



Bronnenanalyse nutriënten waterlichamen Noorderzijlvest

Analyse voor de oppervlaktewaterlichamen voor het afleiden van haalbare KRW doelen

Peter Schipper, Piet Groenendijk, Arjon Buijert



WAGENINGEN
UNIVERSITY & RESEARCH

Bronnenanalyse nutriënten waterlichamen Noorderzijlvest

Analyse voor de oppervlaktewaterlichamen voor het afleiden van haalbare KRW doelen

Peter Schipper¹, Piet Groenendijk¹, Arjon Buijert²

1 Wageningen Environmental Research

2 Arcadis

Dit onderzoek is uitgevoerd door Wageningen Environmental Research in samenwerking met adviesbureau Arcadis en gefinancierd door Waterschap Noorderzijlvest.

Wageningen Environmental Research
Wageningen, september 2023

Akkoord voor publicatie:
Gert Jan Reinds, teamleider (Duurzaam Bodembeheer)

Rapport 3277
ISSN 1566-7197

De waterkwaliteit voldoet in delen van Groningen nog niet aan de doelen die voor de Europese Kaderrichtlijn Water zijn gesteld. Onder andere worden de KRW-doelen voor fosfor en stikstof daar nog overschreden. Mogelijk is bij het afleiden van die doelen echter onvoldoende rekening gehouden met de belasting door natuurlijke invloeden en bronnen, zoals kwel en natuurlijke uitloging en mineralisatie van landbouw- en natuurgronden. Daarom heeft het waterschap Noorderzijlvest aan Wageningen Environmental Research en Arcadis gevraagd om een bronnenanalyse uit te voeren en wel zodanig dat onderscheid gemaakt kan worden tussen antropogene bronnen en bronnen die beleidsmatig als natuurlijk worden beschouwd. In deze verhouding zijn achtergrondconcentraties afgeleid en vergeleken met de huidige KRW-doelen voor fosfor en stikstof. De berekende achtergrondconcentraties blijken hoger te zijn dan de KRW-doelen, met voor fosfor. Voor die gebieden waar dit geldt zijn opties aangegeven voor technische aanpassing van de KRW-doelen.

Trefwoorden: Kaderrichtlijn Water, oppervlaktewater kwaliteit, KRW-doelen, nutriënten belasting, stikstof, fosfor, uitspoeling, afspoeling, waterbalans, wateraanvoer, nutriëntenbalans, retentie, nalevering waterbodembodem, mestgiften, RWZI's, industriële lozingen, antropogene belasting, achtergrondbelasting

Dit rapport is gratis te downloaden van <https://doi.org/10.18174/638955> of op www.wur.nl/environmental-research (ga naar 'Wageningen Environmental Research' in de grijze balk onderaan). Wageningen Environmental Research verstrekt *geen* gedrukte exemplaren van rapporten.

© 2023 Wageningen Environmental Research (instituut binnen de rechtspersoon Stichting Wageningen Research), Postbus 47, 6700 AA Wageningen, T 0317 48 07 00, www.wur.nl/environmental-research. Wageningen Environmental Research is onderdeel van Wageningen University & Research.

- Overname, verveelvoudiging of openbaarmaking van deze uitgave is toegestaan mits met duidelijke bronvermelding.
- Overname, verveelvoudiging of openbaarmaking is niet toegestaan voor commerciële doeleinden en/of geldelijk gewin.
- Overname, verveelvoudiging of openbaarmaking is niet toegestaan voor die gedeelten van deze uitgave waarvan duidelijk is dat de auteursrechten liggen bij derden en/of zijn voorbehouden.

Wageningen Environmental Research aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele schade voortvloeiend uit het gebruik van de resultaten van dit onderzoek of de toepassing van de adviezen.



Wageningen Environmental Research werkt sinds 2003 met een ISO 9001 gecertificeerd kwaliteitsmanagementsysteem.

In 2006 heeft Wageningen Environmental Research een milieuzorgsysteem geïmplementeerd, gecertificeerd volgens de norm ISO 14001.

Wageningen Environmental Research geeft via ISO 26000 invulling aan haar maatschappelijke verantwoordelijkheid.

Inhoud

Verantwoording	5
Woord vooraf	7
Lijst met definities	9
Samenvatting	11
1 Inleiding	15
1.1 Achtergrond en probleemstelling	15
1.2 Projectdoelstelling en projectresultaat	15
1.3 Uitgangspunten	16
1.4 Leeswijzer	16
2 Onderzoeksmethode	17
2.1 Aanpak op hoofdlijnen	17
2.2 Af- en uitspoeling	19
2.3 Overige punt- en diffuse bronnen	20
2.4 Wateraanvoer van buiten beheergebied	21
2.5 Uitwisseling water binnen het beheergebied	22
2.6 Modellerings oppervlaktewater	22
2.7 Achtergrondbelasting en achtergrondconcentratie	23
3 Modelresultaten	24
3.1 Af- en uitspoeling landbouw- en natuurgronden	24
3.2 Overige bronnen en jaargemiddelde belasting	26
3.3 Validatie Sobek-Delwaq	29
3.4 Herkomstverdeling zomerhalfjaar	30
3.5 Achtergrondbelasting en -concentraties	32
3.6 Achtergrondconcentraties	34
3.7 Opties voor technische aanpassing KRW-doelen	35
4 Scenario's maatregelen	37
4.1 Inleiding	37
4.2 Maatregelenscenario's	37
4.3 Resultaten effectberekening scenario's	39
5 Conclusies en aanbevelingen	43
5.1 Conclusies	43
5.2 Aanbevelingen	44
Literatuur	46
Bijlage 1 Nutriëntenbalansen zomerhalfjaar	47
Bijlage 2 Validatie: vergelijking berekende en gemeten concentraties	49

Verantwoording

Rapport: 3277

Projectnummer: 5200046247

Wageningen Environmental Research (WENR) hecht grote waarde aan de kwaliteit van zijn eindproducten. Een review van de rapporten op wetenschappelijke kwaliteit door een referent maakt standaard onderdeel uit van ons kwaliteitsbeleid.

Akkoord referent die het rapport heeft beoordeeld,

functie: senior onderzoeker en teamleider WENR

naam: Gert Jan Reinds

datum: augustus 2023

Akkoord teamleider voor de inhoud,

naam: Gert Jan Reinds

datum: 15 september 2023

Woord vooraf

De waterkwaliteit voldoet in delen van Groningen nog niet aan de doelen die voor de Europese Kaderrichtlijn Water zijn gesteld. Onder andere worden de KRW-doelen voor fosfor en stikstof daar nog overschreden. Mogelijk is bij het afleiden van die doelen echter onvoldoende rekening gehouden met de belasting die voorkomt door natuurlijke invloeden en bronnen, zoals kwel en natuurlijke uitloging en mineralisatie van landbouw- en natuurgronden.

Daarom is in opdracht van het Waterschap Noorderzijlvest de onderhavige bronnenanalyse uitgevoerd. Met deze analyse is de stikstof- en fosforbelasting van het oppervlaktewater gekwantificeerd, waarbij onderscheid is gemaakt tussen de belasting die komt door natuurlijke bronnen en door antropogene bronnen. In deze verhouding zijn achtergrondconcentraties afgeleid en vergeleken met de huidige KRW-doelen voor fosfor en stikstof. Voor de waterlichamen waar de achtergrondconcentraties hoger zijn dan de huidige KRW-doelen zijn opties aangegeven voor technische aanpassing van de KRW-doelen.

Het onderzoek is uitgevoerd door Wageningen Environmental Research en Arcadis. In het onderzoek is gebruikgemaakt van meetgegevens van het waterschap (debieten, concentraties), het regionale Sobek-Delwaq-model dat Arcadis in 2018 voor het Waterschap heeft ontwikkeld en modelresultaten van de uit- en afspoeling die zijn gepubliceerd voor het WENR-onderzoek "Regionale pilot Kennisimpuls waterkwaliteit RBO-Noord; synthese af- en uitspoeling nutriënten naar water" (WENR & NMI 2020).

Het onderzoek is vanuit het waterschap begeleid door Vincent Hovinga (projectleider), Vincent de Looij, Jannes Schenkel en John Laninga.

Wageningen, juli 2023
De auteurs

Lijst met definities

Bronnen	In deze studie: oorzaken van het vrijkomen van de stikstof en de fosfor die in het oppervlaktewater en grondwater terechtkomen.
Diffuse bronnen	Bronnen van verontreiniging die niet eenduidig op een bepaalde plek hun oorsprong hebben, maar over een groter gebied plaatsvinden. Voorbeelden zijn verontreinigingen afkomstig uit de landbouw en het verkeer, die via atmosferische depositie en uit- en/of afspoeling van gronden het grond- en oppervlaktewater bereiken.
Antropogene bronnen	Bronnen van de nutriëntenbelasting die voorkomen door menselijk handelen, zoals lozingen van afvalwater, riooloverstorten en uitspoeling die voorkomt door bemesting. De andere belasting wordt dan toegeschreven aan natuurlijke bronnen. Voor sommige bronnen is dit onderscheid arbitrair of moeilijk te maken, zoals atmosferische depositie, uitspoeling door mineralisatie (die vaak versneld is door ontwatering).
Stuurbare bronnen	Bronnen van verontreiniging waarvan de bronsterkte te beïnvloeden is door menselijk handelen, zoals minder mestgiften, terugdringen lozingen puntbronnen en riooloverstorten.
Kaderrichtlijn Water	De Europese Kaderrichtlijn Water (2000/60/EG) is in 2000 van kracht geworden en heeft als doel de kwaliteit van oppervlakte- en grondwater in Europa te waarborgen. In Nederland vertaalt de Rijksoverheid de Kaderrichtlijn Water (KRW) in landelijke beleidsuitgangspunten, kaders en instrumenten. De minister van Infrastructuur en Milieu is eindverantwoordelijk voor de uitvoering van de KRW.
KRW-waterlichaam	In de KRW is een deel van het oppervlaktewater aangewezen als waterlichaam. Een waterlichaam is een 'onderscheiden oppervlaktewater van aanzienlijke omvang, zoals een meer, een waterbekken, een stroom, een rivier, een kanaal, een overgangswater of een strook kustwater'. Onder oppervlaktewateren van <i>aanzienlijke omvang</i> vallen waterlichamen met een minimale oppervlakte van 0,5 km ² of een stroomgebied van ten minste 10 km ² . Voor deze wateren moet de toestand van het aquatisch ecosysteem beschreven worden en moeten plannen worden gemaakt en uitgevoerd om – als dat nog niet het geval is – een goede ecologische toestand te bereiken.
Vanggebied	Het beïnvloedingsgebied dat afwatert op een bepaald oppervlaktewaterlichaam. Grenzen tussen beïnvloedingsgebieden zijn op te vatten als waterscheidingen. Vanggebieden worden ook wel aangeduid als (deel)stroomgebied, catchment en afwateringsgebied.
Ecologische doelen	De Europese Commissie eist via de KRW dat lidstaten ecologische doelstellingen formuleren. In Nederland zijn 42 verschillende KRW-watertypen onderscheiden, waarvoor een beschrijving is gemaakt hoe ze er ecologisch uit zouden zien als er geen of slechts geringe menselijke invloed zou zijn geweest (referentie). Aan de hand van een maatlat voor het Ecologisch Potentieel wordt beoordeeld of de toestand van een water 'zeer goed' (de referentie), 'goed', 'matig', 'ontoereikend' of 'slecht' is. De KRW-norm ligt bij 'goed'.
KRW-doelnutriënten	Per watertype (zie ecologische doelen) is in een database van meetresultaten voor biologie (vis, macrofyten, macrofauna en fytobentos) bekeken bij welke nutriëntconcentraties de biologie voldoet. Dit is het advies voor nutriëntdoelen geworden. Waterbeheerders hebben meestal dit advies overgenomen, maar soms niet. Bijv. als hoge, niet-beïnvloedbare achtergrondwaarden aan de orde zijn.

Regionaal oppervlaktewater		In deze studie worden de regionale waterlichamen soms aangeduid met 'regionaal oppervlaktewater'. De regionale wateren zijn vrijwel altijd in beheer bij waterschappen.
KRW-doelgat en opgavevermindering nutriëntenbelasting		Het KRW-doelgat is het verschil tussen de huidige ecologische toestand van het oppervlaktewater en de toestand 'goed'. De opgave van nutriënten is een zodanige verlaging van de nutriëntenbelasting dat deze belasting geen belemmering meer vormt voor het bereiken van de goede ecologische toestand. Deze opgave is berekend door de totale inkomende vracht in een vanggebied te vermenigvuldigen met de reductiedoelstelling van de concentraties die in het zomerhalfjaar op de KRW-meetpunten worden gemeten. Op basis van de herkomst van de belasting kan de opgave toegekend worden aan de sectoren naar rato van hun aandeel in de nutriëntenbelasting in het vanggebied.
Generiek mestbeleid		Het stelsel van gebruiksnormen en gebruiksvorschriften voor bemesting zoals dat van kracht is voor landbouwbedrijven.
Agrarische bedrijfsvoering		In deze studie: het landbouwkundig handelen dat leidt tot overschotten van stikstof en/of fosfor die op het veld en/of in de bodem achterblijven.
Mest		In deze studie is het begrip 'mest' gekoppeld aan mestgift of bemesting en wordt er de som van kunstmest en dierlijke mest mee aangeduid.
Retentie		De opname door planten en de afbraak, omzetting en vastlegging van stikstof en fosfor in het oppervlaktewater en in sediment direct grenzend aan oppervlaktewater door biologische en chemische processen.
Uit- en afspoeling landbouwgronden	Afspoeling	Stoffen die via oppervlakkige afstroming vanaf (onverharde) cultuur- en natuurgronden in het oppervlaktewater terechtkomen.
	Uitspoeling	Stoffen die via het grondwater en/of buisdrainage vanaf (onverharde) cultuur- en natuurgronden in het oppervlaktewater terechtkomen.
	Actuele bemesting	De toegediende mestgiften in het jaar waarin het berekende overschot, uitspoeling en/of toestand van de bodem worden geëvalueerd.
	Historische bemesting of bemesting in het verleden	De toegediende mestgiften de jaren voorafgaand aan het jaar waarin het berekende overschot, uitspoeling en/of toestand van de bodem worden geëvalueerd. Het begrip historische bemesting wordt meestal gebruikt in de context van na-ijling van of nalevering uit in het verleden opgebouwde voorraden in de bodem, hetgeen vooral voor fosfor lang (decennia) kan duren. De grens tussen historische en actuele bemesting is arbitrair. Zoals modelmatig ingevuld met STONE, wordt aangenomen dat de laatste vier jaar voorafgaand aan een berekend zichtjaar nog toe te schrijven is aan de actuele bemesting.
	Nalevering landbouwgrond	Uit- en afspoeling die niet gerelateerd zijn aan bemesting, maar aan de nalevering door bodemprocessen, zoals mineralisatie van veen of de uitloging van in het verleden opgehoopt fosfaat afkomstig uit kwel.
	Kwel	Uitspoeling die niet gerelateerd is aan bemesting, maar aan de kwel die optreedt vanuit de diepere ondergrond naar het bodemprofiel.
	Infiltratie	Uitspoeling van lokaal oppervlaktewater dat eerder (met name in de zomer) in het bodemprofiel is geïnfilteerd.

Samenvatting

De KRW-doelen van fosfor en stikstof worden in het oppervlaktewater van waterschap Noorderzijlvest nog ruim overschreden. Daardoor wordt de ontwikkeling van de gewenste ecologie (het KRW-doel voor de ecologie) belemmerd. Mogelijk is onvoldoende rekening gehouden met de nutriëntenbelasting door natuurlijke invloeden en bronnen, zoals kwel en natuurlijke uitloging en mineralisatie van landbouw en natuurgronden.

Onderzoeksmethode

In het onderhavige onderzoek is een bronnenanalyse voor nutriënten uitgevoerd. Deze geeft kwantitatief inzicht in het aandeel van de stikstof- en fosforbronnen die beleidsmatig als achtergrondbelasting kunnen worden beschouwd. De analyse is uitgevoerd met een model dat de waterstromen en concentraties van de nutriënten (stikstof en fosfor) simuleert in het verloop van de tijd. Met het model zijn de nutriëntenbalansen opgesteld voor de periode 2014 tot en met 2017 voor de afwateringsgebieden Elektraboezem (1^e, 2^e en 3^e schil), Fivelingo, Noordpolderzijl en Spijksterpompen. Vervolgens zijn vanuit deze balansen de (theoretische) achtergrondbelasting en bijhorende achtergrondconcentraties afgeleid, welke zijn vergeleken met de huidige KRW-doelen. Ook zijn scenario's met emissiereductie van antropogene bronnen uitgevoerd.

Modellering oppervlaktewater

Voor de modellering zijn de recentste inzichten in de uit- en afspoeling van landbouw- en natuurgronden gebruikt. Deze zijn verwerkt in het oppervlaktewatermodel dat Arcadis voor het waterschap in voorgaande studies heeft ontwikkeld. Na actualisatie is dit model gevalideerd door de berekende concentraties van stikstof en fosfor te vergelijken met de gemeten concentraties. Uit de validatie kan geconcludeerd worden dat de stofvrachten (belasting) en bronverdeling hiermee plausibel zijn op het niveau van de onderscheiden deelgebieden.

Jaargemiddelde nutriëntenbelasting

De jaargemiddelde fosforbelasting wordt binnen de afwateringsgebieden vooral bepaald door de af- en uitspoeling van landbouwgronden (22-29%), nalevering vanuit de waterbodembodem (8-44%) en, in mindere mate, door uitspoeling uit natuurgronden (1-9%) en RWZI's (0-6%). Ook de jaargemiddelde stikstofbelasting wordt in de gebieden vooral bepaald door de af- en uitspoeling van landbouwgronden (33-45%), nalevering vanuit de waterbodembodem (6-11%), uitspoeling uit natuurgronden (1-7%) en RWZI's (0,4-13%). Vergunde lozingen van industrie leveren alleen in Spijksterpompen een grote bijdrage (fosfor 13% en stikstof 20%).

Naast de bronnen binnen de gebieden blijkt dat uitwisseling van water tussen de gebieden een grote bijdrage heeft aan de stofvrachten (fosfor 8-44% en stikstof 8-49%). Externe wateraanvoer (dit betreft hoofdzakelijk water uit de Friese Boezem) levert alleen in de 3^e Schil Elektraboezem een belangrijke bijdrage (8% voor fosfor en 18% voor stikstof).

Achtergrondbelasting zomerhalfjaar

Omdat KRW-doelen getoetst worden aan de gemeten kwaliteit in het zomerhalfjaar, zijn de balansen ook opgesteld voor het zomerhalfjaar. Ten opzichte van de jaargemiddelde belasting is in het zomerhalfjaar het aandeel van externe wateraanvoer groter alsmede het aandeel van nalevering vanuit de waterbodembodem, vooral voor fosfor. Vanuit deze balansen is de achtergrondbelasting berekend als de som van de belasting door bronnen die beleidsmatig als natuurlijk kunnen worden beschouwd. In overleg met het waterschap is hiervoor uitgegaan van de belasting door uit- en afspoeling die niet voorkomt door bemesting, atmosferische depositie, kwel, watervogels, externe wateraanvoer en een deel van de nalevering vanuit de waterbodembodem (het deel dat als natuurlijk kan worden beschouwd).

De berekende achtergrondbelasting van fosfor is gemiddeld 55% en varieert van 52% (1^e en 2^e Schil Elektraboezem) tot 61% (Fivelingo). De achtergrondbelasting die is aangehouden voor de waterbodembodem heeft hier een belangrijk aandeel in (10-18%). De externe wateraanvoer, die geheel als achtergrondbelasting is

beschouwd, heeft alleen in de 2^e en 3^e Schil Elektraboezem en Fivelingo een duidelijk aandeel in de berekende achtergrondbelasting (respectievelijk 5, 10 en 14%).

De berekende achtergrondbelasting van stikstof is gemiddeld 47% en varieert van 36% (1^e Schil) tot 62% (Fivelingo). Vergeleken met de achtergrondbelasting van fosfor heeft de waterbodem hier veel minder invloed op, terwijl het aandeel externe wateraanvoer wel een grote invloed heeft, vooral in de 3^e Schil Elektraboezem en Fivelingo.

De externe wateraanvoer was hiervoor beschouwd als achtergrondbelasting. Als ervan uit wordt gegaan dat de externe wateraanvoer vanuit Friesland voor 50% (fosfor) en 83% (stikstof) als antropogeen wordt aangemerkt, daalt in de gebieden van Noorderzijlvest de berekende achtergrondbelasting. Voor fosfor daalt de berekende achtergrondbelasting in de 3^e schil met 7%, in Fivelingo met 5% en in de andere gebieden met minder dan 2%. Voor stikstof zou de berekende achtergrondbelasting circa 14% lager uitkomen (31-40%).

Vergelijking achtergrondconcentraties en KRW-doelen

Per afwateringsgebied is de achtergrondconcentratie berekend door het aandeel van de achtergrondbelasting (percentage) te vermenigvuldigen met de concentraties die in de periode 2014-2017 gemeten zijn in het zomerhalfjaar. Dit levert voor fosfor sterk wisselende theoretische achtergrondconcentraties op, die variëren van 0,15 mgP/L in de 3^e Schil Elektraboezem, 0,25 en 0,32 in de 2^e Schil en Fivelingo en 0,53-0,64 mgP/L in de 1^e Schil, Noordpolderzijl en Spijksterpompen. Het huidige KRW-doel van fosfor is in Spijksterpompen 0,19 mgP/L en in de overige afwateringsgebieden 0,15 mgP/L. Afgezien van de 3^e Schil zijn de berekende theoretische achtergrondconcentraties dus ruim hoger dan het KRW-doel voor fosfor.

Voor stikstof variëren de berekende achtergrondconcentraties van 0,64 tot 1,43 mgN/L. Dat is aanmerkelijk lager dan de huidige KRW-doelen van stikstof (2,1 en 2,8 mgN/L).

Als ervan uit wordt gegaan dat de externe wateraanvoer vanuit Friesland voor 50% (fosfor) en 83% (stikstof) als antropogeen wordt aangemerkt, worden iets lagere achtergrondconcentraties voor fosfor berekend. Deze variëren dan van 0,13 tot 0,58 mgP/L. Voor stikstof worden dan duidelijk lagere achtergrondconcentraties berekend, namelijk variërend van 0,63 tot 0,81 mgN/L.

Vanuit de vergelijking tussen de berekende theoretische achtergrondconcentraties en de huidige KRW-doelen kan geconcludeerd worden dat de KRW-doelen van fosfor onvoldoende rekening houden met de belasting die voortkomt uit de bronnen die hier als natuurlijk zijn beschouwd.

Scenario's emissiereductie antropogene bronnen

De totale belasting met nutriënten is de som van de achtergrondbelasting en de belasting door de antropogene bronnen. Met modelscenario's is berekend hoeveel de belasting en daarbij de concentraties in het zomerhalfjaar afnemen als vrij extreme, maximaal haalbare geachte emissie-reducerende maatregelen worden genomen. Uit die berekeningen komt naar voren dat de beschouwde scenario leiden tot een afname van de concentraties, maar niet zodanig zijn dat de concentraties in de buurt komen van de KRW doelen. Omdat de berekende achtergrondconcentraties van fosfor al hoger zijn dan het KRW doel van fosfor, kunnen de berekende concentraties in de beschouwde scenario's wel dalen, maar niet zodanig dat de berekende achtergrondconcentraties worden gehaald. Als de KRW-doelen van fosfor op basis van de berekende achtergrondconcentraties bijgesteld zouden worden, moet rekening worden gehouden dat de concentraties die met het combinatie scenario worden berekend, beduidend hoger uitkomen (0,1 tot 0,4 mgP/l) dan de berekende achtergrondconcentraties.

Voor stikstof worden de KRW-doelen al in de referentieperiode gehaald. Het verschil tussen de KRW-doelen en de gemeten concentraties wordt met het combinatiescenario bijna verdubbeld, hetgeen met name de risico's voor overschrijding van de KRW-doelen in Spijksterpompen en de 3^e schil Elektraboezem verlaagt.

Aanbevelingen

Het ligt voor de hand om KRW-doelen aan te passen in gebieden waar de achtergrondconcentraties nabij of zelfs hoger zijn dan de huidige KRW-doelen. Landelijk zijn mogelijke benaderingen (methodes) voorgesteld om bij het afleiden en/of aanpassen van het KRW-doel rekening te houden met natuurlijke

achtergrondgehalten. Enkele daarvan zijn kort beschreven in hoofdstuk 3. Aanbevolen wordt om mogelijke benaderingen (methodes) voor technische bijstelling van de KRW-doelen af te stemmen met de andere waterschappen binnen de deelstroomgebieden Rijn-Noord en landelijk. Aanbevolen wordt om daarbij ook de resultaten van de maatregelenscenario's te betrekken.

De hier berekende achtergrondconcentraties zijn afgeleid op basis van het aandeel van bronnen die als natuur (niet antropogeen) zijn beschouwd. Bedacht moet worden dat in principe de belasting van alle bronnen te beïnvloeden is. Zo kan bijvoorbeeld met helofytenfilters de diffuse belasting vanuit sloten naar de boezem worden verminderd en kunnen met brede bufferstroken of regelbare drainage de uit- en afspoeling uit landbouwgronden worden verminderd en niet alleen het deel dat voortkomt uit bemesting. Atmosferische stikstofdepositie zal naar verwachting worden beïnvloed door nationale beleidsmaatregelen om de depositie op kwetsbare natuur te verminderen.

Landelijk worden door de WUR berekeningen uitgevoerd om kwantitatieve schattingen te geven in hoeverre de af- en uitspoeling van landbouwgronden zullen afnemen met het nieuwe mest- en stikstofbeleid (maatregelen 7^e Nitraat Actieprogramma en beschikking Afbouw derogatie). Vanuit deze berekeningen kunnen kwantitatieve schattingen voor de hier beschouwde gebieden worden gegeven. Het effect hiervan op de concentraties die in de onderhavige studie zijn berekend, kan relatief eenvoudig met het waterkwaliteitsmodel worden berekend en/of globaal worden berekend met het balansmodel dat vanuit Sobek-Delwaq in Excel is opgezet.

Emissieschattingen en modelberekeningen van de nutriëntenbelasting en resulterende concentraties in het oppervlaktewater gaan altijd gepaard met onzekerheden. Onzekerheidsmarges voor de berekende belasting en bronverdeling zijn moeilijk te kwantificeren omdat niet voor alle modelinput onzekerheidsgrenzen zijn aan te geven. Wel kunnen onzekerheden in de modelberekeningen die voor het onderhavige onderzoek zijn uitgevoerd worden verkleind, door met veldmetingen meer inzicht te verwerven in de nalevering van de waterbodem, de retentie, en door op de belangrijke uitwisselpunten van de afwateringsgebieden monitoringslocaties in te richten waarbij zowel de debieten als concentraties van de nutriënten worden gemeten.

