

EFFECTEN VAN RWZI-EFFLUENTEN OP DE
WATERKWALITEIT

**Toepassing waterkwaliteitsmodel Friese
Boezem**

WETTERSKIP FRYSLÂN

3 mei 2011
075495314.0.1 - Definitief
C01012.100097.0100/SD

Inhoud

1	Inleiding	2
2	Methoden	4
2.1	Basis: waterkwantiteitsmodel SOBEK	4
2.1.1	Aanpassing model: toevoegen bronnen	4
2.1.2	Waterkwaliteitsmodule toevoegen	5
2.2	Scenario berekeningen	7
2.2.1	Generieke scenario's	7
2.2.2	Specifieke wijzigingen in scenario's	8
3	Resultaten	9
3.1	Aandeel RWZI-effluent in de Friese Boezem	9
3.2	Waterkwaliteit in de Friese Boezem 2008	13
3.3	Waterkwaliteit in de Friese Boezem – vier scenario's	16
3.3.1	Scenario IJsselmeer	17
3.3.2	Scenario Polderwater	19
3.3.3	Scenario RWZI realistisch	20
3.3.4	Scenario RWZI MTR	23
3.3.5	Uitzonderingspositie RWZI's Akkrum, Leeuwarden, Heerenveen	24
3.4	Effect van de scenario's op verschillende locaties	27
3.5	Conclusie	30
4	Discussie	31
4.1	Waterkwantiteitsmodel Friese boezem – de basis	31
4.2	Conservatief transport en de betrouwbaarheid van het model	31
4.3	Modellering waterkwaliteit 1999 en 2008	35
4.3.1	Wijzigingen op RWZI Drachten en Leeuwarden	40
4.4	Betrouwbaarheid van de invoergegevens	41
5	Conclusie en aanbevelingen	44
5.1	Kwaliteit boezemwater	44
5.2	effect van scenarios	44
5.3	Aanbevelingen	45
Bijlage 1	RWZI debieten: waterbalans en correcties	47
Bijlage 2	Meetpunten waterkwaliteit en koppeling aan model	49
Colofon		53

HOOFDSTUK 1 Inleiding

In 2002 is voor het eerst een modelberekening gemaakt voor de waterkwaliteit van de Friese boezem waarbij met name is gekeken naar de invloed van de lozingen van de effluenten van de RWZI's op de waterkwaliteit. De berekeningen hadden betrekking op de nutriënten N en P in het jaar 1999. Tevens is berekend in hoeverre een verbetering van de effluent kwaliteit van de RWZI's kan bijdragen aan de verbetering van de waterkwaliteit in de Friese Boezem. Dezelfde exercitie is ook uitgevoerd voor verbeteringen de twee overige belangrijke bronnen: polderwater en IJsselmeerwater.

De resultaten van deze studie zijn voor verschillende doeleinden gebruikt:

- bij de formulering van de ambities bij renovatie van bestaande RWZI's;
- bij de beoordeling van de noodzaak van maatregelen met het oog op de KRW doelen;
- bij de Optimalisatiestudies voor zuiveringskringen.

Intussen zijn diverse RWZI's aangepast (verbeterd) en is de waterkwaliteit van het water uit de polders en het IJsselmeer verbeterd. Door deze veranderingen veranderen de bijdragen van deze 3 genoemde bronnen. Ook verandert de waterkwaliteit onder invloed van KRW inrichtingsmaatregelen. De vragen met betrekking tot het aandeel van de divers bronnen en de mogelijkheden om een bepaalde waterkwaliteit te handhaven of te verbeteren blijven aan de orde. Het Wetterskip heeft daarom besloten de model exercitie te herhalen met actuele gegevens.

In dit rapport wordt verslag gedaan van de herhaling van de modelexercitie voor het jaar 2008. Feitelijk is de schematisatie van de boezem gehandhaafd. Voor de rest zijn de volgende aanpassingen uitgevoerd:

- de boezembalans voor het jaar 2008 (de weerslag van het weer van 2008) vormt de basis voor de waterbeweging;
- de debieten en de kwaliteit van de effluenten voor het jaar 2008;
- de kwaliteit van het polderwater en het IJsselmeerwater van het jaar 2008;
- de berekeningen worden vergeleken met de gemeten waterkwaliteit van de boezem in 2008.

Ook bij deze herhaling zijn scenario's opgelegd aan het model. De belangrijkste vraag daarbij is: wat is nog de haalbare waterkwaliteitsverbetering in de boezem bij een verdere verbetering van de kwaliteit van de effluenten, het polderwater en het IJsselmeerwater. Om nader te bepalen hoe groot het beïnvloedingsgebied is van een RWZI, is het gebied gekwantificeerd waar het aandeel van het effluent in de waterbeweging (tijdelijk) 10% is.

Het inzicht dat daarmee wordt verkregen, is van belang voor de beoordeling van de toelaatbaarheid van lozingen van milieuvreemde stoffen. Bij een beperkt aantal RWZI's is zichtbaar gemaakt wat het effect is van een verslechtering van de effluentkwaliteit. Tenslotte is het effect van de mogelijke sluiting van de RWZI te Akkrum berekend.

De resultaten van de studie zullen opnieuw worden gebruikt voor de eerder genoemde toepassingen. De winst is dat de invoer en uitvoer nu actueel zijn.

In dit rapport ontbreken berekeningen van de invloed van de effluenten van de RWZI's Oosterwolde en Wijnjewoude, omdat de lozing daarvan plaatsvindt op kanalen buiten de boezem. Deze kanalen zijn niet opgenomen in het waterkwaliteitsmodel voor de boezem. Hetzelfde geldt voor de 4 RWZI's op de waddeneilanden.

Leeswijzer

Dit rapport is opgebouwd volgens de opzet van methode-resultaten-discussie-conclusie, elk in een afzonderlijk hoofdstuk.

HOOFDSTUK 2 Methoden

2.1

BASIS: WATERKWANTITEITSMODEL SOBEK

In 1999 is het Friese boezemsysteem modelmatig met behulp van SOBEK in beeld gebracht. Hierin zijn zowel een kwaliteit als kwantiteit module opgenomen. Het kwantiteitsmodel is geactualiseerd op basis van meetgegevens uit 2008. Dit geijkte model vormt de basis voor het waterkwaliteitsmodel dat nu is opgesteld.

De methode voor de uitbreiding van het waterkwantiteitsmodel met een kwaliteitsmodule bestaat uit 2 stappen:

1. De RWZI locaties zijn toegevoegd aan het waterkwantiteitsmodel, waarbij de totale waterbalans voor 2008 gelijk is gebleven aan het basismodel;
2. Aan de effluenten van de RWZI's, de inlaten van polderwater en IJsselmeer en aan de overige in- en uitlaatpunten in het waterkwantiteitsmodel zijn waterkwaliteitsdata gekoppeld.

2.1.1

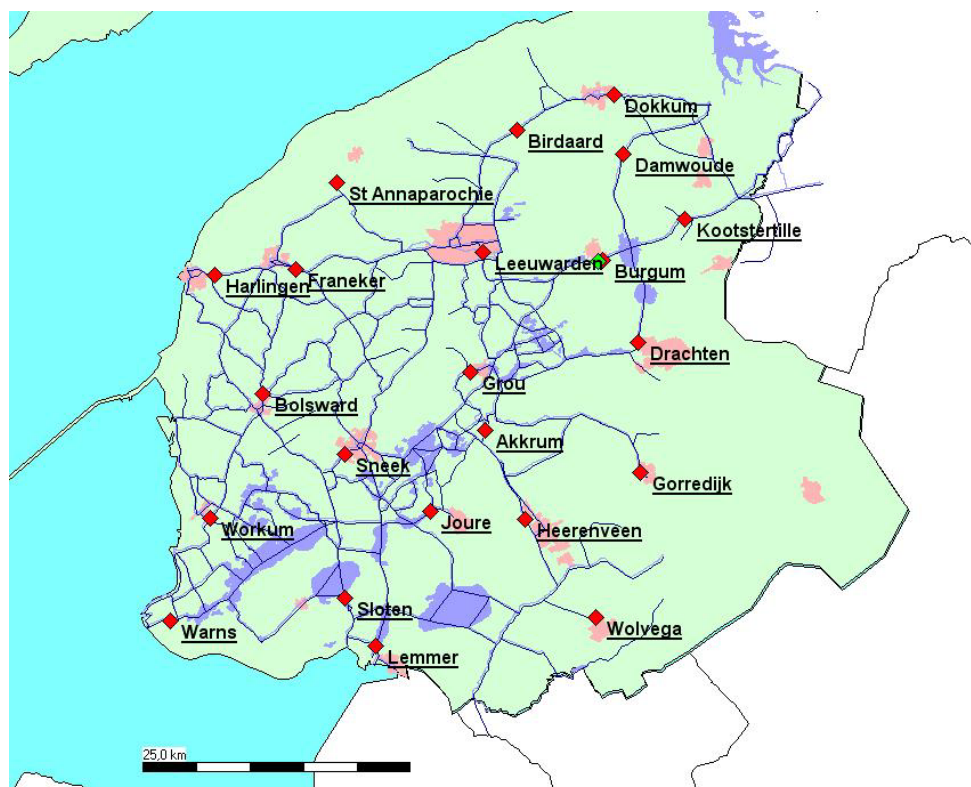
AANPASSING MODEL: TOEVOEGEN BRONNEN

Het waterkwantiteitsmodel van het jaar 2008 voor de Friese Boezem is opgezet door Wetterskip Fryslân. Dit model is geijkt op basis van gemeten waterstanden in de Friese Boezem. Bij deze ijking zijn de effluenten van de RWZI's niet specifiek geïdentificeerd. Bij dit model zaten de effluenten verdisconteerd in de uitmaling van de polders naar de boezem. De eerste stap in de modelaanpassing is het toevoegen van de RWZI's als bron, waarbij per saldo de waterbeweging in de boezem gelijk blijft aan de oorspronkelijke modellering van 2008.

Bij de modelaanpassing zijn 22 RWZI's toegevoegd aan het model. Omdat de totale waterbeweging in de boezem gelijk moet zijn aan de geijkte balans uit 2008, zijn polderuitmalingen op de boezem gecorrigeerd voor de bijdrage uit de RWZI's. De verdeling hiervoor is aangehouden uit het waterkwaliteitsmodel dat WL-Delft in het onderzoek in 2002 heeft bepaald voor de opzet van het model voor het jaar 1999 (zie bijlage 1). Dit betekent dat de polderuitmalingen in de buurt van de lozingspunten van RWZI's verminderd zijn, zodat deze de extra toegevoegde lozing van RWZI-effluent corrigeren en de totale waterbalans gelijk blijft.

Afbeelding 1

De RWZI's die zijn opgenomen in het model.



Voor het bepalen van de debieten van de RWZI-effluenten zijn er verschillende mogelijkheden. Een deel van de RWZI's beschikt over dagelijkse metingen van de dagdebieten. Deze zijn overgenomen en omgezet naar (per dag) debieten in m^3/s . Voor het andere deel van de RWZI's zijn geen reeksen met dagdebieten beschikbaar. Deze RWZI's beschikken over tellers waarmee op bepaalde dagen standen worden genoteerd en waaruit de effluentdebieten af te leiden zijn. Voor deze locaties zijn de tellergegevens omgezet naar reeksen met debieten in m^3/s per dag voor het jaar 2008.

2.1.2**WATERKWALITEITSMODULE TOEVOEGEN****Waterkwaliteit RWZI-effluent**

Voor de waterkwaliteit van het RWZI-effluent is gebruik gemaakt van de meetgegevens van het RWZI-effluent voor het jaar 2008. Alle concentraties staan in mg/l . Alle waarden onder de detectiegrens zijn ingevoerd als zijnde de detectiegrens gemeten: dus bijvoorbeeld $<0,1 = 0,1$.

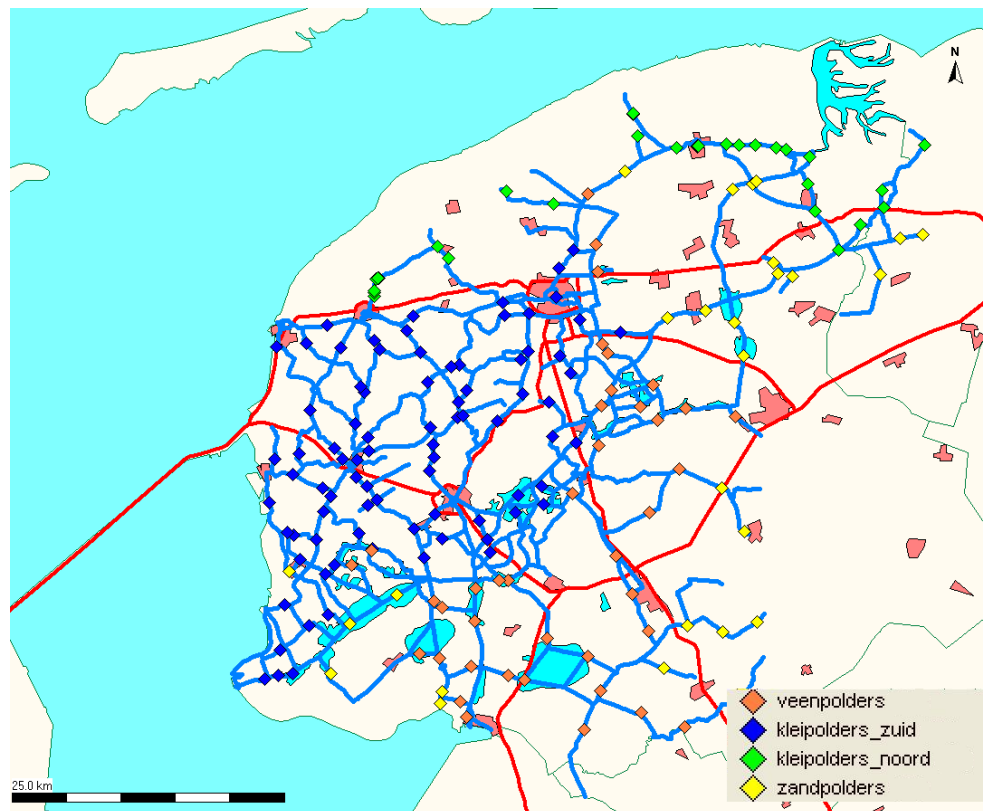
We willen in de verschillende scenario's de concentraties N_{totaal} en P_{totaal} in het boezemwater berekenen. Het software pakket SOBEK waarmee gerekend is, kent geen N_{totaal} en P_{totaal} , maar rekent met afzonderlijke fracties. Bij de metingen worden andere parameters gemeten dan in het model worden gebruikt. Deze metingen zijn omgezet naar de in het model gebruikte stikstof en fosfaat species. Hierbij zijn (zoveel mogelijk) dezelfde uitgangspunten aangehouden als in de modellering van 1999 (zie bijlage 2).

Waterkwaliteit polders en randen

Voor het bepalen van de waterkwaliteit van het water wat de boezem inkomt via polders en aan de randen van de modelschematisatie, is voortgeborduurd op de studie 'Waterkwaliteitsspoor' (WL, 2002). Daarin is onderscheid gemaakt in veen-, zand- en kleipolders binnen het boezem systeem. Voor de kleipolders is daarbij nog onderscheid gemaakt tussen kleipolders-zuid en kleipolders-noord. Deze verdeling in vier categorieën is overgenomen (Afbeelding 2). Elke categorie heeft zijn eigen waterkwaliteit.

Afbeelding 2

Waterkwaliteit polders:
De symbolen op de kaart
geven aan hoe de 4 typen
polders aan de 'lateral flows'
gekoppeld zijn.



Voor de toekenning van waterkwaliteitsdata aan de poldertypen zijn meetgegevens van Wetterskip Fryslân uit 2008 en voor een enkele locatie uit 2009 gebruikt. In bijlage 2 is het overzicht van meetpunten en de koppeling aan de modelmeetpunten opgenomen.

Voor de berekeningen willen we uiteindelijk kunnen kijken naar de concentraties N_{totaal} en P_{totaal} in het boezemwater. Hiervoor zijn de gemeten fracties niet genoeg. Het model rekent ook deels met andere fracties dan de fracties die gemeten zijn. Daarom is het noodzakelijk een vertaling te maken van de gemeten fracties naar de in het model te gebruiken fracties. Net als bij de RWZI's is voor de kwaliteit van het water uit de polders van de randen op basis van de modellering van 1999 bekeken hoe er toen mee omgegaan is, en zijn (zoveel mogelijk) dezelfde uitgangspunten aangehouden (zie bijlage 2).

Geen processen, alleen transport

Bij de berekeningen is de waterkwaliteit gesimuleerd onder de aanname van conservatief transport van stoffen. Er wordt aangenomen dat de gesimuleerde stikstof- en fosfaatconcentraties in dezelfde orde van grootte als de metingen in de boezem zullen liggen.

Het is bij voorbaat bekend dat de resultaten die we krijgen bij de aanname van conservatief transport niet geheel overeen zullen komen met de gemeten concentraties in de Friese Boezem. De processen zorgen veelal voor een afname van de concentraties. Dit is het sterkst in delen van de Friese Boezem met een beperkte doorstroming en de afwijking zal het grootst zijn in de zomer omdat dan de processen het meest actief zijn. De uitkomsten van de modelberekeningen moeten dan ook niet gezien worden als absolute waarden, maar als indicatie voor de verdeling van de fosfaat- en stikstofconcentraties door de Friese Boezem. In de discussie in hoofdstuk 4 vergelijken we het model en de metingen en gaan we in op de impact van het rekenen met conservatief transport.

