer. Beide afnames worden veroorzaakt door een afname in het aantal schuttingen wat in het jaar plaatsvindt (Figuur 3.15 en Figuur 3.16).



Figuur 3.15. Totaal ingaand debiet als gevolg van schut- en lekverlies bij de Sluis Veere (staven) voor de jaren 2011 t/m 2020. Ook het gemiddeld aantal schuttingen per jaar wordt weergegeven (zwarte lijn).



Figuur 3.16. Totale in- en uitgaande debieten als gevolg van schutverlies bij de Zandkreeksluis (staven) voor de jaren 2011 t/m 2020. Ook het gemiddeld aantal schuttingen per jaar wordt weergegeven (zwarte lijn).

4 Resultaten nutriëntenbalans

De basis van de voedselketen van een aquatisch systeem is de primaire productie; de vorming van algen. Deze primaire productie wordt bepaald door de hoeveelheid zonlicht en/of nutriënten, afhankelijk van het seizoen is de een of de ander belangrijker. Stikstof en fosfaat (fosfaat) zijn de belangrijkste nutriënten. Voor sommige algensoorten is ook silicium belangrijk, al dan niet essentieel (diatomeeën). In dit hoofdstuk wordt de nutriëntenbalans van het Veerse Meer verder uitgewerkt voor stikstof en fosfaat om te onderzoeken hoe deze over de laatste 10 jaar varieert. De balans voor silicium wordt niet in dit rapport opgesteld.

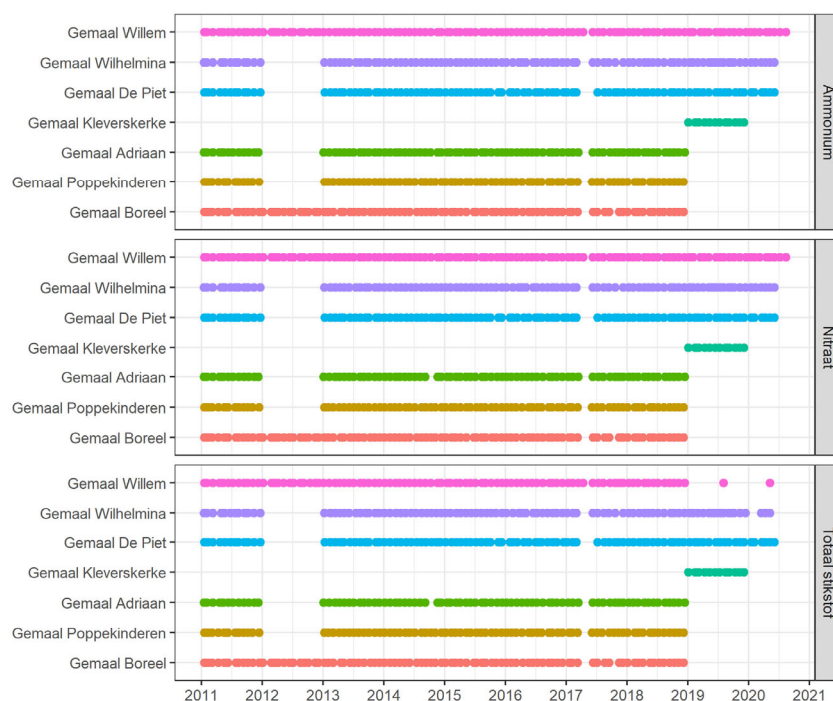
4.1 Poldergemalen en Kanaal door Walcheren

Nutriënten worden gemeten bij de gemalen Adriaan, De Piet, Kleverskerke, Wilhelmina en Willem. Daarnaast worden ook aan het Kanaal door Walcheren metingen gedaan bij de gemalen Boreel en Poppekinderen.

4.1.1 Stikstof

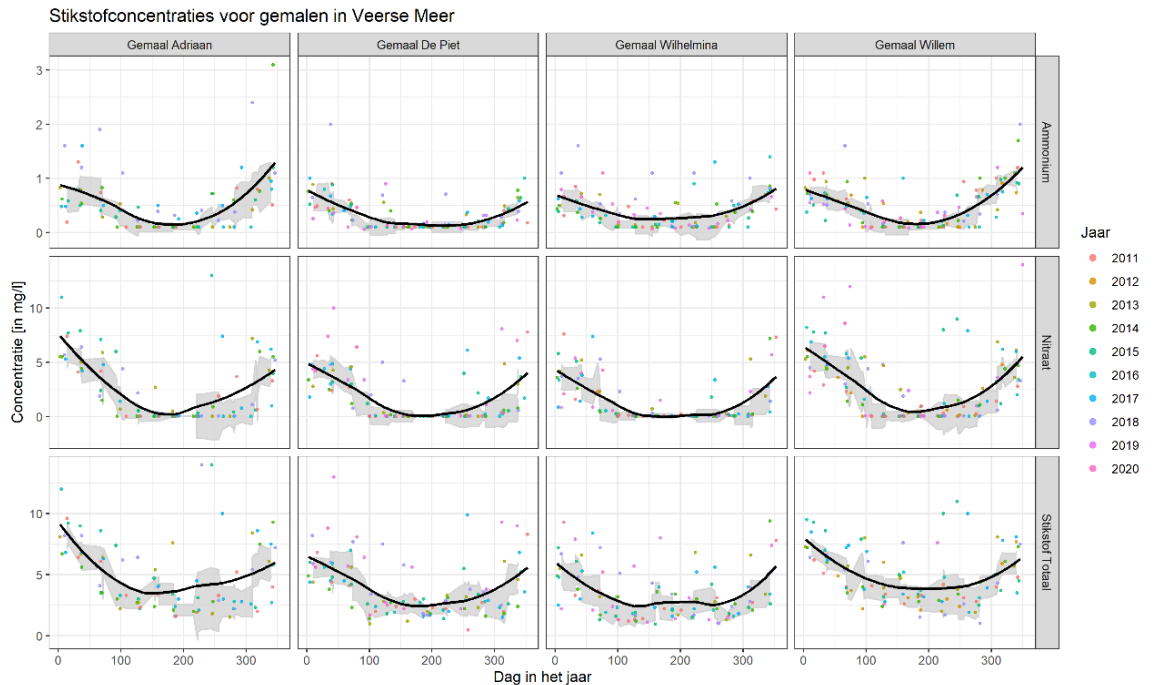
4.1.1.1 Gemalen

Voor de stikstof gerelateerde parameters, dat zijn ammonium (NH_4), nitraat (NO_3) en totale stikstof, ontbreekt data voor de gemalen Aalvanger, Muidenweg, Jacoba (en sluis Jacoba), Oostwating, Oosterland en Oranjeplaat. Voor de gemalen waar wel gemeten is ontbreken enkele jaren aan data (Figuur 4.1). De gemalen en jaren waarvoor data ontbreekt worden aangevuld met data van dichtstbijzijnde gemalen of voorgaande/daaropvolgende jaren. Een overzicht van de oorsprong van de data, dus gemeten of afgeleid, wordt weergegeven in bijlage 0.



Figuur 4.1. Tijdsmomenten waarop data gemeten is voor de parameters ammonium (NH_4), nitraat (NO_3) en totaal stikstof voor de verschillende gemalen over de periode 2011-2020.

Ammonium, nitraat en totaal stikstof toont een relatief constante variatie over de jaren met lagere concentraties van stikstof gerelateerde stoffen in de zomermaanden (Figuur 4.2 en zie bijlage A.5). Dit hangt o.a. samen met de opname van stikstof gedurende de zomer en het netto watertransport vanuit de sloot naar het perceel, maar ook met hogere denitrificatie-verliezen (die zijn afhankelijk van de temperatuur) als met mogelijke nalevering van stikstof vanuit de bodem in het najaar. Om dit volledig uit te zoeken zou een water- en stoffenbalans van de poldergebieden uitgevoerd moeten worden.

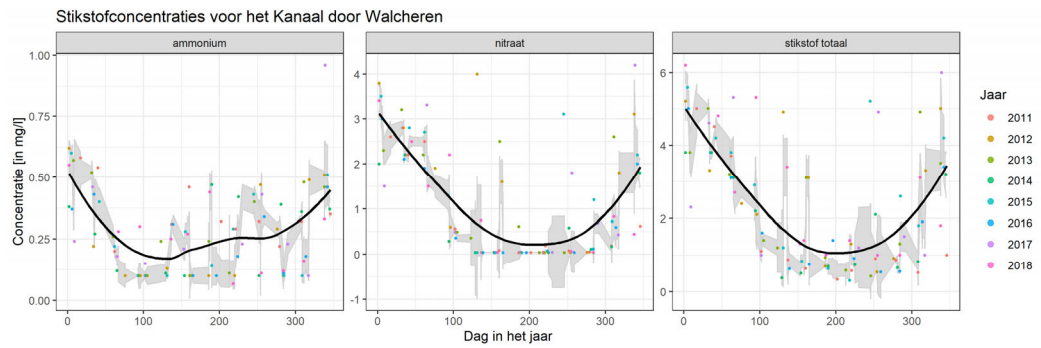


Figuur 4.2. Variatie per jaar voor de gemeten concentraties ammonium, nitraat en totaal stikstof voor de gemalen Adriaan, De Piet, Wilhelmina en Willem. Punten tonen metingen per jaar (kleur), de zwarte lijn toont de afgevlakte, continue mediaan en de grijze balk toont de voortschrijdende (5 dagen) standaard deviatie.

4.1.1.2 Kanaal door Walcheren

De stikstof gerelateerde parameters, dat zijn ammonium (NH₄), nitraat (NO₃) en totale stikstof, worden jaarlijks gemeten bij station Middelburg in het Kanaal door Walcheren. Data ontbreekt voor de laatste jaren, 2019-2020, en deze wordt opgevuld met data van voorgaande jaren (2018).

Net als voor de gemalen toont ammonium, nitraat en totaal stikstof een relatief constante variatie over de jaren met lagere concentraties van stikstof gerelateerd stoffen in de zomermaanden (Figuur 4.3).

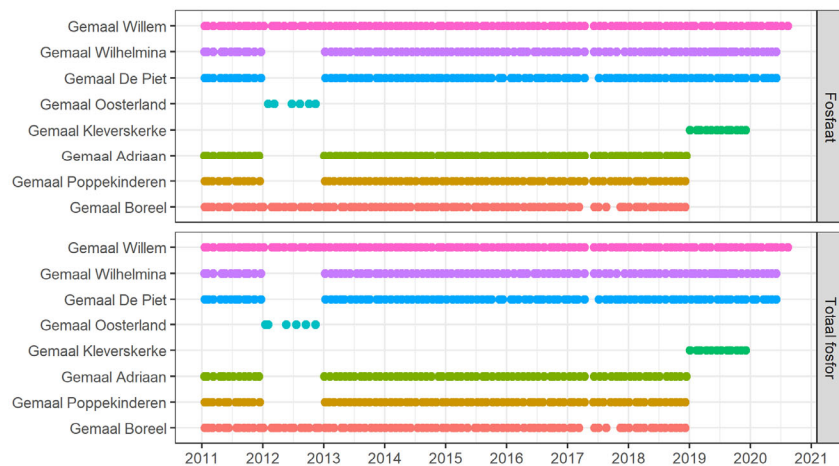


Figuur 4.3. Variatie per jaar voor de gemeten concentraties ammonium, nitraat en totaal stikstof voor het meetstation in het Kanaal door Walcheren. Punten tonen metingen per jaar (kleur), de zwarte lijn toont de afgevlakte, continue mediaan en de grijze balk toont de voortschrijdende (5 dagen) standaard deviatie.

4.1.2 Fosfaat

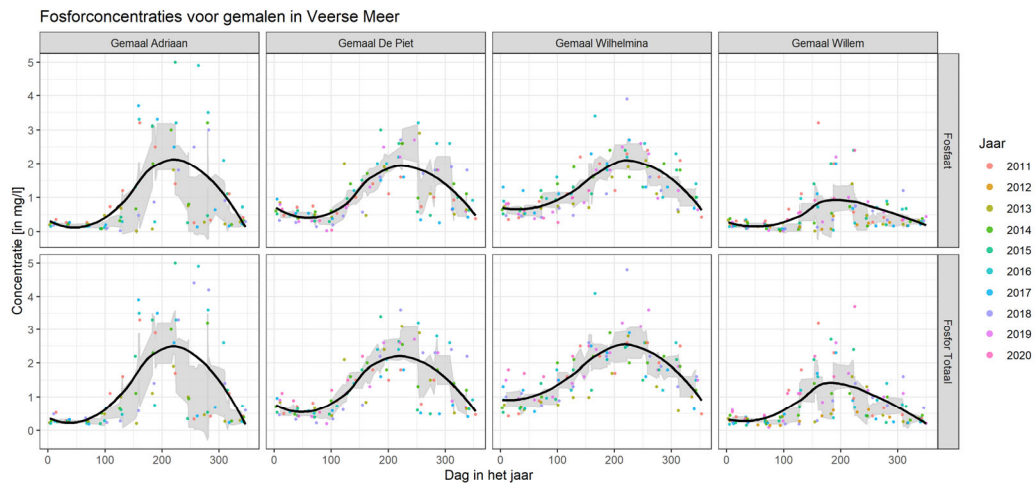
4.1.2.1 Gemalen

Voor fosfaat en totaal fosfaat metingen ontbreekt data voor dezelfde gemalen als voor stikstof gerelateerd parameters met uitzondering van enkele metingen voor gemaal Oosterland in het jaar 2012 (Figuur 4.4). De gemalen en jaren waarvoor data ontbreekt worden aangevuld met data van dichtstbijzijnde gemalen of voorgaande/daaropvolgende jaren. Een overzicht van de oorsprong van de data, dus gemeten of afgeleid, wordt weergegeven in bijlage 0.



Figuur 4.4. Tijdstmomenten waarop data gemeten is voor de parameters fosfaat (PO_4) en totaal fosfaat voor de verschillende gemalen over de periode 2011-2020.

Fosfaat en totale fosfaatconcentraties zijn laag in de wintermaanden en stijgen naar 1 tot 5 mg/L in de zomermaanden (Figuur 4.5), afhankelijk van het jaar en het gemaal.



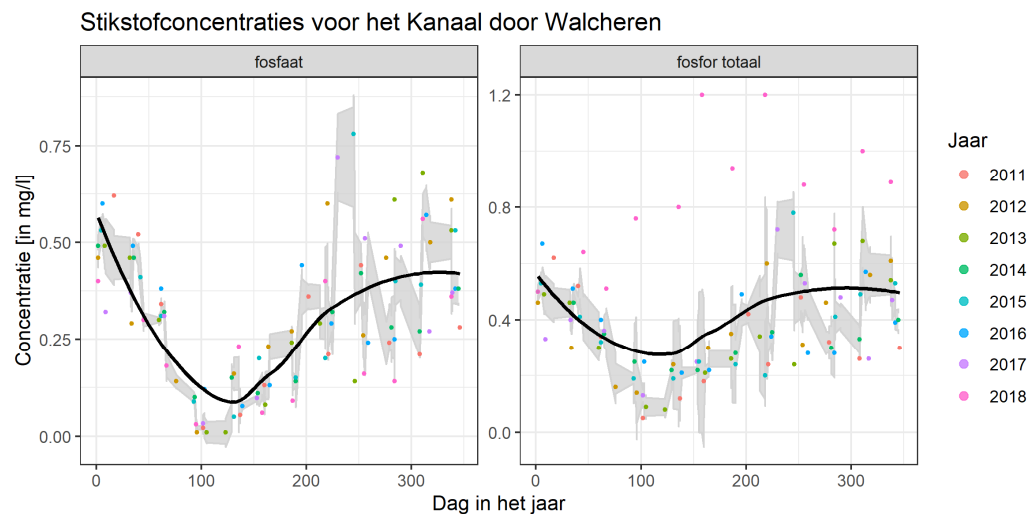
Figuur 4.5. Variatie per jaar voor de gemeten concentraties fosfaat en totaal fosfaat voor de gemalen Adriaan, De Piet, Wilhelmina en Willem. Punten tonen metingen per jaar (kleur), de zwarte lijn toont de afgevlakte, continue mediaan en de grijze balk toont de voortschrijdende (5 dagen) standaard deviatie.

4.1.2.2

Kanaal door Walcheren

Net als voor de stikstof metingen bij het Kanaal door Walcheren worden ook de fosfaat en totale fosfaat jaarlijks gemeten bij station Middelburg. Data ontbreekt ook hier voor de laatste jaren, 2019-2020, en deze wordt opgevuld met data van voorgaande jaren (2018).

In tegenstelling tot de gemalen zijn fosfaat en totaal fosfaat limiterend in de lente- en zomermaanden en komt de waarde niet boven 1.2 mg/L (Figuur 4.6). Het jaar 2018 (paarse bollen) toont wel sterke verschillen in totaal fosfaat t.o.v. andere jaren met zeer hoge waarden in de zomermaanden.



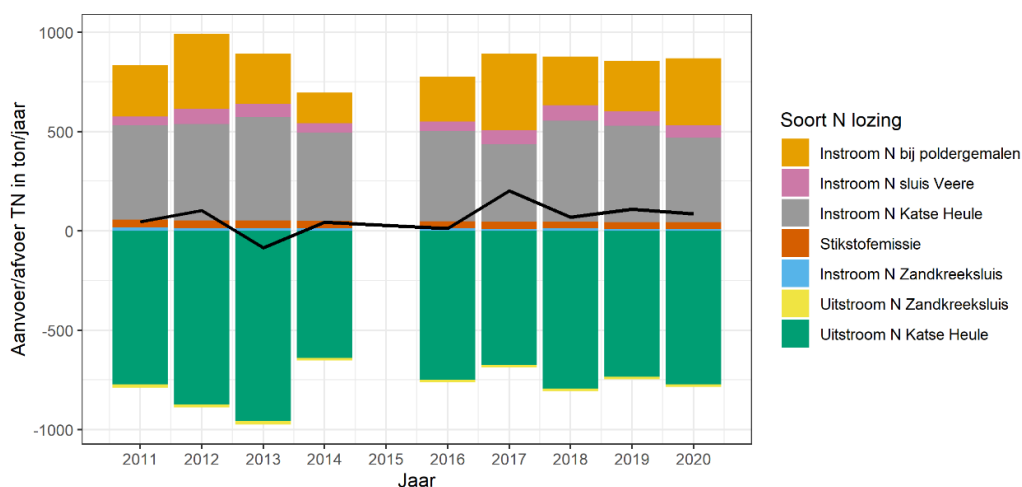
Figuur 4.6. Variatie per jaar voor de gemeten concentraties fosfaat en totaal fosfaat voor het meetstation in het Kanaal door Walcheren. Punten tonen metingen per jaar (kleur), de zwarte lijn toont de afgevlakte, continue mediaan en de grijze balk toont de voortschrijdende (5 dagen) standaard deviatie.

4.2 Stikstofbalans

4.2.1 Totale stikstofbalans

Het Veerse Meer heeft enkel in het jaar 2013 een netto uitstroom van stikstof (± 80 ton TN/jaar; Figuur 4.7). Voor de overige jaren komt er netto stikstof het systeem in, deze is voornamelijk in de laatste jaren (2017 t/m 2020) relatief hoog (± 70 – 200 TN/jaar). Deze stijging in stikstof instroom heeft verschillende oorzaken, in 2017 wordt dit veroorzaakt door de hogere instroom van stikstof bij poldergemalen terwijl het voor de jaren 2018–2019 lijkt te komen door de relatief hogere instroom van stikstof bij de Katse Heule. De grootste uitstroom (2013) is 8% van de totale uitstroom, terwijl de maximale instroom van stikstof (2017) een 24% van de totale instroom van stikstof voor dat jaar beslaat.

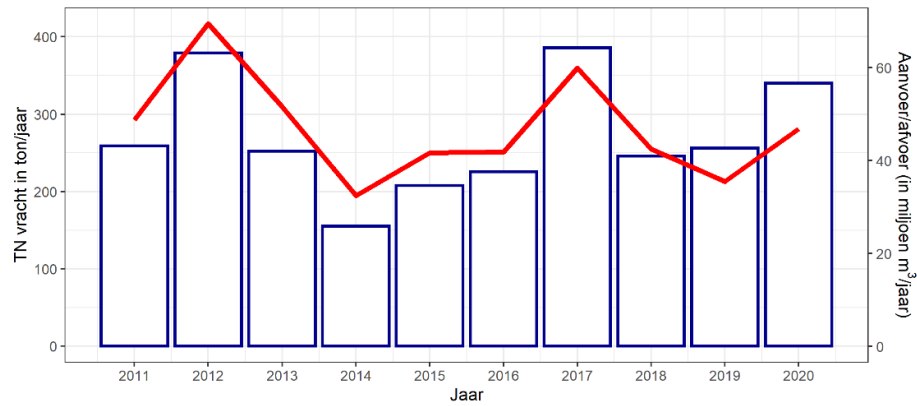
De oorzaak van de netto uitstroom van stikstof in 2013 lijkt te komen door de relatief hoge afvoer bij Katse Heule. In het jaar 2012 is de afvoer bij de Katse Heule is ook relatief hoog, echter is de aanvoer van stikstof door poldergemalen in dat jaar zeer hoog waardoor er een netto instroom van stikstof wordt waargenomen. Voor het 2017 is de relatief hoge aanvoer bij poldergemalen (2017) zeer waarschijnlijk ook een belangrijke oorzaak van de hoge netto instroom.