In meerdere regio's wordt door de waterbeheerders gekeken of en hoe de KRW-doelen van stikstof en fosfor bijgesteld kunnen worden op basis van achtergrondconcentraties. Er zijn echter geen landelijke richtlijnen of bestuurlijke afspraken hoeveel marge tussen de achtergrondconcentratie en het nieuwe KRW-doel dan aangehouden kan worden. Aanbevolen wordt om hierover landelijke richtlijnen af te spreken.

1 Inleiding

1.1 Achtergrond en probleemstelling

De waterkwaliteit is de afgelopen decennia weliswaar verbeterd, maar Nederland heeft nog belangrijke opgaven (Adviescommissie Water, 2016). Voor het nieuwe beleid, de Delta-Aanpak Waterkwaliteit en Zoetwater (DAWZ), werken overheden, maatschappelijke organisaties en kennisinstituten samen om de waterkwaliteit te verbeteren en de doelen van de Europese Kaderrichtlijn Water (KRW) in 2027 te bereiken. Een van de zorgpunten voor het bereiken van de KRW-doelen is de hoge nutriëntenbelasting (Van Gaalen et al., 2020). Ook in delen van Groningen worden de KRW-doelen voor fosfor en stikstof nog overschreden. Mogelijk is in de noordelijke kleigebieden onvoldoende rekening gehouden met de belasting die voorkomt door natuurlijke invloeden en bronnen, zoals kwel en natuurlijke uitloging en mineralisatie van landbouw- en natuurgronden.

Daarom heeft het Waterschap Noorderzijlvest aan Wageningen Environmental Research en Arcadis gevraagd een bronnenanalyse voor nutriënten uit te voeren, daarmee de theoretische achtergrondbelasting en bijhorende achtergrondconcentraties af te leiden, deze te vergelijken met de huidige KRW-doelen met het oog op mogelijke technische bijstelling van de KRW-doelen.

1.2 Projectdoelstelling en projectresultaat

Het doel van het project is om met een bronnenanalyse voor de afwateringsgebieden van de KRW-waterlichamen een stikstof- en fosforbalans op te stellen, daarmee theoretische achtergrondconcentratie af te leiden en deze te vergelijken met de huidige KRW-doelen. De analyse dient daartoe de balansen op te stellen voor het zomerhalfjaar en onderscheid te maken tussen bronnen die beleidsmatig als natuurlijk en antropogeen worden aangemerkt.¹

Het projectresultaat biedt voor de genoemde gebieden transparant kwantitatief inzicht in:

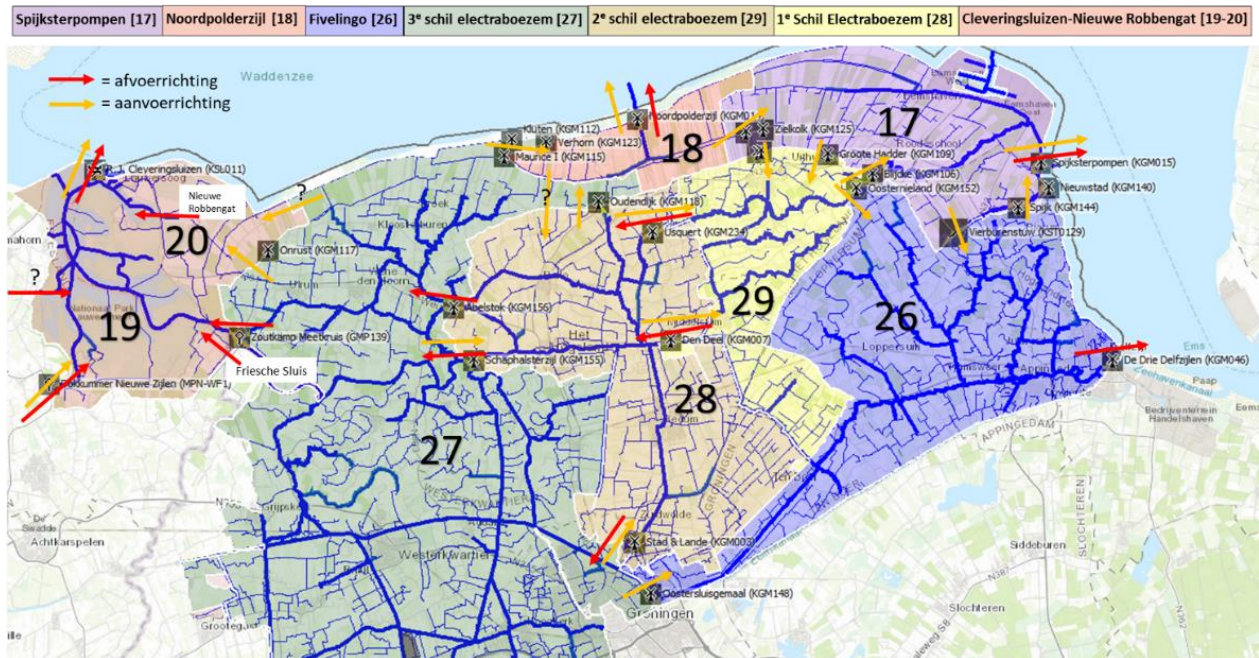
- De uit- en afspoeling van stikstof en fosfor voor de afwateringsgebieden 1^e, 2^e en 3^e schil Elektraboezem, Fivelingo, Noordpolderzijl en Spijksterpompen voor de periode 2014 tot en met 2017.
- De fosfor- en stikstofbalans in het zomerhalfjaar van de periode 2014-2017 op het niveau van de afwateringsgebieden, met het onderscheid in de antropogene bronnen en de bronnen die beleidsmatig (door het waterschap) als natuurlijk of seminatuurlijk kunnen worden beschouwd.
- Aan te geven opties voor de wijze waarop de KRW-doelen in gebieden met een relatief hoge achtergrondbelasting technisch kunnen worden bijgesteld.
- Effecten van scenario's om de nutriëntenbelasting van het oppervlaktewater te verlagen.

In 2018 is voor het Waterschap Noorderzijlvest een oppervlaktewaterkwaliteitsmodel opgezet door Arcadis (Vreman et al., 2018). Dit model is opgezet in SOBEK-DELWAQ en omvat de stoffen stikstof, fosfor en chloride. De uit- en afspoeling van stikstof en fosfor vormen een belangrijke input voor dit model. Deze was door Arcadis afgeleid uit de landelijke Emissieregistratie. In Emissieregistratie zijn alleen jaarcijfers van de uit- en afspoeling opgenomen en wordt geen onderscheid gemaakt tussen de af- en uitspoeling die voorkomt door bemesting en de af- en uitspoeling die gedreven wordt door natuurlijke bronnen en factoren (kwel, natuurlijke uitloging en mineralisatie, depositie). Nevendoel is om dit model te verfijnen door de input van de uit- en afspoeling te vervangen door de uit- en afspoeling (waterafvoer en nutriënten) die WENR regio-specifiek op decadebasis (10 dagen) heeft berekend voor Noord-Nederland.

¹ Onder antropogene bronnen wordt hier verstaan bronnen van de nutriëntenbelasting die voor komen door menselijk handelen, zoals lozingen van afvalwater, riooloverstorten en uitspoeling die voorkomt door bemesting. De andere belasting wordt dan toegeschreven aan natuurlijke bronnen. Voor sommige bronnen is dit onderscheid arbitrair of moeilijk te maken, zoals atmosferische depositie, uitspoeling door mineralisatie (die vaak versneld is door ontwatering).

1.3 Uitgangspunten

Het watersysteem wordt voor de balansen ingedeeld in de afwateringsgebieden zoals die door het Waterschap voor dit onderzoek zijn meegegeven in Figuur 2.1. Voor de afwateringsgebieden rond het Lauwersmeer (Nieuwe Robbengat en Cleveringsluizen) zijn geen balansen opgesteld, omdat daar hoofdzakelijk natuur is en de belasting voornamelijk wordt bepaald door de aanvoer vanuit Fryslân en de 3^e schil Elektraboezem.



Figuur 2.1 Indeling van het beheergebied van waterschap Noorderzijlvest in afwateringsgebieden.

De balansen zijn opgesteld voor de periode 2014 tot en met 2017. Dit omdat de methode voor het uitsplitsen van de bronnen achter de uit- en afspoeling van cultuurgronden (actuele en historische mestgift, kwel, depositie, natuurlijk uitloging en mineralisatie) uitgaat van een vierjarige periode, die bij voorkeur qua meteorologie representatief is voor een langjarige situatie. Voor deze periode was er ook al modelinformatie beschikbaar. Als recentere jaren worden doorgerekend, moet er bij de interpretatie rekening mee worden gehouden dat de jaren 2018 en 2019 uitzonderlijk droog waren en daarom minder representatief zijn voor een langjarige situatie.

1.4 Leeswijzer

De onderzoeksmethode staat beschreven in hoofdstuk 2. Hoofdstuk 3 behandelt de bronnenanalyse en de hiermee berekende achtergrondconcentraties en opties voor technische bijstelling van KRW-doelen. In hoofdstuk 4 worden de maatregelenscenario's behandeld. De conclusies van het onderzoek en aanbeveling zijn in hoofdstuk 5 geformuleerd. In Bijlage 1 zijn tabellen opgenomen met de gedetailleerde stikstof- en fosforbalansen en in Bijlage 2 grafieken waarin de met het model berekende stikstof- en fosforconcentraties worden vergeleken met de gemeten concentraties.

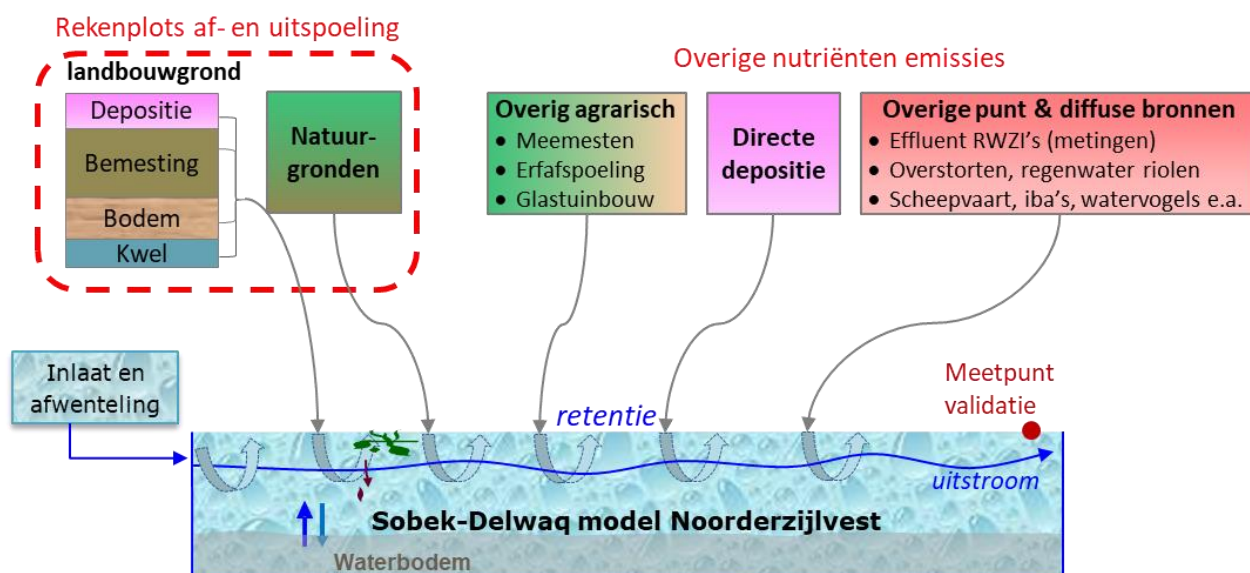
2 Onderzoeksmethode

2.1 Aanpak op hoofdlijnen

Met het onderzoek zijn de volgende stappen doorlopen:

1. Per deelgebied kwantificeren van alle punt- en diffuse stikstof- en fosforbronnen
2. Verwerking van de emissies in het oppervlaktewater kwaliteitsmodel Sobek-Delwaq
3. Modelberekeningen stofstromen en waterkwaliteit 2014-2017 en validatie
4. Verwerking modeloutput naar stofbalansen per deelgebied (per kwartaal)
5. Berekenen aandeel achtergrondbelasting (op basis van de stofbalansen)
6. Berekenen theoretische achtergrondconcentraties stikstof en fosfor ($\% \text{ achtergrondbelasting} \times \text{gemeten concentraties}$ en vergelijking met huidige KRW-doelen)
7. Opties voor technische bijstelling KRW-doelen
8. Modelberekeningen effecten maatregelen

De methode voor het berekenen van de nutriëntenbelasting (stap 1 t/m 3) is schematisch weergegeven in Figuur 2.2.



Figuur 2.2 Schematische weergave modellering nutriëntenbelasting.

Voor ieder afwateringsgebied zijn de waterstromen met SOBEK gesimuleerd. De fluxen van oppervlakkig afstromend water en drainagewater van de natuur- en cultuurgronden zijn in dit model vervangen door de drainageafvoeren die door WENR met SWAP op dagbasis zijn berekend. Het waterkwaliteitsmodel omvat reeds de punt- en diffuse bronnen van de nutriënten. De uit- en afspoeling van stikstof en fosfor in dat model zijn eveneens vervangen door hetgeen door WENR met ANIMO op decadebasis is berekend.

Met de ontwikkeling van het waterkwaliteitsmodel SOBEK-DELWAQ (Arcadis, 2018) zijn alle bekende punt- en diffuse bronnen van stikstof en fosfor gekwantificeerd. Voor de onderhavige studie is een aantal van die bronnen opnieuw en/of met een andere methode berekend. Tabel 2.1 geeft hiervan een overzicht.

Tabel 2.1 Berekening emissies punt- en diffuse nutriënten bronnen.

Balansterm	Bron
Uit- en afspoeling landbouw & natuurbodems	SWAP-ANIMO berekeningen WENR, uitgevoerd voor de synthese af- en uitspoeling RBO-Noord (Schipper et al., 2021)
RWZI's	Arcadis, 2018 (o.b.v. meetgegevens waterschap)
Diffuse stedelijk: honden, lokvoer	Arcadis, 2018
Recreatievaart	Arcadis, 2018
Grote vergunde industriële lozingen (o.a. Campina, Suikerunie en datacenters)	Arcadis, 2018 (Geregistreerde afvoeren)
Atmosferische depositie open water	Stikstof: RIVM-rapportage 2022 en areaal open water Fosfor: P-concentraties neerslag (Arcadis 2018)
Regenwaterriolen	Arcadis, 2018
Directe kwel naar oppervlaktewater	Arcadis, 2018, N- en P-concentraties kwelwater gelijk getrokken met ANIMO-berekeningen WENR
Afspoeling van verhard oppervlak (gerioleerd, gescheiden en niet gerioleerd)	Arcadis, 2018
Overige landbouwemissies: erfafspoeling, meesten sloten en glastuinbouw ²	Emissieregistratie
Overige Industriële lozingen (bouwmaterialen e.d.)	
Binnenscheepvaart	
Watervogels	
Overige emissies	Arcadis, 2018
Schut en lekverliezen	
Aanvoer buiten het gebied	
Nalevering waterbodembodem	

Met de input van deze emissies is het waterkwaliteitsmodel vervolgens doorgerekend en gevalideerd op basis van gemeten concentraties in het oppervlaktewater en enkele locaties van de belangrijke uitstroompunten waar het waterschap zowel de debieten als bijhorende chemische kwaliteit (stikstof en fosfor) in de modelperiode voldoende frequent heeft gemeten.

Na de validatie zijn per afwateringsgebied de balansen berekend (stap 4). Dit betreft per kwartaal het vierjarige gemiddelde van alle inkomende stofvrachten en de berekende retentie. In deze balansen is onderscheid gemaakt tussen de antropogene bronnen en de andere bronnen die beleidsmatig als achtergrondbelasting kunnen worden beschouwd. Met deze balansen is per afwateringsgebied het aandeel van de achtergrondbelasting in de totale fosfor- en stikstofbelasting berekend (stap 5). Met het berekende aandeel van de achtergrondbelasting en de zomerhalfjaar gemiddeld gemeten concentraties op de KRW-meetpunten zijn theoretische achtergrondconcentraties afgeleid (stap 6). Deze zijn vergeleken met de huidige KRW-doelen van stikstof en fosfor.

Voor de gebieden met relatief hoge achtergrondconcentraties (hoog ten opzichte van de KRW-doelen) zijn opties aangegeven voor de wijze waarop de KRW-doelen technisch kunnen worden bijgesteld (stap 7). Een van de opties is om na te gaan in hoeverre de belasting en daarmee de concentraties kunnen afnemen met maatregelen die beleidsmatig als haalbaar worden geacht. Hiertoe is een aanzet gegeven in stap 8.

In het navolgende worden de verschillende stappen (onderdelen) van het onderzoek toegelicht.

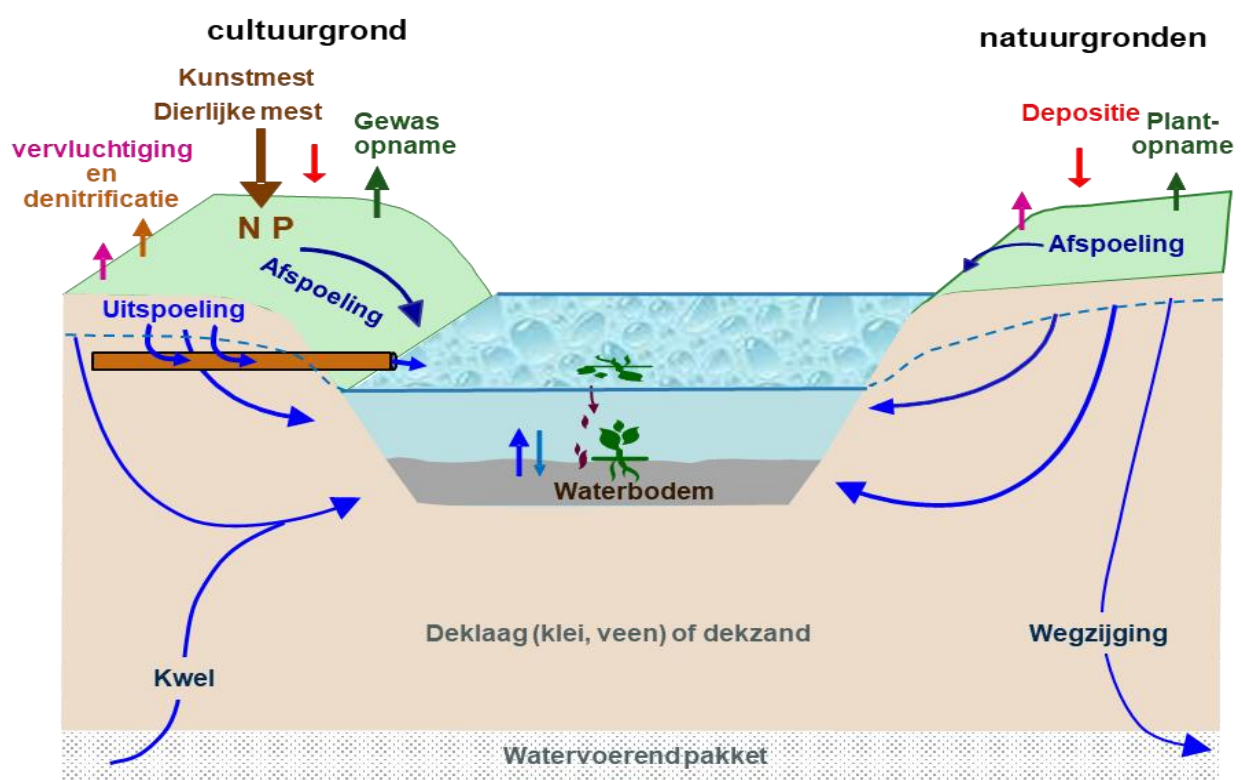
² De belasting van overige landbouwemissies wordt voornamelijk bepaald door erfafspoeling. De emissies door het (onbedoeld) meesten van sloten is al tijden terug sterk afgenomen door de huidige toedieningstechnieken (injectie) en het areaal glastuinbouw is in de gebieden zeer gering.

2.2 Af- en uitspoeling

Zoals aangegeven, is in een studie voor RBO-Noord door WENR in samenwerking met het NMI gebied-specifiek de af- en uitspoeling berekend (Schipper et al., 2021). In dit onderzoek is een synthese uitgevoerd van de diverse onderzoeken naar de uit- en afspoeling in de noordelijke provincies. Op basis van deze synthese is in dat onderzoek de uit- en afspoeling opnieuw berekend. Hierbij is voor de SWAP-ANIMO-rekeneenheden de kwelconcentratie (onderrandvoorwaarde) aangepast op basis van de beschikbare informatie over de regionale grondwaterkwaliteit. Verder is voor het aandeel van de afspoeling een relatie gelegd met de gemeten kwaliteit van de landbouwbodems (Eurofins data). De met SWAP-ANIMO totaal berekende af- en uitspoeling is daarbij gelijk gehouden, maar het aandeel van de afspoeling in de totale af- en uitspoeling is op basis van deze analyse aangepast. De bronnen achter de uit- en afspoeling zijn vervolgens onderverdeeld in het aandeel dat wordt veroorzaakt door actuele en historische mestgiften, kwel, depositie, semi-natuurlijke nalevering en lokaal geïnfiltreerd oppervlaktewater

De af- en uitspoeling is berekend voor de aanwezige landbouw- en natuurgronden. In de afwateringsgebieden van Noordpolderzijl en Spijksterpompen is het landbouwareaal voornamelijk akkerbouw. In de andere gebieden is ook een groot deel (circa 30-50%) van het landbouwareaal ingericht als grasland. Het aandeel mais is beperkt (1 à 5%) en het areaal glastuinbouw is vrij marginaal (totaal circa 50 ha). Het aandeel natuur varieert van circa 7% (Noordpolderzijl, 1^e schil Elektraboezem, Spijksterpompen) tot 11% (Fivelingo) en 18% (2^e en 3^e schil Elektraboezem).

Ten behoeve van de modelinput voor SOBEK-DELWAQ is een database opgezet met per afwateringsgebied (op dagbasis) de berekende waterafvoeren van de landbouw- en de natuurgronden. Deze waterstromen zijn de som van oppervlakkig afstromend water, drainage (buisdrainage en ondiep uitstromend grondwater) en kwel naar het bodemprofiel (zie Figuur 2.3). Hieraan toegevoegd zijn de bijhorende stofvrachten van stikstof en fosfor.



Figuur 2.3 Schematische weergave berekende af- en uitspoeling met de emissieroutes, bronnen en verdwijntermen. De kwel die niet via het bodemprofiel onder de percelen maar direct uittreedt naar het oppervlaktewater, is niet in dit schema opgenomen. Deze emissieroute is apart ingevoerd in het SOBEK-DELWAQ-model.

De met ANIMO-SWAP berekende uit- en afspoeling van de acht deelgebieden is ruimtelijk verdeeld over het waterkwaliteitsmodel. Hierbij is ook gebruik gemaakt van de berekende verdeling in de tijd. Bij het verdelen van uit- en afspoeling is het onderscheid behouden gebleven tussen natuur, stedelijk gebied en landbouw. Bij landbouw is er rekening gehouden met de verschillen tussen akkerbouw en grasland, maar is dit niet in het eindresultaat zichtbaar gemaakt. Voor stedelijk groen is aangenomen dat de concentratie van de uitspoeling naar water gelijk is aan die van natuur.

Bij het ruimtelijk toekennen van de emissies is gebruikgemaakt van het landgebruik op basis van het LGN7, zoals toegekend in het oorspronkelijke waterkwaliteitsmodel. Dit oppervlak is gecorrigeerd voor het oppervlak aan verharding en openwater, zoals dit was vastgelegd in het BGT (mei 2018).

Met ANIMO-SWAP is de totale N- en P-belasting berekend. In het waterkwaliteitsmodel is dit verdeeld over de individuele verschijningsvormen van deze nutriënten. Op basis van oppervlaktewatermetingen is aangenomen dat voor stikstof het grootste deel (50%) uit nitraat bestaat. Voor fosfor is op basis van meetgegevens aangenomen dat het grootste deel uit fosfaat bestaat (50%). De overige delen zijn verdeeld over de overige verschijningsvormen (voor stikstof is dat ammonium en organisch gebonden stikstof, voor fosfor organisch gebonden). De verdeling heeft geen invloed op de belasting, maar beïnvloedt wel de snelheid waarmee nutriënten worden opgenomen en vastgelegd in het waterkwaliteitsmodel.

De kwel die direct uittreedt naar het oppervlaktewater is niet meegenomen bij de berekende uitspoeling. Dit omdat de kwel die uittreedt naar de landbouwpercelen en natuur al meegenomen wordt in de berekeningen van de af- en uitspoeling. De kwel die direct uittreedt naar het oppervlaktewater is apart ingevoerd in het SOBEK-DELWAQ-model op basis van het regionale beschikbare geohydrologische model. Ten behoeve van de consistentie zijn de aangenomen concentraties van het kwelwater dat direct uittreedt naar de watergangen gelijk gehouden met de concentraties van de kwel die als onderrandvoorwaarde is opgelegd in de SWAP-ANIMO-berekening van de af- en uitspoeling.

2.3 Overige punt- en diffuse bronnen

In het oorspronkelijke waterkwaliteitsmodel zijn de volgende bronnen aangepast:

- Voor de directe kwel naar openwater is gebruikgemaakt van dezelfde N- en P-concentratie als gebruikt in ANIMO-SWAP voor de acht deelgebieden. De kwelflux zelf (ontleend aan het regionale geohydrologische model MIPWA, Arcadis 2018) is niet aangepast.
- De stikstofdepositie op openwater is niet meer afgeleid uit de gemeten stikstofconcentratie in regenwater, maar bepaald op basis van de door het RIVM gerapporteerde depositie (GDN, februari 2022). Dit is ook gebruikt als bron door de Emissieregistratie, maar er is gebruikgemaakt van een gedetailleerdere bepaling van het wateroppervlak.
- Sinds het opstellen van het oorspronkelijke waterkwaliteitsmodel zijn ook emissies van vogels opgenomen in de Emissieregistratie (Deltares, 2021). Deze schattingen zijn afgeleid van de beschikbare vogeltellingen.³ De bijdrage van vogels is daarom niet meer direct afgeleid uit de vogeltellingen, maar overgenomen uit de Emissieregistratie.
- Overige agrarische emissies zijn overgenomen uit de emissieregistratie. Dit betreft de som van erfafspoeling, meemesten sloten en glastuinbouw. Deze som wordt voornamelijk bepaald door erfafspoeling. De in de Emissieregistratie opgenomen emissieschattingen van erfafspoeling zijn erg onzeker en de indruk is dat deze vooral voor fosfor een overschatting geven. Onderzoek om deze schattingen bij te stellen was in 2022 nog niet gereed om voor de onderhavige modelstudie te benutten.
- De afspoeling van verhard oppervlak (gerioleerd, gescheiden en niet-gerioleerd) is nog steeds gebaseerd op het verhard oppervlak uit het BGT en de aangeleverde rioleringskenmerken vanuit de gemeenten (inclusief aangesloten oppervlak). Het afstromend watervolume is berekend in het hydrologische model. De emissievrachten zijn berekend door concentraties van dit water aan te nemen zoals weergegeven in Tabel 2.2.

