



# Onderzoek verbeteren waterkwaliteit Wieden en Weerribben

Eindrapport systeemanalyse

Provincie Overijssel

11 maart 2022

Project  
Opdrachtgever

Onderzoek verbeteren waterkwaliteit Wieden en Weerribben  
Provincie Overijssel

Document  
Status  
Datum  
Referentie

Eindrapport systeemanalyse  
Concept 01  
11 maart 2022  
105305/22-003.608

Projectcode  
Projectleider  
Projectdirecteur

105305  
drs. L.G. Turlings  
drs. M. Klinge

Auteur(s)  
Gecontroleerd door  
Goedgekeurd door

dr. C. Cusell, J.J. Mandemakers MSc, dr. G. van Dijk, dr. A.M. Kooijman  
dr. C. Cusell, drs. L.G. Turlings, dr. A.M. Kooijman, dr. D. van Rotterdam,  
prof. dr. A.J.P. Smolders  
drs. L.G. Turlings

Paraaf



Adres

Witteveen+Bos Raadgevende ingenieurs B.V.  
Leeuwenbrug 8  
Postbus 233  
7400 AE Deventer  
+31 (0)570 69 79 11  
[www.witteveenbos.com](http://www.witteveenbos.com)  
KvK 38020751

Het kwaliteitsmanagementsysteem van Witteveen+Bos is gecertificeerd op basis van ISO 9001.

© Witteveen+Bos

Niets uit dit document mag worden veeelvoudigd en/of openbaar gemaakt in enige vorm zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van Witteveen+Bos noch mag het zonder dergelijke toestemming worden gebruikt voor enig ander werk dan waarvoor het is vervaardigd, behoudens schriftelijk anders overeengekomen. Witteveen+Bos aanvaardt geen aansprakelijkheid voor enigerlei schade die voortvloeit uit of verband houdt met het wijzigen van de inhoud van het door Witteveen+Bos geleverde document.

## INHOUDSOPGAVE

<b>1</b>	<b>INLEIDING</b>	<b>5</b>
1.1	Aanleiding	5
1.2	Doel van het project	6
1.3	Onderzoeksvragen	7
1.4	Leeswijzer	7
<b>2</b>	<b>GRENSWAARDEN VOOR HABITATTYPEN</b>	<b>9</b>
2.1	Inleiding	9
2.2	Methodiek	10
2.3	Vergelijking habitatype van verschillende kwaliteit	12
	2.3.1 Calciumconcentratie	12
	2.3.2 Fosforconcentratie	12
2.4	Grenswaarden	13
	2.4.1 Kranswierwateren (H3140)	13
	2.4.2 Meren met krabbenscheer en fonteinkruid (H3150)	14
	2.4.3 Trilvenen (H7140A)	14
	2.4.4 Veenmosrietland (H7140B)	16
2.5	Beantwoording onderzoeksvraag 1	17
<b>3</b>	<b>INSTROOM VAN WATER, FOSFOR EN BASEN NAAR DE BOEZEM</b>	<b>19</b>
3.1	Methodiek	20
3.2	Waterstromen	21
	3.2.1 Volume per bron	21
	3.2.2 Waterstromen in 2018 en 2019	23
	3.2.3 Vergelijking met 2000-2012	23
	3.2.4 Ruimtelijk beeld van de waterstromen	24
3.3	Fosfor- en calciumconcentraties instroompunten	25
	3.3.1 Fosforconcentratie	25
	3.3.2 Fosforconcentraties op reguliere, langlopende meetpunten	27
	3.3.3 Calciumconcentratie	27
3.4	Fosfor- en calciumvracht op de boezem	28
	3.4.1 Fosforvracht in 2018 en 2019	28
	3.4.2 Fosforvracht van instroompunten met langlopende metingen	30
	3.4.3 Calciumvracht in 2018-2019	31
	3.4.4 Verhouding fosfor : calcium per instroompunt 2018-2019	32

3.5	Beantwoording onderzoeksvraag 2	33
4	<b>VERSPREIDING VAN WATER, FOSFOR EN BASEN DOOR HET HOOFDWATERSYSTEEM VAN MEREN EN KANALEN</b>	<b>35</b>
4.1	Inleiding en methodiek	35
4.2	Verspreiding van chloride, fosfor en basen door het hoofdwatersysteem	36
4.2.1	Verspreiding van chloride	37
4.2.2	Verspreiding van calcium	41
4.2.3	Verspreiding van fosfor	47
4.3	Verspreiding van water, fosfor en calcium per deelgebied	54
4.4	Beantwoording onderzoeksvraag 3a	82
4.4.1	Verspreiding van water, fosfor en calcium door het hoofdnetwerk van de boezem	82
4.4.2	Probleemlocaties in het hoofdnetwerk van de boezem	84
4.4.3	Knelpunten: bronnen met grote invloed op deelgebieden in de boezem	86
5	<b>UITWISSELING VAN WATER, FOSFOR EN BASEN TUSSEN HET HOOFDWATERSYSTEEM EN DE PETGATEN</b>	<b>89</b>
5.1	Methodiek	89
5.2	Verspreiding van fosfor en basen in het haarvatensysteem	90
5.2.1	Inleiding	90
5.2.2	Verspreiding van fosfor	90
5.2.3	Verspreiding van basen	92
5.3	Beantwoording onderzoeksvraag 3b	92
6	<b>SAMENVATTING BEANTWOORDING ONDERZOEKSVRAGEN</b>	<b>94</b>
6.1	Inleiding	94
6.2	Beantwoording onderzoeksvraag 1	94
6.3	Beantwoording onderzoeksvraag 2	95
6.4	Beantwoording onderzoeksvraag 3a	96
6.4.1	Verspreiding van water, fosfor en calcium door het hoofdnetwerk van de boezem	96
6.4.2	Probleemlocaties in het hoofdnetwerk van de boezem	98
6.4.3	Knelpunten: bronnen met grote invloed op deelgebieden in de boezem	98
6.5	Beantwoording onderzoeksvraag 3b	101
7	<b>REFERENTIES</b>	<b>102</b>
	Laatste pagina	103



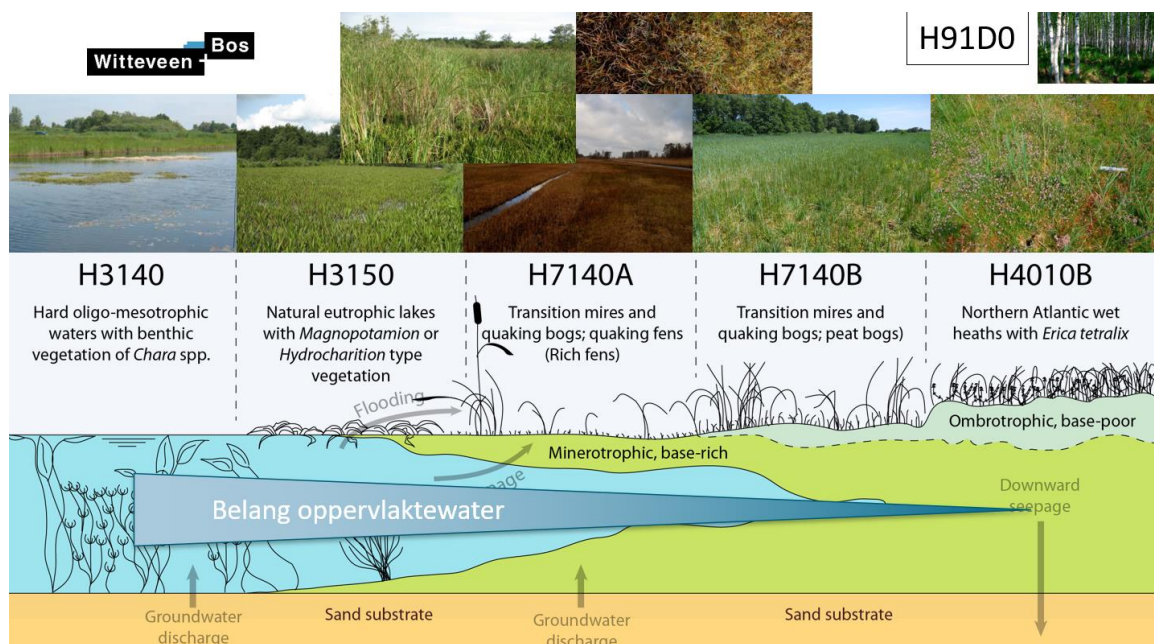
# 1

## INLEIDING

### 1.1 Aanleiding

De Wieden en de Weerribben zijn aangewezen als Natura 2000-gebieden met een opgave wat betreft waterkwaliteit (provincie Overijssel 2020). In het beheerplan en verschillende onderzoeken wordt geconcludeerd dat de P-concentratie in het oppervlaktewater in een aantal delen van de Wieden en de Weerribben nog te hoog is om daar een goede ecologische toestand te bereiken voor de gewenste habitattypen en de ontwikkeling van deze habitattypen via de verlanding (onder andere Cusell et al. 2013; Cusell & Mandemakers 2017), waardoor het bereiken van verschillende behoud- en uitbreidingsdoelstellingen onder druk staat (provincie Overijssel 2020). Het gaat vooral om kranwiervegetaties (H3140), mesotrafente verlandingsvegetaties, trilvenen (H7140A) en veenmosrietlanden (H7140B), en mogelijk ook om galigaanmoerassen (H7210) en blauwgraslanden (H6410). Deze vegetaties zijn onderdeel van een verlandingssuccessie vanuit open water, die de basis vormt van de huidige natuurgebieden (zie afbeelding 1.1). Dit sluit aan op de kernopgaven 4.08 (evenwichtig systeem) en 4.09 (compleetheid in ruimte en tijd) uit het beheerplan (provincie Overijssel 2020).

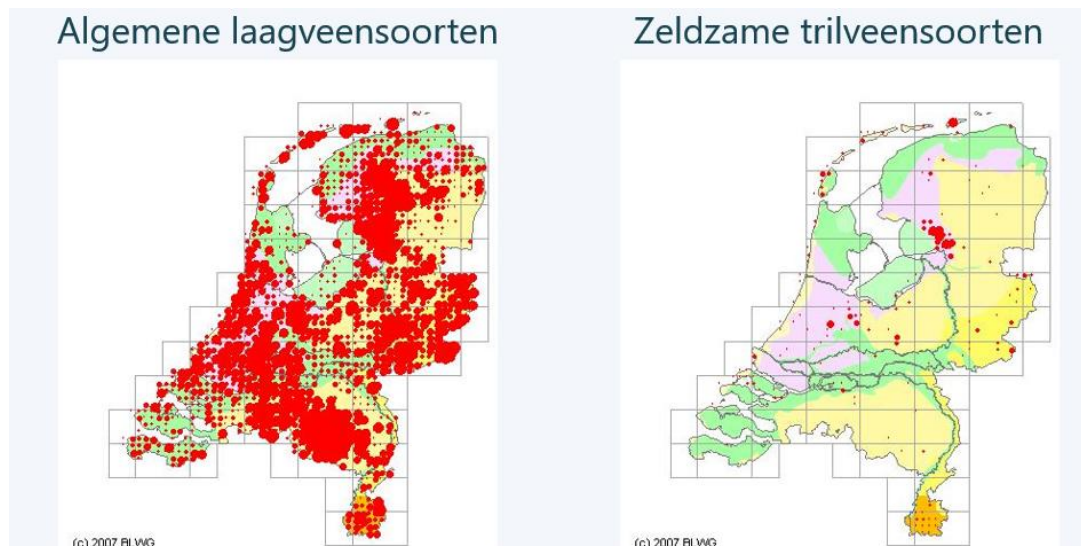
Afbeelding 1.1 Visualisatie van het verlandingssuccessie van Nederlandse laagveengebieden. De basis van de afbeelding is afkomstig uit het proefschrift van Mettrop (2015) en is aangevuld met foto's van de heer C. Cusell. De gebruikte Engelse termen voor de habitattypen komen overeen met de Nederlandse namen H3140 Kranwierwateren, H3150 Meren met krabbenscheer en fonteinkruiden, H7140A Trilvenen, H7140B Veenmosrietlanden, H4010B Vochtige heiden en H91D0 Hoogveenbossen



Verschillende van de genoemde habitattypen komen als 'laagveenvorm' vooral of vrijwel alleen in goed ontwikkelde vorm in de Wieden en de Weerribben voor. Datzelfde geldt voor een aantal habitatoorten (onder andere gevlekte witsnuitlibel, grote vuurvlieder, groenknolorchis en geelschorpioenmos) dat preferent in de Wieden en de Weerribben voorkomt, of zelfs uniek is voor dit gebied. Het laagveengebied van de Wieden en Weerribben is wat betreft omvang en ecologische kwaliteit dan ook het belangrijkste Nederlandse laagveengebied, en hotspot voor onder andere moerasmossen, -libellen en -vlinders (Bijlsma et al. 2009; afbeelding 1.2).

Deze positievere uitgangssituatie ten opzichte van andere laagveengebieden in Nederland brengt een grote verantwoordelijkheid met zich mee om de laatste vitale populaties en habitats te behouden en waar mogelijk te versterken en uit te breiden. Voor veel habitatoorten en -typen zijn dan ook voor de Wieden en de Weerribben uitbreidingsdoelstellingen vastgesteld. Het is daarbij zeer belangrijk om te realiseren dat de betere uitgangssituatie ten opzichte van veel andere Nederlandse laagveengebieden niet betekent dat het 'goed' gaat. Het gaat voor veel soorten beter dan elders, maar ook hier zijn er nog verscheidene stressoren actief die de natuurkwaliteit negatief beïnvloeden. Ook in de Wieden en de Weerribben zijn verschillende habitattypen en habitatoorten in de afgelopen decennia sterk achteruitgegaan in oppervlakte/omvang en kwaliteit (van het leefgebied). Zo blijkt dat onder andere het aandeel aan hoog kwalitatief trilveen op verschillende plekken in de boezem meer dan gedecimeerd is sinds de jaren '50 van de vorige eeuw (van Diggelen et al. 1996 en Cusell et al. 2013 op basis van data van Kuiper & Kuiper 1958 en van Zon-van Wagendonk 1965). Ongunstige abiotische condities als gevolg van menselijk handelen hebben hier zeker een rol bij gespeeld (onder andere van Wirdum 1991; provincie Overijssel 2020). Kortom, het aanpakken van de opgave rondom waterkwaliteit is geen luxe, maar een noodzakelijke activiteit om tot duurzaam behoud en herstel van de Wieden en de Weerribben te komen en daarmee aan de eisen van de Habitatrictlijn te voldoen (bereiken van een gunstige staat van instandhouding).

Afbeelding 1.2 Voorkomen van algemene mossen van laagveengebieden (links) en zeldzame, kenmerkende mossoorten van trilvenen in Nederland (bron: [www.blwg.nl](http://www.blwg.nl)). De Wieden en de Weerribben komen als duidelijk hotspot van zeldzame en beschermde soorten (in dit geval trilveenmossen) naar voren



## 1.2 Doel van het project

Het hoofddoel van de voorliggende studie is om een zorgvuldig besluit voor te bereiden over verlaging van de P-belastingen in de boezem door middel van een optimale mix van waterkwaliteitsmaatregelen waarmee het mogelijk wordt om de instandhoudingsdoelen in de Natura 2000-gebieden de Wieden en de Weerribben te realiseren. Het gaat om het onderzoek dat als maatregel M1 is opgenomen in het Natura 2000-beheerplan van de Wieden en de Weerribben (provincie Overijssel 2020). Om een goed onderbouwd besluit te nemen over de beste oplossingen is informatie nodig over het probleem, de mogelijke oplossingen en de effecten

van mogelijke oplossingen. Voordat een onderbouwde afweging gemaakt kan worden over de mogelijkheden om P-reducerende maatregelen te nemen in en rondom de Wieden en de Weerribben, is een drietal onderwerpen nader uitgewerkt in de voorliggende studie:

- **P-verspreiding in het boezemsysteem:** de hoofdbronnen van de totale P-belasting op de boezem waren weliswaar bekend (een aantal gemalen aan de oostkant van het gebied en de Steenwijker Aa; onder andere Cusell et al. 2013), maar het was nog niet geheel duidelijk hoe de P-belasting zich vanuit deze bronnen verspreidt door de boezem naar de habitats. Deze informatie is nodig om te kunnen onderbouwen of en welke P-bronnen eventueel als eerste effectief aangepakt kunnen worden (en in welke mate) om de P-concentraties op het ecologisch gewenste niveau te krijgen;
- **relatie P- en basenbelasting en de ontwikkeling van habitats:** in voorgaand onderzoek (Cusell & Mandemakers 2017) is uitgegaan van streefwaarden voor de toegestane P-concentratie in het oppervlaktewater rondom de terrestrische habitattypen. Voor nadere onderbouwing van de (noodzaak van aanvullende) maatregelen is het gewenst om de genoemde streefwaarden beter te onderbouwen met aanvullende metingen. Daarnaast is de basenhuishouding een essentiële parameter, ook deze parameter moet in combinatie met de P-huishouding meegenomen worden;
- **uitwerking potentiële maatregelen:** de potentiële maatregelen dienen nader uitgewerkt te worden om een goed (onderbouwd) besluit te kunnen nemen over concrete maatregelen die verlaging van het P-gehalte en voldoende basen in de boezem bewerkstelligen.

De eerste 2 punten worden in het voorliggende systeemanalyserapport behandeld, waarin we ingaan op hoe het water-, fosfor- en basensysteem werkt vanaf de bronnen door de boezem op de verschillende momenten in het jaar, mede in relatie tot de verschillende habitats. In een separate rapportage (eindrapport maatregelanalyse) wordt ingegaan op het bovenstaande derde punt, de resultaten van de uitgevoerde maatregelanalyse. Hierin wordt ingegaan op welke (combinatie van) waterkwaliteitsmaatregelen (en waar) gewenst zijn om op duurzame wijze de instandhoudingsdoelen in beide Natura 2000-gebieden te realiseren.

### 1.3 Onderzoeksvragen

Voor de systeemanalyse zijn de volgende onderzoeksvragen<sup>1</sup> geformuleerd, welke in dit rapport beantwoord worden:

- **onderzoeksvraag 1:** welke grenswaarden voor calcium en fosfor in het oppervlaktewater zijn specifiek voor de Wieden en de Weerribben van toepassing voor een goede ontwikkeling van 4 kritische habitattypen in het gebied?
- **onderzoeksvraag 2: hoe groot** is de instroom van water, fosfor en calcium op de diverse aanvoer- en afvoerpunten naar de boezem?
- **onderzoeksvraag 3:** hoe verspreiden fosfor en calcium zich door de boezem. Deze vraag bestaat uit 2 onderzoeksvragen:
  - **onderzoeksvraag 3a:** hoe verspreiden water, fosfor en calcium zich vanaf de afvoerpunten door het hoofdnetwerk bestaande uit kanalen en meren?
  - **onderzoeksvraag 3b:** hoe verspreiden water, fosfor en calcium zich van het hoofdnetwerk naar de haarvaten bestaande uit slootjes en petgaten?

### 1.4 Leeswijzer

Hoofdstuk 2 bevat een analyse van de grenswaarden per habitattype, wat resulteert in een antwoord op onderzoeksvraag 1. In hoofdstuk 3 wordt in het kader van de beantwoording van onderzoeksvraag 2 de instroom van water, fosfor en basen naar de boezem geanalyseerd. In hoofdstuk 4 wordt in het kader van de beantwoording van onderzoeksvraag 3a de verspreiding van water, fosfor en basen door het hoofdwatersysteem van meren en kanalen besproken. Ook wordt in dit hoofdstuk ingegaan op de huidige

---

<sup>1</sup> Deze onderzoeksvragen zijn ook gehanteerd in het Monitoringsplan 2018-2020 (Cusell 2018). De volgorde en daarmee de nummering van de onderzoeksvragen is ten behoeve van de inhoudelijke redeneerlijn van voorliggend rapport aangepast en wijkt daardoor af van de volgorde en nummering in het monitoringsplan.

fosfor- en calciumconcentraties in het hoofdwatersysteem in relatie tot de in hoofdstuk 2 afgeleide grenswaarden. In hoofdstuk 5 wordt onderzoeksvraag 3b beantwoord: de verspreiding van water, fosfor en basen in het haarvatensysteem is geanalyseerd op basis van de meetgegevens van 9 locaties in het haarvatensysteem. In hoofdstuk 6 volgt de synthese van de systeemanalyse. Hoofdstuk 7 bevat de literatuurlijst.

# 2

## GRENSWAARDEN VOOR HABITATTYPEN

### 2.1 Inleiding

Dit hoofdstuk gaat in op de toegestane fosforconcentratie (P) en de benodigde calciumconcentratie (Ca) van het oppervlaktewater rondom kritische aquatische en (semi-)terrestrische habitattypen in de Wieden en de Weerribben. Voor de instandhouding en ontwikkeling van deze habitattypen dient het omringende oppervlaktewater voldoende rijk te zijn aan basen (waarvoor in deze studie Ca als indicator wordt gebruikt, zie het kader in paragraaf 2.2) en arm te zijn aan nutriënten, fosfor in het bijzonder.

In eerdere studies zijn hiervoor reeds grenswaarden afgeleid. We geven een korte samenvatting:

- in 2017 zijn door middel van een literatuuronderzoek de grenswaarden voor fosfor afgeleid voor de in de Wieden en de Weerribben aanwezige aquatisch en semi-terrestrische habitattypen (Cusell & Mandemakers, 2017). Voor de semi-terrestrische habitattypen is alleen voor de trilvenen (H7140A) een goed onderbouwde grenswaarde af te leiden. Op basis van vele metingen in Nederlandse trilvenen blijkt dat goed ontwikkelde trilvenen voorkomen als het aangrenzende oppervlaktewater minder dan 0,04 mg P/l bevat. De normen voor de andere semi-terrestrische habitattypen (zoals veenmosrietlanden, blauwgraslanden en galigaanmoerassen) zijn, bij gebrek aan specifiek onderzoek, door Cusell & Mandemakers (2017) gelijk gesteld aan de norm voor trilvenen;
- uit de literatuur is bekend dat voor trilvenen het water niet te zuur mag zijn en voldoende calcium (Ca) en bicarbonaat ( $\text{HCO}_3$ ) moet bevatten. Zeker in de Nederlandse situatie met extra verzuring door atmosferische N-depositie dient het oppervlaktewater voldoende gebufferd te zijn en dus veel Ca en  $\text{HCO}_3$  te bevatten. In deze studie is calcium als indicator voor de basenhuishouding gebruikt (zie ook het kader Calcium als indicator voor de basenhuishouding in de volgende paragraaf). Uit onderzoek is bekend dat de Ca-concentratie in de moslaag van Nederlandse goed ontwikkelde trilvenen minimaal 40 mg Ca/l is: om dit te bereiken dient het oppervlaktewater een hogere Ca-concentratie te hebben ter compensatie van de verzurende effecten van atmosferische depositie. Dit leidt tot een grenswaarde van 50 mg Ca/l.

In dit hoofdstuk zijn deze streefwaarden nader onderbouwd specifiek voor de Wieden en de Weerribben. Dit is aan de hand van de volgende onderzoeksvraag gedaan: **welke grenswaarden voor Ca en P in het oppervlaktewater zijn specifiek voor de Wieden en de Weerribben van toepassing voor een goede ontwikkeling van 4 kritische habitattypen?**

Om deze vraag te beantwoorden zijn allereerst metingen verricht van de P- en Ca-concentratie in het oppervlaktewater nabij matig en goed ontwikkelde habitattypen, en is vervolgens nagegaan of deze concentratie een bepaalde factor zijn (zie paragraaf 2.2 en 2.3). In paragraaf 2.4 wordt vervolgens op basis van die analyse én de bekende literatuur ingegaan op de grenswaarden voor 4 kritische habitattypen (kranswierwateren, meren met krabbenscheer en fonteinkruiden, trilvenen en veenmosrietlanden). Paragraaf 2.5 geeft tenslotte de grenswaarden weer zoals die in het vervolg van dit project gehanteerd zijn.

Qua terminologie kan verwarring ontstaan: zijn de genoemde waarden nu grenswaarden, streefwaarden of normen? In deze studie gebruiken we de term grenswaarden. Uit diverse onderzoeken blijkt dat wanneer niet wordt voldaan aan 'de grenswaarden', het betreffende habitatype hooguit van matige kwaliteit is. Daarom zijn deze 'grenswaarden' harde eisen van de betreffende habitattypen aan hun milieu.

## 2.2 Methodiek

Dit onderzoek richtte zich op de volgende 4 kritische habitattypen:

- Kranswierwateren (H3140);
- Meren met Krabbescheer en fonteinkruid (H3150);
- Trilveen (H7140A);
- Veenmosrietland (H7140B).

Per habitatype zijn twintig locaties uitgekozen (afbeelding 2.1). De helft van deze locaties had een 'matige' ecologische toestand, de andere helft had een 'goede' ecologische toestand<sup>1</sup>. De locaties en de ecologische kwaliteit van de locaties zijn geselecteerd en bepaald op basis van beschikbare vegetatiekarteringen, vergelijkingen van de reeds aanwezige vegetatie met de kwalificatie die wordt toegepast in de betreffende profieldocumenten<sup>2</sup> van de habitattypen en gebiedskennis die binnen het consortium aanwezig was. De kwaliteit is in alle gevallen in het veld gecontroleerd. De kwaliteit van het direct aangrenzende oppervlaktewater is bemonsterd in augustus 2018, oktober 2018, januari 2019 en april 2019. De watermonsters zijn geanalyseerd op ten minste totaal P en Ca. Calcium is in deze studie gebruikt als indicator voor de basenhuishouding (zie onderstaand kader).

Het vergelijken van de doel-habitattypen met een 'goede' en 'matige' toestand is voor de Wieden en de Weerribben als geheel uitgevoerd (analyses van afzonderlijke gebieden leidde niet tot andere resultaten, maar wel tot een scheve verdeling van de habitattypen en een grotere spreiding in de data). Significante verschillen tussen groepen ('goed' en 'matig' ontwikkelde habitattypen) zijn getest met behulp van een one-way ANOVA met LSD post-hoc toets. De data is tevens getest voor normale verdeling middels de Shapiro-Wilk testen en Q-Q plots. De statistische analyses zijn uitgevoerd met IBM SPSS Statistics (versie 26). Om de binnen het huidige project uitgevoerde vergelijking in een breder kader te plaatsen, zijn de aangetroffen verschillen en de hieruit voortkomende grenswaarden tevens vergeleken met (a) eerder in de literatuur beschreven grenswaarden voor deze habitattypen en met (b) gegevens uit eerdere door de consortiumleden verricht onderzoek.

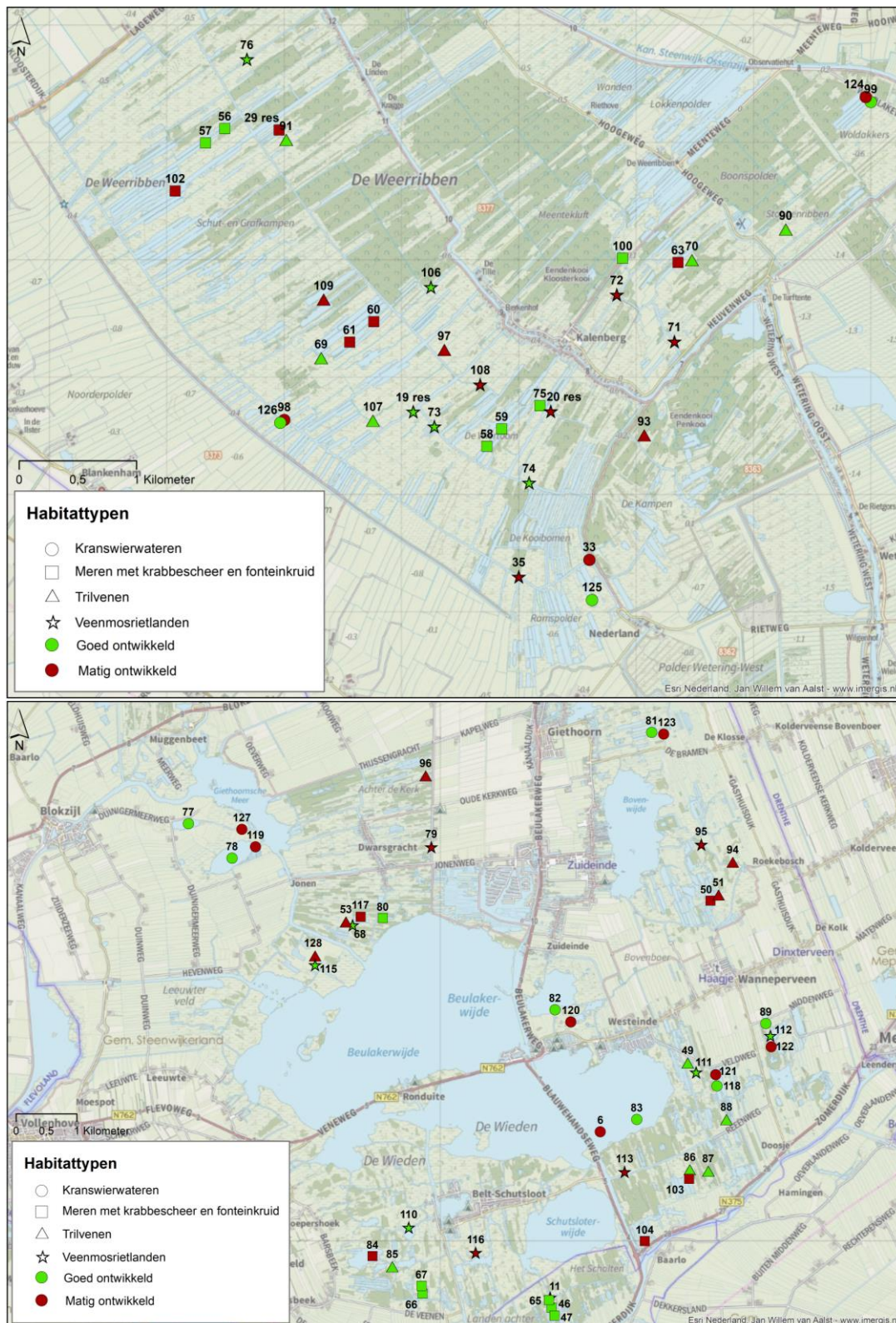
---

<sup>1</sup> Voor de habitatype Meren met Krabbescheer en fonteinkruid (H3150), Trilveen (H7140A) en Veenmosrietland (H7140B) zijn locaties met goede en matige kwaliteit geselecteerd. Voor habitatype Kranswierwateren (H3140) was het niet mogelijk om locaties met matige kwaliteit te selecteren en zijn nabij gelegen locaties zonder kranswieren geselecteerd.

<sup>2</sup> [www.natura2000.nl/profielen/habitattypen](http://www.natura2000.nl/profielen/habitattypen).



Afbeelding 2.1 De bemonsterde locaties voor de 4 habitattypen in de Weerribben (boven) en Wieden (onder). Goed ontwikkelde habitattypen zijn groen gekleurd en de matig ontwikkelde habitattypen zijn rood gekleurd





## Calcium als indicator voor de basenhuishouding

De analyses in de voorliggende studie zijn gefocust op totaal fosfor (P) en calcium (Ca). Alhoewel uit recent onderzoek bekend is dat de concurrentie tussen veenmossen en schorpioenmossen evenals de verzuring van trilvenen vooral door bicarbonaat ( $\text{HCO}_3$ ) wordt bepaald en minder door Ca (Van Diggelen et al. 2018; Koks et al. 2019, Koks et al. 2022), is in deze studie toch van Ca uitgegaan. Dit is gedaan omdat Ca zich conservatiever gedraagt ( $\text{HCO}_3$  kan door allerlei processen in het watermilieu worden geproduceerd en afgebroken), waardoor er met de Ca-concentratie in het oppervlaktewater conservatief gerekend kan worden in het SOBEK-model. Bovendien is er in de Wieden en de Weerribben een sterke correlatie tussen de Ca- en  $\text{HCO}_3$ -concentraties in het oppervlaktewater (voor de dataset aan metingen nabij de habitattypen betreft dit een sterke correlatie met  $R^2$  van 0,97), waardoor deze aanpak gerechtvaardigd is.

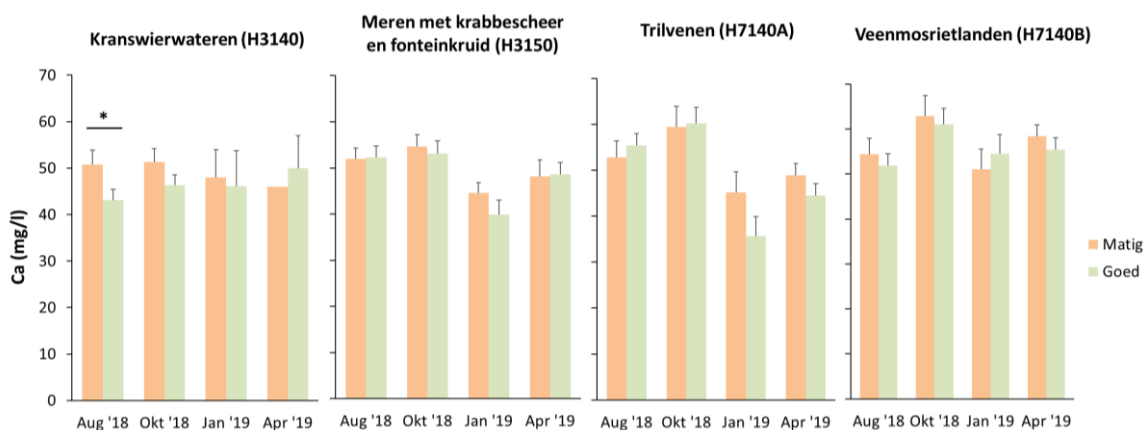
## 2.3 Vergelijking habitatype van verschillende kwaliteit

### 2.3.1 Calciumconcentratie

De gemeten Ca-concentraties blijken in de Wieden en de Weerribben nauwelijks onderscheidend te zijn:

- ondanks wat fluctuaties van de Ca-concentratie door de tijd heen, blijkt uit de vergelijking van de gemiddelde Ca-concentratie in het oppervlaktewater dat er (op één tijdstip bij één habitatype na) geen significant verschillen gevonden zijn tussen habitattypen van een 'goede' en 'matige' kwaliteit (afbeelding 2.2). Gemiddeld is de Ca-concentratie gelijk aan 50 mg/l op en nabij goed ontwikkelde habitattypen en 52 mg/l op en nabij matig ontwikkelde habitattypen;
- tevens zijn er geen significante verschillen gevonden tussen de verschillende habitattypen;
- gemiddeld genomen is de Ca-concentratie met 55 mg/l wat hoger in de Weerribben dan in de Wieden, waar de Ca-concentratie gemiddeld genomen gelijk was aan 47 mg/l.

Afbeelding 2.2 De gemiddelde Ca-concentratie (+/- SEM) in het oppervlaktewater op en nabij de 'goed' (groen) en 'matig' (rood) ontwikkelde locaties van de 4 bestudeerde habitattypen. De 4 bemonsteringmomenten zijn apart weergegeven (augustus 2018, oktober 2018, januari 2019 en april 2019). Per habitatype en per tijdstip is de concentratie tussen de 'goed' en 'matig' ontwikkelde toestand vergeleken. Indien deze statistisch verschilt ( $P < 0,05$ ) is dit weergegeven met een \*



### 2.3.2 Fosforconcentratie

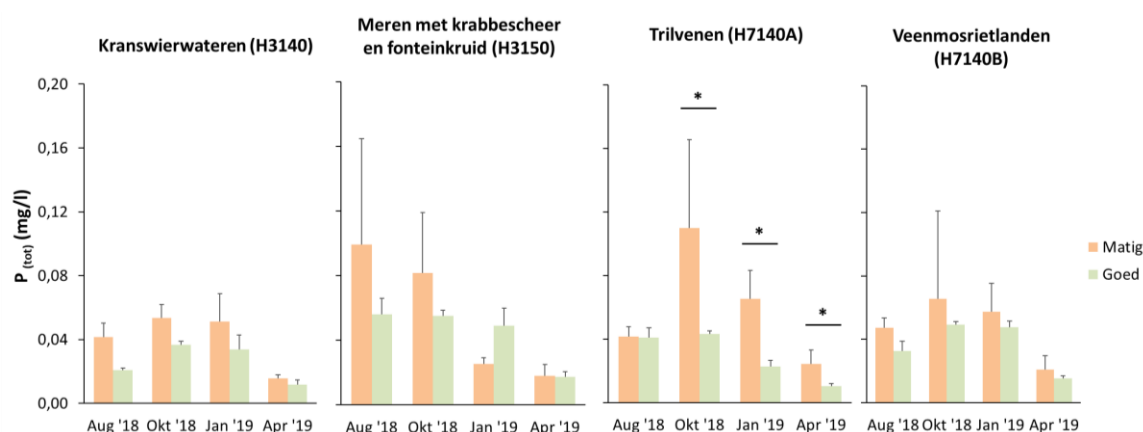
Uit de vergelijking tussen de gemiddelde totaal P-concentratie in het oppervlaktewater op en nabij de 4 bestudeerde habitattypen blijkt dat de totaal P-concentratie door de tijd fluctueert, en dat er verschillen zijn tussen de 'matig' en 'goed' ontwikkelde habitattypen (afbeelding 2.3). Over het algemeen is de gemiddelde totaal P-concentratie op en nabij de habitattypen van 'goede' kwaliteit lager dan bij de 'matige' habitattypen (op één tijdstip bij één habitatype (H3150) na). Bij het habitatype H7140A Trilvenen is het verschil in de

totaal P-concentraties tussen de 'goed' en 'matig' ontwikkelde trilvenen het grootst. Op 3 van de 4 meetmomenten was de totaal P-concentratie nabij de goed ontwikkelde trilvenen significant lager dan nabij de matig ontwikkelde trilvenen. En ook alle 4 de tijdstippen bij elkaar opgeteld worden blijkt dat de totaal P-concentratie nabij de goed ontwikkelde trilvenen (met gemiddeld 0,03 mg P/l) significant lager is dan nabij de matige ontwikkelde trilvenen (met gemiddeld 0,05 mg P/l). Ondanks dat het verschil relatief klein is (0,03 vs. 0,05 mg P/l), gaat het wel om een significant verschil (dat wil zeggen: het verschil is niet toevallig zo gemeten).

Gemiddeld is de P-concentratie in de Wieden hoger (0,04 mg P/l bij 'goed' en 0,06 mg P/l bij 'matig' ontwikkelde trilvenen) dan in de Weerribben (0,03 mg P/l bij 'goed' en 0,05 mg P/l bij 'matig' ontwikkelde trilvenen). Dit verschil tussen de Wieden en Weerribben is niet significant.

Bij de andere 3 habitattypen is de spreiding in de totaal P-concentraties dusdanig groot dat de (gemiddeld lagere) P-concentratie bij de goed ontwikkelde locaties niet significant verschilt met die bij de matig ontwikkelde locaties (afbeelding 2.3).

Afbeelding 2.3 De gemiddelde totaal P-concentratie (+/- SEM) in het oppervlaktewater op en nabij de 'goed' (groen) en 'matig' (rood) ontwikkelde locaties van de 4 bestudeerde habitattypen. De 4 bemonsteringmomenten zijn apart weergegeven (augustus 2018, oktober 2018, januari 2019 en april 2019). Per habitattypen en per tijdstip is de concentratie tussen de 'goed' en 'matig' ontwikkelde toestand vergeleken. Indien deze statistisch verschilt ( $P < 0,05$ ) is dit weergegeven met een \*



## 2.4 Grenswaarden

Voor elk habitattypen in de Wieden en de Weerribben zijn er verschillende kwalificerende plantengemeenschappen aangewezen, en elke plantengemeenschap is weer opgebouwd uit een groep specifieke soorten. Elke plantengemeenschap en elke soort heeft zijn eigen standplaatsfactoren en stelt daarmee bepaalde eisen aan zijn standplaatscondities. De oppervlaktewater P- en Ca-concentraties zijn een belangrijke standplaatsfactor in laagveengebieden. In deze paragraaf wordt bekeken of er met behulp van de gemeten totaal P- en Ca-concentraties in het oppervlaktewater op en nabij 'goed' en 'matig' ontwikkelde habitattypen in de Wieden en de Weerribben gekomen kan worden tot grenswaarde voor deze variabelen waarmee de instandhoudingsdoelen van deze habitattypen gewaarborgd kunnen worden. Hierbij wordt tevens gebruik gemaakt van beschikbare gegevens uit de literatuur.

### 2.4.1 Kranswierwateren (H3140)

Kranswierwateren komen voor in heldere wateren, zowel op veenbodems als minerale bodems. Er is een behoorlijk brede reeks aan plantengemeenschappen die kwalificeren voor dit habitattypen, maar in de laagveengebieden van de Wieden en de Weerribben gaat het eigenlijk alleen om de Associatie van

sterkranswier (*Nitellopsidetum obtusae*; r4Ba1), de Associatie van Stekelharig kransblad (*Charetum hispidae*; r4Ba2) of de Associatie van Ruw kransblad (*Charetum asperae*; r4Ba3). Deze vegetaties zijn vooral te vinden in de oligotrofe tot mesotrofe meren in de Wieden (en in veel mindere mate in de Weerribben).

Bij de vergelijking tussen 'goede' en 'matige' kwaliteit van dit habitatype is in de huidige studie geen significant verschil voor de Ca- of totaal P-concentraties gevonden. Wel lijkt er een trend in de data te zitten, die aangeeft dat locaties met een 'goed' ontwikkelde kranswievegetatie vaker voorkomen bij lagere totaal P-concentraties dan de 'matige' verschijningsvormen. Op basis van de literatuur blijken locaties met kenmerkende kranswievegetaties over het algemeen lage P-concentraties in het oppervlaktewater te bevatten. Dit verschilt echter wel sterk per soort. De kensoorten voor de bovengenoemde gemeenschappen zitten aan de lage kant van deze range. Zo komt sterkranswier voor bij totaal P-concentraties van 0,01-0,03 mg P/l (Roelofs & Van Geest ongepubliceerd) en ook stekelharig kransblad en ruw kransblad hebben behoorlijk lage ranges voor totaal P (Bloemendaal & Roelofs, 1988). Deze kenmerkende kranswieren komen vooral voor in behoorlijk goed gebufferde wateren waarvan de Ca-concentratie niet lager mag zijn dan 35-40 mg/l (de Groot et al. 2019; Roelofs & Van Geest ongepubliceerd).

## 2.4.2 Meren met krabbenscheer en fonteinkruid (H3150)

Voor het habitatype H3150 Meren met krabbenscheer en fonteinkruiden kwalificeren ook meerdere plantengemeenschappen die verschillende standplaatsfactoren hebben. De kensoorten zijn krabbenscheer, glanzig fonteinkruid en gewoon blaasjeskruid. Deze komen allen voor in heldere, zoete, mesotrofe tot eutrofe (laagveen)plassen (Van 't Veer & Hoogeboom 2012). Om te komen tot een streefwaarde is er met name aandacht besteed aan krabbenscheer, omdat deze soort in de Wieden en de Weerribben veel voorkomt. Daarnaast vormen deze krabbenscheervegetaties een belangrijke basis voor de verdere laagveenverlanding tot habitatypen die later in de successiereeks voorkomen (zoals trilvenen, veenmosrietlanden en verdere successiestadia) (onder andere Lamers et al. 2010; Cusell et al. 2013a; Loeb et al. 2016; Kooijman et al. 2018). Bij de selectie van bemonsteringslocaties is voor dit habitatype dan ook specifiek gezocht naar 'goede' locaties met een dominantie van krabbenscheer, terwijl locaties met een dominantie van gele plomp en/of witte waterlelie als 'matig' zijn beschouwd.

Uit de vergelijking tussen 'goede' en 'matige' kwaliteit van dit habitatype is in de huidige studie geen significant verschil voor de Ca- of totaal P-concentraties gevonden. Wel lijkt er een trend in de data te zitten, die aangeeft dat locaties met 'goed' ontwikkelde krabbenscheervegetaties vaker voorkomen bij lagere totaal P-concentraties dan de 'matige' verschijningsvormen. Op basis van de literatuur blijkt krabbenscheer vooral voor te komen in heldere wateren (dus niet te rijk aan P om algenbloei en concurrentie van eutrofente soorten te voorkomen) met een range in de totaal P-concentratie van 0,015-0,15 mg P/l (Roelofs & Van Geest ongepubliceerd). Uit onderzoek nabij Reeuwijk blijkt dat krabbenscheervegetaties zelfs voor kunnen komen tot circa 0,18 mg P/l in het oppervlaktewater, maar dat krabbenscheer bij hoge P-concentraties in het bodemvocht de concurrentie verliest van andere ondergedoken waterplanten (Smolders et al. 2019). Het water moet overigens ook niet te arm zijn aan P, omdat de soort dan vermoedelijk beperkt wordt in zijn groei (Smolders et al. 2019). Uit een vergelijking met gegevens uit de literatuur en ongepubliceerde gegevens van Roelofs & Van Geest blijkt de Ca-concentraties geen sturende factor te zijn voor krabbenscheer: de soort komt met name voor in de range van 10-75 mg/l (Roelofs & Van Geest ongepubliceerd). Andere kensoorten van het habitatype, zoals gewoon blaasjeskruid en glanzig fonteinkruid, komen bij wat hogere Ca-concentraties voor (Roelofs & Van Geest ongepubliceerd).

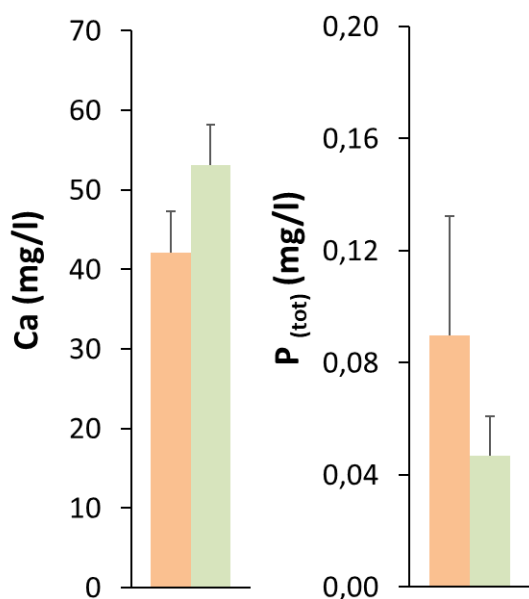
## 2.4.3 Trilvenen (H7140A)

Voor het habitatype H7140A Trilvenen geldt dat het om een semi-terrestrische habitatype gaat dat vergeleken met de aquatische habitatypen minder direct afhankelijk is van de oppervlaktewaterkwaliteit. In principe geven bodemvochtmetingen van de Ca- en P-concentratie een betere indicatie van de standplaatsfactoren voor dit habitatype dan de uitgevoerde metingen in het nabij gelegen oppervlaktewater. Het is echter wel zo dat trilvenen zijn gevormd in oppervlaktewater en er nog in direct contact mee staan

(zodra dat contact verdwijnt wordt trilveen omgezet in veenmosrietland). In dit project is er voor gekozen om geen gebruik te maken van grenswaarden in het bodemvocht, maar van grenswaarden in het oppervlaktewater (zie het tekstkader 'Het gebruik van grenswaarden voor het oppervlaktewater bij semi-terrestrische habitattypen' voor een verantwoording van deze keuze).

Het habitatype H7140A Trilvenen is gebaat bij basenrijke en nutriëntarme condities, waarin P vaak een limiterende factor is (onder andere Sjörs 1950; Van Wirdum 1991; Kooijman 1993; Pawlikowski et al. 2013; Cusell 2014). Dit wordt bevestigd door de resultaten van dit onderzoek, waaruit blijkt dat de P-concentratie significant lager is nabij locaties met een 'goede' kwaliteit van het habitatype trilveen (afbeelding 2.3). Uit een vergelijking van de Ca- en P-concentraties in het oppervlaktewater van een recent uitgevoerd OBN-onderzoek, waarin een scala aan trilvenen in verschillende Nederlandse laagveengebieden zijn bemonsterd, komt een vergelijkbaar beeld naar voren (afbeelding 2.4). Door Van Diggelen et al. (2018) zijn 'goed' ontwikkelde trilvenen (met een hoog aandeel van de doelsoorten en vaak een hoge bedekking van schorpioenmossen (*Scorpidium spec.*)) vergeleken met 'matig' ontwikkelde trilvenen (met een lagere bedekking van doelsoorten en een hoge bedekking van gewoon puntmos). Goed ontwikkelde vormen van habitatype trilveen komen volgens de resultaten van dit landelijke onderzoek voor bij totaal P-concentraties tot 0,04 mg P/l; bij hogere totaal P-concentratie is het trilveen doorgaans matig ontwikkeld.

Afbeelding 2.4 De gemiddelde Ca- en totaal P-concentratie (+/- SEM) in het oppervlaktewater nabij 'goed' (groen) en 'matig' (rood) ontwikkelde locaties van het habitatype H7140A Trilvenen. De gegevens zijn afkomstig uit een landelijke studie aan trilvenen en veenmosrietlanden in het kader van OBN (Van Diggelen et al. 2018). De 'goed' (n=16) ontwikkelde trilvenen met veel doelsoorten en vaak een hoge bedekking van schorpioenmossen (*Scorpidium spec.*) en 'matig' (n=5) ontwikkelde trilvenen met een lagere bedekking van doelsoorten en een hoge bedekking van gewoon puntmos (*Calliergonella cuspidata*) zijn vergeleken



### Het gebruik van grenswaarden voor het oppervlaktewater bij semi-terrestrische habitattypen

Hoewel de Ca- en P-concentraties in het bodemvocht van semi-terrestrische habitattypen (zoals trilvenen en veenmosrietlanden) vermoedelijk sturender zijn voor de vegetatieontwikkeling van deze habitattypen dan de concentratie in het nabijgelegen oppervlaktewater, is er in dit project bewust geen gebruik gemaakt van grenswaarden in het bodemvocht. Hier is voor gekozen omdat er op dit moment onvoldoende kwantitatieve kennis beschikbaar is over de biogeochemische processen die een rol spelen tijdens het transport van water en nutriënten van het oppervlaktewater door/onder/over de kraggen naar de semi-terrestrische habitattypen. Hierdoor is het voornamelijk onmogelijk om normen voor het bodemvocht (als die al bekend zijn) om te zetten naar streefwaarden voor het nabijgelegen oppervlaktewatersysteem. Deze laatste waarden zijn in dit project leidend, omdat deze de uitgangssituatie vormen voor de berekeningen in het SOBEK-

---

model. Door op basis van meetgegevens grenswaarden in te schatten voor het oppervlaktewater dat naast 'goed' ontwikkelde semi-terrestrische habitattypen ligt, kan zonder specifieke kennis van de genoemde processen toch een inschatting worden gemaakt van de totaal P- en Ca-concentraties die in het nabijgelegen oppervlaktewater aanwezig dienen te zijn.

---

De gemiddelde Ca-concentraties in het oppervlaktewater van de 'goed' en 'matig' ontwikkelde trilvenen verschilden niet significant in de huidige studie (afbeelding 2.2). Uit de literatuur blijkt dat het water niet te zuur moet zijn en niet te lage  $\text{HCO}_3^-$ - en Ca-concentraties moet bevatten. Van Diggelen et al. (2018) laten dan ook zien dat 'goede' kwaliteit trilvenen voorkomen bij hoge Ca-concentraties in het oppervlaktewater (afbeelding 2.4). Zeker in de huidige Nederlandse situatie, waar sprake is van extra verzuring als gevolg van atmosferische N-depositie en periodieke verdroging, moet de pH in de moslaag vermoedelijk dichtbij of boven de 6,5 liggen (Kooijman 2012; Cusell et al. 2013a; Van Diggelen et al. 2018). Cusell et al. (2013a) geven aan dat de Ca-concentraties in de moslaag van Nederlandse 'schorpioenmostrilvenen' minimaal circa 40 mg/l moet zijn. Kooijman (2012), Cusell et al. (2013a) en Van Diggelen et al. (2018) tonen dan ook aan dat de Ca- en  $\text{HCO}_3^-$ -concentraties in het oppervlaktewater behoorlijk hoog moeten zijn om in de huidige Nederlandse situatie (met een behoorlijk hoge atmosferische N-depositie) voldoende buffering in trilveenkraggen te krijgen wanneer de aanvoer van buffering via het oppervlaktewater moet plaatsvinden. Cusell et al. (2013a) geven aan dat basenrijke 'schorpioenmostrilvenen' pas uit de gevarezone zijn bij Ca-concentraties van 50-60 mg/l in het oppervlaktewater.

Uit recente studies in onder andere de Nieuwkoopse Plassen (Van Dijk et al. 2021), de Rottige Meente (Kanters et al. 2021), de Wieden (Aggenbach et al. 2020) en de Weerribben (Nijp et al. 2021) komt naar voren dat de Ca-concentratie in het oppervlaktewater vermoedelijk wat lager mogen zijn als sprake is van bevoeiingen en/of tijdelijke inundatie van de trilvenen. Het basenrijke oppervlaktewater komt dan namelijk in direct contact met de bewuste trilvenen en hoeft niet eerst door bodems te percoleren. In deze specifieke, bevoeide situaties ligt de grenswaarde voor Ca rond de 35-40 mg/l.

Hierbij moet echter wel in acht worden genomen dat er meerdere factoren zijn die de precieze ligging van de grenswaarde voor Ca bepalen. Zo hangt de grenswaarde samen met de mate van verzuring. Bij een sterke mate van verzuring zijn hogere Ca-concentraties vereist voor de instandhouding van een goed ontwikkeld trilveen. De mate van verzuring staat onder invloed van de N-depositie en de  $\text{HCO}_3^-$ - en  $\text{SO}_4^-$ -concentraties in de bodem en het oppervlaktewater. Bovendien is de mate waarin de kragge in contact staat met het oppervlaktewater en/of de mate van verdroging een belangrijke factor die van invloed is op de grenswaarde van Ca.

#### 2.4.4 Veenmosrietland (H7140B)

Het habitatype H7140B Veenmosrietlanden is meer nog dan trilvenen een semi-terrestrische habitatype dat maar ten dele door oppervlaktewater beïnvloed wordt. Bodemvochtmetingen van de Ca- en P-concentratie geven een betere indicatie van de standplaatsfactoren voor dit habitatype dan de uitgevoerde metingen in het nabij gelegen oppervlaktewater. Om project technische redenen is er echter bewust voor gekozen om geen gebruik te maken van grenswaarden in het bodemvocht, maar van grenswaarden in het oppervlaktewater (zie het tekstkader in paragraaf 2.4.3).

Veenmosrietlanden kennen verschillende overgangen van een basische variant (in de overgang van trilveen of basenrijk blauwgrasland) tot een zuurdere variant (met een overgang naar moerasheide). De bodem van jonge veenmosrietlandstadia is gewoonlijk zwak zuur: pH 5,5-6,0 (soms tot 5,0). De latere en soortenarmere stadia staan in steeds mindere mate onder invloed van oppervlaktewater, waardoor de pH voornamelijk gebufferd wordt door het kationuitwisselingsmechanisme, en doorgaans waarden heeft van 4,0 tot 5,0 (Van Diggelen et al. 2018). Bijna alle stadia van veenmosrietland zijn vrijwel altijd N-gelimiteerd in tegenstelling tot trilvenen die meestal P-gelimiteerd zijn (Van Diggelen et al. 2018). Hierbij moet echter wel in acht worden genomen dat er meerdere factoren de mate van verzuring kunnen beïnvloeden, zoals de  $\text{HCO}_3^-$ , en  $\text{SO}_4^-$  concentratie, mate van N-depositie maar ook in welke mate het veenmosrietland beïnvloed wordt door

oppervlaktewater en/of verdroging. Bij lagere Ca-concentraties in het oppervlaktewater en de bodem is het habitatype gevoeliger voor verzuring.