2.2

SCENARIO BEREKENINGEN

2.2.1

GENERIEKE SCENARIO'S

De referentie modelberekening is gebaseerd op de waterbalans van 2008, aangevuld met de waterkwaliteitsmetingen zoals aangegeven in de vorige paragraaf. Wanneer er sprake is van een knelpunt in de waterkwaliteit kan een aanpassing in (een van) de bron(nen) tot een verbetering leiden. Er zijn 3 belangrijke bronnen binnen Friesland die een grote invloed hebben op de waterkwaliteit in de Boezem:

- Effluënten van de RWZI's;
- Inlaatwater uit het IJsselmeer;
- Uitgemalen water vanuit de polders.

Voor het Wetterskip is het van belang om inzicht te hebben in de factoren die de waterkwaliteit van de boezem sturen. Om inzichtelijk te maken welke invloed maatregelen aan de bronnen hebben op het boezemwater zijn 4 scenario's doorgerekend. Voor deze generieke scenario's is gekeken naar de herkomst en verspreiding van de verschillende bronnen in het gebied en naar de fractieanalyse. De 4 scenario's zijn:

- IJsselmeerwater: $P = 0,02 \text{ mg/l}$ en $N = 1 \text{ mg/l}$.
 - In dit scenario wordt de kwaliteit van het IJsselmeerwater verbeterd, waarbij de concentraties ingesteld worden op $0,02 \text{ mgP/l}$ en 1 mgN/l . In 2008 was dit gemiddeld $0,04 \text{ mgP/l}$ voor fosfaat en $2,14 \text{ mgN/l}$ voor stikstof. Dit scenario betekent dus ongeveer een halvering van de gemiddelde concentratie.
- Polderwater: per poldertype een verlaging van concentraties.
 - In dit scenario wordt voor de 4 poldertypen de kwaliteit van het water dat vanuit de polders ingelaten wordt in de boezem aangepast in een constante waarde die lager is dan de oorspronkelijke gemiddelde jaarconcentratie (zie Tabel 1). De aanpassing van de waterkwaliteit is alleen toegepast op de polders die op de boezem water uitlaten. De polders die via de randen op het model komen, zijn ongewijzigd.
- RWZI Realistisch: Optimalisatie effluent RWZI's.
 - In dit scenario worden de effluent concentraties van alle RWZI's aangepast. Ze worden verlaagd, afhankelijk van de huidige effluent concentratie. De concentratie fosfaat zijn verlaagd tot 1 mg/l en stikstof tot 6 mg/l . Als de huidige concentraties al lager liggen dan deze waarden dan is er een andere (lagere) concentratie aangehouden. In bijlage 1 is per RWZI opgenomen wat de huidige concentratie is en wat deze in het 'Realistisch' scenario is.

- MTR-scenario: P=0.15 mg/l en N = 2,2 mg/l.
 - In dit scenario worden de effluent concentraties van de RWZI's op een vaste waarde gezet. Deze is gebaseerd op de MTR-waarde uit de Vierde nota waterhuishouding: 2,2 mgN/l en 0,15 mgP/l.

Tabel 1

Scenario: verbetering kwaliteit polderwater. Gegevens 2008 zijn in tabel jaargemiddelden. Gegevens scenario zijn constant over het jaar.

	Fosfaat Gemiddelde 2008 (mgP/l)	Scenario polderwater (mgP/l)	Stikstof Gemiddelde 2008 (mgN/l)	Scenario polderwater (mgN/l)
Zand	0.026	0.020	1.279	1.0
Veenpolder	0.089	0.05	2.677	2.2
Klei noord	0.663	0.50	2.2	2,0
Klei zuid	0.098	0.050	4.835	4,0

2.2.2

SPECIFIEKE WIJZIGINGEN IN SCENARIO'S

Voor enkele RWZI's geldt dat er mogelijk specifieke wijzigingen zullen optreden in de komende jaren. Deze RWZI's zijn daarom afwijkend gedefinieerd binnen de twee scenario's voor de RWZI's. Het gaat om de volgende wijzigingen:

1. RWZI Akkrum wordt mogelijk gesloten. In het MTR scenario is de RWZI uit gezet;
2. RWZI Leeuwarden: een verslechtering van de effluent kwaliteit in verband met de mogelijke verplaatsing van slibbehandeling van Heerenveen naar Leeuwarden;
3. RWZI Heerenveen: een verslechtering van de effluent kwaliteit met betrekking tot fosfaat vanwege de mogelijke verplaatsing van de slibbehandeling van Heerenveen naar Leeuwarden.

HOOFDSTUK 3 Resultaten

In dit hoofdstuk worden de resultaten van de verschillende modelberekeningen en scenario's weergegeven. Dit geeft een beeld van de relatieve bijdrage van de verschillende bronnen aan de concentraties stikstof en fosfaat in de Friese Boezem.

De waterkwaliteitsmodellering is in 3 fasen uitgevoerd. In de eerste stap is gekeken naar de bijdrage en verspreiding van RWZI-effluent in de Friese Boezem (paragraaf 3.1) in het jaar 2008. Op basis daarvan is ingezoomd op gebieden waar het aandeel van het RWZI-effluent in de waterbeweging (soms) groter is dan 10%. Vervolgens is gekeken naar de modelresultaten van de berekening van stikstof en fosfaat in de Friese Boezem in het jaar 2008 (paragraaf 3.2). Dit vormt de basis voor de scenarioberekeningen. Deze zijn als derde stap uitgevoerd (paragraaf 3.3).

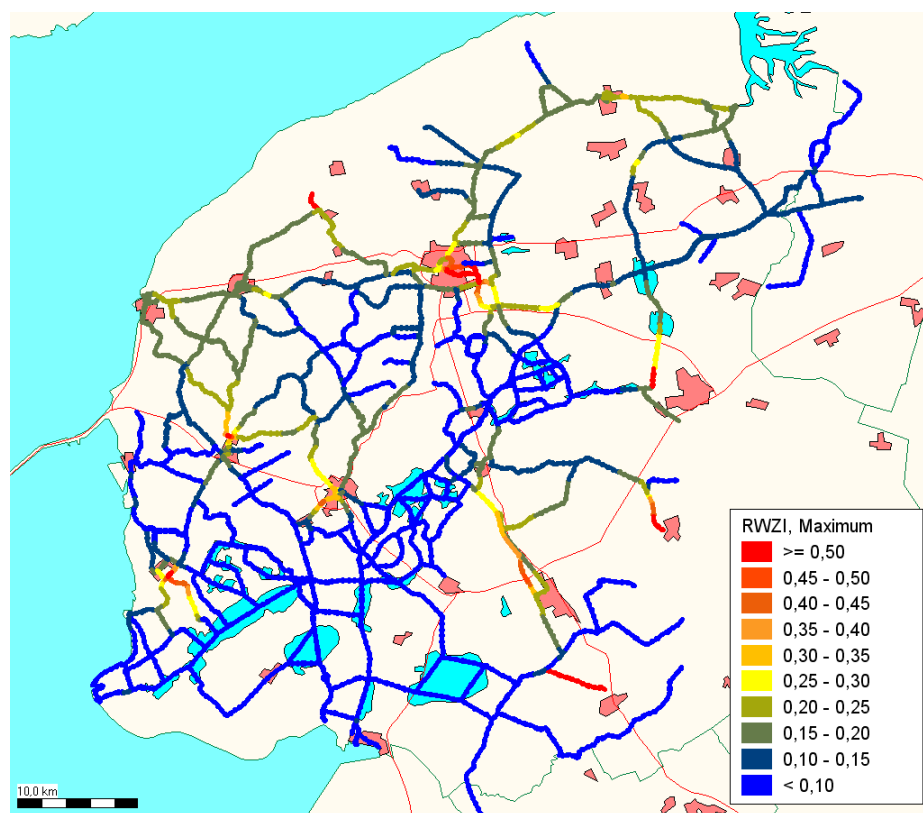
3.1

AANDEEL RWZI-EFFLUENT IN DE FRIESE BOEZEM

Om een beeld te krijgen van de invloed van het RWZI-effluent op de waterkwaliteit in de Friese Boezem is er een fractieanalyse uitgevoerd. Bij deze fractieanalyse worden in het model labels gegevens aan locaties of gebieden in het model. Als het water wat op een gelabelde locaties het model instroomt, draagt het water het betreffende label met zich mee. Dit label wordt als het ware vastgepind op het water, en blijft bij het water wanneer het door het model stroomt. Hierdoor kan de fractieanalyse gebruikt worden om te achterhalen waar het water het model inkomt en hoe het zich door het watersysteem verspreidt. Met de fractieanalyse zijn de bijdragen van het RWZI's aan de Friese Boezem in kaart gebracht. Door al het RWZI-effluent te labelen als "RWZI" is een totaal plaatje ontstaan. In Afbeelding 3 is dit totaalplaatje te zien. Dit is het maximale aandeel RWZI-effluent in de Friese Boezem gedurende het jaar 2008.

Afbeelding 3

Maximale aandeel RWZI-effluent in de Friese Boezem



De ligging van verschillende RWZI's is duidelijk terug te zien in bovenstaande figuur. In de buurt van grote steden en dorpen is lokaal het aandeel van het effluent in de waterbeweging groter dan 10% en in sommige trajecten soms zelfs meer dan 50%. De lozing van het RWZI-effluent heeft hier een aanzienlijke bijdrage aan het watersysteem. Voor sommige RWZI's geldt dat het effluent niet of nauwelijks terug te zien is. De RWZI's bij Lemmer, Joure, Sloten en Warns hebben bijvoorbeeld een bijdrage van minder dan 10% aan de waterstroming en zijn daarmee niet terug te zien in Afbeelding 3.

Bovenstaande afbeelding doet geen uitspraken over de waterkwaliteit en de effecten van de RWZI's op de concentraties van stikstof en fosfaat. Wel mag duidelijk zijn dat het RWZI-effluent over het algemeen hogere concentraties stikstof en fosfaat bevat dan het polderwater. De gemiddelde concentraties van het polderwater zijn 2,75 mgN/l en 0,22 mgP/l. Voor de RWZI's zijn in 2008 de concentraties gemiddeld 7,02 mgN/l en 1,15 mgP/l. In delen van de Friese Boezem met een groot aandeel RWZI-effluent, zal deze een verhoging van de concentraties stikstof en fosfaat veroorzaken.

Op locaties waar de RWZI's effluent lozen, kan niet verwacht worden dat ter plekke de algemeen geldende normen voor oppervlaktewaterkwaliteit voor stikstof en fosfaat gehaald worden. Ook is het belangrijk om het beïnvloedingsgebied van de RWZI's inzichtelijk te maken voor de beoordeling van lozingen van milieuvreemde stoffen. Het beïnvloedsgebied van de RWZI is afhankelijk van het debiet van het effluent en de snelheid waarmee het effluent wordt verspreid, en daarmee verdund, in het watersysteem.

Dit beïnvloedsgebied is terug te vinden in de fractieverdeling: tot hoever van de RWZI af bestaat een waterpakket nog voor een aanzienlijk deel uit effluent water? Als basis nemen we een aandeel van minimaal 10%. Er zijn verschillende benaderingen om dit in beeld te brengen:

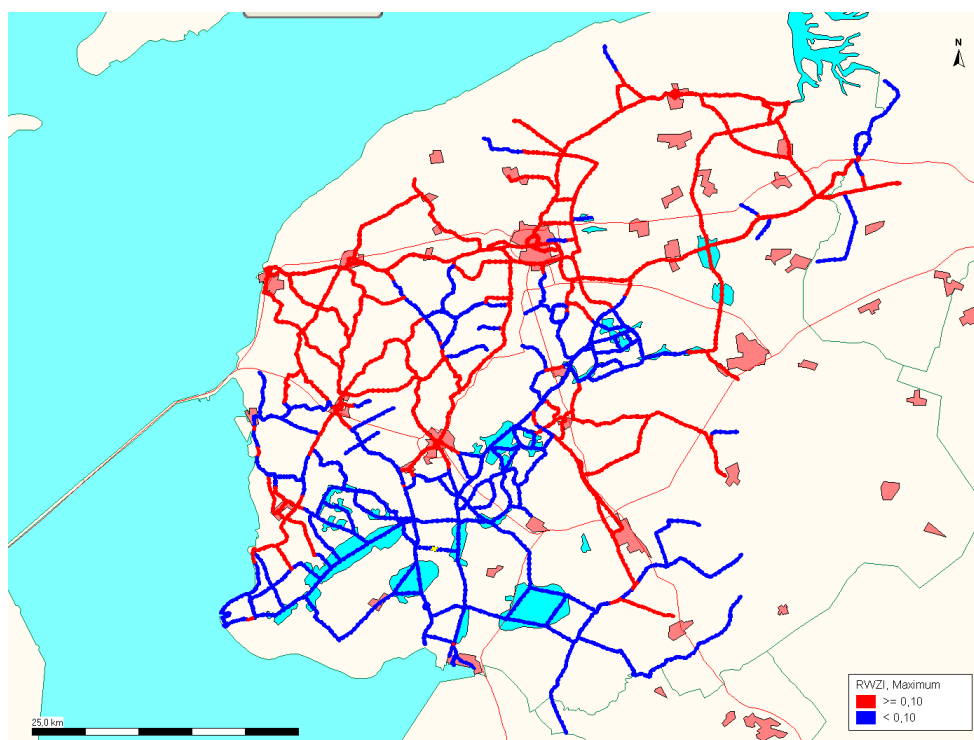
- Gebaseerd op een jaarlijks maximaal voorkomend aandeel;
- Gebaseerd op jaarlijks gemiddeld voorkomend aandeel.

Wanneer de analyse gebaseerd is op het maximaal voorkomend aandeel in een jaar, blijkt dat dit ongeveer de helft van de watergangen in de boezem binnen het 10%-invloedsgebied van de RWZI ligt (zie Afbeelding 4). Als het gaat om de bepaling van het gebied waar het risico bestaat dat normen worden overschreden, ook al is dat maar gedurende een hele korte periode, dan is de uitkomst dat dit voor de helft van het beheersgebied geldt.

Door te kijken naar het gebied waar het aandeel RWZI-effluent gemiddeld over het hele jaar 10% is, krijgen we een heel ander beeld. Hierbij is slechts op enkele kleine trajecten in de Friese Boezem sprake van een 10%-invloedsgebied van de RWZI's (Afbeelding 5).

Afbeelding 4

Aandeel van RWZI effluent in de waterkolom van >10%, op basis van jaar maxima



Afbeelding 5

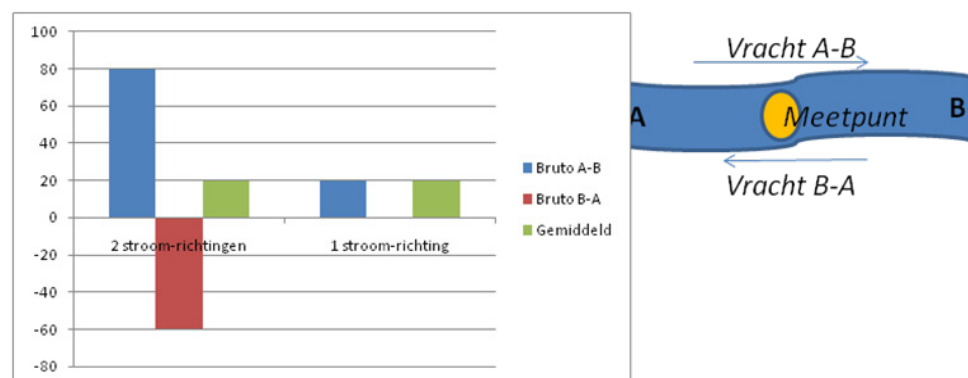
Aandeel van RWZI effluent in de waterkolom van >10%, op basis van jaar gemiddelde



In een watersysteem met één stroomrichting is een benadering van het gemiddelde aandeel wellicht zeer relevant. Wanneer echter de stroomrichting wisselt dan is de bruto lading veel groter dan de netto. Door de wisselende stroomrichtingen in de Friese Boezem, wordt bij de benadering van het gemiddelde, een groot deel van de invloed van de RWZI's uitgemiddeld over het jaar heen en dus onderschat.

Afbeelding 6

Bij 2 stroomrichtingen kan het gemiddelde even groot zijn als bij 1 stroomrichting, terwijl de bruto vracht veel groter is.