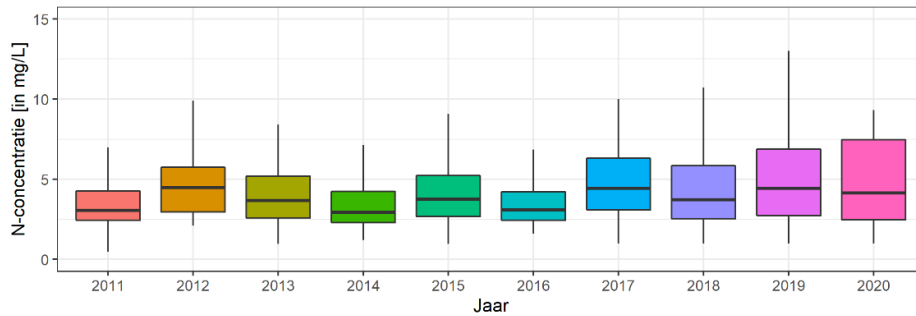
Figuur 4.7. Bruto aan- en afvoer van stikstof voor het Veerse Meer per soort lozing (gekleurde balken) voor de jaren 2011 t/m 2020. De zwarte lijn toont de netto aan- of afvoer voor het Veerse Meer per jaar. Gegevens uit 2015 zijn weggelaten door ontbrekende data.

4.2.2 Instroom van stikstof bij de gemalen

De jaarlijkse instroom van stikstof door gemalen correleert sterk met de instroom van debieten bij diezelfde gemalen. Hierdoor varieert de totale vracht aan stikstof wat door gemalen het Veerse Meer in wordt gebracht mee met de totale aanvoer van water (Figuur 4.8). In de stikstofconcentraties van de gemalen is er enige variatie over de jaren zonder dat er sprake is van een duidelijke trend (Figuur 4.9). Wel lijken de hogere (“extreme”) waardes vaker voor te komen in de laatste 5 jaar t.o.v. van de jaren 2011-2015.



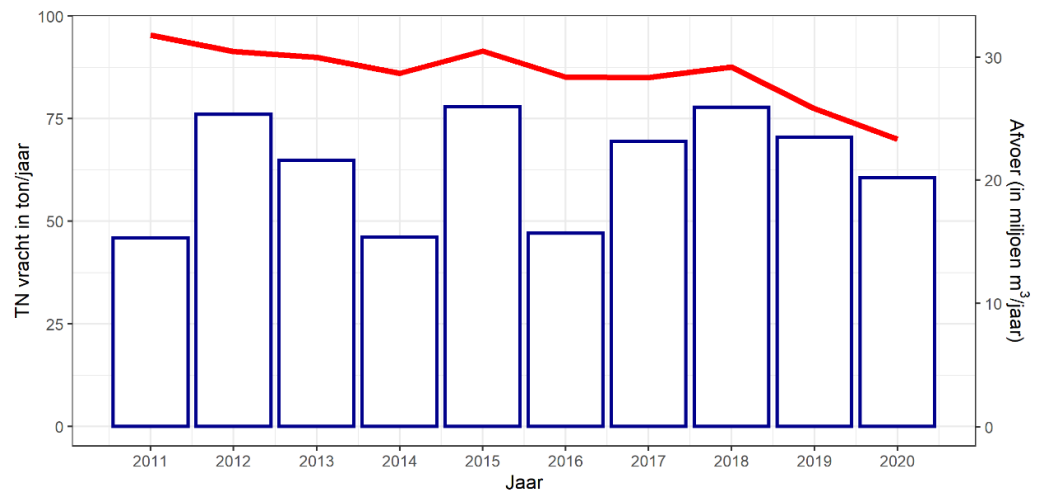
Figuur 4.8. De totale afvoer van stikstof (in ton per jaar; blauwe balken; 1^e as) en water (in miljoen m³ per jaar; rode lijn; 2^e as) door gemalen in het Veerse Meer voor de jaren 2011 t/m 2020.



Figuur 4.9. De concentratie van totale stikstof voor alle gemalen lozend in het Veerse Meer voor de jaren 2011 t/m 2020. Weergegeven in de "boxplot" zijn de mediaan (dikke zwarte lijn), de eerste (25%) en derde (75%) kwartielen (gekleurde "box") en de minimum en maximum waarden die niet onder uitschieters vallen (zwarte verticale lijnen). Extreme uitschieters worden hier niet weergegeven.

4.2.3 Instroom van stikstof bij sluis Veere

De jaarlijkse instroom van stikstof bij sluis Veere fluctueert minimaal (Figuur 4.10), grotendeels veroorzaakt door de verschillen in concentraties (Figuur 4.3) en voor een kleiner gedeelte veroorzaakt door de afname van debieten (zie rode lijnen).



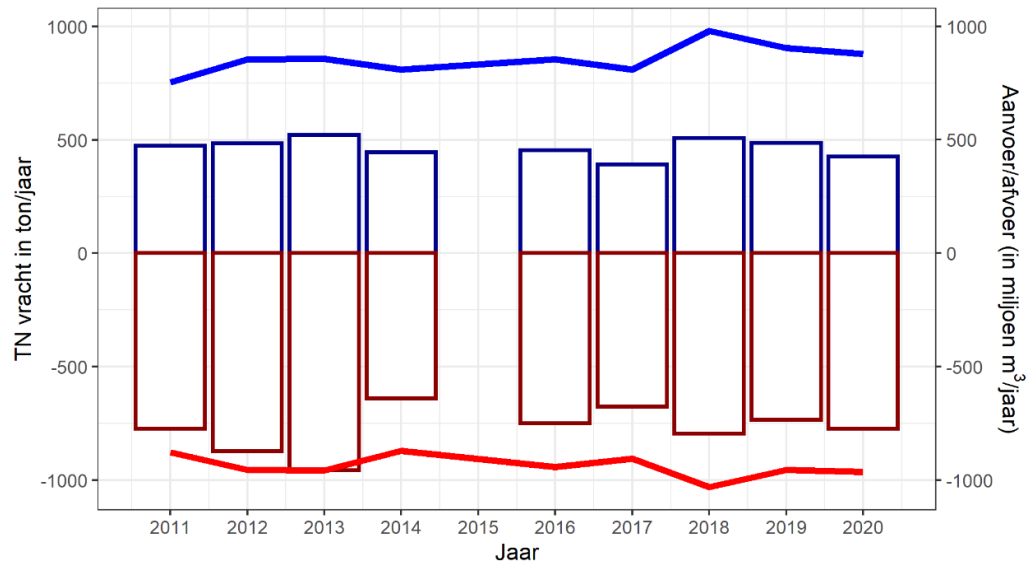
Figuur 4.10. De totale aanvoer van stikstof (in ton per jaar; blauwe balken) en water (in miljoen m³ per jaar; rode lijn) door sluis Veere voor de jaren 2011 t/m 2020.

4.2.4

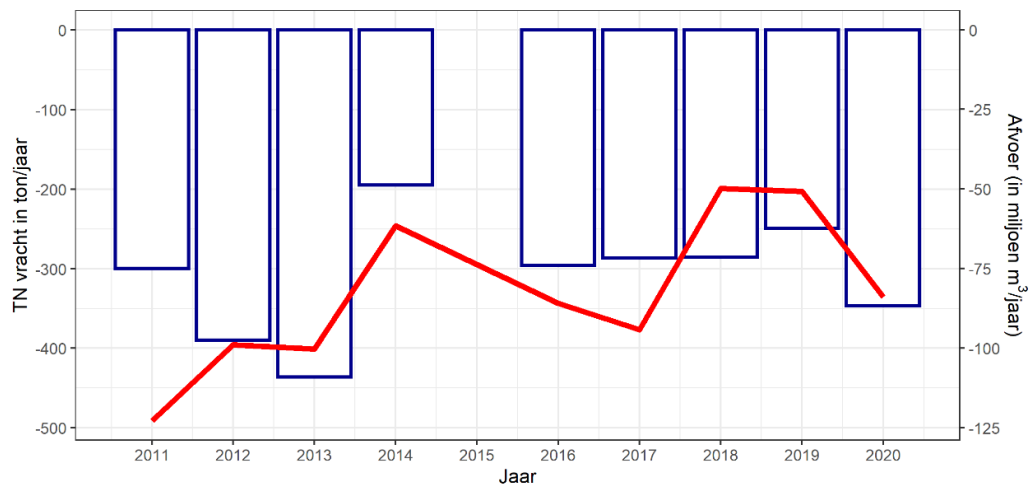
In en uitstroom van stikstof bij de Katse Heule en Zandkreeksluis

De gemiddelde concentratie van totale stikstof per jaar voor het Veerse Meer varieert van 0,64 (2014) tot 0,87 mg/L (2013) (zie bijlage 0). De stikstof concentratie van de Oosterschelde is lager over de gehele periode en jaarlijkse gemiddeldes variëren van 0,47 (2017) tot 0,60 mg/L (2011) (zie bijlage 0). De verschillen zijn het grootst in de wintermaanden al is er over de laatste jaren wel sprake van een kleiner verschil t.o.v. van de periode 2011-2016.

De hogere concentratie van stikstof in het Veerse Meer t.o.v. van de Oosterschelde resulteert in een hogere afvoer van nutriënten vanuit het Veerse Meer bij de Katse Heule (Figuur 4.11). Deze hogere afvoer t.o.v. aanvoer resulteert in een netto afvoer variërend tussen de 200 (2014) en 435 (2013) ton totale stikstof per jaar (Figuur 4.12). Het jaar 2015 is hier niet meegenomen vanwege een te grote set aan ontbrekende data (zie 3.2).

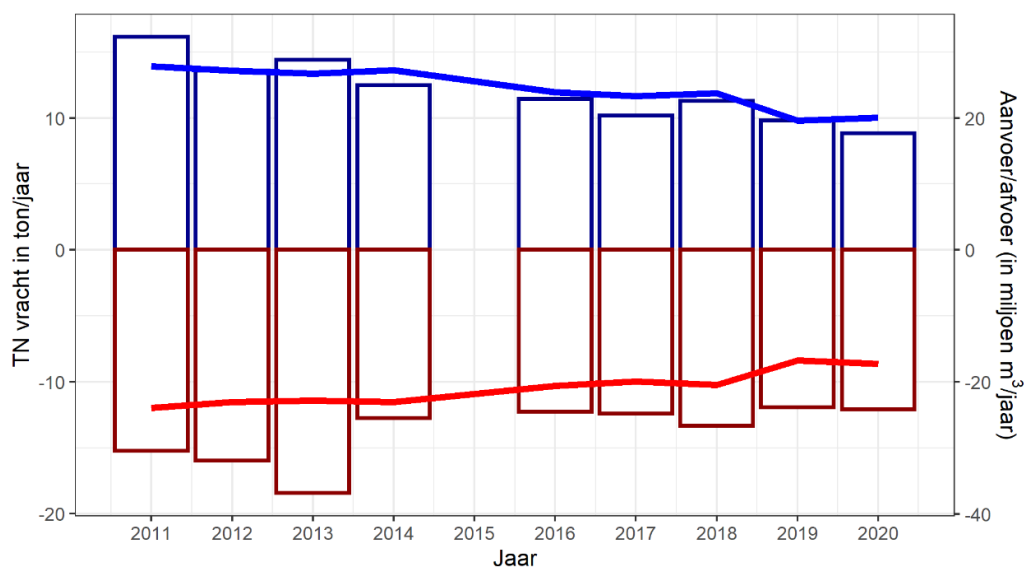


Figuur 4.11. Aanvoer en afvoer van totale stikstof (in ton per jaar; blauwe en rode balken; 1^e as) en water (in miljoen m³ per jaar; blauwe en rode lijn; 2^e as) bij de Zandkreeksluis (Katse Heule) voor de jaren 2011 t/m 2020.

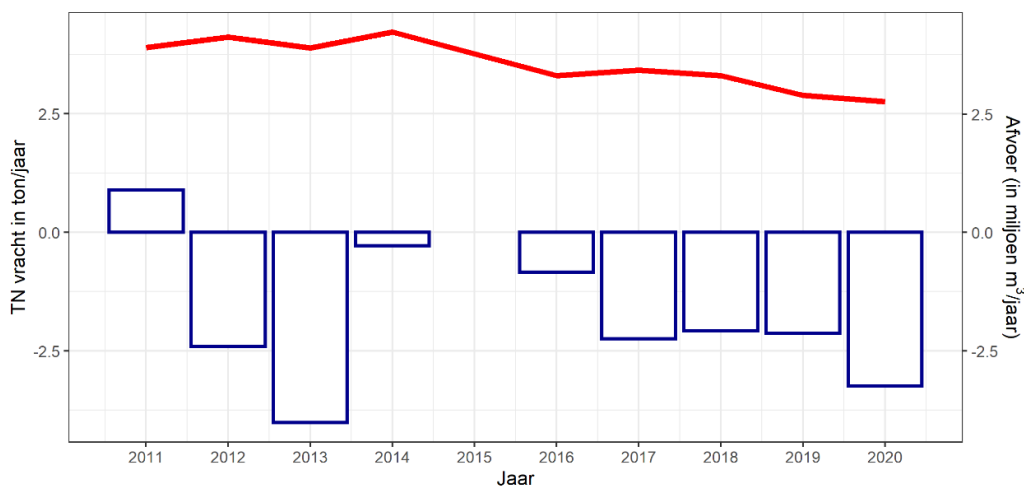


Figuur 4.12. Netto aanvoer/afvoer van stikstof (in ton per jaar; blauwe balken) en water (in miljoen m³ per jaar; rode lijn; 2^e as) bij de Zandkreeksluis (Katse Heule) voor de jaren 2011 t/m 2020.

Bij de Zandkreeksluis geldt ook dat de hogere concentratie van stikstof in het Veerse Meer resulteert in een hogere afvoer van nutriënten vanuit het Veerse Meer bij deze sluis (Figuur 4.13), ondanks dat er netto een aanvoer van water het Veerse Meer in is. Alleen voor het jaar 2011 is er een aanvoer van stikstof het systeem in, voor de overige jaren varieert de netto afvoer tussen de 0.2 en 4.0 ton totale stikstof per jaar (Figuur 4.14). Het jaar 2015 is hier, om dezelfde reden als voor de Katse Heule, weggelaten.



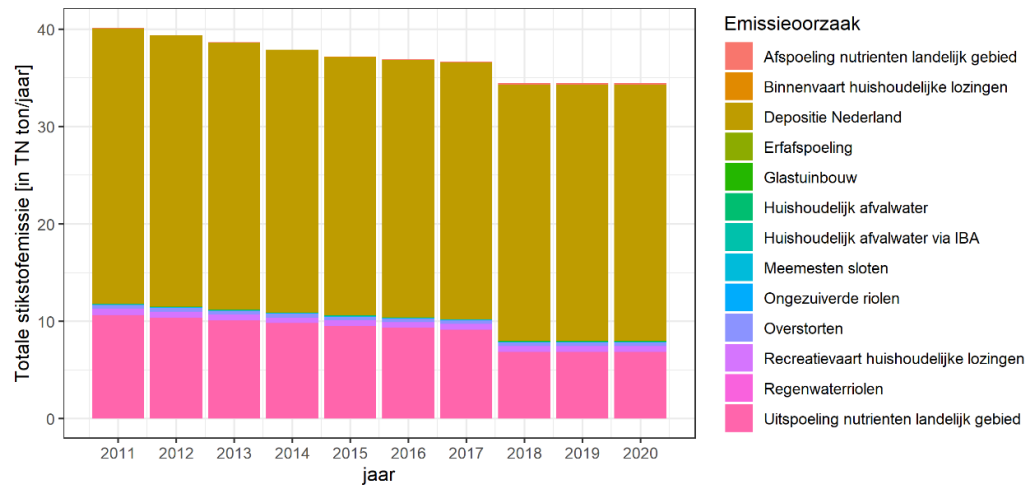
Figuur 4.13. Aanvoer en afvoer van totale stikstof (in ton per jaar; blauwe en rode balken; 1^e as) en water (in miljoen m³ per jaar; blauwe en rode lijn; 2^e as) bij de Zandkreeksluis voor de jaren 2011 t/m 2020.



Figuur 4.14. Netto afvoer van stikstof (in ton per jaar; blauwe balk; 1^e as) en water (in miljoen m³ per jaar; rode lijn; 2^e as) bij de Zandkreeksluis voor de jaren 2011 t/m 2020.

4.2.5 Emissieregistratie instroom van nutriënten

De totale stikstof die het systeem binnenkomt door verschillende emissies neemt af over de jaren van 40 ton totale stikstof in 2011 naar 35 ton totale stikstof in 2020 (Figuur 4.15). De grootste bijdrages aan deze emissies komen van de depositie en van uitspoeling van nutriënten vanuit het landelijk gebied. De totale stikstofemissie voor de jaren 2018–2020 is lager dan de jaren daarvoor en een afnemend trend is zichtbaar over de periode 2011–2020.



Figuur 4.15. Stikstoflozingen in het Veerse Meer afkomstig vanuit verschillend emissieoorzaken (kleur) voor de jaren 2011 t/m 2020.

4.2.6 Guanotrofie

Ook is er een kleine aanvoer van stikstof via guanotrofie (faeces van vogels; Tabel 4.1). Voor de jaren 2010, 2015 en 2018 is bekend dat er jaarlijks tussen de 386 en 554 kilogram stikstof het Veerse Meer in komt. Om deze reden zijn ze dan ook niet meegenomen in de totale stikstofbalans.

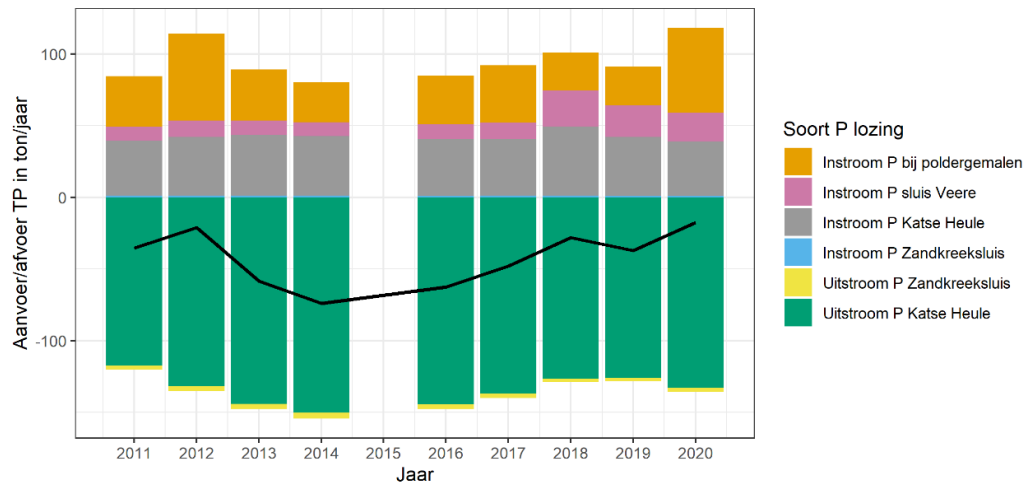
Tabel 4.1. De aanvoer van stikstof door guanotrofie voor het Veerse Meer voor de jaren 2010, 2015 en 2018. Deze aanvoer is opgesplitst in vogel faeces bij de slaapplaatsen en door kolonies.