Uit de binnen dit onderzoek uitgevoerde vergelijking van de P- en Ca-concentraties in het oppervlaktewater nabij 'goed' en 'matig' ontwikkelde veenmosrietlanden komen geen significante verschillen naar voren (zie paragraaf 2.3). De veenmosrietlanden staan in minder direct contact met het oppervlaktewater dan de eerder behandelde habitattypen, waardoor het op voorhand al onzeker was of er een relatie met de oppervlaktewaterkwaliteit zou zijn. Het is dus lastig harde grenswaarden voor P- en Ca-concentraties in het oppervlaktewater op te stellen voor het habitatype H7140B Veenmosrietlanden. Er wordt echter goed aan gedaan om dezelfde grenswaarde voor de Ca- en P-concentraties in het oppervlaktewater aan te houden als voor het habitatype H7140A trilveen, omdat 'goed' ontwikkelde veenmosrietlanden in de Wieden en de Weerribben vaak zijn voortgekomen uit 'goed' ontwikkelde trilvenen. De kans bestaat dus ook dat huidige locaties met habitatype trilveen in de toekomst via natuurlijke vegetatieve successie langzaam naar veenmosrietland zullen overgaan waardoor het ook van belang kan zijn eutrofiering en verzuring van deze types te voorkomen.

## 2.5 Beantwoording onderzoeksvraag 1

In dit hoofdstuk zijn de uit de literatuur bekende grenswaarden voor P en Ca in het oppervlaktewater nader onderbouwd en gespecificeerd voor de Wieden en de Weerribben. Dit is gedaan aan de hand van metingen van de Ca- en totaal P-concentraties in het oppervlaktewater nabij 'goed' en 'matig' ontwikkelde habitattypen en op basis van in de literatuur beschikbare kennis. Een groot aantal factoren is hierbij buiten beschouwing gelaten, zoals (biogeochemische) waterbodemsamenstelling, bodemtype, historie, herbivorie et cetera. Er kan dan ook met deze aanpak alleen gekeken worden naar de mate waarin er een relatie bestaat tussen de samenstelling van het oppervlaktewater (met een focus op totaal P- en Ca-concentraties) en de kwaliteit van de 4 bestudeerde habitattypen.

Voor Ca geldt dat er gemiddeld gezien geen verschillen zijn waargenomen in het oppervlaktewater tussen de 4 onderzochte habitattypen. Dit komt vermoedelijk doordat het gehele onderzoeksgebied momenteel binnen de opgestelde range van grenswaarden (afbeelding 2.5) ligt. Onderzoek in andere laagveengebieden toont aan dat voor een goede staat van instandhouding van habitattypen H3140 Kranswierwateren, H7140A Trilvenen en H7140B Veenmosrietlanden het van groot belang lijkt dat de Ca-concentratie (en de hier vaak sterk aan gecorreleerde HCO<sub>3</sub>-concentratie) niet beneden de genoemde range komen. Hierbij lijken trilvenen het meest kritische habitatype te zijn. In de context van de Wieden en de Weerribben dient de Ca-concentratie voor een goede ontwikkeling minimaal 50 mg/l te bedragen, waarbij verlagingen in de winter acceptabel zijn zo lang de concentratie dan wel minimaal hoger is dan 35 mg/l.

Afbeelding 2.5 Range van grenswaarden voor de Ca-concentratie in het oppervlaktewater nabij of in 4 karakteristieke habitattypen van het de laagveengebieden de Wieden en de Weerribben. Groen = geschikt, geel = ongeschikt, rood = zeer ongeschikt

	Ca (mg/l)				
	5 - 10	10 - 35	35 - 50	50 - 75	> 75
<b>H3140: Kranswierwateren</b>					
<b>H3150: Meren met krabbenscheer en fonteinkruiden</b>					
<b>H7140A: Trilvenen</b>					
<b>H7140B: Veenmosrietlanden</b>					?

Uit metingen in de Wieden en Weerribben blijkt dat de totaal P-concentratie in het oppervlaktewater dat grenst aan 'goed' ontwikkelde habitattypen lager is dan in het oppervlaktewater dat grenst aan 'matig' ontwikkelde habitattypen. Voor het habitatype H7140A Trilvenen gaat dit om een significant verschil (gemiddeld 0,03 mg P/l nabij goed ontwikkelde locaties en 0,05 mg P/l nabij matig ontwikkelde locaties).

Deze uitkomsten zijn in lijn met een grote landelijke studie. Dit betekent dat voor een gunstige staat van instandhouding van de habitattypen (en dan met name het habitatype H7140A Trilvenen) het noodzakelijk is dat de totaal P-concentraties in het nabijgelegen oppervlaktewater beneden de 0,04 mg P/l liggen (afbeelding 2.6).

Afbeelding 2.6 Range van grenswaarden voor de totaal P-concentratie in het oppervlaktewater nabij of in 4 karakteristieke habitattypen van het de laagveengebieden de Wieden en de Weerribben. Groen = geschikt, geel = ongeschikt, rood = zeer ongeschikt

	P (mg/l)					
	< 0,015	0,015 - 0,04	0,04 - 0,08	0,08 - 0,15	0,15 - 0,25	> 0,25
<b>H3140: Kranswierwateren</b>	Geel	Groen	Groen	Geel	Rood	Rood
<b>H3150: Meren met krabbenscheer en fonteinkruiden</b>	Geel	Groen	Groen	Geel	Rood	Rood
<b>H7140A: Trilvenen</b>	Groen	Groen	Geel	Rood	Rood	Rood
<b>H7140B: Veenmosrietlanden</b>	Groen	Groen	Geel	Rood	Rood	Rood

In onderstaande tabel staan de samengevatte grenswaarden die gebruikt zijn in het vervolg van deze studie.

Tabel 2.1 Samenvatting grenswaarden voor fosfor (P) en calcium (Ca) in deze studie

	Zeet ongeschikt	Ongeschikt	Geschild
P (mg/l)	>0,08	0,04-0,08	<0,04
Ca (mg/l)	<35	35-50 *	>50

\* In de winter acceptabel.



# 3

## INSTROOM VAN WATER, FOSFOR EN BASEN NAAR DE BOEZEM

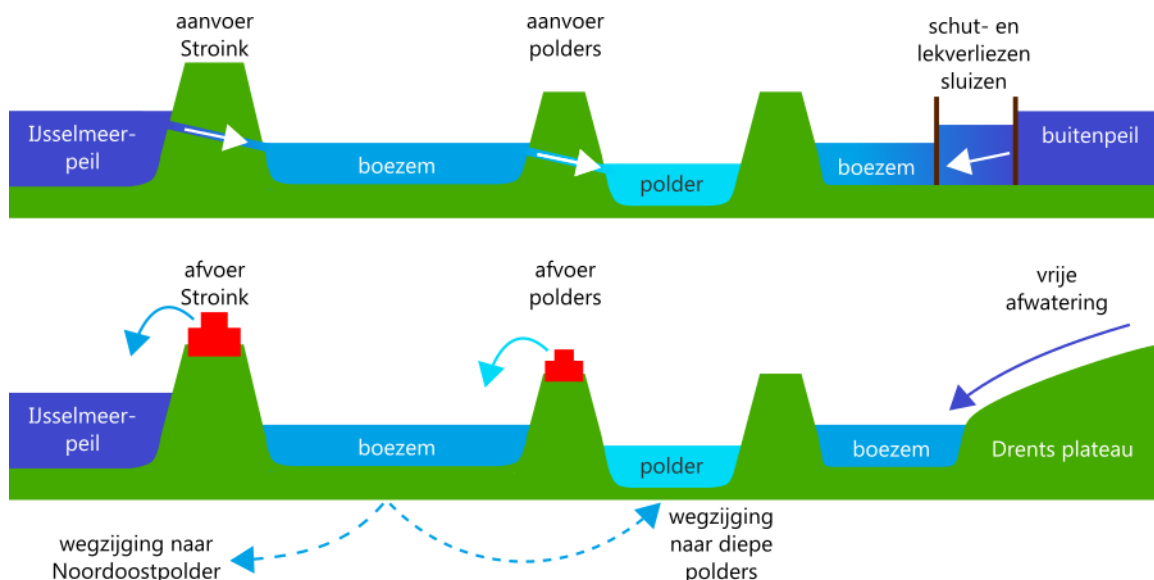
Dit hoofdstuk beantwoordt onderzoeksvraag 2: **hoe groot is de instroom van water, fosfor en calcium op de diverse aanvoer- en afvoerpunten naar de boezem?** In afzonderlijke paragrafen wordt in dit hoofdstuk ingegaan op de waterstromen, de waterkwaliteit van die waterstromen en de resulterende vracht van fosfor (P) en calcium (Ca). In bijlage I staan de uitgangspunten en verschillende aanvullende resultaten opgenomen.

Een belangrijk doel van dit hoofdstuk is om op hoofdlijnen te begrijpen hoe het watersysteem van de boezem functioneert. Dit algemene begrip helpt vervolgens bij de interpretatie van de veel gedetailleerdere resultaten van het ruimtelijke model in hoofdstuk 4.

### Terminologie gemaal, inlaat, wateraanvoer en -afvoer

Wanneer er gesproken wordt over gemaal, inlaat, aanvoer of afvoer van water ontstaat er snel verwarring. In afbeelding 3.1 is de terminologie uitgelegd die in dit rapport is gebruikt. Er wordt gesproken van aanvoer wanneer er water onder vrij verval de boezem of polder in kan stromen. De locaties waar dit gebeurt, worden inlaten genoemd. Afvoer gebeurt via een pomp. De locaties waar dit gebeurt, worden gemalen genoemd. Water dat vanaf het Drents plateau onder vrij verval naar de boezem stroomt, wordt vrije afwatering genoemd. Verder vindt er vanuit de boezem nog wegzijging plaats naar de diepere polders in de omgeving, waaronder de Noordoostpolder.

Afbeelding 3.1 Terminologie aan- en afvoer van water



### 3.1 Methodiek

Deze paragraaf geeft een korte beschrijving van de gevolgde methode. In bijlage I is een uitgebreide methodeverantwoording beschreven.

#### Waterstromen

In deze analyse zijn de maandvolumes over de periode 2012-2019 van de volgende waterstromen in beeld gebracht: alle polders die afwateren op de boezem, de Steenwijker Aa, de schutverliezen via de sluisen aan de randen van de boezem, riooloverstorten binnen de boezem, effluentlozing van RWZI-Steenwijk en de aanvoer voor het peilbeheer van de boezem (inlaat nabij gemaal Stroink en (in 2018) inlaat nabij de Beukersluis). Dit zijn allemaal ingaande waterstromen op de boezem (in dit rapport gebruiken we hiervoor ook wel de term 'bronnen'). De maandvolumes voor de periode 2012 tot en met 2019 zijn gebaseerd op de berekende debieten uit het SOBEK-model (zie tabel 2.2 in bijlage I voor het volledige overzicht van alle beschouwde waterstromen). In de genoemde bijlage wordt ook ingegaan op het gebruik van metingen versus modelberekeningen voor het kwantificeren van de waterstromen.

Door Cusell et al. (2013) is op vergelijkbare manier een waterbalans opgesteld voor de periode 2000-2012. De resultaten van de huidige analyse zijn vergeleken met de uitkomsten van deze eerdere studie.

NB. In dit hoofdstuk zijn alle 'externe' water- en stofstromen op de boezem in beeld gebracht. De water- en stofstromen binnen de boezem zelf zijn niet in beeld gebracht, met als enige uitzondering de riooloverstorten die binnen de begrenzing van de boezem optreden. De uit- en afspoeling vanuit landbouwpercelen, natuurgebieden, kraggen et cetera naar het oppervlaktewater binnen de boezem zijn bij deze onderzoeksvraag dus buiten beschouwing gelaten. In de modelberekeningen van hoofdstuk 4 is deze uit- en afspoeling wel meegenomen.

---

#### Tijdsperiode van de analyse

In dit hoofdstuk zijn de ingaande waterstromen van de boezem voor de periode 2012-2019 in beeld gebracht. Door deze periode te beschouwen ontstaat een beeld van de instroming in nattere jaren, in drogere jaren en in jaren met een gemiddeld weerbeeld. In het kader van dit project zijn in 2018 en 2019 zeer veel waterkwaliteitsmetingen verricht, zowel in de boezem als bij alle bronnen (de polders, sluisen et cetera). Met behulp van die metingen is in onderzoeksvraag 3 in hoog ruimtelijk detailniveau de verspreiding van P en Ca in de boezem onderzocht (hoofdstuk 4). Voor die analyse zijn 2018 en 2019 dus belangrijke jaren. Daarom gaan we ook in dit hoofdstuk op deze 2 jaren afzonderlijk in.

---

#### Waterkwaliteit

Conform het meetplan (Cusell 2018) is de waterkwaliteit van (vrijwel) alle instroompunten bemonsterd. Tabel 2.2 in bijlage I geeft weer welke meetlocatie bij welke bron hoort. De meeste meetlocaties zijn tussen het voorjaar van 2018 en het voorjaar van 2019 5 keer bemonsterd: in april, juni en oktober 2018 en tweemaal in januari 2019. Bij de grotere gemalen en de sluisen zijn in die periode acht in plaats van 5 metingen uitgevoerd. In de loop van 2019 is het meetplan aangepast. Veertien bronnen zijn enkel nog in maart en april 2019 bemonsterd en daarna niet meer. Twaalf grotere bronnen zijn vervolgens ook nog bemonsterd in juli en september 2019 en in februari 2020. Enkele van de grootste bronnen zijn ook nog in augustus en oktober 2019 en januari 2020 bemonsterd. Bij sommige bronnen ligt een regulier meetpunt van een waterschap (WDOD, ZZL of WF) met een afwijkende, vaak hogere frequentie van bemonstering.

#### Vrachten van fosfor en calcium

Op basis van de maandvolumes en stofconcentraties is de instroming van fosfor (P) en calcium (Ca) vanuit alle bronnen op de boezem berekend. De vracht (in kg) is berekend voor het jaar 2018 en 2019 door per maand het instroomvolume (m<sup>3</sup>) te vermenigvuldigen met de gemeten concentratie (mg/l) en te delen door 1.000 (g/kg). Voor maanden zonder waterkwaliteitsmeting is de concentratie gebruikt die het kortste daarvoor is gemeten.

## 3.2 Waterstromen

### 3.2.1 Volume per bron

De totale waterinstroming van buitenaf op de boezem bedraagt circa 160 miljoen m<sup>3</sup> per jaar (tabel 3.1). De grootste bronnen zijn de diepe polders, de ondiepe polders en de Steenwijker Aa (afbeelding 3.2). De waterafvoer uit de diepe polders is door het jaar heen behoorlijk constant. De afvoer vanuit de ondiepe polders en de vrije afwatering vanuit de Steenwijker Aa vertoont daarentegen een seizoensmatig patroon met een hoge afvoer in het winterhalfjaar en een lagere afvoer in de zomer. De afvoer van deze bronnen is directer afhankelijk van het neerslagoverschot, terwijl de afvoer voor de diepe polders sterk bepaald wordt door de kwel in deze polders (in onderstaand kader 'Effect van een droog en nat jaar op de afvoer van een diepe en een ondiepe polder' wordt de invloed van de neerslag op de afvoer vanuit een diepe en ondiepe polder verder uitgewerkt).

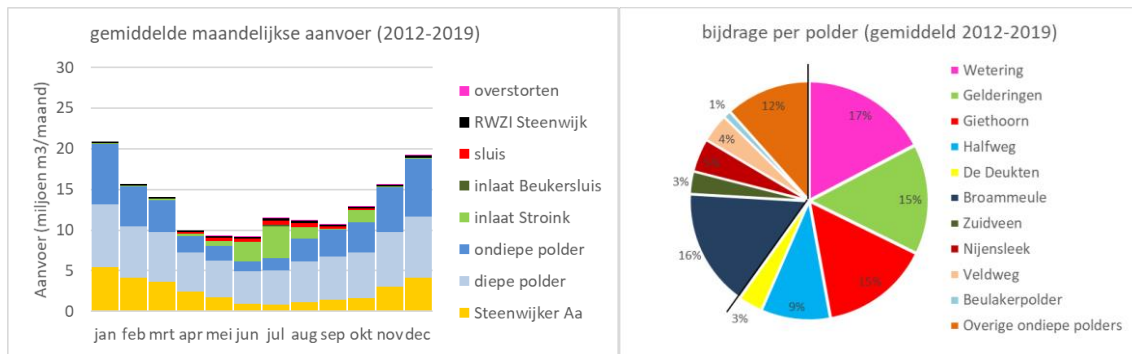
Het cirkeldiagram in afbeelding 3.2 toont de verdeling in de bijdrage van de verschillende polders aan de waterinstroming naar de boezem. De 5 diepe polders (Wetering, Gelderingen, Giethoorn, Halfweg en De Deukten) veroorzaken samen bijna 60 % van de totale instroming uit polders, de 31 ondiepe polders een kleine 40 %. Van de ondiepe polders veroorzaakt Broammeule verreweg de meeste instroming op de boezem (16 %). Deze resultaten komen grofweg overeen met eerdere studies (Balirwa 1993; van Berkum 2000; Arcadis 2004, 2008; Torenbeek 2008; Cusell *et al.* 2013).

Naast de instroming uit de polders en de Steenwijker Aa is er, vooral in de zomer, instroming via de sluizen en de inlaat bij Stroink. Daarnaast is er een vrij constante effluentlozing van RWZI-Steenwijk (gemiddeld 1,9 % van de totale instroming). Overstorten vanuit het riool veroorzaken minder dan 0,5 % van de totale instroming van de boezem.

Tabel 3.1 De gemiddelde jaarlijkse instroming (in miljoenen m<sup>3</sup>) voor de periode 2000-2012 (volgens de balans van Cusell *et al.* 2013) en voor de periode 2012-2019 en de afzonderlijke (droge) jaren 2018 en 2019 volgens deze studie

Bronnen (instroming naar de boezem van buitenaf)	2000-2012 (Cusell <i>et al.</i> 2013)	2012-2019 (deze studie)	2018 (deze studie)	2019 (deze studie)
Steenwijker Aa	37,8	30,9	24,4	19,2
diepe polders	58,2	68,4	61,8	67,9
ondiepe polders	46,3	45,9	36,4	47,4
inlaat Stroink	6,0	9,3	29,2	26,7
inlaat Beukersluis (2018)	n.v.t.	0,1	0,9	0,0
schutverlies sluizen	niet meegenomen	2,6	2,6	2,6
RWZI-Steenwijk	niet meegenomen	3,0	3,1	3,2
overstorten riool (binnen de boezem)	niet meegenomen	0,1	0,1	0,1
<b>totale instroming van buitenaf</b>	<b>148</b>	<b>161</b>	<b>159</b>	<b>168</b>

Afbeelding 3.2 Gemiddelde maandelijkse waterinstroming in miljoen m<sup>3</sup> over de periode 2012-2019 (links) en de bijdrage van de diepe en ondiepe polders uitgesplitst naar polder (rechts) (diepe polders staan rechts van de zwarte lijn)

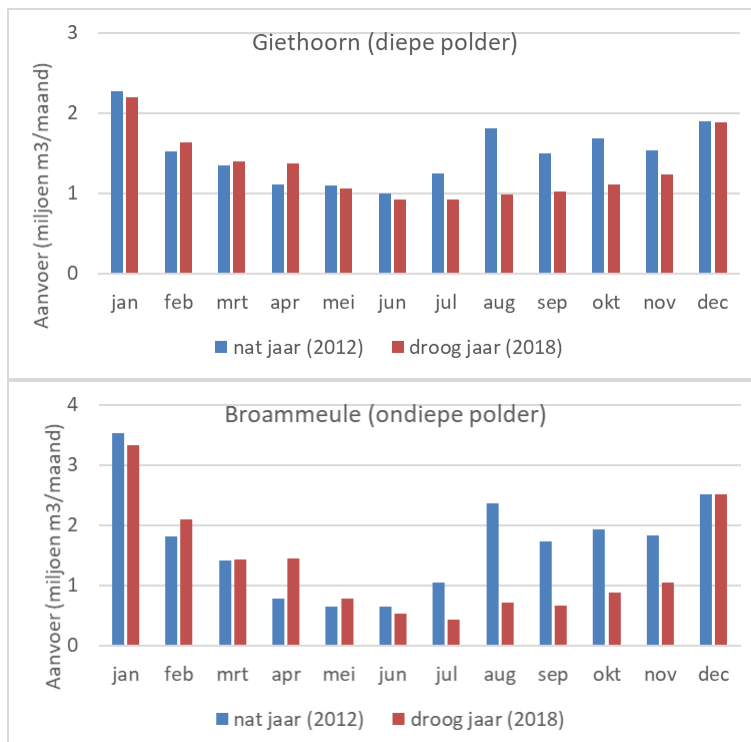


### Effect van een droog en nat jaar op de afvoer van een diepe en een ondiepe polder

Een diepe polder als Giethoorn maakt vrijwel het hele jaar water uit met een vrij constant maandvolume (afbeelding 3.3). Het effect van een neerslagoverschot- of tekort is beperkt zichtbaar in de afvoer: in erg natte zomermaanden (zoals in 2012 het geval was) is de afvoer maar iets hoger dan in erg droge zomermaanden (zoals in 2018). In een ondiepe polder is dat effect veel sterker: polder Broammeule had in de zomermaanden van 2018 (vanaf juli) veel minder afvoer dan in de natte zomermaanden van 2012.

Kortom, de afvoer van Broammeule (en andere ondiepe polders) is sterk afhankelijk van het neerslagoverschot, terwijl de afvoer van Giethoorn (en andere diepe polders) daar veel minder afhankelijk van is. In Giethoorn is de kwelflux (geschat op circa 3 mm/d) overheersend voor de afvoer en dit maskeert de afvoer van het neerslagoverschot. Broammeule heeft een kwelflux van circa 1 mm/d, waardoor het neerslagoverschot (of -tekort) bij deze polder veel duidelijker is terug te zien in de afvoer.

Afbeelding 3.3 Afvoer naar de boezem vanuit een diepe polder (Giethoorn) en vanuit een ondiepe polder (Broammeule) voor een nat (2012) en droog jaar (2018)



### 3.2.2 Waterstromen in 2018 en 2019

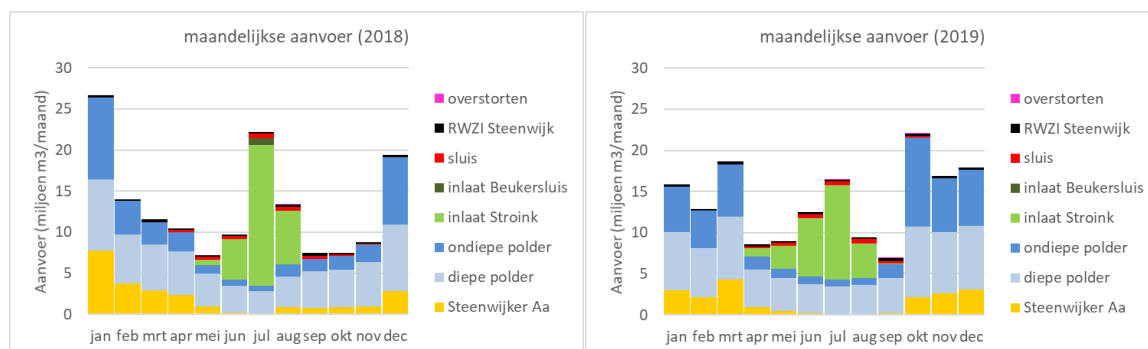
De jaren 2018 en 2019 staan bekend als droog en warm. Het jaar 2018 was extreem droog met een neerslagtekort van 55 mm (KNMI-weerstation Marknesse, gerekend over het hele jaar), terwijl er normaal gesproken in Nederland sprake is van een jaarlijks neerslagoverschot van circa 200-250 mm. Ook 2019 was met een neerslagoverschot van 120 mm droger dan gemiddeld.

In 2018 en 2019 voerde de Steenwijker Aa beduidend minder water af op de boezem dan gemiddeld (tabel 3.1). Als gevolg van de aanhoudende droogte in het najaar van 2018 en in 2019 was de afvoer van de Steenwijker Aa in 2019 zelfs nog lager dan in 2018 (afbeelding 3.4). De afvoer vanuit de diepe polders was in de zomermaanden van 2018 iets lager dan normaal en in 2019 was deze afvoer redelijk gemiddeld (het neerslagoverschot heeft beperkte effect op de afvoer van diepe polders, zie het kader 'Effect van een droog en nat jaar op de afvoer van een diepe en een ondiepe polder hierboven'). Het wateroverschot van de ondiepe polders is veel directer afhankelijk van het neerslagoverschot. Deze afvoer was dan ook vooral in 2018 veel lager dan gemiddeld. In 2019 was de afvoer uit de ondiepe polders ongeveer gemiddeld.

In zowel 2018 als 2019 is er in de zomer veel water ingelaten nabij gemaal Stroink: 29 miljoen m<sup>3</sup> in 2018 en 27 miljoen m<sup>3</sup> in 2019 (afbeelding 3.4; dit is veel meer dan in andere jaren: tabel 3.1). Daarnaast is er in 2018 via de Beukersluis extra water ingelaten (iets minder dan 1 miljoen m<sup>3</sup>). In de zomer wordt er vanuit de boezem water aangevoerd naar de polders ten bate van het peilbeheer van de betreffende polders. De waterinlaat via Stroink (en in 2018 Beukersluis) was dus nodig om (a) de polderpeilen van met name ondiepe polders rondom de Wieden en de Weerribben niet te ver te laten uitzakken en (b) te voorkomen dat het boezempeil te ver zou dalen (als gevolg van de grote waterbehoefte van de water ontvangende polders en de verdamping vanuit de boezem zelf).

Het totaal aantal m<sup>3</sup> instroming van buitenaf naar de boezem was in 2018 en 2019 niet veel anders dan gemiddeld. De lagere afvoer van de Steenwijker Aa en de polders werd gecompenseerd door een inlaat van bijna 30 miljoen m<sup>3</sup> vanuit het Vollenhovermeer via gemaal Stroink. Dit is van invloed op de aanvoer van P en Ca (zoals in de volgende paragrafen wordt besproken) én op de stroomrichting in de boezem (zoals in hoofdstuk 4 wordt getoond).

Afbeelding 3.4 Maandelijke waterinstroming in miljoen m<sup>3</sup> in 2018 en 2019



### 3.2.3 Vergelijking met 2000-2012

In grote lijnen komen de gevonden volumes over de periode 2012-2019 overeen met de eerdere waterbalans over de periode 2000-2012 (tabel 3.1). De totale instroming op de boezem in de recente periode is ruim 10 miljoen m<sup>3</sup>/jaar hoger dan berekend voor de periode 2000-2012. Dit verschil is goed te verklaren door:

- de periode 2012-2019 was met een jaargemiddeld neerslagoverschot van 182 mm droger dan de periode 2000-2012 (met gemiddeld 245 mm overschot per jaar). Dit is vooral terug te zien in de vrije afwatering via de Steenwijker Aa, die in de laatste periode ruim 10 % lager was dan in de eerdere periode, en in de inlaat bij Stroink (en Beukersluis), die in de laatste periode juist hoger was;
- de afvoer van de diepe polders is in deze studie echter (ondanks de drogere jaren) juist 10 miljoen m<sup>3</sup>/jaar hoger ingeschat. Dit is voornamelijk het gevolg van een hogere kwelflux dan in de

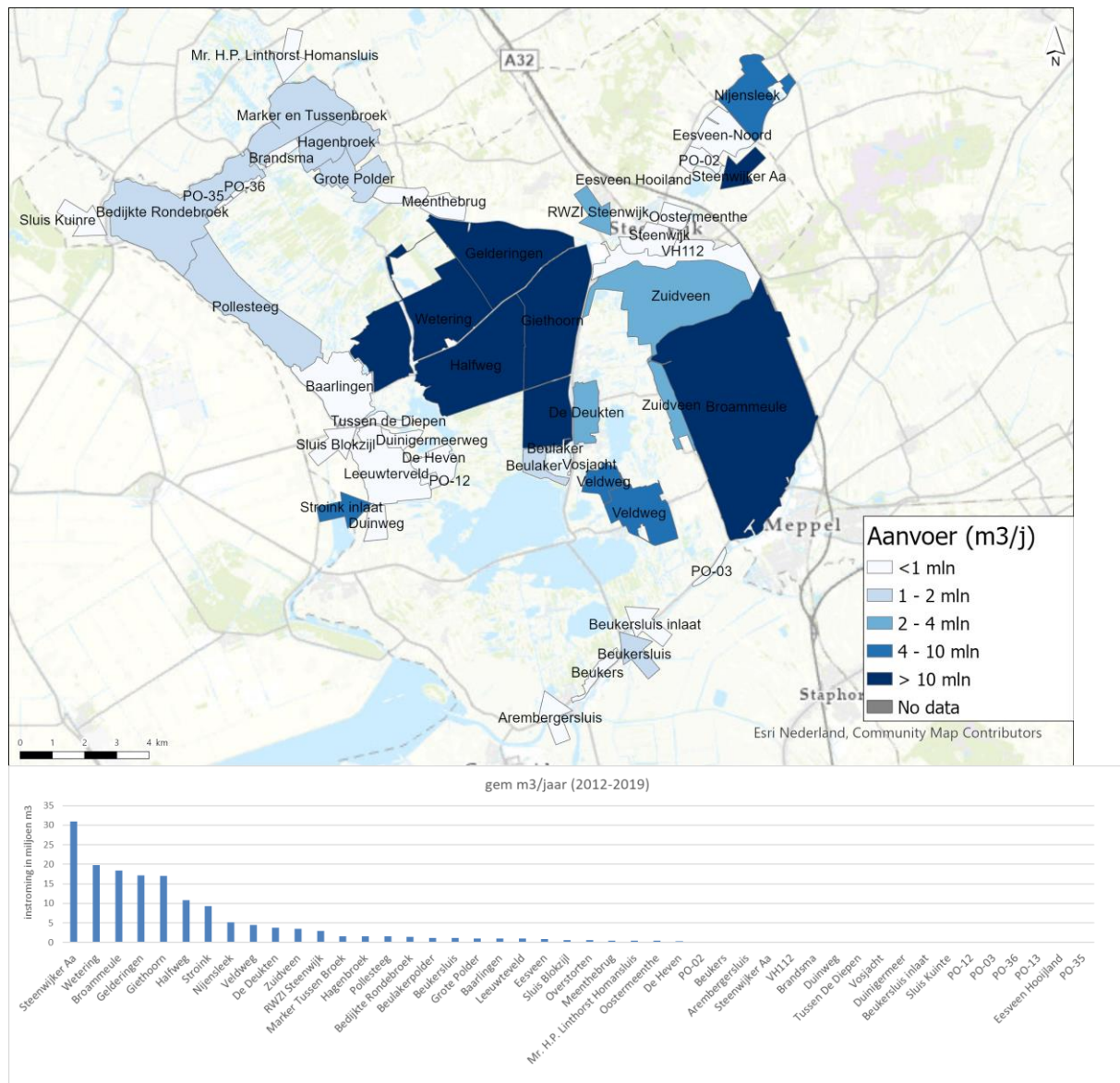
eerdere studie was aangenomen (uit een evaluatie van de kwelfluxen aan de hand van waterbalansen van een aantal diepe polders, zie bijlage II, blijkt dat de kwelflux door Cusell et al. (2013) voor sommige diepe polders te laag is ingeschat);

- tenslotte zijn enkele waterstromen in de vorige studie niet meegenomen, terwijl die waterstromen niet allemaal te verwaarlozen zijn. Met name via de sluisen komt in het voorjaar en de zomer redelijk veel water de boezem binnen (circa 2 % van de gemiddelde jaarlijkse instroming).

### 3.2.4 Ruimtelijk beeld van de waterstromen

Op de kaart in afbeelding 3.5 staan alle bronnen van de boezem weergegeven, gekleurd naar de mate van afvoer (m<sup>3</sup>/jaar gemiddeld over 2012-2019). De diepe polders, Broammeule en de Steenwijker Aa komen duidelijk naar voren als zijnde de grootste afvoerders. Verder valt op dat de inlaat (Stroink) een aanzienlijke aanvoerbron van water vormt. Onder de kaart staan in een histogram alle bronnen gesorteerd naar debiet.

Afbeelding 3.5 Jaargemiddelde afvoer naar de boezem (in m<sup>3</sup>/jaar berekend over 2012-2019) ruimtelijk weergegeven (boven) en gesorteerd van groot naar klein (onder)





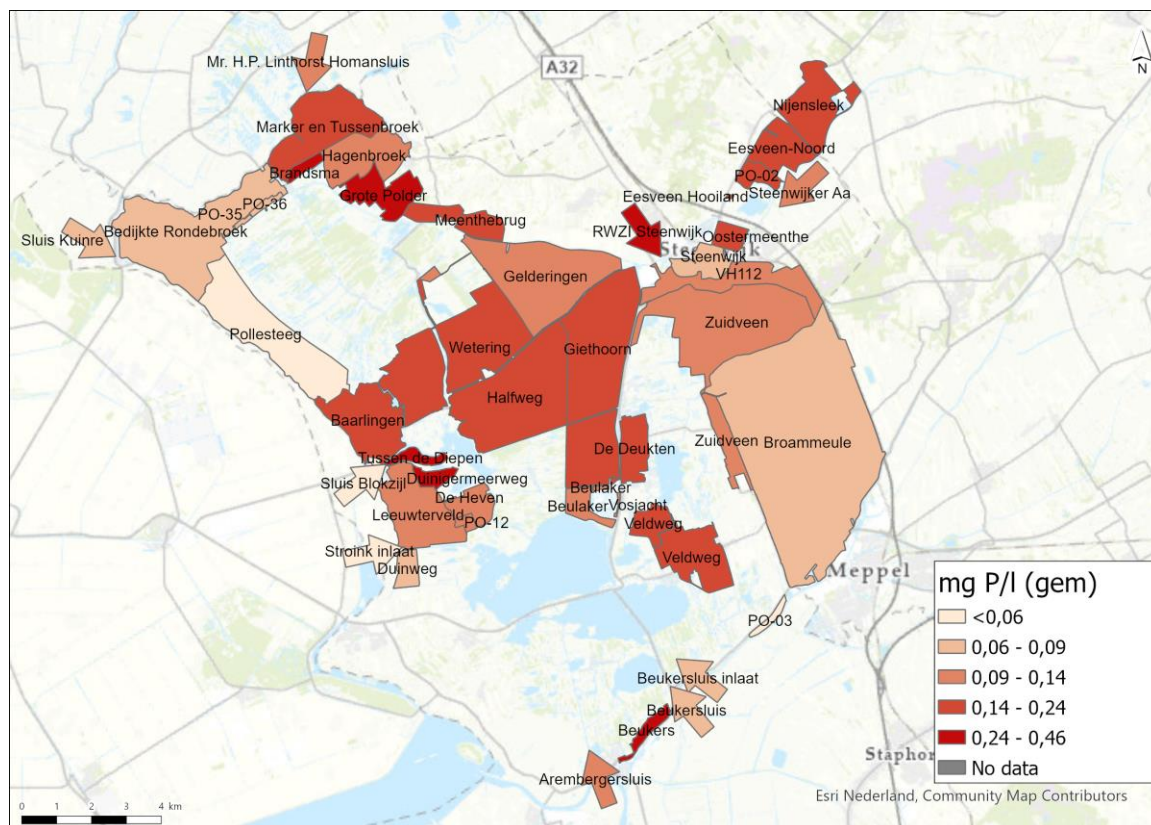
### 3.3 Fosfor- en calciumconcentraties instroompunten

De kaarten in afbeelding 3.6 en afbeelding 3.9 geven een indicatie van de gemiddelde P en Ca-concentratie per bron over de meetperiode van dit project (april 2018-februari 2020). De gemeten concentraties in de afzonderlijke maanden staan weergegeven in afbeeldingen 3.1 en 3.2 in bijlage I (voor de maanden april, juni en oktober 2018, januari, maart, april, juli en september 2019 en februari 2020). Aan de hand van deze kaarten worden hieronder de concentraties in de polders (en overige instromingen) besproken.

#### 3.3.1 Fosforconcentratie

Qua gemiddelde P-concentratie zijn duidelijke verschillen zichtbaar tussen de polders. Hieronder worden de verschillen kort besproken. Daarnaast zijn voor sommige polders de metingen uit 2018-2019 in perspectief geplaatst van de meetwaarden uit eerdere jaren (zie paragraaf 3.3.2). Dit is slechts voor enkele polders mogelijk, omdat de waterkwaliteit in de meeste polders eerder niet gemonitord werd.

Afbeelding 3.6 Totaal P-concentratie per instroompunt (gemiddeld over metingen tussen april 2018 en februari 2020)



Bronnen met relatief hoge P-concentraties in de periode april 2018-februari 2020 zijn (afbeelding 3.6):

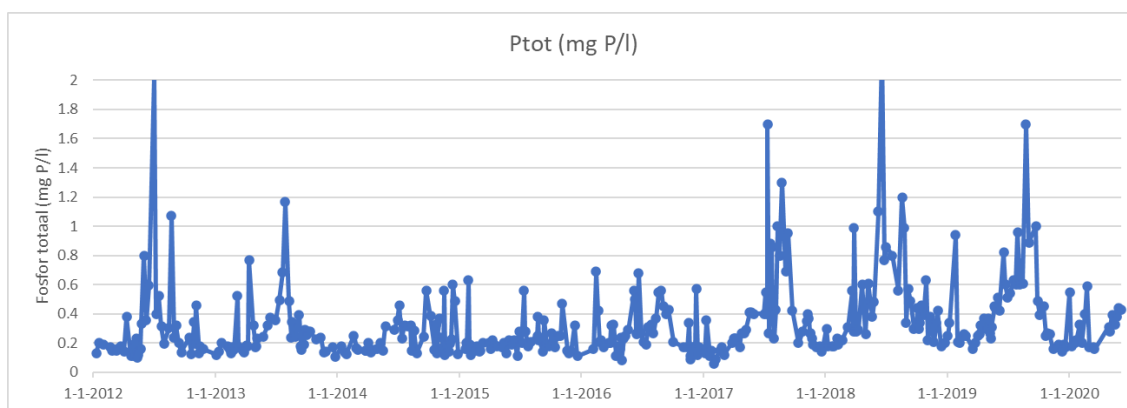
- de polders die afwateren op de Eesveense Wetering (ten noordoosten van Steenwijk): Nijensleek, Eesveen, Eesveense Hooilanden en PO-02. De waterkwaliteit wordt niet in de polders zelf gemeten, maar is gebaseerd op de reguliere meetlocatie van het waterschap in de Eesveense Wetering (1EESW10). De P-concentratie is hier gemiddeld 0,20 mg P/l;
- alle diepe polders, gesorteerd van de hoogste naar de laagste P-concentratie: Wetering, Halfweg, De Deukten, Giethoorn en Gelderingen (aflopend van 0,20 tot 0,14 mg P/l). Het is daarbij opvallend dat een groot deel van de P bij deze polders aanwezig is in grote colloïden (deeltjes die groter zijn dan 0,5  $\mu\text{m}$  en vermoedelijk vooral bestaan uit organisch materiaal en ijzer waaraan het fosfor bindt). Een deel van deze colloïden, en daarmee een deel van het fosfor, kan relatief snel neerslaan (bijlage V);



- polder Veldweg heeft een vrij hoge gemiddelde concentratie van 0,22 mg P/l als gevolg van een opvallend hoge meetwaarde van 1,5 mg P/l in oktober 2018<sup>1</sup>. Ook in januari 2019 was de concentratie met 0,30 mg P/l aan de hoge kant. In de zomermaanden ligt de gemeten P-concentratie altijd onder de 0,10 mg P/l;
- de polders aan de noordzijde van de Weerribben die ten noorden van kanaal Steenwijk-Ossenzijl liggen (Marker en Tussenbroek, Meenthebrug, Grote Polder en Brandsma; met gemiddelde concentraties van 0,22 à 0,37 mg P/l);
- polders Duinigermeerweg en Beukers. De P-concentratie was hier op alle meetmomenten aan de hoge kant (vrijwel altijd groter dan 0,15 mg P/l);
- het effluent van RWZI-Steenwijk met een hoge P-concentratie (gemiddeld 0,46 mg P/l). De grafiek in afbeelding 3.7 toont de gemeten effluentconcentraties: hieruit blijkt dat in 2017-2019 de concentratie totaal P hoger was dan in de jaren daarvoor, met vooral in de zomer opvallend hoge concentraties.

NB. Behalve de genoemde uitschieter in polder Veldweg zijn ook in de Brandsmapolder, Grote polder, Tussen de Diepen, Meenthebrug, Baarle, Duinigermeerweg en De Heven soms erg hoge P-concentraties gemeten (>0,5 mg P/l).

Afbeelding 3.7 Gemeten concentratie totaal P in het effluent van RWZI-Steenwijk



Er is ook een duidelijke ruimtelijke groepering van bronnen met een relatief lage totale P-concentratie:

- polders Broammeule (0,09 mg P/l) en Zuidveen (0,11 mg P/l): hierbij moet wel worden opgemerkt dat op het vaste waterkwaliteitsmeetpunt bij het poldergemaal van Broammeule (2BSTO20) in voorgaande jaren veel hogere concentraties zijn gemeten dan in 2018 en 2019 (namelijk rond de 0,15 mg P/l, zie ook paragraaf 3.3.2). De gemiddelde P-concentratie zoals gemeten in 2018 en 2019 betreft dus lage concentratie voor deze polders (in ieder geval voor Broammeule en vermoedelijk ook voor Zuidveen);
- de polders aan de westrand van het gebied, van noord naar zuid de Bedijkte Rondebroek, Pollesteeg, PO-13, Leeuwterveld, De Heve, Duinweg en PO-12. De polders Baarle en Tussen de Diepen, die ook in deze rand van polders liggen, vormen een uitzondering met juist vrij hoge gemiddelde P-concentraties (van 0,17 en 0,24 mg P/l);
- het water dat via de sluizen en als inlaatwater bij gemaal Stroink de boezem binnenkomt, bevat gemiddeld relatief weinig P;
- de P-concentratie in de Steenwijker Aa is in de tweede helft van de winter relatief hoog (tot circa 0,2 mg P/l), maar de rest van het jaar veel lager (gemiddeld circa 0,05 mg P/l in het zomerhalfjaar).

Bij de meeste polders verschilt de totaal P-concentratie door het jaar heen (zie de afbeeldingen in bijlage I). Over het algemeen is de concentratie in de wintermaanden (oktober tot en met maart) hoog, en in de zomermaanden (april tot en met september) lager. Opvallend is het scherpe verschil tussen 11 maart 2019 (veel polders kleuren donkerrood op de kaart) en 16 april 2019 (veel van de polders die in maart nog

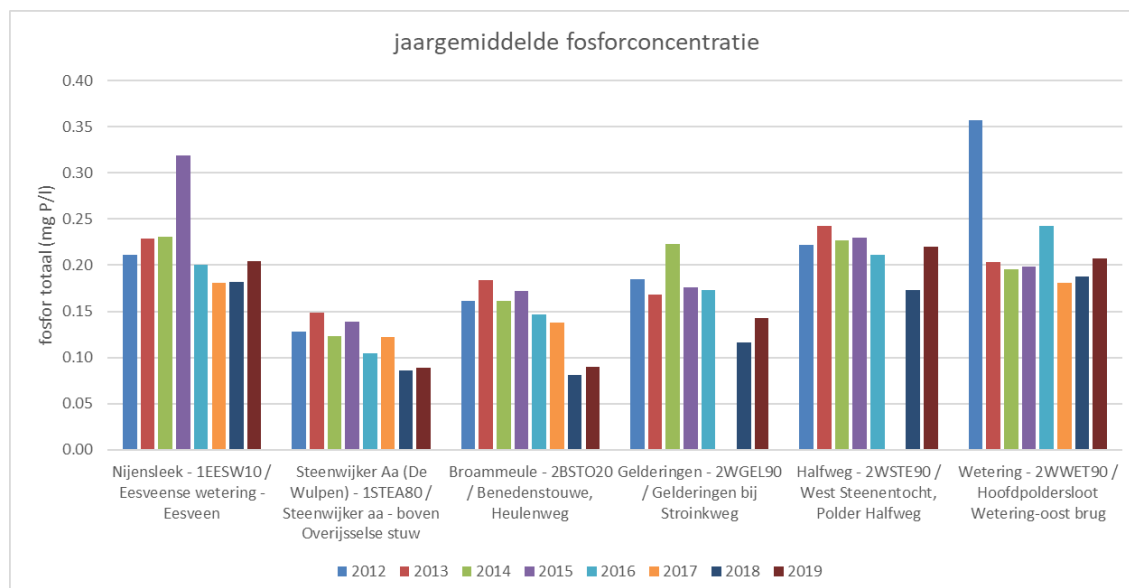
<sup>1</sup> Het gaat niet om een meetfout, want uit metingen van Onderzoeksbureau B-WARE blijkt dat op het moment van de hoge meting er ook nabij dit gemaal verhoogde P-concentraties worden gemeten.

donkerrood kleurden, zijn nu veel lichter van kleur). Dit wordt vermoedelijk (mede) veroorzaakt door de weersomstandigheden: de eerste weken van maart 2019 waren erg nat (met 50 mm neerslagoverschot tussen 1 en 11 maart), maar vanaf 19 maart is het nagenoeg droog geweest tot de bemonstering op 16 april. In het algemeen lijkt te gelden dat in maanden met een groot neerslagoverschot (en dus een grote uitspoeling) de P-concentratie in het polderwater relatief hoog is. Dat zijn ook de momenten met de grootste afvoer naar de boezem, waardoor de P-vracht (het product van het afvoerdebiet en de P-concentratie) in die maanden het hoogste zal zijn. In paragraaf 3.4 wordt dat aangetoond.

### 3.3.2 Fosforconcentraties op reguliere, langlopende meetpunten

De waterkwaliteit van een vijftal op de boezem afvoerende polders en van de Steenwijker Aa wordt al langere tijd door het waterschap bemonsterd. Onderstaande afbeelding geeft de gemeten jaargemiddelde totaal P-concentratie weer in de periode 2012 tot en met 2019. Deze 6 bronnen zijn samen goed voor circa 60 % van de externe wateraanvoer naar de boezem.

Afbeelding 3.8 Gemiddelde totaal P-concentratie (mg P/l) per jaar per bron



De jaargemiddelde totaal P-concentratie was in 2018 op alle 6 deze meetlocaties aan de lage kant (zie afbeelding 3.8 en verder de afbeeldingen 3.5 in bijlage I). In 2019 was de concentratie totaal P vooral in de Steenwijker Aa en in polder Broammeule en Gelderingen nog opvallend lager. In de overige polders lag de jaargemiddelde concentratie in 2019 in dezelfde orde van grootte als in de eerdere jaren (2012-2017).

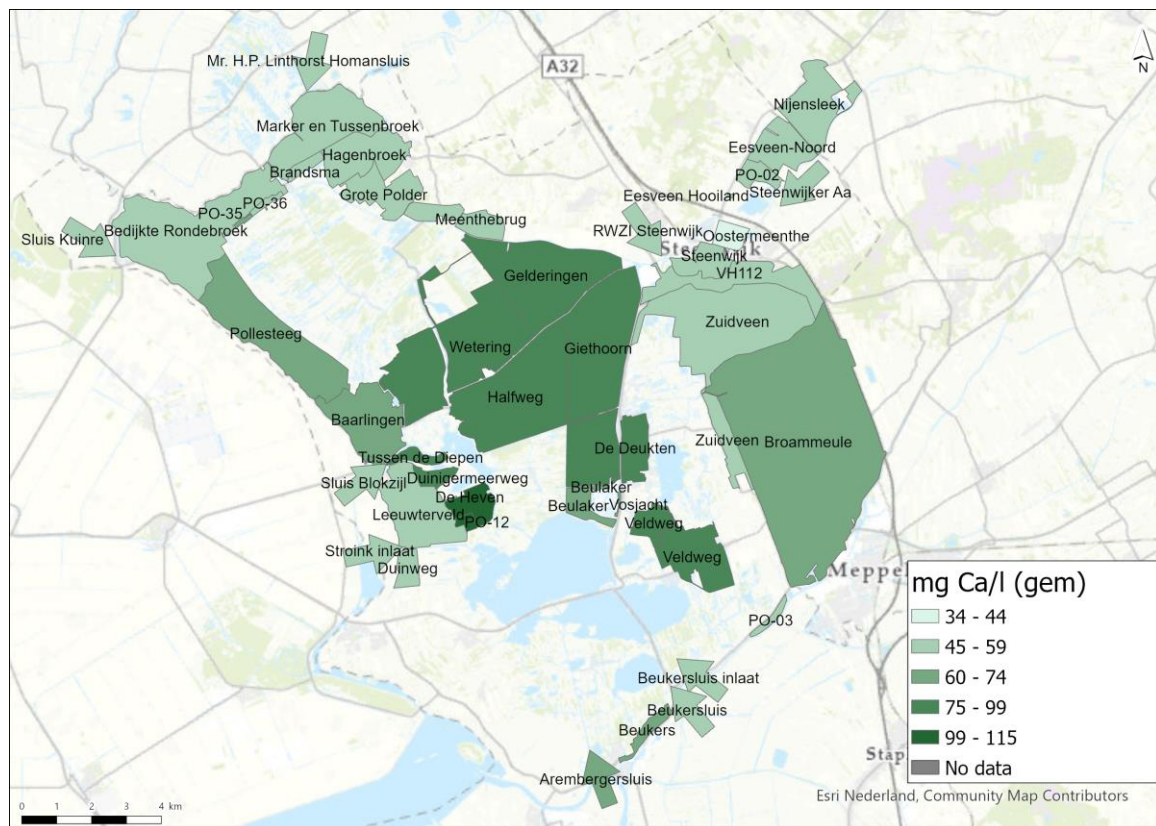
Zoals hierboven reeds is opgemerkt lijkt de P-concentratie in de polders samen te hangen met de hoeveelheid neerslag. Het veronderstelde mechanisme hierachter is de hogere P-uitspoeling uit de percelen in de polders naarmate het natter is. Daarnaast kan in droge jaren P juist beter worden gebonden aan ijzercomplexen in de bodem als gevolg van oxidatieprocessen, met als gevolg dat het minder makkelijk uitspoelt. Deze mechanismen kunnen verklaren waarom de P-concentraties in het droge jaar 2018 lager waren dan in voorgaande jaren, en in het wat minder droge jaar 2019 over het algemeen weer hoger waren.

### 3.3.3 Calciumconcentratie

In de diepe polders wordt vrijwel jaarrond een hoge Ca-concentratie gemeten van circa 75-100 mg Ca/l. Ook de polders grenzend aan het Giethoornse meer en Duinigermeer (Tussen de Diepen, Duinigermeerweg, De

Heven en PO-12) en polder Veldweg worden gekenmerkt door een hoog Ca-gehalte, met meetwaarden die doorgaans tussen de 75 en 125 mg Ca/l liggen. In de polders ten noorden van de Weerribben en in de polders ten noordoosten en ten zuiden van Steenwijk zijn de concentraties vaak wat minder hoog (gemiddeld zo rond de 50 mg/l). De Ca-concentratie in het water dat vanuit de Linde, het Meppelerdiep, het Vollenhovermeer en via de Steenwijker Aa de boezem instroomt, ligt in de range van 45-60 mg Ca/l. In tegenstelling tot de P-concentraties vertonen de bronnen maar beperkte seizoenseffecten voor wat betreft de Ca-concentraties.

Afbeelding 3.9 Ca-concentratie per instroompunt (gemiddeld over metingen tussen april 2018 en februari 2020)



### 3.4 Fosfor- en calciumvrucht op de boezem

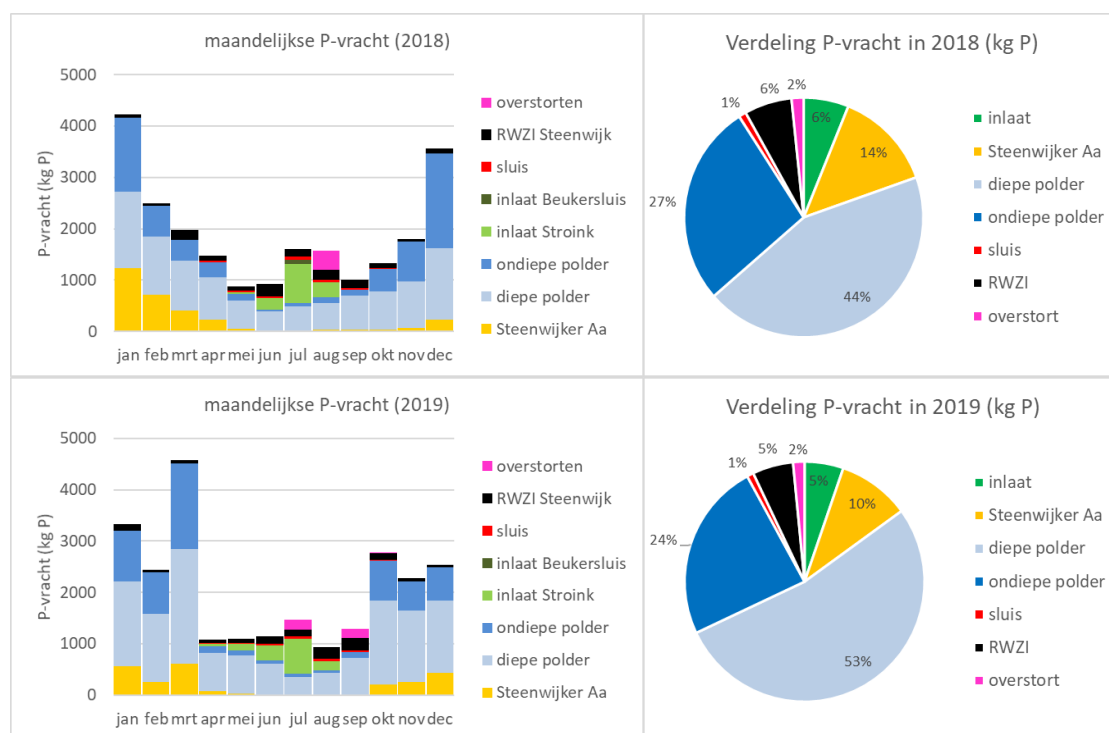
#### 3.4.1 Fosforvrucht in 2018 en 2019

De totale P-vrucht van alle bronnen op de boezem bedroeg in 2018 ruim 24.000 kg en in 2019 circa 25.000 kg. Omdat 2018 en 2019 relatief droog waren, was deze vrucht waarschijnlijk lager dan in meer gemiddelde en nattere jaren. Zoals te zien is in afbeelding 3.10 kent de aanvoer van P op de boezem een sterk seizoenspatroon. Over de periode 2000-2012 lieten Cusell et al. (2013) zien dat de gemiddelde P-vrucht in de natte wintermaanden (grofweg oktober tot en met maart) veel groter is dan in het zomerhalfjaar. Dit is het gevolg van zowel een grotere waterafvoer uit de polders in de winter als de daarmee gepaard gaande hogere P-concentratie op die momenten. Ook in 2018 en 2019 is dit seizoenspatroon duidelijk zichtbaar, maar wel met 2 afwijkingen:

- de P-vrucht was in wintermaanden van 2018 relatief laag, met uitzondering van januari en december. Dit kan verklaard worden door het feit dat januari en december in 2018 de enige maanden waren met een serieus neerslagoverschot (zie afbeelding 4.1 voor de maandelijkse neerslagoverschotten);
- in de zomermaanden was de P-vrucht in juli hoger dan in een gemiddelde maand juli, doordat er in 2018 en 2019 uitzonderlijk veel water is ingelaten vanuit gemaal Stroink.