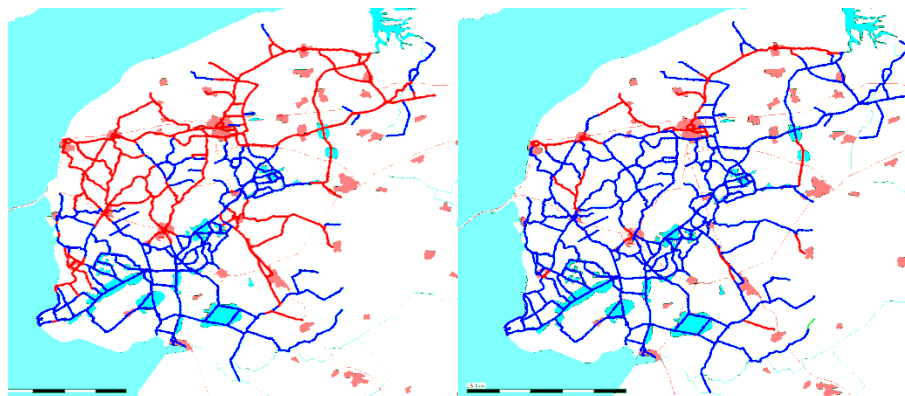


Voor nutriënten zijn de normen voor oppervlaktewater gebaseerd op de gemiddelde concentratie in het zomerhalfjaar. Het maximale aandeel RWZI-effluent in het zomerhalfjaar (Afbeelding 7) blijkt nagenoeg gelijk te zijn aan het maximale aandeel over het gehele jaar (Afbeelding 4). Met andere woorden, de maxima komen vooral in het zomerhalfjaar voor. Bij de plaatjes van het gemiddelde aandeel RWZI-effluent in de Friese Boezem, zien we wel een verschil tussen het zomerhalfjaar (Afbeelding 7) en het gehele jaar (Afbeelding 5).

In het zomerhalfjaar is het gebied waarin het gemiddelde aandeel RWZI-effluent groter is dan 10% groter voor het gehele jaar. Dit sluit aan bij de eerdere constatering dat de maxima vooral in het zomerhalfjaar liggen. Bij middeling komt het zomerhalfjaar daarmee hoger uit. Daaruit mag de algemene conclusie getrokken worden dat de invloed van de lozingen van stoffen in het effluenten in de zomer groter is dan in de rest van het jaar. Monitoren van milieuvreemde stoffen zou zich kunnen richten op de trajecten waar het aandeel effluent relatief groot is.

Afbeelding 7

Aandeel van RWZI effluent in de waterkolom van >10%
Links: op basis van maxima in zomerhalf-jaar
Rechts: op basis van gemiddelde in zomerhalf-jaar. Rood= >10% aandeel RWZI.



3.2

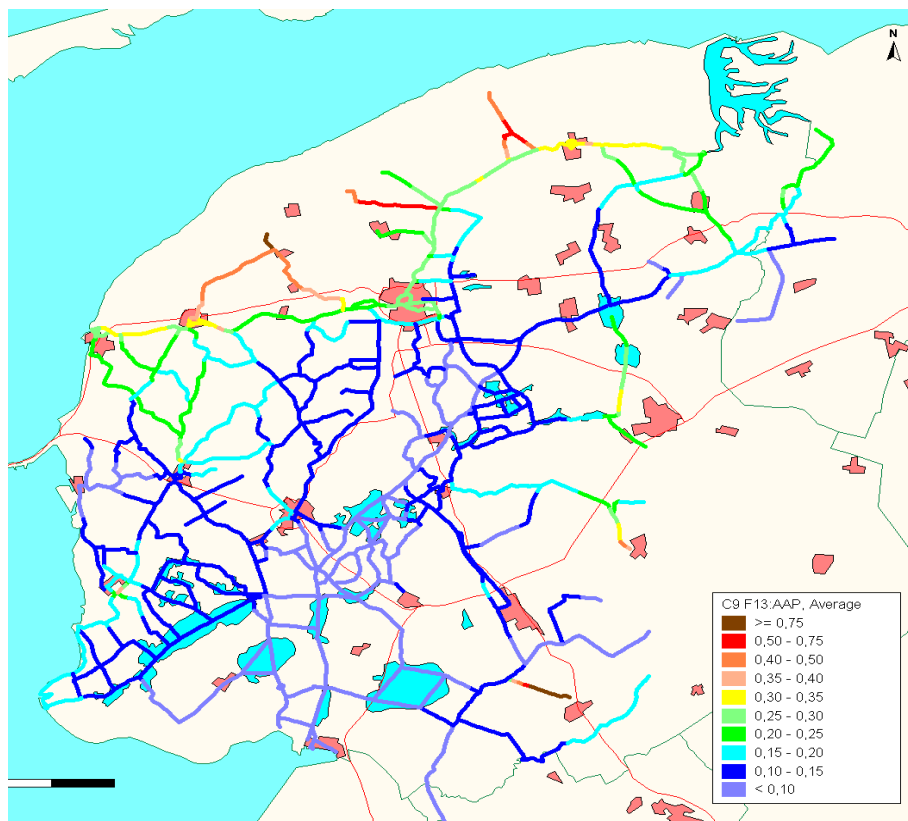
WATERKWALITEIT IN DE FRIESE BOEZEM 2008

De fractieanalyse geeft inzicht in de waterstromen in de Friese Boezem en de invloed van de RWZI's. Het zegt echter nog niets over de concentraties nutriënten in het water. Hiervoor is een aanvullende modellering gedaan waarin de concentraties van stikstof en fosfaat in de Friese Boezem met behulp van de modellering in kaart gebracht zijn. Hoofdstuk 2 geeft een toelichting op de manier waarop dit uitgevoerd is. In deze paragraaf presenteren we de resultaten van de modellering. Een discussie over de betrouwbaarheid van de resultaten staat in hoofdstuk 4.

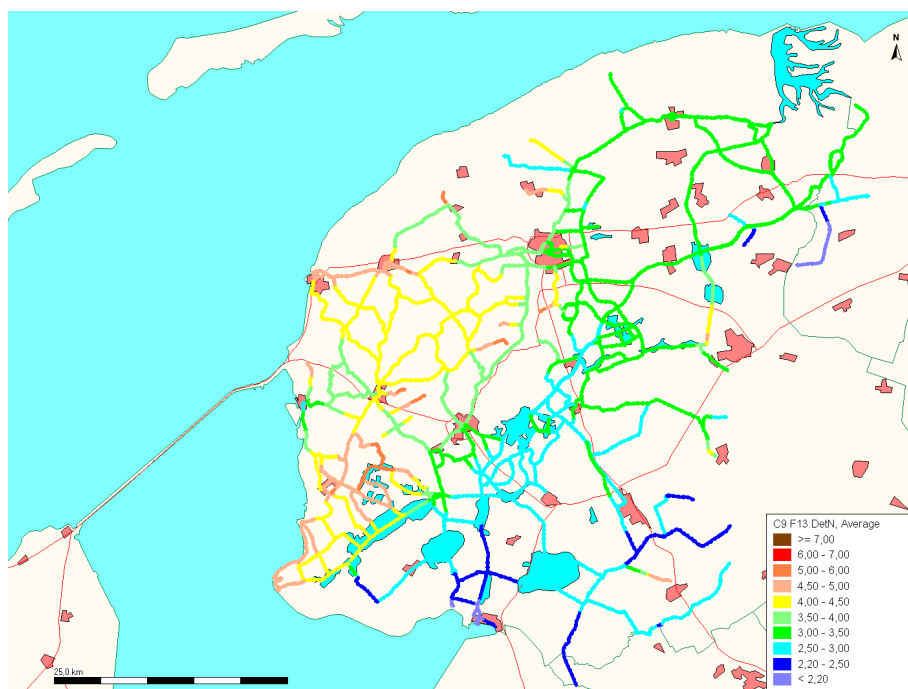
Afbeelding 8 en Afbeelding 9 geven de zomergemiddelde stikstof- en fosfaatconcentratie weer in de Friese Boezem, zoals berekend voor het jaar 2008. In deze figuren is het patroon uit de fractieanalyse (Afbeelding 4) terug te zien. In delen met een groot aandeel RWZI-effluent zijn de gesimuleerde concentraties ook hoger.

Afbeelding 8

Berekende
zomergemiddelde
fosfaatconcentratie in de
Friese Boezem
(In de legenda staat AAP
maar het betreft Ptotaal,
mgP/l¹).

**Afbeelding 9**

Berekende
zomergemiddelde
stikstofconcentratie in de
Friese Boezem (In de
legenda staat DetN maar
het betreft Ntotaal, mgN/l¹).



¹ Door de mogelijkheden die SOBEK heeft, is het niet mogelijk de titel in de legenda aan te passen. Voor alle afbeeldingen met concentraties geldt dat fosfaat in Ptotaal (mgP/l) is weergegeven en stikstof in Ntotaal (mgN/l). SOBEK geeft altijd de naam van één van de fracties bij de legenda.

De normen voor oppervlaktewaterkwaliteit in de boezem voor stikstof en fosfaat zijn gebaseerd op de KRW-normen. Bijna alle watergangen die in het model zijn opgenomen, zijn aangemerkt als KRW waterlichamen. Afhankelijk van het type waterlichaam (kanalen, vaarten, meren) is daaraan een norm voor P_{totaal} en N_{totaal} (GEP) gekoppeld. Voor de meren is de norm voor fosfaat en stikstof respectievelijk 0,09 en 1,3 mg/l. Voor de kanalen en vaarten is er een grote variatie in het GEP.

In Tabel 2 en Tabel 3 is het resultaat weergegeven van de toetsing van de N en P-concentraties in de verschillende boezemwateren in de periode 1999-2010 aan de KRW normen. Uit de tabellen blijkt dat er sinds 1999 (het jaar van de vorige modelberekeningen) veel verbeterd is wat betreft de N en P-concentraties. Veel meren voldoen nog niet aan N-doelstelling. Enkele boezemwateren voldoen nog niet aan de P-doelstelling.

Tabel 2

Beoordeling
(zomergemiddelde)
stikstofconcentraties in de
verschillende
boezemwateren in de
periode 1999-2010.

Scores:

	Uitstekend
	Goed
	Matig
	Ontoereikend
	Slecht

TOTAAL STIKSTOF (mg/l)									
	Friese boezem - overige meren	Sneekemeergebied e.o.	Fluessen e.o.	Alde Feanen	Grote Wielen	grote ondiepe kanalen	grote diepe kanalen	regionale kanalen met scheepvaart	regionale kanalen zonder scheepvaart
Water-type	M14	M14	M14	M14	M14	M6b	M7b	M3	M3
meetpunt	45	75	85	51	24	10	33	48	293
1999	2,80	1,90	2,2	2,20	2,1	2,93	2,50	2,97	2,32
2000	2,20	2,16	2,31	2,36	1,80		3,07		
2001	2,60	2,47	2,33	2,59	2,32		2,89		
2002	2,38	2,29	2,16	2,43	2,17	3,05	2,73		
2003	2,10	1,89	2,31	1,89	2,09		2,24	1,84	1,80
2004	2,01	1,98	1,94	2,08	1,67	2,70	2,44	2,08	
2005	1,83	1,51	1,61	1,73	1,52	2,23	1,96	1,34	
2006	1,99	1,25	1,81	1,64	1,85		1,79		
2007	1,89	1,82	1,69	2,10	1,84	2,42	2,59		
2008	1,79	1,92	1,79	2,09	1,50		2,51	1,93	1,73
2009	2,07	1,84	2,04	2,09	1,74	2,11	2,53	1,98	
2010	2,01	1,66	1,74	1,75	1,54	2,36	1,99	2,01	1,57
doel 2015	1,50	1,50	1,50	1,70	1,40	3,80	3,80	2,80	2,80
GEP 2027	1,30	1,30	1,30	1,30	1,30	3,80	3,80	2,80	2,80

Tabel 3

Beoordeling
(zomergemiddelde)
fosfaatconcentraties in de
verschillende
boezemwateren in de
periode 1999-2010.

Scores:

	Uitstekend
	Goed
	Matig
	Ontoereikend
	Slecht

	TOTAAL FOSFAAT (mg/l)	Friese Boezem - overige meren	Sneekemeergebied e.o.	Fluessen e.o.	Alde Feanen	Grote Wielen	grote ondiepe kanalen	grote diepe kanalen	regionale kanalen met scheepvaart	regionale kanalen zonder scheepvaart
Water-type		M14	M14	M14	M14	M14	M6b	M7b	M3	M3
meetpunt		45	75	85	51	24	10	33	48	293
1999		0,43	0,08	0,10	0,10	0,14	0,33	0,11	0,23	0,35
2000		0,12	0,06	0,05	0,09	0,09		0,12	0,28	
2001		0,19	0,07	0,06	0,10	0,12		0,14		
2002		0,24	0,08	0,07	0,12	0,14	0,48	0,13		
2003		0,21	0,07	0,10	0,08	0,14		0,11	0,19	0,75
2004		0,12	0,07	0,05	0,11	0,06	0,47	0,11	0,27	
2005		0,13	0,05	0,04	0,08	0,07	0,50	0,13	0,20	
2006		0,13	0,05	0,06	0,10	0,09		0,09		
2007		0,13	0,04	0,05	0,07	0,06	0,40	0,11		
2008		0,09	0,05	0,05	0,06	0,08		0,09	0,19	0,10
2009		0,10	0,05	0,07	0,08	0,09	0,32	0,08	0,18	
2010		0,10	0,05	0,06	0,07	0,08	0,55	0,08	0,20	0,11
doel 2015		0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,25	0,25	0,15	0,15
GEP 2027		0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,25	0,25	0,15	0,15

De normen zoals in bovenstaande tabellen weergegeven, kunnen niet direct gerelateerd worden aan de resultaten van de modellering. Het model is met conservatief transport doorgerekend. De resultaten van het model zijn in orde van grootte een redelijke representatie van de werkelijkheid, en geven inzicht in het systeem. Maar vooral in de zomer wijken de berekende en gemeten concentraties van elkaar af, omdat in het model de processen niet meegenomen zijn die in werkelijkheid veelal zorgen voor lagere concentraties in de zomer. Voor de normen gelden zomergemiddelden en deze kunnen niet goed vergeleken worden met de modelresultaten. In de discussie in hoofdstuk 4 gaan we verder in op de betrouwbaarheid van het model en de toepasbaarheid van de resultaten.

3.3

WATERKWALITEIT IN DE FRIESE BOEZEM – VIER SCENARIO'S

De waterkwaliteit in de Friese Boezem is doorgerekend voor vier scenario's. De concentraties die in deze simulaties berekend worden, zijn vergeleken met de modellering van de huidige situatie in 2008. De resultaten van de scenario's worden alleen vergeleken met de modelresultaten van de huidige situatie 2008 en niet met de gemeten waarden. Het doel is hier om inzicht te krijgen in de te behalen verbeteringen door maatregelen te nemen aan één van de belangrijke bronnen voor de Friese Boezem. Het gaat hierbij vooral om een ruimtelijk beeld voor het opsporen van de effecten en om een vergelijking tussen de verschillende scenario's.

Door de opzet van het model met de aanname van conservatief transport (met als gevolg vooral een overschatting van de concentraties in de zomer) kunnen de verbeteringen die behaald worden bij de scenario's niet in absolute zin gezien worden als getalsmatige waarheid. Er moet gekeken worden naar de relatieve verbetering.

3.3.1

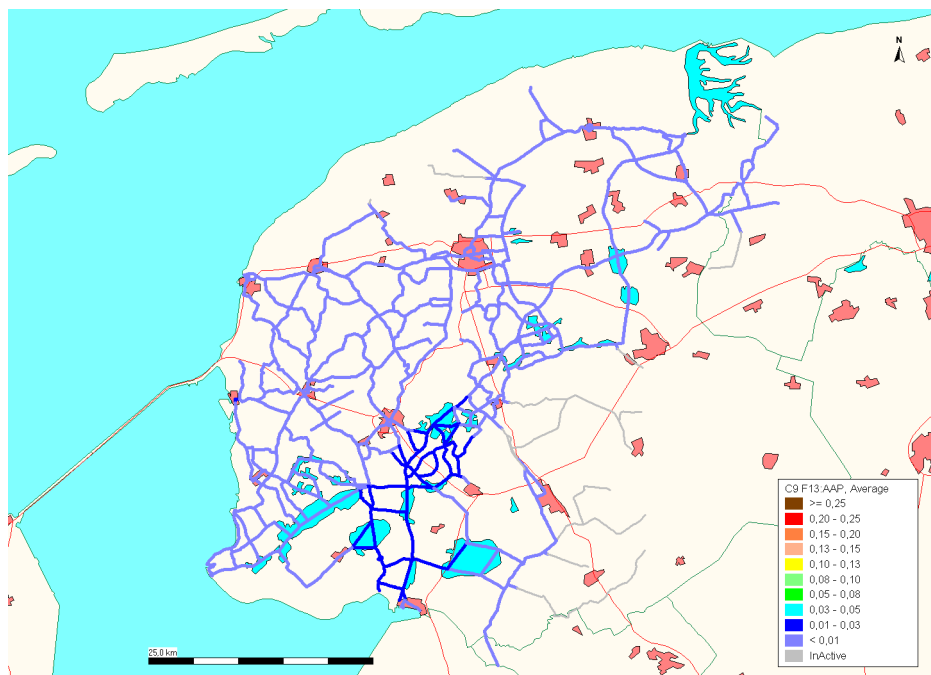
SCENARIO IJSSELMEER

In dit scenario is de waterkwaliteit in het IJsselmeer verbeterd. Op momenten dat water vanuit het IJsselmeer wordt ingelaten in de Friese Boezem, komt er dan ook schoner water de Friese Boezem in. Het IJsselmeer gaat hierdoor een minder grote rol spelen als bron van nutriënten. Omdat de kwaliteit van het IJsselmeerwater in de huidige situatie al vaak beter is dan de kwaliteit van het Boezemwater is de inlaat van IJsselmeerwater nu ook al positief voor de waterkwaliteit. Dit positieve effect wordt bij dit scenario vergroot.

In Afbeelding 10 en Afbeelding 11 is te zien dat de verlaging van de fosfaatconcentraties van het IJsselmeerwater vanaf het inlaatpunt doorwerkt tot net voorbij Sneek. De verlaging van de stikstofconcentraties is zichtbaar tot bij Leeuwarden. De verbetering is 0,01 – 0,03 mgP/l voor fosfaat en tot 0,80 mgN/l voor stikstof.