³ Emissieregistratie Factsheet Vogelmest, Deltares 2021. <https://emissieregistratie.nl/Vogelmest.pdf>

Tabel 2.2 Aangenomen concentraties van stikstof en fosfor van water uit riooloverstorten en water dat afstroomt over verhardingen (hemelwaterstelsels en niet-gerioleerde verhardingen). Deze concentraties zijn ontleend aan Rioned 2019.⁴

	N (mg/l)	P (mg/l)
Gemengde overstorten	9,8	1,7
Hemelwaterstelsels en niet gerioleerde verharding	1,8	0,04

De volgende bronnen zijn niet aangepast ten opzichte van het oorspronkelijke waterkwaliteitsmodel:

- De geregistreerde afvoer van verschillende grote vergunde watergebruikers (o.a. Friesland Campina, Suikerunie en datacenters).
- Overige stedelijke en industriële emissies. De meeste emissies zijn hierbij overgenomen uit de Emissieregistratie. Dit betreft onder andere binnenscheepvaart en huishoudelijk afvalwater.
- Emissies van honden, lokvoer en recreatievaart zijn afzonderlijk bepaald en opgeteld bij de term 'overige stedelijke en industriële emissies'. Voor honden is de emissiefactor ontleend aan Aalderink et al. (2009) (gram/hond) en zijn de aantallen honden door Arcadis ontleend aan data over de hondenbelasting. Deze emissies zijn waarschijnlijk afgenomen door de ingevoerde opruimplicht. De emissies van recreatievaart zijn gebaseerd op tellingen van het aantal boten (periode 2003-2008) en emissiekenmerken, beide zijn door het waterschap aangeleverd.
- Voor het bepalen van de nalevering van de waterbodem is gebruikgemaakt van de potentiële nalevering op basis van bodemonsters. Omdat er maar weinig metingen beschikbaar waren, is de berekende nalevering ruimtelijk verdeeld op basis van de baggerfrequentie en het bodemtype. In verschillende polders is dit gecorrigeerd op basis van de gemeten fosfordynamiek.

2.4 Wateraanvoer van buiten beheergebied

De aanvoer van water van buiten het waterschap is overgenomen uit het oorspronkelijke waterkwaliteitsmodel. De aanvoer bestaat uit bewuste en onbewuste wateraanvoer.

De bewuste wateraanvoer wordt door het waterschap gemonitord. In het model zijn deze debieten daarom zo veel mogelijk opgenomen als meetreeksen. De belangrijkste aanvoer vindt plaats via Gaarkeuken. Maar er komt ook veel water binnen vanuit Friesland bij Dokkumer Nieuwe Zijlen. Andere inlaten bevinden zich onder andere op verschillende locaties langs de Drentsche Hoofdvaart. Water wordt vanuit de Drentsche Hoofdvaart ingelaten onder vrij verval, waardoor deze debieten zijn gebaseerd op eenmalige metingen of schattingen.

Het onbewuste transport van water vindt voornamelijk plaats door schut- en lekverliezen bij sluizen. Het schutverlies is berekend op basis van scheepvaarttellingen, terwijl het lekverlies is berekend op basis van het peilverschil en de breedte van de sluis. De belangrijkste externe schut- en lekverliezen vinden plaatst langs het Eemskanaal naar het Damsterdiep.

De kwaliteit van de externe wateraanvoer is afgeleid uit nabijgelegen meetpunten van Hunze en Aa's, Fryslân en Drents Overijsselse Delta.

⁴ <https://www.riool.net/vgs-in-relatie-tot-gemengde-overstorten>

2.5 Uitwisseling water binnen het beheergebied

De interne wateraanvoer is in detail opgenomen in het hydrologische model. Dit is zo veel mogelijk gebaseerd op de gemeten debietreeksen van het waterschap. Op de meeste locaties is het nutriëntentransport direct door het model berekend op basis van de lokaal berekende waterkwaliteit.

Voor de uitwisseling tussen Spijksterpompen en Noordpolderzijl en de rest van het waterschap is gebruikgemaakt van meetreeksen van het doorgevoerde debiet en de waterkwaliteit. Dit is gedaan omdat het op deze locatie gaat om lange aan- en afvoertrajecten die niet in de modelschematisatie van Sobek zijn opgenomen.

2.6 Modellerings oppervlaktewater

Het Sobek/DELWAQ oppervlaktewatermodel is grotendeels gelijk aan het oorspronkelijke waterkwaliteitsmodel van Noorderzijlvest. Er zijn enkele emissiebronnen vervangen (af- en uitspoeling, watervogels, N-depositie en kwel) en enkele verbeteringen doorgevoerd om de stabiliteit van de modelberekening te verbeteren en iets meer ruimtelijke variatie zichtbaar te maken in het Lauwersmeer.

Retentie

De verwijdering van nutriënten (ook wel retentie genoemd) is door DELWAQ berekend op basis van de gemodelleerde waterkwaliteitsprocessen. Voorbeelden hiervan zijn denitrificatie, bezinken van aan deeltjes gebonden nutriënten en de opname door algen. Deze processen worden sterk beïnvloed door de verblijftijd in het watersysteem en de berekende waterkwaliteit. In DELWAQ wordt de retentie onder andere bepaald door de algengroei-, bezinking en de denitrificatiemodule. Het gaat hierbij om een indicatieve berekening, omdat er geen data beschikbaar zijn om de retentie meer locatie-specifiek te kwantificeren.

Naast verwijdering zorgt de waterbodem ook voor nalevering van nutriënten. De nalevering is niet alleen afhankelijk van het huidige watersysteem, maar ook van de natuurlijke waterbodem en de historische opbouw van de waterbodem.

Voor het bepalen van de nalevering van de waterbodem is gebruikgemaakt van de potentiële nalevering op basis van waterbodemmonsters. Omdat er maar weinig metingen beschikbaar waren, is de berekende nalevering ruimtelijk verdeeld op basis van de baggerfrequentie en het bodemtype. In verschillende polders is dit gecorrigeerd op basis van de gemeten fosfordynamiek.

Emissiebronnen

In het oorspronkelijke model is onderscheid gemaakt in zeventien bronnen. Deze bronnen kunnen individueel gevolgd worden in het model. Dit is gedaan door voor iedere stof-broncombinatie een tracer aan het model toe te voegen.

Voor het opstellen van de balansen wordt rekening gehouden met afwenteling. Als bijvoorbeeld een rwzi op een bovenstrooms gelegen afwateringsgebied loost, is een deel van de fosfor en stikstof in het benedenstrooms afwateringsgebied afkomstig van deze rwzi. In deze modelberekening zijn daartoe naast de bronlabels ook negen geotracers toegevoegd om de locatie te volgen waar de nutriënten oorspronkelijk vandaan zijn gekomen. Het gaat hierbij om de acht onderscheiden deelgebieden en de externe aanvoer. Om het totale aantal tracers beperkt te houden, is het aantal brontracers teruggebracht tot dertien. Enkele combinaties van geo- en brontracers komen niet voor. Hierdoor blijft het totale aantal tracers voor P, N en Cl beperkt tot 380.

Met deze tracers kan voor iedere locatie in het model bepaald worden welk aandeel van de berekende concentratie uit welke bron en uit welk deelgebied komt.

2.7 Achtergrondbelasting en achtergrondconcentratie

Vanuit de zomerhalfjaar gemiddelde herkomst is per afwateringsgebied een achtergrondbelasting berekend, zijnde het procentuele aandeel van de totale belasting in het gebied dat niet aan antropogene bronnen kan worden toegeschreven. Zoals eerder aangegeven, worden met antropogene bronnen die bronnen bedoeld waarvan de nutriëntenbelasting voorkomt door menselijk handelen, zoals lozingen van afvalwater, riooloverstorten en uitspoeling die voorkomt door bemesting. De andere belasting wordt dan toegeschreven aan natuurlijke bronnen. Voor sommige bronnen is dit onderscheid arbitrair of moeilijk te maken, zoals atmosferische depositie of uitspoeling door mineralisatie (die vaak versneld is door ontwatering).

In overleg met het waterschap is ervan uitgegaan dat de emissies uit de volgende bronnen beleidsmatig als natuurlijk of seminatuurlijk worden beschouwd. Dit betreft de af- en uitspoeling van nutriënten uit natuurgronden, de uit- en afspoeling vanaf landbouwpercelen en cultuurgronden die niet door bemesting gedreven worden (kwel, depositie, nalevering), directe atmosferische depositie, emissies door watervogels en uitspoeling uit stedelijk groen. Inlaat van rijkswateren wordt meestal als achtergrondbelasting beschouwd, tenzij de onderliggende bronnen goed gelabeld kunnen worden.

Om het aandeel te bepalen van de bronnen die als natuurlijk worden beschouwd, zijn in de opgestelde nutriëntenbalansen de volgende bewerkingen uitgevoerd:

- De uit- en afspoeling uit landbouwgronden is uitgesplitst in het deel dat voortkomt door actuele en historische mestgiftten en het deel dat voortkomt door atmosferische depositie, kwel, nalevering door mineralisatie en natuurlijke uitloging en eerder geïnfiltreerd lokaal oppervlaktewater. De uitsplitsing is ontleend aan de resultaten van een gevoeligheidsanalyse die met het landelijke model ANIMO is uitgevoerd. De methode van deze gevoeligheidsanalyse is beschreven in een notitie die voor de Kennisimpuls Waterkwaliteit is opgesteld (Groenendijk en Renaud, mei 2022).
- De samenstelling van de nalevering van de waterbodem wordt bepaald door de nutriëntenbelasting van voorgaande perioden. Daarom is voor de nalevering aangehouden dat een deel hiervan ook als natuurlijk kan worden beschouwd. Dit deel is berekend op basis van de jaargemiddelde verhouding van de antropogene en natuurlijke bronnen.
- De uitwisseling van water tussen de afwateringsgebieden is in het Sobek-Delwaq-model met de tracers gelabeld naar de onderliggende bronnen.

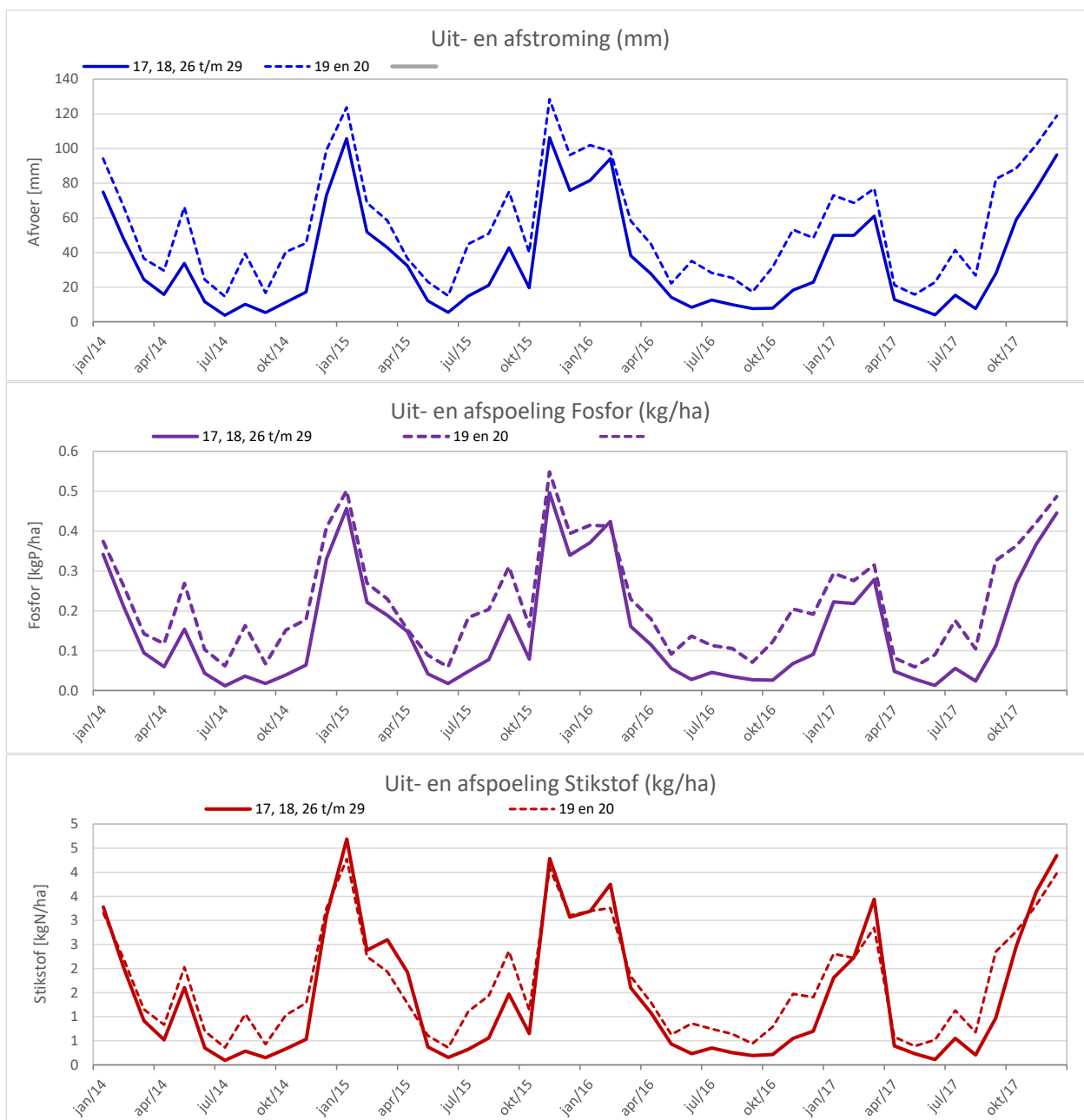
Met deze bewerkingen is het aandeel van de natuurlijke bronnen van de zes afwateringsgebieden berekend. Dit is aangeduid als achtergrondbelasting. Deze achtergrondbelasting is berekend als de som van de uit- en afspoeling die niet voortkomt uit bemesting (inclusief natuur en stedelijk groen), atmosferische depositie op open water, kwel, watervogels en externe wateraanvoer.

Per afwateringsgebied is vervolgens een theoretisch achtergrondgehalte van fosfor en stikstof berekend door het aandeel van de achtergrondbelasting te vermenigvuldigen met de zomerhalfjaar gemiddelde concentratie op de uitstroompunten.

3 Modelresultaten

3.1 Af- en uitspoeling landbouw- en natuurgebieden

De met SWAP-ANIMO berekende af- en uitspoeling van de landbouw- en natuurgebieden in de afwateringsgebieden zijn weergegeven in de onderstaande figuren (3.1). In de figuren zijn de af- en uitspoeling uit het gebied van Cleveringsluizen en Nieuw Robbengat apart weergegeven, omdat die qua landgebruik en ontwatering sterk verschillen van de overige afwateringsgebieden. Voor de modelinput van het oppervlaktewatermodel Sobek-Delwaq zijn de fluxen en stofvrachten voor ieder afzonderlijk afwateringsgebied per decade ingevoerd, met onderscheid in de af- en uitspoeling vanaf landbouwgronden en vanaf natuurgebieden.



Figuur 3.1 Met SWAP-ANIMO berekende af- en uitspoeling per decade. Bovenin de waterafvoeren, in het midden de af- en uitspoeling van fosfor (kgP/ha) en onderin de af- en uitspoeling van stikstof (kgN/ha). De nummering van de afwateringsgebieden is zoals weergegeven in Figuur 2.1.

Uit Figuur 3.1 komt duidelijk het seizoen patroon naar voren, waarbij de af- en uitspoeling vooral in de wintermaanden plaatsvindt. In de zomermaanden zijn de waterafvoeren en bijhorende nutriëntenvrachten naar de ontwateringsmiddelen gering, maar ook in de droogste maanden blijft er wel enige afvoer. De jaargemiddelde en zomerhalfjaar gemiddelde af- en uitspoeling zijn per afwateringsgebied weergegeven in Tabel 3.1.

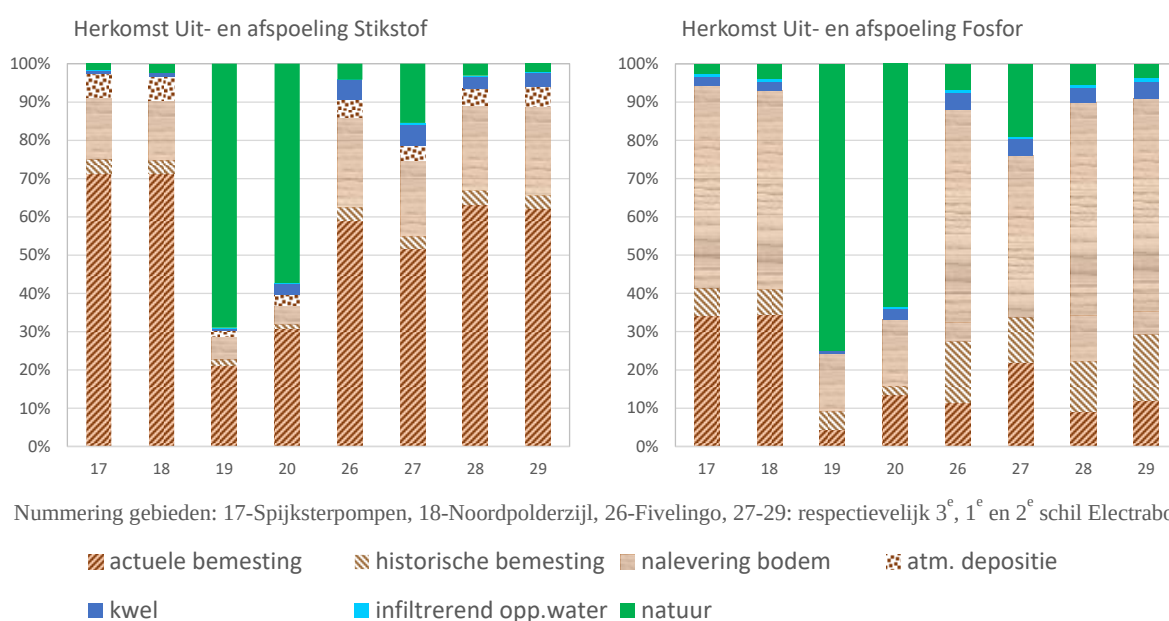
Tabel 3.1 De berekende af- en uitspoeling vanuit de landbouw- en natuurgronden van water, stikstof en fosfor over de periode 2014 tot en met 2017, jaargemiddeld en zomerhalfjaargemiddeld. De getallen in de eerste rij refereren aan de afwateringsgebieden die zijn weergegeven in Figuur 2.1.

Af- en uitspoeling jaargemiddeld	17	18	19	20	26	27	28	29
waterafvoer (mm)	365	360	685	627	487	401	439	491
af- en uitspoeling fosfor (kgP/ha)	2.1	2.1	2.6	2.8	2.3	1.5	2.2	2.5
af- en uitspoeling stikstof (kgN/ha)	14.7	14.5	18.8	22.1	18.4	17.3	16.4	18.3
Af- en uitspoeling zomerhalfjaar								
waterafvoer (mm)	59	57	222	184	117	87	94	124
af- en uitspoeling fosfor (kgP/ha)	0.3	0.3	0.8	0.8	0.5	0.3	0.4	0.6
af- en uitspoeling stikstof (kgN/ha)	2.2	2.2	5.5	6.0	4.1	3.1	3.3	4.3

In Cleveringsluizen en Nieuwe Robbengat (afwateringsgebieden 19 en 20) is een drainageafvoer berekend van 627 tot 685 mm jaargemiddeld en 184 tot 222 mm in het zomerhalfjaar. In de overige gebieden wordt aanmerkelijk minder afvoer berekend: jaargemiddeld 360 tot 491 mm en in het zomerhalfjaar 59 tot 124 mm.

Voor stikstof is jaargemiddeld een af- en uitspoeling berekend van 16 tot 22 kgN/ha en in het zomerhalfjaar van 2 tot 6 kgN/ha. De berekende af- en uitspoeling van fosfor is jaargemiddeld 1,5 tot 2,8 kgP/ha en in het zomerhalfjaar 0,3 tot 0,8 kgP/ha.

De verdeling van de bronnen achter de af- en uitspoeling is weergegeven in Figuur 3.2. De af- en uitspoeling vanaf de natuurgronden is hierin groen weergegeven. Voor de af- en uitspoeling vanaf de landbouwgronden is onderscheid gemaakt tussen het aandeel dat gedreven wordt door bemesting (actueel en historisch), kwel, atmosferische depositie, nalevering door uitloging en mineralisatie, en lokaal geïnfiltreerd oppervlaktewater. In de landbouwgronden wordt de af- en uitspoeling van stikstof vooral bepaald door actuele bemesting en, in mindere mate, door nalevering. Voor fosfor komt de af- en uitspoeling vooral door nalevering en daarnaast door actuele en historische mestgiftten. In de afwateringsgebieden van Cleveringsluizen en Nieuwe Robbengat zijn vooral natuurgronden aanwezig.



Figuur 3.2 Verdeling van de bronnen achter af- en uitspoeling. De af- en uitspoeling vanaf de natuurgronden is groen weergegeven. De overige termen bepalen de af- en uitspoeling van landbouwgronden.

3.2 Overige bronnen en jaargemiddelde belasting

De stikstof- en fosforbelasting van de overige punt- en diffuse bronnen die in het oppervlaktewatermodel zijn ingevoerd, zijn tezamen met de af- en uitspoeling weergegeven in Tabel 3.2 (fosfor) en Tabel 3.3 (stikstof). In de tabellen zijn ook de stofvrachten opgenomen van het water dat wordt aangevoerd of ingelaten. Deze hoeveelheden zijn berekend met het oppervlaktewatermodel (zie paragraaf 3.3.). Voor deze aanvoer is onderscheid gemaakt tussen water dat afkomstig is van buiten het beheergebied van NZV (voornamelijk via de boezem van Fryslan) en water binnen het beheergebied dat van het ene naar het andere afwateringsgebied wordt aangevoerd. Deze tabellen geven daarmee de totale belasting van de afwateringsgebieden.

Uit Tabel 3.2 en 3.3 volgt dat de belasting binnen de afwateringsgebieden vooral wordt bepaald door de af- en uitspoeling van landbouwgronden, RWZI's en nalevering vanuit de waterbodem. In Spijksterpompen leveren ook vergunde lozingen van de industrie een grote bijdrage (voor fosfor 13% en voor stikstof 20%); in de andere gebieden minder dan 2%. Verder blijkt uit Tabel 3.2 en 3.3 dat uitwisseling van water tussen de gebieden (wateraanvoer binnen het beheergebied) een grote bijdrage levert aan de totale stofvrachten. Externe wateraanvoer levert alleen in de 3^e Schil Elektriboezem een belangrijke bijdrage (8% voor fosfor en 18% voor stikstof).

Uit de vorige paragraaf blijkt dat de uit- en afspoeling van stikstof in de hier beschouwde gebieden voor ongeveer twee derde (66%) wordt bepaald door actuele mestgiften en voor ongeveer 20% door nalevering vanuit het bodemcomplex (mineralisatie en natuurlijke uitloging). Atmosferische depositie op de agrarische bodems heeft een geringe bijdrage (2 à 3%) aan de uitspoeling van stikstof. De uit- en afspoeling van fosfor wordt voor ongeveer 35% bepaald door mestgiften (actueel plus historisch) en voor ongeveer 60% door nalevering. Uitspoeling door kwel en lokaal (eerder) geïnfiltreerd oppervlaktewater heeft geen grote invloed op de totale uitspoeling van stikstof en fosfor.

De nalevering vanuit de waterbodem wordt in principe bepaald door oplading van de waterbodem ten gevolge van de stikstof- en fosforbelasting van het oppervlaktewater. De nalevering is derhalve afhankelijk van de belasting in het verleden. Vooral voor fosfor levert de nalevering een grote bijdrage aan de belasting (15 tot 45%). Bedacht moet worden dat de waterbodem ook een deel van de belasting uit het oppervlaktewater haalt; het is zeggend een *sink* en een *source*. De verhouding tussen de nalevering en verwijdering is in het zomerhalfjaar anders dan in het winterhalfjaar. In het zomerhalfjaar treedt meer denitrificatie op en kan bij zuurstofarme omstandigheden het aan ijzer gebonden fosfaat meer vrij in oplossing komen.

De belasting wordt daarnaast bepaald door uit- en afspoeling van natuurgronden en stedelijk groen, erfafspoeling, overige industrie en stedelijk. De bijdrage van regenwaterriolen, overstorten, kwel en watervogels is zeer gering (<1%). De in de Emissieregistratie opgenomen emissieschattingen van erfafspoeling geven naar verwachting nog een overschatting, met name voor fosfor. Voor deze bron loopt onderzoek om betrouwbaardere emissieschattingen te kunnen geven.

De berekende belasting door overige industrie en stedelijk komt voornamelijk door honden en kleinere vergunde industriële lozingen die vanuit de Emissieregistratie zijn overgenomen. De emissie van honden wordt mogelijk overschat, doordat in de rekenmethode die in 2009 is afgeleid, beperkt rekening wordt gehouden met de inmiddels geldende opruiimplicht. De meegenomen bijdrage van vissers en recreatievaart kan lokaal substantieel zijn, maar voor het hele beheergebied is dit minder dan 5% van 'overige industrie en stedelijk'.