De diepe polders zijn in 2018 en 2019 verantwoordelijk voor 40 à 50 % van de P-vracht op de boezem en de ondiepe polders voor circa een kwart (zie de cirkeldiagrammen in afbeelding 3.10). De bijdrage van de Steenwijker Aa bedroeg in deze periode rond de 10 %. Dit percentage ligt veel lager dan de 20 % volgens de balans van Cusell et al. (2013); dit komt door een relatief laag debiet in 2018 en 2019 én door de daarmee gepaard gaande lage P-concentratie in zowel 2018 als 2019 (zie afbeelding 3.8 voor de P-concentratie in de Steenwijker Aa tussen 2012 en 2019). In de droge jaren 2018 en 2019 heeft de inlaat (via Stroink en Beukersluis) een aandeel aan de totale P-belasting van circa 5 %. Ook de RWZI veroorzaakt circa 5 % van de totale P-belasting van de boezem. De riooloverstorten direct op de boezem en instroming via de sluisen veroorzaken een geringe P-belasting.

Afbeelding 3.10 Maandelijkse P-vracht (links) en verdeling (rechts) in 2018 (boven) en 2019 (onder). In het cirkeldiagram zijn inlaat Stroink en inlaat Beukersluis samen weergegeven als 'inlaat'



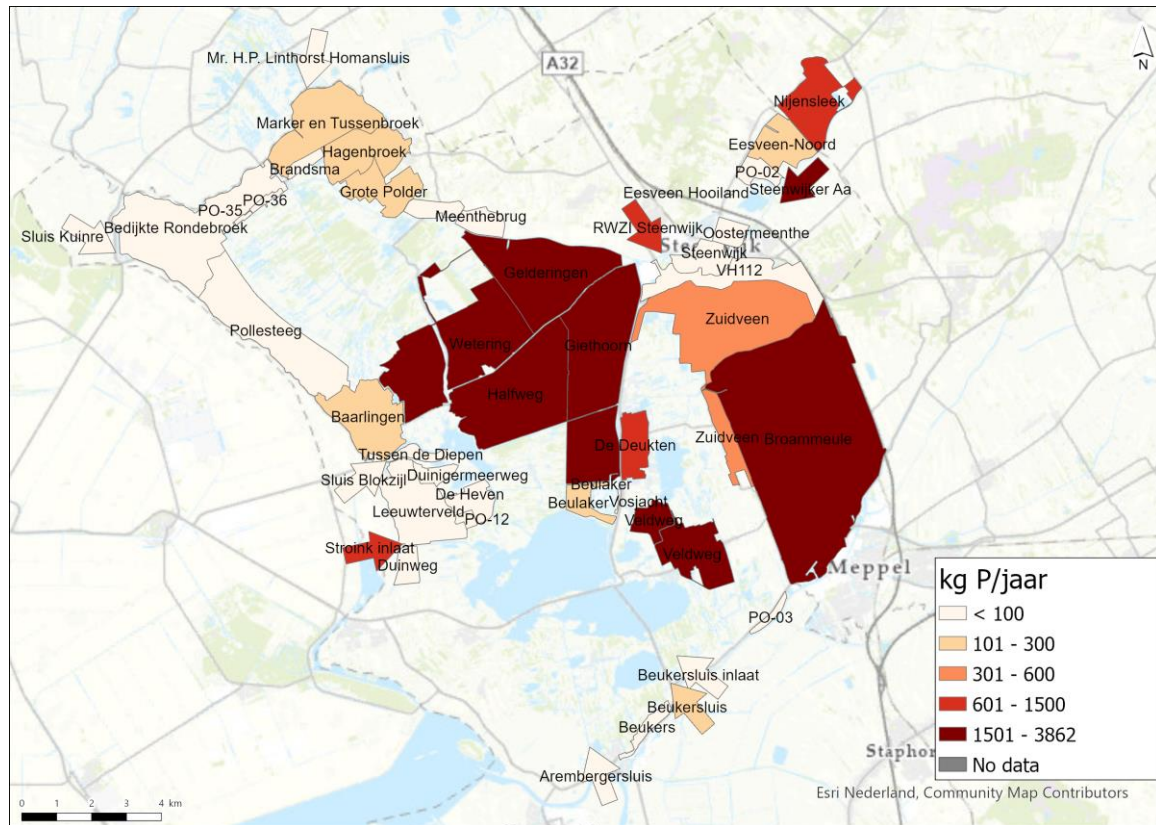
Enkele bronnen springen er in 2018 en 2019 uit qua P-vracht (afbeelding 3.11). Dit zijn de 5 grote diepe polders (Wetering, Giethoorn, Gelderingen, Halfweg en De Deukten), enkele ondiepe polders (vooral Broammeule, Veldweg en Nijensleek), de Steenwijker Aa en de inlaat uit het Vollenhovermeer via Stroink. Dit zijn vrijwel allemaal instroompunten met een groot afvoerdebiet die donkerblauw kleuren op de kaart met het afvoerdebiet (afbeelding 3.5). De inlaat nabij gemaal Stroink was in 2018 en 2019 met 25 à 30 miljoen m<sup>3</sup> per jaar een zeer grote bron van water op de boezem, zodat ondanks de lage P-concentratie in het Vollenhovenmeer (0,05 mg P/l gemiddeld in de zomer) toch een hoge P-vracht via deze route op de boezem kwam. Ook de Steenwijker Aa en polder Broammeule hadden in 2018 en 2019 een vrij lage concentratie, maar vanwege het grote debiet veroorzaken deze bronnen nog steeds wel een grote P-vracht. Voor zowel de Steenwijker Aa als voor polder Broammeule blijkt uit de langjarige metingen (afbeelding 3.8) dat de P-concentraties in 2018 en 2019 wel anderhalf tot tweemaal lager waren dan in de jaren 2012-2017: de P-vracht van 2018 en 2019 is dus waarschijnlijk een onderschatting ten opzichte van meer gemiddelde of nattere jaren (zie verder afbeelding 3.12 en de toelichting daarbij).

2 polders met een opvallend hoge P-vracht zijn Veldweg en Nijensleek. De hoge vracht vanuit Veldweg is het gevolg van een vrij hoge P-concentraties op momenten met veel afvoer. Bij Nijensleek is het een combinatie van debiet en concentratie dat tot de hoge P-vracht leidt. Verder valt het 'rijtje' polders langs het Kanaal Steenwijk-Ossenzijl op met een aanzienlijke P-vracht, vooral als gevolg van een wat hogere P-concentratie in



deze polders. Voorts valt op dat van alle sluisen met name de Beukersluis leidt tot een hoge P-vracht, dit als gevolg van het grootste debiet van deze sluis. De RWZI levert ook een substantiële P-vracht, dit vooral als gevolg van de opvallend hoge effluentconcentraties vanaf 2017.

Afbeelding 3.11 Berekende P-vracht (kg P/jaar) per instroompunt gemiddeld over 2018 en 2019

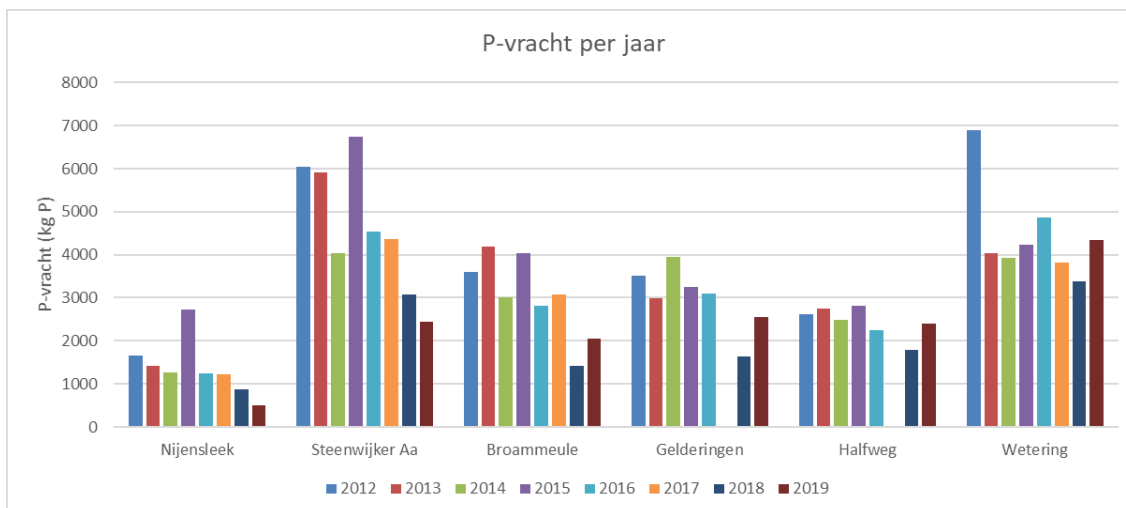


### 3.4.2 Fosforvracht van instroompunten met langlopende metingen

Zoals reeds geconstateerd, waren 2018 en in mindere mate 2019 zowel qua waterstromen als qua concentraties afwijkende jaren: de Steenwijker Aa, de diepe polders en ondiepe polders voerden minder water af en op verschillende instroompunten met een vast waterkwaliteitsmeetpunt werden lagere P-concentraties gemeten (afbeelding 3.8). In 2019 was vooral de afvoer van de Steenwijker Aa nog veel lager dan gemiddeld, maar was de afvoer uit de meeste polders weer min of meer gemiddeld. Ook lagen de concentraties in 2019 weer wat hoger dan in 2018, en voor sommige van de langjarige meetpunten in dezelfde range als in de jaren 2012-2017.

Voor 6 relatief grote bronnen met een vast waterkwaliteitsmeetpunt van het waterschap is de P-vracht berekend over de periode 2012-2019 (afbeelding 3.12). Met name voor de Steenwijker Aa en de polders Broammeule en Nijensleek (polders met relatief weinig kwel) was de P-vracht in 2018 én 2019 substantieel lager dan in voorgaande jaren (tabel 3.2 toont de procentuele afwijking van de P-belasting in 2018 en 2019 ten opzichte van de periode 2012-2017). Ook vanuit de diepe polders (Gelderingen, Halfweg en Wetering) werd in 2018 beduidend minder P afgevoerd naar de boezem. In 2019 lag de P-vracht van de diepe polders weer meer in lijn met eerdere jaren (maar was alsnog iets lager dan de gemiddelde P-vracht, tabel 3.2).

Afbeelding 3.12 Berekende P-vracht per jaar, vanuit 7 instroompunten met een vast waterkwaliteitsmeetpunt



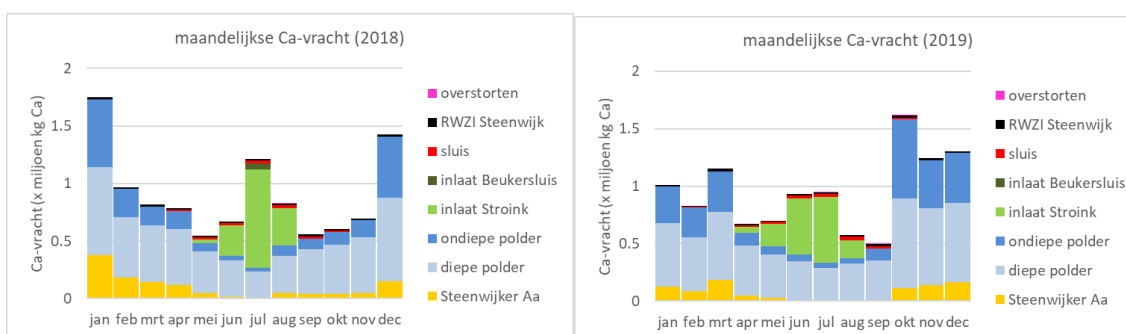
Tabel 3.2 Procentuele afwijking van de P-vracht in 2018 en 2019 ten opzichte van de gemiddelde P-vracht over 2012-2017

Jaar	Nijensleek	Steenwijker Aa	Broammeule	Gelderingen	Halfweg	Wetering
2018	-45 %	-42 %	-59 %	-51 %	-31 %	-27 %
2019	-68 %	-54 %	-40 %	-24 %	-7 %	-6 %

### 3.4.3 Calciumvracht in 2018-2019

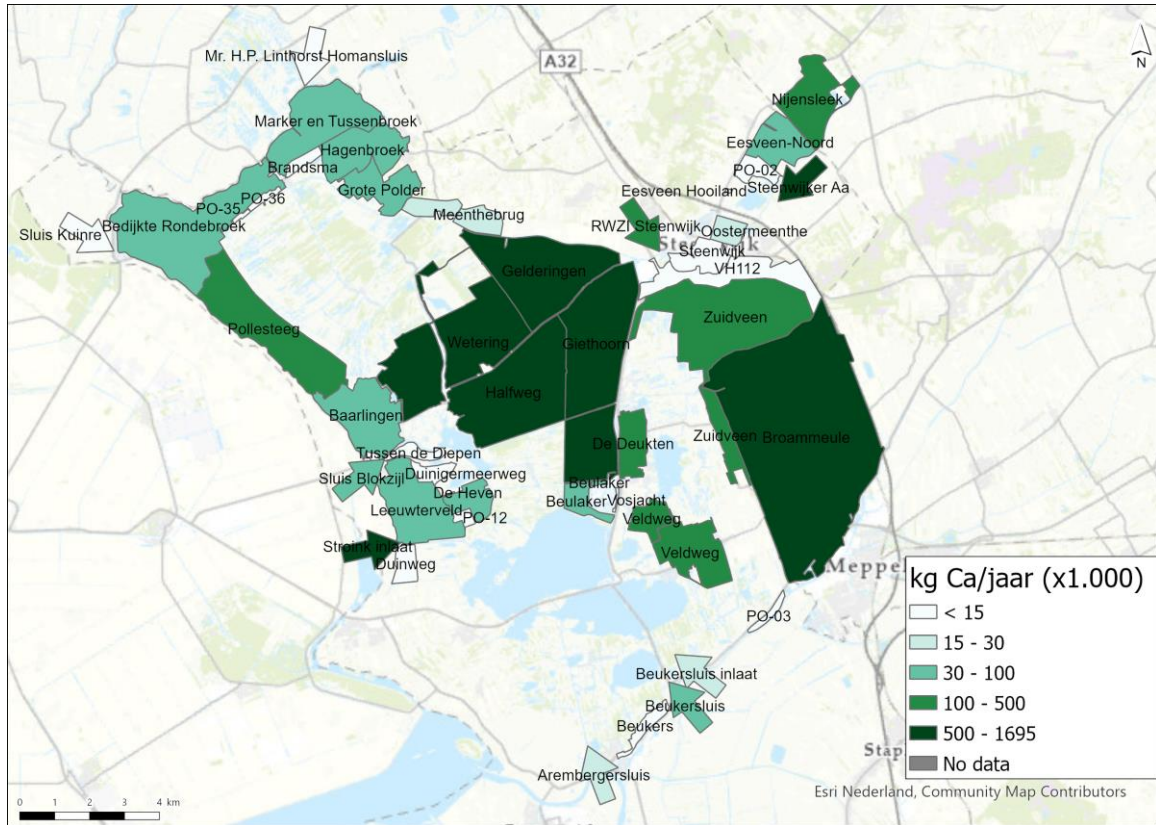
De aanvoer van Ca wordt voor een belangrijk deel veroorzaakt door de afvoer vanuit de diepe polders, en is daardoor gedurende het jaar redelijk stabiel (afbeelding 3.13). De Steenwijker Aa en de ondiepe polders voeren relatief weinig Ca aan. De uitzonderlijk grote inlaat vanuit het Vollenhovermeer in de zomer van 2018 en 2019 (Stroink) had een grote extra aanvoer van Ca naar de boezem tot gevolg.

Afbeelding 3.13 Maandelijks Ca-vracht in 2018 en 2019



De totale Ca-vracht op de boezem werd in 2018 en 2019 voor 80 % veroorzaakt door de afvoer vanuit de 4 grootste diepe polders (Wetering, Giethoorn, Gelderingen en Halfweg) en de ondiepe polder Broammeule, aanvoer van de Steenwijker Aa en door de inlaat bij Stroink (afbeelding 3.14). Deze 7 bronnen zijn ook de instroompunten met de grootste debieten. De 4 diepe polders leveren relatief veel Ca: de kaart in afbeelding 3.9 maakt onmiskenbaar duidelijk dat de concentraties hier het hoogste zijn en daarnaast hebben deze polders een grote afvoer. De andere polders met relatief hoge Ca-concentraties, zoals De Heven en PO-12, dragen vanwege hun geringe afvoer niet substantieel bij aan de totale Ca-vracht. Bovenstaande uitkomsten komen overeen met eerdere resultaten van Cusell et al. (2013).

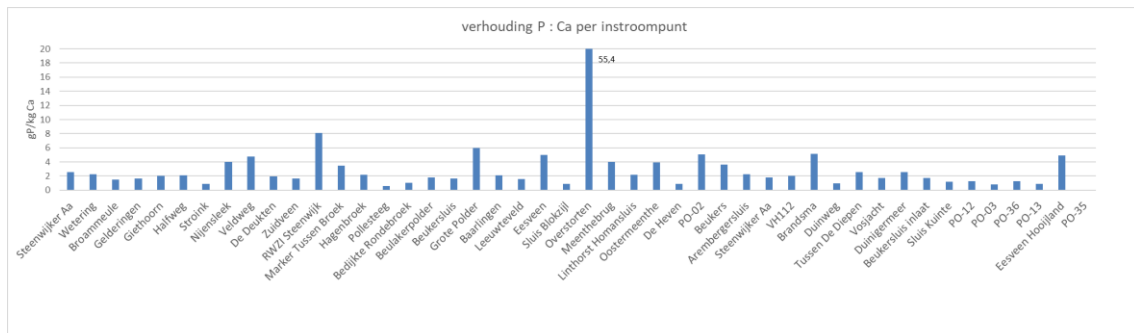
Afbeelding 3.14 Berekende Ca-vracht (kg Ca/jaar) per instroompunt gemiddeld over 2018 en 2019



### 3.4.4 Verhouding fosfor : calcium per instroompunt 2018-2019

In onderstaande afbeelding staat per instroompunt de verhouding tussen de P- en Ca-vracht. Dit is een belangrijke parameter omdat P 'onwenselijk' is voor de natuurontwikkeling in de boezem, en Ca juist wenselijk. De grootste bronnen van waterafvoer (diepe polders, de Steenwijker Aa en Broammeule) hebben allemaal een verhouding tussen P en Ca van circa 2 g P per kg Ca. In het water van het Vollenhovermeer is deze verhouding gunstiger (met 1 g P per kg Ca). De polders Nijensleek, Veldweg, Oostermeenthe, Marker & Tussenbroek, Grote polder, Meenthebrug, Beukers, Brandsma, PO-02 en de RWZI zijn relatief P-rijk en Ca-arm (met 4-8 g P per kg Ca). Het water dat via de sluisen binnenkomt bevat net als het water uit het Vollenhovenmeer relatief weinig P in vergelijking tot Ca (1-2 g P/kgCa). Hetzelfde geldt voor verschillende ondiepe polders, waarbij het opvallend is dat vooral polders aan de westkant van de boezem (zoals Pollesteeg) een relatief gunstige P/Ca-ratio hebben.

Afbeelding 3.15 P-vracht (in g) gedeeld door de Ca-vracht (in kg) per instroompunt





### 3.5 Beantwoording onderzoeksvraag 2

In dit hoofdstuk is stilgestaan bij de tweede onderzoeksvraag van de systeemanalyse: **hoe groot is de instroom van water, fosfor en calcium op de diverse aanvoer- en afvoerpunten naar de boezem?**

Op basis van het gevalideerde SOBEK-model zijn de maandvolumes van alle instroompunten voor de jaren 2012-2019 bekend. Voor vrijwel al deze instroompunten zijn er ook waterkwaliteitsgegevens beschikbaar, gebaseerd op metingen uit de periode april 2018 tot februari 2020. Voor de eerdere jaren (2012-2017) zijn slechts meetwaarden beschikbaar van enkele 'vaste' waterkwaliteitsmeetpunten. Daarom is er bij de beantwoording van deze vraag voor gekozen om alleen de vrachten van 2018 en 2019 te berekenen. Bovendien is dit ook de periode waarop de focus ligt van het ruimtelijke stromingsmodel (zie hoofdstuk 4); in dezelfde tijdsperiode zijn in de boezem zeer veel metingen verricht ter kalibratie van dat model.

Onderstaande tabel geeft een overzicht van de instroompunten die samen het grootste deel van de aanvoer van water, P en Ca naar de boezem veroorzaken. Het meeste P wordt aangevoerd door de Steenwijker Aa, diepe polders met veel kwel (Wetering, Giethoorn, Gelderingen en Halfweg) en de 2 ondiepe polders Broammeule en Veldweg (Veldweg levert een relatief hoge P-vracht gezien het debiet, zie tabel 3.2). Dit is in lijn met de bevindingen van Cusell et al. (2013) voor de periode 2000-2012. Vanwege de extreem droge zomer van 2018 (en in mindere mate in 2019) is in deze 2 jaren veel water ingelaten vanuit het Vollenhovermeer bij gemaal Stroink (veel meer dan in andere jaren): dit veroorzaakte in 2018 en 2019 5 % van de totale P-vracht. Daarbij moet worden opgemerkt dat deze relatief grote P-vracht vooral het gevolg is van het grote waterdebiet; qua concentraties is het inlaatwater namelijk van goede kwaliteit (lage P-concentratie en hoge Ca-concentratie). Daarnaast blijkt de RWZI-Steenwijk een relatief grote P-vracht te veroorzaken (6 % van het totaal).

Voor de Ca-vracht naar de boezem zijn het grofweg dezelfde instroompunten die het grootste aandeel leveren. Het water uit het Vollenhovenmeer (Stroink) bevat relatief veel Ca ten opzichte van P, waardoor dit instroompunt in 2018/2019 goed was voor 13 % van de totale Ca-vracht op de boezem.

Tabel 3.3 Overzicht van twaalf instroompunten met de grootste waterinstroming, met de bijbehorende P- en Ca-vracht per instroompunt (over 2018 en 2019). NB. de twaalf instroompunten staan gesorteerd van hoog naar laag voor de langjarig gemiddelde afvoer over de periode 2012-2019. De volgorde in 2018 en 2019 is alleen afwijkend voor inlaat via Stroink, die in die 2 jaren de grootste waterinstroming veroorzaakte (17 % van het totaal)

Naam instroompunt	Procentuele bijdrage aan totale waterinstroming op de boezem (%)	Procentuele bijdrage aan totale P-vracht op de boezem (%)	Procentuele bijdrage aan totale Ca-vracht op de boezem (%)
Steenwijker Aa	13	11	10
Wetering	11	15	15
Broammeule	11	6	9
Gelderingen	10	9	12
Giethoorn	10	11	12
Halfweg	6	8	9
Stroink	17	5	13
Nijensleek	2	3	2
Veldweg	2	6	3
De Deukten	2	3	3
Zuidveen	2	1	2
RWZI-Steenwijk	2	6	2
<b>totaal</b>	<b>89</b>	<b>85</b>	<b>91</b>

Voor de waterbalans van de boezem zijn 2018 en 2019 geen gemiddelde jaren. Met name 2018 was zeer droog, waardoor de afvoer vanuit de ondiepe polders en de aanvoer vanuit de Steenwijker Aa ongeveer 20 % lager was dan gemiddeld en de afvoer uit de diepe polders 10 % lager was dan gemiddeld. In 2019 was de aanvoer van de Steenwijker Aa nog altijd lager dan gemiddeld (30 à 40 % lager), maar de polderafvoer was weer op gemiddeld niveau. De lage aanvoer van de Steenwijker Aa en de lage polderafvoer is gecompenseerd door bij Stroink (en in 2018 bij de Beukersluis) veel water in te laten.

Behalve qua af- en aanvoeren was ook de waterkwaliteit van de instroompunten in 2018 en 2019 afwijkend van de eerdere jaren. De langjarige meetreeksen van de waterkwaliteit in de Steenwijker Aa en enkele van de grootste polders (Nijensleek, Broammeule, Gelderingen, Halfweg en Wetering) laten zien dat de totaal P-concentraties in deze jaren lager waren dan in voorgaande jaren. Dit leidde voor deze bronnen in 2018 en 2019 tot een P-vracht die tot enkele tientallen procenten lager was dan in de periode 2012-2017. De in deze studie berekende P-vrachten zullen voor de meeste bronnen daarom een onderschatting zijn van de vracht in een gemiddeld of natter jaar.

# 4

## VERSPREIDING VAN WATER, FOSFOR EN BASEN DOOR HET HOOFDWATERSYSTEEM VAN MEREN EN KANALEN

### 4.1 Inleiding en methodiek

Dit hoofdstuk beschrijft de verspreiding van water, basen en P door het hoofdwatersysteem van meren en kanalen in de boezem van noordwest Overijssel. Deze beschrijving berust hoofdzakelijk op de analyse van het ruimtelijke waterstromingsmodel (SOBEK), waarbij via een koppeling met de processenbibliotheek van DELWAQ eveneens de verspreiding van Ca en P in beeld zijn gebracht. Daarnaast is in de beschrijving gebruik gemaakt van de waterkwaliteitsmetingen die in het kader van deze studie in 2018, 2019 en 2020 zijn verricht. In het SOBEK-model is het hoofdwatersysteem van de boezem geschematiseerd en zijn alle instroompunten (zoals vrije afwatering, afvoer van polders en aanvoer via sluizen en Stroink) en uitstroompunten (afvoer Stroink en aanvoer naar polders) opgenomen. Meer informatie over de opbouw en validatie van het model staat in bijlage IV en V.

Tijdens de schematisatie van het watersysteem in SOBEK zijn alle watergangen opgeknipt in segmenten. Per segment berekent het model de stromingsrichting en het debiet. Per moment wordt dus berekend welke kant het water op stroomt, en hoeveel water dat betreft. Deze modelresultaten zijn gebruikt om inzicht te krijgen in de verspreiding van water door de boezem. Op basis van de berekende waterstromen uit het SOBEK-model is een aanvullende modellering uitgevoerd in DELWAQ, waarin al het water als het ware gelabeld wordt. Dit 'labelen' heeft 2 toepassingen:

- er kan voor elk willekeurig tijdstip een fractieverdeling worden opgesteld van elk willekeurig segment in het model. De fractieverdelingen zijn gebruikt om inzicht te krijgen in de stromingspatronen en de verdeling van de bronnen in de boezem in 2018 en 2019. Voor de voorliggende rapportage zijn niet voor alle circa 5.000 segmenten 'fractieplaatjes' opgesteld, waarin de fractieverdeling door de tijd wordt gevisualiseerd. Dit is alleen gedaan voor 'centrale' locaties die van belang zijn voor de analyse van het systeemfunctioneren, waarbij veelal gebruik is gemaakt van de locaties waar Onderzoekcentrum B-WARE ook waterkwaliteitsmetingen heeft uitgevoerd in 2018 en 2019. Aanvullend op de 'fractieplaatjes' zijn er voor de belangrijkste bronnen ook 'fractiefilmpjes' opgesteld, waarin de verspreiding (over de tijd) van het water vanuit een bepaalde bron door de gehele boezem in beeld wordt gebracht. Deze filmpjes zijn digitaal opgeleverd bij deze rapportage;
- de verspreiding van chloride (Cl), Ca en P kan berekend worden door aan elke 'gelabelde' bron stofconcentraties toe te voegen. Hierbij is gebruik gemaakt van de gemeten concentraties op de instroompunten, die conform het monitoringsplan tussen april 2018 en februari 2020 zijn bemonsterd. In hoofdstuk 3 zijn deze metingen reeds gebruikt voor de kwantificering van de vrachten per bron. In dit hoofdstuk worden deze metingen gebruikt om een ruimtelijk beeld te krijgen van de verspreiding van de berekende vrachten. In feite kan op ieder moment en voor ieder segment de samenstelling van het water berekend en bekeken worden.

Dit hoofdstuk begint met de analyse van de berekende Cl-, Ca- en P-concentraties in de hele boezem op enkele karakteristieke momenten in 2018 en 2019 (paragraaf 4.2). Dit geeft een eerste globaal inzicht in de verspreiding van water en stoffen door het gebied. Daarna wordt in paragraaf 4.3 ingezoomd op verschillende deelgebieden in de boezem. Per deelgebied wordt besproken hoe de waterstromingen verlopen en wat de herkomst van het water is. Ook wordt op dat schaalniveau ingegaan op de vraag of voldaan wordt aan de grenswaarden voor P en Ca voor een goede laagveen- en trilveenontwikkeling, waarbij

uitgegaan wordt van de grenswaarden die in hoofdstuk 2 zijn vastgesteld. De potentiële knelpunten die voortkomen uit deze analyse worden besproken in paragraaf 4.4. In paragraaf 4.5 volgt tenslotte een synthese waarin de onderzoeksvraag van dit onderdeel wordt beantwoord.

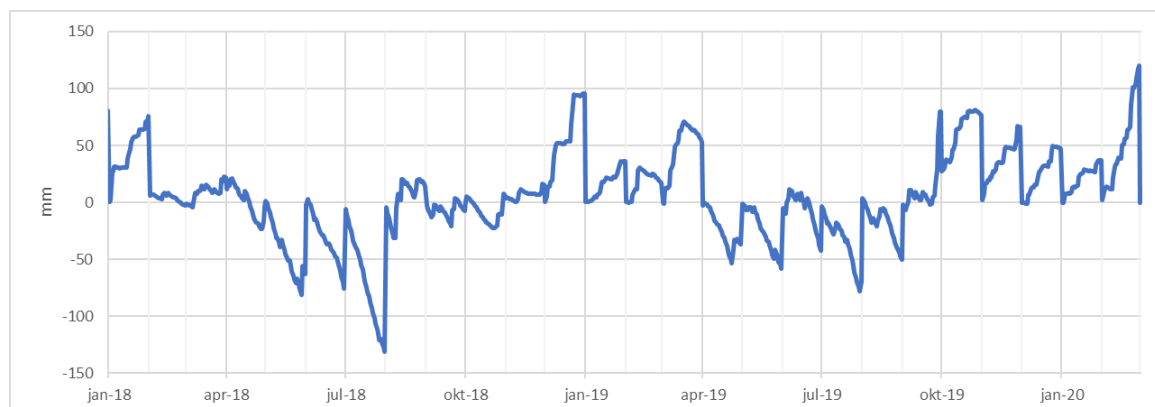
De onderzoeksvraag van dit hoofdstuk is: hoe verspreiden water, fosfor en calcium zich vanaf de afvoerpunten door het hoofdnetwerk bestaande uit kanalen en meren?

## 4.2 Verspreiding van chloride, fosfor en basen door het hoofdwatersysteem

Voor de verspreiding van water op een bepaald moment in de tijd is het essentieel om de meteorologische condities van dat moment te weten. Het netto neerslagoverschot (neerslag+kwel-verdamping-wegzijing) is immers mede bepalend voor het optreden van een afvoersituatie (op momenten met een wateroverschot) of van een aanvoersituatie (op momenten met een watertekort). In de diepe polders rondom de boezem is er vanwege de grote kwelflux vrijwel altijd sprake van een wateroverschot en dus van een afvoersituatie, ongeacht het weer. In de boezem, waar over het algemeen juist wegzijing optreedt als gevolg van de relatief hoge waterstanden ten opzichte van de omliggende polders, zal juist relatief snel een watervraag ontstaan. Hierdoor kan een afvoersituatie voor de polders (waarbij er vanuit een diepe polder water de boezem 'ingeduwd' wordt) tegelijkertijd optreden met een aanvoersituatie voor de boezem (waarbij de boezem water 'aantrekt' om het watertekort dat is ontstaan door de verdamping plus wegzijing te compenseren). Tijdens (zeer) natte periodes is er echter zowel in de polders als de boezem sprake van een afvoersituatie.

Onderstaande grafiek toont per maand het cumulatieve neerslagoverschot voor de periode januari 2018 tot en met februari 2020 (afbeelding 4.1). De nadruk van deze systeemanalyse ligt op deze periode; binnen deze periode zijn zeer veel waterkwaliteitsmetingen verzameld om het SOBEK-model 'te voeden' (waterkwaliteit bij de instroompunten) en 'te valideren' (waterkwaliteit in de boezem). Het jaar 2018 was een extreem droog jaar met een langdurige droge periode van mei tot en met juli (afbeelding 4.1). Maar ook de maanden in het voor- en najaar worden gekenmerkt door een zeer beperkt neerslagoverschot. Over het zomerhalfjaar van 2018 bedroeg het neerslagtekort op het weerstation Marknesse bijna 270 mm. Alleen de maanden januari en december hadden een substantieel neerslagoverschot. Ook 2019 was in de zomer erg droog, maar kende een minder extreem neerslagtekort dan in 2018 (177 mm in het zomerhalfjaar). Belangrijke verschillen tussen 2018 en 2019 zijn dat maart 2019 nog een fors neerslagoverschot had. Augustus 2019 kende daarentegen een tekort, terwijl augustus 2018 een beperkt neerslagoverschot had. Het najaar van 2019 en de eerste maanden van 2020 waren natter en hadden een substantieel neerslagoverschot.

Afbeelding 4.1 Maandcumulatief neerslagoverschot op KNMI weerstation Marknesse



## 4.2.1 Verspreiding van chloride

In de analyse van waterstromen speelt chloride een belangrijke rol. Door het inerte gedrag van Cl (Cl wordt nauwelijks actief door organismen opgenomen en slaat niet neer) geeft de chlorideconcentratie inzicht in de verspreiding van water vanuit bronnen met een afwijkend hoge of lage concentratie.

---

### Validatie van het waterkwantiteit- en waterkwaliteitsmodel op basis van chloride

In bijlage IV en VII is uitgebreid ingegaan op de validatie van het waterkwantiteit- en waterkwaliteitsmodel. Chloride (Cl) heeft daarin een cruciale rol gespeeld, omdat het als inert anion (wat nauwelijks actief door organismen wordt opgenomen of neerslaat naar onderwaterbodems) goed als tracer gebruikt kan worden. Alhoewel het model niet accuraat is voor het zuidwesten van de Wieden (het gebied nabij Belt-Schutsloot), is het model door de verschillende experts van het projectteam en de werkgroep betrouwbaar genoeg bevonden voor een grondige analyse van het systeemfunctioneren van de rest van de boezem.

---

### Periodes met een flink neerslagoverschot

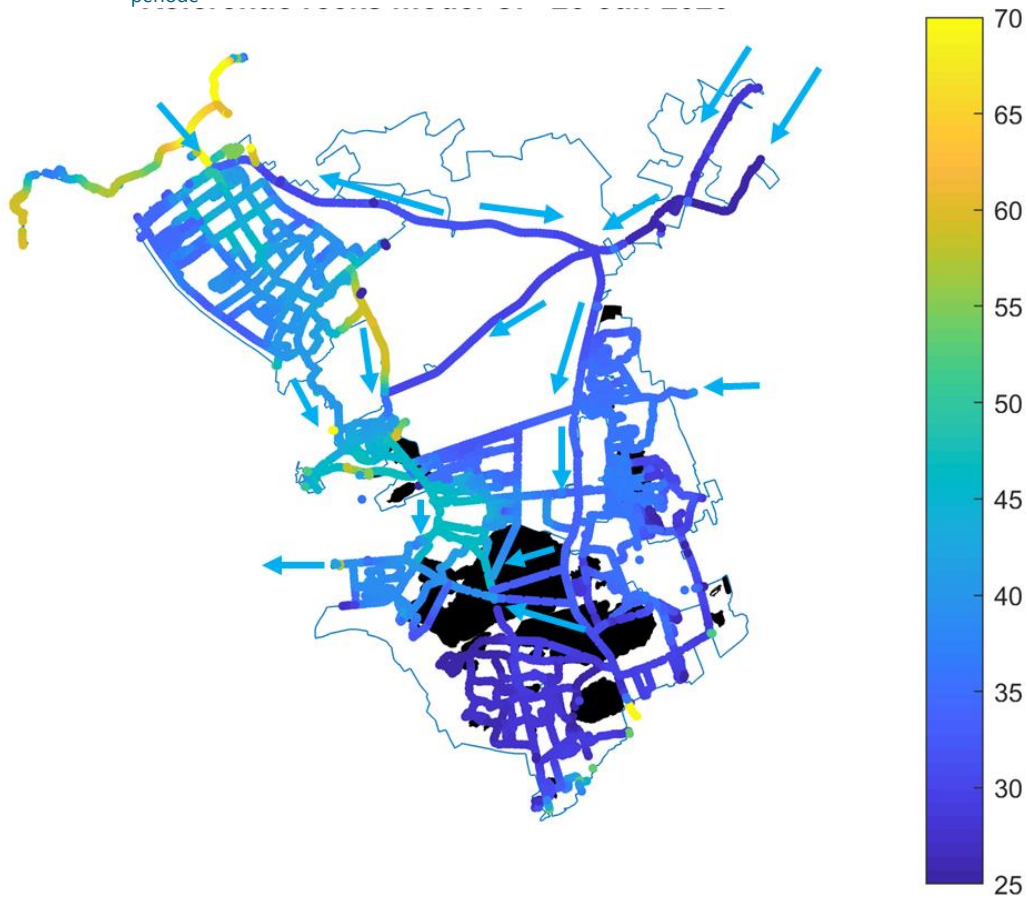
In periodes met een groot neerslagoverschot (zoals januari en december 2018 en de winter van 2019 op 2020) is duidelijk te zien dat de Cl-concentraties in de boezem relatief laag zijn en op enkele uitzonderingen na niet sterk uiteenlopen (afbeelding 4.2 en het filmpje in de map 'filmpjes SA 4.2'):

- op de meeste locaties is de Cl-concentratie dan gelijk aan 35-50 mg/l. De meeste belangrijkste aanvoerbronnen (zie hoofdstuk 3) hebben in de winter een vergelijkbare Cl-concentratie zoals de Steenwijker Aa (30-40 mg/l), de diepe polders Gelderingen (30 mg/l) en Giethoorn (30-35 mg/l) en de ondiepe polder Broammeule (30-40 mg/l). Water vanuit deze bronnen kan dan moeilijk worden onderscheiden in de Cl-figuren (zie afbeelding 4.2), maar het komt weldegelijk overal in de boezem voor (zie paragraaf 4.3);
- rond het Giethoornse meer zijn de Cl-concentraties hoger, doordat dit gebied in de winter beïnvloed wordt door polders Wetering en Halfweg, waar de Cl-concentratie in de winter vaak rond de 60 mg/l ligt;
- de relatief hoge Cl-concentratie van polder Wetering heeft ook invloed op de Weerribben. In perioden met veel neerslag stroomt de afvoer vanuit polder Wetering praktisch altijd direct richting gemaal Stroink, en is er dus geen invloed op de Weerribben. Echter, zodra het neerslagoverschot afneemt, kan de stromingsrichting omdraaien en zijn er (in het zuiden van) de Weerribben direct verhoogde Cl-concentraties te zien (bijvoorbeeld in het vrij droge voor- en najaar van 2018 is dit duidelijk terug te zien; resultaten niet getoond);
- tenslotte wordt het noorden van de Weerribben in het vroege voorjaar, maar vooral in het late najaar van 2019 (en in mindere mate ook nog in begin 2020), gekenmerkt door vrij hoge Cl-concentraties. Die hogere concentraties worden veroorzaakt door hoge Cl-concentraties in de polders rondom Ossenzijl. Na de droge zomer van 2018 en 2019 zijn hier in het najaar hoge Cl-concentraties gemeten (in polder Marker en Tussenbroek concentraties van 110 mg Cl/l in oktober 2018 en 130 mg Cl/l in september 2019). Met die concentratie is 'doorgerekend' tot respectievelijk januari en februari van het jaar erop (dat is het moment van de eerstvolgende meting). Mogelijk zijn de Cl-concentraties in deze polders al snel na de hoge meting in het najaar gedaald als gevolg van veel regen. Het model geeft hier dus wellicht een overschatting van de chlorideconcentraties in de maanden daarna.

De stroomrichtingen (licht blauwe peilen in afbeelding 4.2) zijn niet alleen gebaseerd op de berekende Cl-concentraties, maar ook op de waterstromingsrichtingen uit het SOBEK-model. Ook uit andere studies (onder andere Cusell et al. 2013; Cusell 2014) blijkt dat dit gebruikelijke stromingspatronen zijn voor de Wieden en de Weerribben in een afvoersituatie. De hoofdstroom is via hoofdkanalen naar de afvoer bij gemaal Stroink, waarbij ook in het haarvatensysteem van de veengebieden de waterstroming veelal het gebied uit gericht is.



Afbeelding 4.2 Voorbeeld van berekende Cl-concentraties (mg/l) in een periode met een neerslagoverschot, in dit geval januari 2020. De blauwe pijlen zijn illustratief voor de waterstromingen naar en door de boezem tijdens een dergelijke natte periode

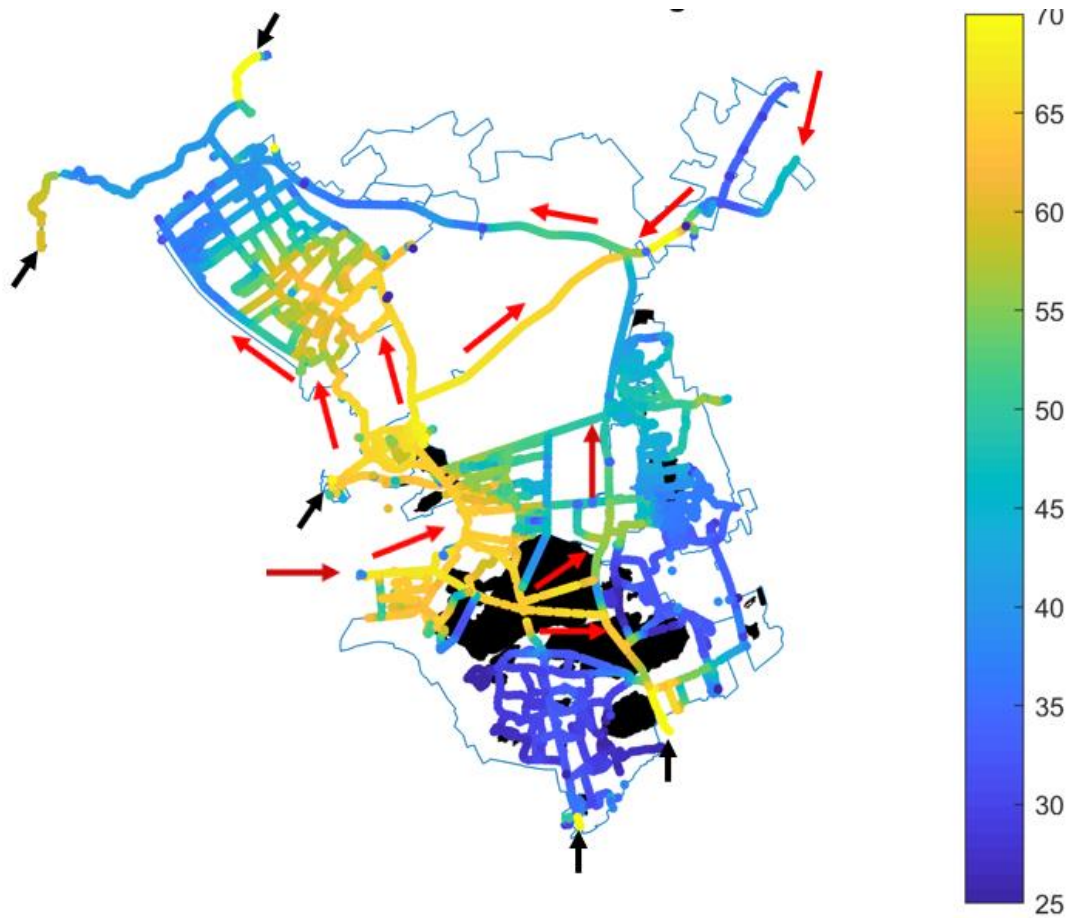


#### Periodes met een flink neerslagtekort

Tussen eind mei en augustus 2018 is er nabij gemaal Stroink veel water ingelaten op de boezem. Hetzelfde gold voor de periode van begin mei tot augustus 2019. Beide periodes worden gekenmerkt door (zeer) droog weer met een groot neerslagtekort. Het beeld van begin augustus 2019 geeft goed weer hoe het inlaatwater zich vanuit gemaal Stroink door de boezem verspreidt (afbeelding 4.3). Het inlaatwater uit het Vollenhovenmeer (met een Cl-concentratie van circa 70 mg/l) is duidelijk zichtbaar in de verhoogde Cl-concentraties in de Beulakerwilde, Bollematen en het Giethoornse meer. Dit inlaatwater verplaatst zich hoofdzakelijk noordwaarts (naar de Weerribben) zowel via de Roomsloot en de Wetering als ook via het Steenwijkerdiep en het kanaal Steenwijk-Ossenzijl. Ook het water dat via de sluis in Blokzijl de boezem binnenkomt, gaat dan vooral via de Roomsloot richting de Weerribben. Ook hier geldt dat uit andere studies (onder andere Cusell et al. 2013; Cusell 2014) blijkt dat dit gebruikelijke stromingspatronen zijn voor de Wieden en de Weerribben in droge periodes. De hoofdstroom is vanuit gemaal Stroink via hoofdkanalen naar het haarvatensysteem van de veengebieden toe. Oftewel, het water trekt het veengebied in om het verdampingsoverschot aldaar te compenseren.

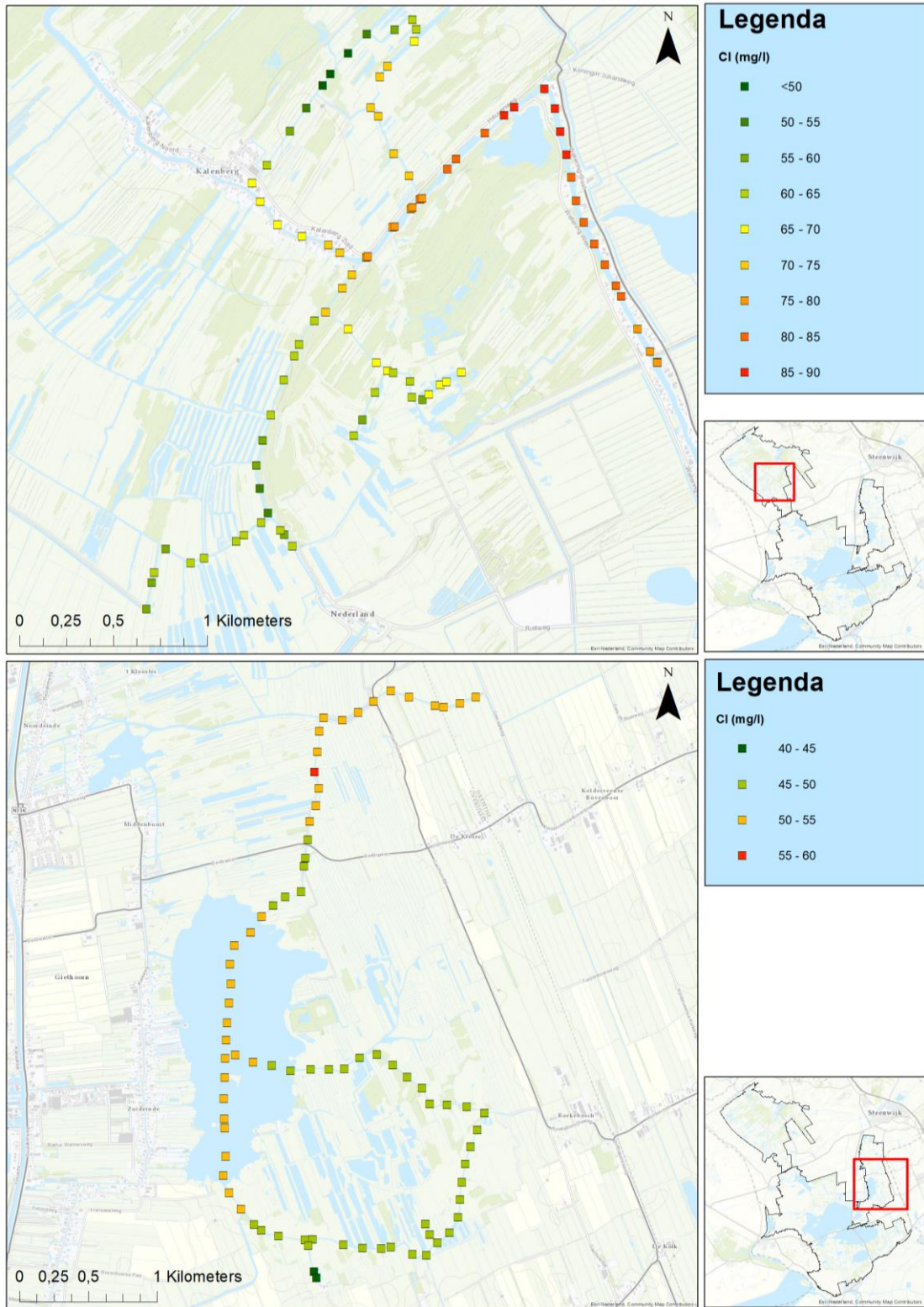
In deze zomersituatie is de afvoer van de Steenwijker Aa zeer beperkt. Vlak voor de driesplitsing van de Steenwijker Aa (ten westen van Steenwijk) is het Cl-rijke effluentwater van RWZI-Steenwijk duidelijk zichtbaar. Ter hoogte van de driesplitsing wordt uit zuidelijke richting water aangevoerd met een relatief lage Cl-concentratie (dit is voornamelijk water uit polder Giethoorn, dat doorgaans weinig Cl bevat). Uit westelijke richting (Steenwijkerdiep) stroomt Cl-rijk water richting de driesplitsing: afkomstig uit Stroink en de polders Halfweg en Wetering. Dit mengt zich op en stroomt dan in noordelijke richting door het kanaal Steenwijk-Ossenzijl. Op het punt waar polder Gelderingen afvoert op dit kanaal, neemt de Cl-concentratie af, waardoor uiteindelijk relatief Cl-arm water bij Ossenzijl de Weerribben instroomt.

Afbeelding 4.3 Voorbeeld van berekende Cl-concentraties (mg/l) in een periode met een neerslagtekort, in dit geval augustus 2019. Rode pijlen zijn illustratief voor waterstromingen in een periode met een watertekort, waarbij de aanvullende aanvoer naar de boezem (vooral nabij Stroink) ook met een rode pijl is aangegeven. De zwarte pijltjes illustreren de inlaten via de sluisen (die vooral in het zomerhalfjaar optreden, los van de watervraag van de boezem)



De grote diepe polders en ook polder Broammeule voeren jaarrond water af op de boezem. In droge periodes (zoals in augustus 2019) wordt het water van de polders Gelderingen en Wetering (en in mindere mate van de polders Halfweg en Giethoorn) de Weerrribben ingetrokken, waarbij de Cl-concentraties geleidelijk afnemen als gevolg van verdunning (zie afbeelding 4.4 voor metingen op hoge resolutie uitgevoerd met de Hydrion 10-meter tijdens een droge periode). De afvoer van polder Broammeule en (een deel van) polder Giethoorn wordt de oostzijde van de Wieden ingetrokken, maar dit is veel minder duidelijk te zien in de Cl-grafieken (afbeelding 4.4 onder) omdat de Cl-concentraties in deze polders in droge periodes niet veel hoger is dan in de boezem waar het water in terecht komt.

Afbeelding 4.4 Gemeten Cl-concentraties tijdens een droge periode in begin mei 2019 in het zuiden van de Weerribben (boven) en het noordoosten van de Wieden (onder). In beide gevallen is duidelijk de inlaat van water uit polders (Wetering en Broammeule) zichtbaar. De metingen zijn uitgevoerd met een Hydrion 10-meter van Van Hall Larenstein (Leeuwarden). Let op: de legenda van beide figuren verschilt



## 4.2.2 Verspreiding van calcium

Om inzicht te krijgen in de verspreiding van basen, die van belang zijn voor het verkrijgen van voldoende buffercapaciteit in verschillende (semi-)terrestrische habitattypen als trilvenen, blauwgraslanden en galigaanmoerassen, is de verspreiding van calcium (Ca) in beeld gebracht (afbeeldingen hieronder en het filmpje in de map 'filmpjes SA 4.2'). Het model berekent de verspreiding van Ca door het hoofdwatersysteem van de boezem. In tegenstelling tot Cl zijn er behoorlijke verschillen in de Ca-concentraties van de diverse bronnen, waardoor de Ca-figures goed inzicht geven in de verspreiding van Ca-rijk water door de boezem heen (afbeeldingen 4.5 en 4.6). In paragraaf 4.3 wordt per deelgebied in meer detail ingegaan op de absolute concentraties en hoe die zich verhouden tot de grenswaarden voor Ca (van 50 mg/l). Hieronder wordt vooral ingegaan over hoe de verspreiding van Ca vanuit de verschillende bronnen verloopt.