Afbeelding 10

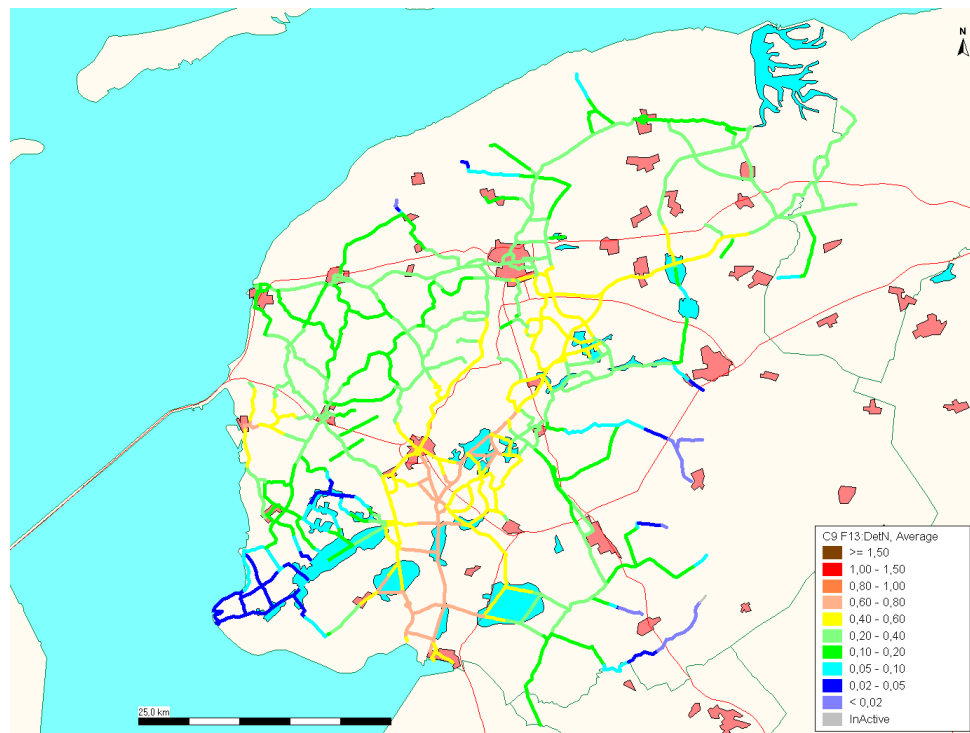
Afname van de
zomergemiddelde
fosfaatconcentratie (mgP/l)
als gevolg van het scenario
'IJsselmeer'.



Op de kaart voor stikstof is duidelijk terug te zien hoe ver het IJsselmeerwater de Friese Boezem in kan stromen. In vrijwel de gehele boezem is een invloed op de stikstofconcentratie zichtbaar van het scenario IJsselmeer. De belangrijkste inlaat ligt bij Lemmer. Bij Makkum komt een kleine hoeveelheid IJsselmeerwater in het watersysteem van de Friese Boezem terecht. Deze inlaat is voor stikstof zichtbaar, voor fosfaat niet.

Afbeelding 11

Vermindering van de zomergemiddelde stikstofconcentratie als gevolg van het scenario IJsselmeer (uitgedrukt in mgN/l).



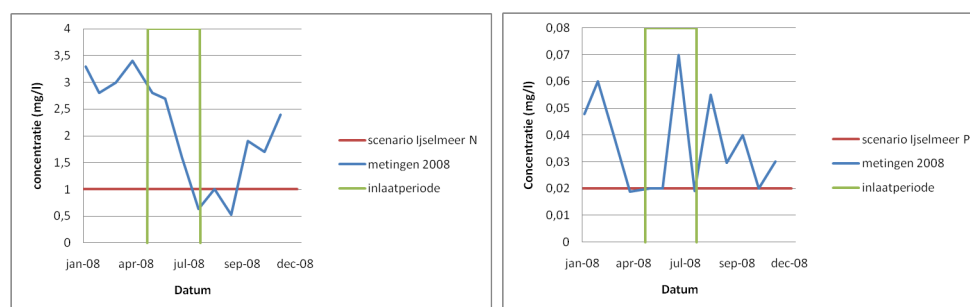
De waterkwaliteitsverbetering is vooral zichtbaar voor stikstof. De verschillen in fosfaatconcentraties die gehaald worden zijn zeer gering. Dit is te relateren aan de inputgegevens van het scenario ten opzichte van de oorspronkelijke inputgegevens van 2008 in de periode waarin water ingelaten wordt. Afbeelding 12 geeft voor stikstof en fosfaat aan wat de concentratie van het IJsselmeerwater is in 2008 (gemiddeld 2,15 resp 0,04 mg/l voor fosfaat en stikstof) en de (vaste) concentratie in het scenario 'IJsselmeer'. Daarbij is te zien dat gedurende de inlaatperiode vooral voor stikstof de concentratie fors lager is in de inlaatperiode. De berekende impact van de verlaging van stikstofconcentratie is dan ook groter omdat de fosfaatconcentratie van het IJsselmeer in de Ausgangssituatie al zeer laag was ten opzichte van de fosfaatconcentratie in de boezem.

Afbeelding 12

Concentraties voor Ntotaal (links) en Ptotaal (rechts) in het inlaatwater uit:

- Metingen 2008
- Scenario 'IJsselmeer'

De groene verticale lijnen geven de periode van inlaat aan.



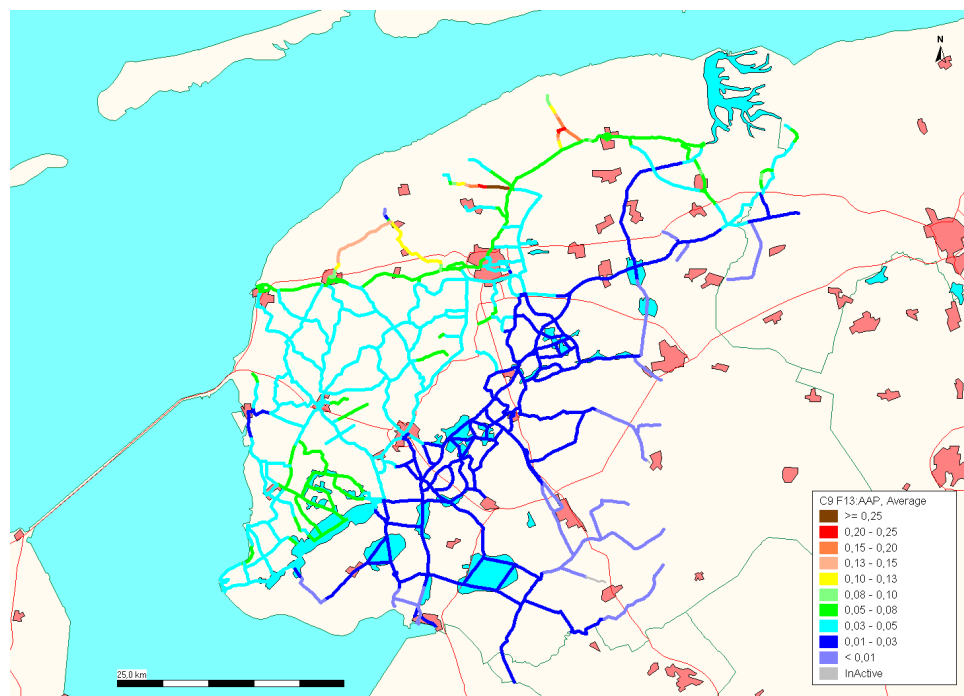
3.3.2

SCENARIO POLDERWATER

In dit scenario is de kwaliteit van het uitgemalen water uit de polders verbeterd. Voor de fosfaatconcentraties geldt dat met name in de noordelijke kleipolders een verbetering van de waterkwaliteit optreedt (tot 0,08 mg/l vermindering). Bij de veen- en zandpolders is het effect geringer (tot 0,03 mg/l vermindering), zoals aangegeven in Tabel 1 in paragraaf 2.2.1. Voor stikstof is eenzelfde ruimtelijke verdeling te zien, met grootste afname in het westen (tot 1,50 mg/l) en het minst effect in het zuidoosten (tot 0,20 mg/l). Dit komt omdat er in de zomer een beperkte invloed is vanuit het polderwater: voor de veen- en zandpolders is de kwaliteitsverbetering gering en daarnaast wordt er in het zomerhalfjaar weinig water vanuit de polders op de boezem gemalen. De kwaliteit van het bovenstroomse water (buiten de boezem) is niet gewijzigd en er is in de zomer nauwelijks invloed van bovenstrooms, omdat er in het zomerhalfjaar weinig waterafvoer is.

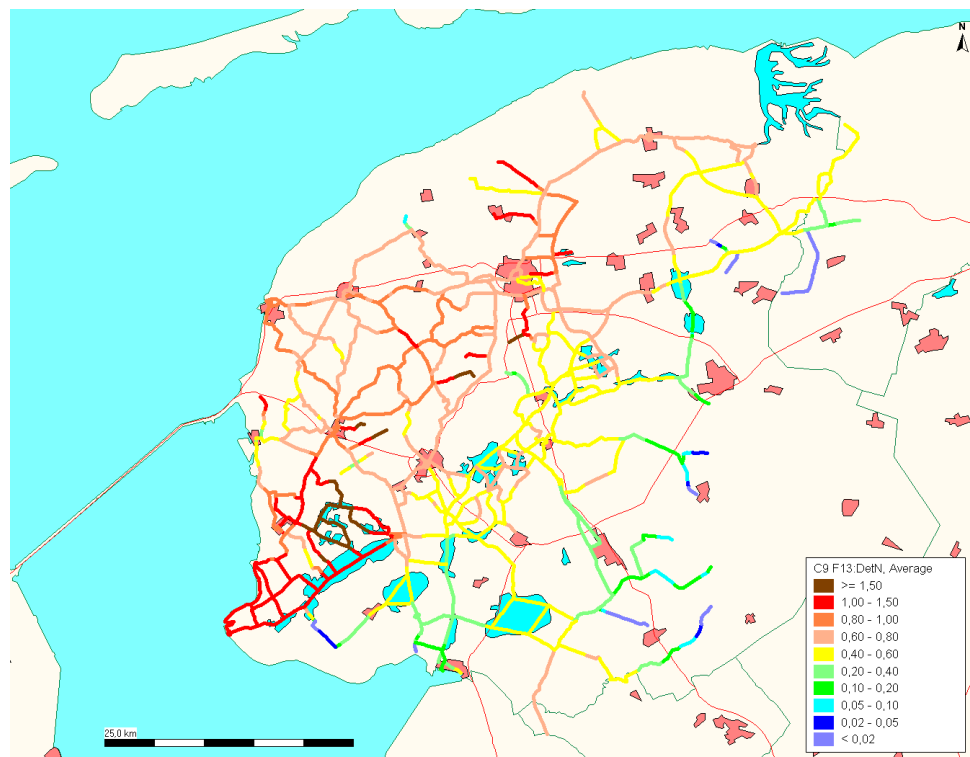
Afbeelding 13

Vermindering van de zomergemiddelde fosfaatconcentratie als gevolg van het scenario Polderwater (uitgedrukt in mgP/l).



Afbeelding 14

Vermindering van de
zomergemiddelde
stikstofconcentratie als
gevolg van het scenario
Polderwater (uitgedrukt in
mgN/l).

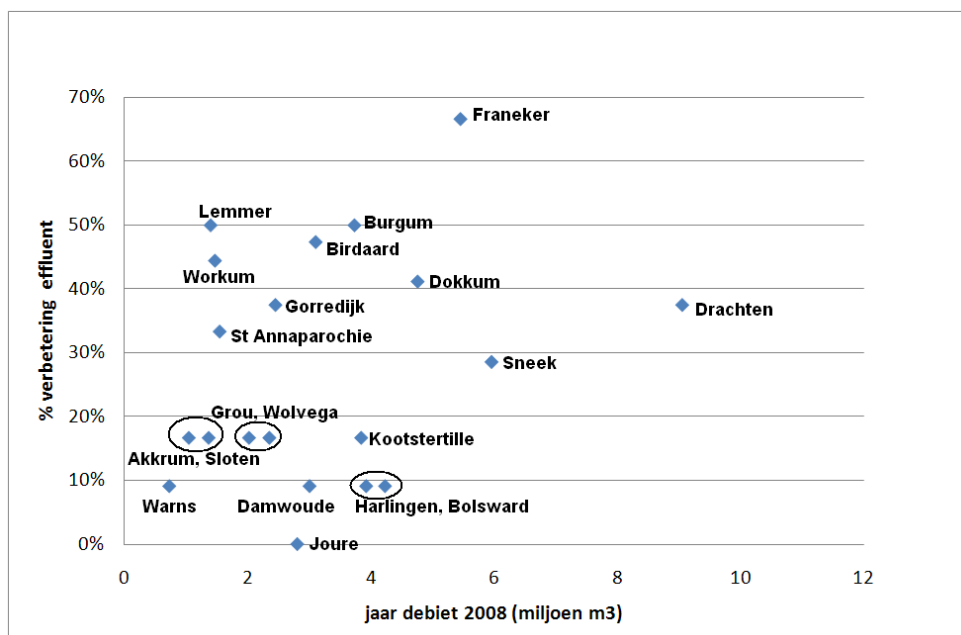
**3.3.3****SCENARIO RWZI REALISTISCH**

In het scenario RWZI realistisch is de effluent kwaliteit voor nagenoeg alle RWZI's verbeterd (zie bijlage 1). Voor de verbetering van de fosfaatconcentratie is bij Wolvega en Gorredijk lokaal de sterkste verbetering te zien (>0,25 mg/l en 0,20-0,25 mgP/l). Ook voor de noordelijke RWZI's is een duidelijk verschil in te zien ten opzichte van de 2008 situatie. Dit geldt voor Franeker (tot 0,08 mgP/l), Dokkum, Damwoude, Birdaard en St. Annaparochie (tot 0,05 mgP/l). In Figuur 1 is de relatieve verbetering van de effluent concentratie voor Ntotaal afgezet tegen het totale jaardebiet voor elke RWZI. Dit biedt een logische verklaring voor het doorwerken van Scenario Realistisch in de fosfaatconcentratie in de boezem.

Figuur 1

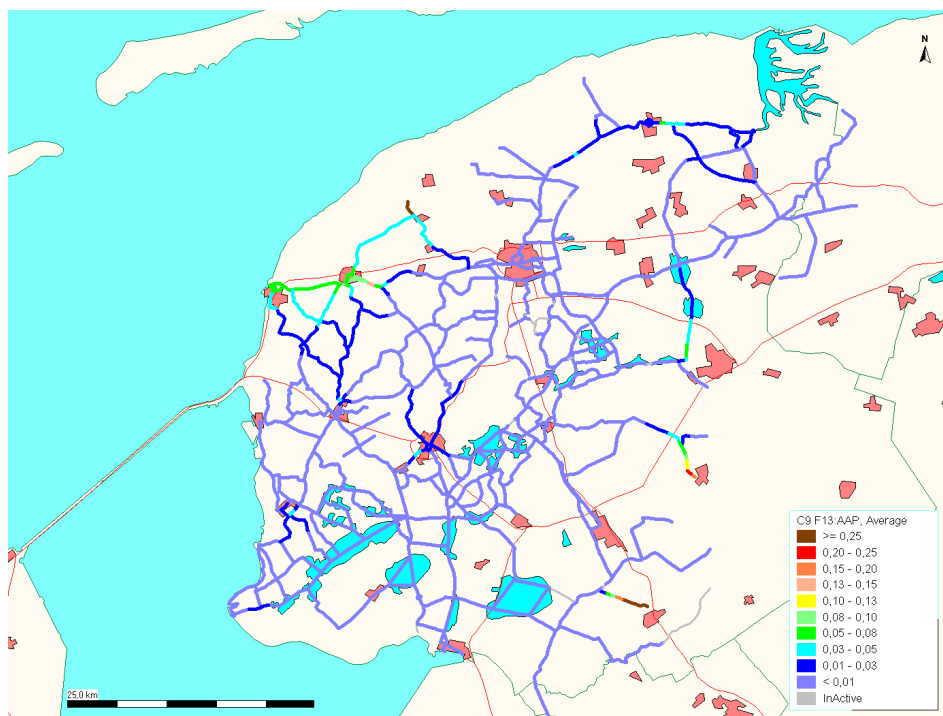
Relatieve verbetering effluent concentratie P_{totaa} in verhouding tot het jaardebiet (m³)

Voor Leeuwarden en Heerenveen is sprake van verslechtering van resp. 43% en 150% (zie paragraaf 3.3.5).