Tabel 3.2a Jaargemiddelde fosforbelasting (kg) per afwateringsgebied over de periode 2014-2017.

emissiebronnen	1 ^e schil	2 ^e schil	3 ^e schil	noord polderzijl	spijkster pompen	fivelingo
uit- en afspoeling landbouw	4286	4578	51703	7349	15129	16595
stedelijk groen uit- en afspoeling	119	115	5915	0	156	743
natuur uit- en afspoeling	1002	674	9815	520	856	5100
erfafspoeling + meesten sloten	370	522	8938	47	265	1562
rwzi	1233	836	13098	726	167	186
regenwaterriolen	38	42	973	50	56	176
overstorten	24	25	582	30	28	261
industrie lozingen (vergund)	9	39	3725	52	7396	34
overig industrie en stedelijk	628	587	9544	46	399	2284
kwel (directe naar waterlopen)	7	5	1097	0	31	70
atm. depositie	0	0	0	0	0	0
watervogels	19	7	570	0	88	57
nalevering vanuit de waterbodem	8642	4792	32790	11784	22896	21270
wateraanvoer extern afkomst	96	346	16787	232	57	3358
wateraanvoer binnen beheergebied	2701	3454	63311	16458	10633	4715
totaal interne bronnen	16377	12220	138752	20606	47467	48339
totale belasting	19174	16020	218850	37296	58156	56412

Tabel 3.2b Jaargemiddelde fosforbelasting (%) per afwateringsgebied over de periode 2014-2017.

emissiebronnen	1e schil	2e schil	3e schil	noord polderzijl	spijkster pompen	fivelingo
uit- en afspoeling landbouw	22%	29%	24%	20%	26%	29%
stedelijk groen uit- en afspoeling	0.6%	0.7%	3%	0%	0.3%	1%
natuur uit- en afspoeling	5%	4%	4%	1%	1%	9%
erfafspoeling + meesten sloten	2%	3%	4%	0.1%	0.5%	3%
rwzi	6%	5%	6%	2%	0.3%	0.3%
regenwaterriolen	0.2%	0.3%	0.4%	0.1%	0.1%	0.3%
overstorten	0.1%	0.2%	0.3%	0.1%	0.0%	0.5%
industrie lozingen (vergund)	0.0%	0.2%	2%	0.1%	13%	0.1%
overig industrie en stedelijk	3%	4%	4%	0.1%	0.7%	4%
kwel (directe naar waterlopen)	0.0%	0.0%	0.5%	0%	0.1%	0.1%
atm. depositie	0%	0%	0%	0%	0%	0%
watervogels	0.1%	0.0%	0.3%	0%	0.2%	0.1%
nalevering vanuit de waterbodem	45%	30%	15%	32%	39%	38%
wateraanvoer extern afkomst	0.5%	2%	8%	0.6%	0.1%	6%
wateraanvoer binnen beheergebied	14%	22%	29%	44%	18%	8%
totaal interne bronnen	85%	76%	63%	55%	82%	86%
totale belasting	100%	100%	100%	100%	100%	100%

Tabel 3.3a Jaargemiddelde stikstofbelasting (kg) per afwateringsgebied over de periode 2014-2017.

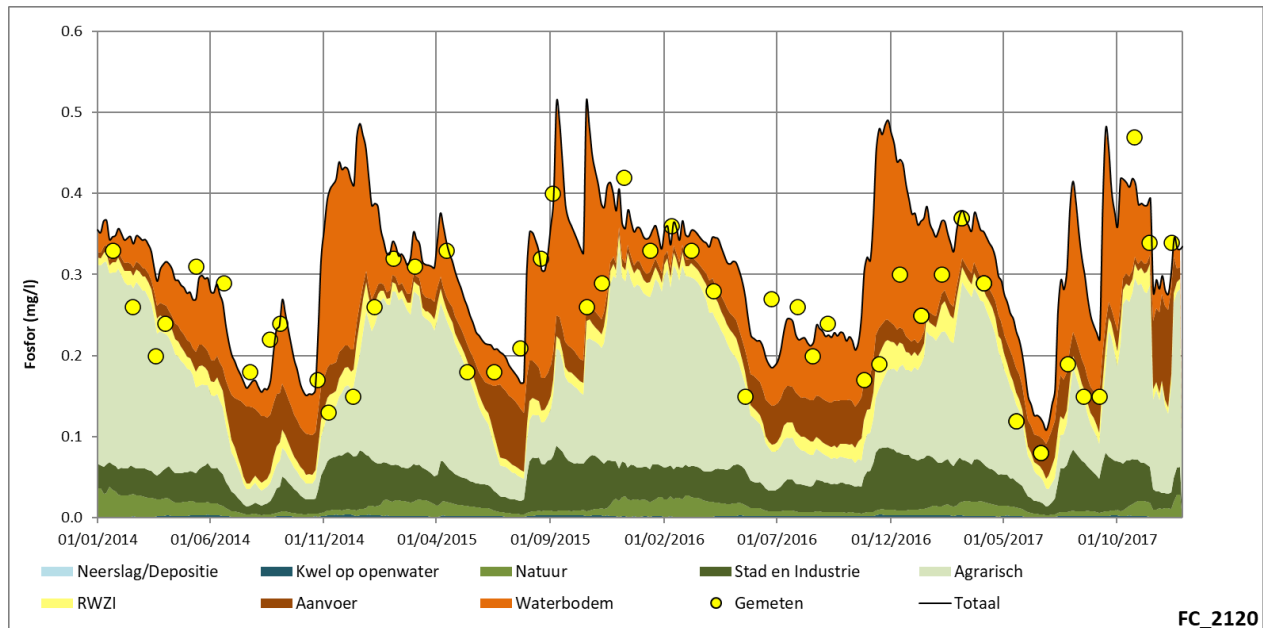
emissiebronnen	1e schil	2e schil	3e schil	noord polderzijl	spijkster pompen	fivelingo
uit- en afspoeling landbouw	32817	35644	622940	51231	103693	134682
stedelijk groen uit- en afspoeling	530	496	57120	0	652	3552
natuur uit- en afspoeling	4531	2533	85627	2065	3997	22967
erfafspoeling + meemesten sloten	2112	2815	46593	838	2720	8476
rwzi	9886	4828	92639	4161	958	1212
regenwaterriolen	1697	1897	43795	2252	2525	7916
overstorten	140	142	3357	173	159	1505
industrie lozingen (vergund)	40	172	14901	280	46794	178
overig industrie en stedelijk	3280	3068	49892	235	2085	11954
kwel (directe naar waterlopen)	37	31	9018	0	135	499
atm. depositie	1717	2296	71206	1366	3232	8522
watervogels	42	15	2142	0	193	155
nalevering vanuit de waterbodem	8642	4792	32790	11784	22896	21270
wateraanvoer extern afkomst	1967	6763	317942	4946	878	66838
wateraanvoer binnen beheergebied	11435	18535	311456	77640	38686	24493
totaal interne bronnen	65470	58729	1132022	74385	190038	222888
totale belasting	78871	84027	1761419	156971	229603	314219

Tabel 3.3b Jaargemiddelde stikstofbelasting (%) per afwateringsgebied over de periode 2014-2017.

emissiebronnen	1e schil	2e schil	3e schil	noord polderzijl	spijkster pompen	fivelingo
uit- en afspoeling landbouw	42%	42%	35%	33%	45%	43%
stedelijk groen uit- en afspoeling	0.7%	0.6%	3%	0%	0.3%	1%
natuur uit- en afspoeling	6%	3%	5%	1%	2%	7%
erfafspoeling + meemesten sloten	3%	3%	3%	0.5%	1%	3%
rwzi	13%	6%	5%	3%	0.4%	0.4%
regenwaterriolen	2%	2%	2%	1%	1%	3%
overstorten	0.2%	0.2%	0.2%	0.1%	0.1%	0.5%
industrie lozingen (vergund)	0.1%	0.2%	0.8%	0.2%	20%	0.1%
overig industrie en stedelijk	4%	4%	3%	0.1%	0.9%	4%
kwel (directe naar waterlopen)	0.0%	0.0%	0.5%	0%	0.1%	0.2%
atm. depositie	2%	3%	4%	0.9%	1%	3%
watervogels	0.1%	0.0%	0.1%	0%	0.1%	0.0%
nalevering vanuit de waterbodem	11%	6%	2%	8%	10%	7%
wateraanvoer extern afkomst	2%	8%	18%	3%	0.4%	21%
wateraanvoer binnen beheergebied	14%	22%	18%	49%	17%	8%
totaal interne bronnen	83%	70%	64%	47%	83%	71%
totale belasting	100%	100%	100%	100%	100%	100%

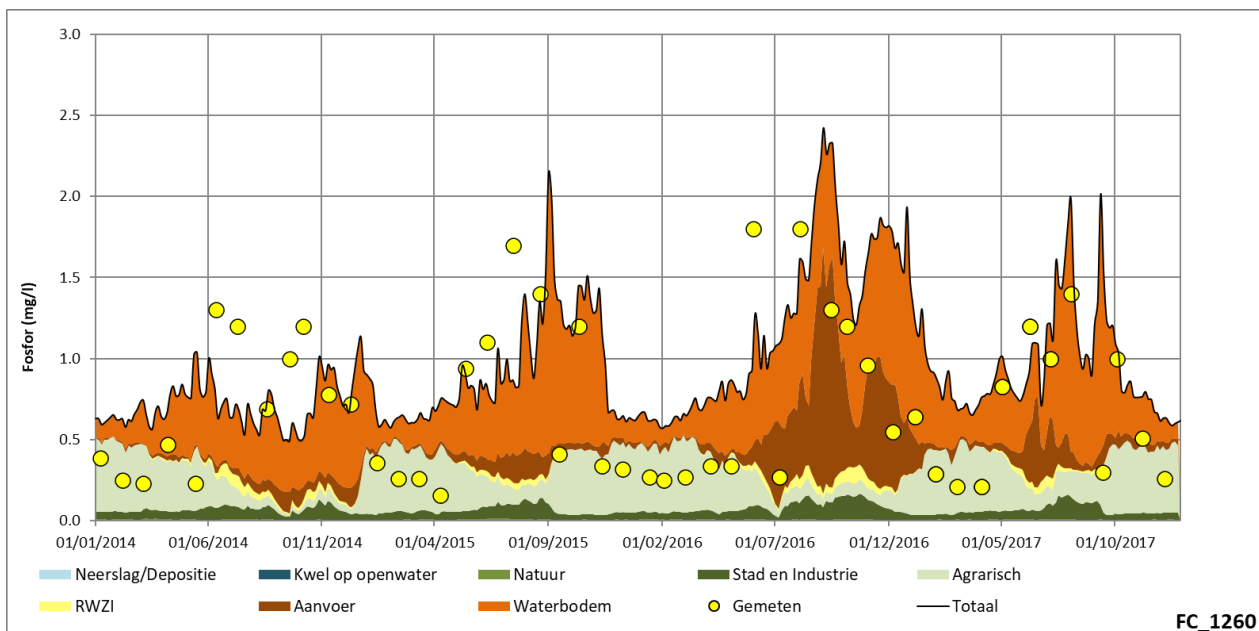
3.3 Validatie Sobek-Delwaq

Met het Sobek-Delwaq-model worden de concentraties in het oppervlaktewater berekend op basis van de berekende waterfluxen (debieten) en dimensionering van de watergangen, de stofbelasting (stikstof en fosfor), het stofgedrag in het oppervlaktewater en daarbij de uitwisseling met de waterbodem. Ter validatie zijn de berekende concentraties vergeleken met de gemeten concentraties. Deze zijn weergegeven in Bijlage 2. Een voorbeeld is weergegeven in Figuur 3.3. Naast de concentratie wordt ook de bijdrage van de bronnen weergegeven. Hierin komt duidelijk het seizoenale verloop naar voren van de uit- en afspoeling (natuur en agrarisch), nalevering waterbodem en wateraanvoer.



Figuur 3.3 Vergelijking berekende en gemeten fosforconcentratie en daarin de relatieve bijdrage van de onderscheiden bronnen (monitoringlocatie 2^e Schil Elektraboezem).

Op de meeste punten komt de berekende waterkwaliteit voor zowel N als P goed overeen met de gemeten waterkwaliteit. Het gaat hierbij om zowel de gemiddelde concentratie als de dynamiek door het jaar heen. Voor enkele locaties zijn er echter specifieke omstandigheden, waardoor er afwijkingen in het model aanwezig blijven. Een voorbeeld hiervan is het meetpunt FC_1260 in Noordpolderzijl. De berekende stikstofconcentraties komen goed overeen met de metingen, maar voor fosfor zijn er relatief grote afwijkingen zichtbaar (Figuur 3.4). In deze polder wordt het hoofdwatersysteem sterk doorspoeld, maar treedt er in de haarvaten juist veel nalevering op vanuit de waterbodem. De interactie tussen deze twee systemen wordt mogelijk onderschat, waardoor de pieken deels zijn verschoven. In de winter wordt de P-concentratie juist overschat, mogelijk doordat er modelmatig te veel voedingstoffen in de haarvaten blijven hangen en vertraagd afstromen naar het hoofdwatersysteem.

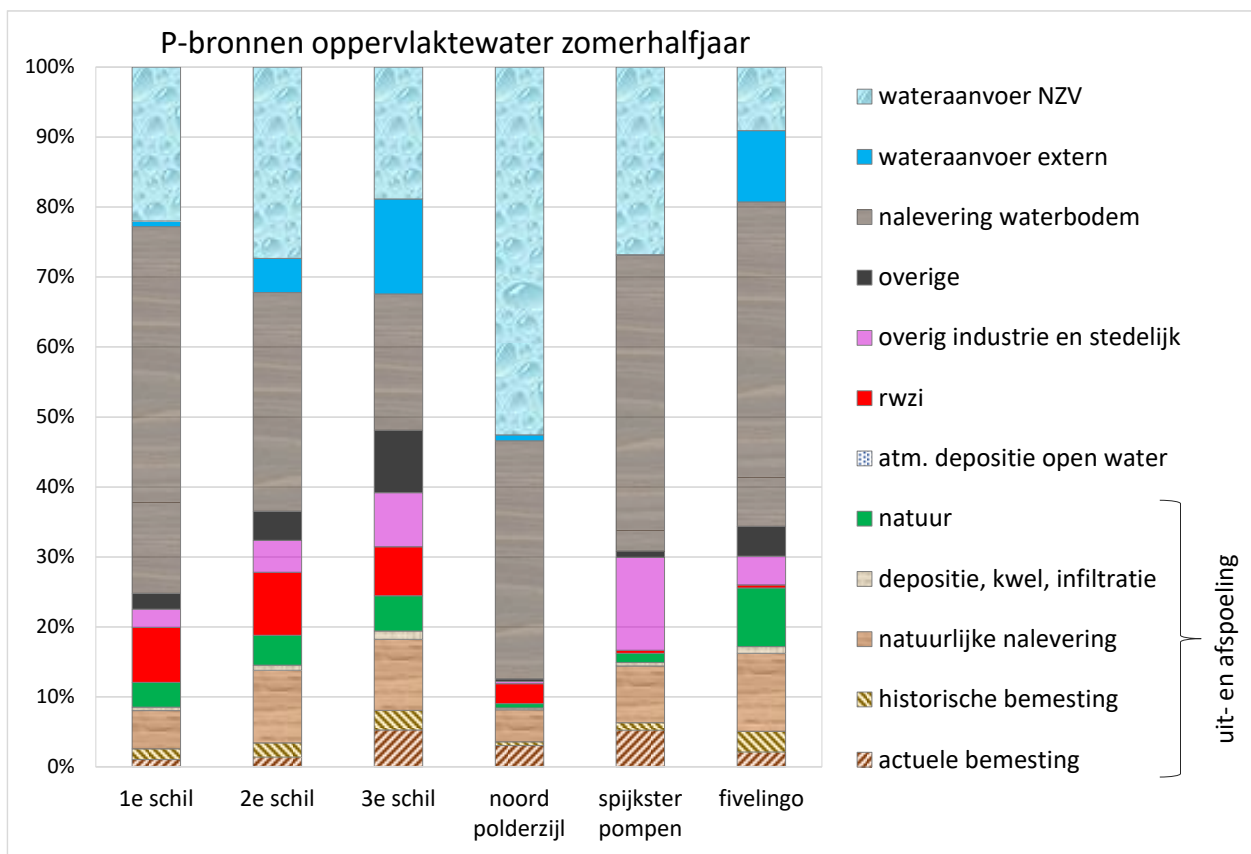


Figuur 3.4 Voorbeeld van een meetpunt waar de berekende en gemeten dynamiek niet goed overeenkomen.

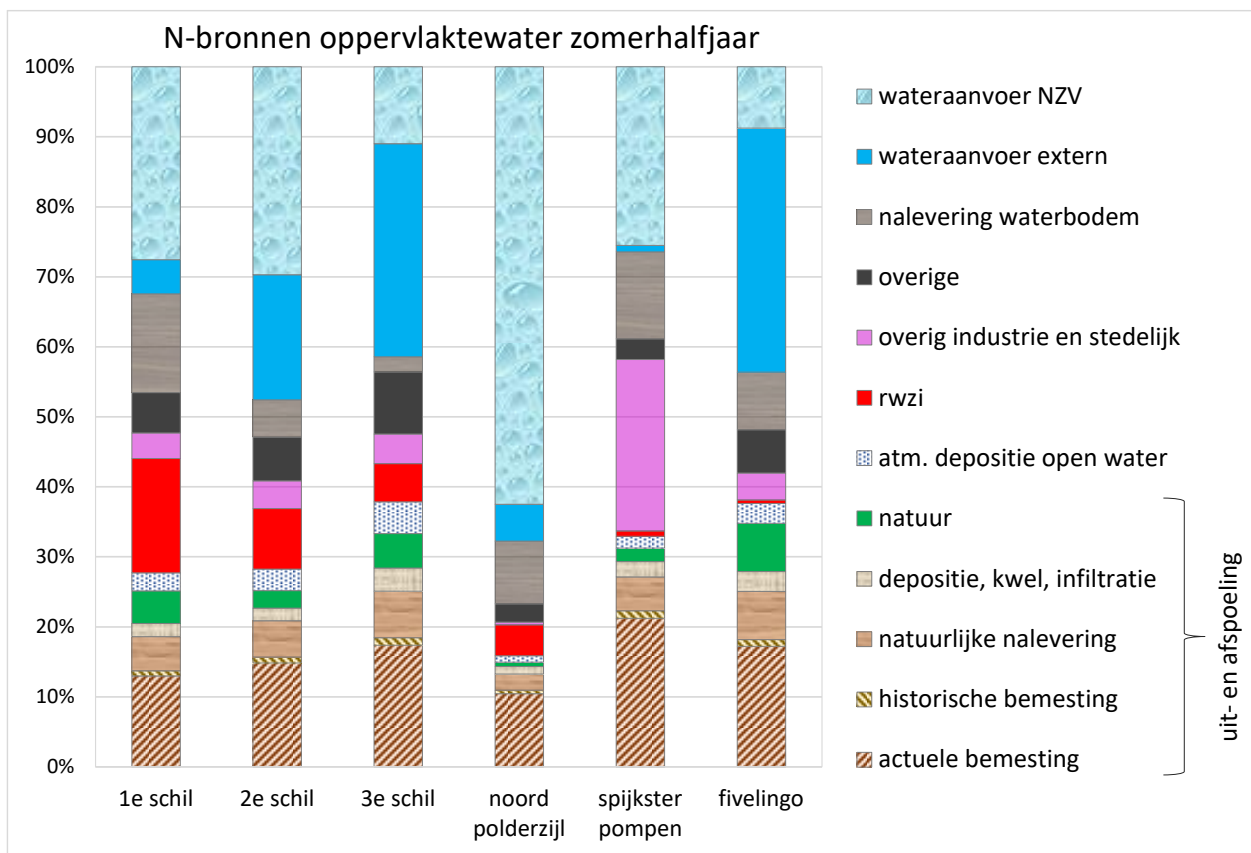
Qua waterbeweging en waterpeilen was al in nauwe samenwerking met het waterschap gewerkt aan een zo betrouwbaar mogelijke modelinput en zijn de berekende debieten goed in overeenstemming met hetgeen uit metingen kan worden afgeleid. Uit de vergelijking in Bijlage 2 kan geconcludeerd worden dat de berekende vrachten en bronverdeling een goed beeld geven van de werkelijke belasting van het watersysteem van Noorderzijlvest.

3.4 Herkomstverdeling zomerhalfjaar

De KRW-doelen voor stikstof en fosfor gelden voor de concentraties in het zomerhalfjaar. Om achtergrondconcentraties daarmee te vergelijken, wordt hier ingezoomd op de nutriëntenbalansen voor het zomerhalfjaar. De belasting in het zomerhalfjaar (het rekenkundig gemiddelde over de periode 2014 tot en met 2017) is weergegeven in Bijlage 1. In de tabellen in Bijlage 1 zijn de vrachten per bron en het aandeel (%) in de totale vracht weergegeven. Voor het onderscheid in antropogene bronnen zijn de bronnen achter de uit- en afspoeling van landbouwgronden uitgesplitst. Een overzicht van het aandeel van de bronnen is weergegeven in Figuur 3.5 (fosfor) en 3.6 (stikstof).



Figuur 3.5 Fosforbalans; bronverdeling in het zomerhalfjaar 2014-2017 per afwateringsgebied.



Figuur 3.6 Stikstofbalans; bronverdeling in het zomerhalfjaar 2014-2017 per afwateringsgebied.

De belangrijke bronnen in het zomerhalfjaar zijn wederom de uitspoeling van landbouwgronden, wateraanvoer en nalevering vanuit de waterbodem. Ten opzichte van de jaargemiddelde belasting komt een groot deel van de fosforbelasting door nalevering vanuit de waterbodem. Verder is het aandeel van de belasting door aanvoer van water groot. Het merendeel hiervan is afkomstig van polderwater binnen het beheergebied van het waterschap, behalve in Fivelingo en de 3^e schil Elektraboezem, daar is het vrijwel geheel afkomstig van de Friese boezem. De verhouding van de bronnen achter de uit- en afspoeling van landbouwgronden is hetzelfde als jaargemiddeld.

3.5 Achtergrondbelasting en -concentraties

Voor het kwantificeren van de achtergrondbelasting in het zomerhalfjaar wordt onderscheid gemaakt tussen de bronnen van antropogene en natuurlijke herkomst. Gelet op de bronverhouding is het daarbij belangrijk om dit onderscheid ook te maken van het aanvoerwater en de nalevering vanuit de waterbodem. Niet voor alle bronnen kan zonder meer gesteld worden dat deze gezien worden als antropogeen of natuurlijk. In Tabel 3.4 zijn de uitgangspunten voor deze verdeling weergegeven die het waterschap voor het onderhavige onderzoek hanteert.

Tabel 3.4 Aangehouden verdeling antropogene en natuurlijke bronnen.

Bronnen		
f- & uitspoeling landbouwgrond	actuele bemesting	antropogeen
	historische bemesting	antropogeen
	(semi)natuurlijke nalevering	natuurlijk
	atmosferische depositie	natuurlijk
	kwel	natuurlijk
	infiltratie	natuurlijk
Stedelijk groen uit- en afspoeling		natuurlijk
Natuur uit- en afspoeling		natuurlijk
Erfafspoeling + meemesten sloten		antropogeen
RWZI's		antropogeen
Regenwaterriolen		antropogeen
Overstorten		antropogeen
Industrie lozingen (vergund)		antropogeen
Overig industrie en stedelijk		antropogeen
Kwel (directe naar waterlopen)		natuurlijk
Atmosferische depositie open water		natuurlijk
Watervogels		natuurlijk
Nalevering vanuit de waterbodem		mix
Wateraanvoer extern		natuurlijk en mix

De antropogene belasting is de som van de belasting door de in Tabel 3.4 aangegeven antropogene bronnen. Voor nalevering en externe wateraanvoer is een antropogeen aandeel van deze belasting meegerekend.

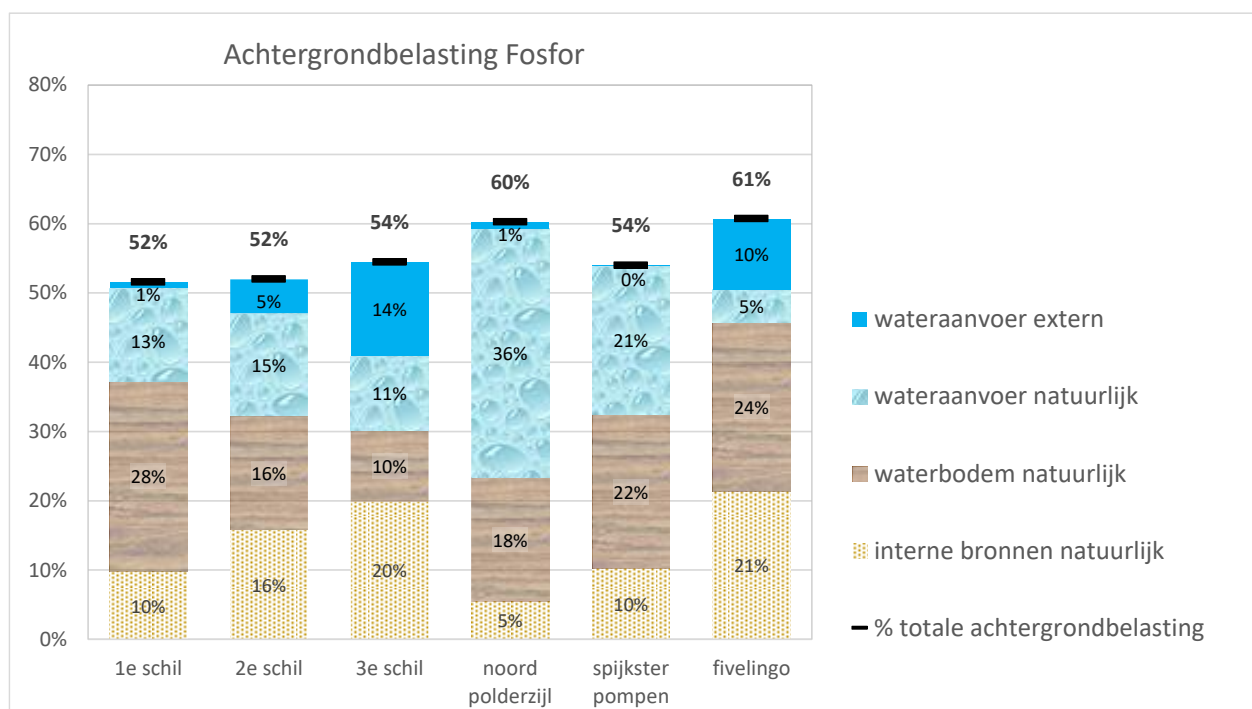
Voor nalevering vanuit de waterbodem is het aandeel dat hiervan als antropogeen wordt aangemerkt gelijk gesteld aan het aandeel antropogeen van alle overige bronnen. Het jaargemiddelde daarvan varieert voor fosfor van 42% (2^e Schil Elektraboezem) tot 60% (Spijksterpompen) en voor stikstof van 60% (3^e schil) tot 80% (Spijksterpompen). Omdat water van het ene naar het andere gebied wordt uitgewisseld, is het rekenkundige gemiddelde van de zes gebieden aangehouden: 47% voor fosfor en 69% voor stikstof. Voor deze benadering moet ook bedacht worden dat de herkomst en daarvan af te leiden achtergrondbelasting worden beschouwd voor de periode 2014-2017, terwijl de oplading van de waterbodem in de daaraan voorafgaande jaren anders geweest zal zijn.