### Periodes met een flink neerslagoverschot

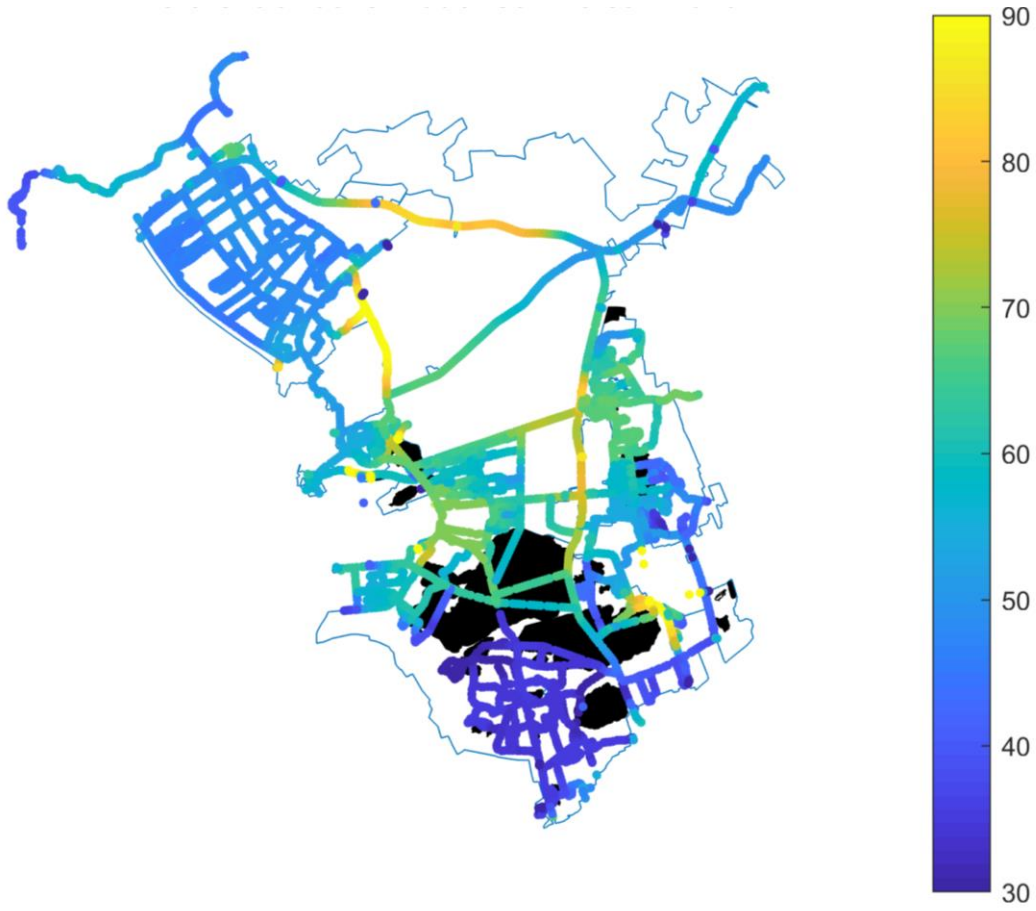
In een typische afvoersituatie zijn de diepe polders duidelijk de hoofdbronnen van Ca (zie ook de kaarten met de Ca-concentraties en -vrachten per instroompunt in hoofdstuk 3). In afvoersituaties dringt dit Ca over het algemeen echter niet goed door tot in het haarvatensysteem (afbeelding 4.5). Er is dan immers ook vanuit de haarvaten een waterbeweging het gebied uit. Op momenten met een groot neerslagoverschot, zoals januari 2020, zien wij dan ook de volgende verspreiding van Ca-rijk water:

- Gelderingen (circa 90 mg Ca/l): een deel van de afvoer uit polder Gelderingen gaat 'linksaf' het kanaal Steenwijk-Ossenzijl op en stroomt in noordelijke richting de Weerribben in. Door opmenging met water uit diverse andere polders en door bezinking (retentie) is de Ca-concentratie bij Ossenzijl echter al met enkele tientallen mg/l gedaald tot circa 50-60 mg Ca/l. Tijdens minder intense afvoersituaties met een beperkter neerslagoverschot, waarin de diepe polder Gelderingen nog steeds veel water afvoert maar de andere kleinere polders ten noorden van de Weerribben minder water afvoeren, raakt het water uit polder Gelderingen minder verdund voordat het de Weerribben instroomt: in de Kalenbergergracht leidt dat dan tot een Ca-concentratie van 60-70 mg/l (bijvoorbeeld in februari 2018);
- Wetering en Halfweg (circa 90-100 mg Ca/l): het Ca-rijke water uit polder Wetering verspreid zich voornamelijk in zuidelijke richting en raakt ter hoogte van het Steenwijkerdiep verdund met water uit de Steenwijker Aa (dat circa 50 mg Ca/l bevat). In het Giethoornse meer raakt dit water vermengt met bronnen met minder Ca, maar ook met het Ca-rijke water uit polder Halfweg. Dit geeft in het zuiden van het Giethoornse meer een Ca-concentratie van 60-70 mg/l. Dit water verplaatst zich (vooral) via de Walengracht richting gemaal Stroink (grotendeels via de Beulakerwijdte, waar de Ca-concentratie nog wat verder daalt door opmenging met Ca-armed water). In de Walengracht is er nog de afvoer van Ca-rijk water uit de polders De Heven en PO12 (met vaak > 100 mg Ca/l);
- Giethoorn en De Deukten (80-90 mg Ca/l): het Ca-rijke water uit deze 2 diepe polders is vooral duidelijk terug te zien in het kanaal Beukers-Steenwijk. Vanuit hier verplaatst het zich in westelijke en zuidelijke richting, onderweg naar gemaal Stroink;
- Veldweg (80-90 mg Ca/l): de waterafvoer van polder Veldweg gaat in de afvoersituatie voornamelijk de Belterwijdte-Oost op. Een klein deel van de afvoer gaat de Kerkgracht op, waardoor de Ca-concentratie daar duidelijk toeneemt.

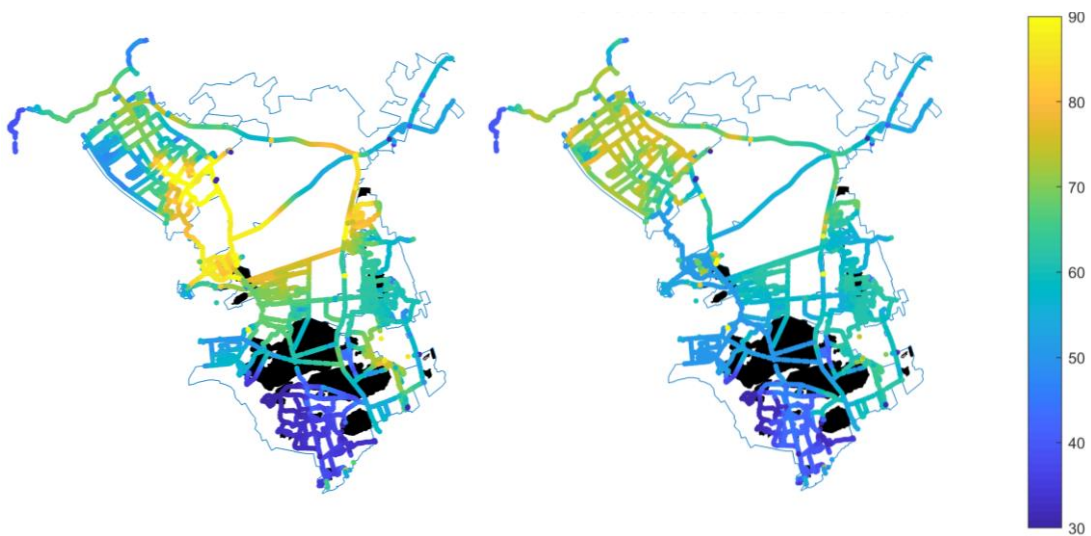
NB. Naast de genoemde diepe polders zijn er nog andere belangrijke Ca-bronnen voor de boezem zoals polder Broammeule, de Steenwijker Aa en de inlaat nabij gemaal Stroink (zie afbeelding 3.14 in hoofdstuk 3). Deze bronnen zijn niet duidelijk terug te zien in de ruimtelijke afbeeldingen (afbeeldingen 4.5 en 4.6), doordat de Ca-concentratie in het water van deze bronnen minder hoog is, veelal rond de 50 mg/l, waardoor het verschil met de boezem zelf beperkt is. Dit maakt deze bronnen overigens niet minder belangrijk voor de totale Ca-aanvoer op de boezem: zoals blijkt uit de beantwoording van de vorige onderzoeksvraag dragen ook deze bronnen significant bij aan de totale Ca-vracht op de boezem (tabel 3.2). Bovendien ligt de Ca-concentratie van deze bronnen rond of boven de grenswaarde voor Ca van 50 mg/l.



Afbeelding 4.5 Voorbeeld van berekende Ca-concentraties (mg/l) in een periode met een neerslagoverschot (januari 2020)



Afbeelding 4.6 Voorbeeld van berekende Ca-concentraties (mg/l) in een periode met een neerslagtekort. Links: half juni 2018 (illustratief voor een droge periode, maar nog zonder (grote) inlaat bij gemaal Stroink). Rechts: eind juli 2018 (illustratief voor een droge periode mét zeer veel inlaat bij gemaal Stroink)





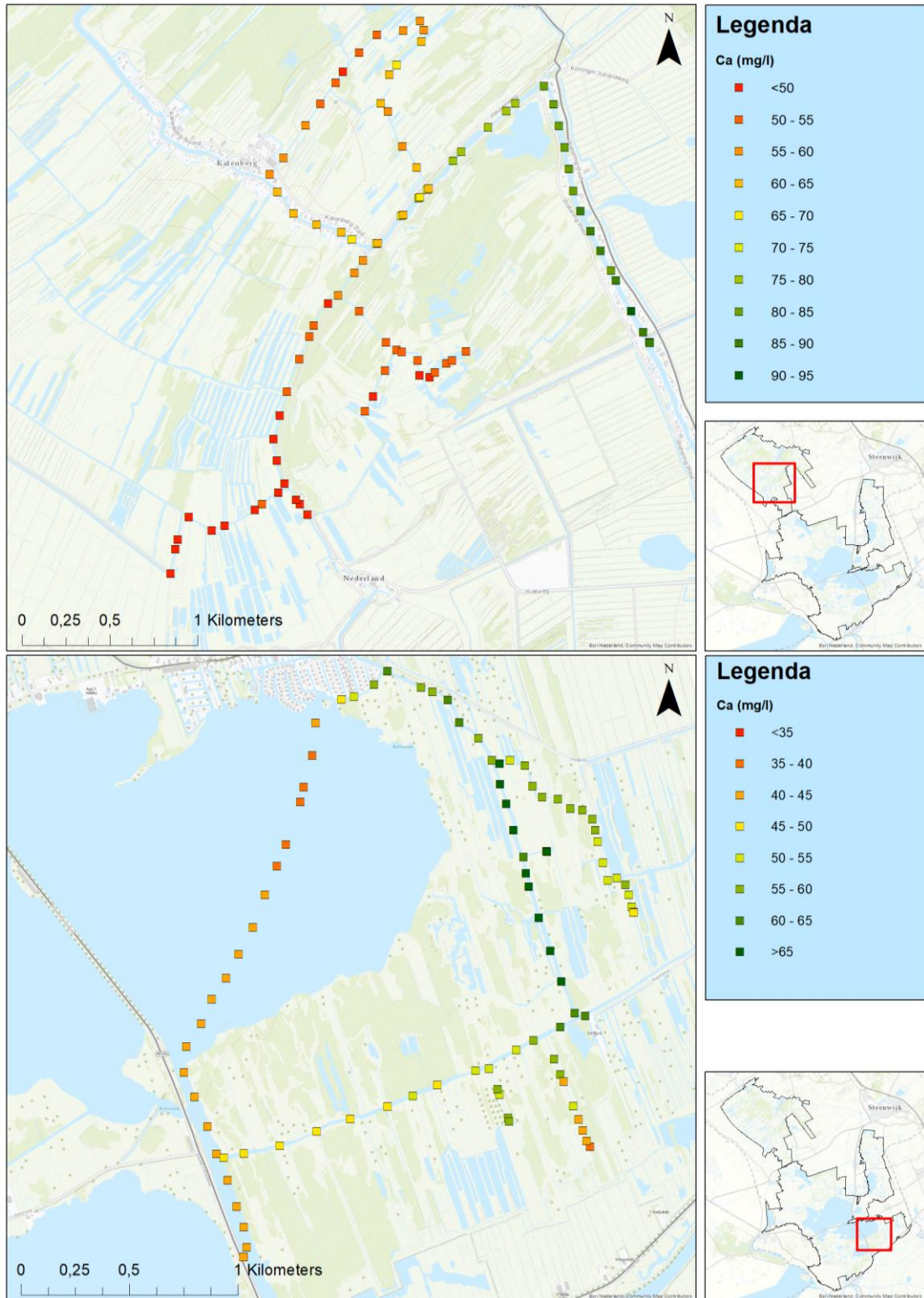
### Periodes met een flink neerslagtekort

In een aanvoersituatie zijn het dezelfde bronnen die Ca-rijk water aanvoeren. Zoals eerder in dit hoofdstuk is uitgelegd, wordt het aangevoerde polderwater in deze situatie het haarvatensysteem ingetrokken. Voor de precieze verspreiding van het (Ca-rijke) water in dergelijke droge periodes is de inlaat bij Stroink van grote invloed. In de zomer van 2018 veroorzaakte de grote inlaat bij Stroink, waar water uit het Vollenhovermeer wordt ingelaten met een Ca-concentratie van circa 50 mg/l, voor een waterbeweging vanaf Stroink in noordelijke en oostelijke richting door de boezem. Afbeelding 4.6 toont de gemodelleerde Ca-concentraties in het begin van de zomer van 2018 (half juni) en anderhalve maand later (eind juli). De Ca-concentraties in de boezem zijn op beide momenten behoorlijk verschillend. In juni trekt het Ca-rijke water uit de diepe polders op de meeste locaties het haarvatensysteem in (duidelijk te zien in het oosten en noorden van de Wieden en in het zuiden van de Weerribben). De waterafvoer vanuit Gelderingen gaat op dit moment echter 'rechtsaf' richting Steenwijk en dringt niet door tot in de Weerribben. In juli leidt de aanvoer van 'Stroink-water' in grote delen van de boezem juist tot een uitvlakking van de Ca-concentraties. Alleen in de Weerribben, waar het water uit polders Gelderingen en Wetering naar toe blijft stromen, bleef de Ca-concentratie hoger (>70 mg Ca/l). Het is ook duidelijk te zien dat de stroomrichting in het kanaal Steenwijk-Ossenzijl dan omklapt, waardoor het Ca-rijke water uit polder Gelderingen op dat moment door Ossenzijl naar het noorden van de Weerribben stroomt, waar de Ca-concentratie dan sterk toeneemt.

De grote invloed van de diepe polders (plus Veldweg) op de Ca-concentraties in de boezem blijkt ook uit de Hydrion-metingen die begin mei 2019 in een relatief droge periode zijn uitgevoerd (afbeelding 4.7):

- de bovenste kaart toont het verloop van de Ca-concentraties vanaf gemaal Wetering. Ter hoogte van het gemaal ligt de concentratie boven de 90 mg/l. Richting de Weerribben neemt de Ca-concentratie vrij snel af tot rond de 50 mg/l in het haarvatensysteem. Vooral in het hoofdwatersysteem, hier de Kalenbergergracht, blijft de concentratie hoger;
- de onderste kaart toont verloop van de Ca-concentraties vanaf gemaal Veldweg. Het polderwater zorgt voor een hoge Ca-concentratie in de Kerkgracht. Op het meer (Belterwijde Oost) is een zeer snelle daling van de Ca-concentratie als gevolg van opmenging met Ca-armere water.

Afbeelding 4.7 Gemeten Ca-concentraties tijdens een droge periode in begin mei 2019 in het zuiden van de Weerribben (boven) en het zuidoosten van de Wieden (volgende bladzijde). In beide gevallen is duidelijk de inlaat van Ca-rijk water uit de kwelgevoede polders (Wetering en Veldweg) zichtbaar. De metingen zijn uitgevoerd met een Hydrion 10-meter van Van Hall Larenstein (Leeuwarden). Let op: de legenda van beide figuren verschilt



### Metingen versus grenswaarden

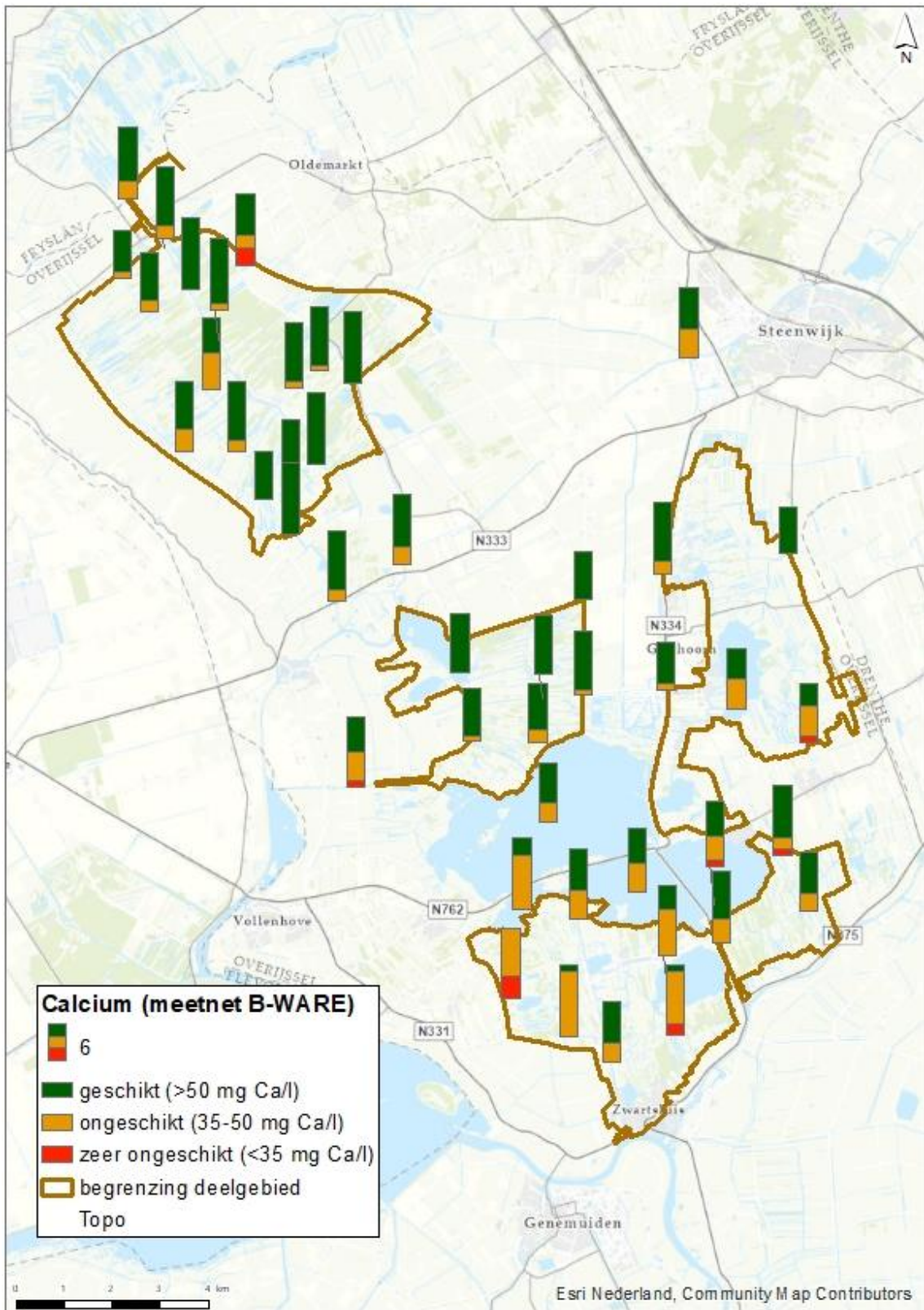
De beschreven verspreidingspatronen van calcium leiden er toe dat de calciumconcentraties in de boezem op veel momenten boven de 50 mg Ca/l liggen (in 71 % van de metingen, tabel 4.1). Op die meetmomenten wordt daarmee voldaan aan de grenswaarde van calcium die is vastgesteld voor de ontwikkeling van goede trilvenen en andere belangrijke (semi-)terrestrische habitattypen van de boezem. In 27 % van de metingen ligt de calciumconcentratie in de boezem tussen de 35 en 50 mg Ca/l: deze concentratie is in de zomer te laag, maar in de winter acceptabel. In het hoofdwatersysteem van het noord- en zuidoosten van de Wieden ligt de calciumconcentratie zomers vaak onder de 50 mg Ca/l waardoor de grenswaarde daar niet wordt gehaald. In slechts enkele gevallen ligt de calciumconcentratie onder de 35 mg Ca/l, wat als 'zeer ongeschikt' kan worden gezien voor de ontwikkeling van de beoogde habitattypen.

Verspreid over de boezem is te zien dat de laagste calciumconcentraties in het zuidwesten van de Wieden worden gemeten, in het gebied rondom Belt-Schutsloot (afbeelding 4.8). De calciumconcentraties liggen hier zelden boven de 50 mg Ca/l. Dit is een nogal geïsoleerd liggend gebied met een relatief kleine invloed van de polders en andere bronnen. Ook in het zuidoosten van de Wieden (Veldweg-Reeëweg) en ten zuidoosten van Giethoorn wordt de 50 mg Ca/l niet altijd gehaald (vooral in de zomer niet). In de Bollematen en de Weerribben ligt de Ca-concentratie op de meeste locaties en op de meeste momenten boven de grenswaarde (met enkele uitzonderingen in relatief geïsoleerd liggende delen binnen deze deelgebieden).

Tabel 4.1 Aantal en percentage van metingen in de kanalen en aan- en afvoersloten in de boezem ingedeeld naar calciumconcentraties (geschikt voor de ontwikkeling van goede trilvenen (en overige semi-terrestrische habitattypen), ongeschikt of zeer ongeschikt). Dit betreft de metingen die verzameld zijn door onderzoekscentrum B-WARE tussen april 2018 en februari 2020

	Geschikt (> 50 mg Ca/l)	Ongeschikt (35-50 mg Ca/l)	Zeer ongeschikt (<35 mg Ca/l)
aantal metingen (n)	346	131	13
percentage van totaal aantal metingen (%)	71 %	27 %	3 %

Afbeelding 4.8 Calciummetingen in de boezem in de periode april 2018-februari 2020 (n = 8-12 per meetlocatie), weergegeven ten opzichte van de grenswaarden





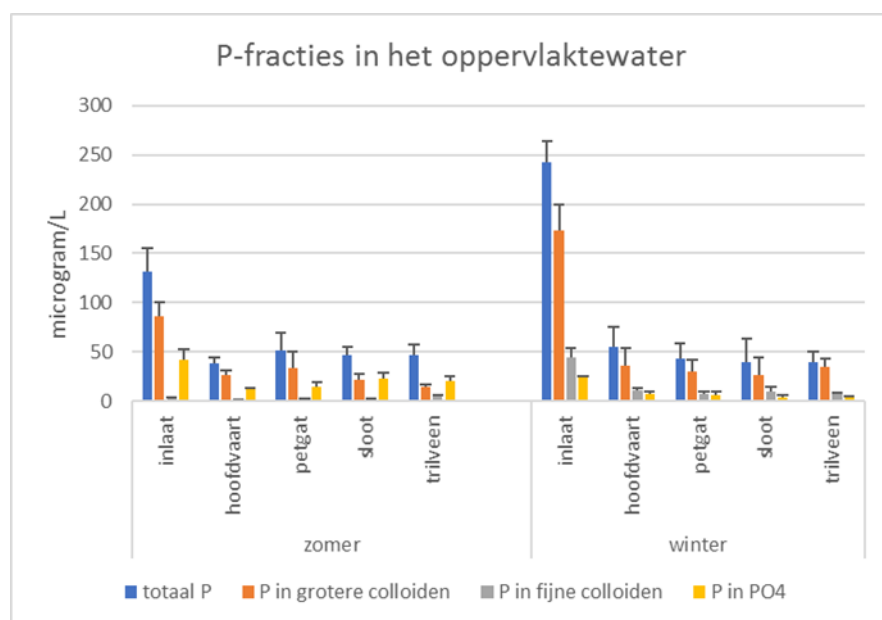
## 4.2.3 Verspreiding van fosfor

Net als voor Ca berekent het model ook de P-concentratie op ieder deel (segment) van het hoofdwatersysteem op ieder moment in de tijd. In het model, waarvan in deze paragraaf de resultaten worden gebruikt om de verspreiding van P door de boezem te bespreken, is een retentiefactor toegepast. Onderstaand kader gaat daar op in, waarbij voor meer informatie wordt verwezen naar bijlage VII. De hier getoonde uitkomsten gaan uit van een gemiddelde retentiefactor.

### P-retentie in de boezem

Door verschillende processen is er sprake van P-retentie in de boezem. Er is biologische opname, bijvoorbeeld door waterplanten en algen, en er is bezinking (het neerslaan van fosfor dat gebonden zit aan deeltjes). Met name het aangevoerde P uit diepe ijzerrijke polders (uit polders met veel Fe-rijke kwel) slaat snel neer nadat het via het gemaal is uitgemalen op de boezem (onder andere Cusell et al. 2014). Dit wordt bevestigd door de metingen die in het kader van deze studie zijn verricht (afbeelding 4.8, bijlage V): het P vanuit de polders lijkt voor een groot deel (70-80 %) in het hoofdwatersysteem neer te slaan, op relatief korte afstand van de poldergemalen. Dit wordt weerspiegeld door de chemische samenstelling van de waterbodems in de boezem: met name in het hoofdwatersysteem nabij de poldergemalen is de bodem rijk aan P dat gebonden zit aan Fe-deeltjes. Verder bij de poldergemalen vandaan is P in de waterbodem vooral gebonden aan organisch materiaal aan plantenresten en dode algen et cetera. De bezinking van ijzerfosfordeeltjes is duidelijk zichtbaar op luchtfoto's, waarop te zien is dat de oranjekeuring van het oppervlaktewater, als gevolg van een hoge concentratie Fe-deeltjes, geleidelijk afneemt naarmate de afstand tot het gemaal groter wordt (afbeelding 4.9). In bijlage V wordt verder ingegaan op de verspreiding van de verschillende P- en Fe-fracties vanaf de poldergemalen en de chemische samenstelling van de waterbodem.

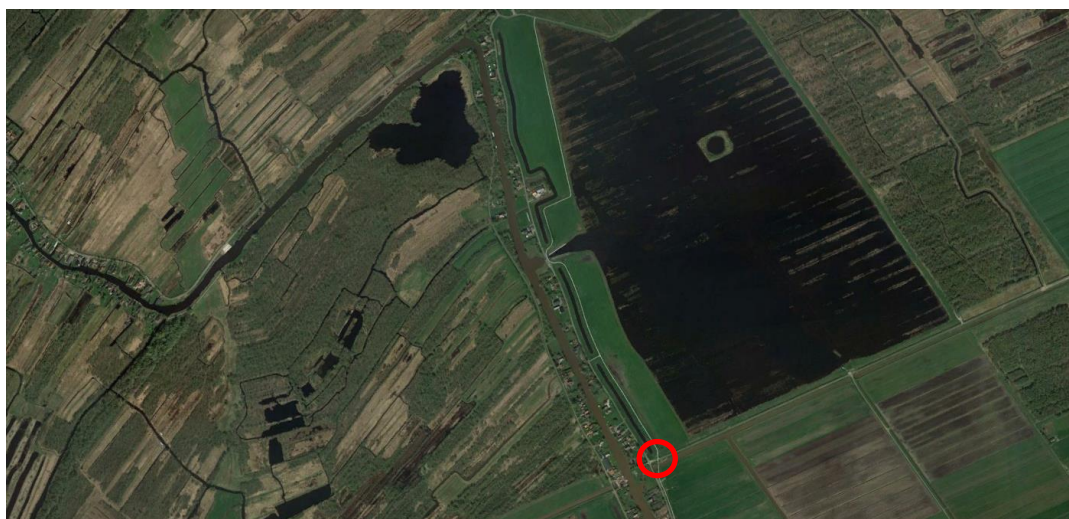
Afbeelding 4.9 De hoeveelheid P in verschillende fracties in het oppervlaktewater voor een meting in de zomer en een meting in de winter over een gradiënt van inlaat (dat is: poldergemaal) tot trilveen. De waarden zijn gemiddelden en standaardfouten (n = 2-6). De inlaat (polderwater uit enkele diepe polders) heeft significant ( $p < 0.05$ ) hogere waarden voor alle P-fracties dan de hoofdvaarten (het hoofdwatersysteem), petgaten, sloten en trilvenen (het haarvatensysteem). Ook de zomer- en winterwaarden verschillen significant voor alle P-fracties





---

Afbeelding 4.10 Luchtfoto van het zuidoosten van de Weerribben (Bron: GoogleEarth, 20 april 2019). Het neerslaan van oranje Fe-fosfaten in de Wetering is duidelijk zichtbaar. Bij gemaal Wetering (rood omcirkeld) wordt Fe-rijk water uit de kwelgevoede polder afgevoerd naar de Wetering (onderdeel van de boezem). Binnen circa 1,5 km (waar de Wetering in de scherpe bocht naar het westen de Weerribben instroomt) is het water veel minder oranje en zwarter (helder) van kleur



---

De volgende 3 factoren bepalen tezamen in grote mate het ruimtelijke beeld van de P-concentratie in de boezem, zoals te zien is in de onderstaande afbeelding 4.10 en in de film in de map 'filmpjes SA 4.2':

- 1 de totaal P-concentratie van de bronnen (afvoer van poldergemalen, vrije afwatering van de Steenwijker Aa, inlaten zoals Stroink, sluisen en RWZI). Zie hiervoor de beschrijving in hoofdstuk 3 en de kaarten met de totaal P-concentraties per bron in bijlage I;
- 2 de retentie van P in de boezem vanaf deze bronnen (zoals hierboven beschreven is);
- 3 de stromingspatronen van het boezemwater zoals beschreven in bovenstaande paragrafen 4.2.1 en 4.2.2.

De totaal P-concentraties in het hoofdwatersysteem van de boezem verschillen sterk tussen de natte afvoersituaties en de droge aanvoersituaties (afbeelding 4.10). In de afvoersituatie (zoals januari tot april 2018, november 2018 tot april 2019 en de eerste maanden van 2020) zijn de totaal P-concentraties het hoogst. De rest van het jaar (groveweg april/mei tot en met oktober) zijn de totaal P-concentraties in grote delen van de boezem beduidend lager. Hiervoor zijn 2, elkaar versterkende, oorzaken aan te wijzen. Ten eerste zijn de totaal P-concentraties van vrijwel alle bronnen hoger in de winter (in maanden met een neerslagoverschot) dan in de zomer (in maanden met een neerslagtekort). Dit komt vermoedelijk door de grotere aandeel uit- en/of afspoeling in periodes met een neerslagoverschot. Ten tweede is er in de winter minder retentie dan in de zomer, wat een gevolg is van (a) de hogere stroomsnelheden en kortere verblijftijden in de winter en (b) de beperktere biologische activiteit. Hierdoor kan P zich verder verspreiden voordat het neerslaat.

#### Periodes met een flink neerslagoverschot

In de winter berekent het model hoge totaal P-concentraties in grote delen van het hoofdwatersysteem van de boezem (afbeelding 4.11). De Steenwijker Aa, de polders rondom de Eesveense Wetering en RWZI-Steenwijk veroorzaken een grote waterinstroming met hoge P-concentratie aan de noordoostzijde van de boezem. Polder Broammeule veroorzaakt hoge P-concentraties in het noordoosten van de Wieden (ten noordoosten van Giethoorn); deze hoge concentraties bereiken overigens niet de Bovenwijde, omdat de stroomrichting vooral in westelijke richting is (naar het kanaal Beukers-Steenwijk en gemaal Stroink) en niet naar het zuiden. Ook de afwatering van polders Giethoorn en De Deukten leidt tot een hoge P-concentratie op het kanaal Beukers-Steenwijk. Dit P-rijke water trekt in zuidelijke richting naar de Beulakerwijde (waar de totaal P-concentratie onder invloed van retentie en door opmenging met neerslag en uitspoeling vanuit het

zuidwesten en zuidoosten van de Wieden afneemt) en in westelijke richting (Thijssengracht) richting het Giethoornse meer, de Bollematen en (via diverse routes) richting gemaal Stroink.

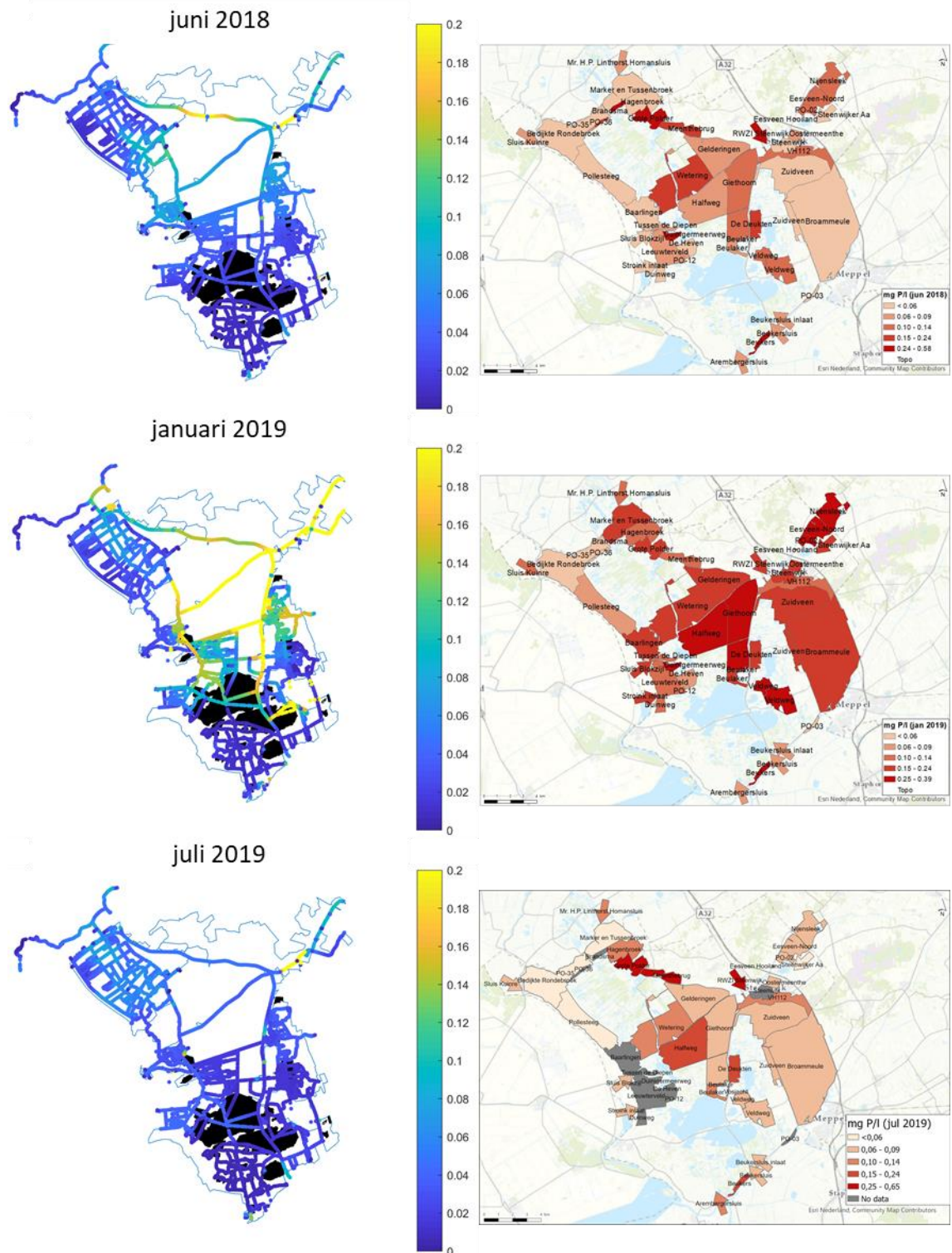
Het P-rijke polderwater van Gelderingen stroomt in de winter via het kanaal Steenwijk-Ossenzijl in noordwestelijke richting, maar tegen de tijd dat Ossenzijl bereikt is (waar het water de Weerribben instroomt) is de totaal P-concentratie al flink gedaald. Er is alsnog wel een verhoogde concentratie in de noordelijke helft van de Kalenbergergracht (ten opzichte van de rest van de Weerribben, waar de concentratie in de winter vrijwel overal erg laag blijft). Deze (ver)hoogde totaal P-concentratie in de Kalenbergergracht is niet alleen het gevolg van polder Gelderingen, want ook de polders rondom Ossenzijl bevatten behoorlijk hoge totaal P-concentraties in de winter. Het P-rijke water uit polders Wetering en Halfweg stroomt in een reguliere afvoersituatie niet naar de Weerribben, maar in zuidelijke richting via het Giethoornse meer richting gemaal Stroink. Hierdoor blijft de totaal P-concentratie in de Weerribben aan de lage kant.

#### **Periodes met een flink neerslagtekort**

In de zomer (getoond zijn juni 2018, vlak voordat er bij Stroink veel water werd ingelaten, en juli 2019 als er zeer veel water wordt ingelaten bij Stroink) zijn de totaal P-concentraties in grote delen van het hoofdwatersysteem van de boezem relatief laag (afbeelding 4.11). In juli 2019 (wanneer er dus zeer veel water wordt ingelaten bij Stroink) bevatten praktisch alle polders relatief lage totaal P-concentraties. Het inlaatwater van Stroink met circa 0,05 mg P/l is dan verspreid over grote delen van de boezem. De totaal P-concentraties zijn hierdoor nogal uitgevlakt in de gehele boezem en de invloed van de polders is in de ruimtelijke kaartjes veel minder duidelijk te zien dan in de winter. Echter, in de Weerribben ligt de totaal P-concentratie in juli 2019 wel degelijk wat hoger dan in grote delen van de rest van het gebied. Dit is het gevolg van de grote invloed van de polders Gelderingen (0,07 mg P/l in juli 2019) en Wetering (0,13 mg P/l in juli 2019) op de watersamenstelling van de Weerribben op dit moment (zoals ook duidelijk bleek uit de verspreiding van Ca in de zomer). Het water uit polders Gelderingen en Wetering raakte in de droge zomers als het ware 'opgesloten' in de Weerribben.

In juni 2018, vlak voordat er bij Stroink water werd ingelaten, zijn de totaal P-concentraties in de boezem eveneens behoorlijk laag (afbeelding 4.11). Op dat moment worden er echter nog wel wat hogere totaal P-concentraties gevonden in het kanaal Steenwijk-Ossenzijl (door een opvallend hoge totaal P-concentratie van 0,32 mg/l bij poldergemaal Gelderingen). Dit P-rijke water verplaatst zich beide richtingen op in het kanaal, maar aan beide uiteinden van het kanaal is de concentratie al sterk gedaald. Ook rondom Steenwijk is er dan een hogere totaal P-concentratie te zien, wat het gevolg is van de hoge concentratie van totaal P in het RWZI-effluent.

Afbeelding 4.11 De berekende totaal P-concentratie (mg/l) in het hoofdwatersysteem van de boezem met daarnaast de totaal P-concentraties in de bronnen. Juni 2018: aanvoersituatie, nog beperkte inlaat bij Stroink. Januari 2019: afvoersituatie. Juli 2019: aanvoersituatie met grote inlaat bij Stroink

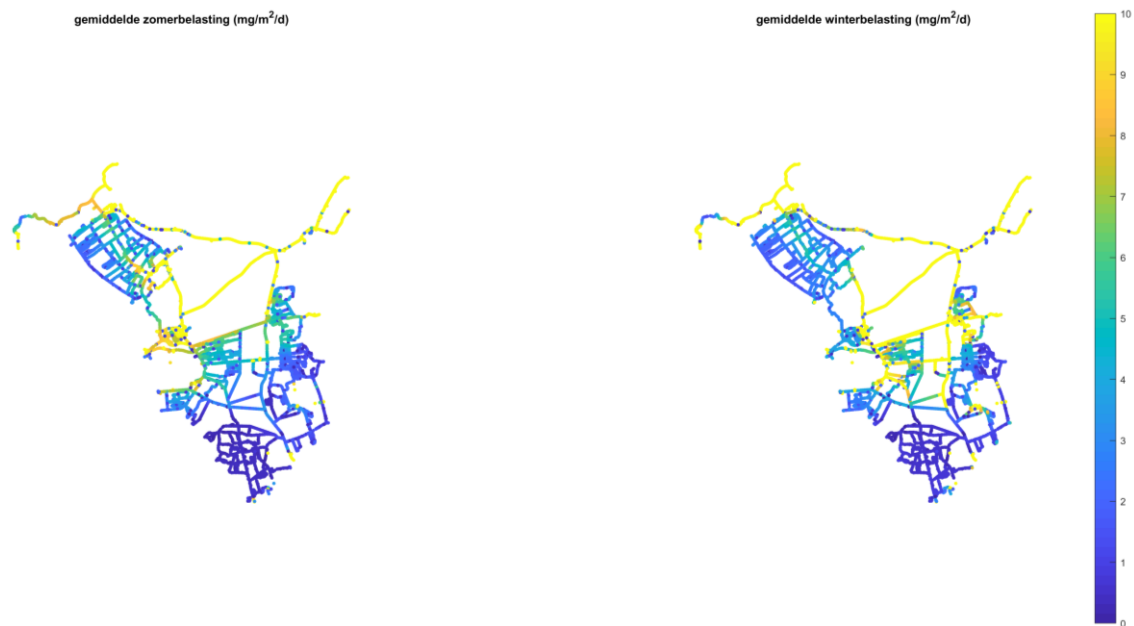


### Fosforbelasting in de boezem

Aan de hand van de debieten die door de boezem stromen en de fosforconcentraties van de verschillende bronnen is voor ieder boezemsegment de fosforbelasting berekend, welke hieronder staat weergegeven als zomer- en wintergemiddelde waarde. In de winter leidt de combinatie van grote afvoeren en hoge P-

concentraties tot de hoogste P-belasting van met name de grotere afvoerkanalen. Maar ook deelgebieden als de Bollematen (die wordt doorsneden door de Cornelisgracht, Thijssengracht en Walengracht met hoge afvoeren) en de Wieden ten noordoosten van Giethoorn (met grote invloed van afvoer uit polder Broammeule) hebben in de winter de hoogste P-belastingen. In de zomer, wanneer de meeste bronnen een lagere afvoer en lagere concentraties hebben, is de P-belasting van de boezem lager. Sommige deelgebieden hebben in de zomer echter juist een P-hogere belasting, door er dan relatief veel (polder)water deze gebieden intrekt (gestuurd door de grote wegzijging en verdamping). Dit betreft in het bijzonder de Weerribben en het gebied direct ten noorden van het Giethoornse meer.

Afbeelding 4.12 P-belasting in mg P/m<sup>2</sup>/d voor het zomerhalfjaar (links) en winterhalfjaar (rechts)



### Metingen versus grenswaarden

De beschreven verspreidingspatronen van fosfor leiden er toe dat de fosforconcentraties in de boezem in ruim de helft van de tijd onder de 0,04 mg P/l ligt (in 55 % van de metingen, tabel 4.2). Op die meetmomenten wordt daarmee voldaan aan de grenswaarde van fosfor voor de ontwikkeling van goede trilvenen en andere belangrijke (semi-)terrestrische habitattypen van de boezem. In 30 % van de metingen ligt de fosforconcentratie in de boezem tussen de 0,04 en 0,08 mg P/l en in 15 % van de metingen zelfs boven de 0,08 mg P/l.

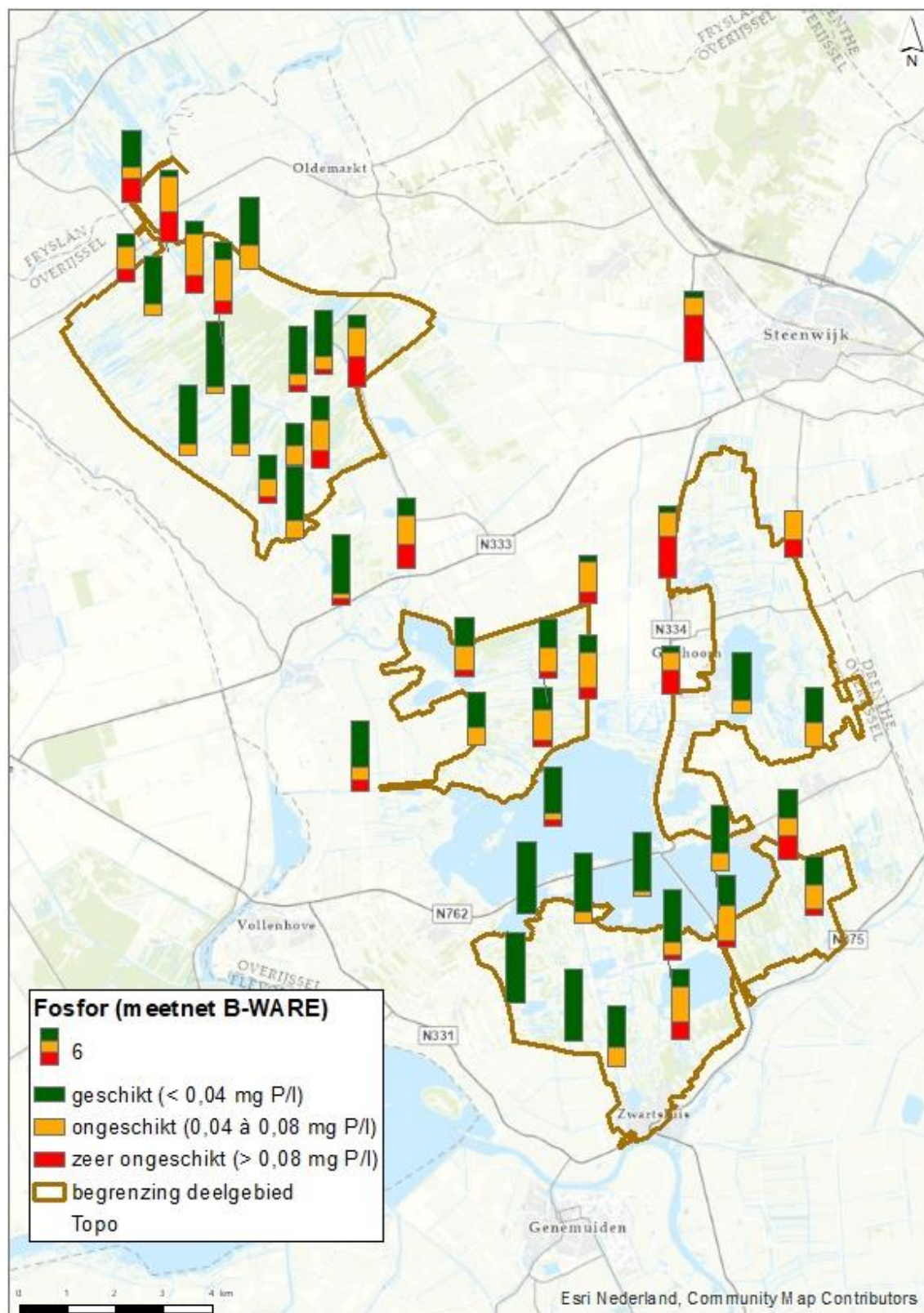
Verspreid over de boezem (zie afbeelding 4.13) is te zien dat de lage fosforconcentraties (<0,04 mg P/l) het vaakst gemeten worden in de meer geïsoleerd liggende delen: het zuidwesten van de Wieden en grote delen van de Weerribben (uitgezonderd de doorgaande watergang, de Kalenbergergracht die van noordwest naar zuidoost door de Weerribben loopt). In veel van de grotere kanalen ligt de P-concentratie geregeld boven de 0,08 mg P/l (zoals bij de driesplitsing van de Steenwijker Aa net ten westen van Steenwijk, in het kanaal Beukers-Steenwijk ter hoogte van Giethoorn en de 2 grachten in westelijke richting (de Thijssengracht en Cornelisgracht), in de Wetering, Kalenbergerracht en Ossenzijlersloot. In de Bollematen en in het noordoosten en zuidoosten van de Wieden ligt de P-concentratie soms onder de 0,04 mg P/l, maar vaker tussen de 0,04 en 0,08 mg P/l en soms boven de 0,08 mg P/l.

Tabel 4.2 Aantal en percentage van metingen in de kanalen en aan- en afvoersloten in de boezem ingedeeld naar fosforconcentraties (geschikt voor de ontwikkeling van goede trilvenen (en overige semi-terrestrische habitattypen), ongeschikt of zeer ongeschikt). Dit betreft de metingen die verzameld zijn door onderzoekscentrum B-WARE tussen april 2018 en februari 2020

	Geschikt (<0,04 mg P/l)	Ongeschikt (0,04 à 0,08 mg P/l)	Zeer ongeschikt (>0,08 mg P/l)
aantal metingen (n)	268	147	75
percentage van totaal aantal metingen (%)	55 %	30 %	15 %



Afbeelding 4.13 Fosformetingen in de boezem in de periode april 2018-februari 2020 (n = 8-12 per meetlocatie), weergegeven ten opzichte van de grenswaarden





## 4.3 Verspreiding van water, fosfor en calcium per deelgebied

Om meer inzicht te krijgen in de verspreiding van P en Ca in de boezem is in deze paragraaf ingezoomd op verschillende deelgebieden van de boezem. Per deelgebied wordt besproken hoe de waterstromingen in verschillende seizoenen verlopen en wat de herkomst van het water is. Ook wordt ingegaan op de vraag of voldaan wordt aan de normen voor P en Ca voor een goede laagveen- en trilveenontwikkeling, waarbij uitgegaan wordt van de normen die in hoofdstuk 2 zijn vastgesteld. Hiervoor wordt enerzijds gekeken naar de gemeten fosfor- en calciumconcentraties in de boezem (B-WARE meetnet met metingen tussen april 2018 en februari 2020). Anderzijds geeft het model inzicht in de herkomst van het fosfor en calcium.

Allereerst volgt de beschrijving van 2 belangrijke 'randen' van de boezem: de driesplitsing van de Steenwijker Aa (aanvoer van de Steenwijker Aa op de boezem) en gemaal Stroink waar al het overtollige water van de boezem wordt uitgemalen en in de zomer juist water wordt ingelaten. Daarna volgt de beschrijving van de volgende 4 deelgebieden die binnen de boezem zelf te onderscheiden zijn:

- 1 Bollematen, Stobbekamp en Duinigermeer;
- 2 zuidoosten van de Wieden nabij de Veldweg-Reeënweg;
- 3 noordoosten van de Wieden (Bovenwijde, Brouwersgaten, Hoosjesgracht en Zuideindigerwijde);
- 4 Weerribben.

Een vijfde deelgebied is het zuidwesten van de Wieden rondom Belt-Schutsloot. De waterstromingen in dit deel van de Wieden zitten echter niet goed in het model (en doordat de waterstroming niet goed is, kloppen ook de berekende stofconcentraties niet goed). Daarom is dit deelgebied in deze paragraaf niet behandeld. Voor de gemeten calcium- en fosforconcentraties in dit deelgebied wordt verwezen naar de bespreking van calcium en fosfor door de hele boezem in bovenstaande paragraaf, en in het bijzonder afbeelding 4.8 (voor calcium) en afbeelding 4.13 (voor fosfor).

### Driesplitsing van Steenwijker Aa

#### *Inleiding*

De Steenwijker Aa is een belangrijk 'hoofdstroompunt' van de boezem. De Steenwijker Aa is op jaarbasis goed voor 15-20 % van de totale instroming op de boezem (tabel 3.1). De aanvoer vertoont een seizoensmatig patroon met hogere afvoeren in de winter en lager in de zomer. In juni-juli 2018 en juni-september 2019 is de afvoer afgenomen tot nagenoeg nul m<sup>3</sup> (afbeelding 3.4). Aan de oostkant van de boezem (net ten westen van Steenwijk) splitst de Steenwijker Aa op in 3 kanalen: het kanaal Beukers-Steenwijk (in zuidelijke richting), het Steenwijkerdiep (in zuidwestelijke richting) en het kanaal Steenwijk-Ossenzijl (in noordwestelijke richting).

#### *Herkomst water*

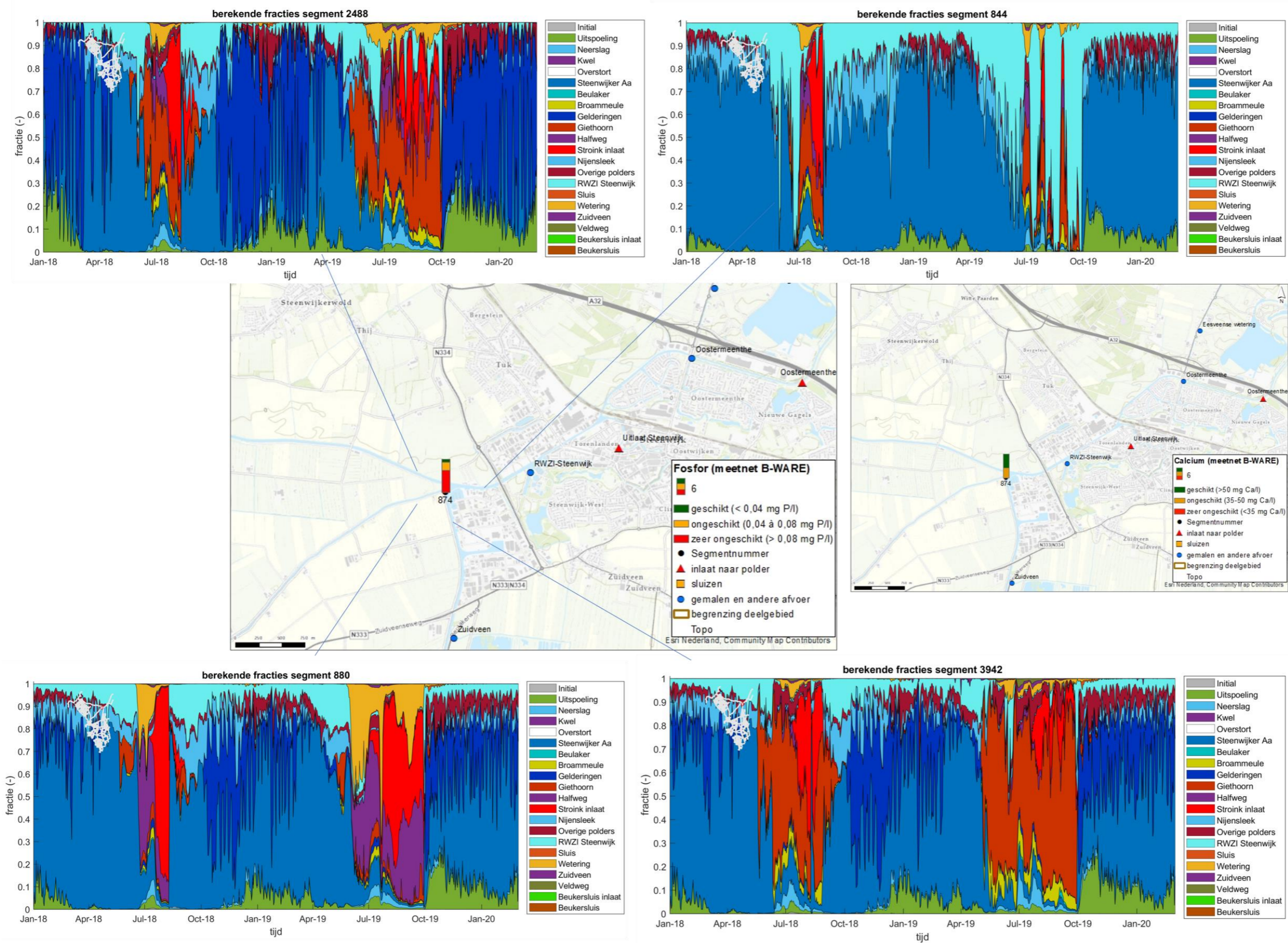
Bij de driesplitsing van de Steenwijker Aa komt het water het grootste gedeelte van het jaar vanuit het oosten, namelijk uit de Steenwijker Aa. Dit water (segment 844 in afbeelding 4.14) bestaat naast de afvoer van de Steenwijker Aa voornamelijk uit de afvoer van Nijensleek en de RWZI. Verder voert de Steenwijker Aa nog wat water af uit een aantal kleine polders langs de Eesveense Wetering, polder Oostermeenthe en uit Steenwijk (samengevat onder de fractie 'overige polders' in afbeelding 4.14).

In nattere perioden wordt er ook water vanuit noordoostelijke richting (kanaal Steenwijk-Ossenzijl) aangevoerd naar de driesplitsing (segment 2488 in afbeelding 4.14). Er wordt dan voornamelijk water uit polder Gelderingen afgevoerd. Tijdens dergelijkere nattere perioden wordt het water uit oostelijke en noordwestelijke richting (Steenwijker Aa en kanaal Steenwijk-Ossenzijl) afgevoerd naar het zuiden (via kanaal Beukers-Steenwijk, segment 3942) en naar het zuidwesten (via het Steenwijkerdiep, segment 880). Op drogere momenten, wanneer er geen water vanuit polder Gelderingen naar de driesplitsing wordt afgevoerd, stroomt het water vanuit de Steenwijker Aa ook naar het noordwestelijk gelegen Ossenzijl via het kanaal Steenwijk-Ossenzijl (wat in de fractieverdeling van segment 2488 terug te zien is in een groot aandeel water uit de Steenwijker Aa).

In de zomermaanden van 2018 (vooral in juni en juli) en 2019 (al in de loop van mei tot en met september) wordt er via het Steenwijkerdiep en kanaal Beukers-Steenwijk juist water aangevoerd richting de driesplitsing (in juli 2018 met een gemiddeld debiet van respectievelijk 0,5 en 0,9 m<sup>3</sup>/s;). Dat water stroomt hoofdzakelijk het Kanaal Steenwijk-Ossenzijl in en een heel klein deel (enkele procenten) stroomt in oostelijke richting naar de Steenwijker Aa. Het water in het Steenwijkerdiep bestaat op die momenten uit water vanuit polders Wetering en (vooral) Halfweg en (later in de zomer) inlaatwater vanuit het Vollenhovenmeer (dat ingelaten is nabij gemaal Stroink). Via kanaal Beukers-Steenwijk wordt water aangevoerd dat hoofdzakelijk afkomstig is uit polder Giethoorn en (later in de zomer) ook hier inlaatwater vanuit het Vollenhovenmeer (dat ingelaten is nabij gemaal Stroink).