**Afbeelding 15**

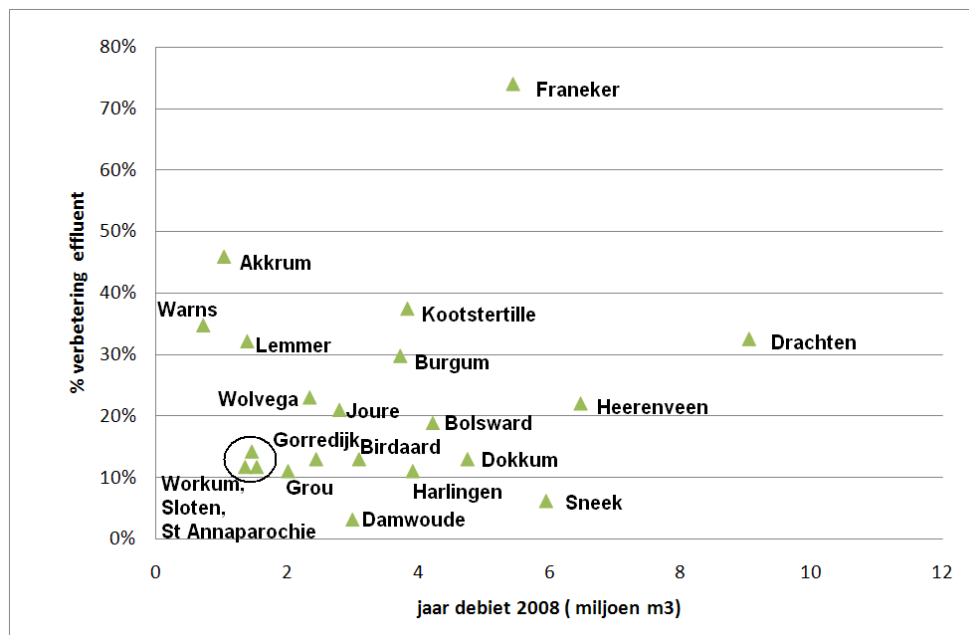
Vermindering van de zomergemiddelde fosfaatconcentratie als gevolg van het scenario RWZI realistisch (uitgedrukt in mgP/l)

Voor Leeuwarden en Heerenveen is sprake van verslechtering van resp. 43% en 150% (zie paragraaf 3.3.5).

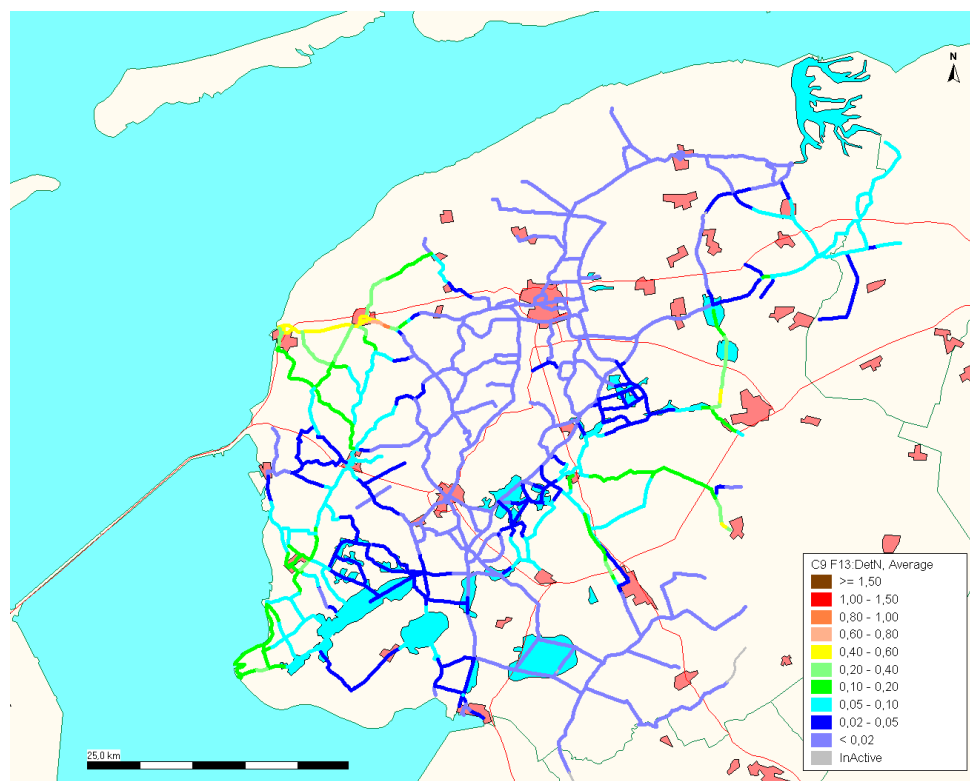


Figuur 2

Relatieve verbetering effluent concentratie N totaal in verhouding tot het jaardebiet (m^3)
 Voor Leeuwarden is sprake van verslechtering van 107% (zie paragraaf 3.3.5).

**Abbeelding 16**

Vermindering van de zomergemiddelde stikstofconcentratie als gevolg van het scenario RWZI realistisch (uitgedrukt in mgN/l)
 Voor Leeuwarden is sprake van verslechtering van 107% (zie paragraaf 3.3.5).



Voor stikstof is bij de decentraal gelegen RWZI's een grote verbetering zichtbaar. Ook hier is bij Franeke de grootste winst te halen. Gezien het debiet en relatieve verbetering van het effluent is dit goed te verklaren. Ook bij Heerenveen, Gorredijk, Drachten, Warns en Workum is sprake van een flinke verbetering in de stikstof concentratie in de nabijgelegen watergangen.

3.3.4

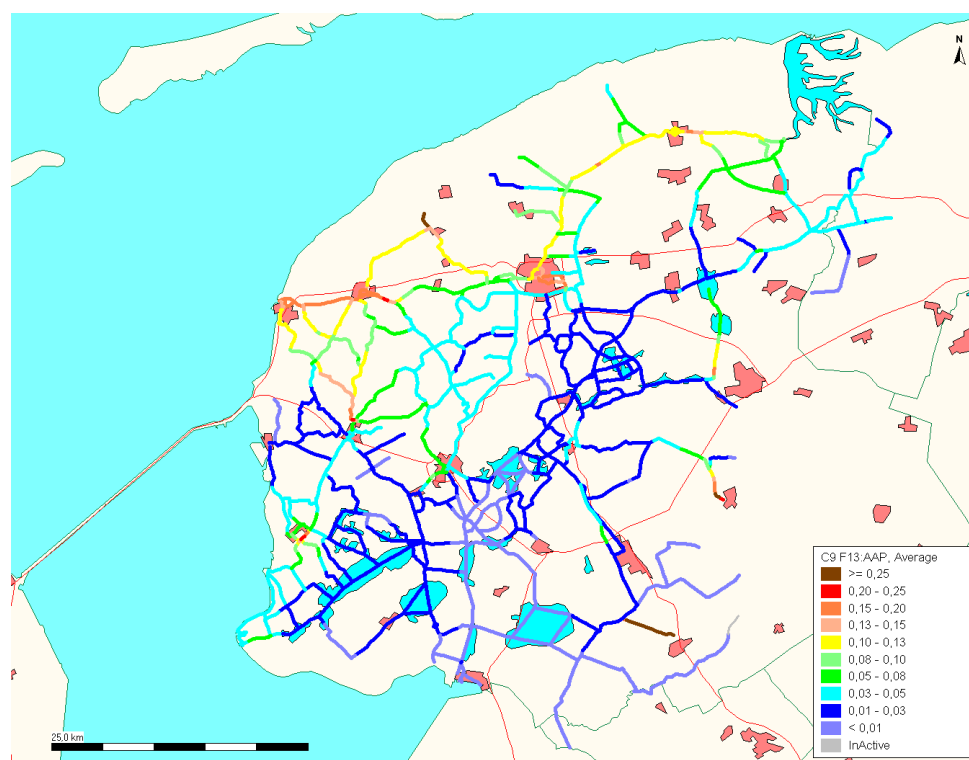
SCENARIO RWZI MTR

In dit scenario is de effluent concentratie voor alle RWZI's gelijk gesteld aan de MTR-waarde voor stikstof en fosfaat. Dit betekent dat de concentraties voor de RWZI-effluenten (jaarrond) gelijk zijn aan 2,2 mgN/l en 0,15 mgP/l.

Vergeleken met het Realistisch scenario is hier sprake van een sterkere verbetering van de waterkwaliteit. Dat is ook te verwachten gezien de extreme verbetering van de effluent concentraties. Het effect van de verbetering van het effluent dringt verder in de boezem door vanaf de RWZI's. Met name in het noordelijke deel van de boezem en bij Gorredijk, Drachten en Wolvega is de kwaliteitsverbetering te zien, met verbeteringen tot 0,25 mgP/l.

Afbeelding 17

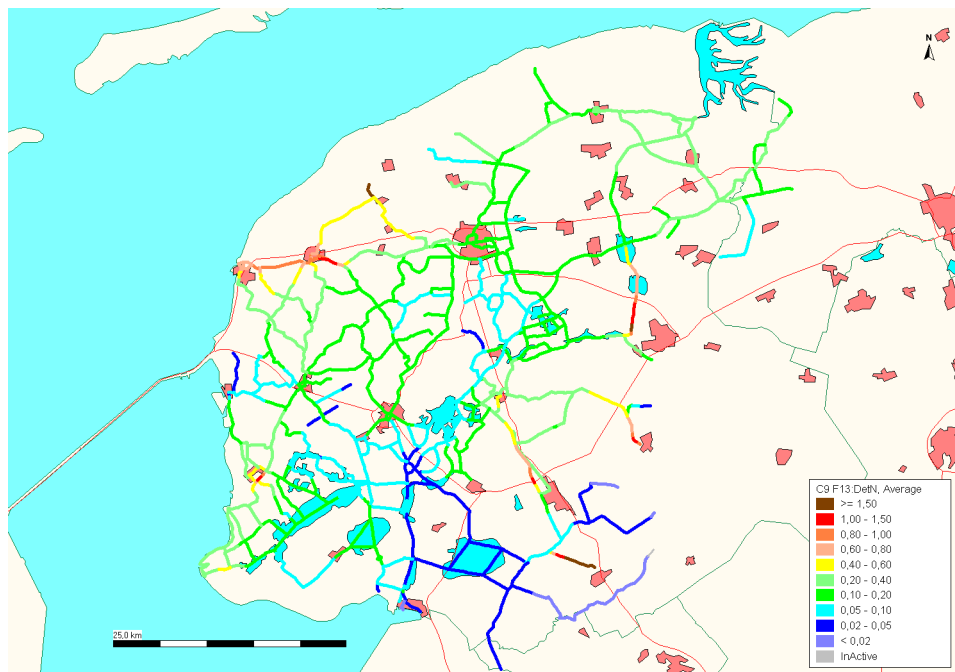
Vermindering van de zomergemiddelde fosfaatconcentratie als gevolg van het scenario RWZI MTR (uitgedrukt in mgP/l).



Voor stikstof geldt dat over een groter gebied de verbetering van de waterkwaliteit te zien is in vergelijking met fosfaat. Ook hier is een maximale reductie te zien in het noorden, met name bij de waterloop tussen Harlingen en Franeker. In het zuidelijke gebied zijn aanzienlijke verbeteringen te zien rond RWZI Gorredijk en Wolvega.

Afbeelding 18

Vermindering van de zomergemiddelde stikstofconcentratie als gevolg van het scenario RWZI MTR (uitgedrukt in mgN/l).

**3.3.5****UITZONDERINGSPOSITIE RWZI'S AKKRUM, LEEUWARDEN, HEERENVEEN**

Binnen de scenario's voor de RWZI's zijn drie uitzonderingen gemaakt:

1. Binnen het scenario's RWZI MTR is de RWZI Akkrum volledig dichtgezet. Het effluentdebiet is 0.
2. Binnen het scenario RWZI realistisch is voor de RWZI Leeuwarden de effluentkwaliteit verslechterd. Dit vanwege de slibbehandeling die mogelijke in Leeuwarden plaats gaat vinden.
3. Binnen het scenario RWZI realistisch is voor RWZI Heerenveen de fosfaatconcentratie verslechterd: deze ligt in de 2008 gemiddeld op 0,4mg/l en in het scenario realistisch op 1 mg/l. Een verslechtering kan worden verwacht als de slibbehandeling in Heerenveen wordt stopgezet. Dit leidt mogelijk tot een vermindering van de fosfaatverwijdering doordat er minder ijzer in het afvalwater aanwezig is.

In deze paragraaf kijken we naar de lokale effecten van deze drie aanpassingen bij de RWZI's.

Akkrum

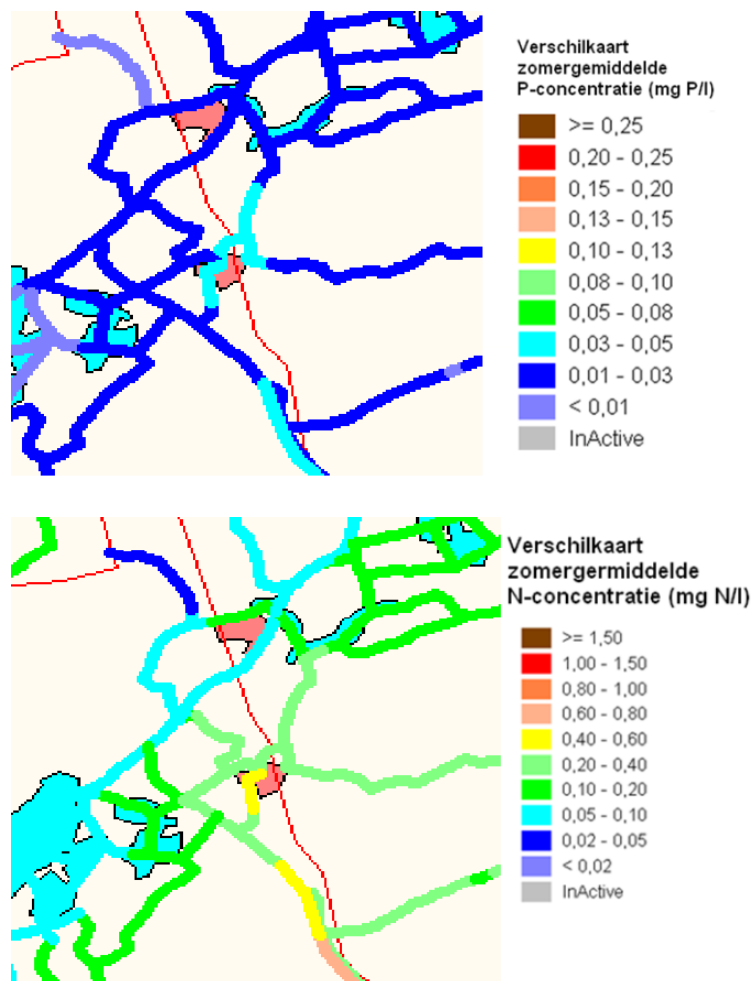
Bij het dichtzetten van RWZI Akkrum verwachten we nabij de locatie van de RWZI een verbetering. Uit de fractieanalyse blijkt dat de invloed van RWZI Akkrum beperkt is. De effecten zullen dan ook geen groot gebied beslaan. Onderstaande kaarten laten de verminderingen in stikstof- en fosfaatconcentratie zien ten gevolge van het dichtzetten van RWZI Akkrum. Vermindering in stikstofconcentratie en fosfaatconcentratie van RWZI Akkrum is alleen in noordelijke richting. De verbetering ten zuiden van de RWZI wordt veroorzaakt door verbeteringen op RWZI Heerenveen.

Figuur 3

Verbetering van de waterkwaliteit door het stopzetten van RWZI Akkrum.

Boven= vermindering van P-concentratie.

Onder= vermindering van N-concentratie.

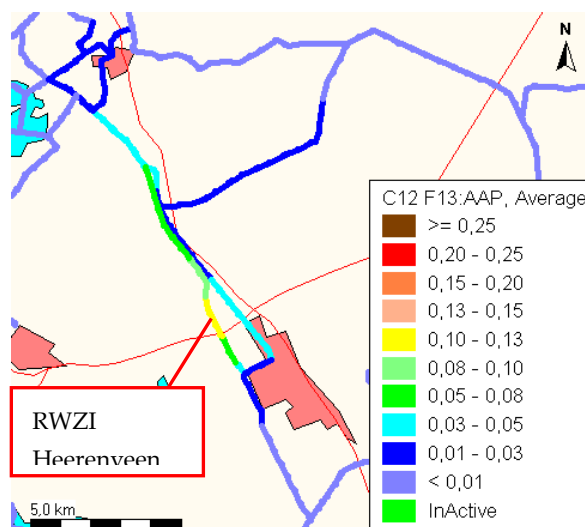


Heerenveen

In het Realistisch scenario is de effluent kwaliteit voor RWZI Heerenveen voor fosfaat verslechterd ten opzichte van de gemiddelde effluent kwaliteit in 2008. De fosfaat concentratie is van (gemiddeld) 0,4mg/l op 1 mg/l gezet. Voor stikstof is wel een verbetering in de concentratie doorgevoerd. Het effect van de verslechtering op de fosfaatconcentratie is in onderstaande figuur inzichtelijk gemaakt.