Gebied	Stof	Emissie-oorzaak	Emissie (in kg)		
			2010	2015	2018
Veerse Meer	Stikstof	Slaapplaatsen	224	166	170
		Kolonies	554	492	386
		Totaal	777	658	556

4.3 Fosfaatbalans

4.3.1 Totale fosfaatbalans

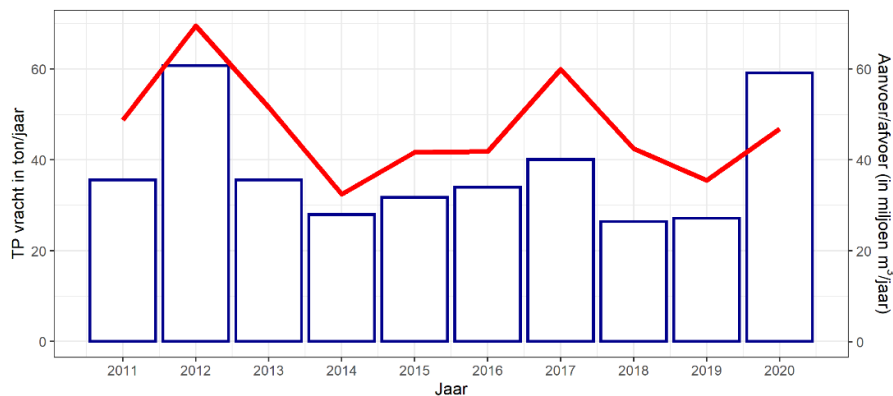
De instroom van fosfaat bij de gemalen en sluis Veere en de uitstroom van fosfaat bij de Katse Heule en de Zandkreeksluis resulteert in een netto uitstroom van fosfaat (Figuur 4.16). Deze netto uitstroom varieert van ± 20 (2012) tot ± 75 ton (2014) totale fosfaat per jaar, wat in de orde grote is van 16–48% van de totale fosfaat uitstroom. Het jaar 2015 is niet meegenomen in deze berekening door het ontbreken van data (Figuur 3.8). Deze netto uitstroom van fosfaat wordt voornamelijk veroorzaakt door de hoge concentraties van stikstof voor het Veerse Meer t.o.v. de Oosterschelde, deze resulteren in een hogere uitstroom van fosfaat t.o.v. instroom bij een zeer vergelijkbare debieten (in en uit). In jaren als 2012 en 2017–2020 wordt dit enigszins tegengegaan door een relatief hogere invoer bij gemalen (2012, 2017 en 2020) en door instroom vanuit het Kanaal door Walcheren (sluis Veere; 2018–2020).



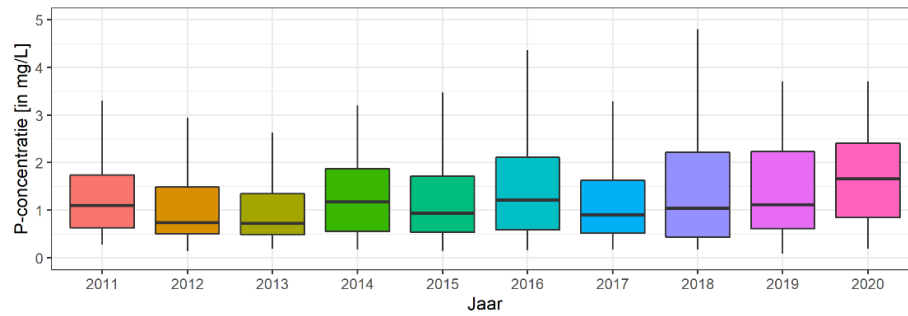
Figuur 4.16. Brutto aan- en afvoer van fosfaat voor het Veerse Meer per soort lozing (gekleurde balken) voor de jaren 2011 t/m 2020. De zwarte lijn toont de netto aan- of afvoer voor het Veerse Meer per jaar. Gegevens uit 2015 zijn weggelaten door ontbrekende data.

4.3.2 Instroom van fosfaat bij de gemalen

Net als voor stikstof laat een de totale vracht aan fosfaat door gemalen het Veerse Meer ingebracht een correlatie zien met de instroom van debieten door poldergemalen. De variatie in de totale vracht aan fosfaat gaat mee met de totale aanvoer van water (Figuur 4.17). De fosfaatconcentraties van de gemalen lijken, in tegenstelling tot stikstofconcentraties, wel een stijgende trend weer te geven tussen de jaren 2013 (gemiddelde van 0,72 mg/L) en 2020 (gemiddelde van 1,66 mg/L; Figuur 4.18). Ook hiervoor geldt dat om dit volledig uit te zoeken een water- en stoffenbalans van de poldergebieden uitgevoerd zou moeten worden.



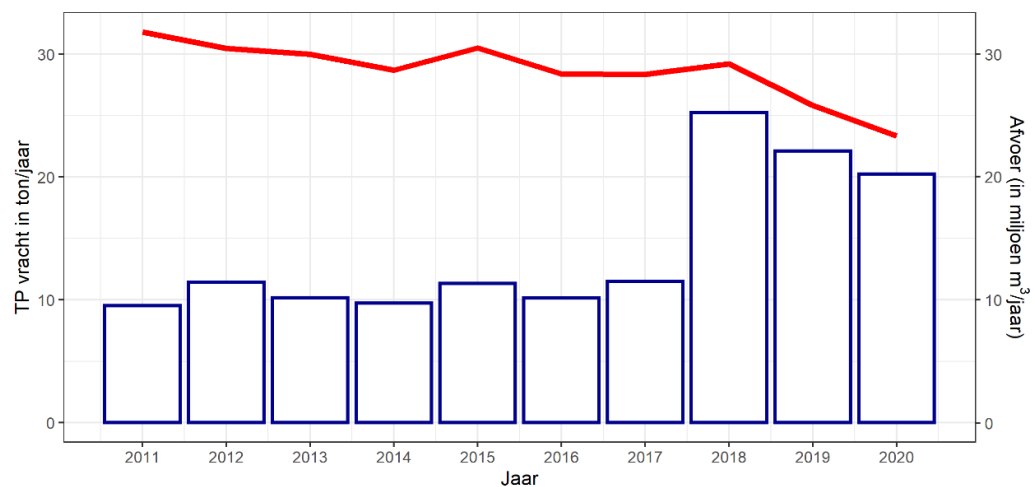
Figuur 4.17. De totale afvoer van fosfaat (in ton per jaar; blauwe balken; 1^e as) en water (in miljoen m³ per jaar; rode lijn; 2^e as) door gemalen in het Veerse Meer voor de jaren 2011 t/m 2020.



Figuur 4.18. De concentratie van totale fosfaat voor alle gemalen lozend in het Veerse Meer voor de jaren 2011 t/m 2020. Weergegeven in de "boxplot" zijn de mediaan (dikke zwarte lijn), de eerste (25%) en derde (75%) kwartielen (gekleurde "box") en de minimum en maximum waarden die niet onder uitschieters vallen (zwarte verticale lijnen). Extreme uitschieters worden hier niet weergegeven.

4.3.3 Instroom van fosfaat bij sluis Veere

Voor de jaren 2011 t/m 2017 is er een minimale variatie in de totale fosfaat die het systeem binnenkomt bij sluis Veere (Figuur 4.19). In de laatste drie jaren (2018-2020) is er echter sprake van een verdubbeling van de totale fosfaat instroom, iets wat grotendeels te verklaren is door de hogere concentratie totale fosfaat in het water wat door het Kanaal door Walcheren stroomt (Figuur 4.6). Deze hogere concentratie is enkel gemeten voor het jaar 2018 maar omdat er voor de jaren 2019-2020 geen metingen beschikbaar waren zijn voor deze jaren de waardes van het jaar 2018 gebruikt. Hierdoor zien we een netto verdubbeling van de fosfaat instroom in deze drie jaren t.o.v. de zeven voorgaande jaren. De reden voor de toename in totaal fosfaatconcentraties in 2018 is niet bekend. Een kanttekening hierbij is dat er een risico hangt aan het gebruiken de concentraties gemeten in 2018 voor de jaren 2019-2020. Dit resulteert namelijk in een hogere totale fosfaat vracht vanuit het Kanaal door Walcheren naar het Veerse Meer, namelijk ongeveer 15 ton per jaar meer door deze hogere concentratie.



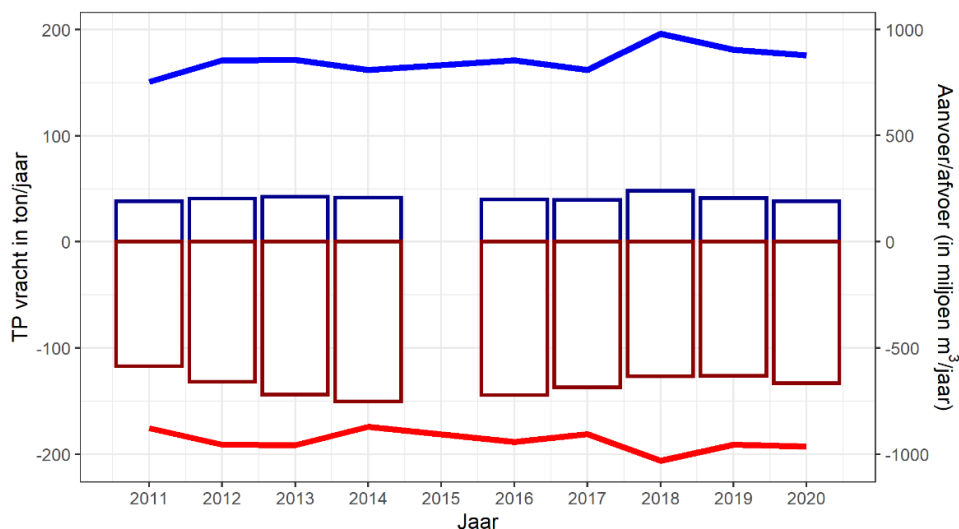
Figuur 4.19. De totale aanvoer van fosfaat (in ton per jaar; blauwe balken) en water (in miljoen m³ per jaar; rode lijn) door sluis Veere voor de jaren 2011 t/m 2020.

4.3.4 In- en uitstroom van fosfaat bij de Katse Heule en de Zandkreeksluis

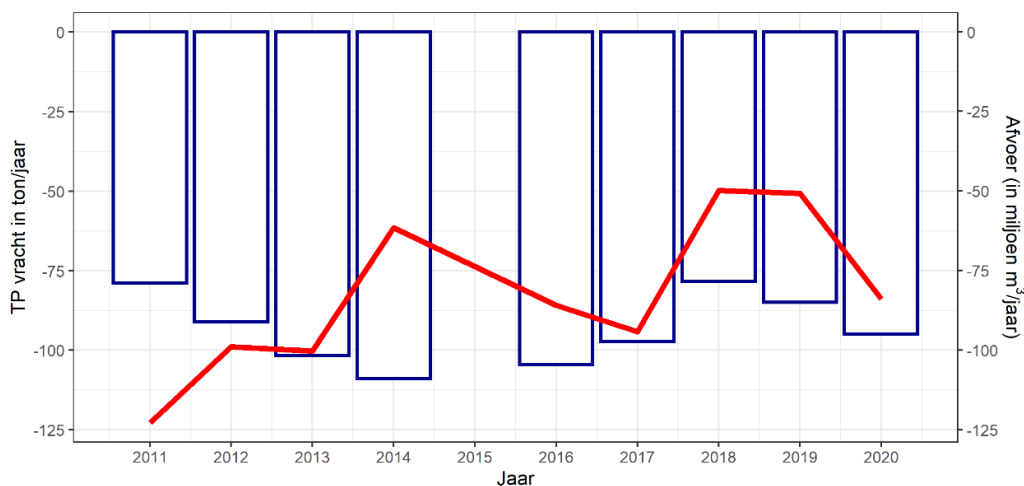
Ook voor totale fosfaatconcentraties van de twee wateren geldt dat de waardes hoger zijn in het Veerse Meer dan in de Oosterschelde (zie bijlage 0). De gemiddelde concentratie van totale fosfaat per jaar voor het Veerse Meer varieert van 0,13 (2011) tot 0,17 mg/L (2014). De fosfaat concentratie van de Oosterschelde is lager over de gehele periode en jaarlijkse gemiddeldes variëren van 0,044 (2016) tot 0,051 mg/L (2014). Vooral in de zomermaanden zijn de verschillen

in totale fosfaatconcentratie groot tussen het Veerse Meer en de Oosterschelde, waar deze in de Oosterschelde niet boven de 0,08 mg/L komt stijgt de concentratie in het Veerse Meer tot 0,3 mg/L.

Door de (~ drie maal) hogere concentratie van fosfaat in het Veerse Meer t.o.v. van de Oosterschelde is er netto afvoer van fosfaat vanuit het Veerse Meer bij de Katse Heule (Figuur 4.20). De hogere afvoer van fosfaat (115–150 ton fosfaat per jaar) t.o.v. aanvoer (40–50 ton fosfaat per jaar) resulteert in een netto afvoer variërend tussen 80 en 110 ton totale fosfaat per jaar (Figuur 4.21).

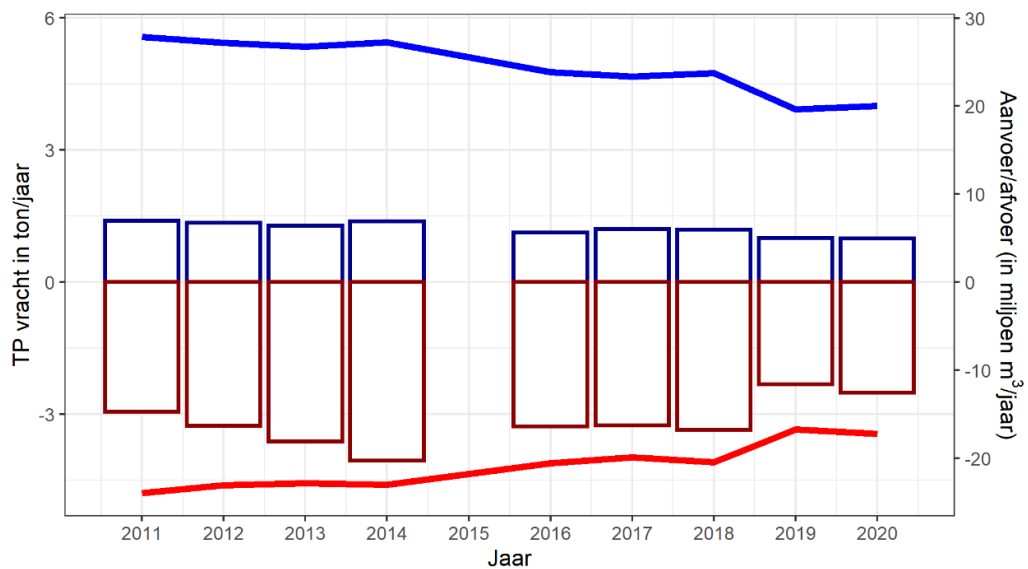


Figuur 4.20. Aanvoer en afvoer van totale fosfaat (in ton per jaar; blauwe en rode balken; 1^e as) en water (in miljoen m³ per jaar; blauwe en rode lijn; 2^e as) bij de Zandkreekdijk (Katse Heule) voor de jaren 2011 t/m 2020.

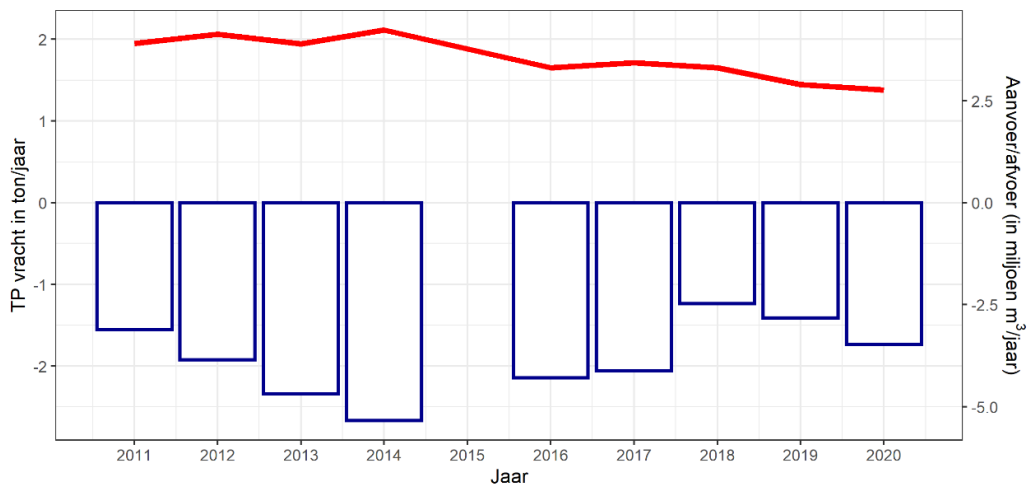


Figuur 4.21. Netto aanvoer/afvoer van fosfaat (in ton per jaar; blauwe balken; 1^e as) en water (in miljoen m³ per jaar; rode lijn; 2^e as) bij de Zandkreekdijk (Katse Heule) voor de jaren 2011 t/m 2020.

Voor de Zandkreeksluis geldt net als voor de Katse Heule dat een hogere concentratie van fosfaat in het Veerse Meer t.o.v. van de Oosterschelde resulteert in een hogere afvoer van fosfaat vanuit het Veerse Meer (Figuur 4.22). Ondanks dat er sprake is van netto aanvoer van water door deze sluis, zoals eerder besproken. Dit resulteert bij de Zandkreeksluis in een netto afvoer variërend tussen de 1 en 3 ton totale fosfaat per jaar (Figuur 4.23).



Figuur 4.22. Aanvoer en afvoer van totale fosfaat (in ton per jaar; blauwe en rode balken; 1^e as) en water (in miljoen m³ per jaar; blauwe en rode lijn; 2^e as) bij de Zandkreeksluis voor de jaren 2011 t/m 2020.



Figuur 4.23. Netto aanvoer van fosfaat (in ton per jaar; blauwe balk; 1^e as) en water (in miljoen m³ per jaar; rode lijn; 2^e as) bij de Zandkreeksluis voor de jaren 2011 t/m 2020.

4.3.5 Guanotrofie

Ook is er een kleine aanvoer van fosfaat via guanotrofie (faeces van vogels; Tabel 4.2). Voor de jaren 2010, 2015 en 2018 is bekend dat er jaarlijks tussen de 219 (2018) tot 299 kg fosfaat het Veerse Meer in komt. Deze is vele malen kleiner dan de totale fosfaat die het systeem elders binnenkomt en om deze reden zijn ze dan ook niet meegenomen in de totale fosfaatbalans.

Tabel 4.2. De aanvoer van fosfaat door guanotrofie voor het Veerse Meer voor de jaren 2010, 2015 en 2018.

Gebied	Stof	Emissie-oorzaak	Emissie (in kg)		
			2010	2015	2018
Veerse Meer	Fosfaat	Slaapplaatsen	45	41	42
		Kolonies	253	223	117
		Totaal	299	266	219

5 Conclusie en aanbevelingen

5.1 Waterbalans

Voor de jaren 2011 t/m 2020 stroomt en jaarlijks tussen de 895 en 1105 miljoen m³ water het Veerse Meer in en tussen de 900 en 1055 miljoen m³ water het Veerse Meer uit. Dit resulteert in een jaarlijkse sluitfout van tussen de 12 en 50 miljoen m³ water. Het inkomende water bestaat uit polderwater, neerslag, afstroming van oevers, schutwater en lekverliezen (Sluis Veere en Zandkreeksluis) en de inlaat van het Oosterscheldewater (Katse Heule). Afvoer van water vindt plaats door verdamping, door schutwater bij de Zandkreeksluis en door spuien naar de Oosterschelde (Katse Heule). De inlaat Katse Heule heeft de grootste bijdrage aan invoer van (zout) water (> 80%). De grootste invoer van zoetwater komt van de poldergemalen (3–7% van het totaal). Overige instroming van water komt van sluis Veere (2,3–4,5%), Zandkreeksluis (1,9–3,6%), neerslag (1,5–3,1%) en afstroming van oevers (1,1–2,0%). Uitvoer van Veerse Meer water vindt voor meer dan 95% plaats via de Katse Heule (naar Oosterschelde). Verdamping (< 1%) en de uitstroming bij de Zandkreeksluis (1,7–3,2%) spelen een relatief kleine rol.

Variatie over de tijd voor de in- en uitstroom van water is gering, voornamelijk voor de totale waardes. Uitzondering hierop is het jaar 2015 dat een veel lagere water in- en uitstroom bij de Katse Heule heeft wat voornamelijk veroorzaakt door ontbrekende data voor de zomermaanden. Voor de totale stoffenbalans wordt dit jaar daarom niet verder meegenomen.

Variatie op jaarbasis binnen de debieten is het grootst voor de polderlozingen die sterk fluctueren per jaar met stijgingen tot maximaal 43% (2017 t.o.v. 2016) en dalingen van maximaal 37% (2014 t.o.v. 2013).

5.2 Nutriëntenbalans

Voor het jaar 2013 is er een netto uitstroom van stikstof wanneer wordt gekeken naar poldergemalen, emissies, sluis Veere en aan- en afvoer van/naar de Oosterschelde (±80 ton TN/jaar). In de overige jaren is er een netto instroom van stikstof waargenomen, welke voornamelijk in de laatste jaren (2017 t/m 2020) relatief hoog is (±100–220 TN/jaar). Deze stijging in stikstof instroom heeft verschillende oorzaken, in 2017 en 2020 wordt dit veroorzaakt door de hogere instroom van stikstof bij poldergemalen terwijl het voor de jaren 2018–2020 lijkt te komen door de relatief lagere uitstroom van stikstof bij de Katse Heule. De concentraties van stikstof bij de poldergemalen verschillen weinig voor de jaren 2017 – 2020, echter resulteert een hogere aanvoer (debiet) in de jaren 2017 en 2020 voor een hogere totale instroom van stikstof.