Afbeelding 4.14 Fractieplaatjes met de herkomst van het water voor relevante segmenten rondom de driesplitsing van de Steenwijker Aa. De 2 kaartjes tonen de ligging van de segmenten en geven een impressie van de meetwaarden voor fosfor totaal en calcium over de periode april 2018-februari 2020



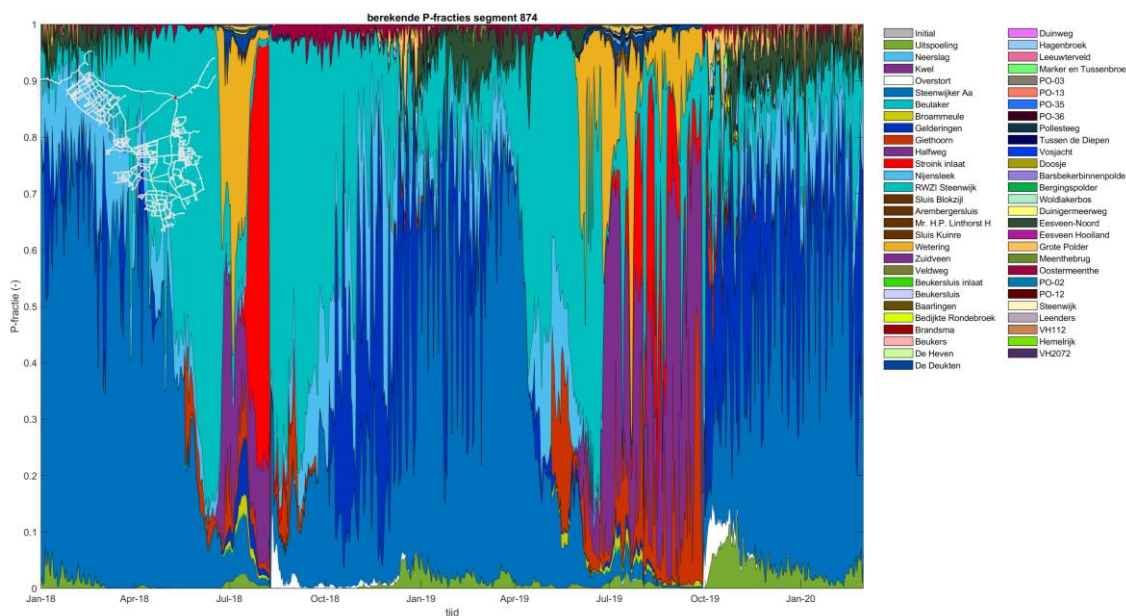


### Fosfor: gemeten concentraties en herkomst

De totaal P-concentraties op de driesplitsing van de Steenwijker Aa liggen vaak ver boven de grenswaarde van 0,04 mg P/l (afbeelding 4.14). Met name in de wintermaanden worden hier hoge concentraties gemeten, geregeld 0,20 à 0,25 mg P/l. In het zomerhalfjaar is de concentratie lager dan in de winter, maar alsnog vaak boven de grenswaarde (vrijwel altijd >0,04 mg P/l en vaak ook nog boven de 0,08 mg P/l).

Ter hoogte van het waterkwaliteitsmeetpunt in het midden van de driesplitsing (segment 874) is het aanwezige fosfor in een afvoersituatie voor 50 tot 75 % afkomstig uit de Steenwijker Aa en voor circa 10 tot 20 % uit de RWZI-effluent. De Steenwijker Aa zelf bevat doorgaans iets lagere fosforconcentraties dan hier op dit punt wordt gemeten, de RWZI heeft juist een hoge P-concentratie (gemiddeld 0,46 mg P/l in de beschouwde periode). Op die momenten dat het water uit polder Gelderingen via de driesplitsing stroomt, loopt het aandeel van die polder aan de P-concentratie kortdurend flink op (met pieken van zeker 50 %). In de wat drogere perioden in het voor- en najaar loopt de bijdrage van de RWZI sterk op en dit is dan gedurende enkele weken tot maanden de voornaamste bron van fosfor op deze plek. Op de droogste momenten in de zomer zijn het vooral polder Halfweg, Wetering, en (in mindere mate) Giethoorn waar het fosfor vandaan komt, en, met korte pieken, inlaat Stroink (dat vanwege de lage P-concentratie van circa 0,05 mg P/l relatief weinig fosfor aanvoert in verhouding tot de grote waterfractie van deze bron).

Afbeelding 4.15 Herkomst van fosfor midden in de driesplitsing van de Steenwijker Aa



### Calcium: gemeten concentraties en herkomst

De Ca-concentratie ligt doorgaans rond de 50 mg/l. In de meest natte maanden met een relatief hoge afvoer van de Steenwijker Aa (zoals maart 2019, februari 2020) is de calciumconcentratie opvallend lager (circa 35 mg Ca/l): dit hangt samen met een lage calciumconcentratie in de Steenwijker Aa zelf op die momenten. De herkomst van calcium is in grote lijnen gelijk als voor fosfor, met als belangrijkste verschil dat de RWZI relatief weinig calcium aanvoert.

### Gemaal Stroink

#### Inleiding

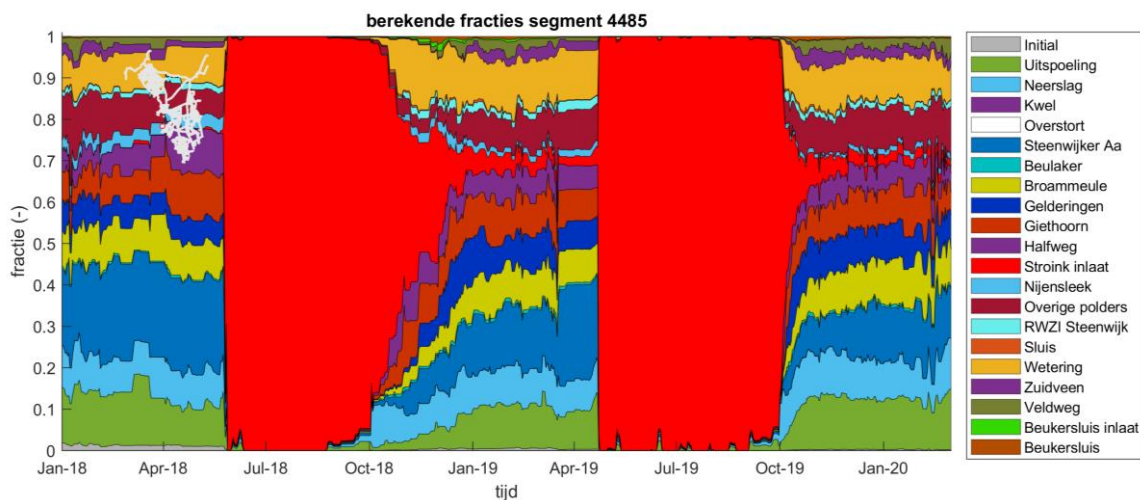
Gemaal Stroink is het enige afvoerpunt van de boezem. Het is in droge periodes tevens een belangrijk inlaatpunt. Het gemaal pompt het wateroverschot van de boezem uit naar het Vollenhovenmeer. Vanaf de Beulakerwilde stroomt het water via het Ettenlandsche Kanaal naar het gemaal. In een inlaatsituatie wordt nabij Stroink water ingelaten vanuit het Vollenhovenmeer. In 2018 is hier zeer veel water ingelaten (bijna

30 miljoen m<sup>3</sup>). Dat is 5 keer zoveel als in een gemiddeld jaar. Ook in 2019 is uitzonderlijk veel water ingelaten (bijna 27 miljoen m<sup>3</sup>).

#### Herkomst water

In de reguliere afvoersituatie ziet de samenstelling van het water dat de boezem wordt uitgemalen er als volgt uit (afbeelding 4.16): circa 20 % gebiedseigen water (neerslag en uitspoeling vanuit de boezem zelf), 20 % Steenwijker Aa, circa 10 % voor elk van de grote polders (Broammeule, Gelderingen, Giethoorn, Halfweg en Wetering). Verder hebben Nijensleek, Veldweg, Zuidveen, de RWZI-Steenwijk en de som van alle 'overige' polders een gering aandeel. Op het moment dat gestart wordt met inlaten neemt de fractie inlaatwater in het Ettenlandsche kanaal vanzelfsprekend in zeer korte tijd toe tot 100 %. In de Beulakerwijde neemt de fractie inlaatwater geleidelijker toe: waar het Ettenlandsche kanaal al begin juni 2018 voor 100 % wordt gevuld met water uit het Vollenhovermeer is dat in de Beulakerwijde pas begin/half juli 2018 het geval. Op het moment dat het inlaten nabij gemaal Stroink stopt (in 2018 op 9 augustus) en het gemaal weer water afvoert naar het Vollenhovermeer (11-13 augustus en 13-16 september), neemt de fractie inlaatwater weer langzaam af. Vanuit het Beulakerwijde komt dan eerst het eerder ingelaten inlaatwater weer terug, daarna herstellen de fracties zich weer zoals in de reguliere afvoersituatie het geval was.

Afbeelding 4.16 Fractieverdeling in het Ettenlandsche Kanaal (aan de boezemzijde)



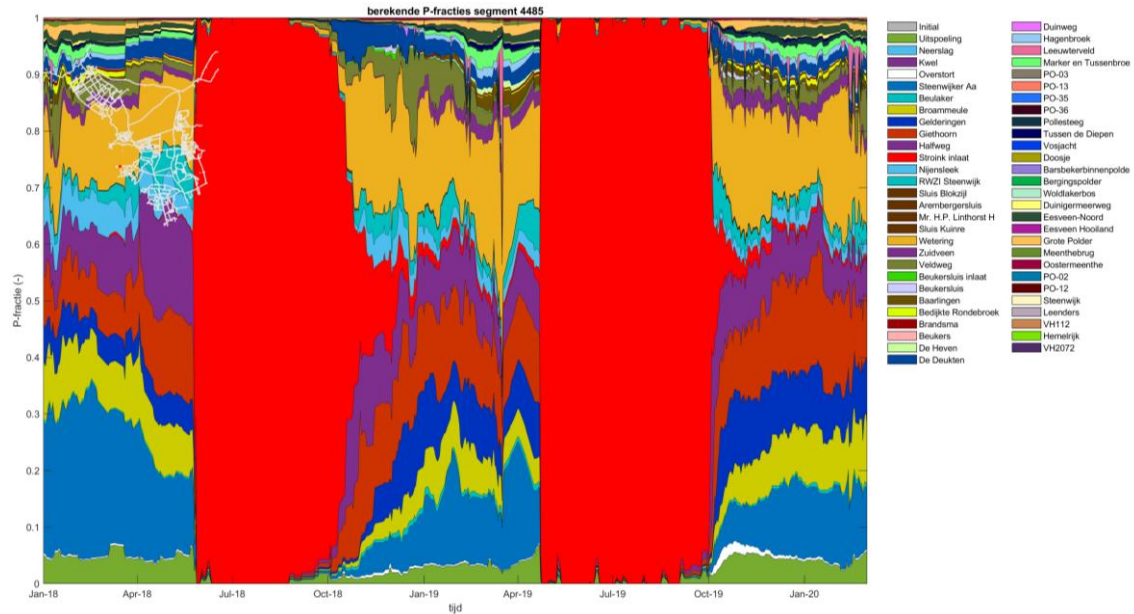
#### Fosfor: gemeten concentraties en herkomst

Het meetpunt nabij het gemaal Stroink weerspiegelt in een afvoersituatie de kwaliteit van Beulakerwijde: de P-concentratie ligt vaak onder de 0,04 mg P/l. Alleen in de winter ligt de P-concentratie in zowel de Beulakerwijde als in het Ettenlandssche kanaal hoger, zoals in januari en maart 2019 (0,06 en 0,12 mg P/l) en februari 2020 (0,16 mg P/l). In een inlaatsituatie geeft dit meetpunt juist de concentratie van het inlaatwater weer. Het inlaatwater uit het Vollenhovenmeer bevat relatief weinig P (circa 0,04-0,06 mg P/l), maar voldoet (net) niet aan de grenswaarde van 0,04 mg P/l.

De herkomst van het fosfor op dit 'verzamelpunt van de boezem' geeft mooi de grootste bronnen weer: de Steenwijker Aa, Broammeule, Gelderingen, Giethoorn, Halfweg en Wetering. Dit komt overeen met de berekende vrachten per instroompunt zoals in hoofdstuk 3 voor de hele boezem op kaart is getoond (afbeelding 3.11). In vergelijking met de fractieverdeling (afbeelding 4.16) vallen bij de herkomst van fosfor ook nog de volgende bronnen op met een relatief groot aandeel: polder Nijensleek, RWZI-Steenwijk, polder Veldweg en polder De Deukten.



Afbeelding 4.17 Herkomst van fosfor in het Ettenlandsche kanaal pal voor het boezemgemaal Stroink



#### Calcium: gemeten concentraties en herkomst

Vanuit de boezem wordt doorgaans water afgevoerd met een calciumconcentratie van 50 à 60 mg/l. Op momenten met inlaat vanuit het Vollenhovenmeer ligt de concentratie doorgaans tussen de 40 en 50 mg/l; dat is minder dan de streefwaarde van 50 mg Ca/l. De herkomst van het calcium geeft in de afvoersituatie een beeld van de belangrijkste calciumbronnen (zie afbeelding 3.14 met de Ca-vracht uit de verschillende polders en andere instroompunten). In een aanvoersituatie is het calcium voor 100 % afkomstig uit het Vollenhovenmeer.

#### Bollematen, Stobbekamp en Duinigermeer

##### Inleiding

Het deelgebied Bollematen, Stobbekamp en Duinigermeer wordt omsloten en doorsneden door boezemwateren en is hydrologisch gezien dus zeker niet geïsoleerd. Dit deelgebied wordt in het noordwesten begrensd door het Giethoornse meer, in het westen door de Walengracht en het Duinigermeer. In het noorden vormt de Thijssengracht (die een oost-west verbinding vormt tussen het kanaal Beukers-Steenwijk en het Giethoornse meer) de begrenzing met polder Halfweg. Dwars door het deelgebied loopt nog een oost-west verbinding tussen het Giethoornse meer en het kanaal Beukers-Steenwijk, namelijk de Cornelisgracht. Ten oosten van de Bollematen ligt de diepe polder Giethoorn, die van de Bollematen is gescheiden door de noord-zuid lopende watergang tussen de Thijssengracht en de Beulakerwijdte. Van noord naar zuid wordt het gebied doorsneden door de Dwarsgracht, die tevens van de Thijssengracht naar het Beulakerwijdte loopt. In het zuiden van het deelgebied loopt de Walengracht, de verbinding tussen het Giethoornse meer en het Beulakerwijdte, langs en door het deelgebied. Ten slotte wordt het Stobbekamp in het westen gescheiden van polder Heven door de Vaartsloot en wordt dit gebied in het zuiden begrensd door de Beulakerwijdte. Doordat het deelgebied veelal omgrensd wordt door dieper liggende polders is er (vrijwel) overal in dit deelgebied sprake van wegzijging (gemiddeld 1,6 mm/dag).

Binnen het deelgebied komen de meeste habitattypen van het laagveenlandschap voor, te weten H3140 Kranswierwateren in het Duinigermeer en de Enge, H3150 Meren met krabbenscheer en fonteinkruiden in de Kleine Bollematen en een aantal andere kleine slotjes, H7140A Trilvenen in de Bollematen en het Stobbekamp, H7140B Veenmosrietlanden komt overal voor en H4010B Vochtige heiden in de Bollematen. De kranwierwateren in de Duinigermeer en de Enge staan bekend om hun goede kwaliteit, maar de kwaliteit van de trilvenen en blauwgraslanden in dit deelgebied is matig en bevat weinig biobouwers als schorpioenmossen. Ook het areaal aan krabbenscheervelden is beperkt in dit deelgebied.

---

### Samenvatting verspreiding water, fosfor en calcium in Bollematen, Stobbekamp en Duinigermeer

Dit deelgebied wordt omsloten en doorsneden door diverse belangrijke boezemkanalen en is daardoor verre van geïsoleerd. In de winter passeert hier het wateroverschot vanuit onder meer de Weerribben en alle omliggende polders inclusief Gelderingen en Wetering, vanuit de Steenwijker Aa en polders rondom Steenwijk (via het Steenwijkerdiep), vanuit Giethoorn (via de Thijssegracht en Cornelisgracht) en vanuit polder Halfweg direct op het Giethoornse meer.

Door alle instroming is de P- en Ca-belasting van het hoofdwatersysteem van dit deelgebied hoog. De belangrijkste bronnen van fosfor zijn de diepe polders Wetering, Halfweg en Giethoorn. Maar ook de Steenwijker Aa, Nijensleek, RWZI-Steenwijk, De Deukten, Gelderingen, Broammeule en Zuidveen vormen een niet te verwaarlozen P-belasting.

Door de hoge P-belasting zijn ook de P-concentraties vrij hoog; vaak boven de grenswaarde van 0,04 mg P/l. Alleen in de zomers 2018 en 2019, toen een 'aanvoergolf' vanuit het Vollenhovenmeer door dit gebied heen trok, lagen de concentraties onder de grenswaarde. De gemeten calciumconcentraties in het hoofdwatersysteem van dit deelgebied voldoen praktisch altijd aan de grenswaarde van 50 mg Ca/l.

---

#### *Fractieverdelingen in het deelgebied*

Het Giethoornse meer (segment 3307; afbeelding 4.18) ontvangt in een reguliere afvoersituatie het wateroverschot dat vanuit de Weerribben richting gemaal Stroink wordt afgevoerd. Dit water komt via de Roomsloot en de Wetering in het Giethoornse meer. Daarnaast komt een deel van de afvoer van de Steenwijker Aa (via het Steenwijkerdiep) in het Giethoornse meer uit. Daarmee wateren praktisch alle polders die ten noorden van het Steenwijkerdiep liggen af via het Giethoornse meer. De diepe polder Halfweg watert daarnaast nog direct af op het Giethoornse meer, evenals de kleinere ondiepe polders Duinigermeerweg en Tussen de Diepen. Vanuit het Giethoornse meer stroomt het water tijdens reguliere afvoersituaties via de Walengracht naar het Beulakerwijdte (segment 2815), waardoor de fractieverdeling in de Walengracht tijdens afvoersituaties erg lijkt op het Giethoornse meer. Het enige verschil is dat er hier ook nog wat water uit de polders Broammeule en Giethoorn wordt afgevoerd dat via de Thijssegracht in het zuidelijke deel van het Giethoornse meer terecht komt tijdens afvoersituaties. Daardoor is ook de fractie van de Steenwijker Aa hier groter dan in het noordelijk deel van het meer.

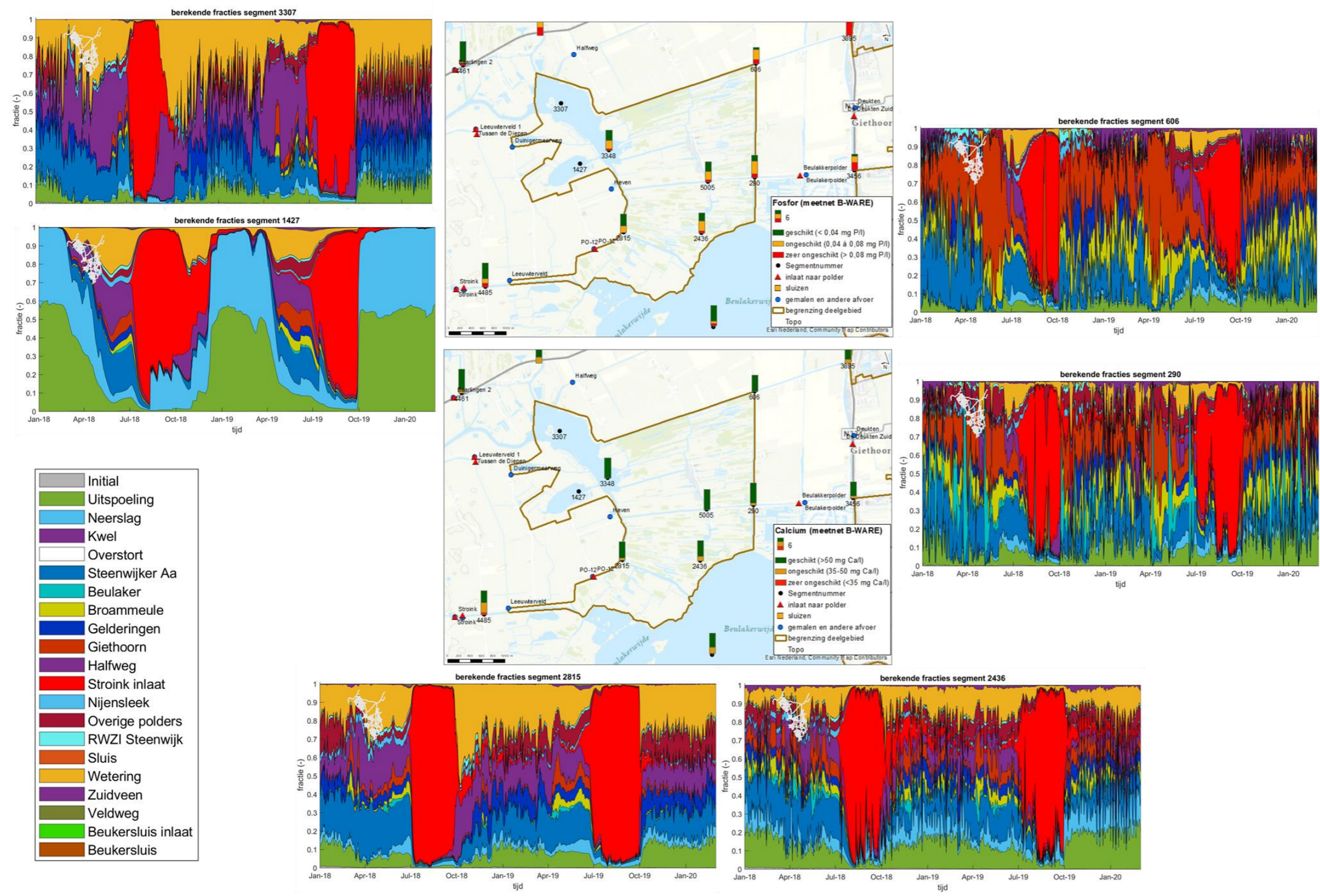
In de Thijssegracht is in een reguliere afvoersituatie een stroming van oost naar west. De Thijssegracht bestaat dan vooral uit water dat afkomstig is uit de Steenwijker Aa en polder Giethoorn, en in mindere mate polders Broammeule, Gelderingen en Zuidveen (segment 606; afbeelding 4.18). In het oostelijke deel van de Cornelisgracht (segment 290) is de herkomst tijdens reguliere afvoersituaties in grote lijnen vergelijkbaar, maar met een kleinere fractie Giethoorn en een grote fractie 'Overige polders' (polders Beulaker en De Deukten). Het 'oostelijke' afvoerwater in de Cornelisgracht 'botst' ter hoogte van de Dwarsgracht op het 'westelijke' afvoerwater uit het Giethoornse meer, om vervolgens gemengd via de Dwarsgracht naar het Beulakerwijdte te stromen (te zien aan de fracties op segment 2436, waar een mengeling van water uit de Steenwijker Aa en de polders Broammeule, Gelderingen, Giethoorn, Halfweg en Wetering te zien is).

In de droge zomermaanden van 2018 en 2019 veranderen de stromingspatronen in dit deelgebied heel duidelijk. De stromingsrichting is dan grofweg omgekeerd ten opzichte van de reguliere afvoersituatie, waarbij wel vermeld dient te worden dat de aanwezige stuwen in de Walengracht (die intrek van 'Stroink-water' dienen te beperken in droge zomers) niet in het SOBEM-model zijn ingevoegd. In de fractieplaatjes is te zien dat het inlaatwater, dat bij Stroink wordt ingelaten, via de Walengracht en Dwarsgracht het gebied binnenkomt (en in juli 2018 en juli-augustus 2019 bijna 100 % van de waterfractie beslaat). Via het Giethoornse meer stroomt dit water verder richting de Weerribben, en in de droogste periode is er wat intrek van 'Stroink-water' vanuit het Giethoornse meer het deelgebied in. De afvoer van Halfweg en de schutverliezen uit de sluis van Blokzijl stromen in de droge periode dan ook in noordelijke richting naar de Weerribben. Pas wanneer de inlaat nabij gemaal Stroink wordt stopgezet stroomt er (weer) water vanuit polder Halfweg en sluis Blokzijl dit deelgebied in.

Het Duinigermeer (dat bekend staat om zijn diverse kranwiergemeenschappen) ligt ook in dit deelgebied, maar functioneert duidelijk anders dan de andere delen van dit gebied. Uit de fractieverdeling van het Duinigermeer (segment 1427) blijkt namelijk dat het gebied een stuk geïsoleerder ligt dan de rest van het gebied. In het najaar en de winter bevat dit meer vrijwel alleen maar systeem eigen water (uitspoeling en neerslag). Pas vanaf het moment dat er sprake is van een neerslagtekort (bijvoorbeeld maart 2018) komt er water vanuit het Giethoornse meer de Duinigermeer in, waardoor op dat moment het aandeel eigen water afneemt en het aandeel van met name de Steenwijker Aa en de polders Halfweg en Wetering toeneemt. Evenals in de rest van het deelgebied komt er vervolgens in de droge zomer van 2018 en 2019 vanaf juli veel water uit het Vollenhovermeer in het Duinigermeer terecht als gevolg van de inlaat nabij gemaal Stroink. Het inlaatwater blijft hier relatief lang hangen (veel langer dan in het Giethoornse meer) en wordt vervangen door neerslag en uitspoeling op het moment dat het in het najaar weer veel gaat regenen (in het relatief droge najaar van 2018 is er in de maanden oktober en november eerst wat intrek te zien van water uit het Giethoornse meer, vooral bestaande uit water uit Wetering en Halfweg).



Afbeelding 4.18 Fractieplaatjes met de herkomst van het water voor relevante segmenten in de Bollematen, Stobbekamp en Duinigermeer. De 2 kaartjes tonen de ligging van de segmenten ter hoogte van corresponderende B-WARE meetlocaties en geven een impressie van de meetwaarden voor fosfor totaal en calcium over de periode april 2018-februari 2020 op de B-WARE meetlocaties



#### *Fosfor: gemeten concentraties en herkomst*

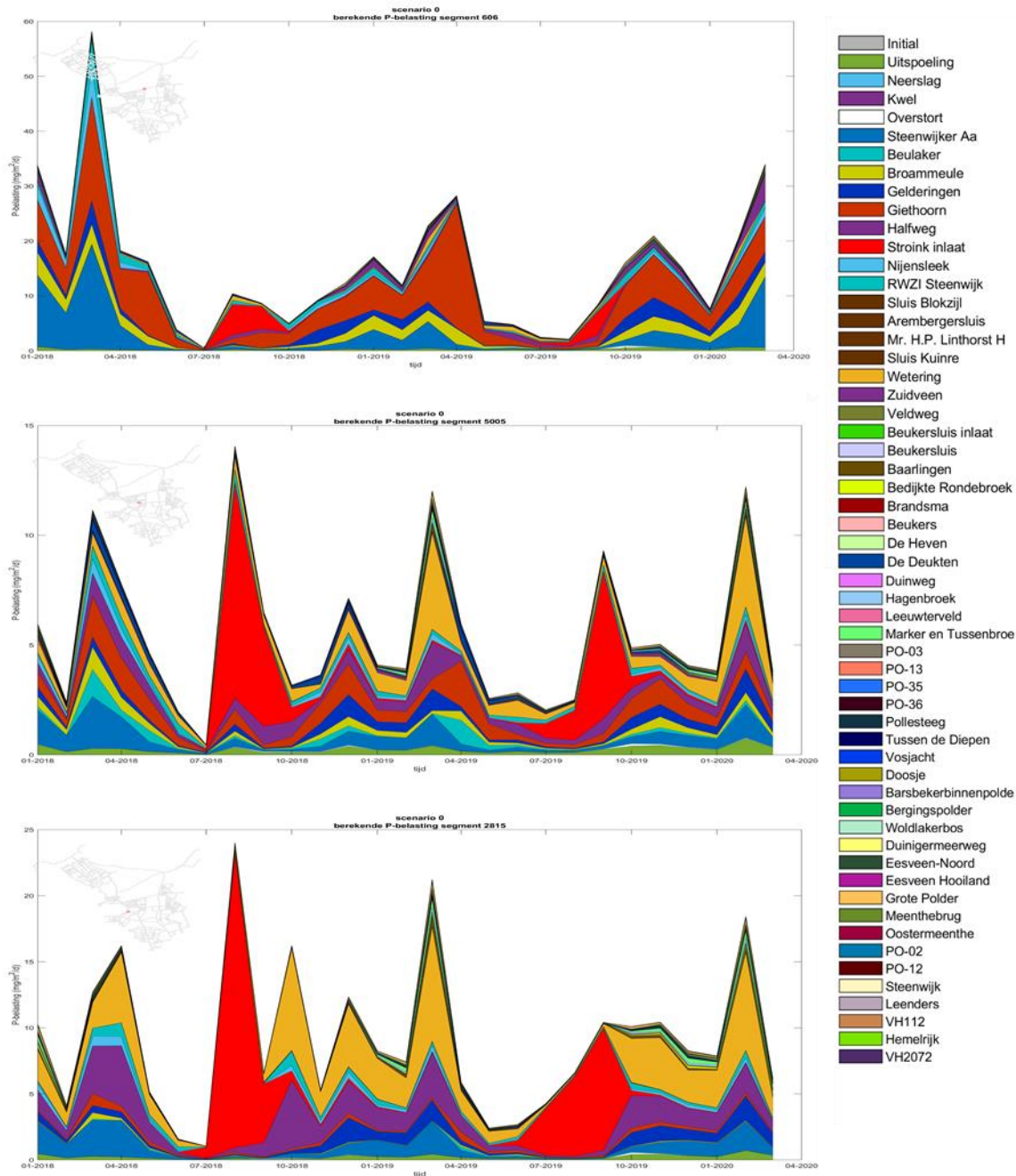
In het Giethoornse meer en de belangrijkste watergangen van dit deelgebied ligt de fosforconcentratie regelmatig tussen de 0,04 en 0,08 mg P/l, wat een ongeschikte fosforconcentratie is voor de ontwikkeling van goede trilvenen en andere belangrijke (semi-)terrestrische habitattypen. In iets minder dan de helft van de metingen ligt de concentratie onder de 0,04 mg P/l en wordt dus wel voldaan aan de grenswaarde. De P-concentratie hangt samen met het seizoen:

- de hoogste fosforconcentraties (van 0,11 à 0,25 mg P/l) worden gemeten in de winter (zoals januari en maart 2019). In de wintermaanden is ook de P-belasting van dit deelgebied het hoogst (afbeelding 4.19). Via de Thijssengracht is er in de nattere maanden een grote aanvoer van P vanuit polder Giethoorn (en in mindere mate van de Steenwijker Aa), en aan de westzijde van het deelgebied is het fosfor in de winter vooral afkomstig uit de polders Wetering en Halfweg (zoals te zien is in de berekende P-belasting van de Walengracht). In Dwarsgracht midden in dit deelgebied is het een combinatie van deze verschillende bronnen die leidt tot een hoge P-belasting (en concentratie) in de winter;
- op verschillende momenten in met name het voor- en najaar (april, augustus, oktober 2018 en oktober 2019) lag de P-concentratie in dit deelgebied vrijwel overal tussen de 0,04 en 0,08 mg P/l. De P-belasting ligt in deze maanden doorgaans lager dan in de wintermaanden; de herkomst van het fosfor is in grote lijnen gelijk;
- tijdens de metingen in dit deelgebied in juni en juli 2018 en april, juli, en augustus 2019 lag de fosforconcentratie vrijwel op alle meetlocaties onder de 0,04 mg P/l. Op deze momenten is de aanvoer van P via de Thijssengracht (Giethoorn, Steenwijker Aa) heel laag, hetzelfde geldt voor de P-belasting aan de westzijde van het gebied vanuit Wetering en Halfweg. Wel is er in juli en augustus een hoge P-belasting in het gebied (in de Walengracht en Dwarsgracht, niet in de Thijssengracht) door de grote 'aanvoergolf' vanuit het Vollenhovenmeer (die voor een belangrijk deel onderweg is naar de Weerribben). Dit leidt weliswaar tot een hoge P-belasting, maar vanwege de lage P-concentratie in dit inlaatwater blijven de P-concentraties in het deelgebied laag.

De volgende bronnen zijn hierboven niet genoemd, maar veroorzaken ook een niet verwaarloosbare P-belasting in dit gebied (afbeelding 4.19): Steenwijker Aa, Nijensleek, RWZI-Steenwijk, De Deukten, Gelderingen, Broammeule en Zuidveen.



Afbeelding 4.19 P-belasting (maandgemiddeld in mg P/m<sup>2</sup>/d) op enkele belangrijke segmenten in het deelgebied Bollematen, Stobbekamp en Duinigermeer. Van boven naar beneden: in de Thijssegracht, kruising Dwarsgracht-Cornelisgracht en Walengracht)



*Calcium: gemeten concentraties en herkomst*

De Ca-concentratie lag in 2018 en 2019 vrijwel altijd (ruim) boven de 50 mg/l (afbeelding 4.18). De herkomst van calcium is in grote lijnen gelijk als voor fosfor. Belangrijke bronnen zijn (vanaf de oostkant) polder Giethoorn, de Steenwijker Aa en polder Broammeule en vanaf de noordwestkant Wetering en Halfweg (en ook de Steenwijker Aa, via het Steenwijkerdiep). In een inlaatperiode veroorzaakt het inlaatwater uit het Vollenhovenmeer een grote calciumaanvoer in het hele deelgebied. In de Dwarsgracht is de calciumbelasting in een aanvoersituatie zelfs hoger dan in alle andere maanden van het jaar (afbeeldingen niet in het rapport opgenomen).

## Zuidoosten van de Wieden nabij de Veldweg en de Reeënweg

### Inleiding

Dit deelgebied beslaat de zuidoosthoek van de Wieden. Het gebied wordt omgrensd door de N334 (in het westen), de N375 en polder Het Doosje (in het zuiden), polder Leenders (in het oosten) en de Veldweg (in het noorden). Binnen het deelgebied neemt de dikte van het veenpakket naar de oostzijde af, waarbij de veendiepte in het oosten van het deelgebied enkele decimeters kan zijn en in het westen enkele meters. Er is in het gebied sprake van een relatief geringe wegzijging naar het grondwater (gemiddeld circa 0,7 mm/dag). In het deelgebied komen op verschillende locaties goed ontwikkelde Trilvenen (H7140A), Blauwgraslanden (H6430), Veenmosrietlanden (H7140B) en Vochtige heiden (H4010B) voor. Goed ontwikkelde aquatische habitattypen H3140 Kranswierwateren en H3150 Meren met krabbenscheer en fonteinkruiden komen hier minder voor.

Er kan in theorie op een aantal locaties water dit deelgebied instromen. Aan de zuidwestzijde van het deelgebied ligt de Beukersluis. Deze sluis wordt regelmatig gebruikt door beroeps- en recreatievaart (vooral in het voorjaar, de zomer en het vroege najaar). Er is sprake van een behoorlijk groot schutverlies door het aanzienlijke peilverschil tussen de Meppelerdiep en de boezem van circa 60 cm. Vlak naast de sluis zit ook de inlaat die in de droogste periode van 2018 (eind juli-begin augustus) is gebruikt voor extra wateraanvoer. Op dit deelgebied voert polder Veldweg zijn wateroverschot af. Dit gebeurt in het noorden van het deelgebied tegen Wanneperveen aan, waar water uit de kwelpolder Veldweg wordt afgevoerd naar de Kerkgracht. De Kerkgracht is een belangrijke watergang die midden in dit deelgebied van noord naar zuid loopt. Van west naar oost loopt de Westelijke Schutsloot. In het midden het deelgebied komt de Kerkgracht uit in de Westelijke Schutsloot. Verder staat dit deelgebied op 4 locaties in open verbinding met de rest van de boezem, namelijk (a) in het westen met de Belterwijde-West (met diverse verbindingen met de Kerkgracht), (b) in het noordwesten met de Beulakerwijde, (c) in het noorden met de Zuideindigerwijde en (d) in het oosten met de Haagjesgracht. Ten slotte is er in droge periodes op 2 locaties in het zuiden sprake van inlaten naar polder Doosje.

---

### Samenvatting verspreiding water, fosfor en calcium in het zuidoosten van de Wieden

Het zuidoosten van de Wieden staat vooral onder invloed van polder Veldweg, gevolgd door de instroming bij de Beukerssluis en polder Broammeule. De afvoer van polder Veldweg stroomt voor een belangrijk deel het Belterwijde-Oost op, maar bij tijden ook in zuidelijke richting de Kerkgracht in. In de zomermaanden is er veel instroming vanuit het Meppelerdiep als gevolg van de schutverliezen van de Beukerssluis. Via de Westelijke Schutsloot stroomt dit water in oostelijke richting door het deelgebied. In de Haagjesgracht, helemaal in de oostkant van het gebied, is er veel invloed van Broammeule terug te zien (als gevolg van de verbinding met het noordoostelijk deelgebied van de Wieden via de Hoosjesgracht/Brouwersgaten). In de Westelijke Schutsloot en de Haagjesgracht is het aandeel neerslag en uitspoeling in de winter 50 tot 60 %. Dit toont de relatief geïsoleerde ligging van dit deelgebied aan.

Door die geïsoleerde ligging is de P- en Ca-belasting in dit deelgebied dan ook relatief laag. De belangrijkste bronnen van P en Ca zijn polder Veldweg (in de Kerkgracht en Westelijke Schutsloot), polder Broammeule (in de Haagjesgracht) en de Beukerssluis (in de Westelijke Schutsloot).

De metingen van fosfor en calcium die tussen april 2018 en februari 2020 zijn uitgevoerd laten zien dat in de 2 belangrijkste watergangen van dit deelgebied, de Kerkgracht en de Westelijke Schutsloot, de grenswaarde voor fosfor in de winter niet gehaald wordt. In de zomer liggen de P-concentraties wel onder of rond de 0,04 mg P/l en wordt de grenswaarde dus wel (of net niet) gehaald. In de Belterwijde-Oost liggen de P-concentraties over het algemeen nog een stuk lager, maar ook hier wordt de grenswaarde 's winters overschreden. De calciumconcentraties liggen in dit deelgebied in de winter en het voorjaar (oktober t/m april) altijd (ruim) boven de 50 mg Ca/l. Echter juist in de zomer neemt de calciumconcentratie op veel plekken af tot rond of onder de 50 mg Ca/l. Met name in de zomer van 2019 zijn de Ca-concentraties sterk gedaald, tot concentraties van 35 à 45 mg Ca/l, en werd de grenswaarde dus niet gehaald.

---

### *Fractieverdelingen in het deelgebied*

In de natte wintermaanden is gebiedseigen water (neerslag en uitspoeling) dominant op de meeste locaties in dit deelgebied (50-70 %; afbeelding 4.20). In de Belterwijde-Oost (segment 3713/3714), die een behoorlijk lange verblijftijd heeft, is het aandeel gebiedseigen water kleiner in de winter met circa 30 %. Het meer bevat dan ook relatief veel water dat afkomstig is uit polder Veldweg (circa 40 %) en in mindere mate uit polder Broammeule (10-20 %). In de Kerkgracht nabij gemaal Veldweg (segment 4923) vertoont de fractieverdeling in de winter een zeer 'piekerig' patroon. Dat wordt veroorzaakt door het aanslaan van het gemaal waardoor de fractie Veldweg regelmatig kortdurend oploopt tot 80 à 100 %. Daarna neemt die fractie weer af en vormen uitspoeling en neerslag weer de grootste fractie (samen rond de 50 %). In het voorjaar (vanaf maart) neemt overal het aandeel gebiedseigen water af.

In het zomerhalfjaar wordt de Beukersgracht (segment 4925) gedomineerd door schutverliezen van de Beukersluis (40-70 % gedurende het zomerhalfjaar). In de zomer van 2018 is ook kortdurend de inlaat bij de Beukersluis gebruikt, wat terug te zien is in een piek van deze fractie van bijna 100 %. Daarna bereikt het inlaatwater van Stroink de Beukersgracht en vormt kortdurend een hoge fractie. Op sommige momenten stroomt er water vanuit de Belterwijde-Oost de gracht in, bijvoorbeeld wanneer het inlaatwater van Stroink het water van de Belterwijde-Oost (met grote fractie Steenwijker Aa, Broammeule en Giethoorn) voor zich uit 'wegduwt'. In het najaar en winter loopt de fractie neerslag en uitspoeling op, maar blijft ook de fractie Stroink inlaat en Beukersluis inlaat aanwezig: dit is water dat wordt aangevoerd vanuit het deelgebied zelf, wat in de zomer daar juist is ingestroomd.

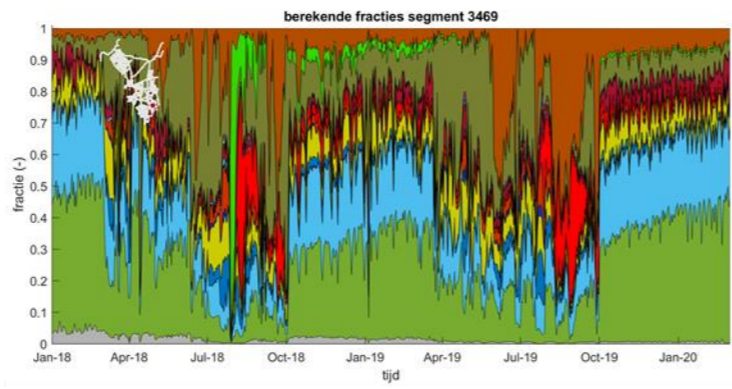
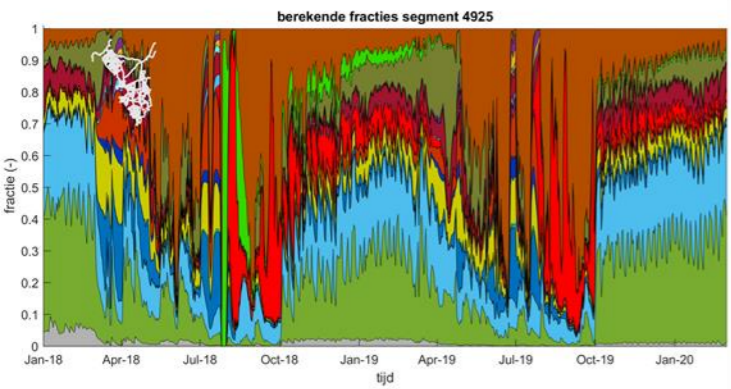
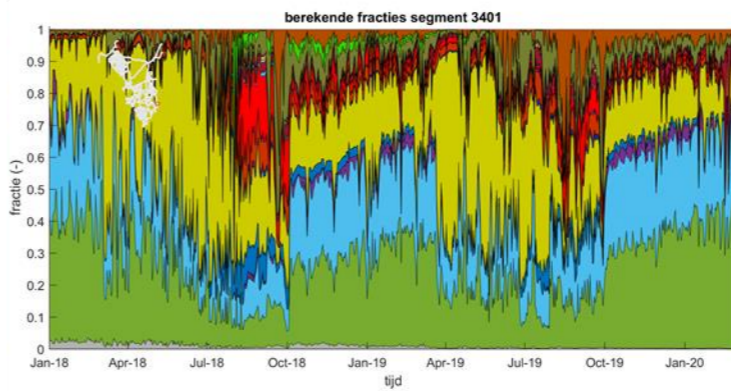
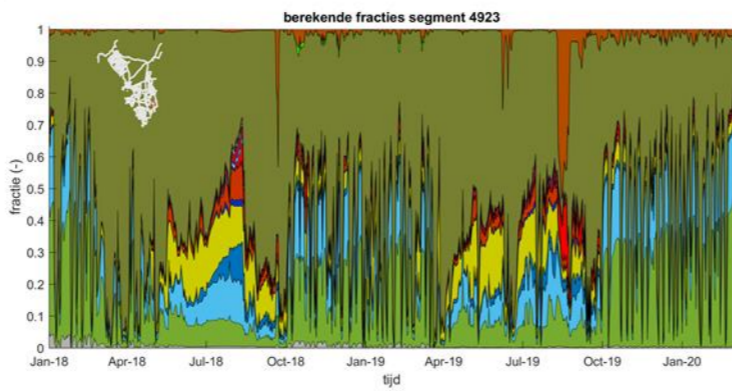
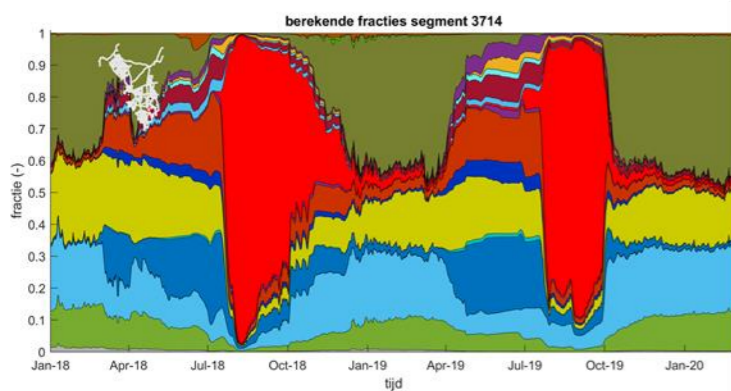
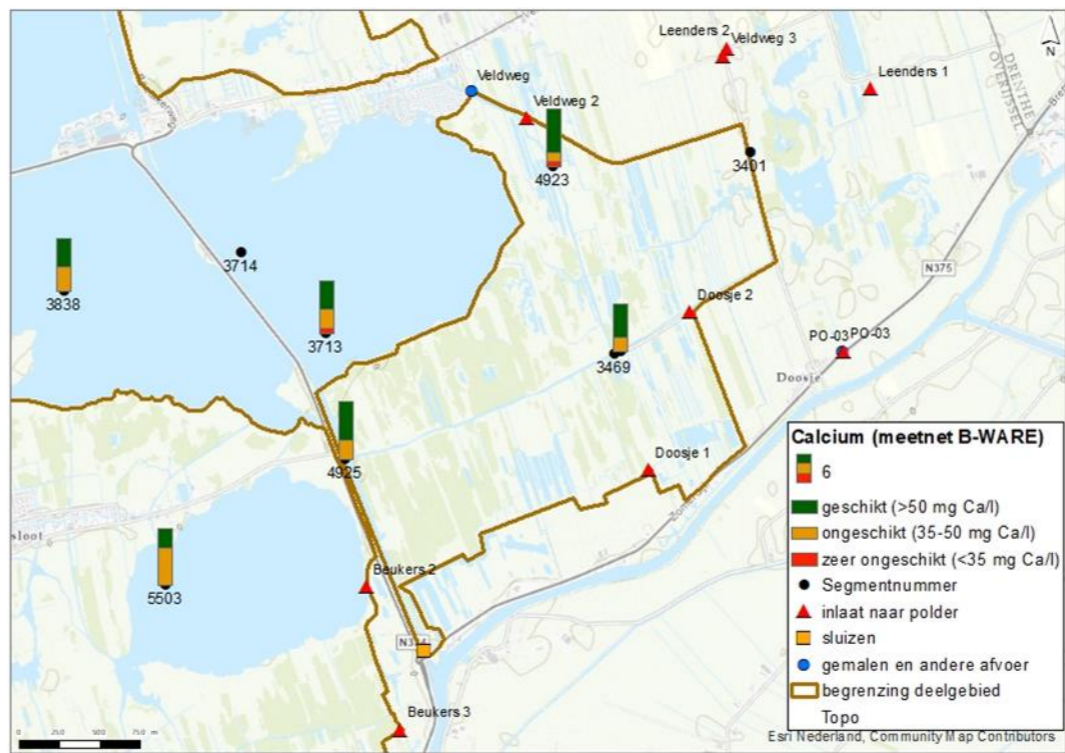
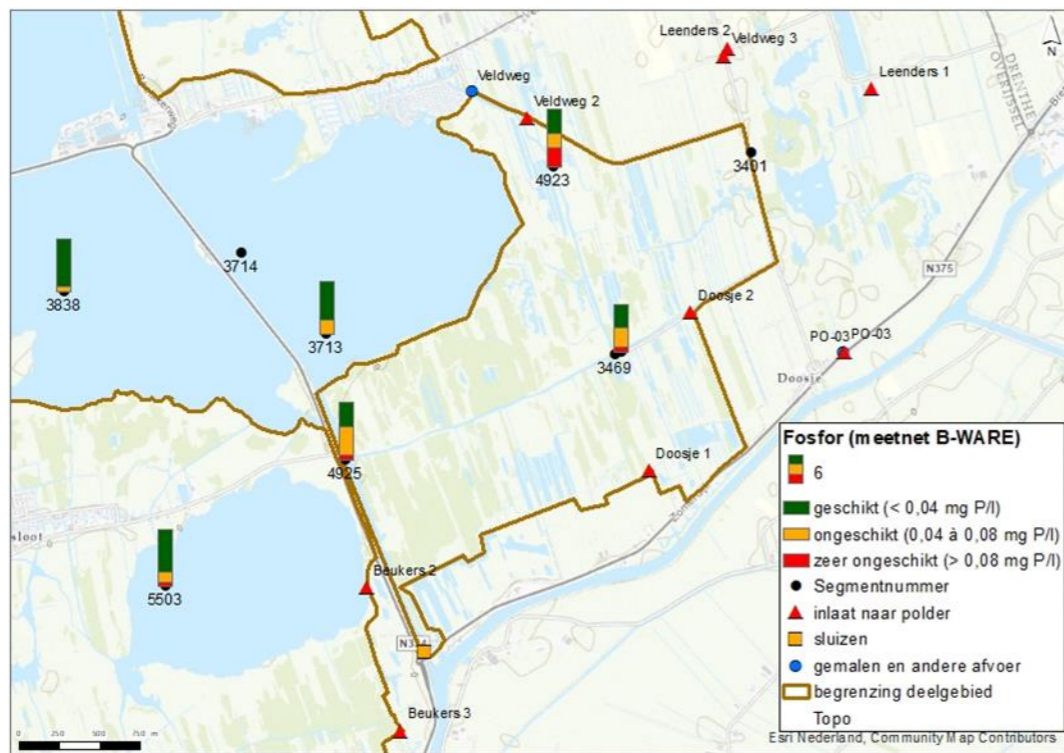
De Belterwijde-Oost (segment 3713/3714) bevat in de winter naast uitspoeling en neerslag vooral water dat afkomstig is uit polder Broammeule en Veldweg. Vanaf maart/april neemt de fractie Steenwijker Aa en Giethoorn toe (en in mindere mate Gelderingen, De Deukten en Zuidveen) door de afvoer van deze polders dat via het kanaal Beukers-Steenwijk vanuit het noorden wordt aangevoerd. Vanaf juli komt via deze route ook veel water uit het Vollenhovermeer (Stroink inlaat) in de Belterwijde-Oost terecht, wat zeker tot en met september een zeer grote fractie vormt. In de Belterwijde-Oost is dus meestal sprake van een noordelijke aanvoer (in de winter vanuit poldergemaal Veldweg en Broammeule en in de rest van het jaar vanuit het kanaal Beukers-Steenwijk). Het schutverlies en de inlaat (in 2018) van de Beukersluis vormt maar een heel kleine fractie in het meer; er is dus weinig instroming vanuit zuidelijke richting.

Het in de zomer via de inlaat en sluis ingestroomde water uit het Meppelerdiep wordt in droge periodes het gebied 'ingezogen' ter compensatie van de verdamping en wegzijging. Dit 'sluiswater' stroomt via de Beukersgracht, gaat 'rechtsaf' de Westelijke Schutsloot in en verspreid zich zo door een groot deel van dit deelgebied. Op de locatie waar de Westelijke Schutsloot en de Kerkgracht elkaar kruisen (segment 3469) bestaat het water in de zomer met perioden tot 50 % uit de schutverliezen van de Beukersluis. Verder noordoostelijk, in de Kerkgracht (segment 4923) en Haagjesgracht (segment 3401) is het schutverlies vrijwel het hele jaar met een klein aandeel terug te zien in de fractieverdeling (doorgaans <10 %, in de zomermaanden een enkele keer kortstondig enkele tientallen procenten).

Langs de Westelijke Schutsloot (zie segment 3469) liggen enkele van de best ontwikkelde trilvenen van de Wieden. Naast het gebiedseigen water (in de winter) en schutverlies (in de zomer) is hier invloed van water uit polder Veldweg, Broammeule, In de Kerkgracht (segment 4923), waarlangs ook enkele goed ontwikkelde trilvenen en blauwgraslanden liggen, is water uit polder Veldweg de dominantste fractie (40-80 %). Helemaal aan de oostkant van het deelgebied loopt de Haagjesgracht (segment 3401), die verder noordelijk via de Hoosjesgracht en Brouwersgaten de verbinding vormt met het noordoosten van de Wieden. De Haagjesgracht vormt verder de enige wateraanvoer voor de Kiersche Wieden. In de Haagjesgracht is naast neerslag en verdamping vooral grote invloed te zien van polder Broammeule (door aanvoer vanuit het noorden). Het aandeel van polder Veldweg is hier 's winters betrekkelijk gering, wat suggereert dat er in de winter weinig water in oostelijke richting stroomt. In de zomer stroomt het water wel geregeld in oostelijke richting door dit deelgebied. Dat is terug te zien in het oplopen van de fracties Beukersluis, Stroink inlaat en polder Veldweg 's zomers in de Haagjesgracht.