Afbeelding 19

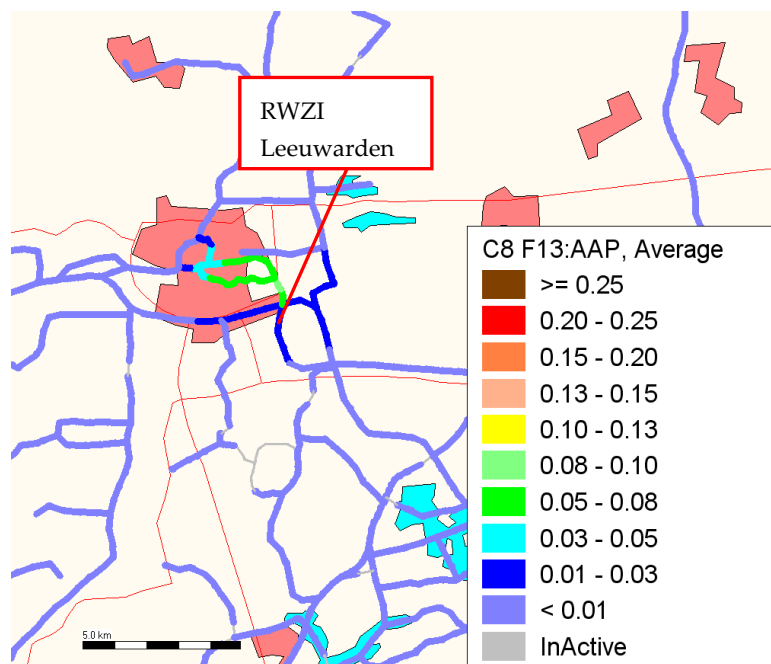
Verhoging van de
fosfaatconcentraties bij
RWZI Heerenveen (mgP/l).

**Leeuwarden**

Ook in Leeuwarden is de effluent concentratie in het Realistisch scenario verslechterd ten opzichte van de gemiddelde effluent kwaliteit in 2008: fosfaat van 0,7 mgP/l naar 1 mgP/l en stikstof van 2,9 mgN/l naar 6 mgN/l. In Afbeelding 20 en Afbeelding 21 is deze invloed te zien op de ontvangende watergangen. De verandering in de fosfaatconcentraties in het effluent is kleiner dan het verschil in de stikstofconcentraties. We zien dan ook een groter effect terug voor stikstof. Daarbij komt dat voor stikstof ook effecten van andere RWZI's doorwerken op het zomergemiddelde in de boezem.

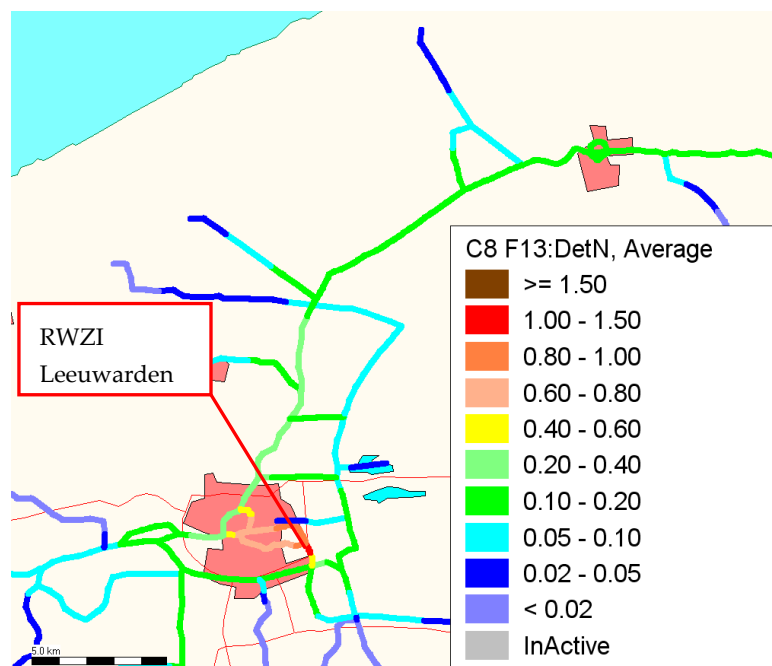
Afbeelding 20

Verhoging van de
zomergemiddelde
fosfaatconcentraties rond
RWZI Leeuwarden.



Afbeelding 21

Verhoging van de
zomergemiddelde
stikstofconcentraties rond
RWZI Leeuwarden.

**3.4****EFFECT VAN DE SCENARIO'S OP VERSCHILLENDE LOCATIES**

In deze paragraaf worden de verschillende scenario's met elkaar vergeleken. De effecten van de scenario's zijn verschillend: zowel ruimtelijk als in de tijd. Dit is logisch gezien de sturende variabelen bij de scenario's. Het IJsselmeerscenario heeft bijvoorbeeld alleen effect in de tijdsperiode waarin water uit het IJsselmeer ingelaten wordt in de boezem. En is vooral van belang voor locaties nabij de inlaat. Hieronder staan drie locaties uitgelicht, verspreid over de Friese Boezem. Deze drie locaties illustreren de verschillen tussen de scenario's.

1. 34 – Bergumermeer;
2. 53 – Pikmeer;
3. 121 – Groote Brekken.

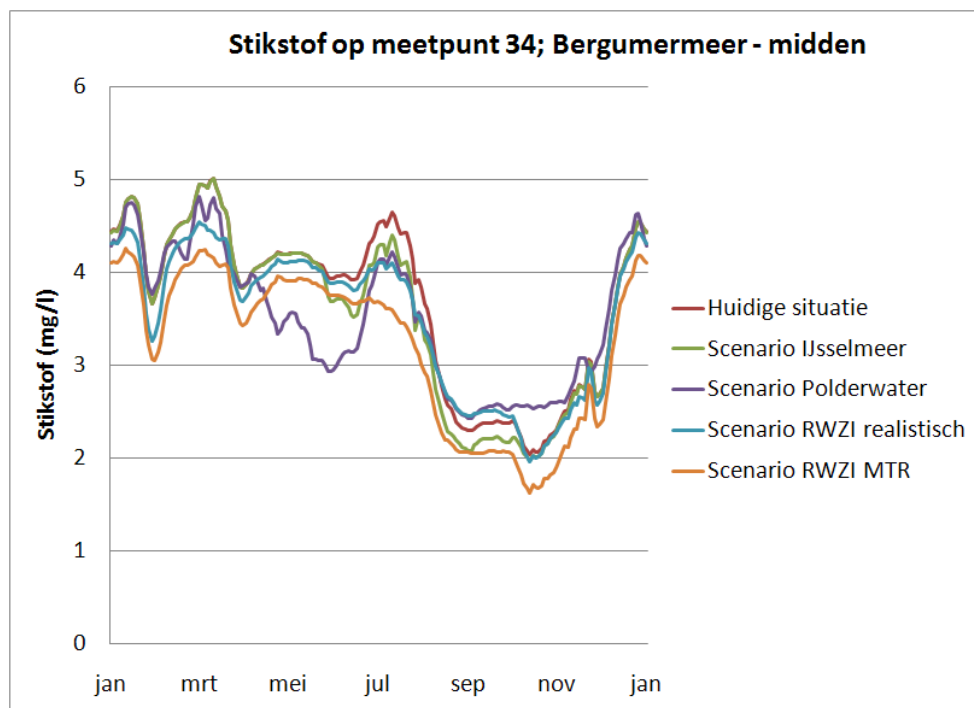
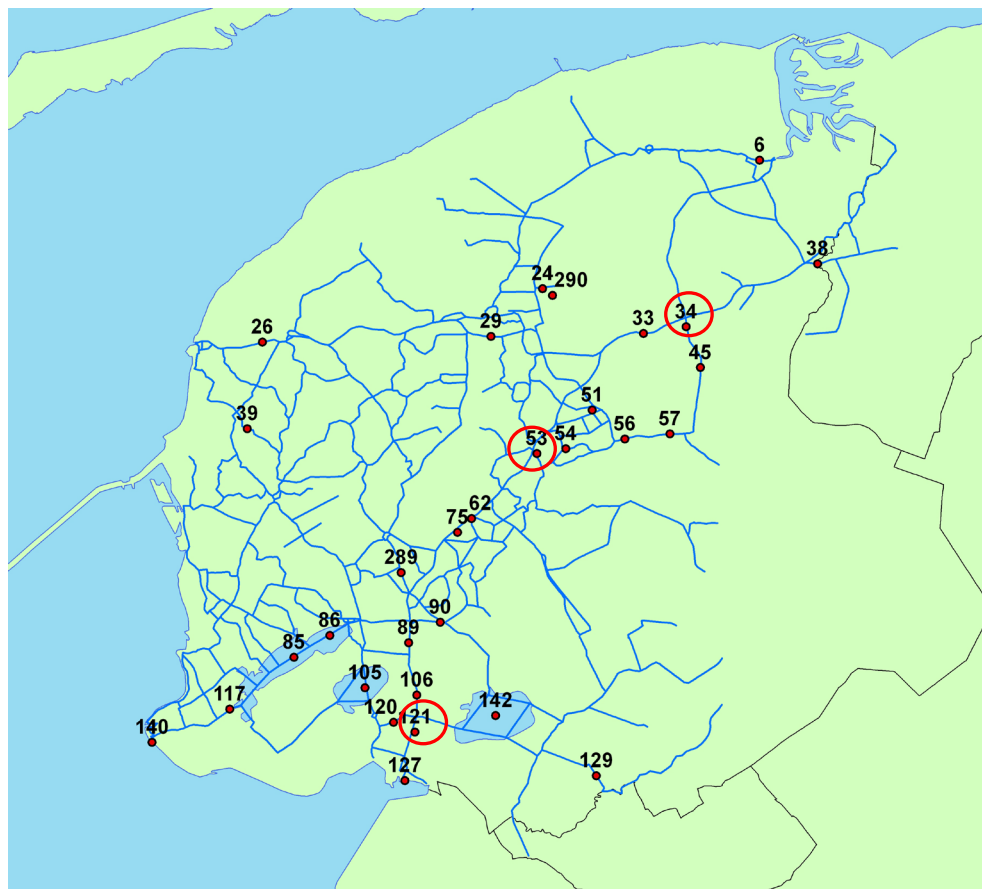
Locatie 121 ligt dicht bij het inlaatpunt van het IJsselmeerwater. Op deze locatie is bij het scenario IJsselmeer duidelijk te zien wanneer er water uit het IJsselmeer ingelaten wordt. In het Pikmeer (locatie 53) is ook duidelijk te zien dat het IJsselmeer hier invloed heeft. De inlaatperiode is hier minder duidelijk te herkennen, omdat de locatie verder van het inlaatpunt af ligt. In het Bergumermeer (locatie 34) is de invloed van het IJsselmeer nauwelijks nog aanwezig. Hier is de RWZI een belangrijkere bron van stikstof.

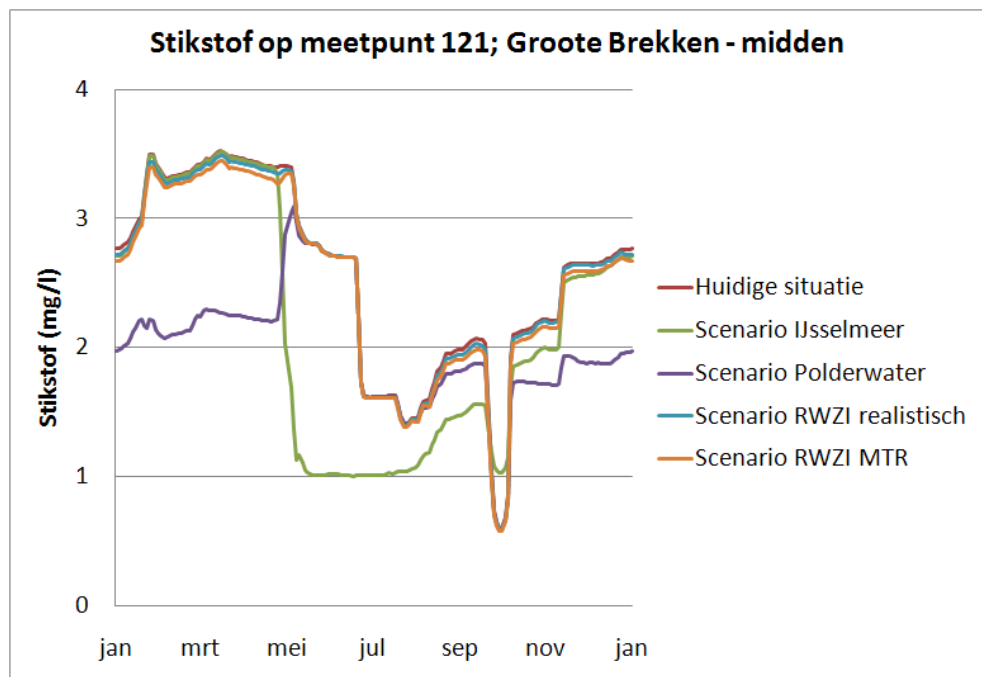
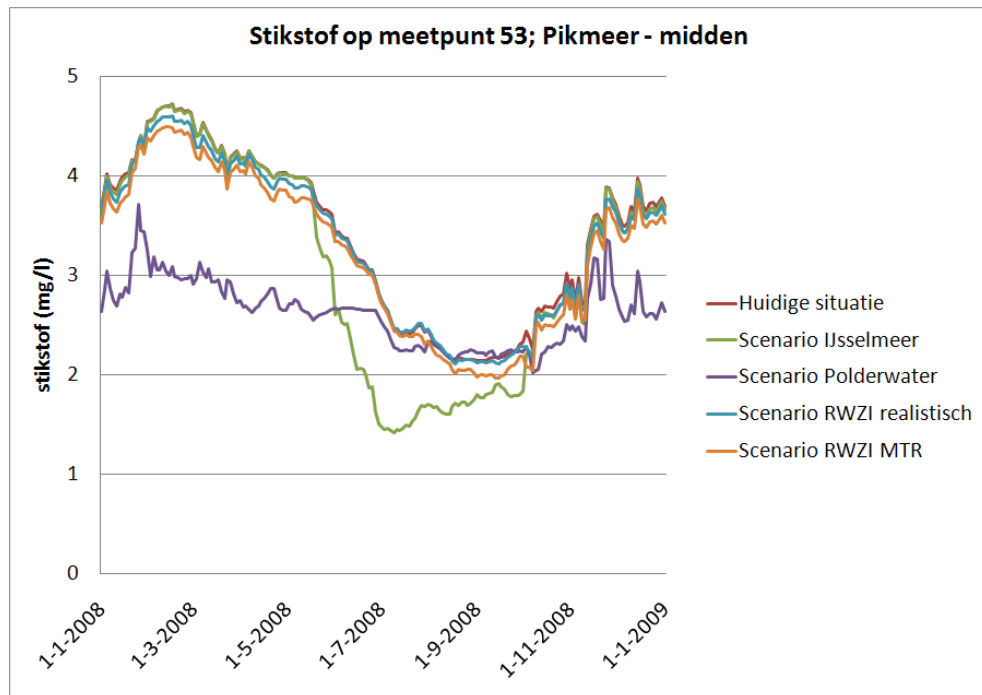
Uit de drie grafieken blijkt tevens dat het polderscenario vooral effect heeft in het winterhalfjaar. Dit is gerelateerd aan het grotere aandeel polderwater wat in de winter de Friese Boezem op komt en het feit dat het verschil tussen de huidige kwaliteit van het polderwater en de kwaliteit in het scenario veelal het grootst is in het winterhalfjaar.

Afbeelding 22

Vergelijking van de scenario's op drie locaties in de Friese Boezem

- Overzicht van de ligging van de drie locaties
- 34 Bergumermeer
- 53 Pikmeer
- 121 Grootte Brekken





3.5

CONCLUSIE

Als we de figuren uit paragraaf 3.4 bekijken samen met de in paragraaf 3.3 weergegeven kaarten met de zomergemiddelde stikstof- en fosfaatconcentraties bij de verschillende scenario's, dan zien we vooral lokale effecten van (gemodelleerde) aanpassingen op de RWZI's. Door verbeteringen op de RWZI's zijn op verschillende locaties duidelijke verschillen in de Friese Boezem te bereiken. Dit geldt bijvoorbeeld voor de RWZI's Franeker², St. Annaparochie, Drachten en Gorredijk. In tegenstelling tot deze RWZI's zijn er ook zuiveringen waarvan de invloed op de Friese Boezem beperkt is. Dit is al te zien bij de fractieanalyse. Ook met vergaande verbetering van het effluent op deze zuiveringen is nog slechts een beperkte verbetering van de waterkwaliteit in de Friese Boezem te realiseren. Dit geldt bijvoorbeeld voor RWZI Lemmer.

Naast het verbeteren van de waterkwaliteit van de Friese Boezem door aanpassingen op de zuiveringen, is het ook mogelijk om naar andere bronnen te kijken. De overige belangrijke bronnen in de Friese Boezem zijn het inlaatwater uit het IJsselmeer en het polderwater. Bij het IJsselmeerscenario blijkt vooral voor stikstof een verbetering op te treden. De invloed van het IJsselmeerwater reikt ver, en daarmee treedt er ook in een groot deel van de Friese Boezem verbetering op bij het IJsselmeerscenario. Het polderscenario heeft een groter effect. Het polderwater beïnvloedt de gehele boezem en kan daardoor ook op grote schaal verschil maken.

² In Franeker is intussen al een sterk verbeterde effluentkwaliteit gerealiseerd: jaargemiddelde fosfaat 1, 3 mg/l en stikstof 8, and 7 mg/l in 2010.

HOOFDSTUK

4 Discussie

In dit hoofdstuk worden verschillende aspecten van de modellering uitgelicht. Deze punten hebben voornamelijk te maken met de betrouwbaarheid van het model en de resultaten.