Voor fosfaat is er sprake van een jaarlijkse netto uitstroom van deze stof voor alle jaren wanneer gekeken naar de poldergemalen, sluis Veere en aan- en afvoer van/naar de Oosterschelde. Deze uitstroom van fosfaat varieert van 75 ton totale fosfaat per jaar (2014) tot 20 ton totale fosfaat per jaar (2012) wat het systeem verlaat.

5.3 Aanbevelingen

De **stoffenconcentraties van de in- en uitstroom bij de Katse Heule**, welke worden bepaald aan de hand van stoffenconcentraties bij Soelekerkepolder (Veerse Meer), Lodijkse Gat en Wissenkerke (Oosterschelde), bepalen sterk de grote variaties in aan- en afvoer van totale stikstof en fosfaat bij de Katse Heule. Ondanks kleine verschillen in debieten die door dit doorlaatmiddel gaan, zien we **grote verschillen in totale stoffen waardes**. Aanbevolen wordt om vooral de verschillen in stoffenconcentraties in het Veerse Meer en de Oosterschelde nader te onderzoeken.

De netto uitstroom van fosfaat zou nog nader onderzocht kunnen worden, vanwege de variatie/range aan totale fosfaat per jaar (± 25 tot ± 80 ton). Door beter begrip te krijgen van de processen die plaatsvinden in het meer kan het aandeel van deze interne processen op de netto uitstroom van fosfaat inzichtelijk worden en kan de range beter geduid worden. Dit kan gedaan worden aan de hand van een 3D-model (een systeemanalyse). Hetzelfde geldt voor de variërende in- en uitstroom van stikstof over de jaren, voornamelijk het jaar 2013 en de periode 2017–2020 waarin een zeer hoge in- of uitstroom wordt waargenomen.

5.3.1 Gevolgen van ontbrekende data

De grote gaten in de datasets voor de wateraanvoer via gemalen, voornamelijk in de periode 2014-2016 (maar ook 2018-2020), resulteert in een onderschatting van de aanvoer van stikstof en fosfaat naar het Veerse Meer. Deze onderschatting zit in de range van 7,5 tot 15 ton totale stikstof per jaar, wanneer 2017 als representatief jaar wordt gebruikt voor de drie voorgaande en drie opvolgende jaren. Voor totale fosfaat ligt deze overschatting van afvoer in de range van 1,5 tot 3 ton per jaar.

Het ontbreken van een toegekende concentratie voor stikstof en fosfaat aan de afstroom van oeverwater resulteert in een onderschatting van de aanvoer aan totale stikstof voor het Veerse Meer en een overschatting van de afvoer van fosfaat uit het Veerse Meer, gebaseerd op de huidige balans. Echter, bij een concentratie van respectievelijk 5 en 1 mg/L voor stikstof en fosfaat zou deze onder- en overschatting hooguit resulteren in een aanvoer van $\pm 7,5$ ton totale stikstof per jaar en een afvoer van $\pm 7,5$ ton totale fosfaat per jaar. Deze massa's lijken een minimaal effect te hebben op de totale stikstof- en fosfaatbalans.

Al deze versnipperingen in- en ontbrekende data hebben op zichzelf vaak een minimaal effect op de totale water- en nutriëntenbalans. Wanneer echter wordt gekeken naar de som van al deze discrepanties, kan het wel degelijk een significant effect hebben. Daarnaast is het **zonder een analyse van de processen in het systeem niet mogelijk om trends in de aanvoer of afvoer van nutriënten te kwantificeren.**

Door de verschillende bronnen voor gegevens/data wordt het generiek maken van de water- en stoffenbalans belemmerd. Ook door de lange reeksen aan missende data, voor zowel waterdebieten als stoffenconcentraties, wordt het **bemoeilijkt om een generieke opzet te creëren.** Aanbevolen wordt om een meer systematische aanpak te hanteren in het aanleveren en/of aanvragen van de data.

6 Bronvermelding

- Craeymeersch, J.A.M. & De Vries, I. (2007). Waterkwaliteit en ecologie Veerse Meer: het tij is gekeerd. Eerste evaluatie van de veranderingen na de ingebruikname van de 'Katse Heule'. Rijksinstituut voor Kust en Zee (RWS RIKZ), Middelburg, RIKZ/2007.008, 86 pp.
- Kruijt, D.B., Duijts, O., Japink, M. & Middelveld, R.P. (2020). Macrozoöbenthos-bemonstering in de Zoute Rijkswateren, Hoofdrapport, MWTL 2019. Waterlichamen: Westerschelde, Veerse Meer en Grevelingenmeer. Bureau Waardenburg Rapportnr. 20-270. Bureau Waardenburg, Culemborg
- Lieverse, P. (2021). Debietmetingen Katse Heule 2005 en 2020. Rijkswaterstaat Zee en Delta, Middelburg, memo, 5 pp.
- Nolte, A.J. & Bijvelds, M.D.J.P. (2000). Modelonderzoek naar de effectiviteit van een doorlaatmiddel voor de waterkwaliteit van het Veerse Meer. Rijksinstituut voor Kust en Zee (RWS RIKZ), Middelburg, rapport Z2921, 203 pp.
- Pieters, J. (2004). Werkdocument: Waterbalans Veerse Meer 1994-2003. Rapport voor Projectgroep bekkenrapport Veerse Meer. RIKZ/AB/2004/802x.
- Valiantzas, J. D. (2006). Simplified versions for the Penman evaporation equation using routine weather data. *Journal of Hydrology*, 331(3-4), 690–702. doi:10.1016/j.jhydrol.2006.06.012
- van der Kaaij, T. & Kerkhoven, D. (2021). Ontwikkeling zesde-generatie modelschematisatie 3D D-HYDRO Veerse Meer. Modelbouw en Toetsing. Rapport 11206814-000-ZKS-0001 Deltares, 136 pp.
- van der Mast, R. & Eg, G. (2021). Stille dood van het Veerse meer. Inventarisatie zuurstofloosheid 2020-2021. Rapport van de Nederlandse Onderwatersport Bond, Commissie Deltagebied, Veenendaal, 52 pp.

A Bijlage

A.1 Formules openwater verdamping

Deze formules zijn via persoonlijke communicatie bij RWS Z&D verkregen.

Benodigde gegevens:

- relatieve vochtigheid (rv)
- luchttemperatuur (Tl)
- windsnelheid (ws)
- zonneschijnduur (zsd)
- de dichtheid van het oppervlaktewater (dw)
- de korte golf straling uitgedrukt in verdampingsintensiteit (kgs)

De constante factoren:

- de verdampingswarmte (vw ; 2,45 MJ/kg)
- de soortelijke warmte van lucht bij constante druk ($swcd$; 1,004)
- de dichtheid van lucht (dl ; 1,205 kg/m³)
- de psychrometerconstante (pc ; 0,066)

Berekening:

- Verzadigingsdampspanning (vds ; in kPa)

$$\frac{0,61 * \exp(19,9 * Tl)}{(274 + Tl)}$$

- Helling van de verzadigingsdampspanning-kromme ($hvds$; kPa/C)

$$\frac{5430 * vds}{(273 + Tl)^2}$$

- Actuele dampspanning (ads ; kPa)

$$hvds * rv$$

- Aerodynamische weerstand (adw ; dag/mm)

$$\frac{245}{(0,54 * ws + 0,5) * \left(\frac{1}{\frac{86400}{1000}}\right)}$$

- Zonnestraling (zs)

$$\frac{zsd}{\text{gemiddelde daglengte}}$$

- Korte golf straling

$$\left(0,2 + 0,48 * \left(\frac{kgs}{dw}\right) * 1000\right) * 1000$$

- Lange golf straling (*lgs*)

$$\left(0,0049 * (273 * Tl)^4 * (0,47 - 0,21 * \sqrt{ads}) * \left(\frac{0,2 + 0,8 * zs}{1000000} \right) \right)$$

- Equivalente verdampingsintensiteit (*evi*; mm/dag)

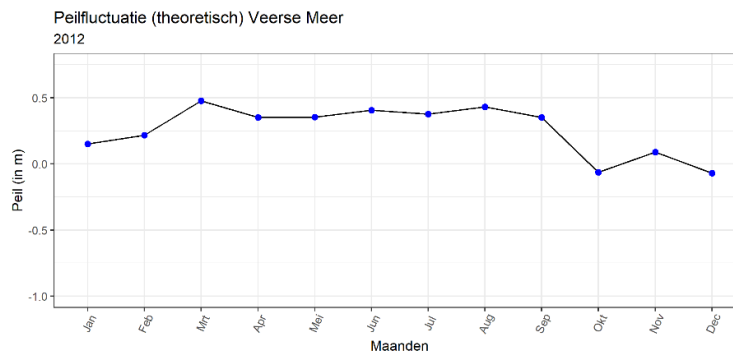
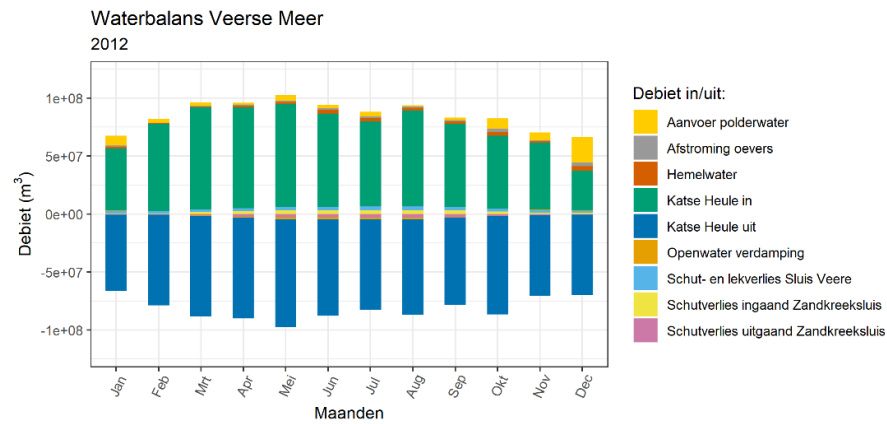
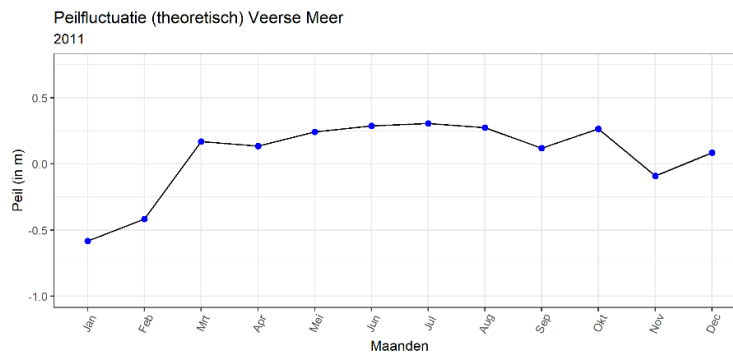
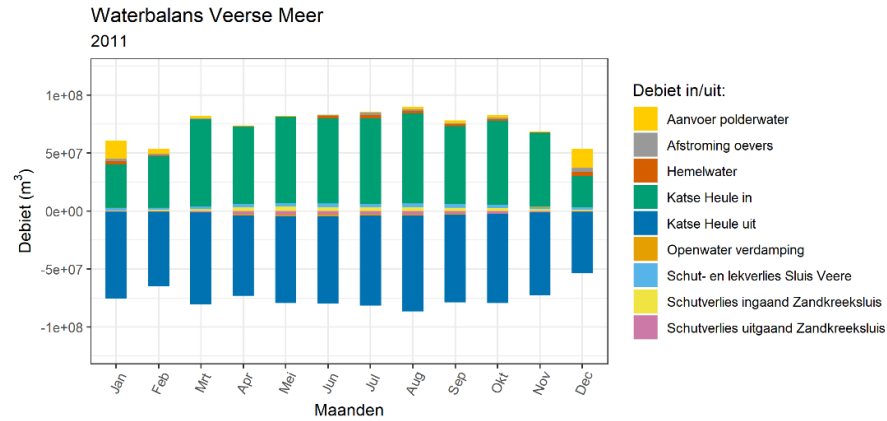
$$\frac{lgs}{\left(\frac{dw * vw}{1000} \right)}$$

- Openwater verdamping (mm)

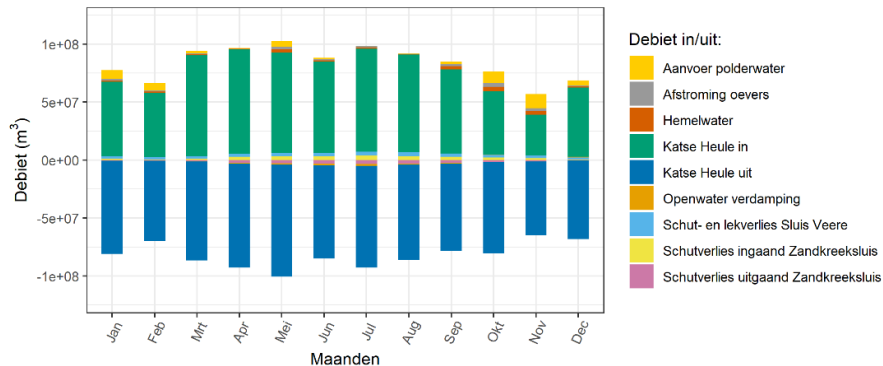
$$\frac{(hvds * (1 - 0,06) * kgs - evi) + \frac{\frac{swcd}{dw * dl}}{245000000 * \left(\frac{vds - ads}{ads} \right)}}{(hvds + pc)}$$

A.2 Waterbalans per jaar

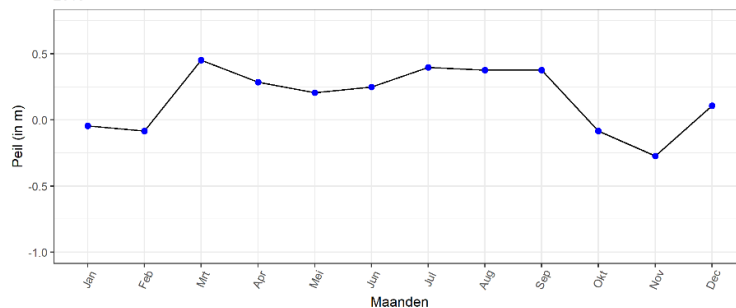
In deze bijlage worden de waterbalansen per jaar getoond op maandbasis en de theoretische peilfluctuatie als indicatie van de (cumulatieve) sluitfout.



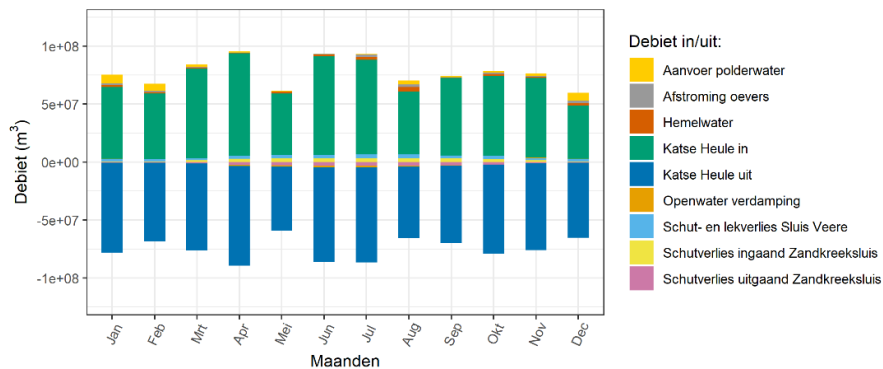
Waterbalans Veerse Meer
2013



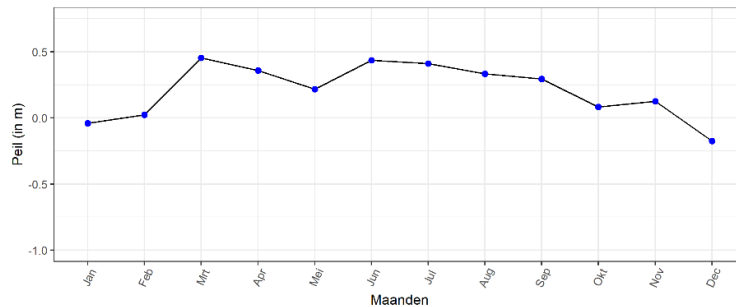
Peilfluctuatie (theoretisch) Veerse Meer
2013



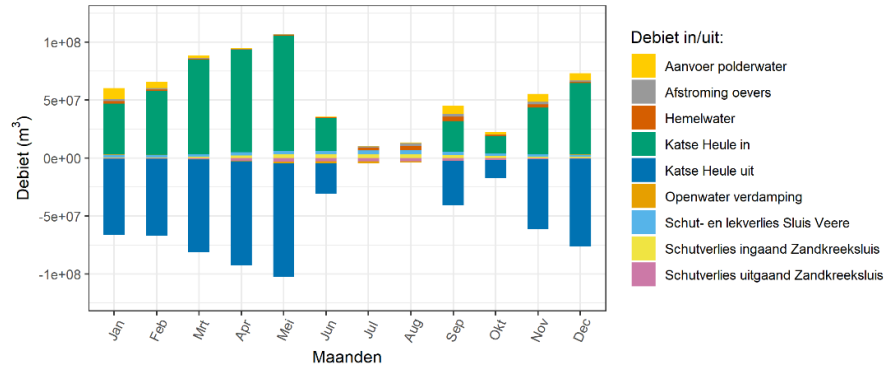
Waterbalans Veerse Meer
2014



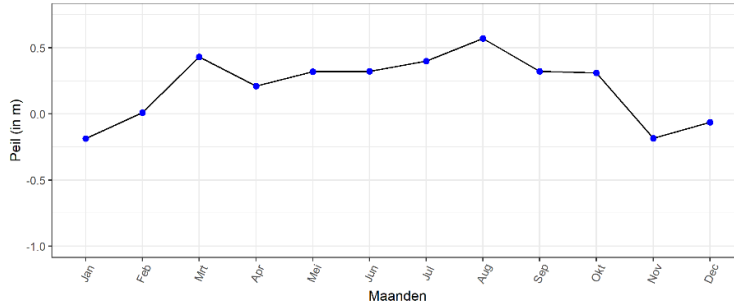
Peilfluctuatie (theoretisch) Veerse Meer
2014



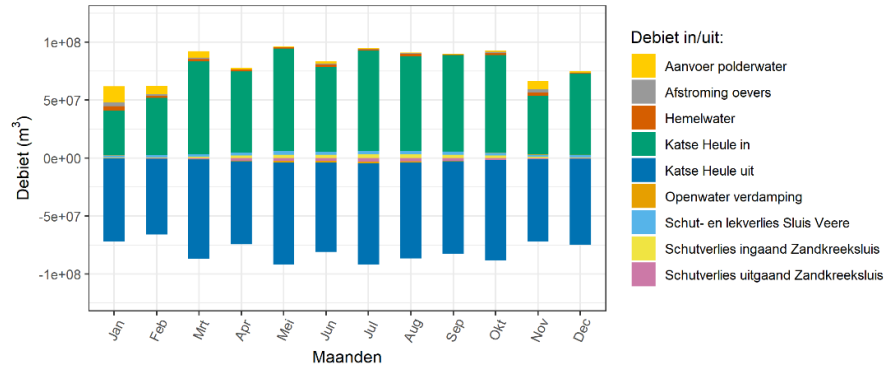
Waterbalans Veerse Meer
2015



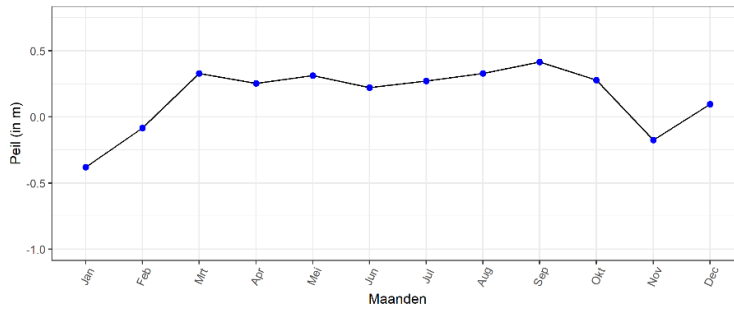
Peilfluctuatie (theoretisch) Veerse Meer
2015