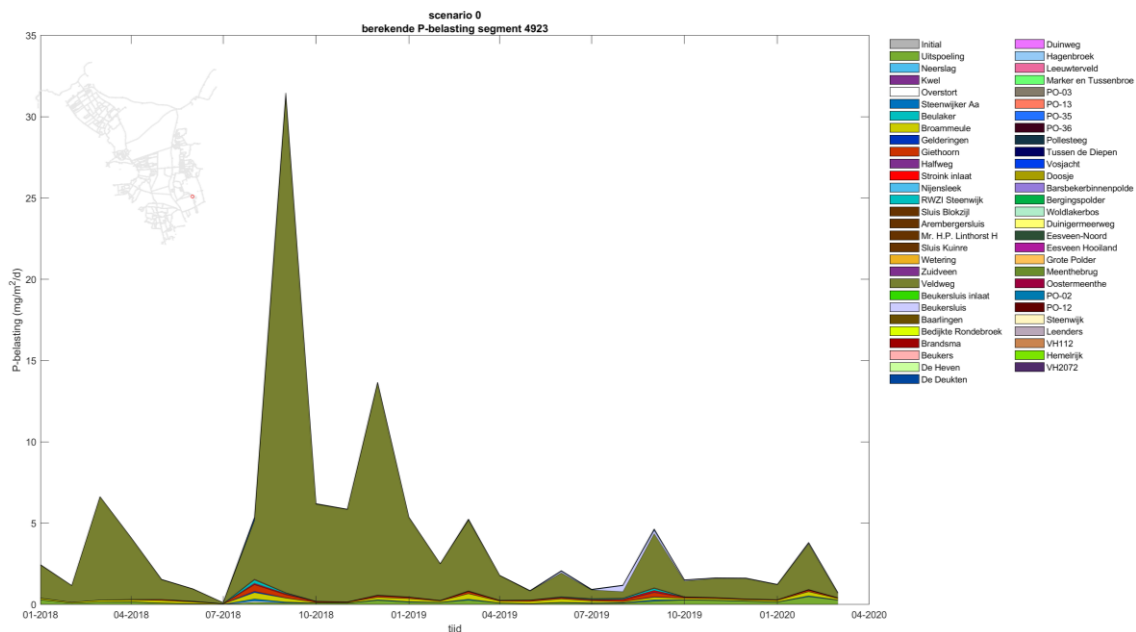
Afbeelding 4.20 Fractieplaatjes met de herkomst van het water voor relevante segmenten in het zuidoosten van de Wieden. De 2 kaartjes tonen de ligging van de segmenten ter hoogte van corresponderende B-WARE meetlocaties en geven een impressie van de meetwaarden voor fosfor totaal en calcium over de periode april 2018-februari 2020 op de B-WARE meetlocaties



### Fosfor: herkomst en metingen

Polder Veldweg is een van de belangrijkste bronnen van fosfor in dit deelgebied. In de Kerkgracht is vrijwel al het fosfor afkomstig uit deze polder (afbeelding 4.21). De P-belasting ligt vaak rond de 2 mg P/m<sup>2</sup>/d, maar is bij tijden veel hoger. Vooral het najaar van 2018 wordt gekenmerkt door een zeer hoge P-belasting vanuit polder Veldweg. Dit is enerzijds het gevolg van een hoge P-concentratie in de polderafvoer in oktober van dat jaar (1,5 mg P/l), maar hangt ook samen met de afvoerrichting van het polderwater: op veel momenten stroomt het grootste deel van de afvoer via de kortste weg naar de Belterwijde-Oost, maar in augustus en september 2018 stroomde er veel water de Kerkgracht in met een piek in P-belasting tot gevolg (de reden voor deze stroomrichting is vermoedelijk dat de grote kanalen en meren van de boezem in augustus plotseling erg veel water te verstouwen kregen: in juli en augustus was er zeer veel water ingelaten bij Stroink en daarbovenop ging het in augustus ook weer wat regenen. Het afgevoerde polderwater kon daardoor dus niet makkelijk het Belterwijde op stromen, en bovendien was er vanuit het haarvatensysteem van de boezem nog altijd een watervraag en stonden waarschijnlijk ook de inlaten naar de polders nog open, zoals hier naar Doosje).

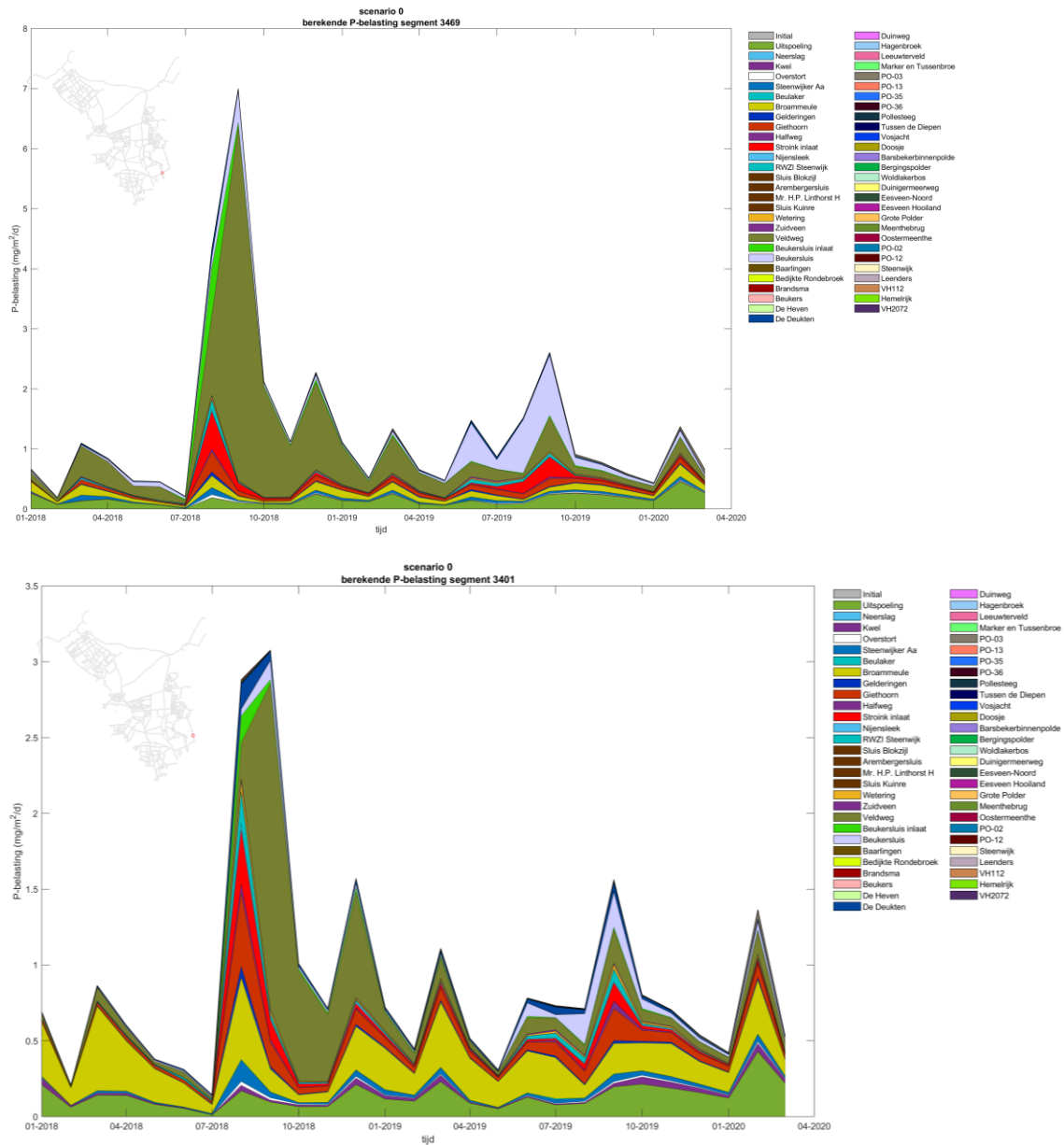
Afbeelding 4.21 P-belasting (maandgemiddeld in mg P/m<sup>2</sup>/d) aan het begin van de Kerkgracht nabij poldergemaal Veldweg



De 'afvoergolf' vanuit polder Veldweg in de nazomer van 2018 trok door het hele deelgebied heen en veroorzaakte overal een piek in P-belasting (zoals in afbeelding 4.22 te zien is voor de Westelijke Schutsloot en de Haagjesgracht). De Westelijke Schutsloot heeft een P-belasting van doorgaans 0,5 à 2 mg P/m<sup>2</sup>/d met meestal een aanzienlijke bijdrage van polder Veldweg. In de zomer vormt het inlaatwater via de Beukerssluis bij tijden een P-belasting van 0,5 à 1 mg P/l (afhankelijk van de verdeling van dit water in de boezem en de P-concentratie in het Meppelerdiep; in de zomer van 2019 stroomde veel sluiswater de Westelijke Schutsloot in met in augustus een P-concentratie van 0,10 mg P/l). In de Haagjesgracht, helemaal aan de oostzijde van het deelgebied, is de invloed van polder Veldweg op de P-belasting doorgaans vrij laag en vormt de afvoergolf in de nazomer van 2018 een uitzondering. De P-belasting is hier vaak 0,5 à 1,5 mg P/m<sup>2</sup>/d met de grootste bijdrage van polder Broammeule.



Afbeelding 4.22 P-belasting (maandgemiddeld in mg P/m<sup>2</sup>/d) in de Westelijke Schutsloot ter hoogte van de Kerkgracht (boven) en in de Haagjesgracht aan de oostkant van het deelgebied langs de Lozedijk (onder)



De balkjes in de kaart van afbeelding 4.20 tonen voor 4 meetpunten in dit deelgebied of voldaan wordt aan de grenswaarde voor fosfor. In de Kerkgracht, Westelijke Schutsloot én in het kanaal ter hoogte van de schutsloot ligt de P-concentratie op de helft van de meetmomenten boven de grenswaarde van 0,04 mg P/l. Vooral in de wintermaanden is de P-concentratie hier hoger dan 0,04 mg P/l. Op de meetlocatie in de Kerkgracht dicht bij het poldergemeal Veldweg ligt de concentratie in de winter vaak boven de 0,08 mg P/l. Op de Belterwijde-Oost zijn de P-concentraties het laagst; vaak (ruim) onder de 0,04 mg P/l en 's winters 0,04 à 0,08 mg P/l. In het zomerhalfjaar liggen de P-concentraties overal in dit deelgebied onder of rondom de 0,04 mg P/l.

#### Calcium: herkomst en concentraties

Een belangrijke bron van calcium voor dit deelgebied is polder Veldweg. Het polderwater bevat gemiddeld 77 mg Ca/l, al kan de concentratie in de zomer soms korte tijd veel lager zijn (32 en 38 mg Ca/l in respectievelijk juli 2018 en juli 2019; overigens voert de polder dan ook niet of nauwelijks water af). Andere

bronnen voor calcium zijn polder Broammeule (met 50 à 70 mg Ca/l) en het water uit het Meppelerdiep (dat altijd >50 mg Ca/l bevat en gemiddeld 57 mg Ca/l).

De calciumconcentraties liggen in dit deelgebied in de winter (oktober t/m april) altijd (ruim) boven de 50 mg Ca/l. Echter juist in de zomer neemt de calciumconcentratie op veel plekken af tot rond of onder de 50 mg Ca/l. Met name in de zomer van 2019 daalden de Ca-concentraties sterk, tot concentraties van 35 à 45 mg Ca/l: ruim onder de grenswaarde van 50 mg Ca/l. Het water is hier in de zomer grotendeels afkomstig uit polders en het Meppelerdiep; het aandeel neerslag en uitspoeling is laag. Dat de calciumconcentratie desondanks gedaald is tot ruim onder de 50 mg Ca/l (terwijl alle aanvoerende bronnen een hogere concentratie hebben) suggereert dat het vooral retentie in het gebied zelf is dat heeft geleid tot de concentratieafname.

### **Noordoosten van de Wieden (Bovenwilde, Brouwersgaten, Hoosjesgracht en Zuideindigerwilde).**

#### *Inleiding*

Dit deelgebied ligt aan de noordoostzijde van de Wieden, waar de veendikte over het algemeen beperkter is dan elders in de boezem vanwege het uitwigen van het veenpakket tegen het Drents Plateau. Vergeleken met de andere deelgebieden is de dichtheid aan habitattypen wat lager, doordat er relatief veel weidevogelgebied aanwezig is in dit deelgebied. Het deelgebied bevat echter redelijk wat goed ontwikkelde kranswierwateren (H3140) in de Bovenwilde (noorden) en de Zuideindigerwilde (Oosterbaan 2018). Daarnaast komen er nabij de Brouwersgaten, Hoosjesgracht en Zuideindigerwilde enkele trilveentjes (H7140A) voor die in de meeste gevallen relatief weinig schorpioenmossen bevatten. Verder komen in het deelgebied enkele goed ontwikkelde blauwgraslandjes (H6410) en verschillende veenmosrietlanden (H7140B) voor.

Het deelgebied wordt omsloten door de polders Zuidveen (in het noorden), Broammeule (in het oosten), Veldweg (in het zuiden), De Deukten en Giethoorn (in het westen). Aan de westzijde van dit deelgebied loopt het kanaal Beukers-Steenwijk, wat strikt genomen misschien niet tot dit deelgebied behoort maar op diverse plekken wel een open verbinding vormt met dit deelgebied. De omliggende polders (met name Veldweg, De Deukten en Giethoorn) liggen lager dan dit deel van de boezem en trekken grondwater aan. Dit veroorzaakt een forse wegzijgingsflux in dit deelgebied (gemiddeld bijna 2 mm/dag volgens het grondwatermodel).

Van alle omliggende polders voert alleen polder Broammeule direct af op dit deelgebied. Polder Veldweg voert in het zuiden af op de Kerkgracht en de andere polders voeren af op het kanaal Beukers-Steenwijk. Alhoewel deze polders niet direct afvoeren op het deelgebied, hebben ze wel degelijk invloed op het deelgebied omdat het polderwater via verschillende koppelingen tussen dit deelgebied en de rest van de boezem toch het gebied intrekt. Zo zijn er open verbindingen naar de Belterwilde-Oost, de Haagjesgracht en het kanaal Beukers-Steenwijk. Ten slotte wordt er op enkele punten tijdens droge periodes water vanuit dit deelgebied ingelaten naar de polders Zuidveen en Veldweg.

---

#### **Samenvatting verspreiding water, fosfor en calcium in het noordoosten van de Wieden**

Het noordoosten van de Wieden staat onder grote invloed van polder Broammeule. Het grootste deel van de polderafvoer stroomt weliswaar via de Benedenstouwe richting het kanaal Beukers-Steenwijk, maar feitelijk is het gehele watersysteem ten noorden van het Bovenwilde sterk doorstroomd met water uit Broammeule. Dat leidt tot een forse belasting van fosfor en calcium in dit deel van het deelgebied. In droge zomermaanden trekt er water vanuit het kanaal Beukers-Steenwijk hier het deelgebied in. Op die momenten veroorzaken vooral polder Giethoorn en (in veel mindere mate) ook van Zuidveen en De Deukten een grote P- en Ca-belasting.

Het (hoofd)watersysteem ten zuiden van het Bovenwilde (onder andere het Zuideindigerwilde, Hoosjesgracht en de Brouwersgaten) ligt geïsoleerder dan het noordelijk deel. Hierdoor is de fosfor- en calciumbelasting relatief laag. Hier is invloed vanuit het zuiden van polder Veldweg.

De metingen van fosfor en calcium die tussen april 2018 en februari 2020 zijn uitgevoerd laten zien dat in het meer geïsoleerde zuiden van dit deelgebied vaak voldaan wordt aan de grenswaarde van

---

---

P (<0,04 mg P/l). In het noorden, gemeten in de Benedenstouwe, zijn de P-concentraties vaak hoger en wordt niet aan de grenswaarde voldaan. Voor calcium is dit precies andersom: het deel van het hoofdwatersysteem met de grootste invloed van Broammeule heeft hoge calciumconcentraties (vrijwel altijd >50 mg Ca/l). Verder naar het zuiden toe neemt de Ca-concentratie af (naarmate het watersysteem geïsoleerder komt te liggen). Zowel in het Bovenwilde als in de Brouwersgaten is de calciumconcentratie in de zomer van 2019 sterk gedaald (tot 40 mg Ca/l).

---

#### *Fractieverdeling in het deelgebied*

Vanuit polder Broammeule is er jaarrond afvoer op de Benedenstouwe. De fractieverdeling op segment 809 bestaat dan ook het gehele jaar voor vrijwel 100 % uit water dat afkomstig is uit polder Broammeule (afbeelding 4.23). De afvoer van Broammeule vormt eigenlijk overal in dit deelgebied een groot deel van de samenstelling van het oppervlaktewater.

Het grootste deel van de afvoer van polder Broammeule stroomt via de Benedenstouwe in westelijke richting naar het Molengat en het begin van de Thijssengracht. In een afvoersituatie stroomt er via die route veel water naar het kanaal Beukers-Steenwijk. In een aanvoersituatie stroomt er juist water vanuit het kanaal Beukers-Steenwijk naar het Molengat en de Thijssengracht, het deelgebied in. Vanuit het Molengat stroomt er vrijwel altijd water in zuidelijke richting naar de Bovenwilde. Een klein deel van de afvoer van polder Broammeule gaat via de Stouwe in zuidelijke richting naar de Bovenwilde. Een ander klein deel van de afvoer van Broammeule stroomt in noordelijke richting de Stouwe op. Dit is terug te zien in de fractieverdeling van segment 531 in de Noordse Stouwe, waarin een groot aandeel van polder Broammeule afkomstig is (afbeelding 4.23).

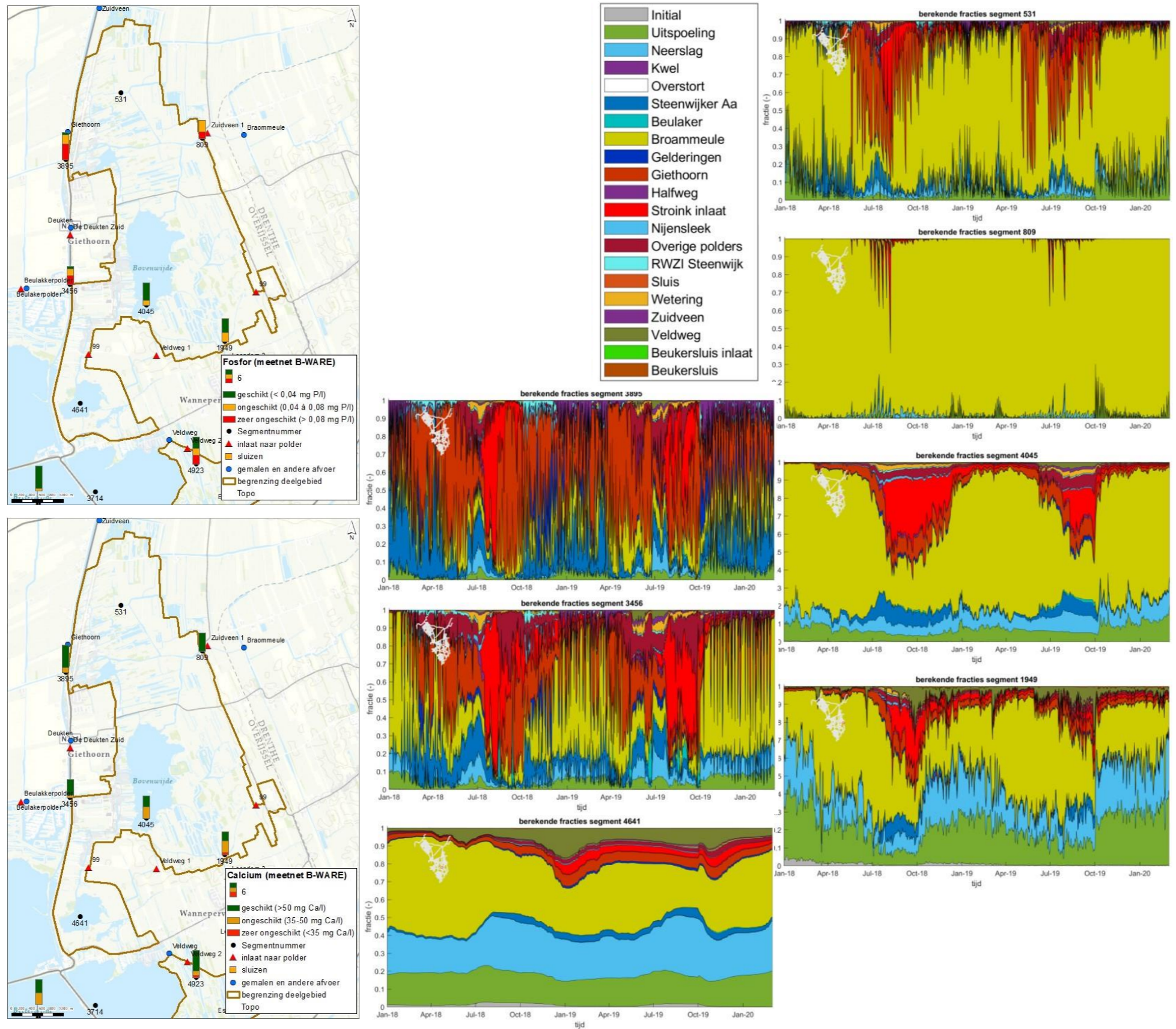
Op momenten met weinig afvoer vanuit polder Broammeule trekt er water vanuit het kanaal Beukers-Steenwijk en de Belterwilde-Oost het deelgebied in (afbeelding 4.23). In het kanaal Beukers-Steenwijk (segmenten 3895 en 3456) is de stroomrichting het grootste deel van het jaar in zuidelijke richting. Het water van de Steenwijker Aa en de polders Giethoorn, Broammeule, Zuidveen en De Deukten wordt op die manier afgevoerd naar de Beulakerwilde (en gemaal Stroink). In erg droge perioden is de stromingsrichting in het kanaal Beukers-Steenwijk echter van zuid naar noord. Door de inlaat nabij Stroink wordt er water vanuit de Beulakerwilde het kanaal 'ingeduwd'. Na enige tijd bereikt het inlaatwater het kanaal om vervolgens enige tijd 80-90 % van de waterfractie in het kanaal te beslaan. De samenstelling van het water in het kanaal Beukers-Steenwijk is vervolgens in deze droge periode (mede) bepalend voor de samenstelling van het water in het noordoostelijk deelgebied van de Wieden.

De instroming vanuit het kanaal is in de fractieverdelingen van segmenten 531 (Noordse Stouw), 4045 (Bovenwilde) en 1949 (Brouwersgaten/Hoosjesgracht) goed terug te zien. In het begin van de zomer is er een toename van het aandeel van water vanuit polders Giethoorn en De Deukten (in de legenda van de fractieplaatjes staat deze onder 'Overige polders') en de Steenwijker Aa. Op dat moment is de stroomrichting in het kanaal nog van noord naar zuid. Later in de zomer, als de stromingsrichting in het kanaal is gedraaid, trekt er vooral inlaatwater uit het Vollenhovermeer het gebied in. In de Brouwersgaten en Hoosjesgracht is verder duidelijk een invloed van polder Veldweg aanwezig (segment 1949). Het gaat om water dat vanuit de Belterwilde-Oost via de Bovenboersevaart naar de Hoosjesgracht stroomt. Vanuit de Hoosjesgracht stroomt dit water verder in oostelijke en zuidelijke richting naar de Brouwersgaten en de Haagjesgracht.

Het kranswierrijke Zuideindigerwilde ligt behoorlijk geïsoleerd en heeft een lange verblijftijd. Dat blijkt uit de fractieverdeling, die slechts beperkt en geleidelijk verschuift gedurende het jaar (segment 4641). Gebiedseigen water (neerslag en uitspoeling) vormt het hele jaar een aandeel van 40 à 50 %. Water uit polder Broammeule vormt daarnaast een aandeel van 30 à 50 %. In de zomer wordt onder invloed van een groot verdampingsverlies water aangetrokken wat leidt tot een iets grotere invloed van enkele andere bronnen (met name polder Veldweg vanuit zuidelijke richting en Giethoorn en Stroink inlaat vanuit het noorden).



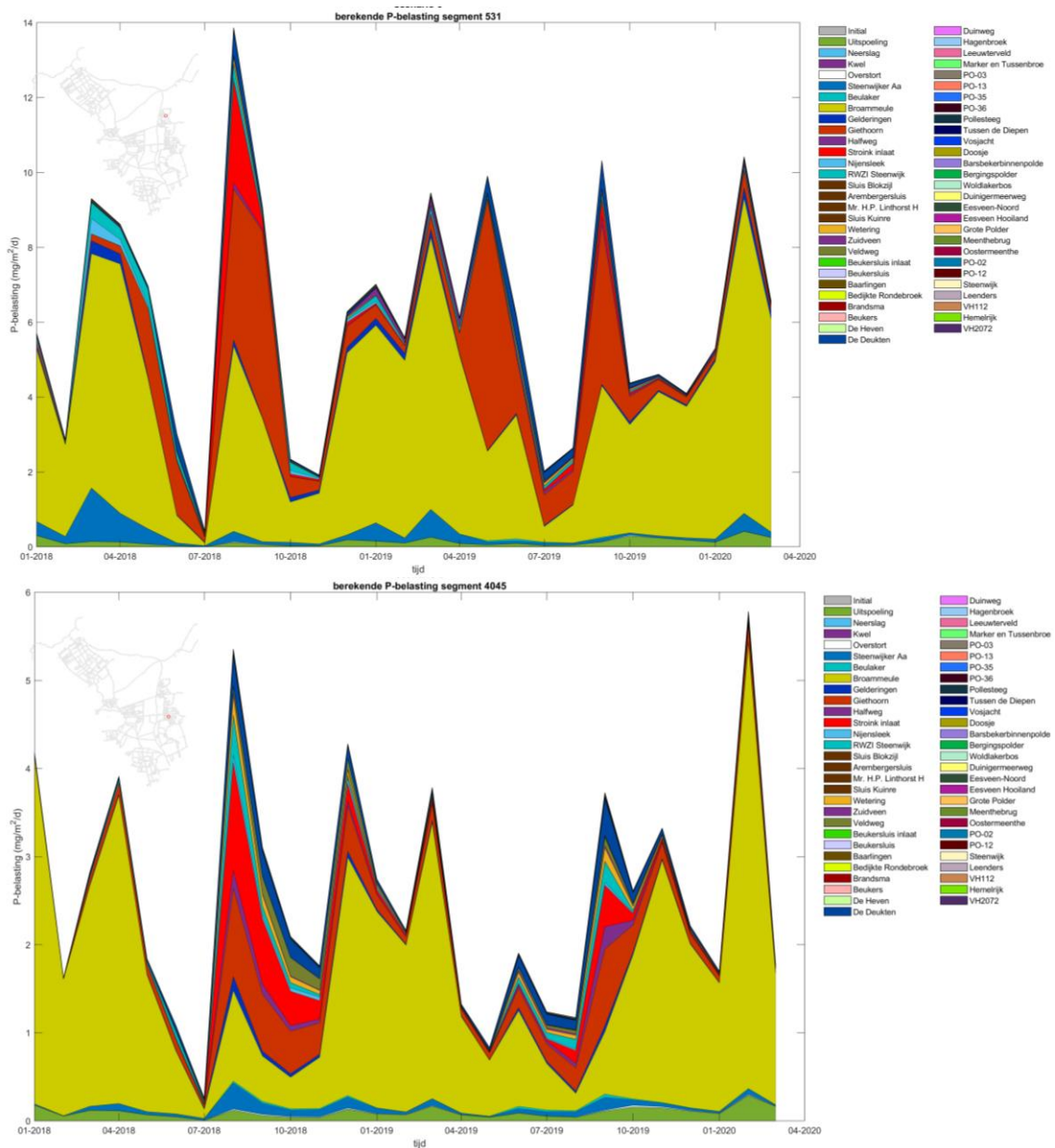
Afbeelding 4.23 Fractieplaatjes met de herkomst van het water voor relevante segmenten in het noordoosten van de Wieden. De 2 kaartjes tonen de ligging van de segmenten ter hoogte van corresponderende B-WARE meetlocaties en geven een impressie van de meetwaarden voor fosfor totaal en calcium over de periode april 2018-februari 2020 op de B-WARE meetlocaties



### Fosfor: herkomst en metingen

De afvoer van polder Broammeule en de verspreiding van dit water over het gehele noordoosten van de Wieden veroorzaakt het grootste deel van de fosforbelasting gedurende het grootste deel van het jaar, de zomer uitgezonderd (afbeelding 4.24 en afbeelding 4.25). In de drogere maanden, waarin de polderafvoer kleiner is en het deelgebied een watertekort heeft vanwege de verdamping en wegzijging, trekt er water vanaf het kanaal Beukers-Steenwijk het deelgebied in (en in het zuiden water vanuit de Kerkgracht en Belterwijde-Oost). Dit leidt in het noordelijke deel (Bovenwijde en de watergangen ten noorden daarvan) tot een P-belasting die afkomstig is uit polder Giethoorn en (in veel mindere mate) Zuidveen en De Deukten. Hierdoor is de P-belasting hier in de zomer vaak van vergelijkbaar niveau als in de winter (zie afbeelding 4.24). De Noordse Stouwe heeft een hoge P-belasting, vaak 6 à 8 mg P/m<sup>2</sup>/d. Ook het Bovenwijde heeft een vrije hoge P-belasting, vaak 2 à 4 mg P/m<sup>2</sup>/d. De laagste P-belasting treedt op wanneer polder Broammeule een lage P-concentratie en/of lage afvoer heeft (vaak in de zomer) maar er nog betrekkelijk weinig kanaalwater het deelgebied intrekt.

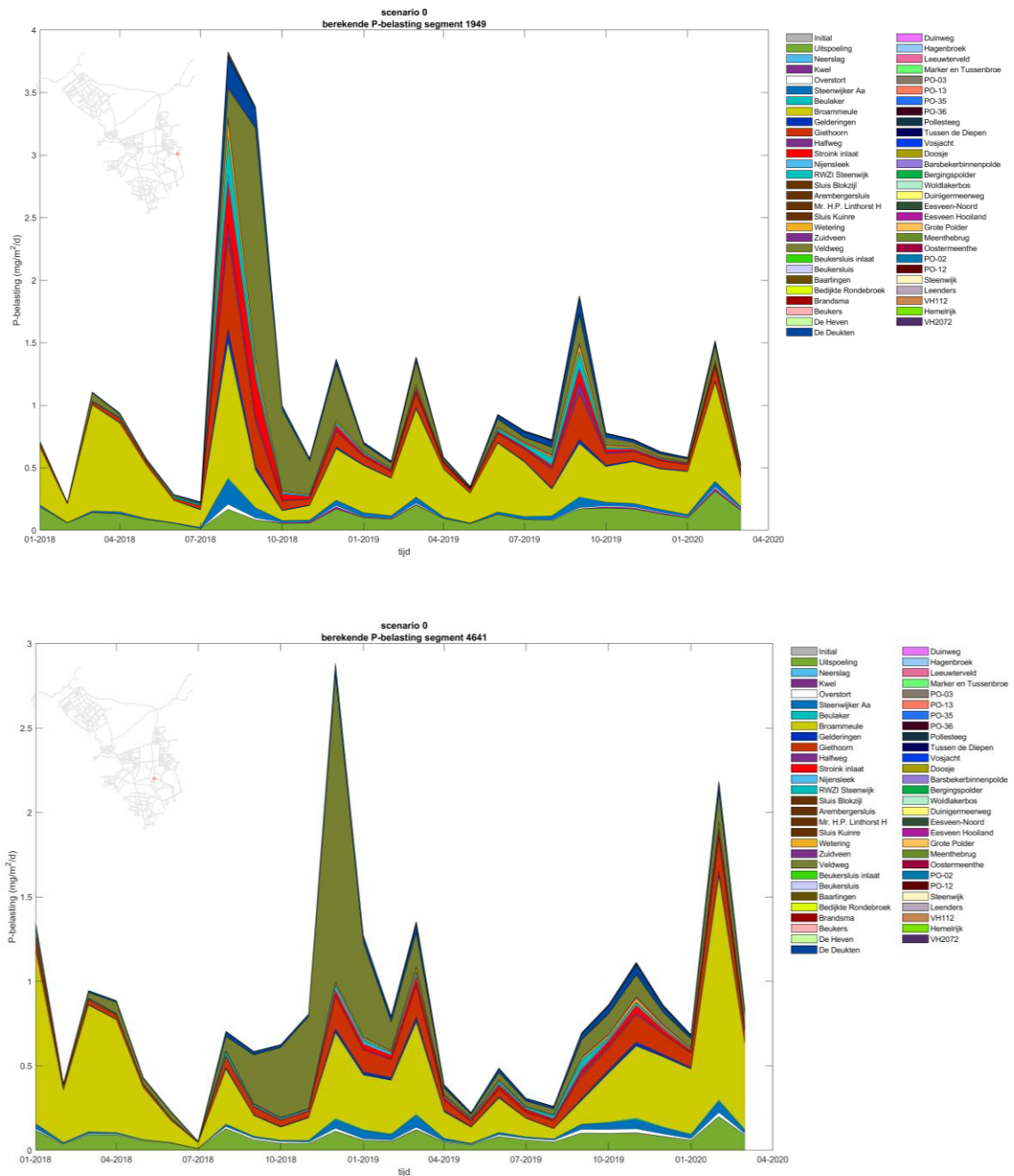
Afbeelding 4.24 P-belasting (maandgemiddeld in mg P/m<sup>2</sup>/d) in de Noordse Stouw (boven) en in de Bovenwijde (onder)





Ten zuiden van de Bovenwilde is een aanzienlijk deel van de fosforbelasting naast polder Broammeule vooral afkomstig uit polder Veldweg (afbeelding 4.25). In de Brouwersgaten is er vooral in de nazomer van 2018 een forse P-belasting uit deze polder. In het Zuideindigerwilde is dit enkele maanden later het geval. Dit is afhankelijk van de precieze stromingsrichting van water uit gemaal Veldweg, dat nogal kan verschillen. Verder valt op dat zowel in het Zuideindigerwilde als in de Brouwersgaten ook nog fosfor aanwezig is dat afkomstig is uit polder Giethoorn. In absolute zin ligt de P-belasting wel duidelijk lager dan in het noordelijke deel van dit deelgebied: vaak rond de 1 mg P/m<sup>2</sup>/d in de Brouwersgaten en vaak onder de 1 mg P/m<sup>2</sup>/d in het Zuideindigerwilde. Ook uit de zomer- en wintergemiddelde P-belasting die in afbeelding 4.12 ruimtelijk voor de hele boezem staat weergegeven, blijkt dat de fosforbelastingen ten noorden van het Bovenwilde aanzienlijk hoger zijn dan ten zuiden daarvan.

Afbeelding 4.25 P-belasting (maandgemiddeld in mg P/m<sup>2</sup>/d) in Brouwersgaten (boven) en de Zuideindigerwilde (onder)



Zoals getoond in hoofdstuk 3 bevat het water uit polder Broammeule in de zomer vrij lage P-concentraties (vaak 0,04 à 0,06 mg P/l), maar in de winter aanzienlijk hogere (0,10 à 0,20 mg P/l). In de Benedenstouwe ligt de P-concentratie dan ook altijd boven de grenswaarde van 0,04 mg P/l. In het Bovenwilde is de P-concentratie echter al lager en ligt vrijwel altijd onder de grenswaarde, oktober 2018 en januari 2019 uitgezonderd (toen 0,05 mg P/l). Aan de zuidkant van het deelgebied (in de meer geïsoleerde Brouwersgaten) lag de P-concentratie in 2018 vaak net boven de norm (0,05-0,06 mg P/l), maar in 2019 altijd er onder (0,01 à 0,03 mg P/l). Dit verschil tussen 2018 en 2019 is overigens niet te verklaren door een verschil in P-belasting, die was niet heel anders tussen beide jaren (ook de calciumconcentraties waren in 2019 lager dan in 2018; hieronder wordt ingegaan op een mogelijke verklaring).

In het kanaal Beukers-Steenwijk ligt de totaal P-concentratie vaak ruim boven de grenswaarde. Alleen in de zomermaanden juni, juli en augustus komt de concentratie soms rond de grenswaarde van 0,04 mg P/l te liggen. De rest van het jaar ligt de concentratie tussen de 0,08 en 0,25 mg P/l.

#### *Calcium: herkomst en metingen*

Net als voor fosfor is polder Broammeule een belangrijke bron van calcium voor het noordoosten van de Wieden. Het water uit polder Broammeule bevat relatief veel calcium: de concentratie ligt altijd tussen 50 en 70 mg Ca/l en voldoet dus altijd aan de grenswaarde voor de beoogde habitattypen in de boezem (van >50 mg Ca/l). Ook het kanaalwater dat in de zomer het gebied instroomt heeft doorgaans een vrij hoge calciumconcentratie, zeker zolang de stroomrichting in het kanaal van noord naar zuid is en er dus een grote invloed is van polder Giethoorn (met gemiddeld ruim 80 mg Ca/l) op het noordoosten van de Wieden. In erg droge zomers van 2018 en 2019 loopt de Ca-concentratie in het kanaal terug tot rond de 50 mg Ca/l door invloed van het inlaatwater uit Stroink.

In de Benedenstouwe ligt de Ca-concentratie altijd boven de grenswaarde van 50 mg Ca/l. In het Bovenwilde en in de Brouwersgaten ligt de Ca-concentratie in de winter vaak rond of iets boven de 50 mg Ca/l, maar in de zomer geregeld wat lager dan de grenswaarde. Vooral in de zomer van 2019 zijn de concentraties vrij ver gedaald, tot 40 mg Ca/l in augustus van dat jaar. Opvallend is dat in dezelfde maanden van 2019 ook de P-concentratie veel lager was dan in 2018. De berekende P-belasting gaf daar geen verklaring voor. Hetzelfde patroon is bovendien waargenomen in het zuidoosten van de Wieden. Een mogelijke verklaring is een hogere retentie van fosfor en calcium in het watersysteem van deze deelgebieden. Een belangrijk verschil met betrekking tot de retentie is dat augustus 2019 veel droger was dan augustus 2018 (afbeelding 4.1). Uit de in het SOBEK-model berekende debieten blijkt ook dat de debieten in augustus 2019 in dit deel van de boezem (net als in de rest van de boezem) veel lager waren dan in 2018 (afbeeldingen niet getoond). Het debiet, en daarmee de verblijftijd, is een belangrijke parameter voor de retentie: bij een lager debiet (in 2019) is de verblijftijd langer en daarmee de retentie groter.

## **Weerribben**

### *Inleiding*

De Weerribben is in de analyse als één deelgebied beschouwd, omdat er niet een logische hydrologische opdeling in kleinere deelgebieden kan worden gemaakt. Wel is er binnen de Weerribben een onderscheid te maken tussen meer en minder geïsoleerde delen. In de Weerribben ligt de zandbodem over het algemeen behoorlijk diep (circa 3 m). De aanwezige kraggen zitten dus vrijwel nergens vast aan de zandondergrond. Er is (vrijwel) overal sprake van wegzijging (gemiddeld genomen 1,7 mm/dag), waarbij de grootste wegzijging (tot circa 6 mm/dag) optreedt in de zuidoosthoek van het gebied, waar de Weerribben grenst aan de diepe polder Wetering. In de Weerribben komen de meeste habitattypen van het laagveenlandschap veelvuldig, verspreid en in goede kwaliteit voor. Het gaat dan om habitattypen H3150 Meren met krabbenscheer en fonteinkruiden, H7210 Galigaanmoerassen, H7140A Trilvenen, H7140B Veenmosrietlanden, H4010B Vochtige heiden en H91D0 Hoogveenbossen.

De Kalenbergergracht, die vanuit Ossenzijl naar het zuidoosten loopt, is de belangrijkste doorvoerroute voor het oppervlaktewater. Naast de Roomsloot, die de Weerribben in het zuidwesten verbindt met de rest van de boezem, zijn beide uiteindelijk van de Kalenbergergracht de enige hydrologische verbindingen met de rest van de boezem. Ter hoogte van Ossenzijl staat de Kalenbergergracht in open verbinding met het kanaal Steenwijk-Ossenzijl en (via de Ossenzijlersloot) met de Linde, die zowel in het westen als het oosten

'doodloopt' op een sluzencomplex. Het kanaal Steenwijk-Ossenzijl vormt de noordoostelijke begrenzing van de Weerribben. Langs deze 'grens' is geen wateruitwisseling tussen het kanaal en de Weerribben. Ten oosten en zuidoosten liggen de diepe polders Gelderingen (voert af op het kanaal Steenwijk-Ossenzijl) en Wetering (die afvoert op de Wetering, wat hydrologisch gezien feitelijk een verlengde van de Kalenbergergracht is). In het noorden en westen ligt de Weerribben tegen enkele polders aan, die afwateren op de Weerribben (Pollesteeg, Bedijkte Rondebroek, PO-35 en PO-36).

Dwars op en parallel aan de Kalenbergergracht doorkruisen een groot aantal watergangen de Weerribben. Alhoewel deze watergangen wel onderdeel zijn van het hoofdwatersysteem, is het debiet in deze watergangen meestal beduidend lager dan in de Kalenbergergracht. Aan dit hoofdwatersysteem liggen weer diverse petgatcomplexen en kleinere slotjes, die het haarvatensysteem vormen. In dit hoofdstuk is alleen het hoofdwatersysteem beschreven.

---

### **Samenvatting verspreiding water, fosfor en calcium in de Weerribben**

De Weerribben vormen hydrologisch gezien een duidelijk af te bakenen deelgebied. Er zijn slechts 3 'waterverbindingen' met de rest van de boezem: de aansluiting van de Kalenbergergracht in het noorden bij Ossenzijl op kanaal Steenwijk-Ossenzijl en in het zuidoosten op de Wetering, en in het zuiden de Roomsloot die een verbinding vormt met het Giethoornse meer. In het noorden stroomt in de winter de waterafvoer van de diverse polders die rondom Ossenzijl liggen de Weerribben in. Afhankelijk van de stromingsrichting in de grote boezemkanalen betreft dit soms ook water vanuit Gelderingen. Zodra er in het voorjaar of zomer een watervraag ontstaat in de Weerribben (vanwege de verdamping en de forse wegzijging in dit deelgebied), trekt hier in het noorden veel water uit Gelderingen naar binnen (en ook wel uit de Steenwijker Aa en bronnen rondom Steenwijk en polder Giethoorn).

In de winter is de stromingsrichting door de Weerribben grofweg van noord naar zuid. Zodra het neerslagoverschot afneemt, stroomt er echter al snel water vanuit polder Wetering het zuid(oosten) van het deelgebied in, de Kalenbergergracht op. Evenzo is er in drogere tijden instroming via de Roomsloot (met name water uit polder Halfweg in Stroink inlaat).

De P-belasting van de Weerribben is behoorlijk groot, vooral in de Kalenbergergracht. Aan de noordkant zijn 's winters polder Gelderingen, Hagenbroek, Grote polder, Marker en Tussenbroek en Bedijkte Rondebroek belangrijke bronnen van fosfor. 's Zomers zijn met name Gelderingen, RWZI-Steenwijk en Giethoorn (en in mindere mate de Steenwijker Aa, inlaat Stroink, Halfweg en Nijsensleek) belangrijke bronnen waarvan de P-belasting in het gehele noordelijke deel van de Weerribben is terug te zien. De zuidkant van de Kalenbergergracht heeft een nog hogere P-belasting, die vooral veroorzaakt wordt door water uit polder Wetering en polder Halfweg. Deze belasting is terug te zien in alle (hoofd)watergangen in het zuidelijke deel van de Weerribben.

In de Kalenbergergracht ligt de totaal P-concentratie zelden onder de grenswaarde van 0,04 mg P/l en geregeld zelfs boven de 0,08 mg P/l. In de rest van het hoofdwatersysteem van de Weerribben ligt de totaal P-concentratie meestal onder de 0,04 mg P/l, soms iets daarboven maar zelden boven de 0,08 mg P/l. De calciumconcentratie voldoet vrijwel altijd en overal aan de grenswaarde van 50 mg/l. De calciumconcentratie is het hoogste in de Kalenbergergracht, met vaak waarden van 60 à 70 mg Ca/l. De belangrijkste bronnen voor calcium zijn polder Gelderingen en polder Wetering.

---

### *Fractieverdelingen in het deelgebied*

De Linde vormt het meest noordelijke deel van de boezem. Dit betreft een afgesloten deel van de Linde waar geen sprake is van vrije afwatering. In het oosten is dit deel van de Linde afgesloten door de Driewegsluis en Linthorst Homansluis en in het westen door de sluis in Kuinre. 2 vrij grote polders wateren af op dit deel van de Linde, namelijk de polder Marker en Tussenbroek (ruim 500 ha) in het oosten en de polder Bedijkte Rondebroek (circa 950 ha) in het westen. Daarnaast is er (vooral in het zomerhalfjaar) instroming via de sluisen. Uit de fractieverdeling op het punt waar de Linde is aangesloten op de Ossenzijlersloot (segment 2546) blijkt echter dat er alleen in de meest natte perioden water vanuit beide polders in zuidelijke richting naar de Weerribben stroomt (afbeelding 4.26). Dit komt doordat er ook sprake is van inlaten naar de 2 genoemde polders en de Rottige Meente (niet opgenomen in het SOBEK-model). In beide polders is er

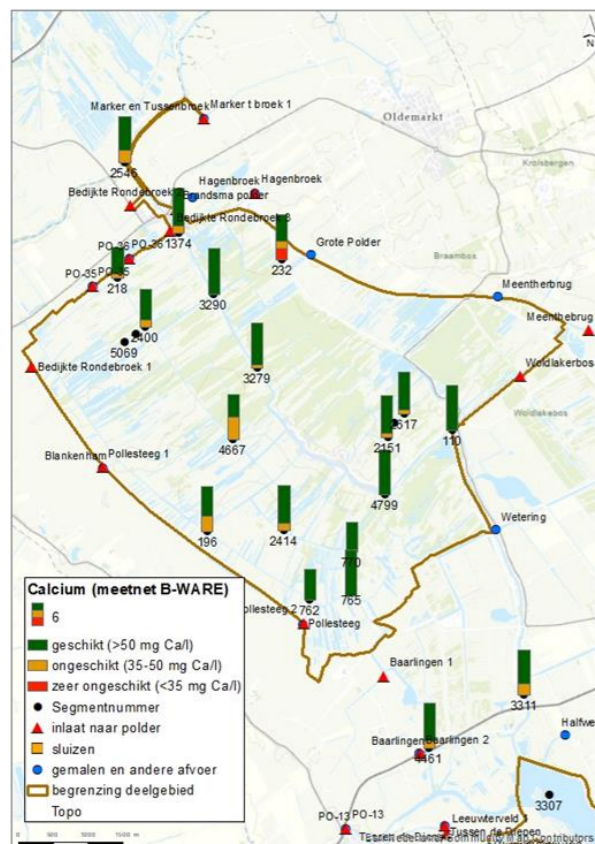
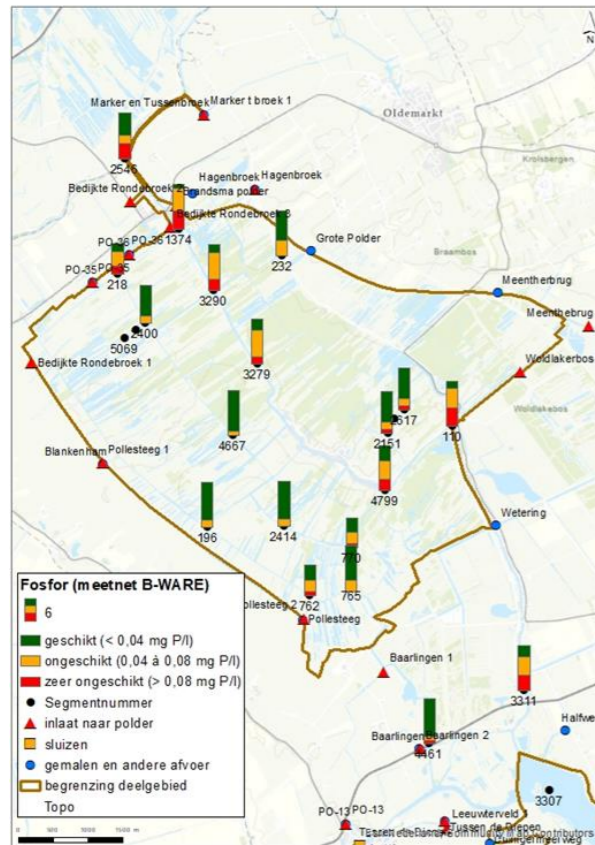
sprake van wegzijging naar het diepere grondwater, waardoor er bij een neerslagtekort al snel water ingelaten wordt. Op dat moment stroomt er water vanuit kanaal Steenwijk-Ossenzijl de Linde op. In het voorjaar betreft dat vooral water uit polder Gelderingen en (iets later in het jaar) uit de Steenwijker Aa (inclusief Nijensleek en de RWZI) en polder Giethoorn. Later in de zomer van 2018 en 2019 was er zelfs sprake van water uit het Vollenhovermeer (inlaat Stroink). Opvallend genoeg bereikt het schutwater dat via de sluisen wordt ingelaten dus alleen in de winter de splitsing met de Ossenzijlersloot: in de zomer is er instroming vanuit de boezem de Linde op (naar de inlaten bij de polders Marker en Tussenbroek en Bedijkte Rondebroek), in de winter stroomt het polderwater van beide polders en het schutverlies van de sluisen de boezem op.

Direct ten zuiden van Ossenzijl (segment 1374) kruisen het kanaal Steenwijk-Ossenzijl, de Kalenbergergracht (die in zuidelijke richting de Weerribben ingaat) en de Ossenzijlersloot (die in noordelijke richting de verbinding met de Linde vormt). In droge perioden met een neerslagtekort wordt het water hier de Weerribben 'ingetrokken'. Maar ook op andere momenten is de stroomrichting hier vaak naar het zuiden toe gericht, oftewel de Weerribben in. In een afvoersituatie betreft dit enerzijds water dat via kanaal Steenwijk-Ossenzijl wordt aangevoerd (bestaande uit de polderafvoer van de kleinere polders die ten noorden van het kanaal liggen; Meenthebrug, Grote Polder, Hagenbroek en Brandsma, en is sommige gevallen ook vanuit de diepe polder Gelderingen) en anderzijds de polderafvoer van de 2 op de Linde afvoerende polders; Marker en Tussenbroek en Bedijkte Rondebroek). In natte perioden kan de stroomrichting in het noordelijk deel van de Kalenbergergracht overigens behoorlijk schommelen. De stroomrichting hangt dan af van (a) het neerslagoverschot in de Weerribben, (b) de afvoeren van polders Wetering en Gelderingen (die het afvoerwater de Weerribben kunnen 'indrukken') en (c) de afvoeren van de Steenwijker Aa en polder Giethoorn (die regelmatig voorkomen dat het water van polder Gelderingen via het kanaal Beukers-Steenwijk kan worden afgevoerd en daardoor de Weerribben wordt 'ingedrukt'). Het nettoresultaat is lastig te voorspellen en verschilt per moment, waarbij lokale neerslagpieken, afvoersnelheden en -weerstanden bepalend zijn. Soms stroomt het neerslagoverschot in het noorden van de Weerribben het gebied uit via kanaal Steenwijk-Ossenzijl en soms gaat de afvoer dwars door de Weerribben heen via een zuidelijk gerichte stroming in de Kalenbergergracht.

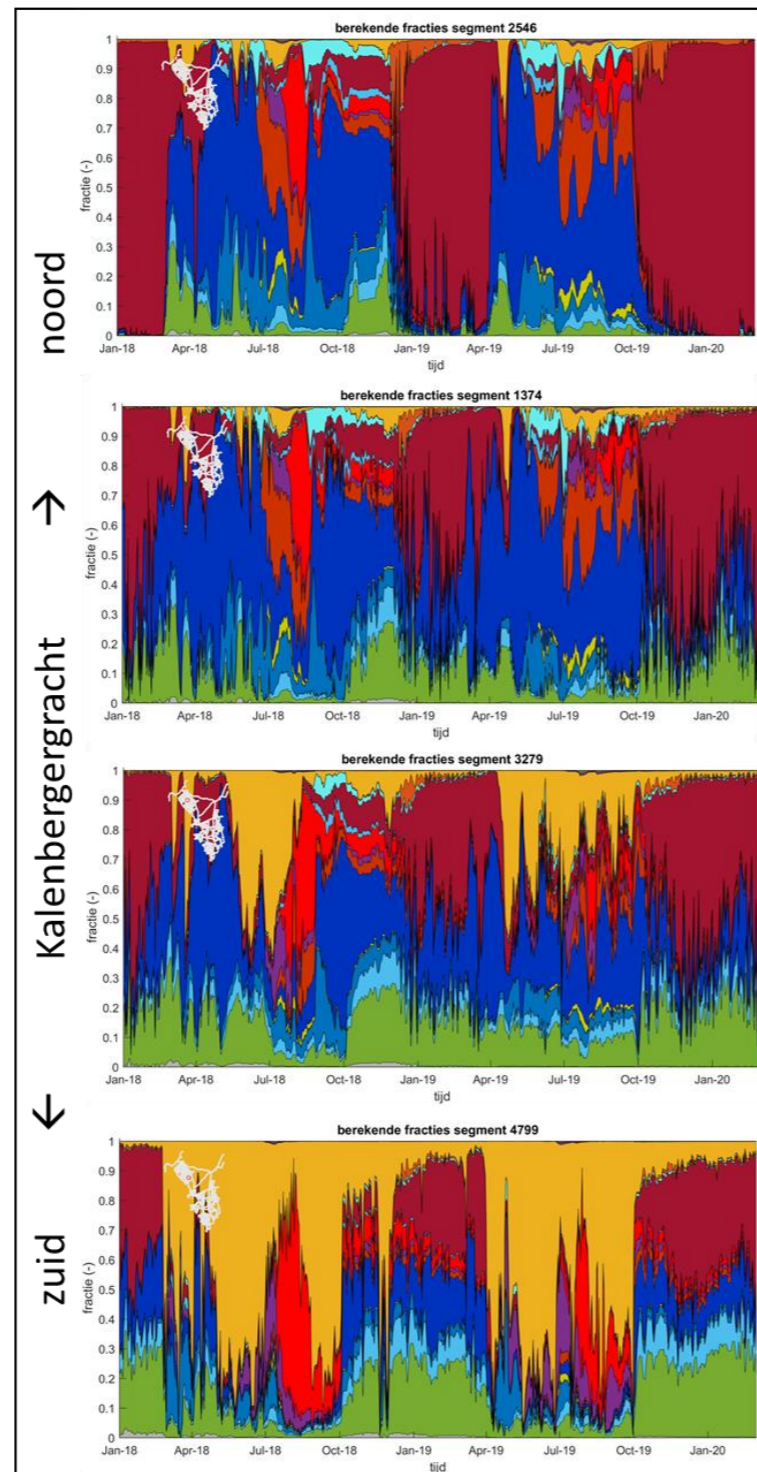
In een drogere perioden wordt er via het kanaal Steenwijk-Ossenzijl soms water uit de Steenwijker Aa, polder Nijensleek en RWZI-Steenwijk aangevoerd naar de Weerribben en in de meest droge maanden wordt er via deze noordelijke route zelfs water vanuit het Vollenhovermeer (inlaat Stroink) en de polders Giethoorn en Halfweg aangevoerd naar de Weerribben.