4.1**WATERKWANTITEITSMODEL FRIESE BOEZEM – DE BASIS**

De analyses die met de SOBEK-modellering zijn uitgevoerd, geven een actualisering van modelresultaten van het jaar 1999. Aan de basis van de waterkwaliteitsmodelleringen staat het model van de waterkwantiteit van de Friese Boezem. Dit model is in beide gevallen gemaakt door Wetterskip Fryslân. Het model is tussen 1999 en nu doorlopend aangepast en verbeterd. Dit zijn nadrukkelijk niet alleen de wijzigingen die door de jaren heen in de software van SOBEK zijn doorgevoerd, maar ook wijzigingen in de opzet van de modelschematisatie van de Friese Boezem. Een duidelijk verschil is het toevoegen van extra berging in de boezem. Voortschrijdend inzicht in het functioneren van de boezem heeft ertoe geleid dat er de laatste jaren op verschillende plekken in de boezem in het model extra berging is opgenomen in de schematisatie. Dit beïnvloedt de mate maar vooral ook de snelheid van de menging van waterstromen in het model. Bestudering van de fractieanalyse laat zien dat het geen grote gevolgen heeft voor de uitkomsten van de modellering: we zien geen duidelijk effect op de verspreiding van de RWZI-effluenten direct bij de locaties met extra berging. Dit is waarschijnlijk te verklaren doordat we vooral naar de verspreiding kijken door de boezem heen, en niet door de tijd heen. Uit overleg met Humphrey Paap van Wetterskip Fryslân komt naar voren dat de wijzigingen in het model van de afgelopen jaren als een goede verbeterslag van het model worden gezien. De waterstroming in de Friese Boezem wordt nu beter benaderd dan bij de modellering van het jaar 1999.

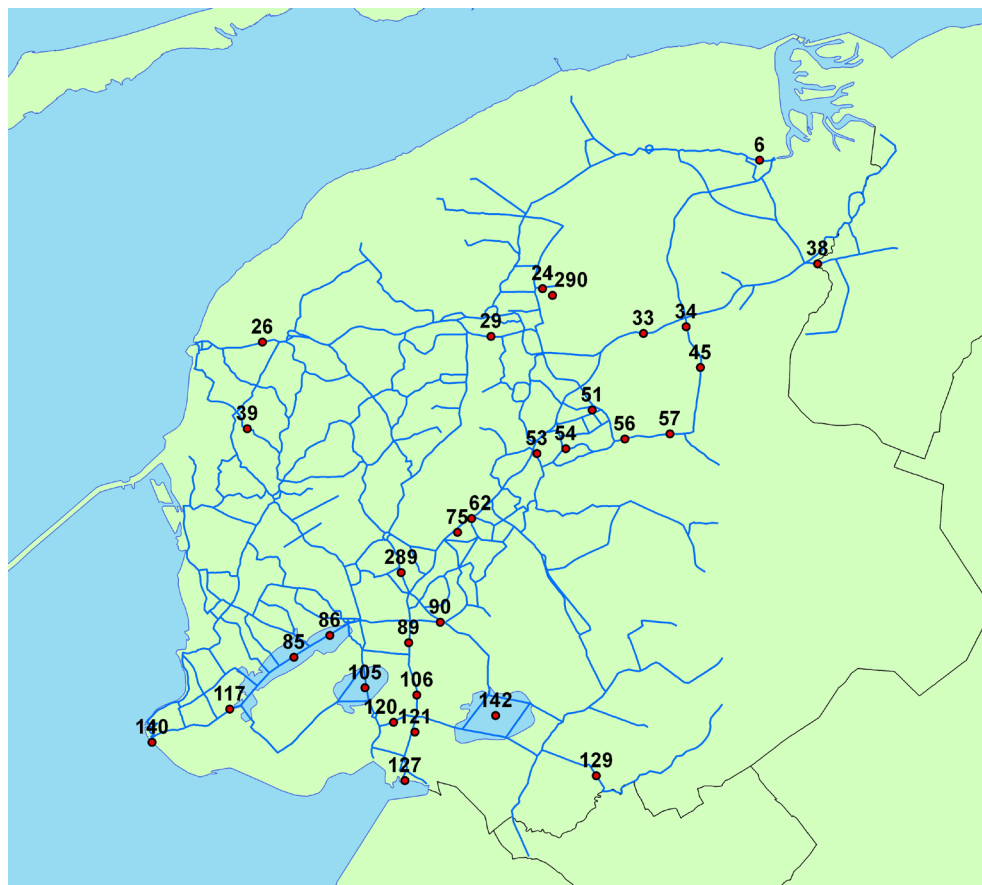
4.2**CONSERVATIEF TRANSPORT EN DE BETROUWBAARHEID VAN HET MODEL**

Bij de berekeningen is de waterkwaliteit gesimuleerd onder de aanname van conservatief transport van stoffen. Processen die kunnen optreden in de boezem worden dus genegeerd. Omdat er wel degelijk chemische en biologische processen zullen optreden, die veelal zorgen voor een afname van de concentraties word er dus bij voorbaat al rekening gehouden met het feit dat de resultaten die we krijgen bij de aanname van conservatief transport zullen afwijken van de gemeten concentraties in de Friese Boezem. De grootste afwijkingen tussen gemeten en berekende concentraties verwachten we in delen van de Friese Boezem met een beperkte doorstroming en in de zomer omdat dan de processen de grootste rol zullen spelen. De uitkomsten van de modelberekeningen moeten dan ook niet gezien worden als absolute waarden, maar als indicatie voor de verdeling van de fosfaat- en stikstofconcentraties door de Friese Boezem.

Om inzicht te krijgen in de betekenis van het conservatieve transport en de betrouwbaarheid van de modelresultaten, zijn voor 27 locaties de resultaten van het model naast metingen van de waterkwaliteit gelegd. Het is opvallend dat de gebruikte meetlocaties niet goed over de gehele boezem verspreid liggen.

Afbeelding 23

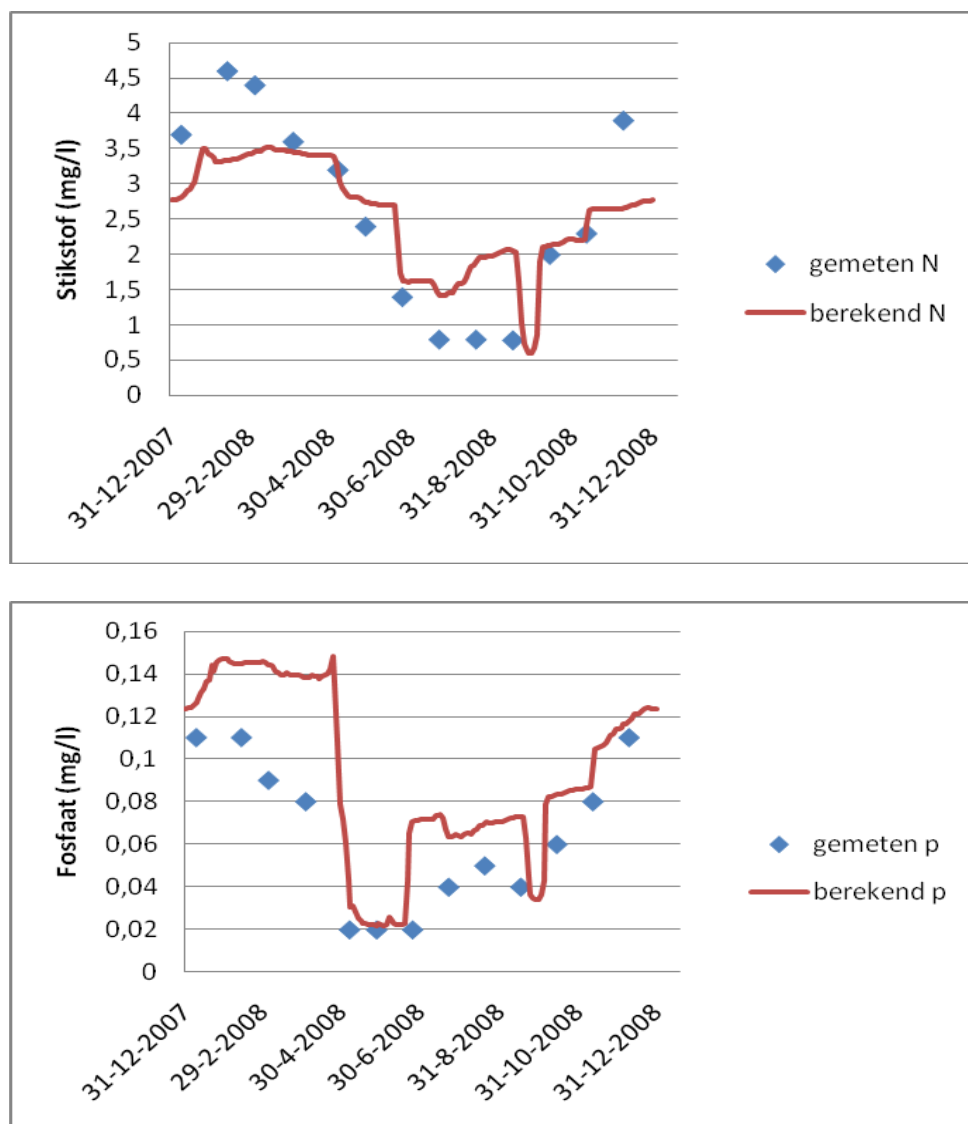
Meetlocaties in de Friese Boezem die gebruikt zijn voor de vergelijking met modelresultaten.



Er is reeds genoemd dat het verschil tussen conservatief transport en processen vooral zichtbaar zal zijn in de zomer en op locaties met weinig doorstroming. Dit is te illustreren met behulp van de modelresultaten en metingen van enkele locaties. Ten eerste locatie 121 – Groote Brekken. Deze ligt dicht bij de inlaat van IJsselmeerwater. In de zomer is hier dan ook doorstroming en de verblijftijd is beperkt. Processen zullen hier naar verwachting geen grote invloed hebben op de concentraties. Afbeelding 24 laat het verloop van de stikstof- en fosfaatconcentratie door het jaar heen zien op deze locaties. In de afbeelding staan zowel de gemeten als berekende concentraties. Deze twee volgen op hoofdlijnen hetzelfde verloop.

Afbeelding 24

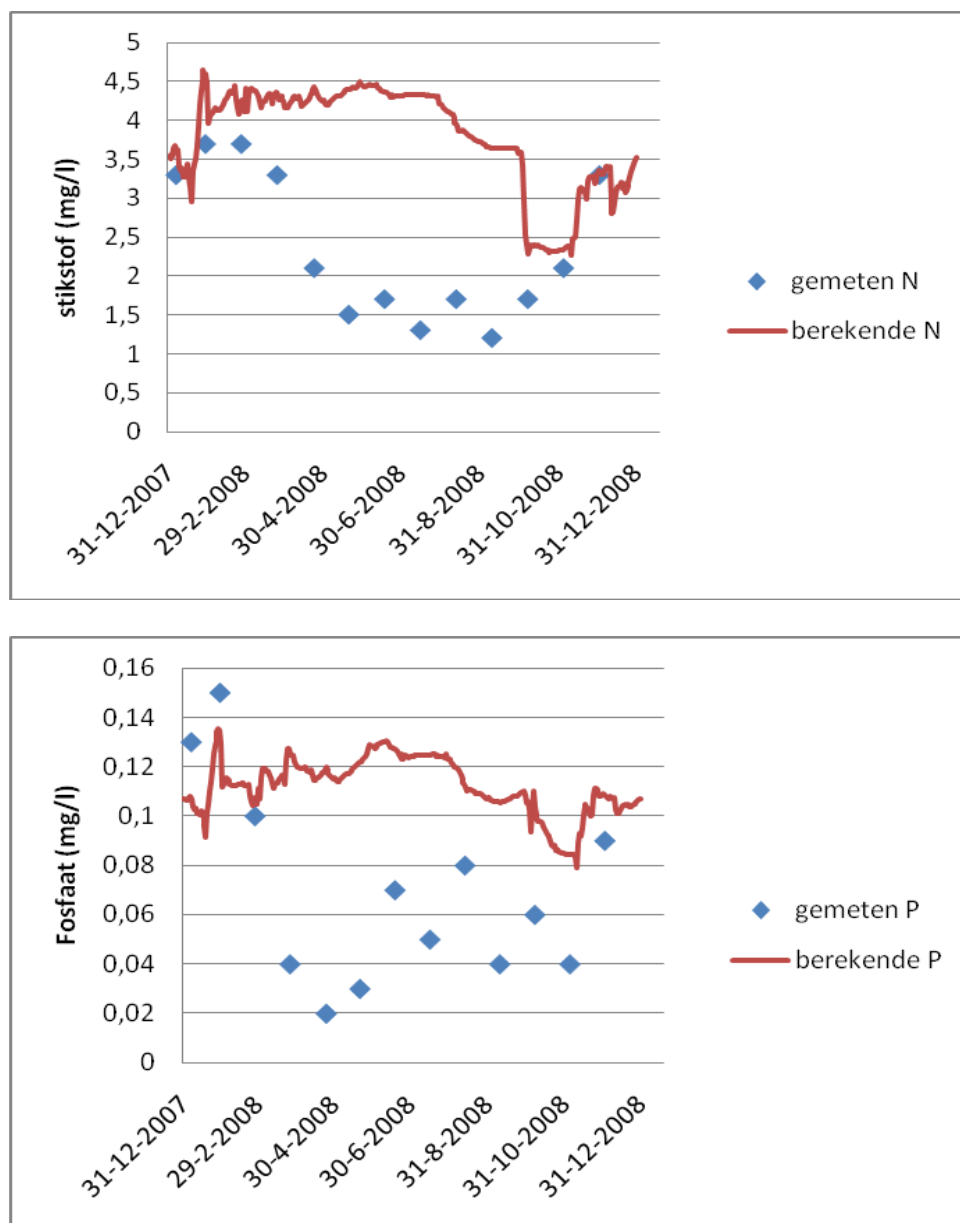
Fosfaat en stikstof op
meetlocatie 121 – Groote
Brekken: metingen en
modelresultaten voor
Ntotaal en Ptotaal



Locatie 117 is een voorbeeld van locaties waar de doorstroming beperkt is. In de zomer verwachten we dat processen een belangrijke invloed hebben op de concentraties. In Afbeelding 25 is voor deze locaties de gemeten en berekende concentraties weergegeven. In de winter – wanneer processen niet of nauwelijks plaatsvinden- liggen de berekende concentraties nabij de metingen. In de zomer zakken de gemeten concentraties ver naar beneden terwijl het model de concentraties nagenoeg gelijk houdt.

Afbeelding 25

Fosfaat en stikstof op
meetlocatie 117 – Morra
Fluessen- Galamadammen:
metingen en
modelresultaten voor
Ntotaal en Ptotaal.



Deze twee voorbeelden laten zien dat de aanname van conservatief transport ervoor zorgt dat de resultaten met verstand gelezen moeten worden. We zien dit verband op de andere meetlocaties ook terug. Wanneer er processen plaats kunnen vinden, zakken de gemeten concentraties in de zomer terwijl de berekende waarden dat niet of minder doen. Processen vinden vooral in de zomer plaats en in wateren met weinig doorstroming. Wanneer er veel stroming plaatsvindt, speelt transport een belangrijkere rol ten opzichte van de processen. Het model rekent alleen met transport en zal in dit laatste geval dan ook een beter resultaat geven dan op locaties waar de processen in werkelijkheid een groot effect op de concentratie zullen hebben.

4.3

MODELLERING WATERKWALITEIT 1999 EN 2008

Het model van de waterkwantiteit is als startpunt gebruikt voor de modellering van de waterkwaliteit, zowel bij de eerdere modellering van het jaar 1999 als bij de modellering van het jaar 2008. Voor beide jaren zijn de concentraties stikstof en fosfaat in de Friese Boezem met het model gesimuleerd. Er wordt aangenomen dat de gesimuleerde stikstof- en fosfaatconcentraties anders kunnen zijn, maar ondanks dat in dezelfde orde van grootte als de metingen in de boezem zullen liggen. In het kader van de studie 'Waterkwaliteitsspoor' (2002) is dit bevestigd. Voor de meren bleek duidelijk dat het model een overschatting geeft van de stikstofconcentratie in de zomer. Wanneer we naar de gemeten en berekende waarden kijken voor de huidige situatie constateren we in de berekening van 2008 vergelijkbare verschillen tussen metingen en berekeningen als wat geconstateerd werd bij de modellering van 1999. Wat ook opvalt, is dat model- en meetwaarden in 2008 lager liggen dan in 1999. Het maximum stikstofgehalte daalde met circa 1 mg/l (zowel in model als in metingen). Het maximale gemeten fosfaatgehalte daalde met respectievelijk 0.15 voor de modelwaarden en 0.4 mg/l voor de meetwaarden.

De vergelijking van gemeten en berekende concentraties voor de jaren 1999 en 2008 kon voor 12 locaties worden gedaan; deze zijn bij beide studies uitgelicht. Hieronder worden twee meetlocaties weergegeven om de verschillen en overeenkomsten tussen de twee modeljaren te illustreren.