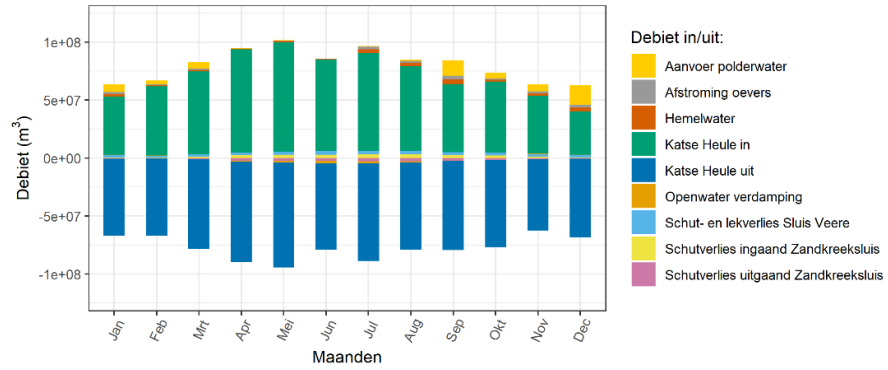
Waterbalans Veerse Meer
2016



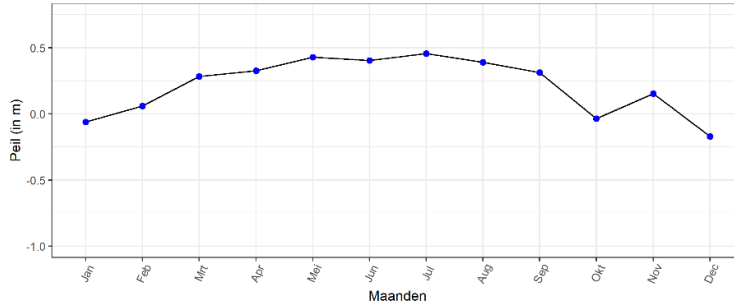
Peilfluctuatie (theoretisch) Veerse Meer
2016



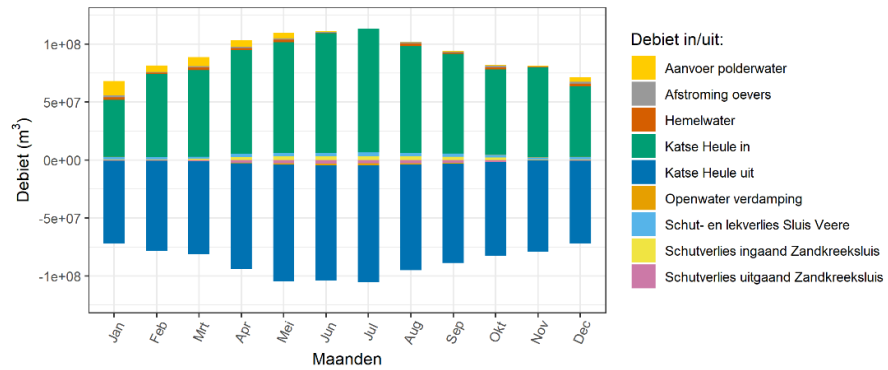
Waterbalans Veerse Meer
2017



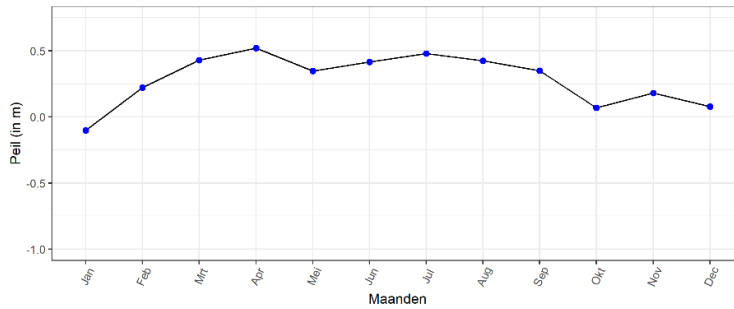
Peilfluctuatie (theoretisch) Veerse Meer
2017



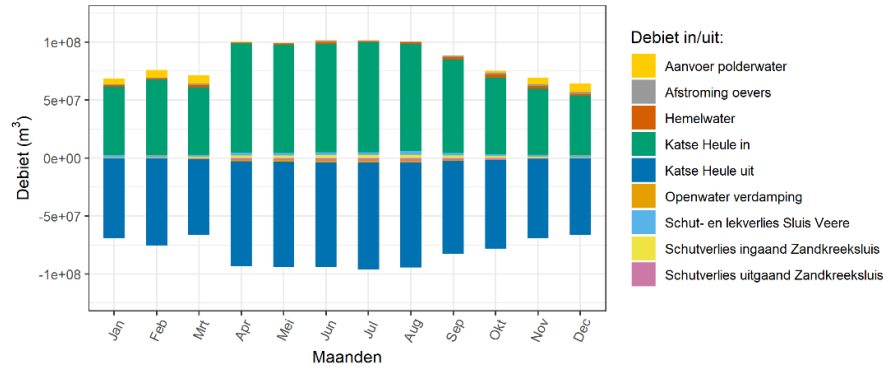
Waterbalans Veerse Meer
2018



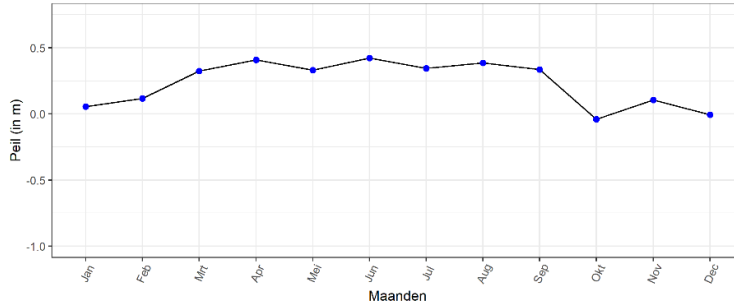
Peilfluctuatie (theoretisch) Veerse Meer
2018



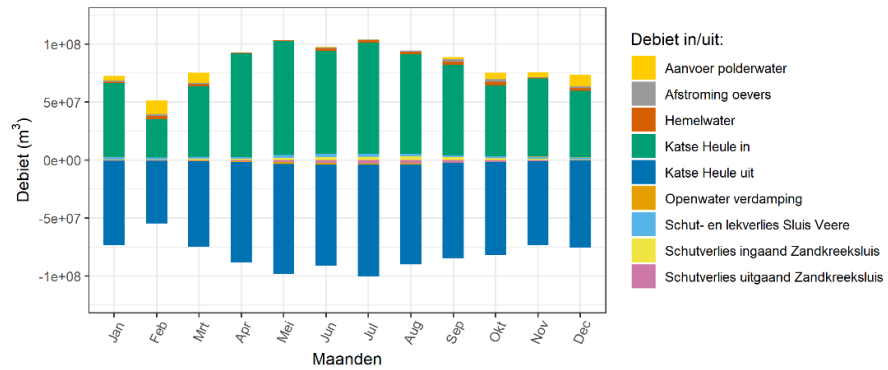
Waterbalans Veerse Meer
2019



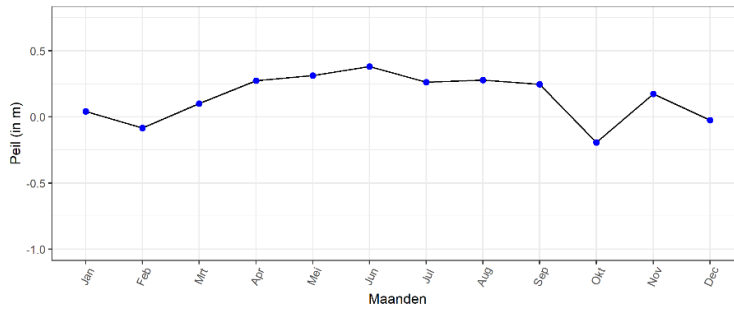
Peilfluctuatie (theoretisch) Veerse Meer
2019



Waterbalans Veerse Meer
2020

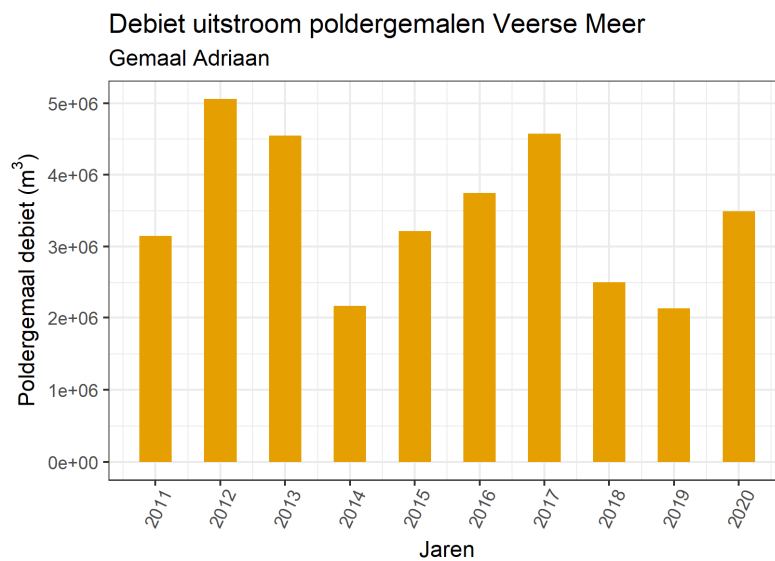
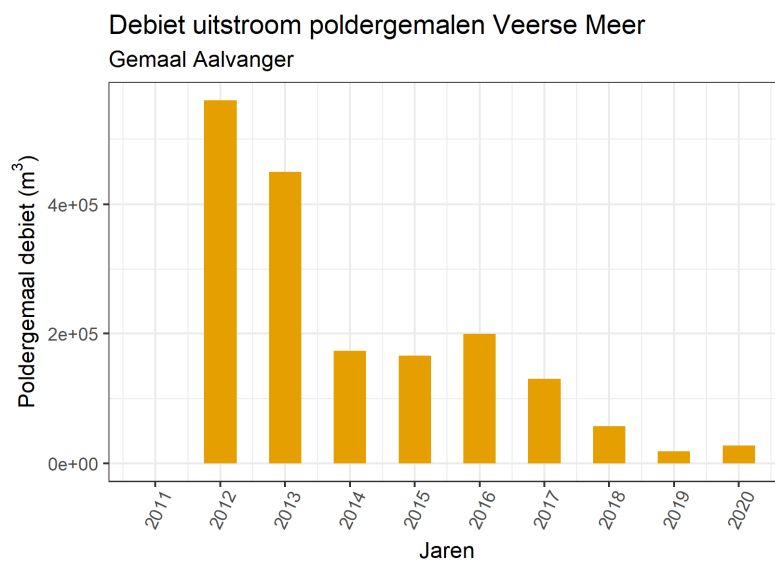


Peilfluctuatie (theoretisch) Veerse Meer
2020



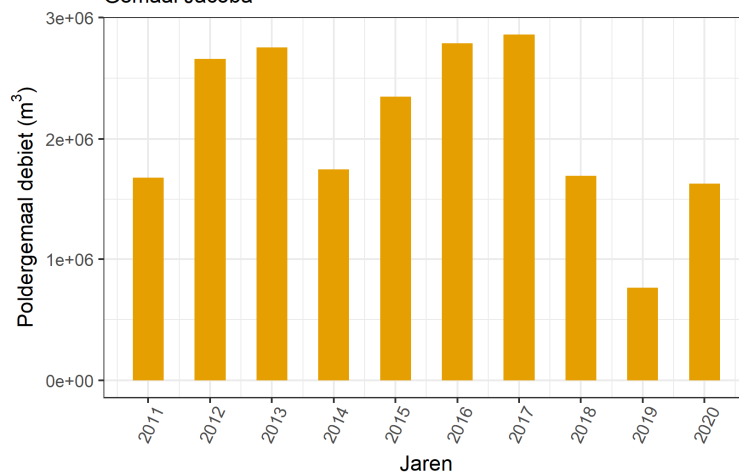
A.3 Polderlozingen

Hieronder wordt het jaarlijkse debiet wat het Veerse Meer inkomt bij de poldergemalen weergegeven per gemaal.



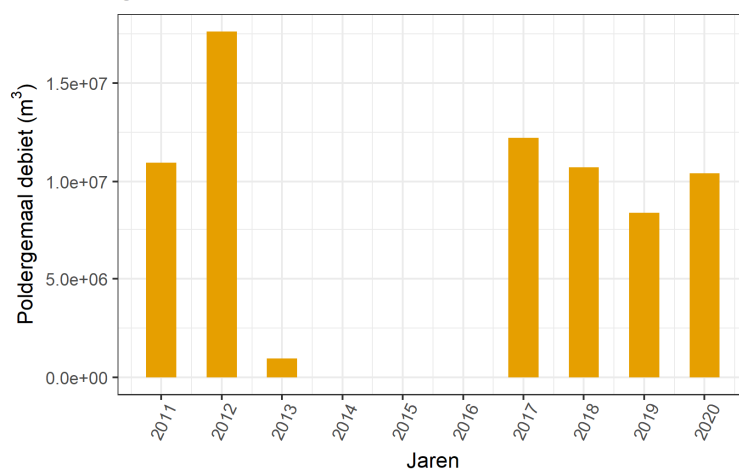
Debiet uitstroom poldergemalen Veerse Meer

Gemaal Jacoba



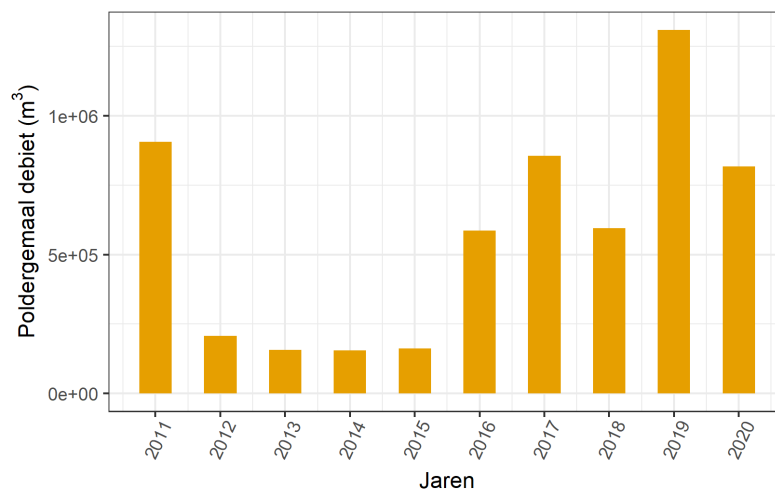
Debiet uitstroom poldergemalen Veerse Meer

Gemaal De Piet



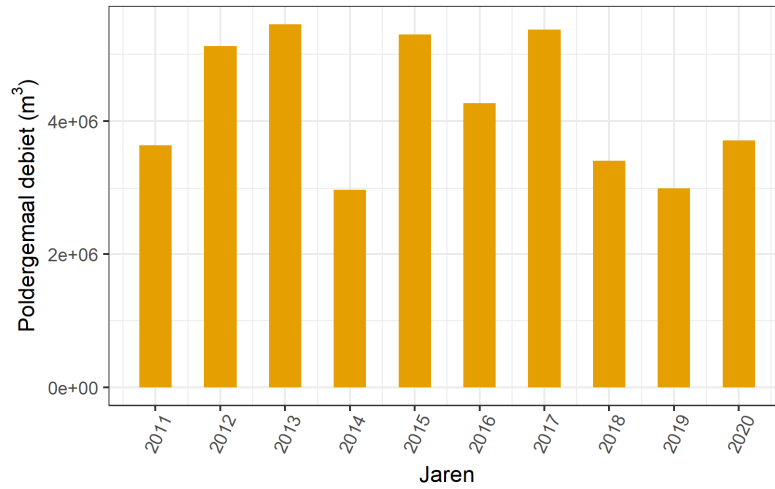
Debiet uitstroom poldergemalen Veerse Meer

sluis Jacoba



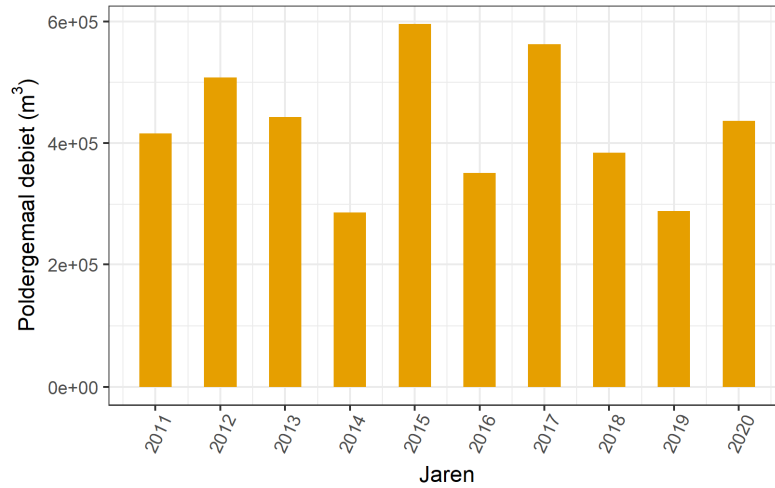
Debiet uitstroom poldergemalen Veerse Meer

Gemaal Kleverskerke



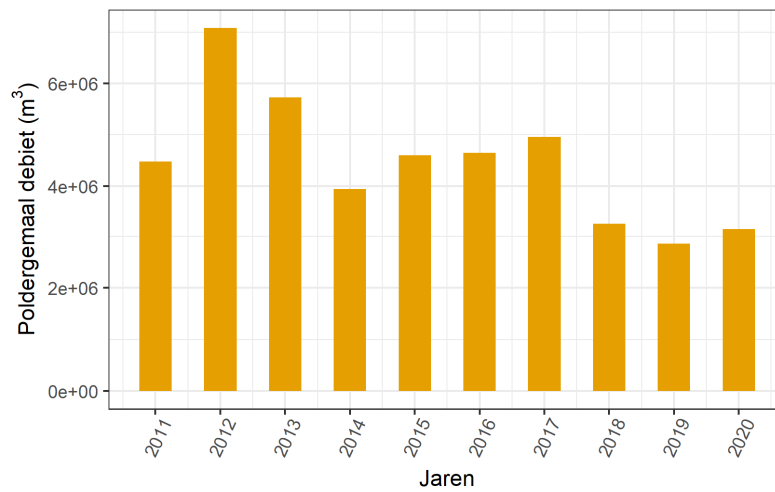
Debiet uitstroom poldergemalen Veerse Meer

Gemaal Muidenweg

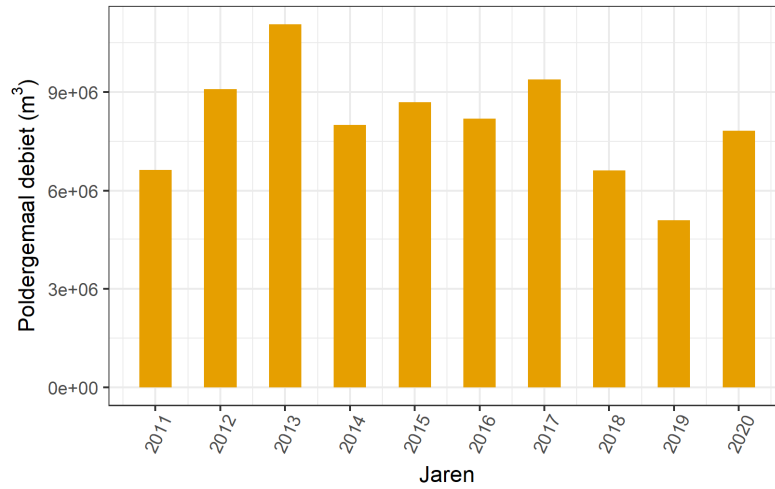


Debiet uitstroom poldergemalen Veerse Meer

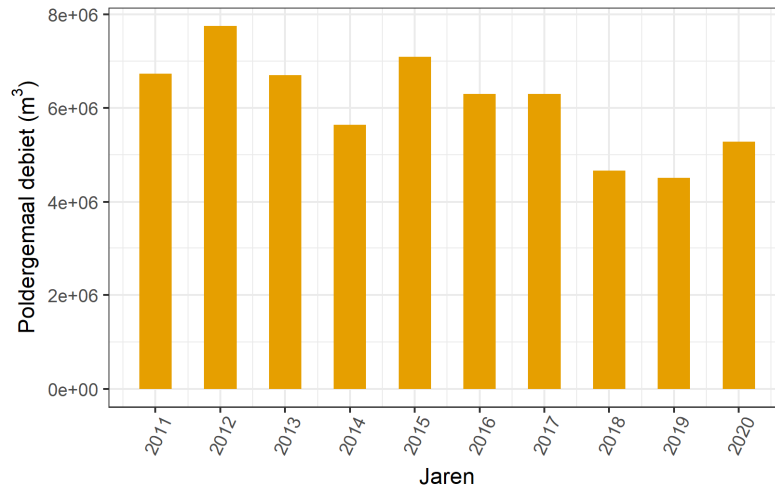
Gemaal Oosterland



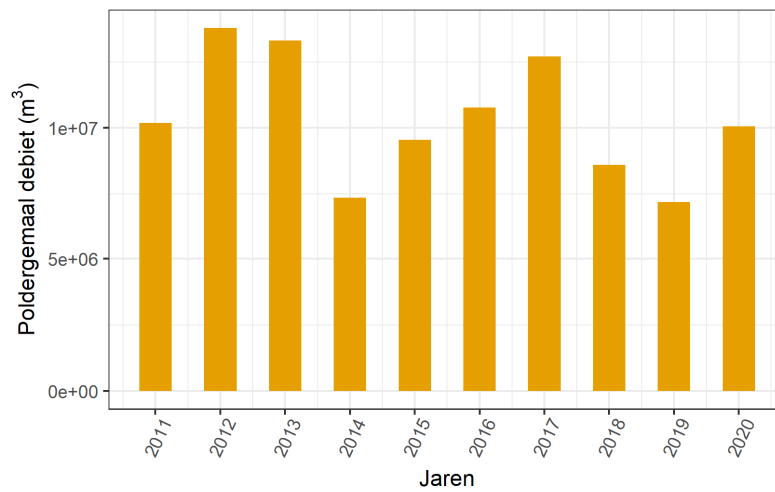
Debiet uitstroom poldergemalen Veerse Meer
Gemaal Oostwatering