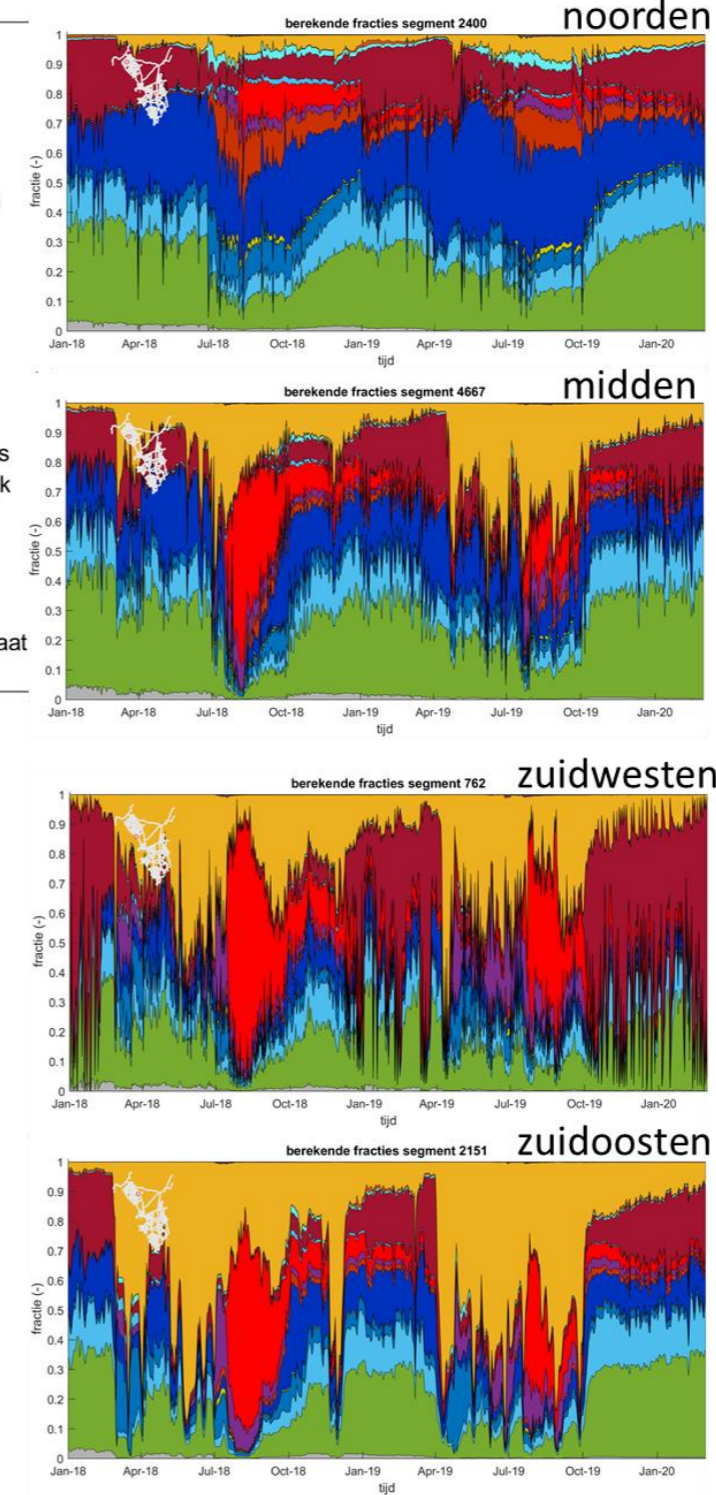
Afbeelding 4.26 Fractieplaatjes met de herkomst van het water voor relevante segmenten in de Weerribben. De 2 kaartjes tonen de ligging van de segmenten (ter hoogte van corresponderende B-WARE meetlocaties) en geven een impressie van de meetwaarden voor fosfor totaal en calcium over de periode april 2018-februari 2020 op de B-WARE meetlocaties



### Hoofdwatersysteem – Kalenbergergracht



### Hoofdwatersysteem – overige delen





Na de eerste kilometer in de Kalenbergergracht (segment 3290; niet getoond) is de watersamenstelling nog nauwelijks anders, behalve een net iets grotere bijdrage van gebiedseigen water en van polder Wetering. Nog weer een kilometer verder (segment 3279) is de invloed van polder Wetering beduidend groter, vooral in de zomer (afbeelding 4.26). In de winter is de stromingsrichting hier (vrijwel) altijd naar het zuiden gericht. In de zomer klappt de stromingsrichting hier geregeld om, en zijn de debieten (in beide richtingen) gering. Dit punt in de Kalenbergergracht is ongeveer de plek waar in de zomer het water vanuit polder Gelderingen (via het noorden) en polder Wetering (via het zuiden) elkaar ontmoeten.

Dat er in de zomer ook vanuit het zuiden water de Weerribben wordt ingetrokken, blijkt overduidelijk uit de fractieverdeling op segment 4799 (afbeelding 4.26). In de meest natte maanden in de winter is de stroomrichting hier naar het zuiden gericht en bestaat de fractie uit gebiedseigen water, water uit de polder Gelderingen en water uit de overige polders die ten noorden van het kanaal Steenwijk-Ossenzijl liggen. Echter, op momenten met een neerslagtekort is de stromingsrichting duidelijk het gebied in. Het instromende water is dan afkomstig uit polders Wetering en (in veel mindere mate) Halfweg. Daarnaast stroomt er vanaf half juli 2018 en 2019 ook water dat afkomstig is uit het Vollenhovermeer (inlaat Stroink) via deze route de Weerribben in. In juli 2018 stroomde hier circa 1,7 miljoen m<sup>3</sup> water de Kalenbergergracht in. Ter vergelijking: de totale afvoer vanuit polder Wetering was in die maand circa 0,8 miljoen m<sup>3</sup>. Het verschil betreft dus water uit polder Halfweg en (vooral) de inlaat nabij Stroink. Zowel de waterafvoer (de Weerribben uit) als de wateraanvoer (de Weerribben in) gaat/komt op dit punt (segment 4799) hoofdzakelijk in/vanuit de richting van de Wetering en nauwelijks in/uit de Heer van Diezenvaart.

De Kalenbergergracht is echter niet de enige zuidelijk gelegen aan- en afvoerroute van de Weerribben. Bij het plaatje Nederland is ook een waterverbinding met de rest van de boezem, namelijk via de Roomsloot. In natte perioden wordt hier water vanuit de Weerribben afgevoerd, terwijl er in droge maanden water de Weerribben inkomt. De herkomst van dit water is voornamelijk polder Halfweg en het Vollenhovenmeer (via sluis Blokzijl én inlaat Stroink). In juli 2018 is op dit punt ongeveer een 0,5 miljoen m<sup>3</sup> water de Weerribben ingekomen.

In de rest van het hoofdwatersysteem van de Weerribben is in de wintermaanden meer gebiedseigen water aanwezig dan in de Kalenbergergracht (zie de fractieverdelingen aan de rechterkant in afbeelding 4.26). Zodra het droger wordt neemt het aandeel gebiedseigen water echter overal vrij snel af en gaat de watersamenstelling sterk lijken op die in de Kalenbergergracht, met daarin verschillen tussen het noorden en westen (invloed via kanaal Steenwijk-Ossenzijl) en zuiden (invloed via Wetering en Roomsloot)<sup>1</sup>. Grofweg kan het volgende onderscheid gemaakt worden (afbeelding 4.26):

- het noorden van de Weerribben (segmenten 2400 en 232): in de winter bestaat 50-60 % van het water uit gebiedseigen water (neerslag en uitspoeling). Daarnaast is er dan veel water uit polder Gelderingen aanwezig (circa 20 %) en water uit 'Overige polders' (dat zijn net als in de Kalenbergergracht vooral de polders langs de Linde en langs het kanaal; circa 20 %). In het voorjaar neemt het aandeel van polder Wetering toe tot 10-20 % door een geleidelijke aanvoer vanuit het zuiden van de Weerribben. In de zomer neemt het gebiedseigen water sterk af tot 5-10 % (2018) en 10-30 % (in 2019). Polder Gelderingen blijft dan een grote fractie houden, maar er is dan ook water vanuit het Vollenhovermeer (inlaat Stroink) en de polders Giethoorn en Wetering aanwezig (10-30 % per bron). Tevens is er wat water uit polder Halfweg en het RWZI-Steenwijk aanwezig. In de zomer wordt al dit water grotendeels aangevoerd vanuit het noorden via het kanaal Steenwijk-Ossenzijl;
- het midden van de Weerribben (segmenten 4667, 196 en 2414): de fractieverdelingen zijn in hoofdlijnen vergelijkbaar met het noorden van de Weerribben, maar de invloed vanuit polder Wetering (vanuit het zuiden) is hier een stuk groter en er is minder water uit polder Gelderingen aanwezig. Daarnaast is er hier vrijwel geen water uit polder Giethoorn aanwezig en is er in de zomer van 2018 meer water uit het Vollenhovermeer (inlaat Stroink) aanwezig. Daarnaast is er in het zuidelijke middengedeelte van de Weerribben (segment 2414) enige invloed van water uit polder Halfweg zichtbaar. Uit de fractieverdelingen blijkt dat de zuidelijke aanvoerroute in het middengedeelte van de Weerribben dominant is dan de noordelijke aanvoerroute via kanaal Steenwijk-Ossenzijl;

---

<sup>1</sup> De invloed van de polders die direct op de Weerribben afwateren (Pollesteeg, PO-35 en PO-36) is gering en op enige afstand van de poldergemalen al nauwelijks terug te zien in de fractieverdeling.

- het zuidwesten van de Weerribben (segmenten 762, 765 en 770): de fractieverdelingen lijken behoorlijk sterk op die van het middengedeelte van de Weerribben. In dit gebied is in de winter invloed zichtbaar van het water uit Pollesteeg, dat zich in een afvoersituatie overigens niet ver door de Weerribben verspreid omdat het hoofdzakelijk richting de Roomsloot trekt en zo wordt afgevoerd. Wat verder opvalt, is de relatief grote invloed van polder Halfweg in de zomer (tot enkele tientallen procenten);
- het zuidoosten van de Weerribben (segmenten 2617 en 2151): de samenstelling van het water verandert hier vaak in vrij korte tijd. In de winter bestaat het water voor circa 50 % uit gebiedseigen water. Zodra het droger wordt is de fractie van polder Wetering 50 tot 80 % (als gevolg van een aanvoer via de Wetering), tot het moment dat de afvoer van Wetering zelf afneemt en er vooral inlaatwater van het Vollenhovermeer (inlaat Stroink) binnenstroomt. De samenstelling op dit punt lijkt sterk op het zuidelijk deel van de Kalenbergergracht.

#### *Fosfor: herkomst en metingen*

Uit de beschrijving van de waterstromen hierboven volgt dat er eigenlijk maar 3 punten zijn waar water vanuit 'de rest van de boezem' de Weerribben in kan stromen: 1) bij Ossenzijl stroomt water vanuit de Linde en vanuit het kanaal Steenwijk-Ossenzijl de Kalenbergergracht in (segment 1374), 2) in het zuidoosten is er de verbinding via de Wetering (segment 4799 in het zuiden van de Kalenbergergracht) en in het zuidwesten is er de verbinding via de Roomsloot (segment 4461, Roomsloot ter hoogte van de Blokzijlseweg). Dit zijn dus ook de punten om naar te kijken voor wat betreft de fosfor (en calcium) belasting van de Weerribben, waarbij rekening moet worden gehouden met het feit dat er lang niet altijd water het gebied instroomt op deze punten (alleen bij het noordelijke punt (1) stroomt er praktisch jaarrond water de Weerribben in, bij de 2 zuidelijke punten (2, 3) vrijwel alleen in drogere perioden waarin het gebied zelf een watervraag heeft). Daarnaast zijn er enkele polder(tje)s die direct afwateren op de Weerribben (PO-35, PO-36 en Pollesteeg, waarvan deze laatste verreweg de grootste is) en dus een fosfor- en calciumbelasting veroorzaken (al is de P-concentratie van dit polderwater betrekkelijk laag, gemiddeld rond de 0,06 mg P/l, waardoor de resulterende P-vracht gering is, zie ook afbeelding 3.11).

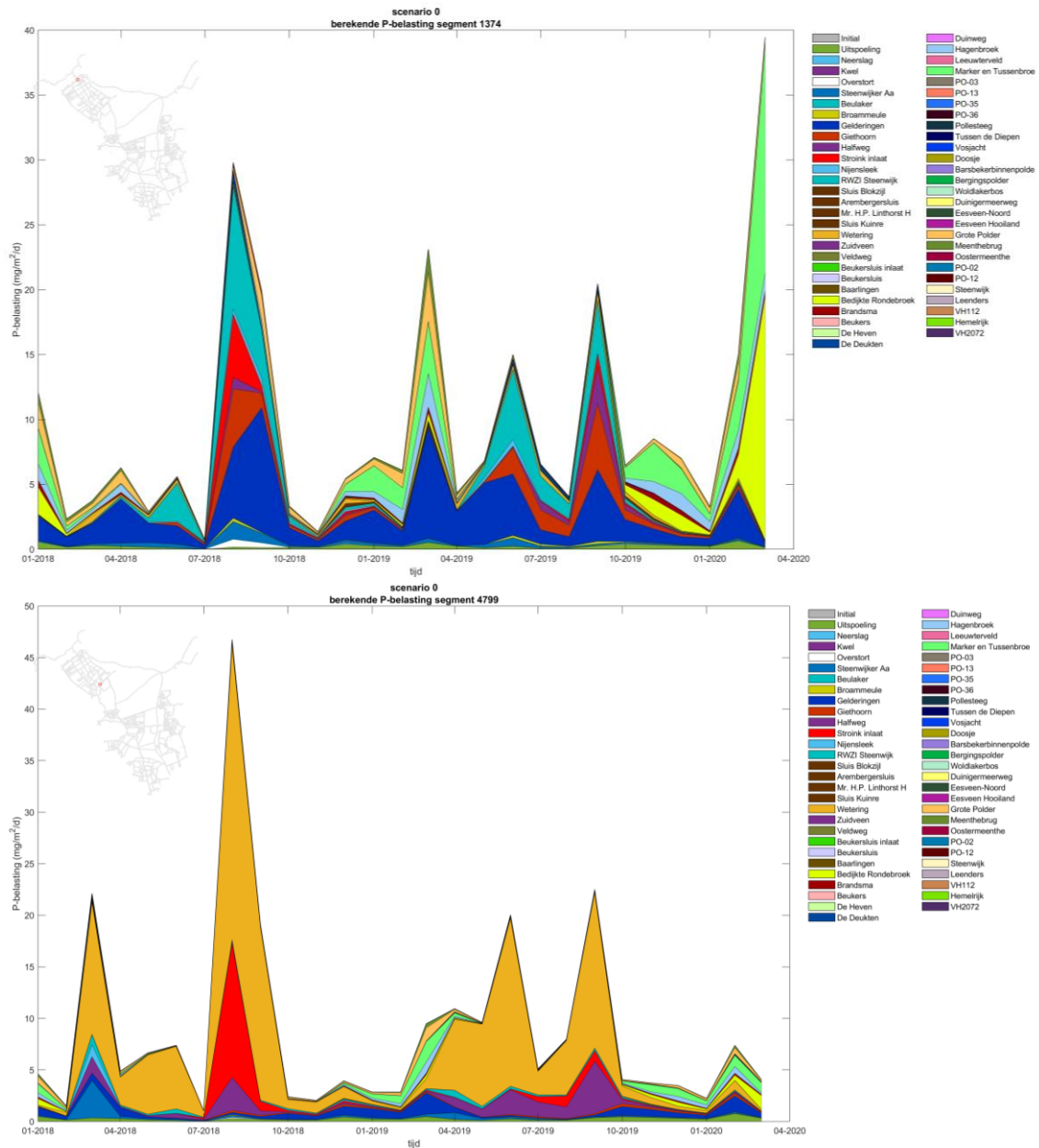
Bij het 'noordelijke instroompunt' zijn er 2 situaties te onderscheiden met (zeer) hoge fosforbelastingen (afbeelding 4.27):

- erg natte maanden, met in de polders die hier van invloed zijn uitzonderlijke hoge P-concentraties. Dit was het geval in maart 2019 (met de grootste P-belasting door Gelderingen, Hagenbroek, Grote polder en Marker en Tussenbroek) en februari 2020 (met de grootste P-belasting door Bedijkte Rondebreek en Marker en Tussenbroek) (zie de kaarten in bijlage I voor de P-concentraties per polder);
- erg droge maanden zoals juli en augustus 2018 en vrijwel het gehele zomerhalfjaar van 2019. In deze perioden is de stroomrichting in het kanaal Steenwijk-Ossenzijl richting Ossenzijl, met als gevolg dat de volledige waterafvoer van polder Gelderingen, maar ook water van de Steenwijker Aa, RWZI-Steenwijk en Giethoorn naar de Weerribben stroomt (zie ook de fractieverdelingen aan het begin van het kanaal nabij Steenwijk in afbeelding 4.14). Dit veroorzaakt in het noorden van de Kalenbergergracht een hoge P-belasting door met name Gelderingen, RWZI-Steenwijk, en Giethoorn (en in mindere mate door de Steenwijker Aa, inlaat Stroink, Halfweg en Nijsensleek). Deze bronnen zijn duidelijk terug te zien in de P-belasting van het gehele noordelijke deel van de Weerribben.

Vanuit de Wetering, het zuidwestelijke verbindingspunt tussen de Weerribben en de rest van de boezem, is er met name in de drogere maanden een hoge P-belasting de Weerribben in, met name afkomstig uit polder Wetering en in mindere mate uit polder Halfweg. In maanden met een beperkt neerslagoverschot ontstaat er hier al heel snel een watertrek de Weerribben in (om de wegzijging, plus in het zomerhalfjaar de verdamping te compenseren). Vanwege het droge voorjaar in zowel 2018 als 2019 zien we een hoge P-belasting gedurende het zomerhalfjaar (en een lager P-belasting in het winterhalfjaar). Hier bovenop komt nog het effect van de aanvoersituatie voor de boezem als geheel: door de inlaat van water uit het Vollenhovenmeer (bij Stroink) ontstond er in juli 2018 en juli en augustus 2019 een omgekeerde stroomrichting in de gehele boezem, waardoor het water uit Wetering en Halfweg de Weerribben werd ingedrukt. Dit beeld van de P-belasting in het zuiden van de Kalenbergergracht is terug te zien in alle (hoofd)watergangen in het zuidelijke deel van de Weerribben.

Het zuidwestelijke verbindingspunt, De Roomsloot, heeft doorgaans een veel lager debiet dan de Wetering en voert daardoor ook minder fosfor aan. Het patroon is in grote lijnen hetzelfde als voor de Wetering, met als belangrijk verschil een grotere bijdrage van polder Halfweg en een kleinere bijdrage van polder Wetering.

Afbeelding 4.27 P-belasting (maandgemiddeld in mg P/m<sup>2</sup>/d) aan het begin van de Kalenbergergracht bij Ossenzijl (boven) en aan het zuidelijke uiteinde van de Kalenbergergracht bij de aansluiting op de Wetering (onder)



De Weerribben hebben gemiddeld genomen een hogere P-belasting in de zomer dan in de winter. Dit blijkt ook duidelijk uit de ruimtelijke kaartjes met de zomer- en wintergemiddelde P-belasting (zie afbeelding 4.12). In diezelfde afbeelding is te zien dat het zuidelijk deel van de Weerribben een hogere P-belasting heeft dan het noordelijke deel. De P-belasting is het hoogste in de Kalenbergergracht en neemt af naarmate de afstand daartoe groter wordt. Ook in de winter heeft de Kalenbergergracht een iets hogere P-belasting; dan vooral veroorzaakt vanuit noordelijke richting (instroming bij Ossenzijl). Die belasting verspreidt zich dan nauwelijks door het gebied, maar blijft in de Kalenbergergracht.



De totaal P-concentraties laten een duidelijk onderscheid zien tussen de Kalenbergergracht en de andere watergangen van het hoofdwatersysteem in de Weerribben. In de Kalenbergergracht ligt de totaal P-concentratie zelden onder de norm van 0,04 mg P/l, en de concentratie is geregeld zelfs hoger dan 0,08 mg P/l (afbeelding 4.26). Dergelijk hoge concentraties zijn enkel in het winterhalfjaar (tussen oktober en maart) gemeten. De hoogste concentraties zijn gemeten tijdens de meetronde van februari 2020: Dit was ook het moment met een zeer hoge P-belasting in de Kalenbergergracht. In de zomermaanden ligt de P-concentratie doorgaans tussen de 0,04 en 0,08 mg P/l. De laagste concentraties in de Kalenbergergracht deden zich voor in april en juli 2019 (veelal <0,04 mg P/l).

In de rest van het hoofdwatersysteem ligt de totaal P-concentratie meestal onder de 0,04 mg P/l, en zelden boven de 0,08 mg P/l. Alleen in oktober 2018 lagen de concentraties opvallend hoog; overal boven de 0,04 mg P/l. De P-belasting die maand was vrij laag, maar in september juist heel hoog. Behalve door de actuele belasting worden de concentraties natuurlijk ook sterk beïnvloed door allerlei biologische en chemische processen in het aquatische ecosysteem zelf. Hoge concentraties in het najaar kunnen bijvoorbeeld het gevolg zijn van het afsterven van de aquatische vegetatie.

#### *Calcium: herkomst en metingen*

In het hoofdvaartennetwerk van de Weerribben voldoet de Ca-concentratie vrijwel altijd en overal aan de grenswaarde van 50 mg/l (afbeelding 4.26). De calciumconcentratie is het hoogste in de Kalenbergergracht, met vaak waarden van 60 à 70 mg Ca/l. Een opvallend lage meting was in maart 2019, met overal concentraties van rond de 50 mg Ca/l. Net als voor fosfor het geval is zijn de diepe polders Wetering en Halfweg (vanaf het zuiden) en Gelderingen (vanaf het noorden) de belangrijkste bronnen van calcium. In droge zomers leveren ook polder Giethoorn en het inlaatwater uit het Vollenhovenmeer een vrij hoge calciumbelasting aan de Weerribben. Tenslotte leveren de polders rondom Ossenzijl in de winter een niet te verwaarlozen calciumbelasting: in het bijzonder Marker en Tussenbroek en Bedijkte Rondebreek, in mindere mate Hagenbroek en Grote Polder.

## 4.4 Beantwoording onderzoeksvraag 3a

De onderzoeksvraag van dit hoofdstuk is: hoe verspreiden water, fosfor en calcium zich vanaf de afvoerpunten door het hoofdnetwerk bestaande uit kanalen en meren?

### 4.4.1 Verspreiding van water, fosfor en calcium door het hoofdnetwerk van de boezem

Op basis van de in dit hoofdstuk beschreven verspreiding door de boezem van water en fosfor en calcium (zowel berekende als gemeten P- en Ca-concentraties alsook P- en Ca-belastingen) zijn 3 situaties te onderscheiden qua stroomrichtingen, die gepaard gaan met een specifieke verspreiding van water, fosfor en calcium: een afvoersituatie, een drogere periode (volgend op een afvoersituatie) en een aanvoersituatie.

#### **Afvoersituatie**

In een afvoersituatie stroomt het meeste water via de kortste weg richting het boezemgemaal Stroink. Deze situatie doet zich voor in perioden met een groot neerslagoverschot. In de nauwkeurig gemodelleerde periode van april 2018 tot en met februari 2020 (in deze maanden zijn zeer veel metingen verricht om het model 'te voeden' en te kalibreren) was er van een dergelijke situatie sprake tussen december 2018 en maart 2019 en tussen oktober 2019 en februari 2020. In deze perioden zijn de polderafvoeren en aanvoer van de Steenwijker Aa hoog. Bovendien valt er op de boezem zelf ook veel neerslag, waardoor er vanuit het haarvatensysteem een waterbeweging 'naar buiten is', naar het hoofdwatersysteem, naar het boezemgemaal. Hierdoor trekt het op de boezem afgevoerde water vanuit de polders en aangevoerde water van de Steenwijker Aa in een afvoersituatie niet diep de deelgebieden in. Uitzondering zijn de doorgaande watergangen in deelgebieden die doorsneden worden door belangrijke afvoerkanalen, zoals het deelgebied Bollematen (met veel invloed van de Steenwijker Aa, Giethoorn, Wetering en Halfweg), het gebied ten noordoosten van Giethoorn (dat onder sterke invloed staat van de afvoer van Broammeule) en de Kalenbergergracht in de Weerribben (met afvoer vanuit de polders rondom Ossenzijl).

In erg natte perioden zijn de fosforconcentraties van veel polders alsook van de Steenwijker Aa het hoogste. In combinatie met de hoge polderafvoeren leidt dit tot een hoge P-belasting van de belangrijkste afvoerkanalen van de boezem richting het boezemgemaal en in de genoemde deelgebieden Bollematen en het noordoosten van de Wieden. Ook de gemeten en berekende P-concentraties zijn in deze delen van de boezem tijdens een afvoersituatie het hoogste, veelal hoger dan 0,08 mg P/l. In de Weerribben en andere wat meer geïsoleerd liggende gebieden is de P-belasting tijdens een afvoersituatie juist relatief laag. Desondanks worden ook in deze gebieden in de winter de hoogste fosforconcentraties gemeten.

De calciumconcentraties van de meeste bronnen zijn minder seizoensafhankelijk dan voor fosfor het geval is. In een afvoersituatie worden hoge concentraties gemeten in de belangrijkste afvoerkanalen. Dit zijn vaak concentraties van boven de 50 mg Ca/l. Ook in de Weerribben, Bollematen en het zuidoosten van de Wieden ligt de calciumconcentratie in een afvoersituatie vrijwel altijd boven de 50 mg Ca/l. Alleen in het zuidwesten (en op enkele locaties in het noordoosten) van de Wieden wordt de 50 mg Ca/l in een afvoersituatie niet gehaald.

### Drogere periode

De tweede te onderscheiden situatie is een drogere periode volgend op de afvoersituatie, dus in het voorjaar en de zomer, maar zonder inlaat bij Stroink. In perioden in het voorjaar en begin van de zomer met een gering neerslagoverschot voeren de meeste polders (zeker de diepe polders) nog water af op de boezem. Ook de Steenwijker Aa voert vaak nog water aan (al was de aanvoer in 2019 al vroeg in het voorjaar zeer laag wat nog een na-ijleffect was van de droge zomer en najaar van 2018). Vanwege het geringe neerslagoverschot (of zelf een gering -tekort) en de forse wegzijging ontstaat er in de deelgebieden van de boezem een watervraag. Hierdoor verandert de stroomrichting; en gaat niet langer alle afvoer richting Stroink, maar ontstaat er een waterbeweging richting het haarvatensysteem van de verschillende deelgebieden. Met name voor de Weerribben is dit zeer duidelijk te zien, door het naar binnen trekken van de afvoer van Gelderingen (via het kanaal Steenwijk-Ossenzijl) en van polder Wetering en Halfweg (via de Wetering en de Roomsloot).

Deze situatie hield in 2018 en 2019 aan tot het moment van een zeer grote waterinlaat bij Stroink (dan begint de 'aanvoersituatie' die hieronder als derde situatie wordt besproken). In minder extreem droge jaren wordt bij Stroink veel minder water ingelaten en blijft deze situatie heel de zomer in stand.

In deze periode verspreidt het fosforrijke water uit de polders zich dus sterk over de boezem, en trekt dan ook naar de haarvaten. De fosforconcentraties van de meeste polders en ook van de Steenwijker Aa zijn in deze periode echter al lager dan in de afvoersituatie. Bovendien treedt er meer retentie op dan in een afvoersituatie (zowel vanwege langere verblijftijden alsook door een hogere biologische opname in het begin van het groeiseizoen). De fosforbelasting van de grootste boezemkanalen is in deze situatie lager dan in de afvoersituatie, maar in de aan- en afvoerende watergangen van de deelgebieden kan de belasting juist oplopen. Dit is duidelijk het geval in de Weerribben, dat vanuit het zuiden belast wordt met fosfor uit polder Wetering en Halfweg, en in noorden met fosfor afkomstig uit Gelderingen, Giethoorn en uit de RWZI-Steenwijk.

De verspreiding van het polderwater over de boezem leidt er toe dat in deze situatie de calciumconcentraties op zijn hoogste zijn. Op veel plekken wordt de grenswaarde van 50 mg Ca/l ruimschoots gehaald (met als belangrijke uitzondering het zuidwesten van de Wieden, waar de concentratie achterblijft).

### Aanvoersituatie op de boezem

In zeer droge zomermaanden ontstaat er een aanvoersituatie op de boezem. Het neerslagtekort en de wegzijging uit de boezem wordt dan onvoldoende gecompenseerd door de waterafvoer uit polders (die in droge maanden sterk terugloopt, net als de aanvoer van de Steenwijker Aa). Er wordt dan water ingelaten uit het Vollenhovenmeer bij Stroink en (alleen in 2018) uit het Meppelerdiep via de Beukersluis (de waterinstroming via het 'reguliere' gebruik van de diverse sluisen aan de randen van de boezem is in de zomermaanden het hoogst, maar qua debiet betrekkelijk gering ten opzichte van de andere bronnen). In 2018 en 2019 is 25 à 30 miljoen m<sup>3</sup> ingelaten, in eerdere jaren veel minder (meestal enkele miljoenen m<sup>3</sup>). Dit leidde in 2018 en 2019 tot een omslag van de stroomrichting in de grote boezemkanalen: van west naar oost

door de Beulakerwilde en door de Cornelisgracht en Thijssengracht en het Steenwijkenkreek, in noordelijke richting door de Walengracht, Roomsloot en Wetering en het kanaal Beukers-Steenwijk en in noordwestelijke richting door het kanaal Steenwijk-Ossenzijl. Hierdoor wordt de polderafvoer niet alleen meer de deelgebieden ingetrokken (als gevolg van het watertekort aldaar), maar ook 'geduwd' door de 'inlaatgolf' vanuit Stroink. In grote delen van het hoofdwatersysteem van de boezem is een belangrijk deel van het water afkomstig uit het Vollenhovenmeer (variërend van 100 % in de doorgaande watergangen in de Bollematen, 50 % in het zuiden van de Weerribben en tot enkele tientallen procenten in het noorden van de Weerribben en zuidoosten en noordoosten van de Wieden).

Het inlaatwater uit het Vollenhovenmeer heeft een vrij lage P-concentratie (circa 0,05 mg P/l) en ook een relatief lage Ca-concentratie (rond de 50 mg Ca/l). In grote delen van de boezem zijn deze concentraties dan ook terug te zien in een aanvoersituatie. Daar komt nog bovenop dat de P-concentraties van de polders op dit moment op z'n laagst zijn. Daardoor wordt in grote delen van de boezem, zowel in de grote kanalen als in de kleinere aan- en afvoerende watergangen in de deelgebieden, een lage P-concentratie berekend (en ook gemeten!). Vanwege het grote debiet dat op dit moment richting het haarvatensysteem stroomt (het watertekort is immers groter dan ooit als gevolg van het grote neerslagtekort plus de wegzijging), is de fosforbelasting echter juist relatief hoog. Dat is met name het geval voor de Weerribben: daar piekt de P-belasting op deze momenten. Door de omgekeerde stroomrichting worden de Weerribben in deze situatie niet alleen belast door Gelderingen, Wetering en Halfweg, maar ook in belangrijke mate door polder Giethoorn en RWZI-Steenwijk.

In grote delen van de boezem ligt de calciumconcentratie in een aanvoersituatie rond of boven de 50 mg Ca/l. Ook in het geïsoleerde zuidwesten van de Wieden stijgt de calciumconcentratie in deze situatie tot rond de 50 mg Ca/l. In de Weerribben ligt de concentratie hoger, doordat het meeste water uit de diepe polders hiernaartoe stroomt (Gelderingen, Wetering, Giethoorn). Een belangrijke uitzondering was augustus 2019. De calciumconcentratie in het Vollenhovenmeer bedroeg die maand 'slechts' 38 mg Ca/l: daardoor kwam ook op veel plekken in de boezem de concentratie onder de 50 mg/l te liggen.

#### 4.4.2 Probleemlocaties in het hoofdnetwerk van de boezem

In het voor dit project opgezette meetnet zijn 45 meetlocaties tussen april 2018 en februari 2020 12 maal bemonsterd. In totaal zijn er op deze locaties 490 metingen van fosfor totaal en calcium verricht. In 55 % van alle metingen is de oppervlaktewaterkwaliteit voor wat betreft fosfor geschikt voor de ontwikkeling of instandhouding van een goede kwaliteit van de semi-terrestrische habitattypen (tabel 4.3). Voor wat betreft calcium is de waterkwaliteit in 71 % van de metingen geschikt (tabel 4.4). Een belangrijke kanttekening bij deze metingen is dat ze grotendeels verricht zijn in 2 extreem droge jaren, 2018 en 2019. Onderstaand kader gaat daar nader op in.

Tabel 4.3 Aantal en percentage van metingen van het meetnet met een concentratie P-totaal welke geschikt is voor de ontwikkeling van goede trilvenen (en overige semi-terrestrische habitattypen), ongeschikt of zeer ongeschikt

	Geschikt < 0,04 mg P/l	Ongeschikt 0,04 à 0,08 mg P/l	Zeer ongeschikt >0,08 mg P/l
aantal	268	147	75
percentage	55 %	30 %	15 %

Tabel 4.4 Aantal en percentage van metingen van het meetnet met een concentratie calcium welke geschikt is voor de ontwikkeling van goede trilvenen (en overige semi-terrestrische habitattypen), ongeschikt of zeer ongeschikt

	Geschikt > 50 mg Ca/l	Ongeschikt 35 à 50 mg Ca/l	Zeer ongeschikt < 35 mg Ca/l
aantal	346	131	13
percentage	71%	27%	3%

#### Interpretatie van metingen in de droge jaren 2018 en 2019

De metingen voor deze studie zijn verricht tussen april 2018 en februari 2020. In deze periode is zowel de waterkwaliteit van praktisch alle bronnen bemonsterd frequent bemonsterd (zie paragraaf 3.3) als de waterkwaliteit in (het hoofdwatersysteem van) de boezem (zie afbeelding 4.8 voor calcium en afbeelding 4.13 voor fosfor). Verreweg de meeste metingen zijn dus verricht in de extreem droge periode 2018-2019 (afbeelding 4.1 toont het maandelijkse neerslagoverschot waaruit de droogte overduidelijk blijkt). Voor enkele meetlocaties in de boezem en bij instroompunten die al langer bemonsterd worden, blijkt dat de meetwaarden voor fosfor in 2018 en 2019 beduidend lager waren dan in de voorgaande jaren (met meer gemiddelde weersomstandigheden). We kunnen de lagere fosforconcentraties vanuit de bronnen logisch verklaren als zijnde een gevolg van de droogte (zie paragraaf 3.3.2 voor nadere uitleg). Behalve de lagere P-concentraties was natuurlijk ook de afvoer vanuit de polders, en aanvoer vanuit de Steenwijker Aa, in 2018 en 2019 lager dan gemiddeld. Hierdoor was de resulterende totale P-vracht (het product van de P-concentratie maal het debiet) op de boezem in beide jaren lager dan 'normaal'.

De in dit hoofdstuk geschetste situatie waarbij 55 % van de metingen voldoet aan de grenswaarde voor fosfor (<0,04 mg P/l) geeft zeer waarschijnlijk een te positief beeld. In meer normale jaren qua weersomstandigheden zullen de P-concentraties in het hoofdwatersysteem van de boezem op diverse plekken hoger liggen dan nu is gemeten. Het aandeel meetpunten dat onder 'gemiddelde' omstandigheden voldoet aan de grenswaarde voor fosfor zal dan ook kleiner zijn dan 55 %.

Door het gebied heen zijn er verschillen te zien in de P- en Ca-concentraties ten opzichte van de grenswaarden:

In een groot deel van de **Weerribben** is de waterkwaliteit op de meeste meetmomenten geschikt voor goede trilvenen. Het zijn vooral de meetlocaties in de Kalenbergergracht (de doorgaande watergang vanuit Ossenzijl het gebied in) waar de waterkwaliteit doorgaans ongeschikt is (P-concentraties van 0,04 à 0,08 mg P/l) of zeer ongeschikt (>0,08 mg P/l). Hetzelfde geldt voor de waterkwaliteit van de Wetering (in het zuidoosten, met afvoer vanuit polder Wetering). De calciumconcentratie voldoet vrijwel altijd en overal aan de grenswaarde van 50 mg/l. De calciumconcentratie is het hoogste in de Kalenbergergracht, met vaak waarden van 60 à 70 mg Ca/l.

In deelgebied **Bollematen** is qua fosfor vrijwel altijd sprake van een ongeschikte waterkwaliteit. Alleen in de zomers van 2018 en 2019, toen een 'aanvoergolf' vanuit het Vollenhovenmeer door dit gebied heen trok, lagen de concentraties onder de grenswaarde. De gemeten calciumconcentraties in het hoofdwatersysteem van dit deelgebied voldoen praktisch altijd aan de grenswaarde van 50 mg Ca/l.

In het **noordoosten van de Wieden** wordt in het meer geïsoleerde zuiden (Bovenwijde en het gebied ten zuiden daarvan, zoals de Brouwersgaten) vaak voldaan aan de grenswaarde van P, maar is de waterkwaliteit vaak ongeschikt vanwege te lage calciumconcentraties. Ten noorden van de Bovenwijde is dit precies andersom: hier is de waterkwaliteit vrijwel altijd geschikt voor wat betreft calcium (>50 mg Ca/l), maar ongeschikt vanwege te hoge P-concentraties.

In het **zuidoosten van de Wieden** (Veldweg-Reeënweg), voldoet de waterkwaliteit qua fosfor in de zomer doorgaans wel, maar in de winter niet. Echter neemt juist in de zomer de calciumconcentratie op veel plekken af tot rond of onder de 50 mg Ca/l, waardoor de waterkwaliteit ongeschikt is. Met name in de zomer van 2019 zijn de Ca-concentraties sterk gedaald (tot 35 à 45 mg Ca/l).



In het **zuidwesten van de Wieden** (Belt-Schutsloot) is de waterkwaliteit wat fosfor betreft vrijwel overal en altijd geschikt voor een goede ontwikkeling van de habitattypen. Alleen de meest zuidelijk gelegen meetlocaties vertonen een iets minder goede waterkwaliteit. De calciumconcentraties liggen hier echter zelden boven de 50 mg Ca/l. Dit is een nogal geïsoleerd liggend gebied met een relatief kleine invloed van de polders en andere bronnen.

#### 4.4.3 Knelpunten: bronnen met grote invloed op deelgebieden in de boezem

Op basis van de analyse in dit hoofdstuk zijn een aantal bronnen aan te wijzen die in belangrijke mate bijdragen aan de fosforbelasting van bepaalde deelgebieden van de boezem en daardoor een knelpunt vormen. Het gaat dan met name om de polders Gelderingen, Wetering, Halfweg, Giethoorn, Broammeule en Veldweg, de Steenwijker Aa en RWZI-Steenwijk. Voor al deze bronnen (behalve de RWZI) is een fractiefilmpje beschikbaar (in de map 'filmpjes SA 4.4.3').

##### Steenwijker Aa

De Steenwijker Aa is over het algemeen de grootste wateraanvoerbron van de boezem (afbeelding 3.5). De wateraanvoer is vooral groot in de winter; 's zomers is de aanvoer vele malen kleiner. De Steenwijker Aa voert dus vooral veel water aan op momenten dat de boezem als geheel afvoert op het Vollenhovenmeer. Op die momenten stroomt het water van de Steenwijker Aa hoofdzakelijk via het kanaal Beukers-Steenwijk en via het Steenwijkerdiep en Giethoornse Meer naar de Beulakerwijdte, waar het vervolgens wordt afgevoerd door het gemaal Stroink. In dergelijke situaties staat alleen het deelgebied Bollematen, Stobbekamp en Duinigermeer onder grote invloed van de Steenwijker Aa. Zodra het in het voorjaar wat droger wordt, en er in veel deelgebieden van de boezem een watervraag ontstaat, verspreidt het water van de Steenwijker Aa zich over grotere delen van de boezem zoals de Weerribben, het noordoosten van de Wieden en de Belterwijdte in het zuidoosten van de Wieden.

De Steenwijker Aa heeft in de winter een behoorlijk hoge P-concentratie: gemiddeld 0,13 mg P/l wat ver boven de grenswaarde ligt van 0,04 mg P/l voor de gewenste habitattypen in de boezem. Door de grote afvoer en hoge concentratie veroorzaakt de Steenwijker Aa een forse P-belasting op het deelgebied Bollematen, Stobbekamp en Duinigermeer. In de meeste andere deelgebieden van de Wieden en Weerribben draagt de Steenwijker Aa in beperkte mate bij aan de P-belasting. De Ca-concentratie van de Steenwijker Aa ligt vaak rond de grenswaarde van 50 mg/l.

##### RWZI-Steenwijk

De RWZI-Steenwijk loost zijn water in de Steenwijker Aa, voordat deze zich bij de driesplitsing opsplijt. Hierdoor is het verspreidingspatroon van de RWZI-Steenwijk identiek aan het verspreidingspatroon van de Steenwijker Aa, maar met een veel beperktere fractie (althans in de winter). In de maanden met de laagste aanvoer van de Steenwijker Aa, is het debiet van de RWZI vergelijkbaar of zelfs groter dan de Steenwijker Aa. Doordat daarnaast de RWZI water loost met hoge P-concentratie (0,46 mg P/l gemiddeld), veroorzaakt deze in het voorjaar en zomer een substantiële P-belasting in het noorden van de Weerribben. In de winter stroomt het RWZI-water via de grote afvoerkanaalen richting Stroink, en veroorzaakt dan een P-belasting in het deelgebied Bollematen, Stobbekamp en Duinigermeer.

NB. De fosforconcentraties in het effluent van RWZI-Steenwijk liggen vanaf 2017 fors hoger dan in de jaren daarvoor (afbeelding 3.7). De oorzaak hiervoor is niet duidelijk. Het is evident dat dit direct leidt tot een hogere P-belasting van de boezem dan in eerdere jaren, en dan met name van de Weerribben.

##### Polder Gelderingen

Het water uit polder Gelderingen wordt afgevoerd op het kanaal Steenwijk-Ossenzijl. In de natste perioden is de stroomrichting op het kanaal meestal richting Steenwijk. Het water uit polder Gelderingen stroomt dan hoofdzakelijk via het Steenwijkerdiep en kanaal Beukers-Steenwijk richting de Beulakerwijdte en het boezemgemaal. Zodra het echter iets minder nat is (met minder neerslag op de boezem en minder afvoer uit de polders rondom Ossenzijl) stroomt (een deel van) de afvoer van Gelderingen via het kanaal richting Ossenzijl en daar de Kalenbergergracht op, de Weerribben in. Dit leidt in grote delen van het jaar tot een grote waterfractie vanuit Gelderingen in het noorden en midden van de Weerribben. Door de hoge P-

concentratie in het polderwater (gemiddeld 0,14 mg P/l) leidt dit tot forse P-belasting van het noorden van de Weerribben. Tegelijk is polder Gelderingen ook een belangrijke bron van calcium voor dit deel van de Weerribben (met gemiddeld ruim 80 mg Ca/l).

De Bollematen, Stobbekamp en Duinigermeer staan ook onder invloed van Gelderingen, al is de waterfractie hier vrij klein (vaak 5 tot 10 %). In de deelgebieden van de Wieden is de waterfractie vanuit Gelderingen kleiner. Doordat de afvoer van Gelderingen op sommige momenten deels via kanaal Beukers-Steenwijk loopt, kan er enige instroming zijn het oostelijk deel van de Wieden in.

### **Polder Wetering**

In een afvoersituatie met veel neerslag voert polder Wetering af naar het zuiden richting het Giethoornse meer. Doordat hier verschillende waterbronnen bij elkaar komen, verdunt het polderwater uit polder Wetering dan al behoorlijk snel. Vanuit het Giethoornse meer wordt het water door deelgebied Bollematen en (deels) via de Beulakerwijde afgevoerd richting Stroink om uitgemalen te worden. Zodra het wat droger is, trekt (een deel van de) afvoer van polder Wetering naar het noorden de Weerribben in. Vooral in het zuiden van de Weerribben kan polderwater uit Wetering dan een groot deel van de waterfractie uitmaken. Tot waar het water uit polder Wetering precies doordringt in de Weerribben en hoe groot de fractie dan is, varieert sterk van week tot week. Dit is onder meer afhankelijk van de druk vanuit het noorden van de Weerribben (door de aanvoer vanuit het kanaal Steenwijk-Ossenzijl de Weerribben in). Door de hoge P-concentratie in het polderwater (gemiddeld 0,20 mg P/l) veroorzaakt Wetering een hoge P-belastingen in de Bollematen en in het zuiden en midden van de Weerribben. Tegelijk is polder Wetering ook een belangrijke bron van calcium voor deze gebieden (met gemiddeld ruim 90 mg Ca/l).

### **Polder Halfweg**

Polder Halfweg voert af op het Giethoornse meer. Het grootste gedeelte van het jaar wordt dit water via de Walengracht afgevoerd naar de Beulakerwijde, waarbij het water ook door de Bollematen stroomt. Als het wat droger is en er in de Weerribben een watervraag ontstaat als gevolg van de verdamping en wegzijging, stroomt er water vanuit het Giethoornse meer via de Roomsloot (en soms ook via de Wetering) naar het zuid(westen) van de Weerribben en krijgt polder Halfweg daar dus invloed. In zeer droge zomerse omstandigheden (zoals in 2018) is er tijdelijk helemaal geen stroming vanuit het Giethoornse meer naar het zuiden. In deze periode stroomt het water in het Giethoornse namelijk vooral naar het noorden, waardoor de waterfractie van Halfweg in de Weerribben sterk oploopt. Door de hoge P-concentratie in het polderwater (gemiddeld 0,19 mg P/l) veroorzaakt Halfweg een forse P-belastingen in de Bollematen en in het zuiden en midden van de Weerribben. Tegelijk is polder Veldweg ook een belangrijke bron van calcium voor deze gebieden (met gemiddeld bijna 80 mg Ca/l).

### **Polder Giethoorn**

Polder Giethoorn voert af op het kanaal Beukers-Steenwijk. De stroomrichting op het kanaal is doorgaans in zuidelijke richting. In een afvoersituatie stroomt het polderwater vanuit het kanaal richting de Beulakerwijde. De vanuit het kanaal verloopt de afvoer deels via de Thijssengracht en Cornelisgracht, waardoor het oosten van de Bollematen onder sterke invloed staat van deze polder. Zodra er in het zomerhalfjaar een watervraag ontstaat in de Wieden ten oosten van het kanaal, trekt het kanaalwater (met daarin een grote waterfractie uit polder Giethoorn) die gebieden in. Dit leidt in het noordoosten van de Wieden tot een aandeel van enkele tientallen procenten (in de Noordse Stouwe) en circa tien procent in de Bovenwijde en de meer geïsoleerde delen van dit deelgebied. Het zuidoosten van de Wieden ontvangt nauwelijks water afkomstig uit Giethoorn, de Belterwijde uitgezonderd. In zeer droge zomerse omstandigheden (zoals in 2018 en 2019 het geval was) stroomt het polderwater uit Giethoorn (ook) in noordelijke richting het kanaal op, naar Steenwijk en vandaar richting Ossenzijl, alwaar het water de Weerribben in stroomt.

Door de hoge P-concentratie in het polderwater (gemiddeld 0,18 mg P/l) veroorzaakt Giethoorn een aanzienlijke P-belasting in het noordoosten van de Wieden (in het zomerhalfjaar), in het noorden van de Weerribben (in de droogste maanden met een stroomrichting in het kanaal naar het noorden) en in het oosten van de Bollematen (vooral in de winter). Tegelijk is polder Giethoorn ook een belangrijke bron van calcium voor deze gebieden (met gemiddeld ruim 80 mg Ca/l).

### **Polder Broammeule**

Vooral het noordoosten van de Wieden staat onder zeer grote invloed van polder Broammeule. Het grootste deel van de polderafvoer stroomt via de Benedenstouwe richting het kanaal Beukers-Steenwijk, en vanuit het kanaal richting Stroink (waarbij een deel door de Bollematen stroomt). Feitelijk is het gehele watersysteem ten noorden van de Bovenwijde zeer sterk doorstroomd met water uit Broammeule. Ook in de Bovenwijde zelf en in de meer geïsoleerd liggende delen van dit deelgebied (zoals de Zuideindigerwijde en de Brouwersgaten en Hoosjesgracht) vormt water uit Broammeule een groot deel van het jaar meer dan 50 % van de watersamenstelling. Via de Haagjesgracht en kanaal Beukers-Steenwijk (en Belterwijde-Oost) stroomt het water uit polder Broammeule ook naar het zuidoosten van de Wieden. Vooral de Belterwijde-Oost en de Haagjesgracht zelf bevatten veel water uit Broammeule (vaak enkele tientallen procenten), de overige delen van het hoofdwatersysteem van het zuidoosten van de Wieden bevatten vaak maar tot 10 % water uit Broammeule.

Door de matig hoge P-concentratie in het polderwater (gemiddeld 0,09 mg P/l) veroorzaakt Broammeule een hoge P-belasting in het noordoosten van de Wieden en in delen van het zuidoosten van de Wieden. Tegelijk is polder Giethoorn ook een belangrijke bron van calcium voor deze gebieden (met gemiddeld 60 mg Ca/l).

### **Polder Veldweg**

Deze polder behoort wat betreft debiet niet bij de grootste polders van het gebied, maar het is wel een P-rijke bron (met gemiddeld 0,22) die lokaal een negatieve impact kan hebben op nabij gelegen kranswervevegetaties, trilvenen en blauwgraslanden. De Kerkgracht, Belterwijde-Oost en de Westelijke Schutsloot bevatten in grote delen van het jaar een fors aandeel water uit polder Veldweg (in Belterwijde-Oost de zomermaanden uitgezonderd). Ook het zuidelijk deel van het noordoosten van de Wieden (zoals de Zuideindigerwijde, de Brouwersgaten en Hoosjesgracht) bevatten het gehele jaar water uit polder Veldweg (veelal rond de 10 %).

Polder Veldweg veroorzaakt het grootste deel van de P-belasting van het zuidoosten van de Wieden. Maar ook in de genoemde Zuideindigerwijde en Brouwersgaten levert deze polder een fors deel van de P-belasting.

# 5

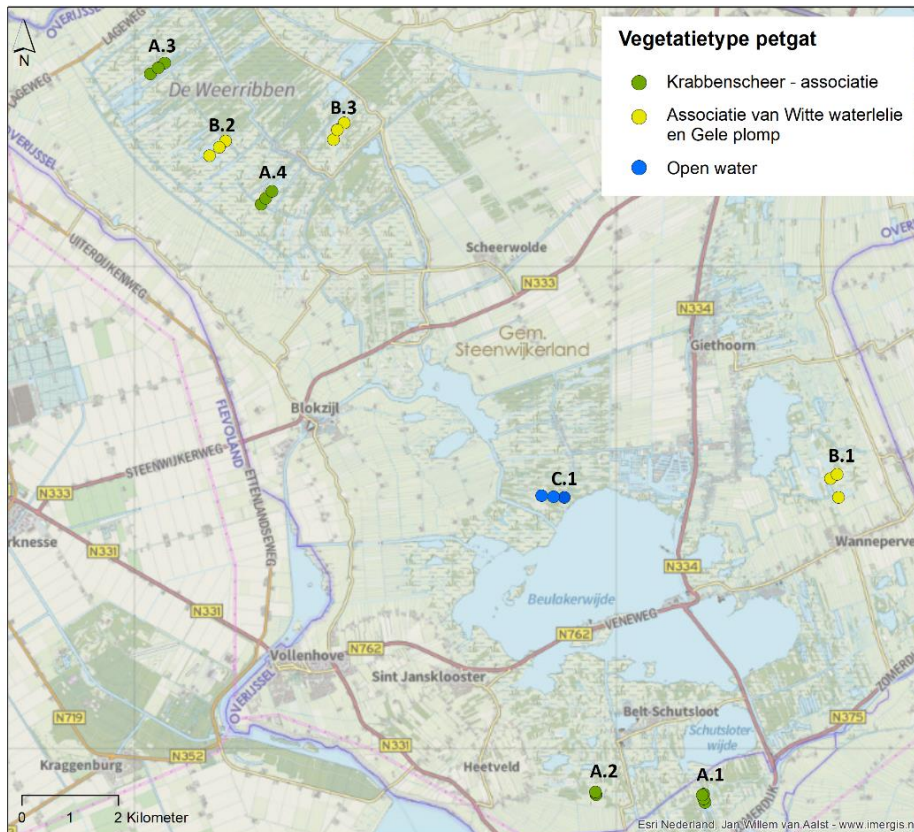
## UITWISSELING VAN WATER, FOSFOR EN BASEN TUSSEN HET HOOFDWATERSYSTEEM EN DE PETGATEN

### 5.1 Methodiek

Veel van de habitattypen in de Wieden en de Weerribben liggen niet direct aan het hoofdwatersysteem aangesloten, maar staan in contact met petgaten of kleine(re) watergangen (het haarvatensysteem) die op hun beurt weer verbonden zijn met het hoofdwatersysteem. Om inzicht te krijgen in de Ca- en P-huishouding in deze kleine watergangen zijn 8 transecten in het haarvatensysteem van de Wieden en de Weerribben geselecteerd (afbeelding 5.1). Er zijn zowel doodlopende systemen gekozen (A.1 en B.1) als systemen die aan beide zijdes open zijn (A.2, A.3, A.4, B.2, B.3 en C.1). Daarnaast is er een variatie in vegetatietypen in de verschillende systemen aanwezig (bijlage VIII):

- systemen A.1 tot en met A.4 bevatten voornamelijk de Krabbenscheer-associatie (*Stratiotetum*; r5Bb1);
- systeem B.1 tot en met B.3 bevatten vooral de Associatie van Witte waterlelie en Gele plomp (*Nymphaeo albae-Nupharetum luteae*; r5Ba3), waarbij aan het uiteinde van de sloot van systeem B.1 de Krabbenscheer-associatie voorkomt en bij systeem B.3 het eerste deel van het petgat open water is;
- systeem C.1 bestaat vooral uit open water met weinig waterplanten erin.

Afbeelding 5.1 Locatie van geselecteerde transecten in het haarvatensysteem van de Wieden en de Weerribben





Langs de 8 transecten (met 3 of 4 bemonsteringslocaties van hoofdwatgang het petgat in) is op 12 momenten tussen 23 april 2018 en 11 februari 2020 de chemische samenstelling van het oppervlaktewater bepaald. Aanvullend is eenmalig op alle locaties van de transecten de toplaag van de waterbodembodem verzameld voor analyse van de chemische samenstelling van de waterbodembodem en het porievocht hierin. Met behulp van deze gegevens kan een goede indicatie verkregen worden over welke (biogeochemische) processen van invloed kunnen zijn op de beschikbaarheid van P en Ca in de haarvaten van het watersysteem.

In de oppervlaktewater-, bodemvocht en bodemmonsters is een breed spectrum aan chemische elementen gemeten. In dit voorliggende hoofdstuk wordt net als in eerdere hoofdstukken de nadruk gelegd op de Ca en totaal P-concentraties. Voor meer details over de methodiek en beschrijving van de resultaten pet petgat wordt verwezen naar bijlage IX.

## 5.2 Verspreiding van fosfor en basen in het haarvatensysteem

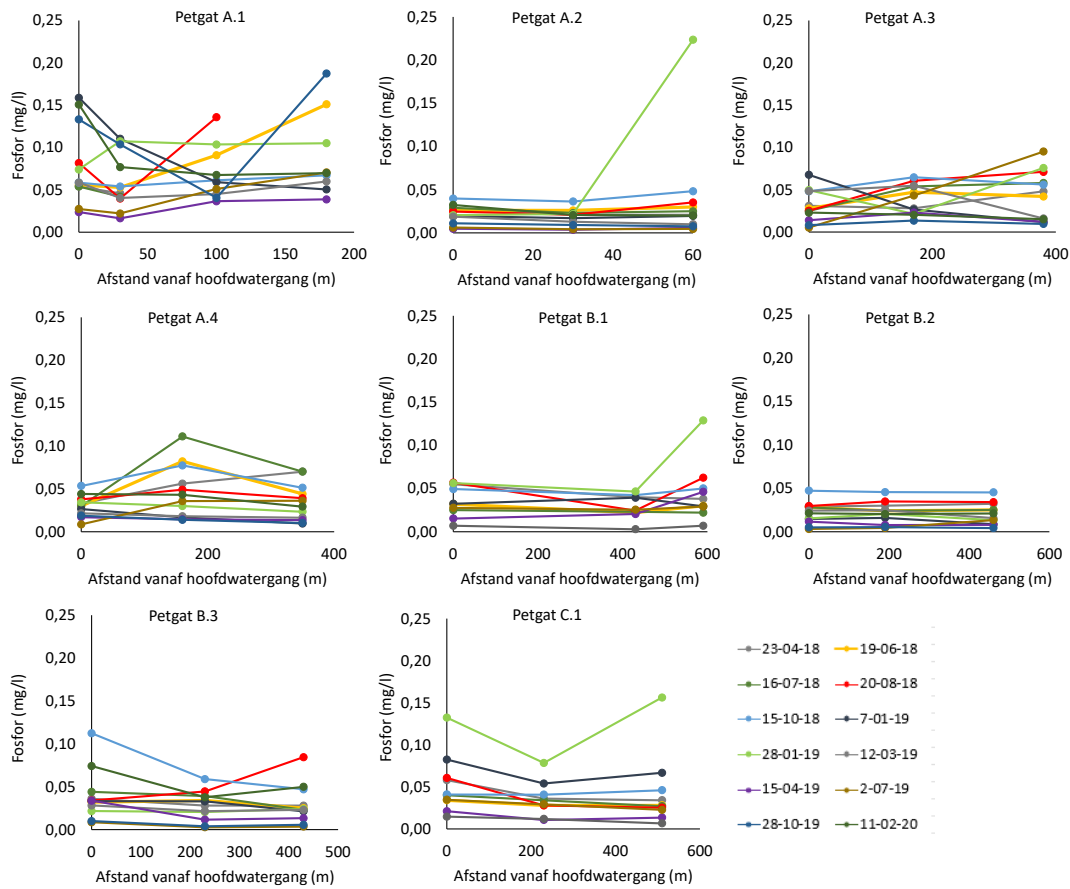
### 5.2.1 Inleiding

In het huidige hoofdstuk wordt met name ingegaan op de verspreiding van P en Ca in het oppervlaktewater van hoofdwatgang naar het haarvatensysteem in de petgaten en sloten. In bijlage IX is het aangetroffen verloop van verschillende elementconcentraties in het oppervlaktewater op verschillende momenten in de tijd beschreven en geïnterpreteerd. Het verloop van de concentratie van verschillende elementen (een daling, stijging ofwel constante concentratie) op verschillende bemonsteringsmomenten (zoals droge zomer momenten of natte winter momenten) zijn hierbij onderling vergeleken. Deze resultaten geven in combinatie met kennis over biogeochemische processen en de samenstelling van de waterbodembodem inzicht in welke processen er een rol kunnen spelen in het oppervlaktewater en in de waterbodembodem van de petgaten. De uiteindelijk gemeten concentraties in het oppervlaktewater zijn het netto resultaat van verschillende processen. Op basis van de beschikbare gegevens kan de bijdrage van verschillende processen ingeschat worden, maar deze bijdrages kunnen niet gekwantificeerd worden. Zo kan de P-concentraties in een petgat beïnvloed worden door onder andere (1) de aanvoer van P via het hoofdwatersysteem, (2) P-nalevering vanuit de waterbodembodem, (3) P-uitspoeling vanuit de oevers en (4) opname van P door waterplanten.