In de voorgaande paragraaf is bij het berekenen van de herkomst nog geen bronverhouding aangegeven van het inlaatwater. Bij het berekenen van de achtergrondbelasting wordt wel rekening gehouden met

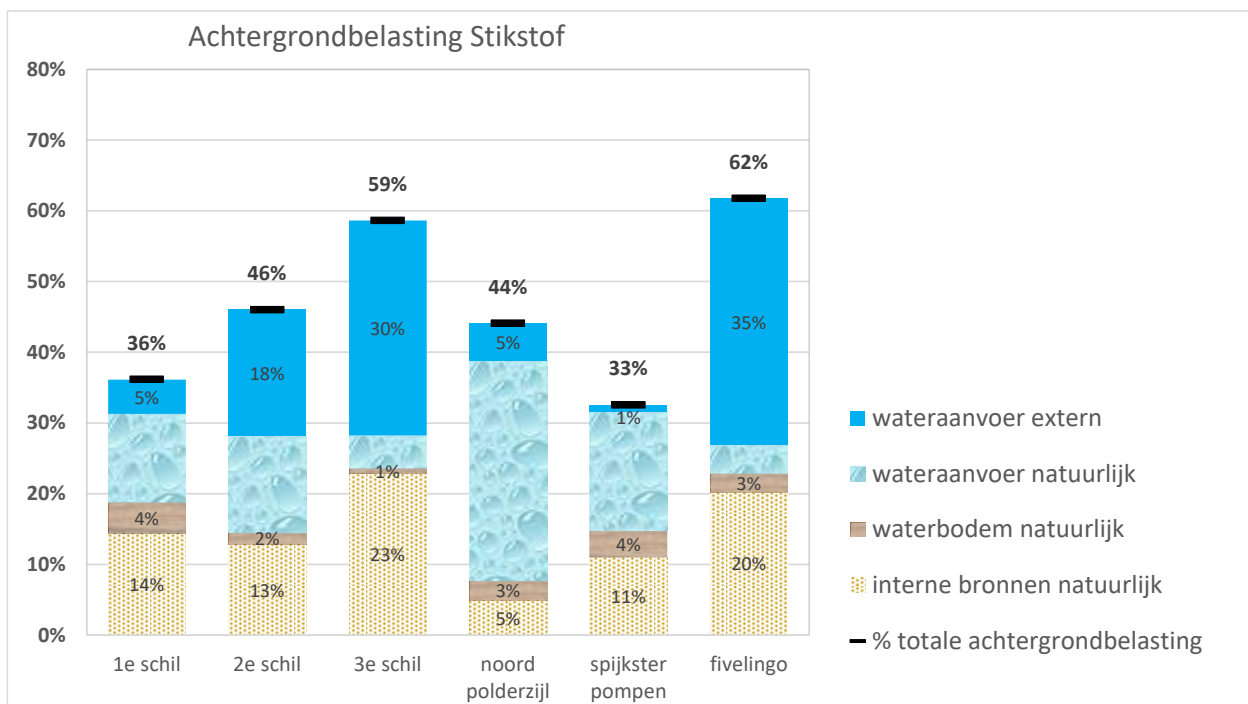
afwenteling en daarmee het antropogene aandeel van het inlaatwater. Voor het water dat van het ene naar het andere afwateringsgebied wordt afgewenteld, is de herkomst in het SOBEK-DELWAQ-model gelabeld. Daarmee kan dus op dezelfde wijze als voor de interne bronnen het antropogene aandeel worden berekend.

Voor de externe wateraanvoer is met twee varianten gerekend. Eerst is ervan uitgegaan dat dit geheel als achtergrondbelasting wordt gerekend. Vervolgens is gerekend met een aandeel dat als antropogeen wordt gerekend. Dit aandeel is ontleend aan onderzoek naar de achtergrondbelasting voor de noordelijke kleischil van het Wetterskip Fryslan. Het antropogene aandeel in de Friese boezem is in dit onderzoek indicatief berekend op 50% voor fosfor en 83% voor stikstof, mede op basis van het aandeel RWZI in de boezem zoals dat met Sobek is berekend door Tauw (Hulsbos et al., 2017).

De resulterende verdeling tussen de antropogene en overige belasting die als achtergrondbelasting wordt beschouwd, is weergegeven in Figuur 3.7 (fosfor) en 3.8 (stikstof).



Figuur 3.7 Achtergrondbelasting fosfor, berekend als som van het aandeel achtergrondbelasting interne bronnen, waterbodem en aanvoer. Externe wateraanvoer is geheel als achtergrondbelasting meegerekend.



Figuur 3.8 Achtergrondbelasting stikstof, berekend als som van het aandeel achtergrondbelasting interne bronnen, waterbodem en aanvoer. Externe wateraanvoer is geheel als achtergrondbelasting meegerekend.

De berekende achtergrondbelasting van fosfor is gemiddeld 55% en varieert van 52% (1^e en 2^e Schil Elektraboezem) tot 61% (Fivelingo). De achtergrondbelasting die is aangehouden voor de waterbodem heeft hier een belangrijk aandeel in (10-18%). De externe wateraanvoer, die geheel als achtergrondbelasting is beschouwd, heeft alleen in de 2^e en 3^e Schil Elektraboezem en Fivelingo een duidelijk aandeel in de berekende achtergrondbelasting (respectievelijk 5, 10 en 14%).

De berekende achtergrondbelasting van stikstof is gemiddeld 47% varieert van 36% (1^e Schil) tot 62% (Fivelingo). Vergeleken met de achtergrondbelasting van fosfor heeft de waterbodem hier veel minder invloed op, terwijl het aandeel externe wateraanvoer wel een grote invloed heeft, vooral in de 3^e Schil Elektraboezem en Fivelingo.

Zoals aangegeven, is deze externe aanvoer (voornamelijk vanuit Friese boezem) geheel als achtergrondbelasting beschouwd. Als wordt aangenomen dat voor fosfor 50% van de externe wateraanvoer antropogeen is, daalt de totaal berekende achtergrondbelasting in de 3^e schil met 7%, Fivelingo met 5% en in de andere gebieden met minder dan 2%. Voor stikstof zou het wel veel uitmaken, omdat de herkomst voor de externe aanvoer voor 83% als antropogeen gekenmerkt kan worden. Dan zou de berekende achtergrondbelasting circa 14% lager uitkomen (31-40%).

3.6 Achtergrondconcentraties

Vanuit de berekende achtergrondbelasting (Tabel 3.3) kan per afwateringsgebied een achtergrondgehalte worden berekend door deze percentages te vermenigvuldigen met de gemeten zomerhalfjaargemiddelde concentraties. In overleg met het waterschap zijn hiervoor de volgende waterkwaliteit meetpunten gebruikt:

- Spijksterpompen 1309.
- Noordpolderzijl 1260 en 1220.
- Fivelingo 7318.
- 1^e schil 3222.
- 2^e schil 3270.
- 3^e schil 2120 en 3210.

Voor Noordpolderzijl en de 2^e en 3^e schil zijn dit meetpunten die representatief zijn voor het water dat wordt afgevoerd. Voor de andere gebieden zijn het de hoofdmeetpunten die gebruikt worden voor de beoordeling van de toestand. De hiermee berekende achtergrondconcentraties zijn weergegeven in Tabel 3.5 (fosfor) en 3.6 (stikstof). In de tabellen zijn ter vergelijking ook de huidige KRW-doelen weergegeven.

Tabel 3.5 *Achtergrondconcentratie fosfor en ter vergelijking de huidige KRW-doelen.*

	1 ^e schil	2 ^e schil	3 ^e schil	Noordpolderzijl	Spijksterpompen	Fivelingo
Gemeten concentratie zomerhalfjaar (mgP/L):	1.04	0.48	0.27	0.97	1.19	0.53
Achtergrondbelasting	52%	52%	54%	60%	54%	61%
Theoretische achtergrond concentraties (mgP/L):	0.53	0.25	0.15	0.59	0.64	0.32
Huidige KRW-doelen (mgP/L):	0.15	0.15	0.15	0.15	0.19	0.15

Tabel 3.6 *Achtergrondconcentratie Stikstof en ter vergelijking de huidige KRW-doelen.*

	1 ^e schil	2 ^e schil	3 ^e schil	Noordpolderzijl	Spijksterpompen	Fivelingo
Gemeten concentratie zomerhalfjaar (mgN/L):	2.07	2.34	2.43	1.95	1.97	1.99
Achtergrondbelasting	36%	46%	59%	44%	33%	62%
Theoretische achtergrond concentraties (mgN/L):	0.75	1.08	1.43	0.86	0.64	1.23
Huidige KRW-doelen (mgN/L):	2.80	2.80	2.80	2.80	2.10	2.80

Voor fosfor zijn de laagste achtergrondconcentraties berekend in de 2^e en 3^e schil en Fivelingo (0,15-0,32 mgP/L). In de andere drie gebieden zijn aanmerkelijk hogere achtergrondconcentraties berekend (0,53-0,64 mgP/L). Het huidige KRW-doel voor fosfor is in Spijksterpompen 0,19 mgP/L en in de overige gebieden 0,15 mgP/L. Afgezien van de 3^e schil zijn de berekende achtergrondconcentratie dus veel hoger dan het huidige KRW-doel.

Voor stikstof variëren de berekende achtergrondconcentraties 0,64 tot 1,43 mgN/L. Dat is aanmerkelijk lager dan de huidige KRW-doelen van stikstof (2,1 en 2,8 mgN/L).

Als ervan wordt uitgegaan dat de externe wateraanvoer vanuit Friesland voor 50% (fosfor) en 83% (stikstof) als antropogeen wordt aangemerkt, worden iets lagere achtergrondconcentraties voor fosfor berekend. Deze variëren dan van 0,13 tot 0,58 mgP/L. Voor stikstof worden dan duidelijke lagere achtergrondconcentraties berekend, namelijk variërend van 0,63 tot 0,81 mgN/L.

De hier berekende achtergrondconcentraties zijn afgeleid op basis van het aandeel van bronnen die als natuur (niet antropogeen) zijn beschouwd, zoals aangegeven in Tabel 3.4. Bedacht moet worden dat in principe de belasting van alle bronnen te beïnvloeden is. Zo kan bijvoorbeeld met helofytenfilters de diffuse belasting vanuit sloten naar de boezem worden verminderd en kunnen met brede bufferstroken of regelbare drainage de totale uit- en afspoeling uit landbouwgronden worden verminderd en niet alleen het deel dat voortkomt uit bemesting.

3.7 Opties voor technische aanpassing KRW-doelen

Het ligt voor de hand om KRW-doelen aan te passen in gebieden waar de achtergrondconcentraties nabij of zelfs hoger zijn dan de huidige KRW-doelen. Landelijk is mogelijke benaderingen voorgesteld om bij het afleiden en/of aanpassen van het KRW-doel rekening te houden met natuurlijke achtergrondgehalten (Stowa 2018a, 2018b), maar in de regio's zijn verschillende methodes gehanteerd voor de wijze waarop de KRW-doelen voor nutriënten op basis van natuurlijke achtergrondgehalten zijn vastgesteld of aangepast.

Waternet heeft in lijn met de Handreiking KRW-doelen de zogenaamde 'praag-matische' weg gevolgd voor het afleiden van doelen. Dat wil zeggen: huidige toestand plus het effect van maatregelen met een

ecologisch relevant effect en geen significante schade aan functies. Hiertoe zijn watersysteemanalyses uitgevoerd die inzicht geven in de Ecologische Sleutel Factoren (ESF).

Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier heeft in samenwerking met de WUR de achtergrondbelasting berekend. Vervolgens zijn de minimale concentraties met de ecologische tools van de KRW-Verkenner doorgerekend om het effect op de ecologie te schatten. Deze watersysteemanalyses zijn vervolgens weer terugvertaald naar de fysisch-chemische waarden voor het Goed Ecologie Potentieel ('GEP'). Hierbij is de volgende indeling gehanteerd:

- wanneer blijkt dat de achtergrondbelasting hoger is dan de kritische belasting, zijn emissie-reducerende maatregelen niet effectief. In dat geval worden het GEP voor nutriënten en de daarmee samenhangende biologische kwaliteitselementen gelijkgesteld aan de huidige situatie;
- wanneer de achtergrondbelasting minder dan de helft is van de kritische belasting, kunnen emissie-reducerende maatregelen het doelbereik met deze maatregelen (op lange termijn) bewerkstelligen. Het effect van de emissie-reducerende maatregelen wordt verwerkt in het GEP voor nutriënten en de daarmee samenhangende biologische kwaliteitselementen;
- als de achtergrondbelasting daartussenin zit ($>0,5$ en <1 van de kritische belasting), ligt het voor de hand om de doelen bij te stellen, maar kunnen emissie-reducerende maatregelen wel bijdragen om (kans op) een betere ecologische toestand te realiseren. De kansrijkdom daarvan wordt van geval tot geval beoordeeld.

Waterschap Zuiderzeeland heeft in het SGPB3 aangepaste KRW-doelen voor stikstof en fosfor gesteld op basis van de nutriëntenbalansen die met KRW-ECHO door de WUR zijn berekend. Hierbij is de volgende redeneerlijn gevolgd:

1. Uitgangspunt zijn de default-normen voor nutriënten voor sloten en kanalen conform de STOWA-maatlatdocumenten alsook de drempelwaarden uit Van Smeden et al. (2020) voor niet-zoete gebufferde sloten.
2. Als er sprake is van verhoogde achtergrondgehalten, dan wordt de achtergrondconcentratie (berekend uit de gemeten concentratie vermenigvuldigd met het percentage natuurlijke bronnen uit de modelstudie) verhoogd met de referentieconcentratie behorend bij de MEP.
3. Als er sprake is van een extra of afwijkende ambitie, dan kan deze worden aangepast om afwentelingseffecten te voorkomen.
4. Nutriëntennormen worden afgerond op $0,05 \text{ mg P L}^{-1}$ en $0,5 \text{ mg N L}^{-1}$ in verband met natuurlijke fluctuaties in metingen en onzekerheden bij de doelafleiding.

In een hierop uitgevoerde evaluatie van de doelafleiding is aanbevolen om de bronnenanalyse te verfijnen qua gebiedsindeling en een gevoeligheidsanalyse voor de onzekerheden uit te voeren. Ook is aandacht gevraagd voor de gekozen argumentatie bij onderdeel 2. Deze argumentatie was overeengekomen met Marcel van den Berg van Coördinatie Stroomgebieden Nederland. Het Maximum Ecologisch Potentieel (MEP) geldt in principe als een referentie voor een natuurlijke toestand met geringe tekenen van verstoring. Algemene pressoren zoals peilbeheer, kwel, beheer en onderhoud, morfologie en landgebruik zijn in het MEP verdisconteerd. Emissies van nutriënten vanuit de landbouwbodem vallen hierbuiten, waardoor mitigerende maatregelen nodig zijn. Door de nutriëntennorm gelijk te stellen aan de som van het MEP en de berekende natuurlijke achtergrondconcentratie wordt indirect ook aangenomen dat de bijdrage van bemesting niet veel hoger mag zijn dan de belasting die voorkomt in een referentiesysteem.

4 Scenario's maatregelen

4.1 Inleiding

In hoofdstuk 3 is voor de verschillende deelgebieden van Noorderzijlvest inzichtelijk gemaakt welke bronnen verantwoordelijk zijn voor de gemeten N- en P-concentraties in het watersysteem. Hierbij is ook inzicht gegeven in het aandeel van deze bronnen met een antropogene oorsprong. Aangenomen kan worden dat het aandeel met een antropogene oorsprong beïnvloedbaar is. De mate van beïnvloedbaarheid verschilt echter sterk per bron. Hierdoor is niet direct inzichtelijk welke waterkwaliteit in de praktijk haalbaar zal zijn.

Om hier meer inzicht in te geven, zijn met het ontwikkelde waterkwaliteitsmodel (Sobek-Delwaq) de effecten van een aantal maatregelenscenario's op de belasting en resulterende concentraties berekend. Deze scenario's zijn door het waterschap Noorderzijlvest voor dit onderzoek samengesteld, met als uitgangspunt dat het vergaande (vrij extreme) maatregelen zijn die tezamen een beeld geven van een maximaal haalbare emissiereductie en de daaraan te relateren maximale verlaging van de concentraties.

4.2 Maatregelenscenario's

Voor de volgende scenario's zijn de effecten op de belasting en concentraties berekend:

- 0 Referentie
- 1 Emissiereductie landbouw
- 2 Emissiereductie stedelijk
- 3 Emissiereductie RWZI's e.a. vergunde afvalwaterlozingen
- 4 Verplaatsen RWZI effluent naar buitenwater
- 5 Combinatie scenario 1 tot en met 3

In het navolgende worden de scenario's toegelicht.

Referentie

Voor de referentie zijn de berekeningen aangehouden zoals die in hoofdstuk 3 zijn uitgevoerd, met twee relatief kleine aanpassingen. Voor Spijksterpompen is de modelinput voor de industrielozing weggenomen, omdat het waterschap heeft uitgezocht dat daar nu al geen grote industriële lozingen meer plaatsvinden. Daarnaast is de bestandsgrootte van het model geoptimaliseerd om de scenarioberekeningen mogelijk te maken. De referentiesituatie is daarom opnieuw doorgerekend.

Landbouwscenario

Voor dit scenario wordt aangenomen dat de huidige landbouw overgaat naar een sterke extensivering richting kringlooplandbouw of agrarisch natuurbeheer. Hierbij is aangenomen dat de ontwatering niet wezenlijk wordt aangepast (dus geen significante vernatting). Op basis van de berekende af- en uitspoeling in 2014-2017 en de daarbij berekende onderverdeling in de oorzaken die de uitspoeling in de deelgebieden bepaalt (bemesting, depositie, kwel, uitloging/mineralisatie), is een expertschatting aangehouden voor de afname van de af- en uitspoeling.

Voor fosfor is ingeschat dat de af- en uitspoeling in Spijksterpompen, Noordpolderzijl en 3^e schil Elektraboezem met ongeveer 20% zal afnemen en in Fivelingo, 1^e en 2^e schil Elektraboezem met ongeveer 15%. Dit is ongeveer de helft van het voor de referentie berekende aandeel bemesting (actueel plus historisch) in deze zes gebieden. Deze reductiepercentages zijn als continu effect op de modelinput (tijddreksen) van de uit- en afspoeling in het waterkwaliteitsmodel van Sobek-Delwaq gezet. Voor stikstof wordt de afname ingeschat op ongeveer 50%. Dit omdat voor de rekenplots met landbouw ongeveer tweemaal zoveel af- en uitspoeling per ha voor de referentie is berekend als de rekenplots met natuur.

Naast de af- en uitspoeling is in de referentie ook gerekend met overige directe landbouwemissies, te weten erfafspoeling, glastuinbouw en meemesten sloten. Deze emissies waren ontleend aan de Emissieregistratie database. Erfafspoeling levert hierin verreweg het grootste aandeel. In het landbouwscenario zijn al deze drie emissiebronnen op nul gezet (verwijderd).

Stedelijk scenario

In dit scenario wordt aangenomen dat de regenwaterriolen volledig worden gescheiden en de overige diffuse bronnen uit stedelijk gebied geheel worden gereduceerd (in Tabel 3.3 aangeduid als 'overig industrie en stedelijk'. De rioolgemalen zijn uitgeschakeld en de kwaliteit van overstorten is aangepast naar de kwaliteit van een gescheiden stelsel. Door deze maatregelen zal de toestroom van water naar de RWZI's verminderen, waardoor het zuiveringsrendement van de RWZI's kan toenemen. Dit is echter niet meegenomen in het modelscenario.

Emissiereductie RWZI's e.a. vergunde afvalwaterlozingen

Dit scenario is gericht op bronnen waar het waterschap direct invloed op heeft. Dit gaat om de RWZI's en de vergunde grote lozingen. Voor de vergunde grote lozingen is het uitgangspunt dat deze zullen verdwijnen. Voor de RWZI's is uitgegaan van een hoger zuiveringsrendement. Hierbij wordt aangesloten bij de nieuwe Europese 'ontwerprichtlijn stedelijk afvalwater' (EC 2022⁵). Deze richtlijn beschrijft een maximale concentratie van behandeld afvalwater en een gebiedsrendement. In het scenario is uitgegaan van de maximale effluentconcentraties waarnaar in artikel 6 van de ontwerprichtlijn wordt verwezen (Tabel 1 deel B bijlage). Voor totaalfosfor is dat 0,5 mgP/l en voor totaalstikstof 6 mgN/l. De huidige debiet gewogen concentraties van de RWZI's zijn ongeveer 8 mgN/l en 1.2 mgP/l (indicatief).

Bedacht moet worden dat in de ontwerprichtlijn ook is opgenomen dat lidstaten kunnen besluiten om af te wijken van deze maximale concentraties uitgaande van gebiedsrendementen. Dit indien aangetoond kan worden dat het minimumpercentage van de vermindering van de totale belasting voor alle stedelijke RWZI's in een gebied voor stikstof minstens 85% is en voor fosfor minstens 90%. Uit de gegevens van waterschap Noorderzijlvest blijkt dat het huidige gebiedsrendement van stikstof al 77% is en van fosfor 86%. In dat geval kan dus voor implementatie van de richtlijn besloten worden dat voor fosfor de RWZI's niet aan de maximum effluentconcentraties van 0,5 mgP/l onderworpen hoeven te worden.

Verplaatsen RWZI-effluent naar buitenwater

In dit scenario lozen de RWZI's niet meer op de regionale wateren. Dit kan gerealiseerd worden door het water van de RWZI's volledig te hergebruiken of door het effluent direct naar de zee af te voeren.

Bedacht moet worden dat deze maatregel significant invloed heeft op de waterafvoeren. De RWZI's hebben namelijk een gezamenlijk debiet van ongeveer 0,4 m³/s. Dit is significant ten opzichte van de aanvoer van Gaarkeuken (4,5 m³/s zomerhalfjaargemiddeld) en zal daardoor de waterbalans en de doorstroming beïnvloeden. Oorspronkelijk was het de bedoeling om de aanvoer van Gaarkeuken te verhogen. De RWZI's liggen echter lang niet allemaal in het stroomgebied van de 3^e schil en dit is eigenlijk een mitigerende maatregel. Het aanvoerdebiet is daarom niet gecompenseerd.

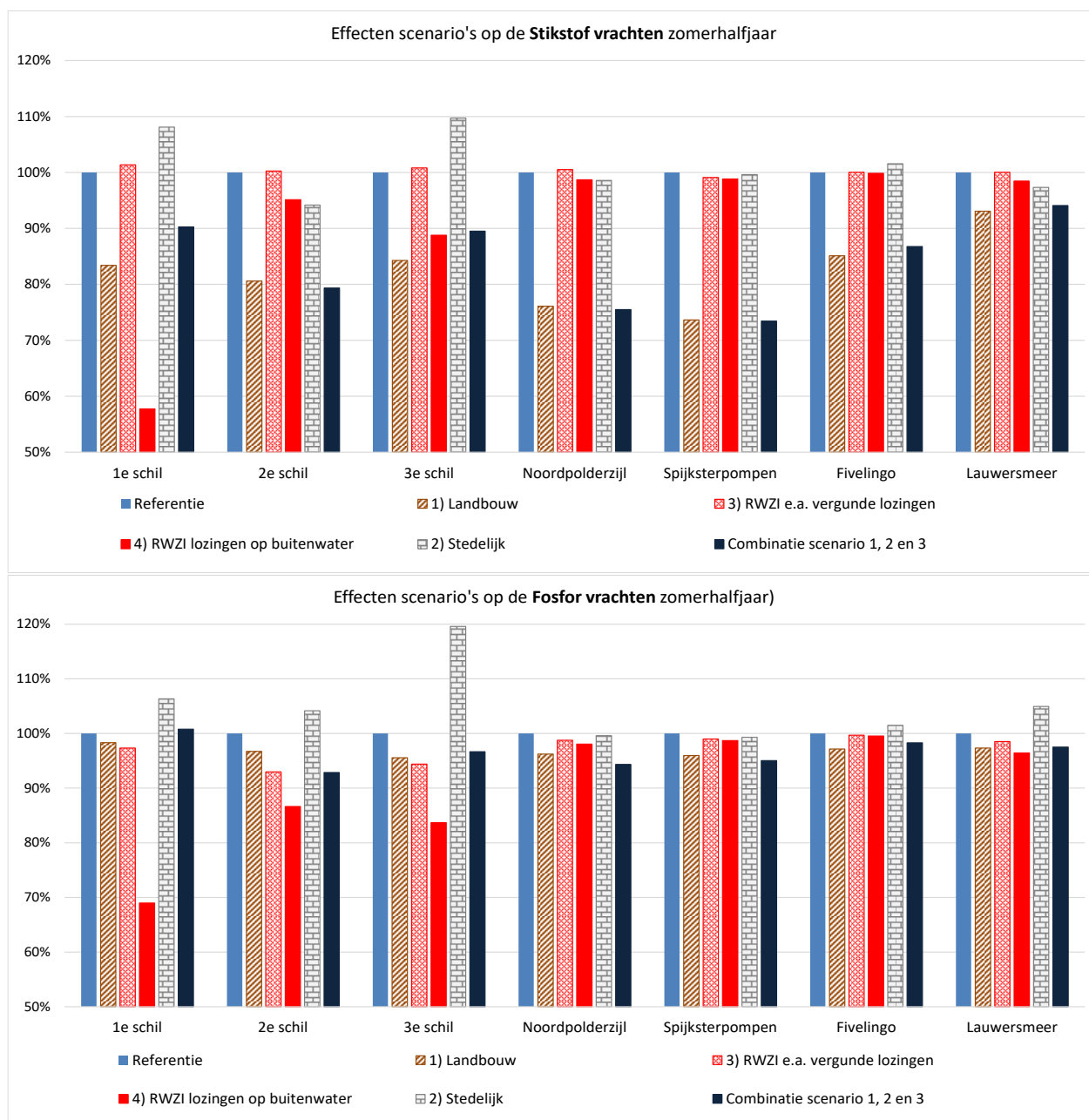
Combinatie scenario 1 tot en met 3

In dit scenario zijn in het model alle maatregelen zoals genoemd in scenario 1, 2 en 3 opgenomen. Ofwel de gecombineerde effecten van de emissie-reducerende maatregelen voor landbouw en diffuus stedelijk, verlaging van maximale effluentconcentraties van de RWZI's en het stopzetten van overige vergunde afvalwaterwaterlozingen.