Debiet uitstroom poldergemalen Veerse Meer
Gemaal Wilhelmina

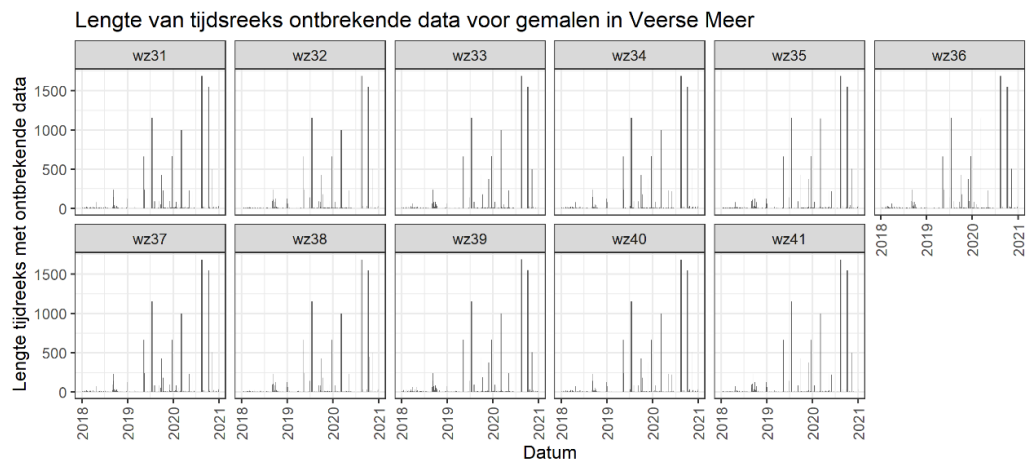
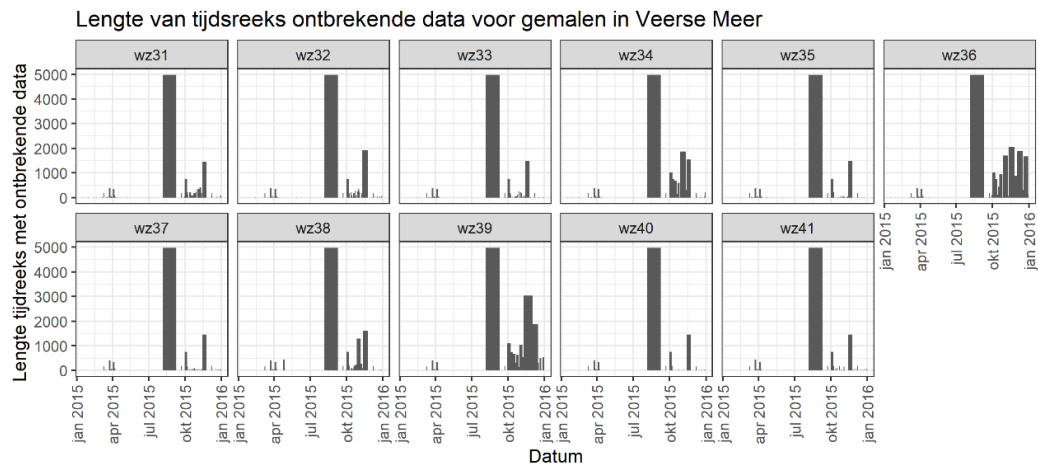


Debiet uitstroom poldergemalen Veerse Meer
Gemaal Willem



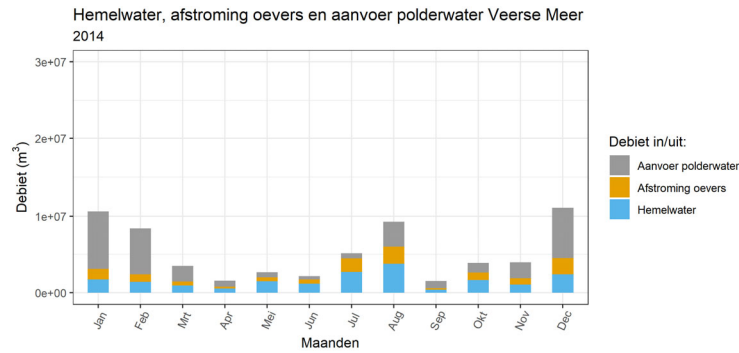
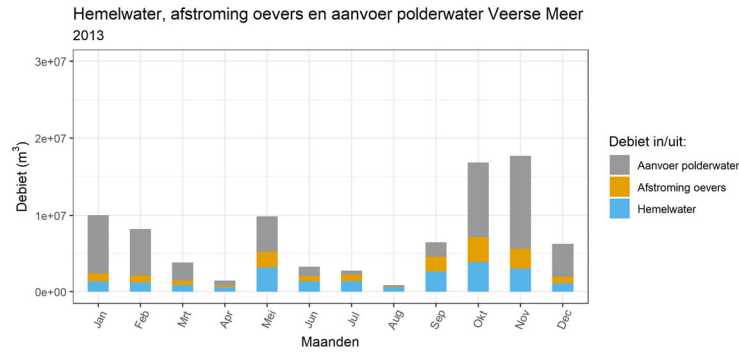
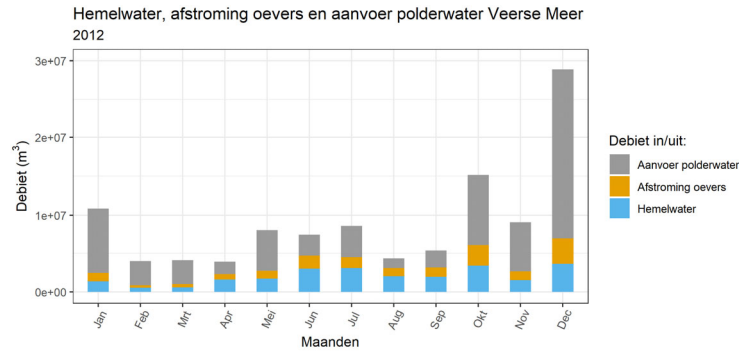
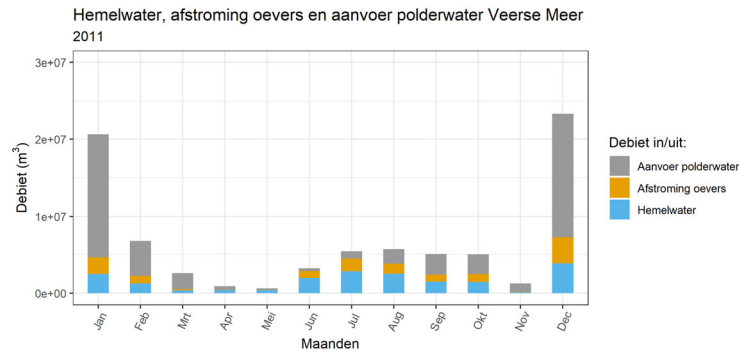
A.3.1 Ontbrekende data voor polderlozingen

Hieronder worden de tijdsreeksen aan ontbrekende data weergegeven voor de verschillen gemalen die lozen op het Veerse Meer. Gemaalcodes staan voor Oostwatering (wz31), Kleverskerke (wz32), Willem (wz33), Adriaan (wz34), Jacoba (wz35), sluis Jacoba (wz36), Wilhelmina (wz37), Oosterland (wz38), De Piet (wz39), Muidenweg (wz40), Aalvanger (wz41) en Oranjeplaat (wz42).

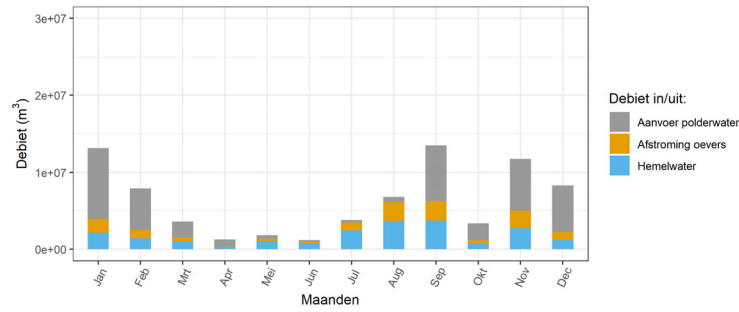


A.4 Hemelwater, afstroming oevers en aanvoer polderwater per jaar

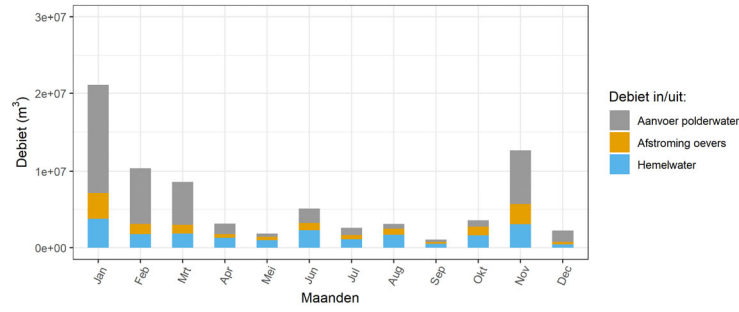
Hieronder wordt de maandelijkse instroom van polderwater, afstroming van oevers en neerslag (hemelwater) weergegeven. Dit is opgedeeld per jaar.



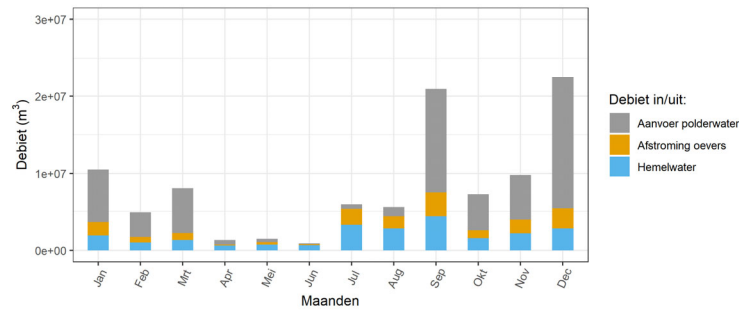
Hemelwater, afstroming oevers en aanvoer polderwater Veerse Meer 2015



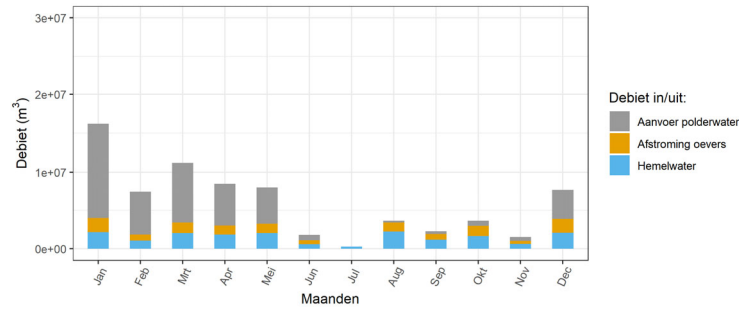
Hemelwater, afstroming oevers en aanvoer polderwater Veerse Meer 2016



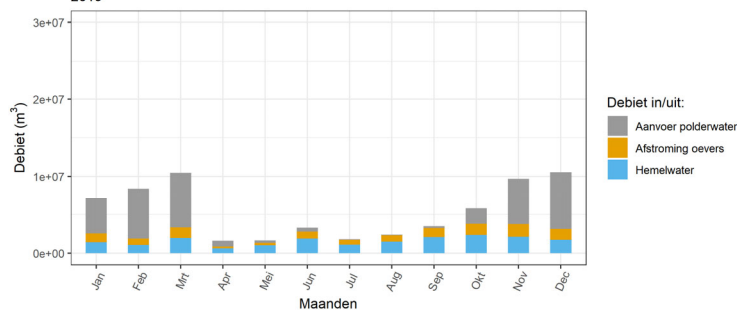
Hemelwater, afstroming oevers en aanvoer polderwater Veerse Meer 2017



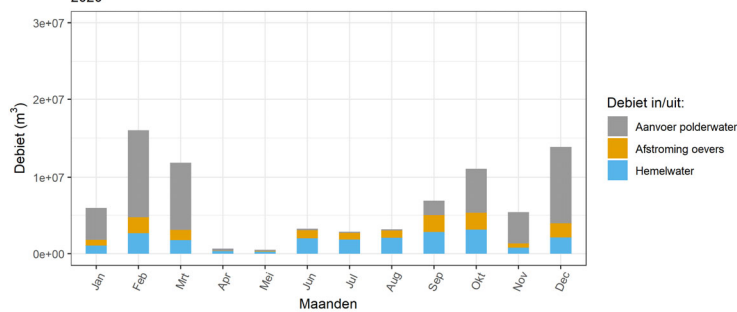
Hemelwater, afstroming oevers en aanvoer polderwater Veerse Meer 2018



Hemelwater, afstroming oevers en aanvoer polderwater Veerse Meer
2019

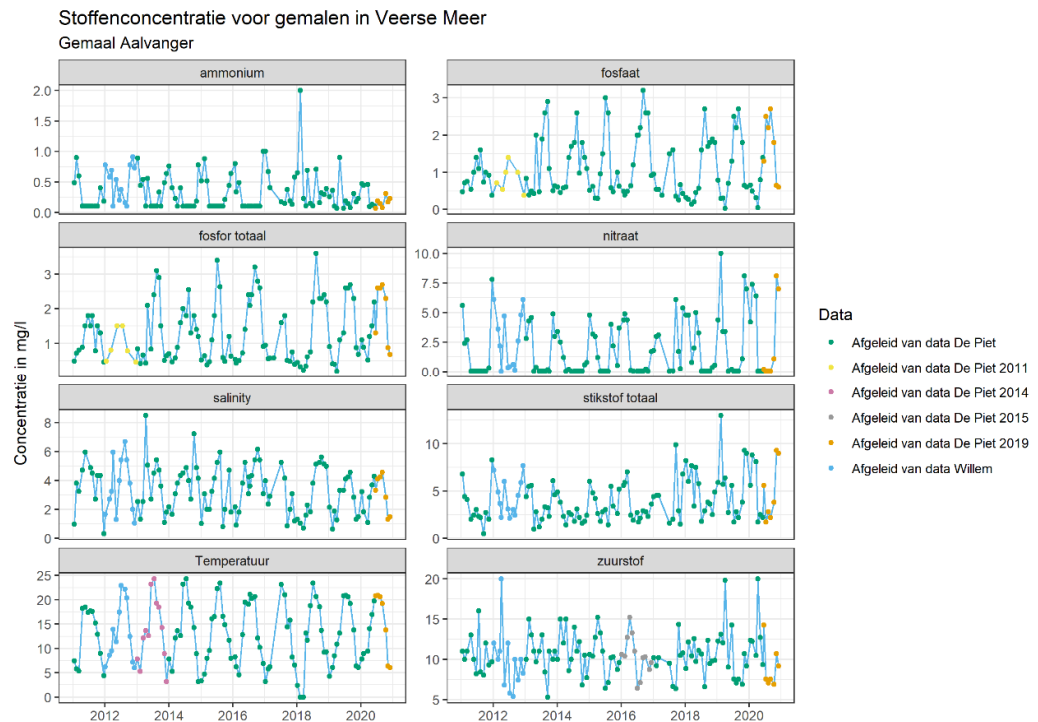


Hemelwater, afstroming oevers en aanvoer polderwater Veerse Meer
2020



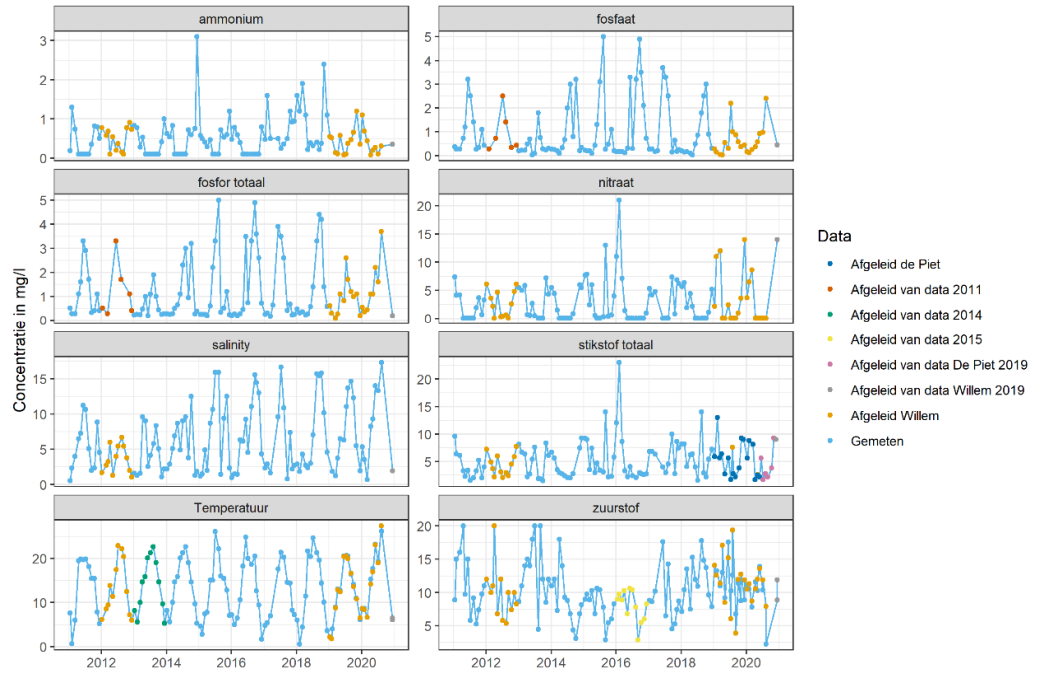
A.5 Gemeten en afgeleide stoffenconcentraties voor de verschillende gemalen

Hieronder wordt de maandelijks gemeten concentraties van verschillende stoffen weergegeven per gemaal voor de jaren 2011-2020. Ook geeft de kleurcode aan of het een concentratie is die direct gemeten is bij het desbetreffende gemaal of om een afgeleide concentratie.