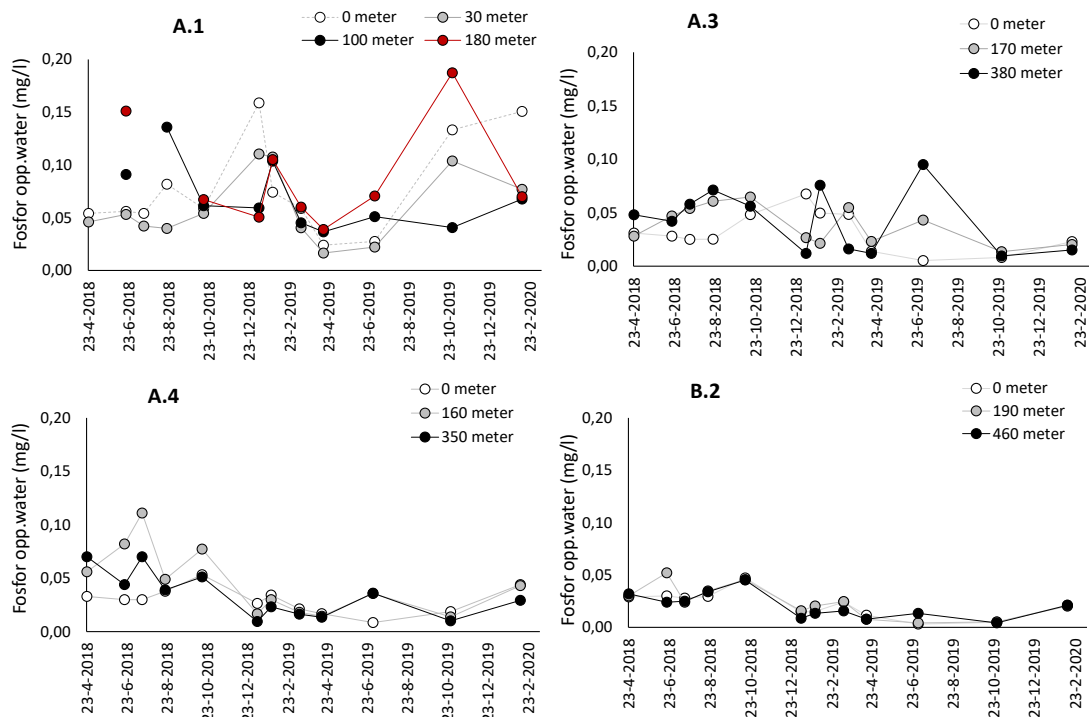
### 5.2.2 Verspreiding van fosfor

Over het algemeen zijn de totaal P-concentraties in het oppervlaktewater in de haarvaten van de boezem lager dan 0,08 mg/l en regelmatig ligt de concentratie onder de grenswaarde van 0,04 mg/l (afbeelding 5.2). De petgaten en sloten blijken onderling te verschillen, zowel in aangetroffen totaal P-concentraties als ook in het verloop van deze concentratie langs het transect op verschillende momenten in de tijd. In enkele transecten neemt de totaal P-concentratie af van hoofdwatgang het petgat in, namelijk in C.1 en petgat B.3. Hier is vermoedelijk vooral sprake van verdunning met regenwater en in mindere mate van P-vastlegging in de waterbodembodem, aangezien dit patroon in de winter duidelijker zichtbaar is dan in de zomer. In een aantal andere petgaten (A.1, A.3 en A.4) neemt de P-concentratie echter juist (periodiek) toe van de hoofdvaart het petgat in, vooral tijdens droge warme momenten in het zomerhalfjaar. In afbeelding 5.3 is de totaal P-concentratie op de verschillende locaties in petgat A.3 uitgezet door de tijd. Er is duidelijk te zien dat dieper in het petgat verhoogde totaal P-concentraties worden gemeten in de warmere periodes van het jaar. Deze toename in de zomer wordt met name aangetroffen in petgaten die gedomineerd worden door krabbenscheer (de A-typen). Op enkele momenten is dit in mindere mate ook zichtbaar in enkele andere transecten (petgaten B.1, B.3 en C.1). Zeer waarschijnlijk is hier sprake van P-mobilisatie vanuit de waterbodembodem. Dit wordt ondersteund door de samenstelling van de waterbodembodem, die laat zien dat er kans is op P-nalevering (vooral) op warme momenten waarbij de zuurstofconcentratie in het water kan dalen door zuurstofconsumptie als gevolg van afbraakprocessen en/of waterplanten en algen (zie bijlage IX voor details). In andere sloten en petgaten (nummers A.2 en B.2) blijven de totaal P-concentraties door de tijd relatief constant over de gradiënt 'hoofdwatgang-petgat/sloot'. Ten slotte zijn er geen sterk verhoogde ammoniumconcentraties in het oppervlaktewater van de petgaten en sloten gemeten: toxische concentraties voor de krabbenscheervegetaties zijn dus niet waargenomen.

Afbeelding 5.2 Totaal P-concentratie in het oppervlaktewater langs 8 transecten vanaf de hoofdwatgang/boezem (links in de figuren, 0 m) het petgat in. In afbeelding 5.1 is de locatie van de transecten weergegeven



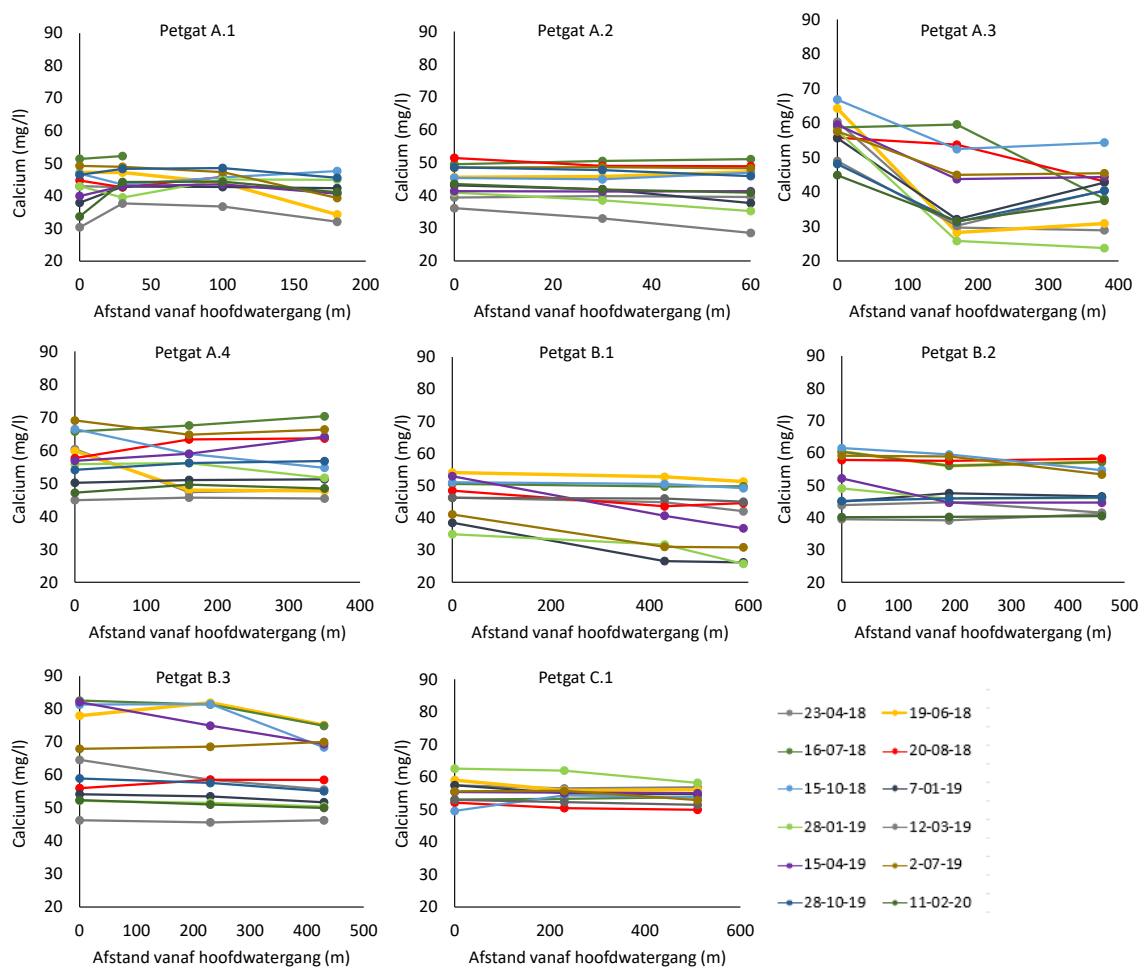
Afbeelding 5.3 Totaal P-concentratie in het oppervlaktewater weergegeven voor de verschillende monsterpunten (hoe donkerder de cirkel hoe groter de afstand vanaf de hoofdwatgang) in 4 petgaten A.1 (linksboven), A.3 (rechtsboven), A.4 (linksonder) en B.2 (rechtsonder). In bijlage IX zijn de figuren voor alle petgaten weergegeven



### 5.2.3 Verspreiding van basen

Ook de Ca-concentraties in het oppervlaktewater verschillen tussen de bestudeerde petgaten en sloten (afbeelding 5.4), maar in mindere mate dan de totaal P-concentraties. De Ca-concentraties laten over het algemeen een stabiele ofwel iets dalende trend zien langs het transect van hoofdwatgang naar petgat/sloot. De Ca-concentratie ligt bij de watersystemen tussen de 35 en 60 mg/l (petgat B.3 vormt een uitzondering met Ca-concentraties tot circa 80 mg/l), waarbij de hoogste concentraties meestal in de zomermaanden worden gemeten. De wat lagere waarden in het winterseizoen zijn vermoedelijk het gevolg van verdunning met regenwater in de winter en een grotere invloed van baserijk polderwater in de zomer. Over het algemeen wordt de Ca-concentratie in de petgaten en sloten dus niet veel lager en wordt de Ca-concentratie in het haarvatensysteem dus sterk beïnvloed door de concentraties in het hoofdwatersysteem.

Afbeelding 5.4 De Ca-concentratie in het oppervlaktewater langs 8 transecten vanaf de hoofdwatgang/boezem (links in de figuren, 0 m) het petgat in. In afbeelding 5.1 is de locatie van de transecten weergegeven



### 5.3 Beantwoording onderzoeksvraag 3b

Over het algemeen blijkt dat in de meeste petgaten en sloten de waterkwaliteit in het hoofdwatersysteem een grote invloed heeft op de Ca- en totaal P-concentraties in het petgat of sloot. Bij Ca zijn de verschillen tussen het hoofdwatersysteem en het petgat/sloot vrijwel overal minimaal. Het verloop van de totaal P-concentraties over de gradiënt 'hoofdwatgang-petgat/sloot' verschilt per petgat/sloot en kan per seizoen verschillen. Over het algemeen blijft de P-concentratie van hoofdwatgang naar petgat gelijk of daalt deze

licht in petgaten/sloten met weinig vegetatie of gele plomp/witte waterlelie. Met name in petgaten die door krabbenscheer gedomineerd worden, is er in de zomerperiode vaak een toename van de P-concentratie zichtbaar. Dit duidt op enige interne mobilisatie van P in deze petgaten vanuit de waterbodem, met name in de zomerperiode.



# 6

## SAMENVATTING BEANTWOORDING ONDERZOEKSVRAGEN

### 6.1 Inleiding

Voor de systeemanalyse zijn de volgende onderzoeksvragen geformuleerd:

- **onderzoeksvraag 1:** welke grenswaarden voor calcium en fosfor in het oppervlaktewater zijn specifiek voor de Wieden en de Weerribben van toepassing voor een goede ontwikkeling van 4 kritische habitattypen in het gebied?
- **onderzoeksvraag 2:** hoe groot is de instroom van water, fosfor en calcium op de diverse aanvoer- en afvoerpunten naar de boezem?
- **onderzoeksvraag 3:** hoe verspreiden fosfor en calcium zich door de boezem. Deze vraag bestaat uit 2 onderzoeksvragen:
  - **onderzoeksvraag 3a:** hoe verspreiden water, fosfor en calcium zich vanaf de afvoerpunten door het hoofdnetwerk bestaande uit kanalen en meren?
  - **onderzoeksvraag 3b:** hoe verspreiden water, fosfor en calcium zich van het hoofdnetwerk naar de haarvaten bestaande uit slootjes en petgaten?

Dit hoofdstuk bevat een samenvatting van de beantwoording van deze onderzoeksvragen.

### 6.2 Beantwoording onderzoeksvraag 1

Voor de beantwoording van onderzoeksvraag 1 zijn de uit de literatuur bekende grenswaarden voor P en Ca in het oppervlaktewater nader onderbouwd en gespecificeerd voor de Wieden en de Weerribben. Dit is gedaan aan de hand van metingen van de Ca- en totaal P-concentraties in het oppervlaktewater nabij 'goed' en 'matig' ontwikkelde habitattypen en op basis van in de literatuur beschikbare kennis. Een groot aantal factoren is hierbij buiten beschouwing gelaten, zoals (biogeochemische) waterbodemsamenstelling, bodemtype, historie, herbivorie et cetera. Er kan dan ook met deze aanpak alleen gekeken worden naar de mate waarin er een relatie bestaat tussen de samenstelling van het oppervlaktewater (met een focus op totaal P- en Ca-concentraties) en de kwaliteit van de 4 bestudeerde habitattypen. In onderstaande tabel staan de samengevatte grenswaarden die gebruikt zijn in het vervolg van deze studie.

Tabel 6.1 Samenvatting grenswaarden voor fosfor (P) en calcium (Ca) in deze studie

	Zeer ongeschikt	Ongeschikt	Geschikt
P (mg/l)	>0,08	0,04-0,08	<0,04
Ca (mg/l)	<35	35-50 *	>50

\* In de winter acceptabel.

### 6.3 Beantwoording onderzoeksvraag 2

Onderstaande tabel geeft een overzicht van de instroompunten die samen het grootste deel van de aanvoer van water, P en Ca naar de boezem veroorzaken. Het meeste P wordt aangevoerd door de Steenwijker Aa, diepe polders met veel kwel (Wetering, Giethoorn, Gelderingen en Halfweg) en de 2 ondiepe polders Broammeule en Veldweg (Veldweg levert een relatief hoge P-vracht gezien het debiet, zie tabel 3.2). Dit is in lijn met de bevindingen van Cusell et al. (2013) voor de periode 2000-2012. Vanwege de extreem droge zomer van 2018 (en in mindere mate in 2019) is in deze 2 jaren veel water ingelaten vanuit het Vollenhove meer bij gemaal Stroink (veel meer dan in andere jaren): dit veroorzaakte in 2018 en 2019 5 % van de totale P-vracht. Daarbij moet worden opgemerkt dat deze relatief grote P-vracht vooral het gevolg is van het grote waterdebiet; qua concentraties is het inlaatwater namelijk van goede kwaliteit (lage P-concentratie en hoge Ca-concentratie). Daarnaast blijkt de RWZI-Steenwijk een relatief grote P-vracht te veroorzaken (6 % van het totaal).

Voor de Ca-vracht naar de boezem zijn het grofweg dezelfde instroompunten die het grootste aandeel leveren. Het water uit het Vollenhove meer (Stroink) bevat relatief veel Ca ten opzichte van P, waardoor dit instroompunt in 2018/2019 goed was voor 13 % van de totale Ca-vracht op de boezem.

Tabel 6.2 Overzicht van 12 instroompunten met de grootste waterinstroming, met de bijbehorende P- en Ca-vracht per instroompunt (over 2018 en 2019). NB. de 12 instroompunten staan gesorteerd van hoog naar laag voor de langjarig gemiddelde afvoer over de periode 2012-2019. De volgorde in 2018 en 2019 is alleen afwijkend voor inlaat via Stroink, die in die 2 jaren de grootste waterinstroming veroorzaakte (17 % van het totaal)

Naam instroompunt	Procentuele bijdrage aan totale waterinstroming op de boezem (%)	Procentuele bijdrage aan totale P-vracht op de boezem (%)	Procentuele bijdrage aan totale Ca-vracht op de boezem (%)
Steenwijker Aa	13	11	10
Wetering	11	15	15
Broammeule	11	6	9
Gelderingen	10	9	12
Giethoorn	10	11	12
Halfweg	6	8	9
Stroink	17	5	13
Nijensleek	2	3	2
Veldweg	2	6	3
De Deukten	2	3	3
Zuidveen	2	1	2
RWZI-Steenwijk	2	6	2
<b>totaal</b>	<b>89</b>	<b>85</b>	<b>91</b>

Voor de waterbalans van de boezem zijn 2018 en 2019 geen gemiddelde jaren. Met name 2018 was zeer droog, waardoor de afvoer vanuit de ondiepe polders en de aanvoer vanuit de Steenwijker Aa ongeveer 20 % lager was dan gemiddeld en de afvoer uit de diepe polders 10 % lager was dan gemiddeld. In 2019 was de aanvoer van de Steenwijker Aa nog altijd lager dan gemiddeld (30 à 40 % lager), maar de polderafvoer was weer op gemiddeld niveau. De lage aanvoer van de Steenwijker Aa en de lage polderafvoer is gecompenseerd door bij Stroink (en in 2018 bij de Beukersluis) veel water in te laten.

Behalve qua af- en aanvoeren was ook de waterkwaliteit van de instroompunten in 2018 en 2019 afwijkend van de eerdere jaren. De langjarige meetreeksen van de waterkwaliteit in de Steenwijker Aa en enkele van de

grootste polders (Nijensleek, Broammeule, Gelderingen, Halfweg en Wetering) laten zien dat de totaal P-concentraties in deze jaren lager waren dan in voorgaande jaren. Dit leidde voor deze bronnen in 2018 en 2019 tot een P-vracht die tot enkele tientallen procenten lager was dan in de periode 2012-2017. De in deze studie berekende P-vrachten zullen voor de meeste bronnen daarom een onderschatting zijn van de vracht in een gemiddeld of natter jaar.

## 6.4 Beantwoording onderzoeksvraag 3a

### 6.4.1 Verspreiding van water, fosfor en calcium door het hoofdnetwerk van de boezem

Voor de verspreiding door de boezem van water en fosfor en calcium zijn 3 situaties te onderscheiden qua stroomrichtingen, die gepaard gaan met een specifieke verspreiding van water, fosfor en calcium: een afvoersituatie, een drogere periode (volgend op een afvoersituatie) en een aanvoersituatie.

#### Afvoersituatie

In een afvoersituatie stroomt het meeste water via de kortste weg richting het boezemgemaal Stroink. Deze situatie doet zich voor in perioden met een groot neerslagoverschot. In de nauwkeurig gemodelleerde periode van april 2018 tot en met februari 2020 (in deze maanden zijn zeer veel metingen verricht om het model 'te voeden' en te kalibreren) was er van een dergelijke situatie sprake tussen december 2018 en maart 2019 en tussen oktober 2019 en februari 2020. In deze perioden zijn de polderafvoeren en aanvoer van de Steenwijker Aa hoog. Bovendien valt er op de boezem zelf ook veel neerslag, waardoor er vanuit het haarvatensysteem een waterbeweging 'naar buiten is', naar het hoofdwatersysteem, naar het boezemgemaal. Hierdoor trekt het op de boezem afgevoerde water vanuit de polders en aangevoerde water van de Steenwijker Aa in een afvoersituatie niet diep de deelgebieden in. Uitzondering zijn de doorgaande watergangen in deelgebieden die doorsneden worden door belangrijke afvoerkanalen, zoals het deelgebied Bollematen (met veel invloed van de Steenwijker Aa, Giethoorn, Wetering en Halfweg), het gebied ten noordoosten van Giethoorn (dat onder sterke invloed staat van de afvoer van Broammeule) en de Kalenbergergracht in de Weerribben (met afvoer vanuit de polders rondom Ossenzijl).

In erg natte perioden zijn de fosforconcentraties van veel polders alsook van de Steenwijker Aa het hoogste. In combinatie met de hoge polderafvoeren leidt dit tot een hoge P-belasting van de belangrijkste afvoerkanalen van de boezem richting het boezemgemaal en in de genoemde deelgebieden Bollematen en het noordoosten van de Wieden. Ook de gemeten en berekende P-concentraties zijn in deze delen van de boezem tijdens een afvoersituatie het hoogste, veelal hoger dan 0,08 mg P/l. In de Weerribben en andere wat meer geïsoleerd liggende gebieden is de P-belasting tijdens een afvoersituatie juist relatief laag. Desondanks worden ook in deze gebieden in de winter de hoogste fosforconcentraties gemeten.

De calciumconcentraties van de meeste bronnen zijn minder seizoensafhankelijk dan voor fosfor het geval is. In een afvoersituatie worden hoge concentraties gemeten in de belangrijkste afvoerkanalen. Dit zijn vaak concentraties van boven de 50 mg Ca/l. Ook in de Weerribben, Bollematen en het zuidoosten van de Wieden ligt de calciumconcentratie in een afvoersituatie vrijwel altijd boven de 50 mg Ca/l. Alleen in het zuidwesten (en op enkele locaties in het noordoosten) van de Wieden wordt de 50 mg Ca/l in een afvoersituatie niet gehaald.

#### Drogere periode

De tweede te onderscheiden situatie is een drogere periode volgend op de afvoersituatie, dus in het voorjaar en de zomer, maar zonder inlaat bij Stroink. In perioden in het voorjaar en begin van de zomer met een gering neerslagoverschot voeren de meeste polders (zeker de diepe polders) nog water af op de boezem. Ook de Steenwijker Aa voert vaak nog water aan (al was de aanvoer in 2019 al vroeg in het voorjaar zeer laag wat nog een na-ijleffect was van de droge zomer en najaar van 2018). Vanwege het geringe neerslagoverschot (of zelf een gering -tekort) en de forse wegzijging ontstaat er in de deelgebieden van de boezem een watervraag. Hierdoor verandert de stroomrichting; en gaat niet langer alle afvoer richting Stroink, maar ontstaat er een waterbeweging richting het haarvatensysteem van de verschillende deelgebieden. Met name voor de Weerribben is dit zeer duidelijk te zien, door het naar binnen trekken van

de afvoer van Gelderingen (via het kanaal Steenwijk-Ossenzijl) en van polder Wetering en Halfweg (via de Wetering en de Roomsloot).

Deze situatie hield in 2018 en 2019 aan tot het moment van een zeer grote waterinlaat bij Stroink (dan begint de 'aanvoersituatie' die hieronder als derde situatie wordt besproken). In minder extreem droge jaren wordt bij Stroink veel minder water ingelaten en blijft deze situatie heel de zomer in stand.

In deze periode verspreidt het fosforrijke water uit de polders zich dus sterk over de boezem, en trekt dan ook naar de haarvaten. De fosforconcentraties van de meeste polders en ook van de Steenwijker Aa zijn in deze periode echter al lager dan in de afvoersituatie. Bovendien treedt er meer retentie op dan in een afvoersituatie (zowel vanwege langere verblijftijden alsook door een hogere biologische opname in het begin van het groeiseizoen). De fosforbelasting van de grootste boezemkanalen is in deze situatie lager dan in de afvoersituatie, maar in de aan- en afvoerende watergangen van de deelgebieden kan de belasting juist oplopen. Dit is duidelijk het geval in de Weerribben, dat vanuit het zuiden belast wordt met fosfor uit polder Wetering en Halfweg, en in noorden met fosfor afkomstig uit Gelderingen, Giethoorn en uit de RWZI-Steenwijk.

De verspreiding van het polderwater over de boezem leidt er toe dat in deze situatie de calciumconcentraties op zijn hoogste zijn. Op veel plekken wordt de grenswaarde van 50 mg Ca/l ruimschoots gehaald (met als belangrijke uitzondering het zuidwesten van de Wieden, waar de concentratie achterblijft).

#### Aanvoersituatie op de boezem

In zeer droge zomermaanden ontstaat er een aanvoersituatie op de boezem. Het neerslagtekort en de wegzijging uit de boezem wordt dan onvoldoende gecompenseerd door de waterafvoer uit polders (die in droge maanden sterk terugloopt, net als de aanvoer van de Steenwijker Aa). Er wordt dan water ingelaten uit het Vollenhovenmeer bij Stroink en (alleen in 2018) uit het Meppelerdiep via de Beukersluis (de waterinstroming via het 'reguliere' gebruik van de diverse sluzen aan de randen van de boezem is in de zomermaanden het hoogst, maar qua debiet betrekkelijk gering ten opzichte van de andere bronnen). In 2018 en 2019 is 25 à 30 miljoen m<sup>3</sup> ingelaten, in eerdere jaren veel minder (meestal enkele miljoenen m<sup>3</sup>). Dit leidde in 2018 en 2019 tot een omslag van de stroomrichting in de grote boezemkanalen: van west naar oost door de Beulakerwilde en door de Cornelisgracht en Thijssengracht en het Steenwijkerdiep, in noordelijke richting door de Walengracht, Roomsloot en Wetering en het kanaal Beukers-Steenwijk en in noordwestelijke richting door het kanaal Steenwijk-Ossenzijl. Hierdoor wordt de polderafvoer niet alleen meer de deelgebieden ingetrokken (als gevolg van het watertekort aldaar), maar ook 'geduwd' door de 'inlaatgolf' vanuit Stroink. In grote delen van het hoofdwatersysteem van de boezem is een belangrijk deel van het water afkomstig uit het Vollenhovenmeer (variërend van 100 % in de doorgaande watergangen in de Bollematen, 50 % in het zuiden van de Weerribben en tot enkele tientallen procenten in het noorden van de Weerribben en zuidoosten en noordoosten van de Wieden).

Het inlaatwater uit het Vollenhovenmeer heeft een vrij lage P-concentratie (circa 0,05 mg P/l) en ook een relatief lage Ca-concentratie (rond de 50 mg Ca/l). In grote delen van de boezem zijn deze concentraties dan ook terug te zien in een aanvoersituatie. Daar komt nog bovenop dat de P-concentraties van de polders op dit moment op z'n laagst zijn. Daardoor wordt in grote delen van de boezem, zowel in de grote kanalen als in de kleinere aan- en afvoerende watergangen in de deelgebieden, een lage P-concentratie berekend (en ook gemeten!). Vanwege het grote debiet dat op dit moment richting het haarvatensysteem stroomt (het watertekort is immers groter dan ooit als gevolg van het grote neerslagtekort plus de wegzijging), is de fosforbelasting echter juist relatief hoog. Dat is met name het geval voor de Weerribben: daar piekt de P-belasting op deze momenten. Door de omgekeerde stroomrichting worden de Weerribben in deze situatie niet alleen belast door Gelderingen, Wetering en Halfweg, maar ook in belangrijke mate door polder Giethoorn en RWZI-Steenwijk.

In grote delen van de boezem ligt de calciumconcentratie in een aanvoersituatie rond of boven de 50 mg Ca/l. Ook in het geïsoleerde zuidwesten van de Wieden stijgt de calciumconcentratie in deze situatie tot rond de 50 mg Ca/l. In de Weerribben ligt de concentratie hoger, doordat het meeste water uit de diepe polders hiernaartoe stroomt (Gelderingen, Wetering, Giethoorn). Een belangrijke uitzondering was augustus



2019. De calciumconcentratie in het Vollenhovenmeer bedroeg die maand 'slechts' 38 mg Ca/l: daardoor kwam ook op veel plekken in de boezem de concentratie onder de 50 mg/l te liggen.

#### 6.4.2 Probleemlocaties in het hoofdnetwerk van de boezem

In het voor dit project opgezette meetnet zijn 45 meetlocaties tussen april 2018 en februari 2020 12 maal bemonsterd. In totaal zijn er op deze locaties 490 metingen van fosfor totaal en calcium verricht. In 55 % van alle metingen is de oppervlaktewaterkwaliteit voor wat betreft fosfor geschikt voor de ontwikkeling of instandhouding van een goede kwaliteit van de semi-terrestrische habitattypen. Voor wat betreft calcium is de waterkwaliteit in 71 % van de metingen geschikt. Een belangrijke kanttekening bij deze metingen is dat ze grotendeels verricht zijn in 2 extreem droge jaren, 2018 en 2019. In meer normale jaren qua weersomstandigheden zullen de P-concentraties in het hoofdwatersysteem van de boezem op diverse plekken hoger liggen dan nu is gemeten. Zeer waarschijnlijk geven de metingen uit 2018 en 2019 een te positief beeld.

Door het gebied heen zijn er verschillen te zien in de P- en Ca-concentraties ten opzichte van de grenswaarden:

In een groot deel van de **Weerribben** is de waterkwaliteit op de meeste meetmomenten geschikt voor goede trilvenen. Het zijn vooral de meetlocaties in de Kalenbergergracht (de doorgaande watergang vanuit Ossenzijl het gebied in) waar de waterkwaliteit doorgaans ongeschikt is (P-concentraties van 0,04 à 0,08 mg P/l) of zeer ongeschikt (>0,08 mg P/l). Hetzelfde geldt voor de waterkwaliteit van de Wetering (in het zuidoosten, met afvoer vanuit polder Wetering). De calciumconcentratie voldoet vrijwel altijd en overal aan de grenswaarde van 50 mg/l. De calciumconcentratie is het hoogste in de Kalenbergergracht, met vaak waarden van 60 à 70 mg Ca/l.

In deelgebied **Bollematen** is qua fosfor vrijwel altijd sprake van een ongeschikte waterkwaliteit. Alleen in de zomers van 2018 en 2019, toen een 'aanvoergolf' vanuit het Vollenhovenmeer door dit gebied heen trok, lagen de concentraties onder de grenswaarde. De gemeten calciumconcentraties in het hoofdwatersysteem van dit deelgebied voldoen praktisch altijd aan de grenswaarde van 50 mg Ca/l.

In het **noordoosten van de Wieden** wordt in het meer geïsoleerde zuiden (Bovenwijde en het gebied ten zuiden daarvan, zoals de Brouwersgaten) vaak voldaan aan de grenswaarde van P, maar is de waterkwaliteit vaak ongeschikt vanwege te lage calciumconcentraties. Ten noorden van de Bovenwijde is dit precies andersom: hier is de waterkwaliteit vrijwel altijd geschikt voor wat betreft calcium (>50 mg Ca/l), maar ongeschikt vanwege te hoge P-concentraties.

In het **zuidoosten van de Wieden** (Veldweg-Reeënweg), voldoet de waterkwaliteit qua fosfor in de zomer doorgaans wel, maar in de winter niet. Echter neemt juist in de zomer de calciumconcentratie op veel plekken af tot rond of onder de 50 mg Ca/l, waardoor de waterkwaliteit ongeschikt is. Met name in de zomer van 2019 zijn de Ca-concentraties sterk gedaald (tot 35 à 45 mg Ca/l).

In het **zuidwesten van de Wieden** (Belt-Schutsloot) is de waterkwaliteit wat fosfor betreft vrijwel overal en altijd geschikt voor een goede ontwikkeling van de habitattypen. Alleen de meest zuidelijk gelegen meetlocaties vertonen een iets minder goede waterkwaliteit. De calciumconcentraties liggen hier echter zelden boven de 50 mg Ca/l. Dit is een nogal geïsoleerd liggend gebied met een relatief kleine invloed van de polders en andere bronnen.

#### 6.4.3 Knelpunten: bronnen met grote invloed op deelgebieden in de boezem

Op basis van de analyse zijn een aantal bronnen aan te wijzen die in belangrijke mate bijdragen aan de fosforbelasting van bepaalde deelgebieden van de boezem en daardoor een knelpunt vormen. Het gaat dan met name om de polders Gelderingen, Wetering, Halfweg, Giethoorn, Broammeule en Veldweg, de Steenwijker Aa en RWZI-Steenwijk. Voor al deze bronnen (behalve de RWZI) is een fractiefilmpje beschikbaar (in de map 'filmpjes SA 4.4.3').

### Steenwijker Aa

De Steenwijker Aa is over het algemeen de grootste wateraanvoerbron van de boezem. De wateraanvoer is vooral groot in de winter; 's zomers is de aanvoer vele malen kleiner. De Steenwijker Aa voert dus vooral veel water aan op momenten dat de boezem als geheel afvoert op het Vollenhovenmeer. Op die momenten stroomt het water van de Steenwijker Aa hoofdzakelijk via het kanaal Beukers-Steenwijk en via het Steenwijkerdiep en Giethoornse Meer naar de Beulakerwijde, waar het vervolgens wordt afgevoerd door het gemaal Stroink. In dergelijke situaties staat alleen het deelgebied Bollematen, Stobbekamp en Duinigermeer onder grote invloed van de Steenwijker Aa. Zodra het in het voorjaar wat droger wordt, en er in veel deelgebieden van de boezem een watervraag ontstaat, verspreidt het water van de Steenwijker Aa zich over grotere delen van de boezem zoals de Weerribben, het noordoosten van de Wieden en de Belterwijde in het zuidoosten van de Wieden.

De Steenwijker Aa heeft in de winter een behoorlijk hoge P-concentratie: gemiddeld 0,13 mg P/l wat ver boven de grenswaarde ligt van 0,04 mg P/l voor de gewenste habitattypen in de boezem. Door de grote afvoer en hoge concentratie veroorzaakt de Steenwijker Aa een forse P-belasting op het deelgebied Bollematen, Stobbekamp en Duinigermeer. In de meeste andere deelgebieden van de Wieden en Weerribben draagt de Steenwijker Aa in beperkte mate bij aan de P-belasting. De Ca-concentratie van de Steenwijker Aa ligt vaak rond de grenswaarde van 50 mg/l.

### RWZI-Steenwijk

De RWZI-Steenwijk loost zijn water in de Steenwijker Aa, voordat deze zich bij de driesplitsing opsplijt. Hierdoor is het verspreidingspatroon van de RWZI-Steenwijk identiek aan het verspreidingspatroon van de Steenwijker Aa, maar met een veel beperktere fractie (althans in de winter). In de maanden met de laagste aanvoer van de Steenwijker Aa, is het debiet van de RWZI vergelijkbaar of zelfs groter dan de Steenwijker Aa. Doordat daarnaast de RWZI water loost met hoge P-concentratie (0,46 mg P/l gemiddeld), veroorzaakt deze in het voorjaar en zomer een substantiële P-belasting in het noorden van de Weerribben. In de winter stroomt het RWZI-water via de grote afvoerkanalen richting Stroink, en veroorzaakt dan een P-belasting in het deelgebied Bollematen, Stobbekamp en Duinigermeer.

NB. De fosforconcentraties in het effluent van RWZI-Steenwijk liggen vanaf 2017 fors hoger dan in de jaren daarvoor (afbeelding 3.7). De oorzaak hiervoor is niet duidelijk. Het is evident dat dit direct leidt tot een hogere P-belasting van de boezem dan in eerdere jaren, en dan met name van de Weerribben.

### Polder Gelderingen

Het water uit polder Gelderingen wordt afgevoerd op het kanaal Steenwijk-Ossenzijl. In de natste perioden is de stroomrichting op het kanaal meestal richting Steenwijk. Het water uit polder Gelderingen stroomt dan hoofdzakelijk via het Steenwijkerdiep en kanaal Beukers-Steenwijk richting de Beulakerwijde en het boezemgemaal. Zodra het echter iets minder nat is (met minder neerslag op de boezem en minder afvoer uit de polders rondom Ossenzijl) stroomt (een deel van) de afvoer van Gelderingen via het kanaal richting Ossenzijl en daar de Kalenbergergracht op, de Weerribben in. Dit leidt in grote delen van het jaar tot een grote waterfractie vanuit Gelderingen in het noorden en midden van de Weerribben. Door de hoge P-concentratie in het polderwater (gemiddeld 0,14 mg P/l) leidt dit tot forse P-belasting van het noorden van de Weerribben. Tegelijk is polder Gelderingen ook een belangrijke bron van calcium voor dit deel van de Weerribben (met gemiddeld ruim 80 mg Ca/l).

De Bollematen, Stobbekamp en Duinigermeer staan ook onder invloed van Gelderingen, al is de waterfractie hier vrij klein (vaak 5 tot 10 %). In de deelgebieden van de Wieden is de waterfractie vanuit Gelderingen kleiner. Doordat de afvoer van Gelderingen op sommige momenten deels via kanaal Beukers-Steenwijk loopt, kan er enige instroming zijn het oostelijk deel van de Wieden in.

### Polder Wetering

In een afvoersituatie met veel neerslag voert polder Wetering af naar het zuiden richting het Giethoornse meer. Doordat hier verschillende waterbronnen bij elkaar komen, verdunt het polderwater uit polder Wetering dan al behoorlijk snel. Vanuit het Giethoornse meer wordt het water door deelgebied Bollematen en (deels) via de Beulakerwijde afgevoerd richting Stroink om uitgemalen te worden. Zodra het wat droger is, trekt (een deel van de) afvoer van polder Wetering naar het noorden de Weerribben in. Vooral in het

zuiden van de Weerribben kan polderwater uit Wetering dan een groot deel van de waterfractie uitmaken. Tot waar het water uit polder Wetering precies doordringt in de Weerribben en hoe groot de fractie dan is, varieert sterk van week tot week. Dit is onder meer afhankelijk van de druk vanuit het noorden van de Weerribben (door de aanvoer vanuit het kanaal Steenwijk-Ossenzijl de Weerribben in). Door de hoge P-concentratie in het polderwater (gemiddeld 0,20 mg P/l) veroorzaakt Wetering een hoge P-belastingen in de Bollematen en in het zuiden en midden van de Weerribben. Tegelijk is polder Wetering ook een belangrijke bron van calcium voor deze gebieden (met gemiddeld ruim 90 mg Ca/l).

#### **Polder Halfweg**

Polder Halfweg voert af op het Giethoornse meer. Het grootste gedeelte van het jaar wordt dit water via de Walengracht afgevoerd naar de Beulakerwijde, waarbij het water ook door de Bollematen stroomt. Als het wat droger is en er in de Weerribben een watervraag ontstaat als gevolg van de verdamping en wegzijging, stroomt er water vanuit het Giethoornse meer via de Roomsloot (en soms ook via de Wetering) naar het zuid(westen) van de Weerribben en krijgt polder Halfweg daar dus invloed. In zeer droge zomerse omstandigheden (zoals in 2018) is er tijdelijk helemaal geen stroming vanuit het Giethoornse meer naar het zuiden. In deze periode stroomt het water in het Giethoornse namelijk vooral naar het noorden, waardoor de waterfractie van Halfweg in de Weerribben sterk oploopt. Door de hoge P-concentratie in het polderwater (gemiddeld 0,19 mg P/l) veroorzaakt Halfweg een forse P-belastingen in de Bollematen en in het zuiden en midden van de Weerribben. Tegelijk is polder Veldweg ook een belangrijke bron van calcium voor deze gebieden (met gemiddeld bijna 80 mg Ca/l).

#### **Polder Giethoorn**

Polder Giethoorn voert af op het kanaal Beukers-Steenwijk. De stroomrichting op het kanaal is doorgaans in zuidelijke richting. In een afvoersituatie stroomt het polderwater vanuit het kanaal richting de Beulakerwijde. Vanuit het kanaal verloopt de afvoer deels via de Thijssengracht en Cornelisgracht, waardoor het oosten van de Bollematen onder sterke invloed staat van deze polder. Zodra er in het zomerhalfjaar een watervraag ontstaat in de Wieden ten oosten van het kanaal, trekt het kanaalwater (met daarin een grote waterfractie uit polder Giethoorn) die gebieden in. Dit leidt in het noordoosten van de Wieden tot een aandeel van enkele tientallen procenten (in de Noordse Stouwe) en circa 10 % in de Bovenwijde en de meer geïsoleerde delen van dit deelgebied. Het zuidoosten van de Wieden ontvangt nauwelijks water afkomstig uit Giethoorn, de Belterwijde uitgezonderd. In zeer droge zomerse omstandigheden (zoals in 2018 en 2019 het geval was) stroomt het polderwater uit Giethoorn (ook) in noordelijke richting het kanaal op, naar Steenwijk en vandaar richting Ossenzijl, alwaar het water de Weerribben in stroomt.

Door de hoge P-concentratie in het polderwater (gemiddeld 0,18 mg P/l) veroorzaakt Giethoorn een aanzienlijke P-belasting in het noordoosten van de Wieden (in het zomerhalfjaar), in het noorden van de Weerribben (in de droogste maanden met een stroomrichting in het kanaal naar het noorden) en in het oosten van de Bollematen (vooral in de winter). Tegelijk is polder Giethoorn ook een belangrijke bron van calcium voor deze gebieden (met gemiddeld ruim 80 mg Ca/l).

#### **Polder Broammeule**

Vooraf het noordoosten van de Wieden staat onder zeer grote invloed van polder Broammeule. Het grootste deel van de polderafvoer stroomt via de Benedenstouwe richting het kanaal Beukers-Steenwijk, en vanuit het kanaal richting Stroink (waarbij een deel door de Bollematen stroomt). Feitelijk is het gehele watersysteem ten noorden van de Bovenwijde zeer sterk doorstroomd met water uit Broammeule. Ook in de Bovenwijde zelf en in de meer geïsoleerd liggende delen van dit deelgebied (zoals de Zuideindigerwijde en de Brouwersgaten en Hoosjesgracht) vormt water uit Broammeule een groot deel van het jaar meer dan 50 % van de watersamenstelling. Via de Haagjesgracht en kanaal Beukers-Steenwijk (en Belterwijde-Oost) stroomt het water uit polder Broammeule ook naar het zuidoosten van de Wieden. Vooral de Belterwijde-Oost en de Haagjesgracht zelf bevatten veel water uit Broammeule (vaak enkele tientallen procenten), de overige delen van het hoofdwatersysteem van het zuidoosten van de Wieden bevatten vaak maar tot 10 % water uit Broammeule.

Door de matig hoge P-concentratie in het polderwater (gemiddeld 0,09 mg P/l) veroorzaakt Broammeule een hoge P-belasting in het noordoosten van de Wieden en in delen van het zuidoosten van de Wieden.

Tegelijk is polder Giethoorn ook een belangrijke bron van calcium voor deze gebieden (met gemiddeld 60 mg Ca/l).

#### **Polder Veldweg**

Deze polder behoort wat betreft debiet niet bij de grootste polders van het gebied, maar het is wel een P-rijke bron (met gemiddeld 0,22) die lokaal een negatieve impact kan hebben op nabij gelegen kranswiervegetaties, trilvenen en blauwgraslanden. De Kerkgracht, Belterwijde-Oost en de Westelijke Schutsloot bevatten in grote delen van het jaar een fors aandeel water uit polder Veldweg (in Belterwijde-Oost de zomermaanden uitgezonderd). Ook het zuidelijk deel van het noordoosten van de Wieden (zoals de Zuideindigerwijde, de Brouwersgaten en Hoosjesgracht) bevatten het gehele jaar water uit polder Veldweg (veelal rond de 10 %).

Polder Veldweg veroorzaakt het grootste deel van de P-belasting van het zuidoosten van de Wieden. Maar ook in de genoemde Zuideindigerwijde en Brouwersgaten levert deze polder een fors deel van de P-belasting.

### **6.5 Beantwoording onderzoeksvraag 3b**

Over het algemeen blijkt dat in de meeste petgaten en sloten de waterkwaliteit in het hoofdwatersysteem een grote invloed heeft op de Ca- en totaal P-concentraties in het petgat of sloot. Bij Ca zijn de verschillen tussen het hoofdwatersysteem en het petgat/sloot vrijwel overal minimaal. Het verloop van de totaal P-concentraties over de gradiënt 'hoofdwatgang-petgat/sloot' verschilt per petgat/sloot en kan per seizoen verschillen. Over het algemeen blijft de P-concentratie van hoofdwatgang naar petgat gelijk of daalt deze licht in petgaten/sloten met weinig vegetatie of gele plomp/witte waterlelie. Met name in petgaten die door krabbenscheer gedomineerd worden, is er in de zomerperiode vaak een toename van de P-concentratie zichtbaar. Dit duidt op enige interne mobilisatie van P in deze petgaten vanuit de waterbodem, met name in de zomerperiode.



## REFERENTIES

- 1 Aggenbach, C.J.S., D.G. Cirkel, C. Cusell, G. van Dijk & A.M. Kooijman, 2020. Onderzoek naar bevoeiing als beheermaatregel voor behoud en herstel van basenrijke trilvenen. 2020/OBN241-LZ, Vereniging van Bos- en Natuureigenaren, Driebergen.
- 2 Arcadis (2004) Boezem in Noordwest Overijssel: trends in fosfaatbalansen en effectiviteit van maatregelen. Rapportnr. 110302/001051/LB, Arcadis, Apeldoorn.
- 3 Arcadis (2008) Waterkwaliteit boezem Noordwest-Overijssel. Rapportnr. 110315.000228/GF, Arcadis, Apeldoorn.
- 4 Balirwa, J.S. (1993) A study of the hydrology and nutrient status in north west Overijssel (The Netherlands). Rapportnr. 99, IHE-Delft & Zuiveringschap West-Overijssel, Zwolle.
- 5 Bijlsma, R.J., Aptroot, A., Dort, K.W. van, Haveman, R., Herk, C.M. van, Kooijman, A.M., Sparrius, L.B. & Weeda, E.J. 2009. Preadvies mossen & korstmossen. Rapport nr. 2009/dk104-O, Ministerie van LNV, Directie Kennis, Ede.
- 6 Bloemendaal, F.H.J.L., J.G.M. Roelofs (ed.), 1988. Waterplanten en waterkwaliteit (p. 189). Utrecht: Koninklijke Nederlandse Natuurhistorische Vereniging.
- 7 Cusell, C. (2014) Preventing acidification and eutrophication in rich fens: Water level management as solution? PhD thesis, Universiteit van Amsterdam, Amsterdam.
- 8 Cusell, C., Kooijman, A., Mettrop, I. & L. Lamers, m.m.v. G. van Wirdum, 2013. Natura 2000 Kennislacunes in De Wieden & De Weerribben. Directie Agro kennis, Ministerie van Economische Zaken. Rapport nr. 2013/OBN171-LZ. Den Haag, 2013.
- 9 Cusell, C. & J. Mandemakers, 2017. PAS-onderzoek M1 naar defosfatering in de Wieden en Weerribben. Witteveen+Bos rapport ZL511-13/17-001.854. In opdracht van provincie Overijssel.
- 10 Cusell, C., 2018. Monitoringsplan 2018-2020. Onderzoek verbeteren waterkwaliteit Wieden en Weerribben (systeemanalyse en voorstel maatregelen). Witteveen+Bos rapport 105305/18-010.028. In opdracht van provincie Overijssel.
- 11 Cusell, C., J. Mandemakers, G. van Dijk, D. van Rotterdam, A.M. Kooijman & M. Poelen, 2019. Onderzoek verbeteren waterkwaliteit Wieden en Weerribben. Tussenrapportage fase 1. Witteveen+Bos rapport 105305. Concept 1.0. In opdracht van provincie Overijssel.
- 12 De Groot, M.R., de Weerd, P.C. & Cusell, C. (2019) Peilopzet Naardermeer: Passende beoordeling. Rapport nr. 111408/19-014.120, Witteveen+Bos, Deventer.
- 13 Diggelen, van, R., Molenaar, W.J. & Kooijman, A.M. (1996) Vegetation succession in a floating mire in relation to management and hydrology. *Journal of Vegetation Science*, 7, 809-820.
- 14 Diggelen, van J.M.H., van Dijk, G., Cusell, C., van Belle, J., Kooijman, A.M., van den Broek, T., Bobbink, R. Lamers, L.P.M. & Smolders, A.J.P. (2018) Onderzoek naar de effecten van stikstof in overgangs- en trilvenen, ten behoeve van het behoud en herstel van habitatype H7140 (Natura 2000). Rapportnr. 2018/OBN000-LZ, VBNE, Driebergen.
- 15 Dijk, G. van, S. Stofberg, J. Mandemakers, M. van Schie, C. Cusell, A.M. Kooijman & F. Smolders, 2021. Teloorgang én ontwikkeling van trilveen in de Nieuwkoopse plassen. *De Levende Natuur* 122: 88-93.
- 16 Kanters, S., Koks, A.H.W., Van Dijk, G., Kooijman, A.M. & Cusell, C. (2021) Effect van hydrologische maatregelen en inundaties op het behoud en herstel van trilveenvegetaties in de Rottige Meente.
- 17 Koks, A.H.W., G. van Dijk, A.J.P. Smolders, L.P.M. Lamers & C. Fritz, 2019. The effects of alkalinity and cations on the vitality of *Sphagnum palustre* L. *Mires and peat* 24: 1-14.
- 18 Koks, A.H.W., C. Fritz, A.J.P. Smolders, K. Rehlmeier, J.T.M. Elzenga, S. Krosse, L.P.M. Lamers & G. van Dijk, 2022 (in press). *Sphagnum Bleaching: Bicarbonate 'Toxicity' and tolerance for Seven Sphagnum Species*, *Plant Biology*, XXX.

- 19 Koks, A., G. van Dijk, C. Cusell, S. Kanters, A.M. Kooijman, A. Smolders, W. Molenaar & H. Hut, 2021. Trilveenherstel door terugkeer van inundatie met basenrijk oppervlaktewater. *De Levende Natuur* (122): 102-106.
- 20 Kooijman, A.M. (1993) *Changes in the bryophyte layer of rich fens as controlled by acidification and eutrophication*. PhD thesis, Utrecht Universiteit, Utrecht.
- 21 Kooijman, A.M. (2012) 'Poor rich fen mosses': Atmospheric N-deposition and P-eutrophication in base-rich fens. *Lindbergia*, 35, 42-52.
- 22 Kooijman, A.M., Cusell, C., Loeb, R. & van Diggelen, J.M.H. (2018) Mesotrofe verlanding en behoud van trilvenen: N-depositie en eutrofiëring oppervlaktewater een blijvend probleem. *Landschap*, 2018: 83-91.
- 23 Kuiper, P. & Kuiper, C. (1958) Verlandingsvegetaties in Noordwest-Overijssel. *Kruipnieuws*, 20: 1-19.
- 24 Mettrop, I.S. (2015) Water level fluctuations in rich fens: An assessment of ecological benefits and drawbacks. PhD-thesis, Universiteit van Amsterdam, Amsterdam.
- 25 Nijp, J., Aggenbach, C., van Dijk, G., Koks, A., Kanters, S. & Cusell, C. (2021) Bevloeiing ter bevordering van trilveenvegetatie in de Weerribben. Rapport nr. 2021.093, KWR, Nieuwegein.
- 26 Lamers, L. (red.), J. Sarneel, J. Geurts, M. Dionisio Pires, E. Remke, H. van Kleef, M. Christianen, L. Bakker, G. Mulderij, J. Schouwenaars, M. Klinge, N. Jaarsma, S. van der Wielen, M. Soons, J. Verhoeven, B. Ibelings, E. van Donk, W. Verberk, H. Esselink, J. Roelofs. Met bijdragen van R. Bijkerk, I. Bulstra, J. Frazão, B. Grutters, B. Higler, M. Ouboter, G. Rutten, F. Smolders, G. Wolters, 2010. Onderzoek ten behoeve van het herstel en beheer van Nederlandse laagveenwateren. Eindrapportage 2006-2009 (fase 2). Directie Kennis en Innovatie, Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit. Rapport DKI nr. 2010/dk134-O. Ede, 2010.
- 27 Loeb, L., Geurts, J. Bakker, L., van Leeuwen, R. van Belle, J., van Diggelen, J., Faber, A.H., Kooijman, A.M., Brinkkemper, O., van Geel, B., Weijs, W. van Dijk, G. Loermans, L., Cusell, C., Rip, W. & Lamers, L.P.M. (2016) Verlanding in laagveenpetgaten: Speerpunt voor natuurherstel in laagvenen. Rapport nr. 2016/OBN208-LZ, VBNE, Vereniging van Bos- en Natuurterreineigenaren, Driebergen.
- 28 Oosterbaan, B.W.J. (2018) Waterplantenkartering De Wieden. Rapport nr. 2019-08, Van der Goes en Groot, Kwintshuil.
- 29 Pawlikowski, P., Abramczyk, K., Szczepaniuk, A. & Kozub, L. (2013) Nitrogen:phosphorus ratio as the main ecological determinant of the differences in the species composition of brown-moss rich fens in North-Eastern Poland. *Preslia*, 85, 349-367.
- 30 Provincie Overijssel (2020) Natura 2000-beheerplan De Wieden en Weerribben. Provincie Overijssel, Zwolle.
- 31 Sjörs, H. (1950) On the relation between vegetation and electrolytes in North Swedish mire waters. *Oikos*, 2, 241-258.
- 32 Smolders, A.J.P., E.C.H.E.T. Lucassen, S. Harpenslager, F. Van Schaik, J.G.M. Roelofs & L.P.M Lamers, 2019. Kansen voor krabbenscheer in voedselrijke sloten van het veenweidegebied. *De Levende Natuur*, 120(1), pp.30-35.
- 33 Torenbeek, R. (2008) Fosfaat in de Boezem van Noordwest-Overijssel: Belasting, verspreiding en maatregelen voor reductie.
- 34 van Berkum, J.-A. (2000) Waterplant en Wieden herstel van helder water: Een onderzoek naar maatregelen ter bestrijding van de eutrofiëring van in Noordwest Overijssel. Waterschap Groot-Salland, Zwolle.
- 35 Van 't Veer, R. & Hoogeboom, D. (2012) Atlas Natura 2000 Oostelijke Vechtplassen en Naardermeer. Provincie Noord-Holland, Haarlem.
- 36 Van Wirdum, G. (1991) Vegetation and hydrology of floating rich-fens. PhD thesis, Universiteit van Amsterdam, Amsterdam.
- 37 Zon-van Wagtenonk, A.M. van (1965). *Vegetatiekartering van een gedeelte van het natuurreserveaat 'de Weerribben' te Oldemarkt (NW-Overijssel)*. Rapport 16, Hugo de Vries laboratorium, Amsterdam.