⁵ Europese Commissie 2022. Voorstel voor een Richtlijn van het Europees Parlement en de Raad inzake de Behandeling van stedelijk afvalwater (herschikking). Brussel, 26.10.2022, COM (2022) 541 Final.

4.3 Resultaten effectberekening scenario's

De effecten van de scenario's op de berekende belasting in het zomerhalfjaar zijn weergegeven in Figuur 4.1 (boven stikstof, onder fosfor). De effecten zijn in deze figuur uitgedrukt in het percentage ten opzichte van het referentiescenario.



Figuur 4.1 Effecten scenario's op de nutriëntenbelasting van het oppervlaktewater, boven stikstof, onder fosfor. De effecten zijn uitdrukt in het percentage ten opzichte van de referentie. De belasting is berekend met het waterkwaliteitsmodel Sobek-Delwaq, waarbij ook de processen van retentie zijn meegenomen.

Afname stikstofbelasting zomerhalfjaar

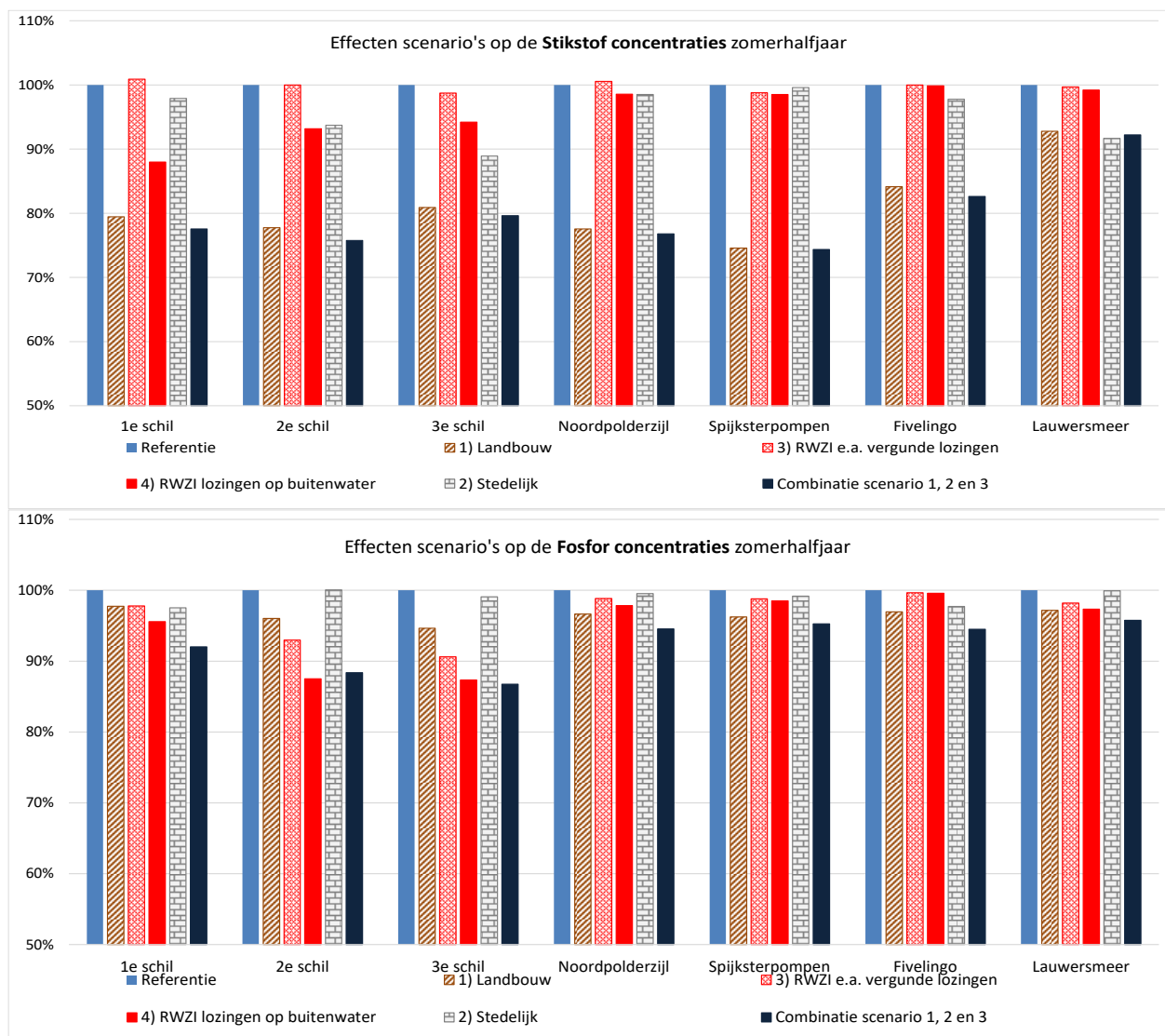
Uit Figuur 4.1 blijkt dat voor stikstof de belasting vooral afneemt door de aangenomen emissiereductie in de landbouw en in de Elektraboezem (1^e, 2^e en 3^e schil), ook als de RWZI's niet meer op de regionale wateren lozen (lozingen op buitenwater of volledig hergebruik). Met het landbouwscenario is een verlaging van de stikstofbelasting in het zomerhalfjaar berekend van circa 18% (6 à 26%). Met het RWZI-scenario 4 ('lozing op buitenwater') is een verlaging van de stikstofbelasting berekend van 42% in de 1^e schil Elektraboezem en 11% in de 3^e schil. In de overige gebieden is deze afname kleiner dan 5%.

Het scenario stedelijk geeft alleen in de 2^e schil Elektraboezem een duidelijk verlaagde belasting (6%). In de overige gebieden geeft dit juist een toename, omdat de omzetting van gemengde naar gescheiden rioolstelsels weliswaar gepaard gaat met lage concentraties afstromend regenwater, maar daarbij ook met grote stofvrachten door de hoge debieten van dit rioolwater. Zoals aangegeven, kunnen deze omzettingen hogere zuiveringsrendementen van de RWZI's geven, maar dit is niet verdisconteerd in de modelberekening. Het scenario Emissiereductie RWZI's en andere vergunde afvalwaterlozingen heeft weinig effect op de stikstofbelasting, omdat in het referentiescenario de effluentconcentraties niet of niet veel hoger zijn dan 6 mgN/l en er een zeer geringe belasting is van vergunde industrielozingen. Met het combinatiescenario is een verlaging van de stikstofbelasting berekend van gemiddeld 16% (6% à 27%).

Afname fosforbelasting zomerhalfjaar

De stofbelasting van fosfor neemt bij RWZI lozing op buitenwater vooral af in de Elektraboezem (31%, 16% en 13% in respectievelijk de 1^e, 2^e en 3^e schil). Door het landbouwsenario neemt de fosforbelasting af met circa 2 à 4% en door de verbeterde RWZI's met circa 1 tot 7%. Evenals stikstof neemt de fosforbelasting juist toe door de omzetting van gemengde naar gescheiden rioolstelsels. Met het combinatiescenario is een verlaging van de fosforbelasting berekend van gemiddeld 4% (-1%, ofwel toename, à 7%).

De effecten worden in Figuur 4.2 uitgedrukt in de mate waarin de berekende concentraties in het zomerhalfjaar veranderen. Door de verlaagde belasting worden zoals verwacht lagere concentraties voor stikstof en fosfor berekend.



Figuur 4.2 Effecten scenario's op de berekende concentraties van het oppervlaktewater; boven stikstof, onder fosfor. De effecten zijn uitgedrukt in het percentage ten opzichte van de referentie. De concentraties zijn berekend met het waterkwaliteitsmodel Sobek-Delwaq, waarbij de processen van retentie zijn meegenomen.

Afname concentraties stikstof zomerhalfjaar

Voor stikstof zijn voor het zomerhalfjaar vooral lagere concentraties berekend met het landbouwsценario (circa 19% lagere concentraties) en in de Elektraboezem ook door lozing RWZI's op buitenwater (12%, 7% en 6% in respectievelijk 1^e, 2^e en 3^e schil). Deze afnames van concentraties zijn vergelijkbaar met de berekende afnames van de belasting. Met het scenario stedelijk is in tegenstelling tot de belasting geen toename, maar een verlaging van de stikstofconcentraties berekend, vooral in de 2^e en 3^e schil Elektraboezem (6% en 11%) en in het Lauwersmeer (8%). Het scenario Emissiereductie RWZI's e.a. vergunde afvalwaterlozingen heeft weinig effect op de berekende stikstofconcentraties.

Afname concentraties fosfor zomerhalfjaar

Voor fosfor zijn minder grote afnames van de concentraties berekend dan voor stikstof. De grootste afname wordt berekend met het scenario RWZI lozing op buitenwater in de Elektraboezem (4%, 12% en 14% in respectievelijk de 1^e, 2^e en 3^e schil). Het scenario emissiereductie RWZI's e.a. vergunde afvalwaterlozingen geeft in de Elektraboezem een verlaging van de fosforconcentraties van ongeveer 6% (2 à 9%). Het scenario stedelijk heeft net als stikstof ook weinig effect op de berekende fosforconcentraties (0 tot 2%).

Met het combinatiescenario is een verlaging van de stikstofconcentraties berekend van gemiddeld 20% (8 à 26%) en een verlaging van de fosforconcentraties van gemiddeld 8% (4 à 13%).

De beschouwde scenario's geven een indicatie welke concentraties haalbaar zijn als ingezet wordt op vergaande emissie-reducerende maatregelen. In Tabel 4.1 en 4.2 worden voor fosfor en stikstof de resultaten hiervan afgezet tegen de huidige doelen en de in het vorige hoofdstuk theoretisch berekende achtergrondconcentraties. De percentages die berekend zijn voor de verlaging van de concentraties zijn hierin toegepast op de concentraties die in de referentieperiode zijn gemeten.

Tabel 4.1 *Vergelijking fosforconcentraties zomerhalfjaar gemeten in de referentieperiode, de KRW-doelen, de in hoofdstuk 3 berekende theoretische achtergrondconcentraties en de concentraties die uit de scenarioberekeningen (combinatie en RWZI-lozing buitenwater) zijn afgeleid.*

	1 ^e schil	2 ^e schil	3 ^e schil	Noordpolderzijl	Spijksterpompen	Fivelingo
Fosforconcentraties zomerhalfjaar gemeten	1.04	0.48	0.27	0.97	1.19	0.53
Huidige KRW-doelen fosfor	0.15	0.15	0.15	0.15	0.19	0.15
Berekende theoretische achtergrond-concentraties fosfor (H3)	0.55	0.25	0.15	0.60	0.76	0.33
Fosfor concentraties afgeleid uit combinatie-scenario	0.95	0.42	0.24	0.92	1.13	0.50
Fosfor concentratie afgeleid uit scenario RWZI-lozing buitenwater	0.99	0.42	0.24	0.95	1.17	0.53

Tabel 4.2 *Vergelijking stikstofconcentraties zomerhalfjaar gemeten in de referentieperiode, de KRW-doelen, de in hoofdstuk 3 berekende theoretische achtergrondconcentraties en de concentraties die uit de scenarioberekeningen (combinatie en RWZI-lozing buitenwater) zijn afgeleid.*

	1 ^e schil	2 ^e schil	3 ^e schil	Noordpolderzijl	Spijksterpompen	Fivelingo
Stikstofconcentraties zomerhalfjaar gemeten	2.07	2.34	2.43	1.95	1.97	1.99
Huidige KRW-doelen stikstof	2.8	2.8	2.8	2.8	2.1	2.8
Berekende theoretische achtergrond-concentraties stikstof (H3)	0.75	1.08	1.43	0.86	0.84	1.23
Stikstof concentraties afgeleid uit combinatie-scenario	1.60	1.78	1.94	1.50	1.46	1.65
Stikstof concentratie afgeleid uit scenario RWZI-lozing buitenwater	1.82	2.18	2.29	1.92	1.94	1.99

Uit Tabel 4.1 (fosfor) komt naar voren dat de beschouwde scenario leiden tot een afname van de concentraties maar niet zodanig zijn dat de concentraties in de buurt komen van de KRW doelen. Omdat de berekende achtergrondconcentraties van fosfor al hoger zijn dan het KRW doel van fosfor, kunnen de berekende concentraties in de beschouwde scenario's wel dalen, maar niet zodanig dat de berekende achtergrondconcentraties worden gehaald. Als de KRW-doelen van fosfor op basis van de berekende achtergrondconcentraties bijgesteld zouden worden, moet rekening worden gehouden dat de concentraties die met het combinatie scenario worden berekend, beduidend hoger uitkomen (0,1 tot 0,4 mgP/l) dan de berekende achtergrondconcentraties.

In tegenstelling tot fosfor, worden in de referentie in alle zes gebieden de huidige KRW-doelen voor stikstof al gehaald. Het verschil tussen de KRW-doelen en de in 2014-2017 gemeten stikstofconcentraties varieert van 0,13 in Spijksterpompen tot 0,85 mgN/l in Noordpolder. Gemiddeld is het verschil 0,56 mg/l. Met het combinatiescenario wordt dit verschil bijna twee keer zo groot (gemiddeld circa 1,0 mg/l). In Spijksterpompen en de 3^e schil Elektra-boezem was het verschil in de referentieperiode vrij gering (respectievelijk 0,13 mgN/l en 0,37 mgN/l). Dit verschil wordt dan met het combinatiescenario aanmerkelijk groter (0,64 mg/l en 0,86 mgN/l).

5 Conclusies en aanbevelingen

5.1 Conclusies

De waterkwaliteit voldoet in delen van Groningen nog niet aan de doelen die voor de Europese Kaderrichtlijn Water zijn gesteld. Onder andere worden de KRW-doelen voor fosfor en stikstof daar nog ruim overschreden. De KRW-doelen van stikstof en fosfor zijn maximale concentraties voor het zomerhalfjaargemiddelde. Als deze worden overschreden, wordt de ontwikkeling van de gewenste ecologie (het KRW-doel voor de ecologie) belemmerd. De resultaten van dit onderzoek wijzen erop dat bij het afleiden van die doelen onvoldoende rekening is gehouden met de belasting die voorkomt door bronnen die beleidsmatig als natuurlijk kunnen worden beschouwd.

Modellering oppervlaktewater

De in dit onderzoek uitgevoerde bronnenanalyse geeft voor de afwateringsgebieden binnen het beheergebied van waterschap Noorderzijlvest kwantitatief inzicht in de nutriëntenbelasting van het oppervlaktewater en daarbij de herkomst en bronnen van stikstof en fosfor.

Uit de modelberekeningen blijkt dat de jaargemiddelde fosforbelasting binnen de afwateringsgebieden vooral wordt bepaald door de af- en uitspoeling van landbouwgronden (22-29%), nalevering vanuit de waterbodem (8-44%) en, hoewel in mindere mate door uitspoeling uit natuurgronden (1-9%) en RWZI's (0-6%). De jaargemiddelde stikstofbelasting wordt in de gebieden eveneens vooral bepaald door de af- en uitspoeling van landbouwgronden (33-45%), nalevering vanuit de waterbodem (6-11%), uitspoeling uit natuurgronden (1-7%) en RWZI's (0,4-13%).

Vergunde lozingen van industrie leveren alleen in Spijksterpompen een grote bijdrage (voor fosfor 13% en voor stikstof 20%); in de andere gebieden minder dan 2%. Naast de bronnen binnen de gebieden blijkt dat uitwisseling van water tussen de gebieden (wateraanvoer binnen het beheergebied) een grote bijdrage levert aan de totale stofvrachten (fosfor 8-44% en stikstof 8-49%). Externe wateraanvoer levert alleen in de 3^e Schil Elektraboezem een belangrijke bijdrage (8% voor fosfor en 18% voor stikstof).

Achtergrondbelasting zomerhalfjaar

Om te bepalen in hoeverre deze doelen voldoende rekening houden met de belasting die voortkomt uit bronnen die beleidsmatig als natuurlijk kunnen worden beschouwd, zijn de balansen ook opgesteld voor het zomerhalfjaar. Ten opzichte van de jaargemiddelde belasting is in het zomerhalfjaar het aandeel van externe wateraanvoer groter alsmede het aandeel van nalevering vanuit de waterbodem, vooral voor fosfor. Met deze zomerhalfjaar balansen is het aandeel van de belasting berekend die beleidsmatig als achtergrondbelasting wordt beschouwd. Deze achtergrondbelasting is berekend als de som van de uit- en afspoeling die niet voortkomt uit bemesting (inclusief natuur en stedelijk groen), atmosferische depositie op open water, kwel, watervogels en externe wateraanvoer.

De berekende achtergrondbelasting van fosfor is gemiddeld 55% en varieert van 52% (1^e en 2^e Schil Elektraboezem) tot 61% (Fivelingo). De achtergrondbelasting die is aangehouden voor de waterbodem heeft hier een belangrijk aandeel in (10-18%). De externe wateraanvoer, die geheel als achtergrondbelasting is beschouwd, heeft alleen in de 2^e en 3^e Schil Elektraboezem en Fivelingo een duidelijk aandeel in de berekende achtergrondbelasting (respectievelijk 5, 10 en 14%).

De berekende achtergrondbelasting van stikstof is gemiddeld 47% en varieert van 36% (1^e Schil) tot 62% (Fivelingo). Vergeleken met de achtergrondbelasting van fosfor heeft de waterbodem hier veel minder invloed op, terwijl het aandeel externe wateraanvoer wel een grote invloed heeft, vooral in de 3^e Schil Elektraboezem en Fivelingo.

Zoals aangegeven, is deze externe aanvoer (voornamelijk vanuit Friese boezem) geheel als achtergrondbelasting beschouwd. Uit een voorgaande studie voor de Friese boezem kan worden afgeleid dat fosfor voor 50% afkomstig is van antropogene bronnen en stikstof voor 83%. Als dit wordt meegenomen in de berekening van de achtergrondbelasting, daalt de totaal berekende achtergrondbelasting van fosfor in de 3^e schil met 7%, in Fivelingo met 5% en in de andere gebieden minder dan 2%. Voor stikstof zou de berekende achtergrondbelasting circa 14% lager uitkomen (31-40%).

Vergelijking achtergrondconcentraties en KRW-doelen

Vanuit het berekende aandeel van de achtergrondbelasting is per afwateringsgebied een theoretische achtergrondconcentratie berekend door dit aandeel (percentage) te vermenigvuldigen met de concentraties die in de periode 2014-2017 zijn gemeten in het zomerhalfjaar. Dit levert voor fosfor sterk wisselende theoretische achtergrondconcentraties op die variëren van 0,15 mgP/L in de 3^e Schil Elektraboezem, 0,25 en 0,32 in de 2^e Schil en Fivelingo, en 0,53-0,64 mgP/L in de 1^e Schil, Noordpolderzijl en Spijksterpompen. Het huidige KRW-doel van fosfor is in Spijksterpompen 0,19 mgP/L en in de overige afwateringsgebieden 0,15 mgP/L. Afgezien van de 3^e Schil, zijn de berekende theoretische achtergrondconcentraties dus ruim hoger dan het KRW-doel voor fosfor.

Voor stikstof variëren de berekende achtergrondconcentraties 0,64 tot 1,43 mgN/L. Dat is aanmerkelijk lager dan de huidige KRW-doelen van stikstof (2,1 en 2,8 mgN/L).

Als ervan wordt uitgegaan dat de externe wateraanvoer vanuit Friesland voor 50% (fosfor) en 83% (stikstof) als antropogeen wordt aangemerkt, worden iets lagere achtergrondconcentraties voor fosfor berekend. Deze variëren dan van 0,13 tot 0,58 mgP/L. Voor stikstof worden dan duidelijke lagere achtergrondconcentraties berekend, namelijk variërend van 0,63 tot 0,81 mgN/L.

Vanuit de vergelijking tussen de berekende theoretische achtergrondconcentraties en de huidige KRW-doelen kan geconcludeerd worden dat de KRW-doelen van fosfor onvoldoende rekening houden met de belasting die voortkomt uit de bronnen die hier als natuurlijk zijn beschouwd.

Scenario's emissiereductie antropogene bronnen

De totale belasting met nutriënten is de som van de achtergrondbelasting en de belasting door de antropogene bronnen. Met modelscenario's is berekend hoeveel de belasting en daarbij de concentraties in het zomerhalfjaar afnemen als vrij extreme, maximaal haalbare geachte emissie-reducerende maatregelen worden genomen. Uit die berekeningen komt naar voren dat de beschouwde scenario leiden tot een afname van de concentraties, maar niet zodanig zijn dat de concentraties in de buurt komen van de KRW doelen. Omdat de berekende achtergrondconcentraties van fosfor al hoger zijn dan het KRW doel van fosfor, kunnen de berekende concentraties in de beschouwde scenario's wel dalen, maar niet zodanig dat de berekende achtergrondconcentraties worden gehaald. Als de KRW-doelen van fosfor op basis van de berekende achtergrondconcentraties bijgesteld zouden worden, moet rekening worden gehouden dat de concentraties die met het combinatie scenario worden berekend, beduidend hoger uitkomen (0,1 tot 0,4 mgP/l) dan de berekende achtergrondconcentraties.

Voor stikstof worden de KRW-doelen al in de referentieperiode gehaald. Het verschil tussen de KRW-doelen en de gemeten concentraties wordt met het combinatiescenario bijna verdubbeld, hetgeen met name de risico's voor overschrijding van de KRW-doelen in Spijksterpompen en de 3^e schil Elektraboezem verlaagt.

5.2 Aanbevelingen

Het ligt voor de hand om KRW-doelen aan te passen in gebieden waar de achtergrondconcentraties nabij of zelfs hoger zijn dan de huidige KRW-doelen. Landelijk zijn mogelijke benaderingen (methodes) voorgesteld om bij het afleiden en/of aanpassen van het KRW-doel rekening te houden met natuurlijke achtergrondgehalten. Enkele daarvan zijn kort beschreven in hoofdstuk 3. Aanbevolen wordt om mogelijke benaderingen (methodes) voor technische bijstelling van de KRW-doelen af te stemmen met de andere waterschappen binnen de deelstroomgebieden Rijn-Noord en landelijk. Aanbevolen wordt om daarbij ook de resultaten van de maatregelsscenario's te betrekken.

De hier berekende achtergrondconcentraties zijn afgeleid op basis van het aandeel van bronnen die als natuur (niet antropogeen) zijn beschouwd. Bedacht moet worden dat in principe de belasting van alle bronnen te beïnvloeden is. Zo kan bijvoorbeeld met helofytenfilters de diffuse belasting vanuit sloten naar de boezem worden verminderd en kunnen met brede bufferstroken of regelbare drainage de uit- en afspoeling uit landbouwgronden worden verminderd en niet alleen het deel dat voortkomt uit bemesting. Atmosferische stikstofdepositie zal naar verwachting worden beïnvloed door nationale beleidsmaatregelen om de depositie op kwetsbare natuur te verminderen.

Landelijk worden door de WUR berekeningen uitgevoerd om kwantitatieve schattingen te geven in hoeverre de af- en uitspoeling van landbouwgronden zullen afnemen met het nieuwe mest- en stikstofbeleid (maatregelen 7^e Nitraat Actieprogramma en beschikking Afbouw derogatie). Vanuit deze berekeningen kunnen kwantitatieve schattingen voor de hier beschouwde gebieden worden gegeven. Het effect hiervan op de concentraties die in de onderhavige studie zijn berekend, kan relatief eenvoudig met het waterkwaliteitsmodel worden berekend en/of globaal worden berekend met het balansmodel dat vanuit Sobek-Delwaq in Excel is opgezet.

Emissieschattingen en modelberekeningen van de nutriëntenbelasting en resulterende concentraties in het oppervlaktewater gaan altijd gepaard met onzekerheden. Onzekerheidsmarges voor de berekende belasting en bronverdeling zijn moeilijk te kwantificeren omdat niet voor alle modelinput onzekerheidsgrenzen zijn aan te geven. Wel kunnen onzekerheden in de modelberekeningen die voor het onderhavige onderzoek zijn uitgevoerd worden verkleind, door met veldmetingen meer inzicht te verwerven in de nalevering van de waterbodem, de retentie, en door op de belangrijke uitwisselpunten van de afwateringsgebieden monitoringslocaties in te richten waarbij zowel de debieten als concentraties van de nutriënten worden gemeten.

In meerdere regio's wordt door de waterbeheerders gekeken of en hoe de KRW-doelen van stikstof en fosfor bijgesteld kunnen worden op basis van achtergrondconcentraties. Er zijn echter geen landelijke richtlijnen of bestuurlijke afspraken hoeveel marge tussen de achtergrondconcentratie en het nieuwe KRW-doel dan aangehouden kan worden. Aanbevolen wordt om hierover landelijke richtlijnen af te spreken.

Literatuur

- Aalderink, H., J. Langeveld, E. Liefting en A. de Weme 2009. Oppervlaktewaterkwaliteit: wat zijn relevante emissies?: vergelijkende analyse van vervuilingsbronnen en maatregelen aan het afvalwatersysteem, beoordeeld op hun effect op de kwaliteit van diverse oppervlaktewateren. Januari 2009, Stichting Rioned, Ede.
- Deltares 2021. Emissieregistratie Factsheet Vogelmest.
<https://legacy.emissieregistratie.nl/erpubliek/documenten/06%20Water/01%20Factsheets/01%20Nederlands/Vogelmest.pdf>.
- Europese Commissie 2022. Voorstel voor een Richtlijn van het Europees Parlement en de Raad inzake de Behandeling van stedelijk afvalwater (herschikking). Brussel, 26.10.2022, COM (2022) 541 Final.
- Gaalen, F. van, L. Osté & E. van Boekel 2020. Nationale analyse waterkwaliteit. Onderdeel van de Delta-aanpak Waterkwaliteit. PBL-publicatienummer: 4002, The Hague, PBL Planbureau voor de Leefomgeving. https://www.pbl.nl/sites/default/files/downloads/pbl-2020-nationale-analyse-waterkwaliteit-4002_0.pdf.
- Groenendijk, P. en L. Renaud 2022. Methodiek berekening bronnen van stikstof en fosfor in uitspoelend bodem- en grondwater. Notitie Kennisimpuls Waterkwaliteit, deelproject Nutriënten, Wageningen Environmental Research 16 mei 2022.
- Hulsbos, M. en J. Weemstra (Tauw) 2017, 'Waterkwaliteit in de Friese Boezem, Modellerings van de waterkwaliteit in de Friese Boezem met Sobek'.
- Schipper, P., R. Smit, R. Rietra, L. v. Gerven, L. Renaud, L. Jeurissen, en Gerard H. Ros 2021. Regionale pilot Kennisimpuls RBO-Noord; synthese uit- en afspoeling stikstof en fosfor naar water. Wageningen, Wageningen Environmental Research, Rapport 3094.
- Schipper, P. L. Jeurissen, R. Hendriks, L. Renaud en E. van Boekel 2020. Water- en nutriënten-balansen oppervlaktewater Zuiderzeeland. Wageningen Environmental Research rapport 3009.
- Schipper, P. en E. van Boekel 2022. Bronnenanalyse fosfor waterlichamen Friese kleischil voor afleiding haalbare KRW-doelen. Wageningen Environmental Research, notitie augustus 2022.
- STOWA (2018a). Referenties en maatlatten voor natuurlijke watertypen voor de Kaderrichtlijn Water 2021-2027. STOWA-rapport 2018-49.
- STOWA (2018b). Omschrijving MEP en maatlatten voor sloten en kanalen voor de Kaderrichtlijn Water 2021-2027. STOWA-rapport 2018-50.
- Vreman, B. J. en A. Buijert 6-11-2018. Waterkwaliteitsstudie KRW wateren Noorderzijlvest, technisch rapport. Arcadis rapport, projectnummer C03081.000249.0200.