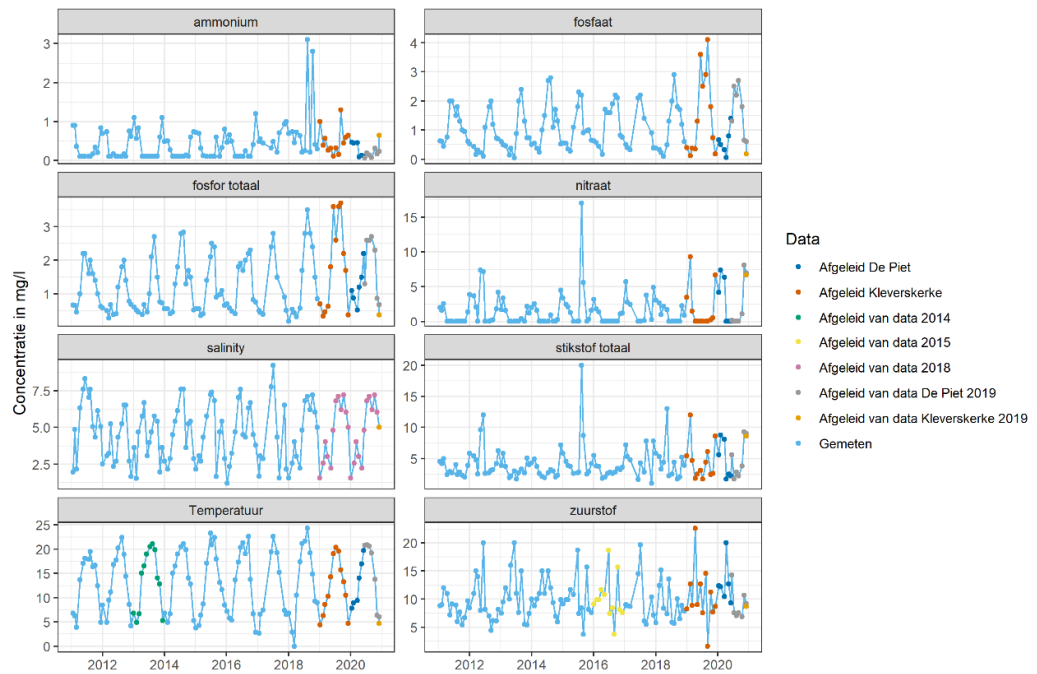
Stoffenconcentratie voor gemalen in Veerse Meer

Gemaal Adriaan

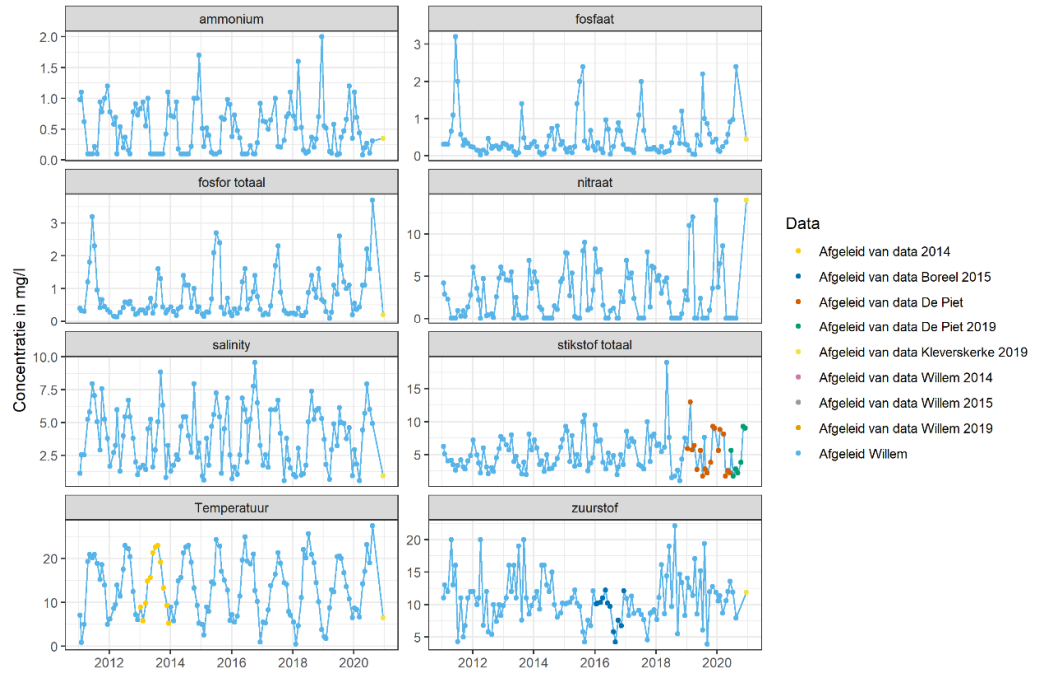


Stoffenconcentratie voor gemalen in Veerse Meer

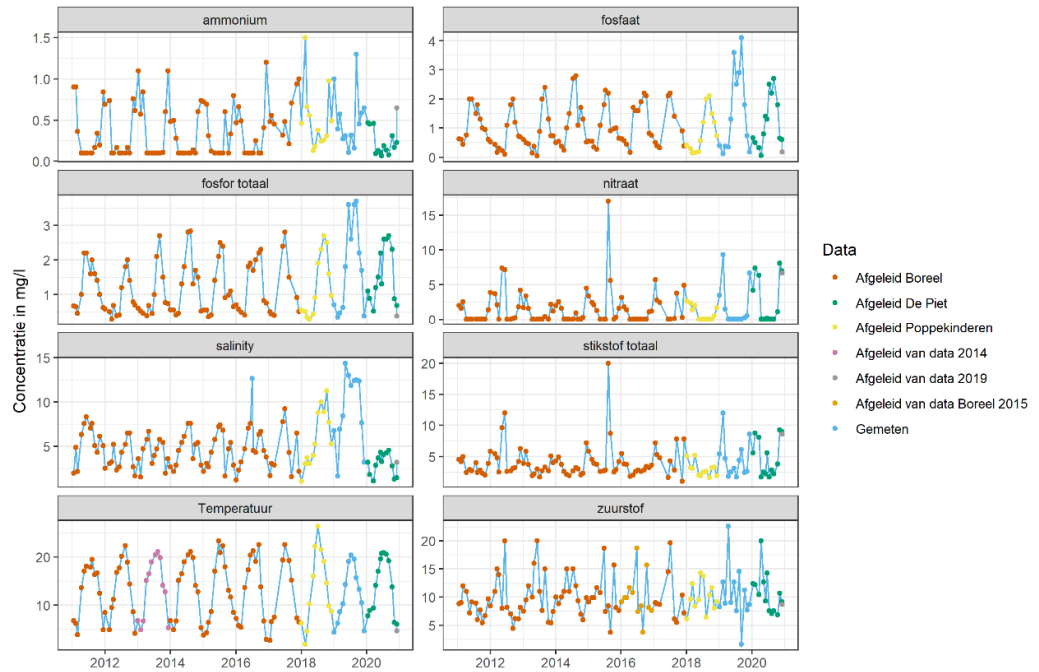
Gemaal Boreel



Stoffenconcentratie voor gemalen in Veerse Meer
Gemaal Jacoba

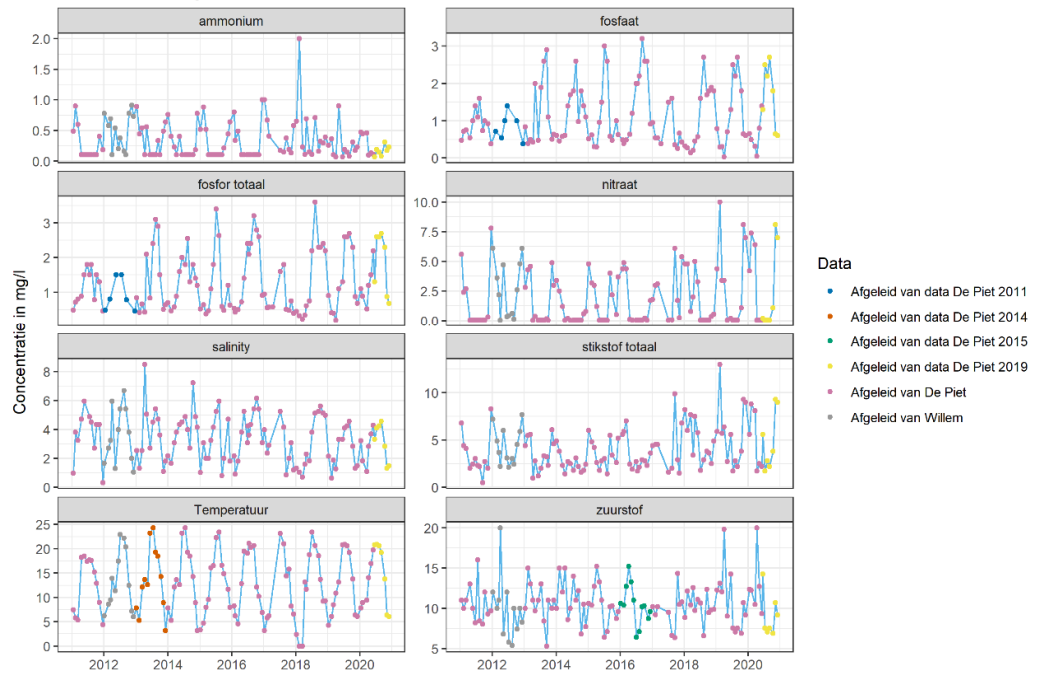


Stoffenconcentratie voor gemalen in Veerse Meer
Gemaal Kleverskerke



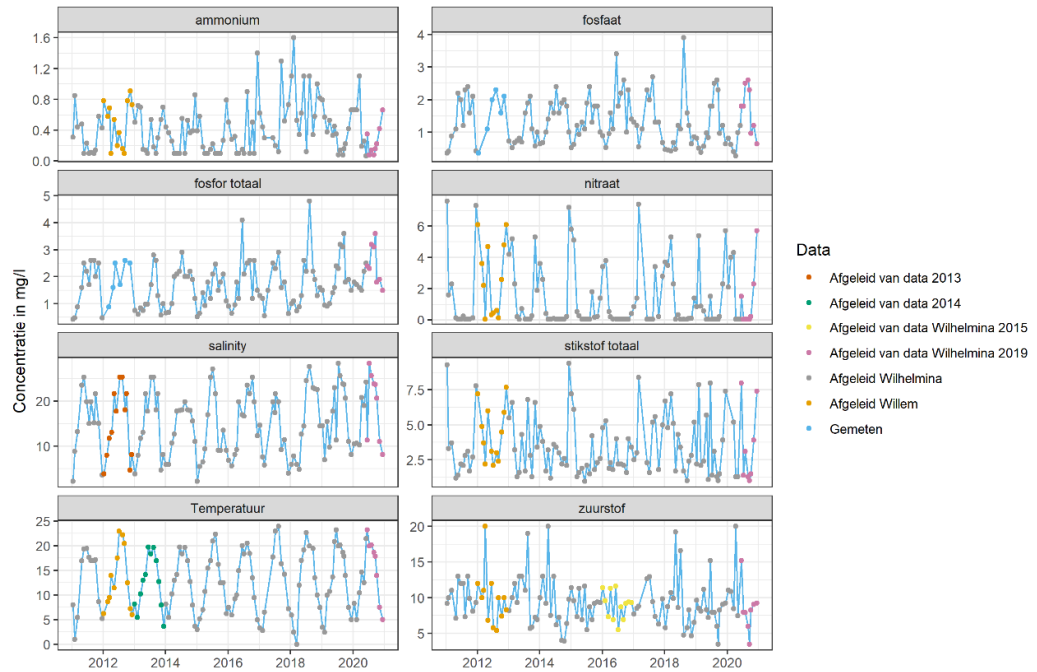
Stoffenconcentratie voor gemalen in Veerse Meer

Gemaal Muidenweg



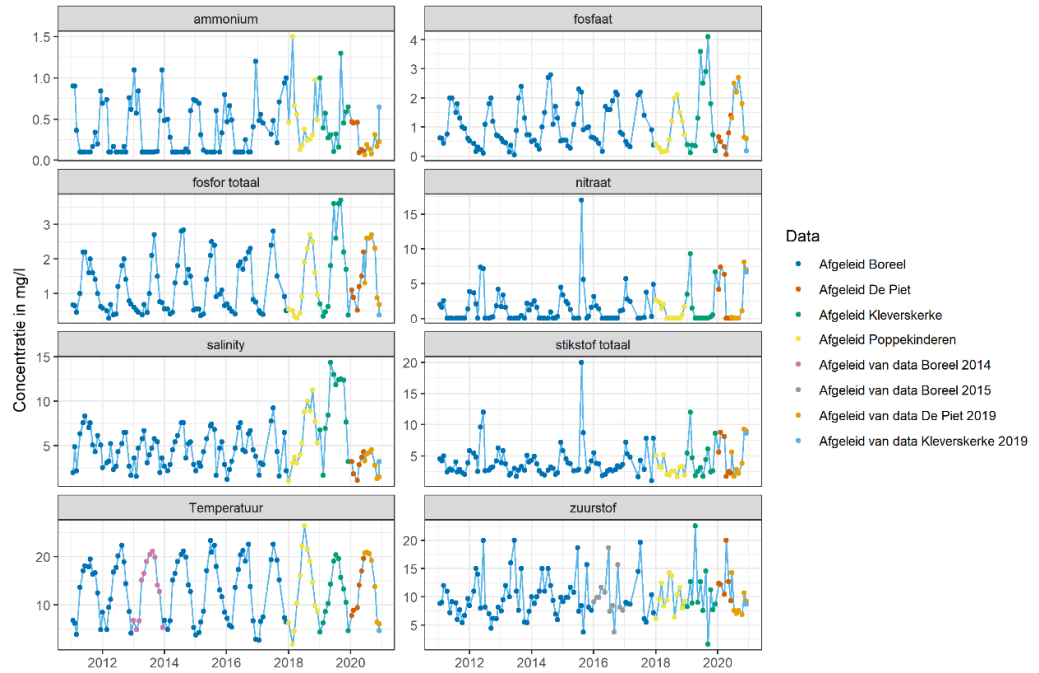
Stoffenconcentratie voor gemalen in Veerse Meer

Gemaal Oosterland



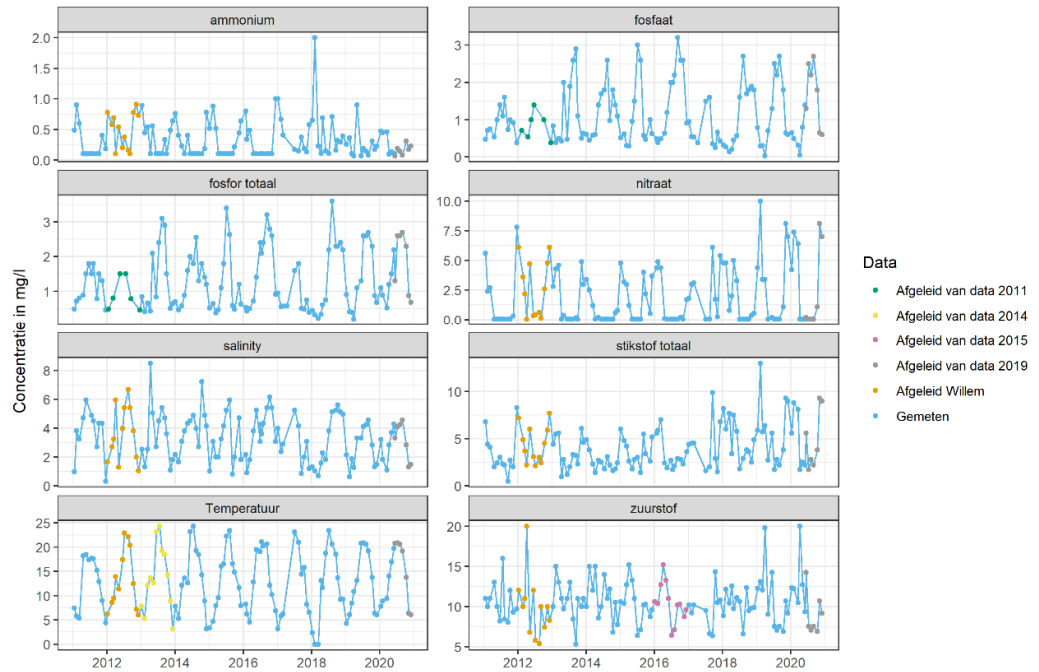
Stoffenconcentratie voor gemalen in Veerse Meer

Gemaal Oostwatering



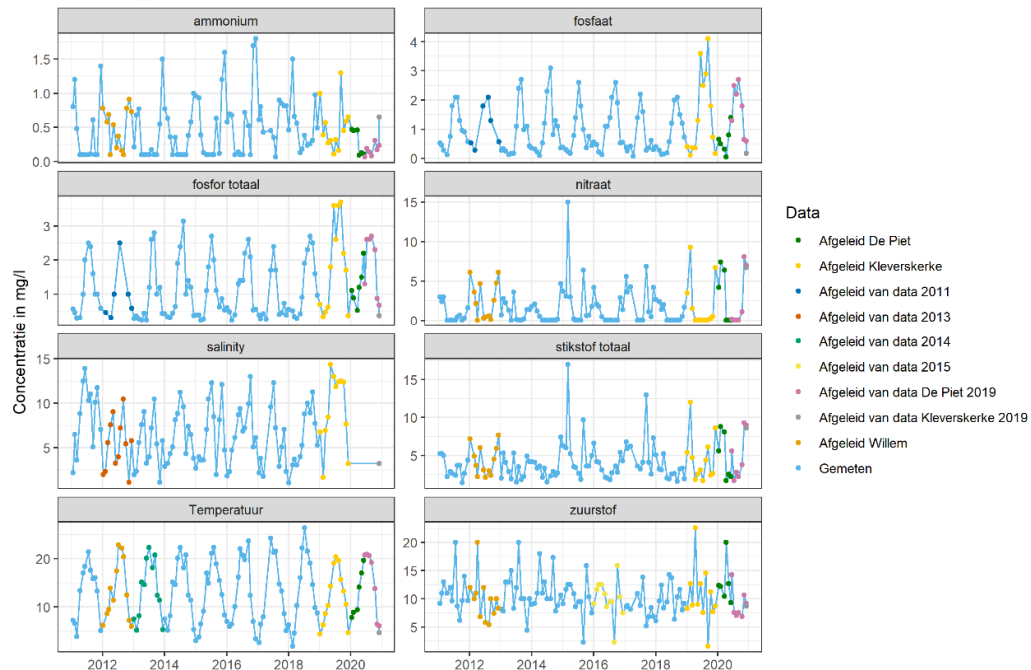
Stoffenconcentratie voor gemalen in Veerse Meer

Gemaal de Piet



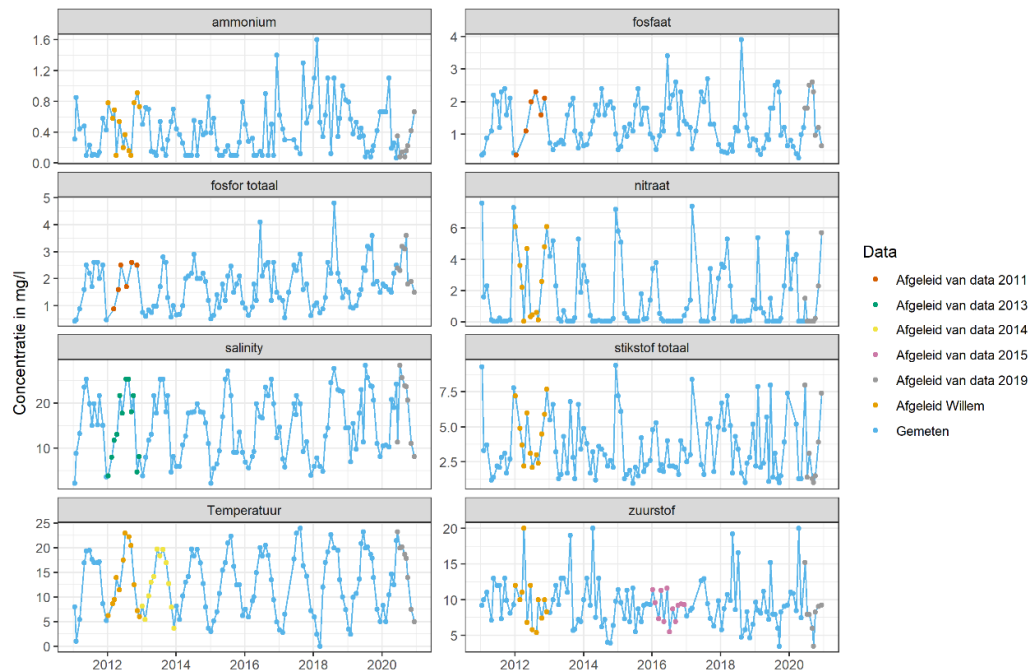
Stoffenconcentratie voor gemalen in Veerse Meer

Gemaal Poppekinderen



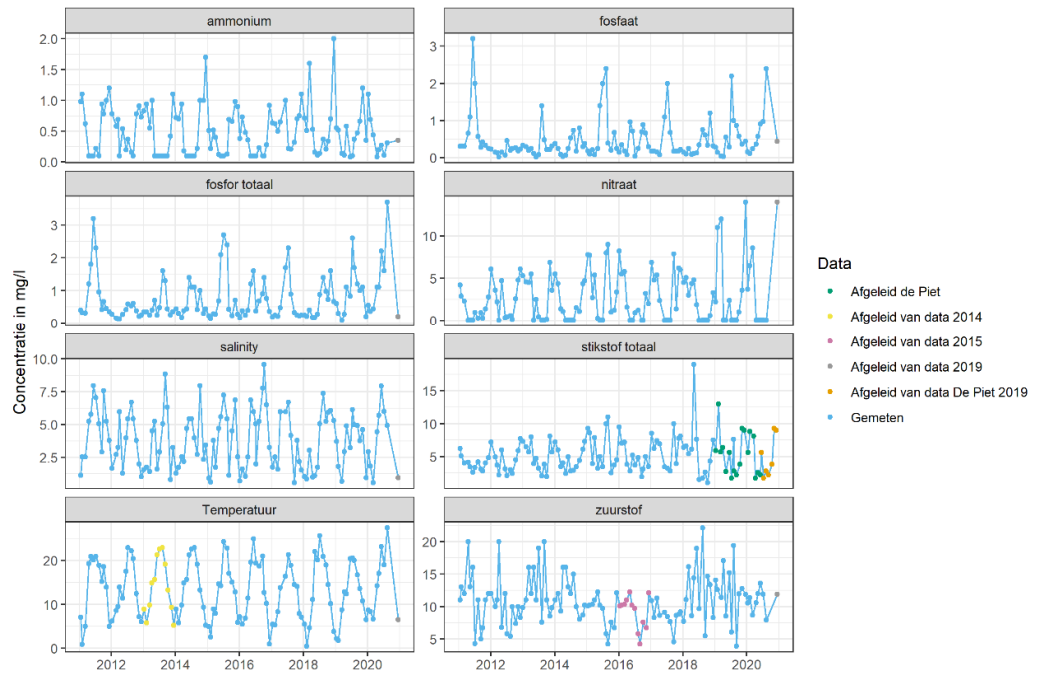
Stoffenconcentratie voor gemalen in Veerse Meer