Bijlage 1 Nutriëntenbalansen zomerhalfjaar

Tabel B1a Zomerhalfjaar gemiddelde fosforbelasting (kg) per afwateringsgebied 2014-2017.

emissiebronnen	1e schil	2e schil	3e schil	noord polderzijl	spijkster pompen	fivelingo
uit- en afspoeling landbouw	604	582	12251	1462	3502	2939
stedelijk groen uit- en afspoeling	12	15	1603	0	26	121
natuur uit- en afspoeling	250	170	3186	106	307	1429
erfafspoeling + meemesten sloten	112	122	2877	17	95	395
rwzi	555	361	4396	490	101	72
regenwaterriolen	16	15	316	28	23	52
overstorten	16	13	255	24	17	128
industrie lozingen (vergund)	6	25	1499	35	2972	12
overig industrie en stedelijk	179	158	3378	17	146	690
kwel (directe naar waterlopen)	2	1	394	0	12	18
atm. depositie	0	0	0	0	0	0
watervogels	6	1	189	0	34	16
nalevering vanuit de waterbodem	3710	1249	12285	5888	9905	7923
wateraanvoer extern afkomst	58	195	8550	150	30	1738
wateraanvoer binnen beheergebied	1557	1093	11893	9098	6283	1550
totaal interne bronnen	5468	2711	42628	8069	17141	13794
% antropogeen interne belasting	61%	57%	59%	57%	67%	38%
totale belasting	7083	3998	63071	17317	23454	17082

Tabel B1.b Zomerhalfjaar gemiddelde fosforbelasting (%) per afwateringsgebied 2014-2017.

emissiebronnen	1e schil	2e schil	3e schil	noord polderzijl	spijkster pompen	fivelingo
uit- en afspoeling landbouw	9%	15%	19%	8%	15%	17%
• actuele bemesting	1%	1%	5%	3%	5%	2%
• historische bemesting	2%	2%	3%	0.6%	1%	3%
• (semi)natuurlijke nalevering	5%	10%	10%	5%	8%	11%
• atmosferische depositie	0%	0%	0%	0%	0%	0%
• kwel	0.4%	0.6%	1%	0.2%	0.4%	0.8%
• infiltratie	0.1%	0.1%	0.2%	0.1%	0.1%	0.2%
stedelijk groen uit- en afspoeling	0.2%	0.4%	3%	0%	0.1%	0.7%
natuur uit- en afspoeling	4%	4%	5%	0.6%	1%	8%
erfafspoeling + meemesten sloten	2%	3%	5%	0.1%	0.4%	2%
rwzi	8%	9%	7%	3%	0.4%	0.4%
regenwaterriolen	0.2%	0.4%	0.5%	0.2%	0.1%	0.3%
overstorten	0.2%	0.3%	0.4%	0.1%	0.1%	0.8%
industrie lozingen (vergund)	0.1%	0.6%	2%	0.2%	13%	0.1%
overig industrie en stedelijk	3%	4%	5%	0.1%	0.6%	4%
kwel (directe naar waterlopen)	0.0%	0.0%	0.6%	0%	0.1%	0.1%
atm. depositie	0%	0%	0%	0%	0%	0%
watervogels	0.1%	0.0%	0.3%	0%	0.1%	0.1%
nalevering vanuit de waterbodem	52%	31%	19%	34%	42%	46%
wateraanvoer extern afkomst	1%	5%	14%	1%	0%	10%
wateraanvoer binnen beheergebied	22%	27%	19%	53%	27%	9%
totaal interne bronnen	100%	100%	100%	100%	100%	100%

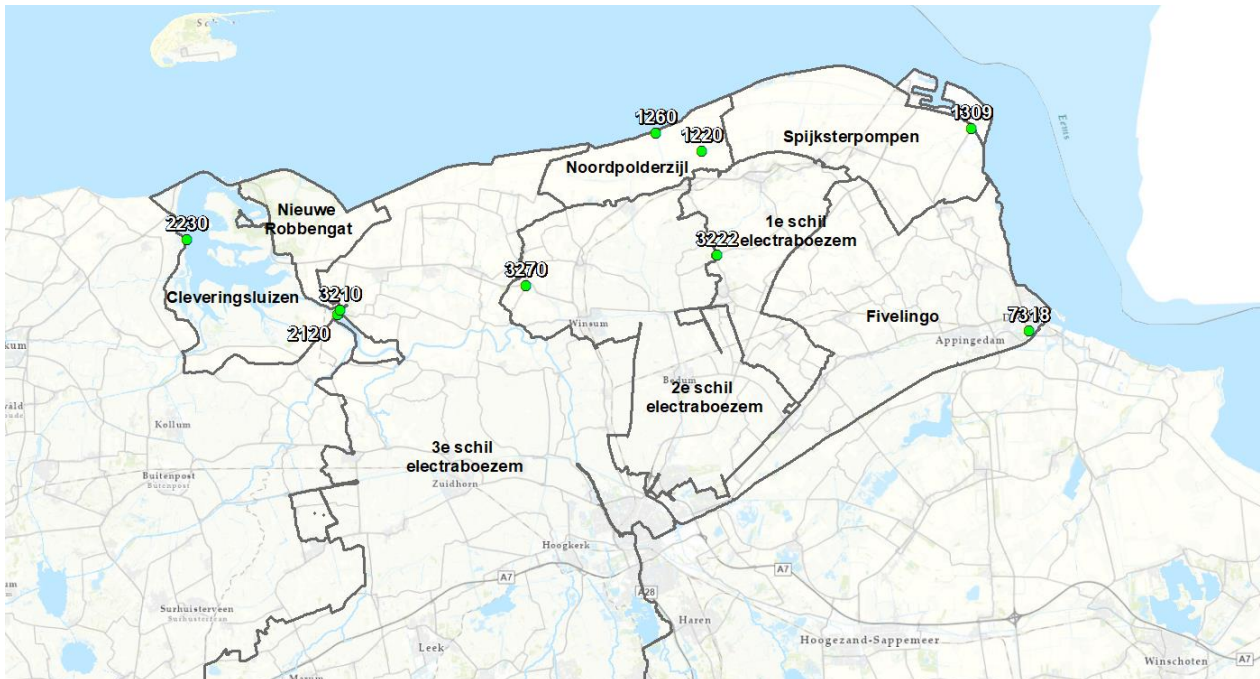
Tabel B2.a Zomerhalfjaar gemiddelde stikstofbelasting (kg) per afwateringsgebied 2014-2017.

emissiebronnen	1e schil	2e schil	3e schil	noord polderzijl	spijkster pompen	fivelingo
uit- en afspoeling landbouw	5377	5346	161057	9433	23421	26926
stedelijk groen uit- en afspoeling	58	60	15537	0	115	578
natuur uit- en afspoeling	1218	589	28034	423	1561	6629
erfafspoeling + meemesten sloten	635	662	15198	304	982	2168
rwzi	4291	2039	30845	2904	620	504
regenwaterriolen	700	670	14206	1269	1042	2321
overstorten	90	74	1469	141	99	739
industrie lozingen (vergund)	28	109	6471	184	18804	62
overig industrie en stedelijk	934	825	17576	86	762	3625
kwel (directe naar waterlopen)	11	5	3239	0	54	130
atm. depositie	680	724	25752	605	1347	2741
watervogels	12	3	708	0	74	41
nalevering vanuit de waterbodem	3710	1249	12285	5888	9905	7923
wateraanvoer extern afkomst	1277	4212	172534	3479	731	33652
wateraanvoer binnen beheergebied	7238	7000	62403	41178	20396	8454
totaal interne bronnen	17745	12357	332376	21236	58785	54388
% antropogeen interne belasting	73%	73%	59%	79%	82%	58%
totale belasting	26260	23569	567313	65894	79913	96493

Tabel B2.b Zomerhalfjaar gemiddelde stikstofbelasting (%) per afwateringsgebied 2014-2017.

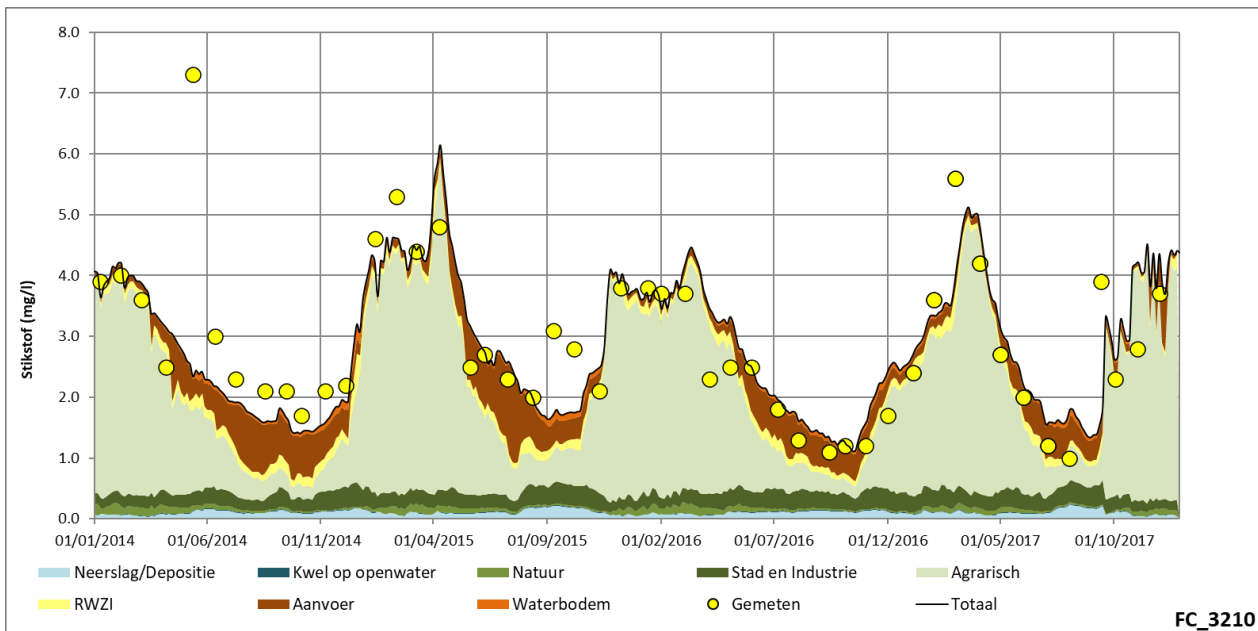
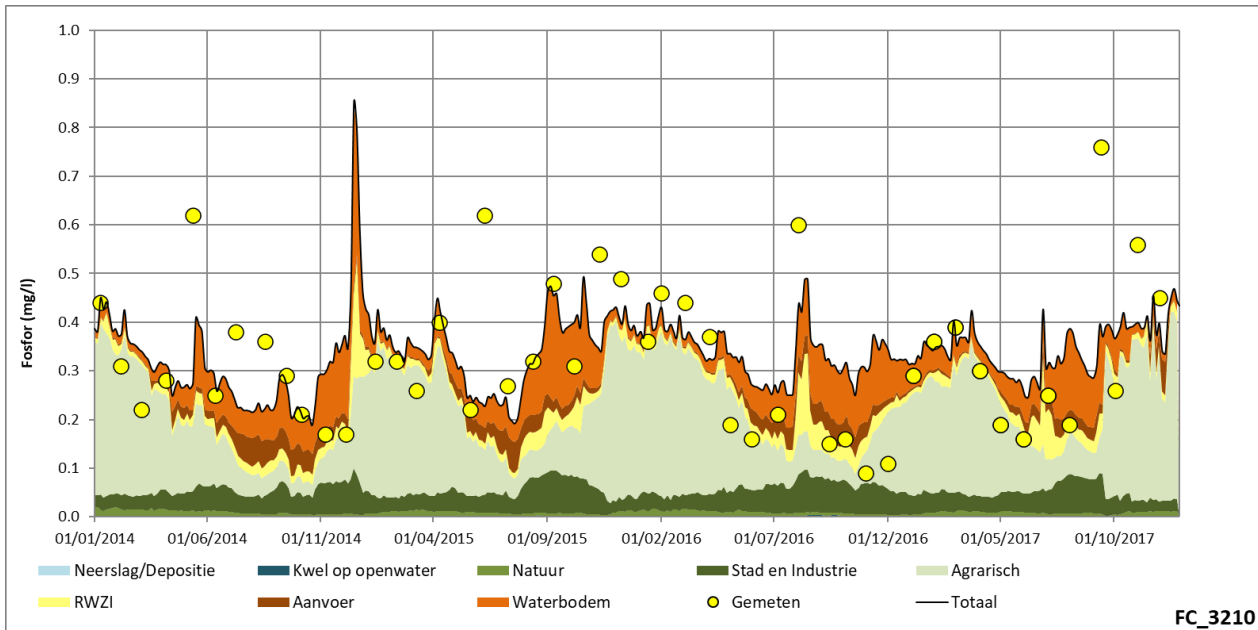
emissiebronnen	1e schil	2e schil	3e schil	noord polderzijl	spijkster pompen	fivelingo
uit- en afspoeling landbouw	20%	23%	28%	14%	29%	28%
• actuele bemesting	13%	15%	17%	10%	21%	17%
• historische bemesting	0.7%	0.9%	1%	0.5%	1%	0.9%
• (semi)natuurlijke nalevering	5%	5%	7%	2%	5%	7%
• atmosferische depositie	1%	1%	1%	0.9%	2%	1%
• kwel	0.8%	0.7%	2%	0.1%	0.2%	2%
• infiltratie	0.0%	0.0%	0.1%	0.0%	0.1%	0.0%
stedelijk groen uit- en afspoeling	0.2%	0.3%	3%	0%	0.1%	0.6%
natuur uit- en afspoeling	5%	2%	5%	0.6%	2%	7%
erfafspoeling + meemesten sloten	2%	3%	3%	0.5%	1%	2%
rwzi	16%	9%	5%	4%	0.8%	0.5%
regenwaterriolen	3%	3%	3%	2%	1%	2%
overstorten	0.3%	0.3%	0.3%	0.2%	0.1%	0.8%
industrie lozingen (vergund)	0.1%	0.5%	1%	0.3%	24%	0.1%
overig industrie en stedelijk	4%	4%	3%	0.1%	1.0%	4%
kwel (directe naar waterlopen)	0.0%	0.0%	0.6%	0%	0.1%	0.1%
atm. depositie	3%	3%	5%	0.9%	2%	3%
watervogels	0.0%	0.0%	0.1%	0%	0.1%	0.0%
nalevering vanuit de waterbodem	14%	5%	2%	9%	12%	8%
wateraanvoer extern afkomst	5%	18%	30%	5%	1%	35%
wateraanvoer binnen beheergebied	28%	30%	11%	62%	26%	9%
totaal interne bronnen	100%	100%	100%	100%	100%	100%

Bijlage 2 Validatie: vergelijking berekende
en gemeten concentraties

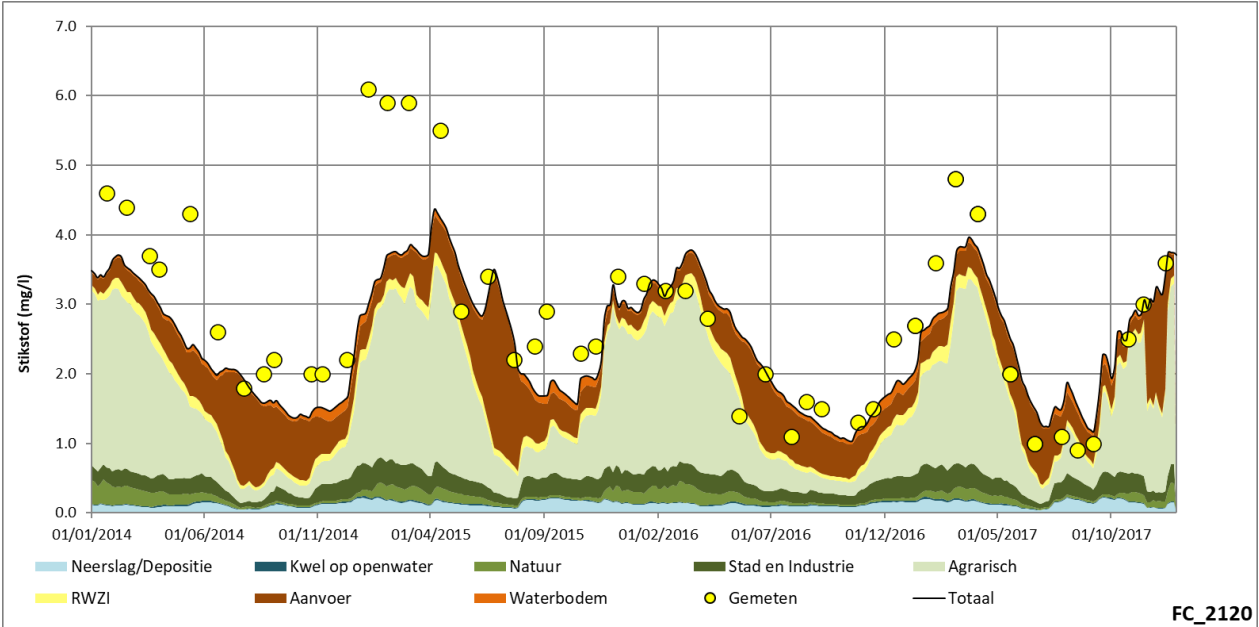
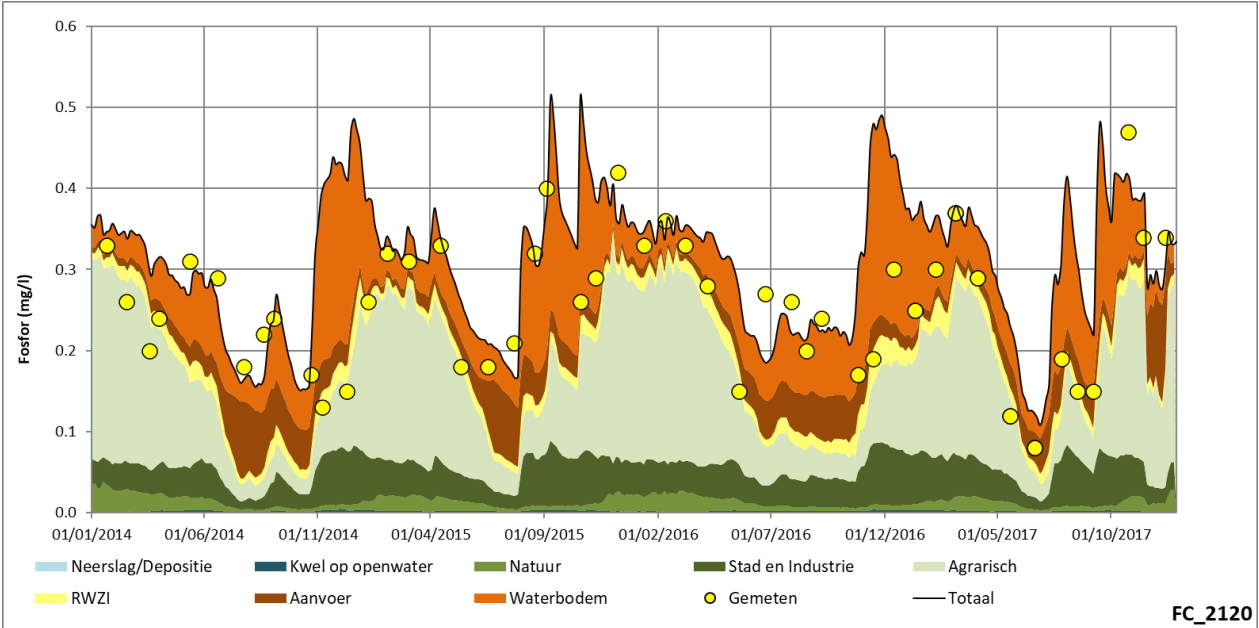


Meetlocaties waar de gemeten concentraties zijn vergeleken met de berekende concentraties.

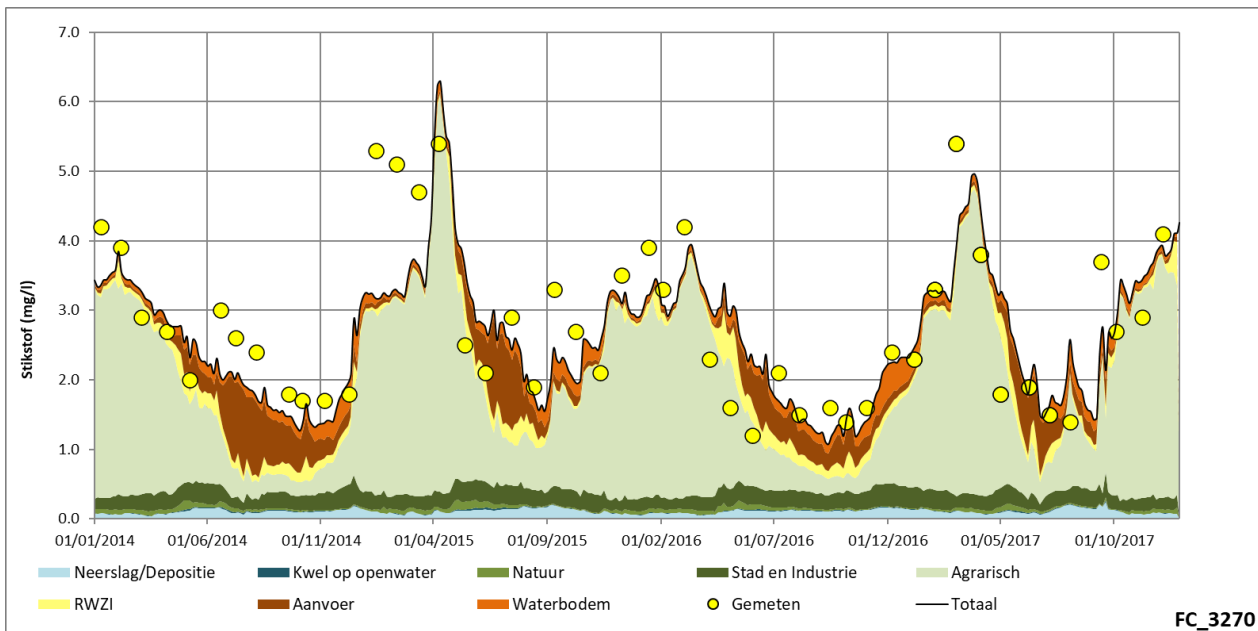
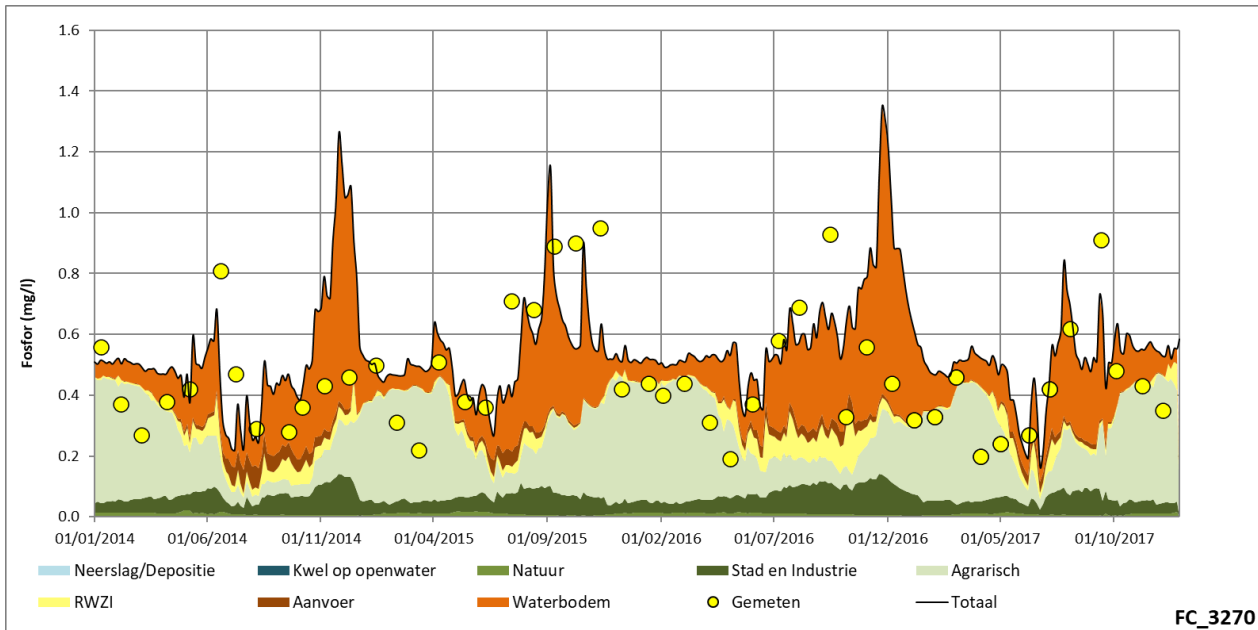
Meetlocaties 3^e Schil Elektraboezem



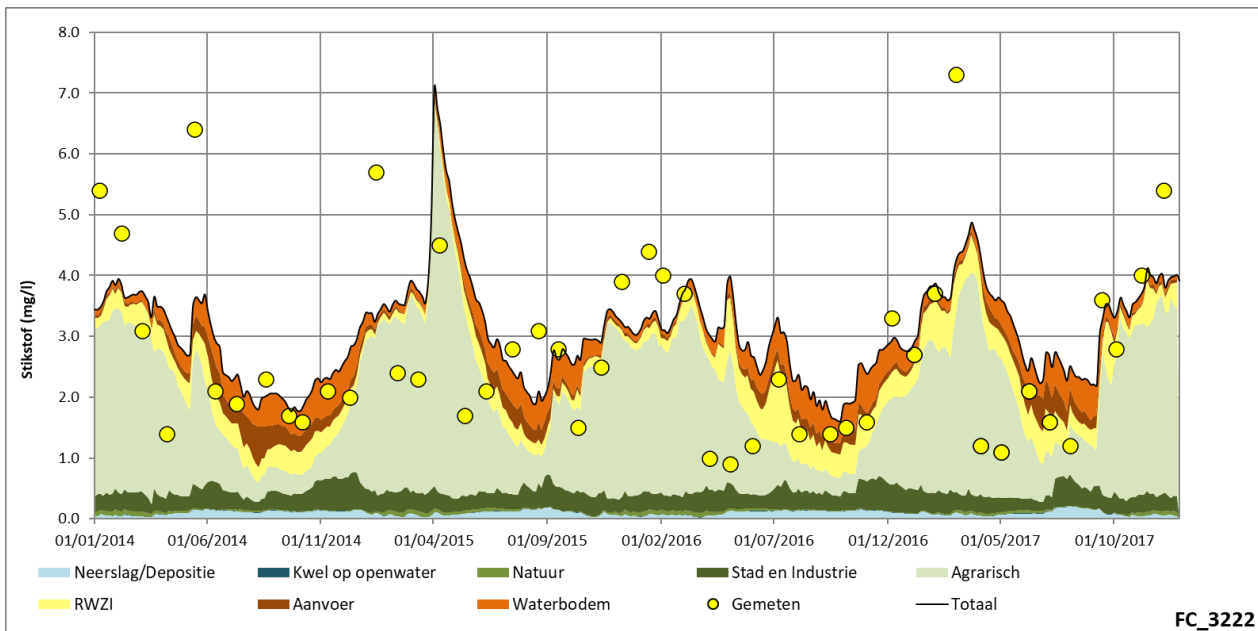
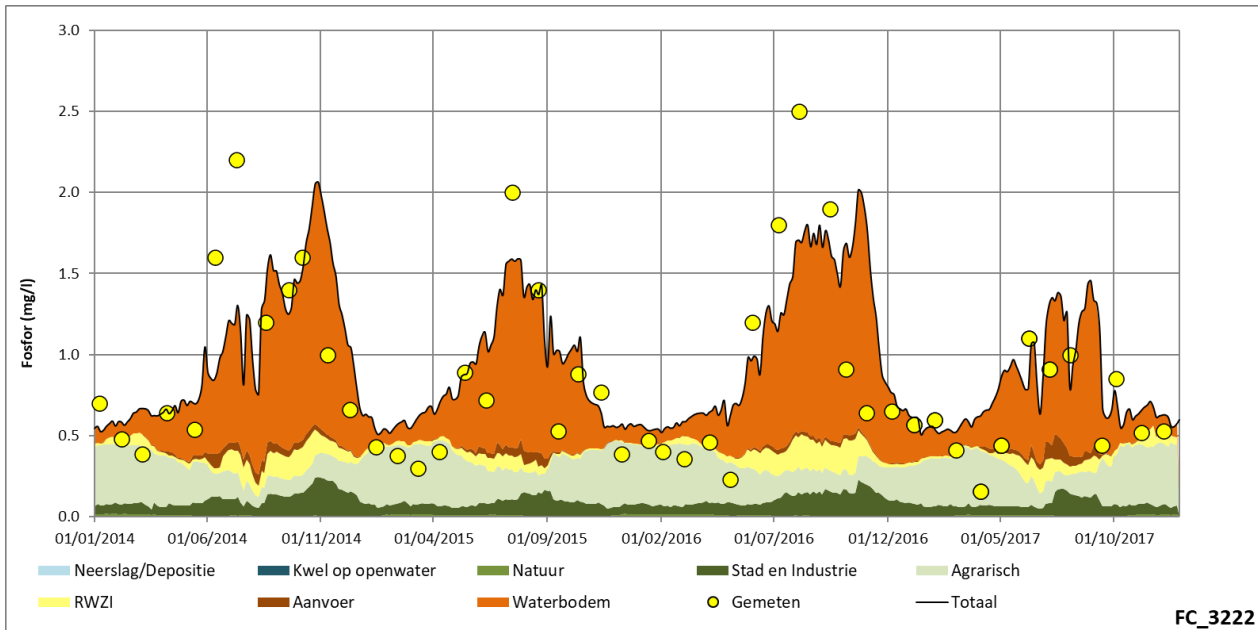
Meetlocaties 2^e Schil Elektraboezem



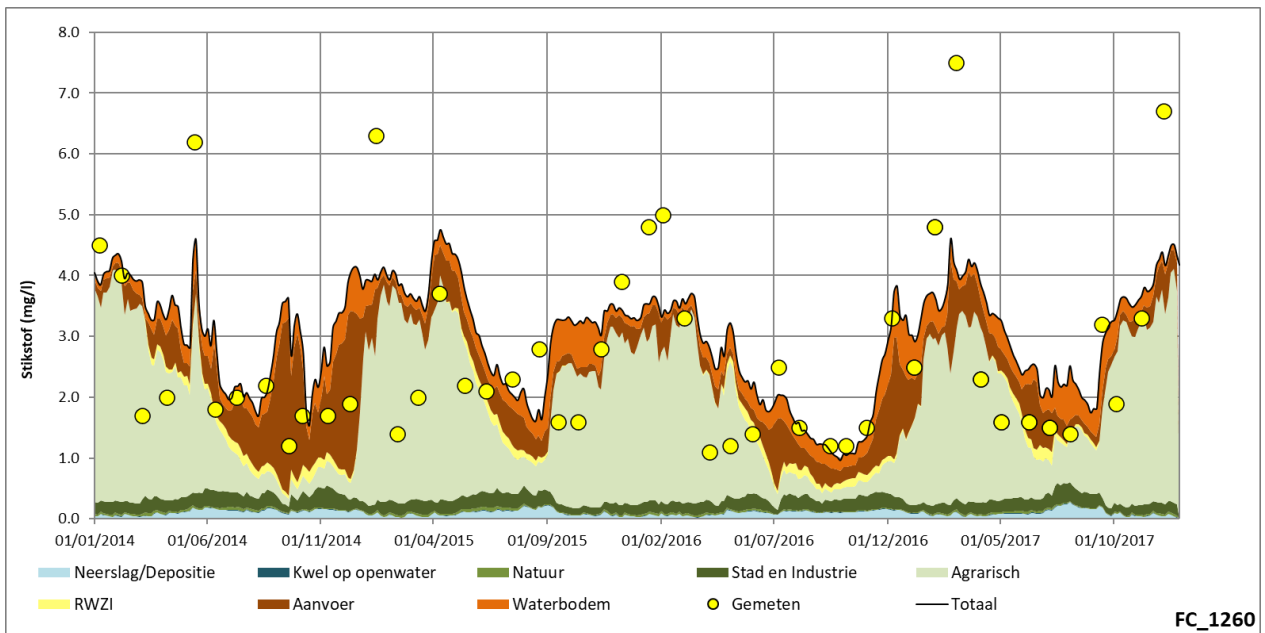
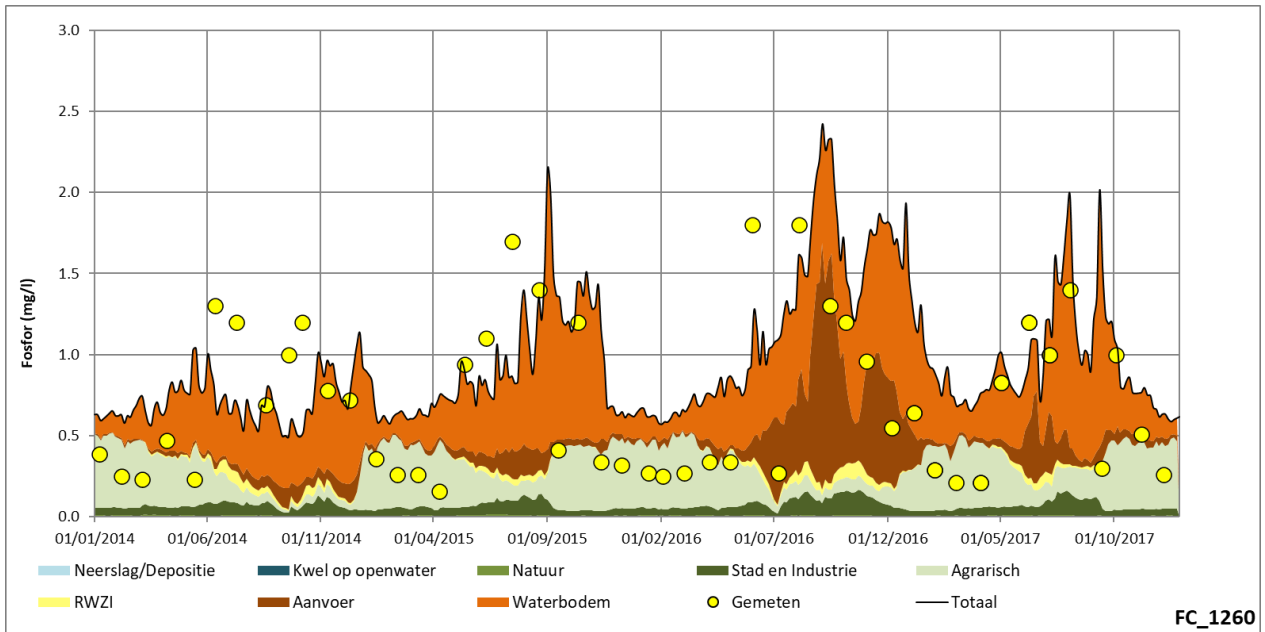
Meetlocaties 2^e Schil Elektraboezem (vervolg)



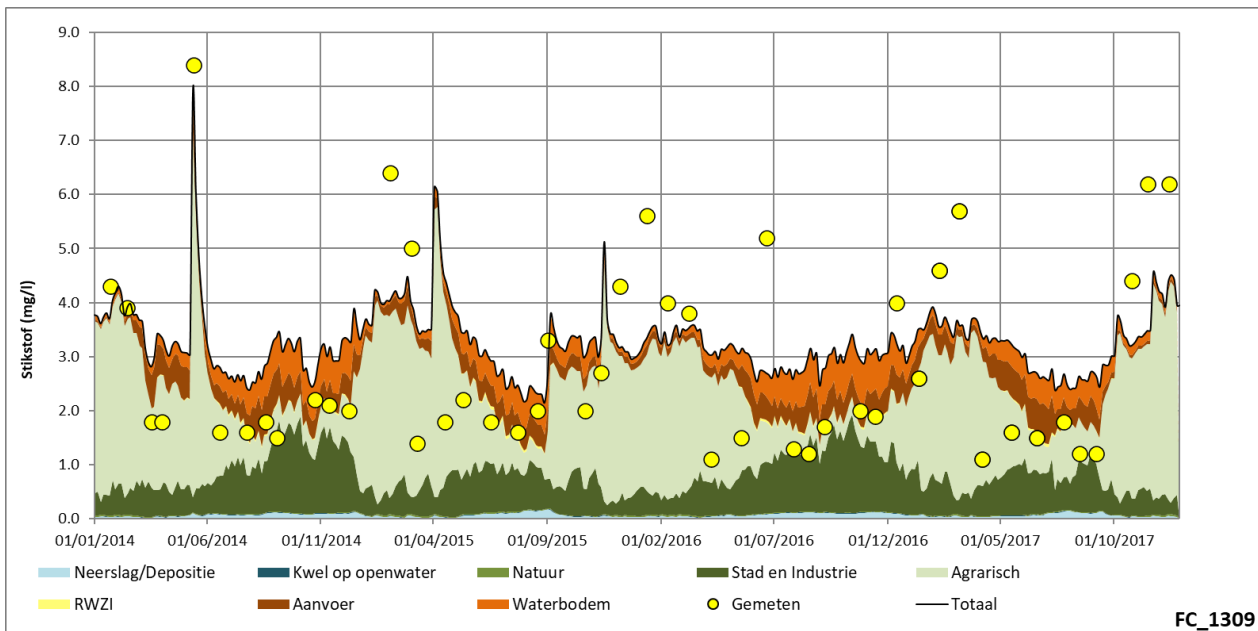
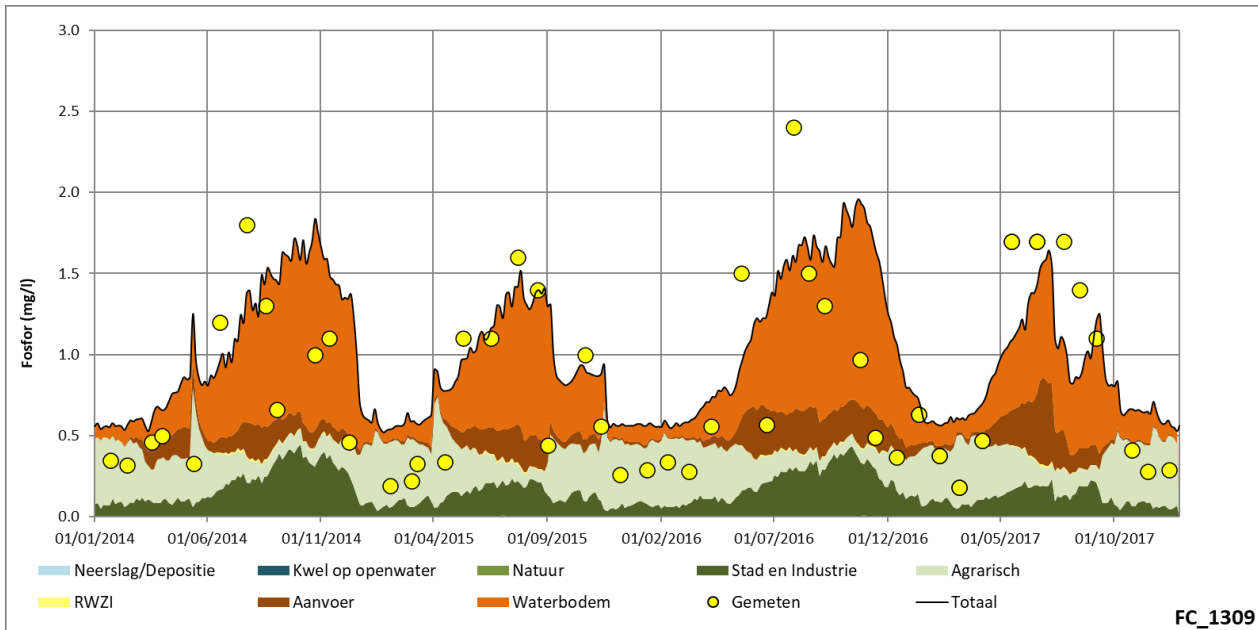
Meetlocaties 1^e Schil Elektraboezem



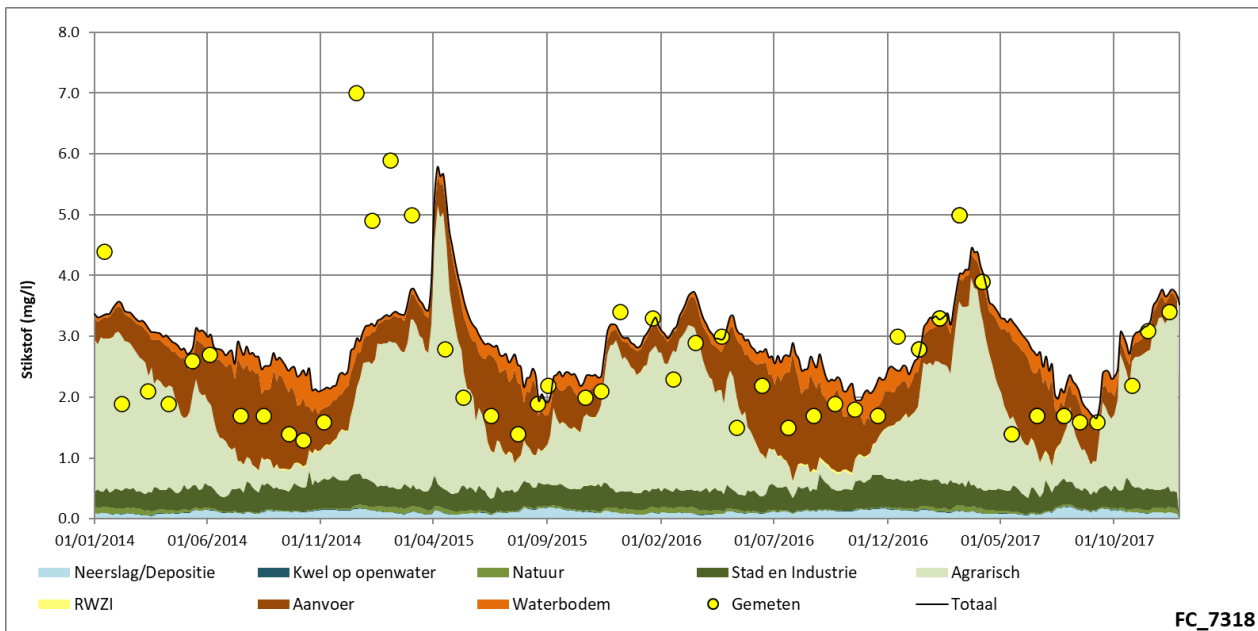
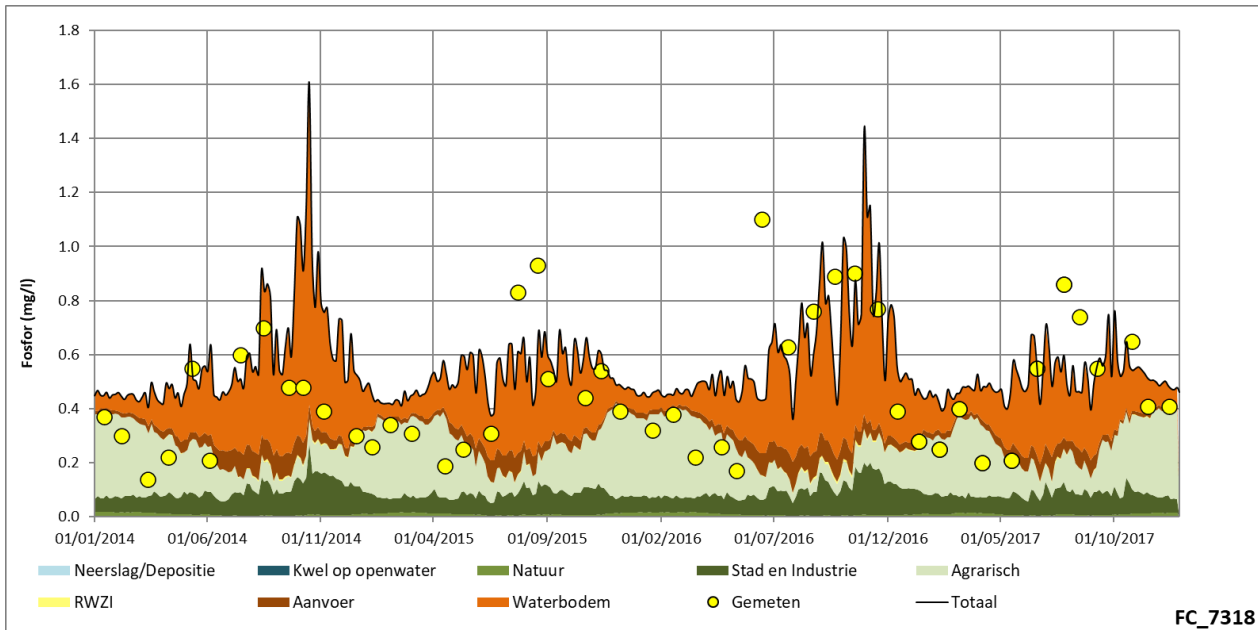
Meetlocaties Noordpolderzijl



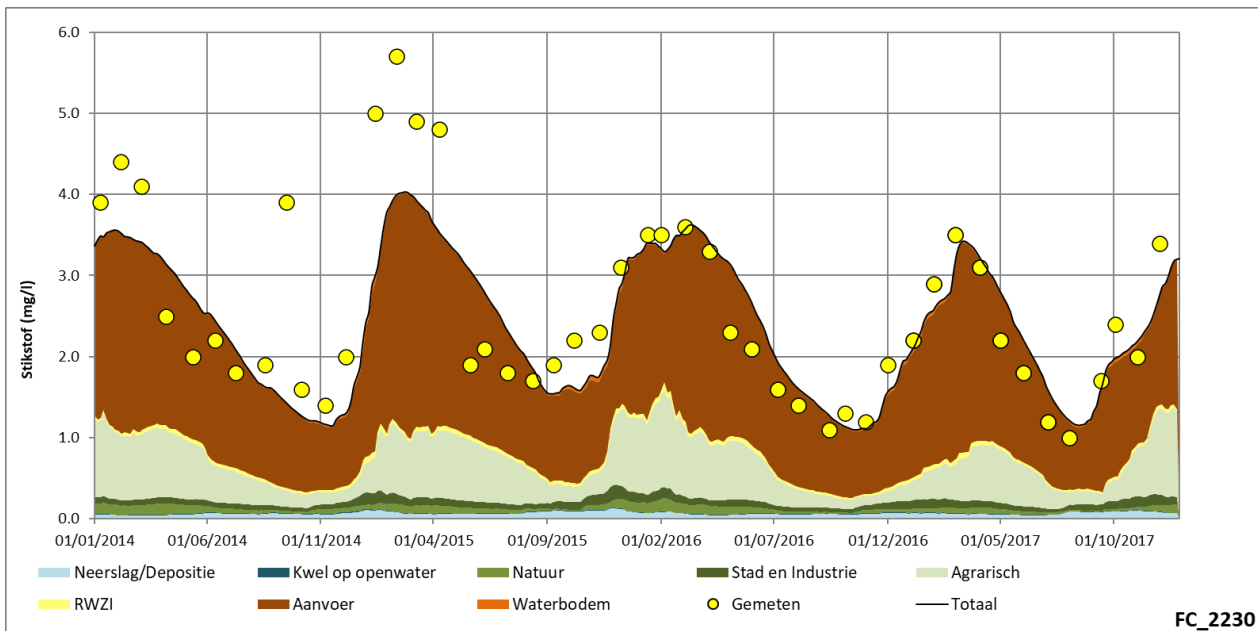
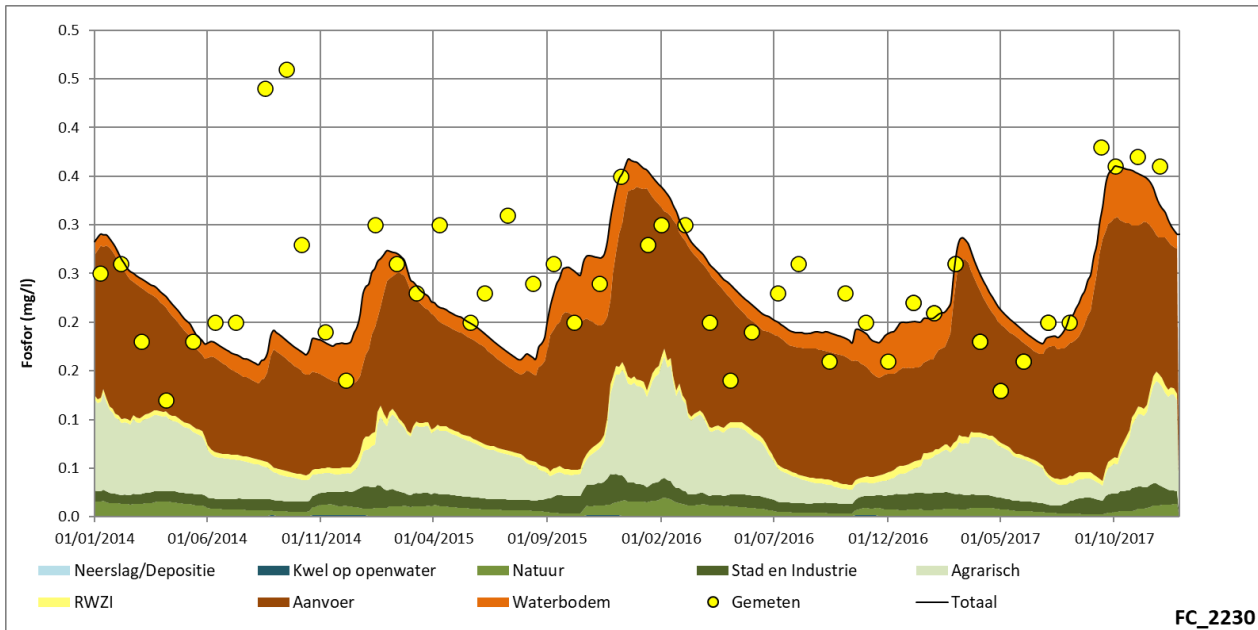
Meetlocaties Spijksterpompen



Meetlocaties Fivelingo



Meetlocaties Lauwersmeer



Wageningen Environmental Research
Postbus 47
6700 AA Wageningen
T 0317 48 07 00
wur.nl/environmental-research

Wageningen Environmental Research
Rapport 3277
ISSN 1566-7197



De missie van Wageningen University & Research is 'To explore the potential of nature to improve the quality of life'. Binnen Wageningen University & Research bundelen Wageningen University en gespecialiseerde onderzoeksinstituten van Stichting Wageningen Research hun krachten om bij te dragen aan de oplossing van belangrijke vragen in het domein van gezonde voeding en leefomgeving. Met ongeveer 30 vestigingen, 7.600 medewerkers (6.700 fte) en 13.100 studenten en ruim 150.000 Leven Lang Leren-deelnemers behoort Wageningen University & Research wereldwijd tot de aansprekende kennisinstellingen binnen haar domein. De integrale benadering van de vraagstukken en de samenwerking tussen verschillende disciplines vormen het hart van de unieke Wageningen aanpak.



To explore
the potential
of nature to
improve the
quality of life

Wageningen Environmental Research
Postbus 47
6700 AB Wageningen
T 0317 48 07 00
wur.nl/environmental-research

Rapport 3277
ISSN 1566-7197

De missie van Wageningen University & Research is 'To explore the potential of nature to improve the quality of life'. Binnen Wageningen University & Research bundelen Wageningen University en gespecialiseerde onderzoeksinstituten van Stichting Wageningen Research hun krachten om bij te dragen aan de oplossing van belangrijke vragen in het domein van gezonde voeding en leefomgeving. Met ongeveer 30 vestigingen, 7.600 medewerkers (6.700 fte) en 13.100 studenten en ruim 150.000 Leven Lang Leren-deelnemers behoort Wageningen University & Research wereldwijd tot de aansprekende kennisinstellingen binnen haar domein. De integrale benadering van de vraagstukken en de samenwerking tussen verschillende disciplines vormen het hart van de unieke Wageningen aanpak.