Gemaal Wilhelmina



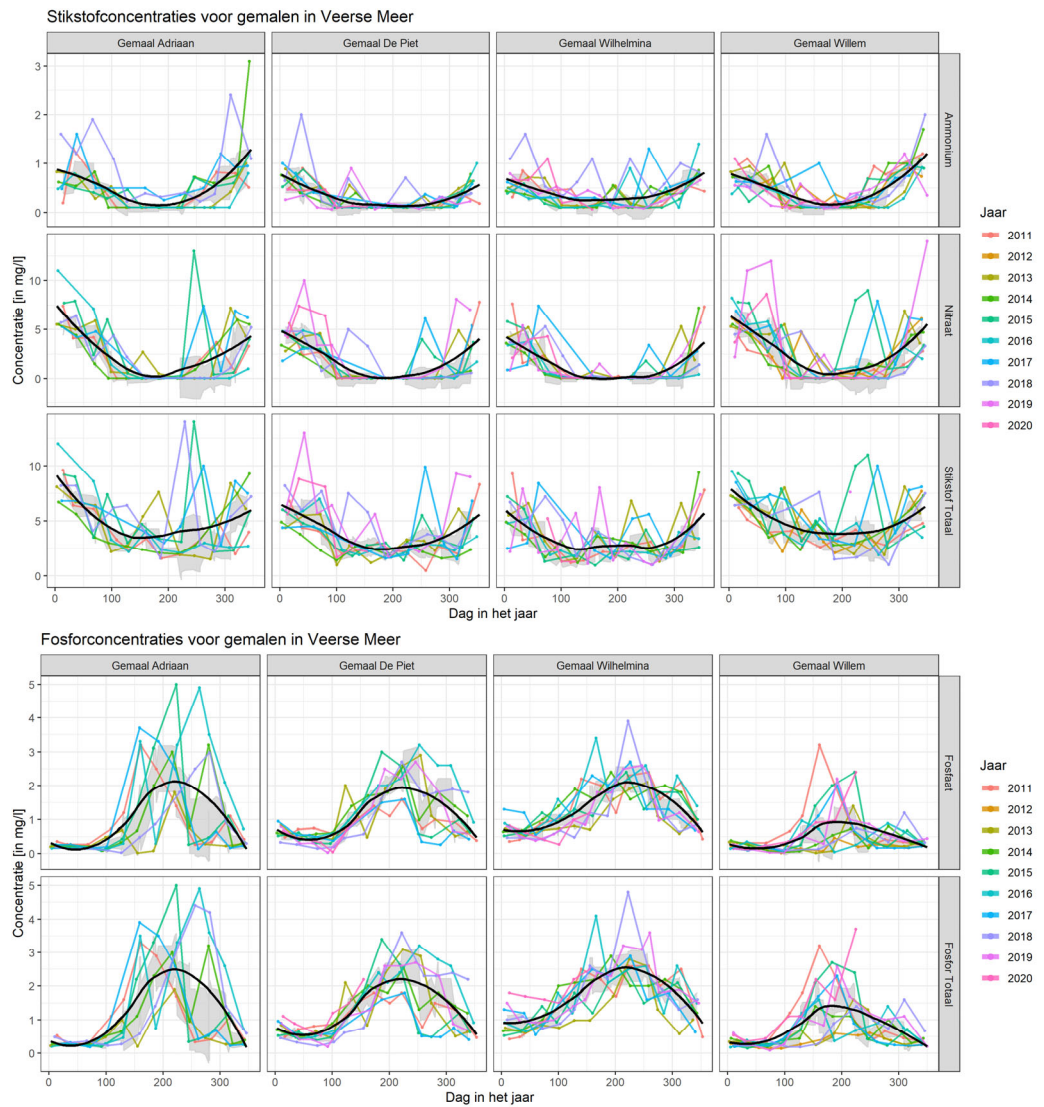
Stoffenconcentratie voor gemalen in Veerse Meer

Gemaal Willem



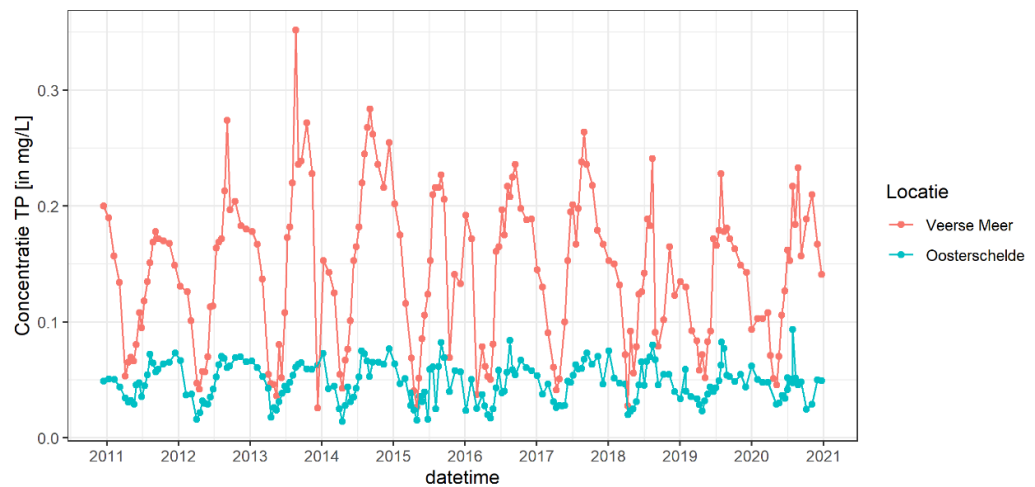
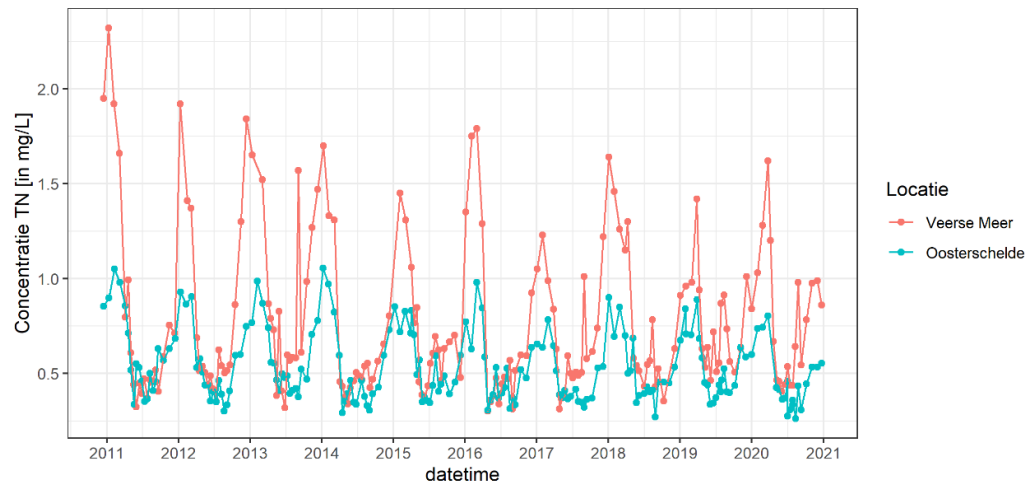
A.6 Jaarlijkse variatie in stoffenconcentratie

Hieronder wordt de variatie in stoffenconcentraties per jaar weergegeven voor de gemalen Adriaan, De Piet, Wilhelmina en Willem. Kleurcodes refereren naar de jaren.



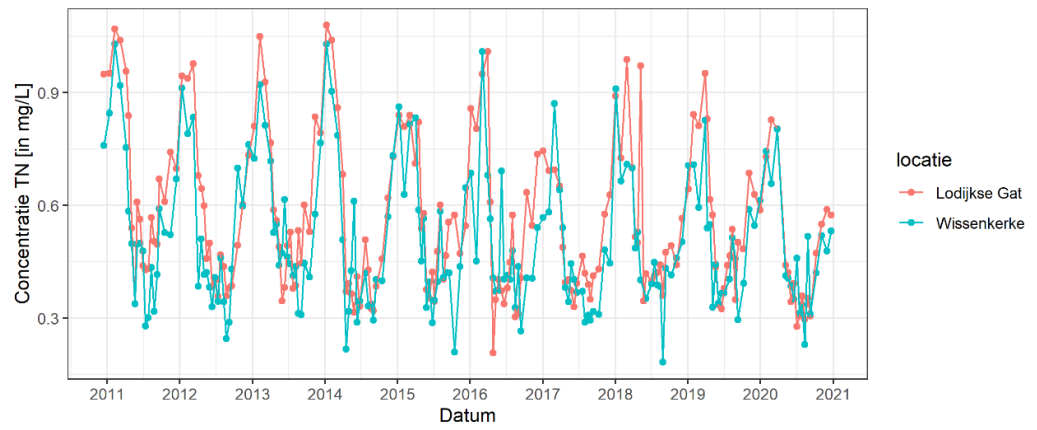
A.7 Gemeten stoffenconcentratie voor Veerse Meer en Oosterschelde

Hieronder wordt de concentratie gemeten totale stikstof en totale fosfaat weergegeven voor het Veerse Meer (meetstation Soelekerkepolder) en Oosterschelde (gemiddelde van meetstations Wissenkerke en Lodijkse Gat).



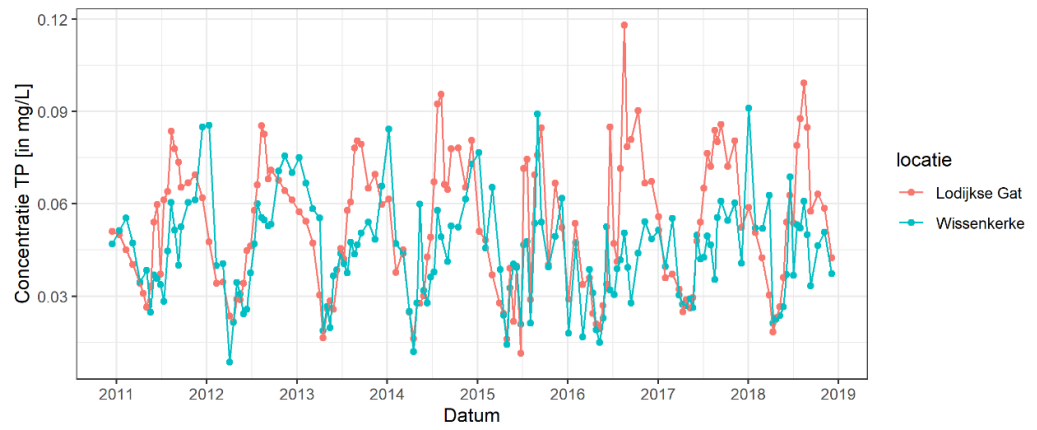
Concentratie TN Oosterschelde

Lodijkse Gat en Wissenkerke



Concentratie TP Oosterschelde

Lodijkse Gat en Wissenkerke



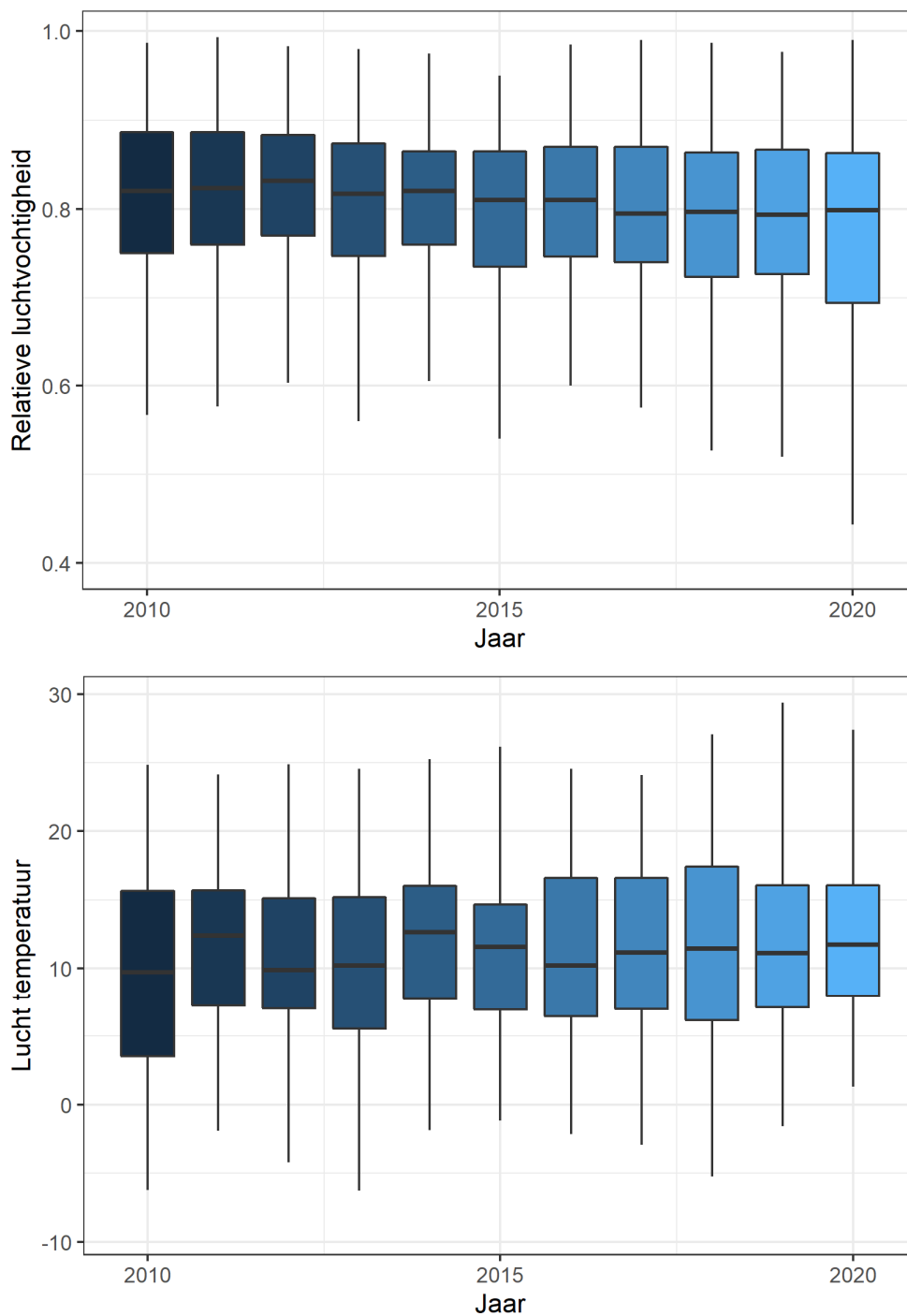
A.8 Waterstand schutting Zandkreeksluis

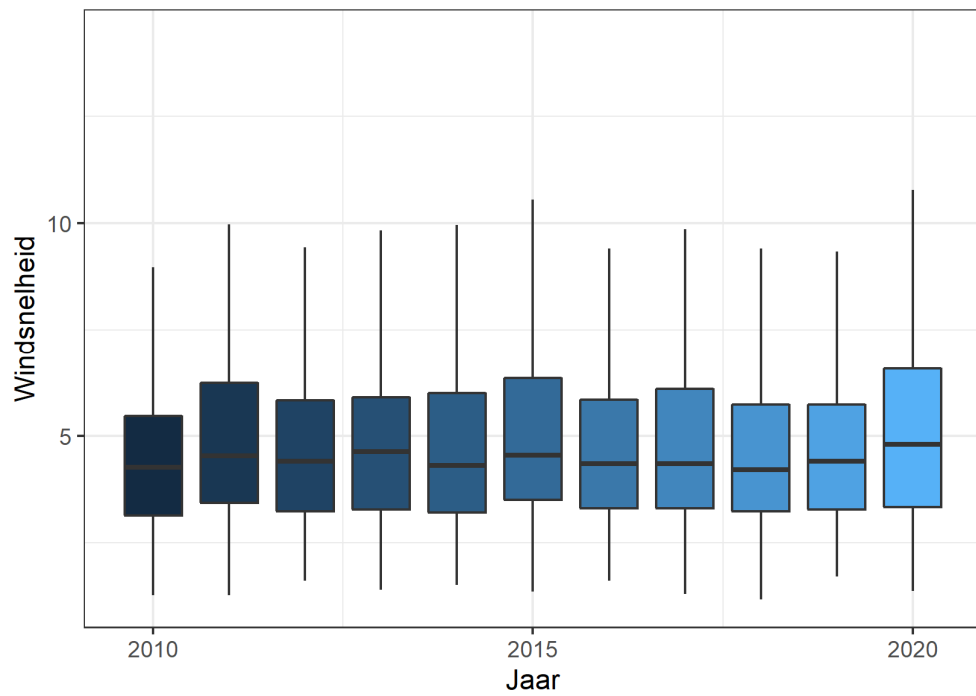
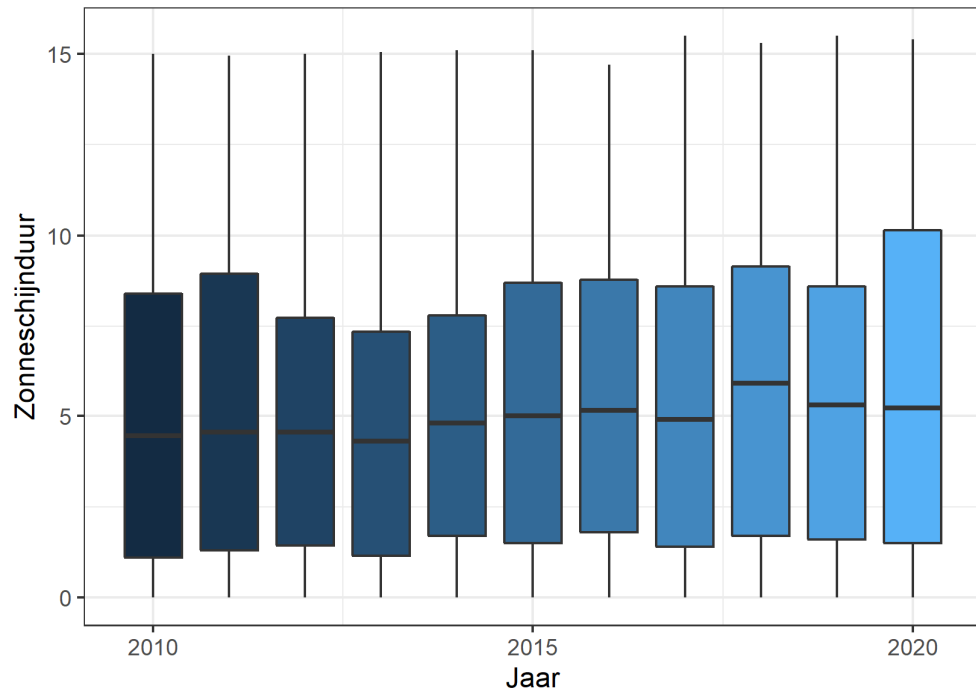
De waterstand van de ingaande en uitgaande schuttschijven bij de Zandkreeksluis zijn direct gerelateerd aan de waterstand in het Veerse Meer. Deze relatie wordt hieronder weergegeven.

Waterstand Veerse Meer (in m)	Peil schuttschijf ingaand (in m)	Peil schuttschijf uitgaand (in m)
0,20	0,92	0,98
0,15	0,94	0,96
0,10	0,96	0,94
0,05	0,98	0,92
0,00	1,00	0,90
-0,05	1,02	0,88
-0,10	1,04	0,86
-0,15	1,06	0,84
-0,20	1,08	0,82
-0,25	1,10	0,80
-0,30	1,12	0,78
-0,35	1,14	0,76
-0,40	1,16	0,74
-0,45	1,18	0,72
-0,50	1,20	0,70
-0,55	1,22	0,68
-0,60	1,24	0,66
-0,65	1,26	0,64
-0,70	1,28	0,62
-0,75	1,30	0,60
-0,80	1,32	0,58
-0,85	1,34	0,56
-0,90	1,36	0,54
-0,95	1,38	0,52
-1,00	1,40	0,50
-1,05	1,42	0,48
-1,10	1,44	0,46

A.9 Jaarlijkse weerparameters

Het jaarlijkse gemiddelde wordt hieronder weergegeven voor de relevante parameters die een rol spelen bij de verdamping van oppervlakte water uit het Veerse Meer. Het betreft hier relatieve luchtvochtigheid, lucht temperatuur, windsnelheid en zonschijnduur.





Deltares is een onafhankelijk kennisinstituut voor toegepast onderzoek op het gebied van water en ondergrond. Wereldwijd werken we aan slimme oplossingen voor mens, milieu en maatschappij.

Deltares

www.deltares.nl