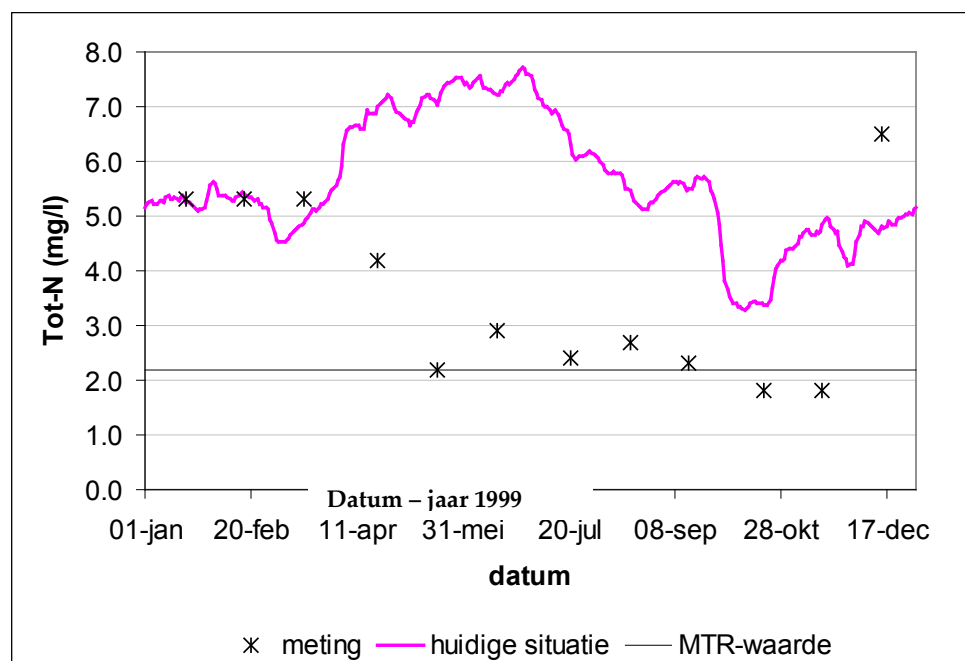
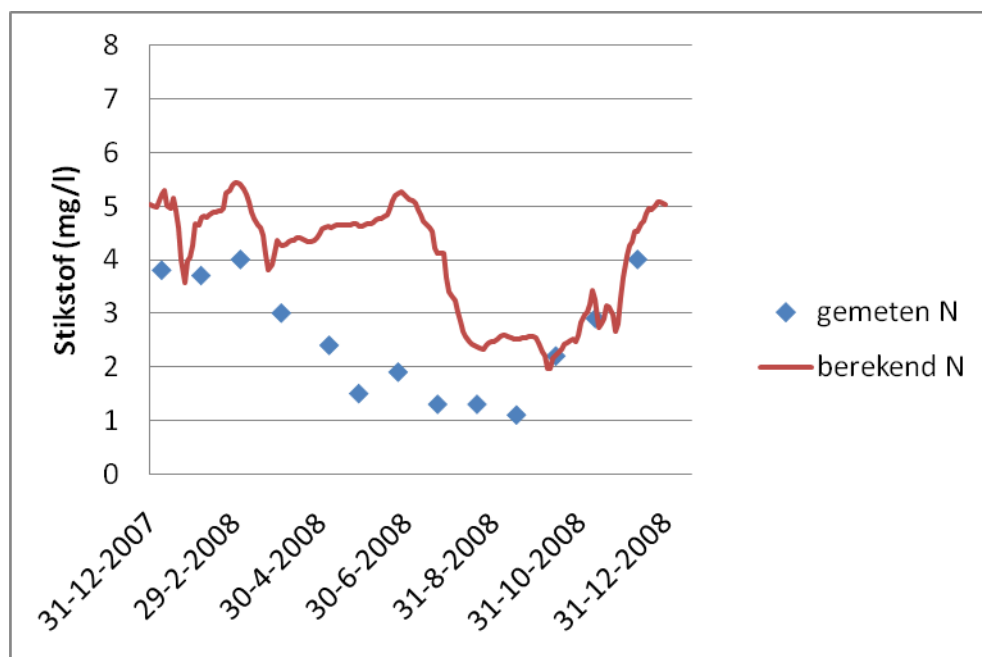
Afbeelding 26

Stikstof (mgN/l) op meetpunt

45 - De Leijen.

Boven: 2008

Onder: 1999



De berekende stikstofconcentratie kwam in het begin van het jaar in 1999 meer overeen met gemeten waarden dan in 2008. Aan het eind van het jaar is er juist meer overeenkomst in 2008. Over het jaar genomen wordt hetzelfde laten zien: het winterhalfjaar liggen metingen en berekeningen in dezelfde orde van grootte, in het zomerhalfjaar zakken de metingen omlaag, terwijl het model dit niet laat zien.

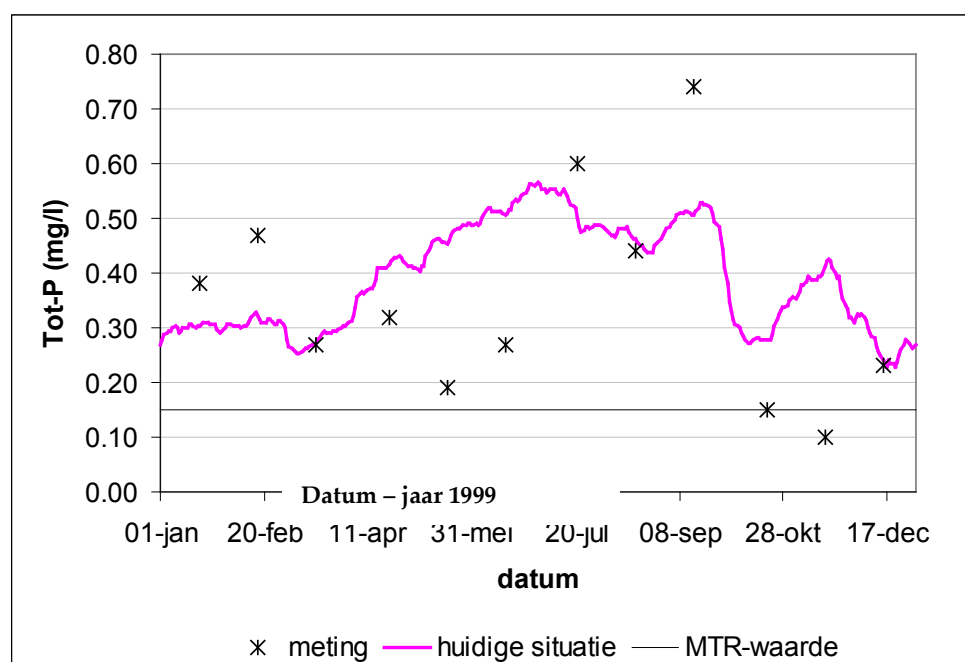
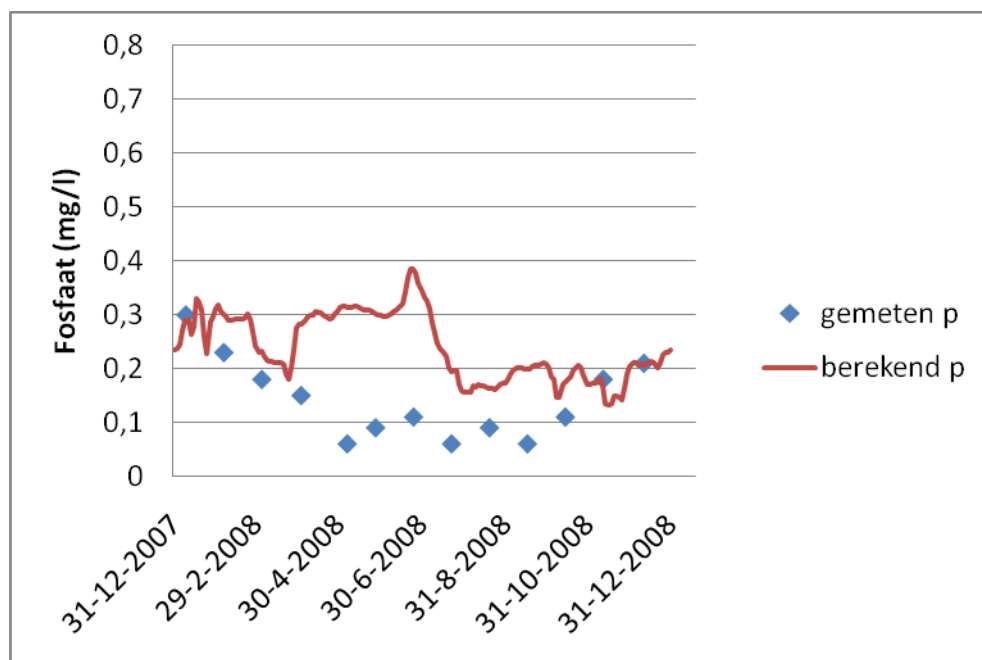
Afbeelding 27

Fosfaat (mgP/l) op meetpunt

45 – De Leijen

Boven: 2008

Onder: 1999



De berekende fosfaatconcentraties op meetpunt 45 (Afbeelding 27) komen in beide gevallen niet erg overeen met de gemeten waarden in het verloop door het jaar heen. In 2008 laten de metingen wel een seizoensschommeling zien, terwijl de metingen van 1999 een grote spreiding hadden. De modelresultaten van 2008 zijn voor het winterhalfjaar in de orde van grootte van de metingen en in de zomer te hoog. In 1999 waren de metingen erg verspreid, en de modelresultaten schommelde er door heen. Het is lastig hier een oordeel over te geven. Het is wel een feit dat de metingen voor zowel fosfaat als stikstof in 2008 lager liggen dan in 1999 en dit zien we ook in het model.

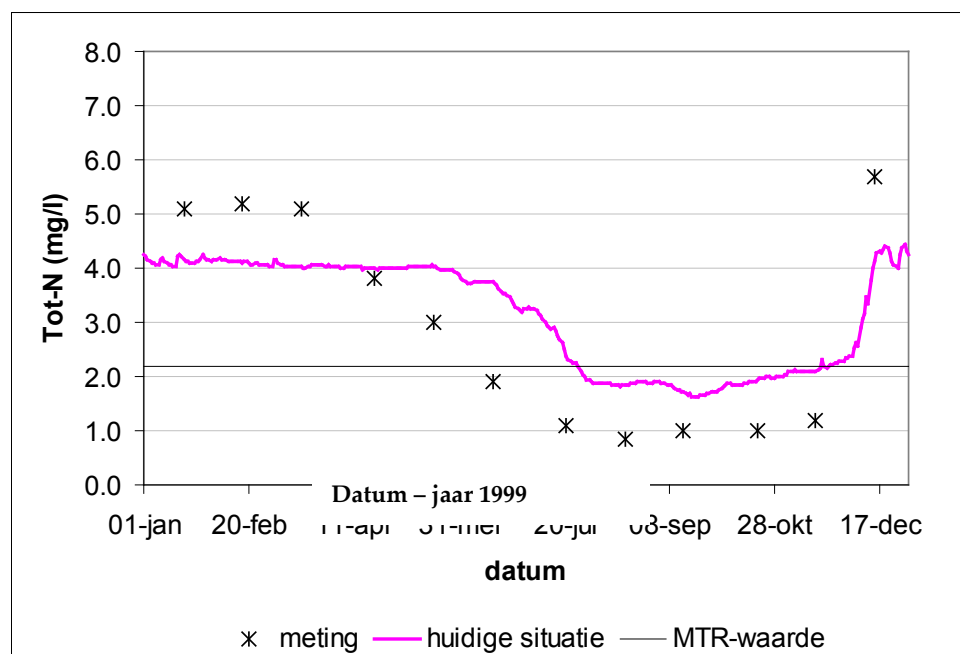
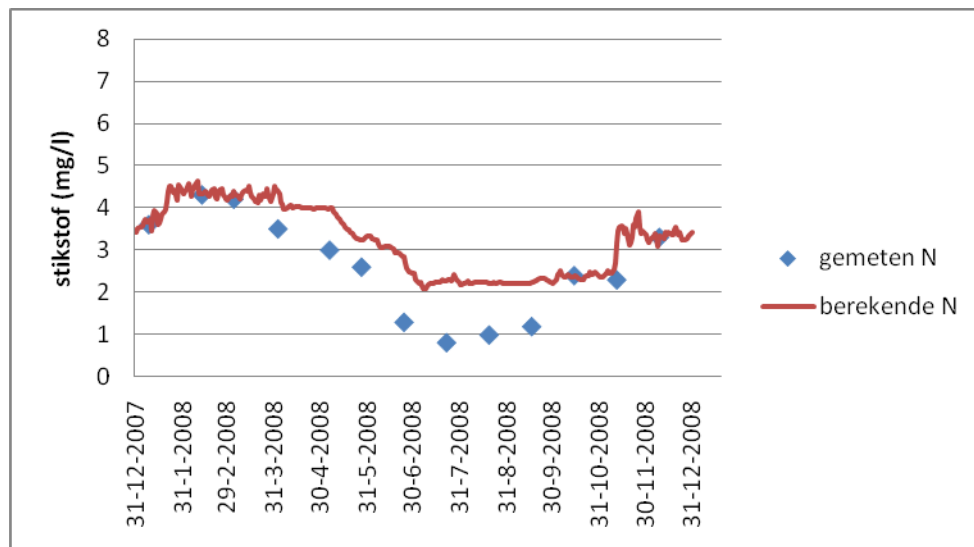
Afbeelding 28

Stikstof (mgN/l) op meetpunt

75 – Sneekermeer

Boven: 2008

Onder: 1999



De metingen en berekeningen voor stikstof op meetpunt 75 (Afbeelding 28) laten zowel voor 1999 als 2008 een seizoensschommeling zien. In de zomer dalen de gemeten concentraties verder dan de berekende, en dit geldt voor zowel 1999 als 2008. De prestatie van het model is op dit meetpunt gelijk voor beide jaren.

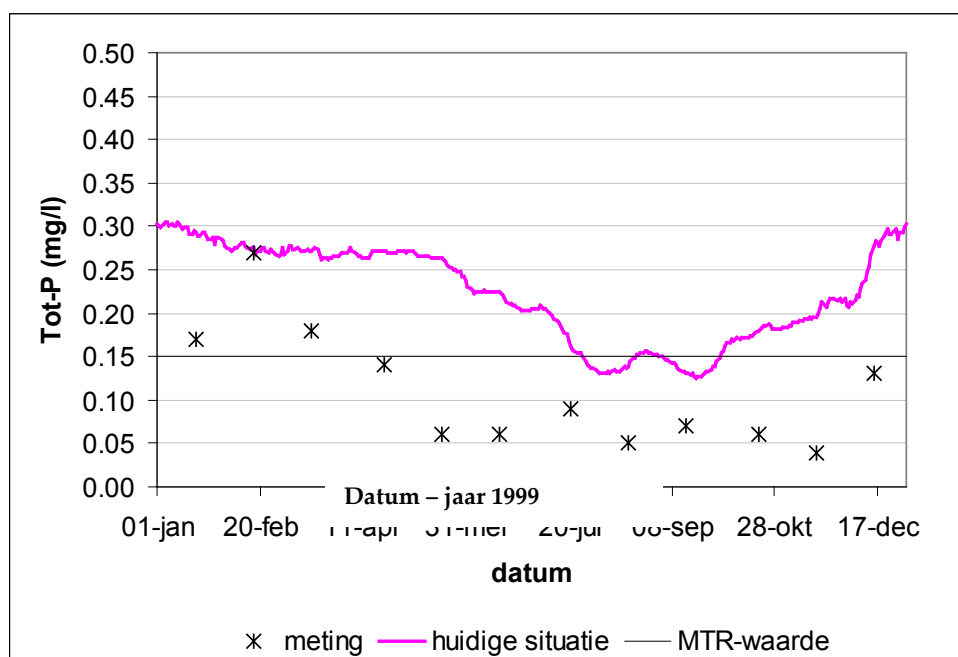
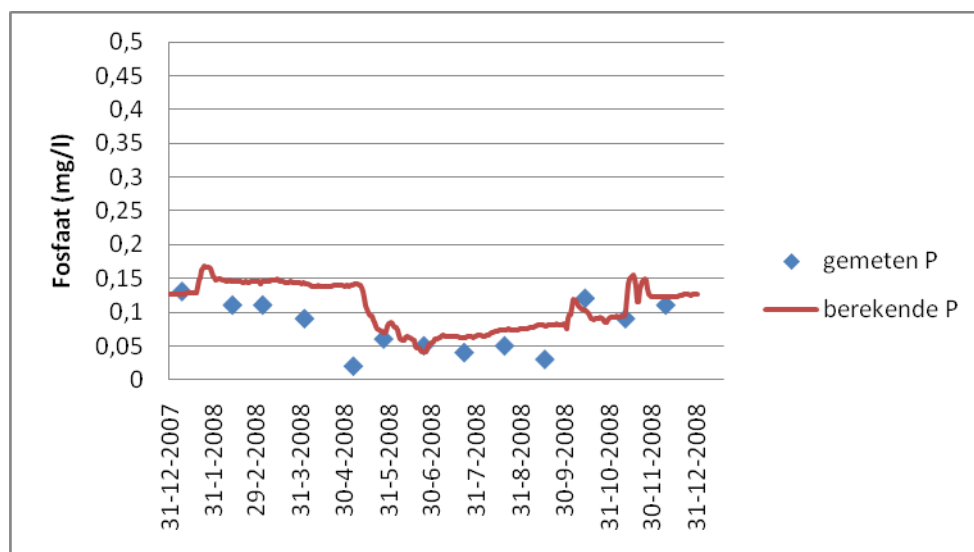
Afbeelding 29

Fosfaat (mgP/l) op meetpunt

75 – Sneekerveer

Boven: 2008

Onder: 1999



De berekende fosfaatconcentraties op meetpunt 75 volgen de metingen van 2008 door het jaar heen. In het jaar 1999 lagen de berekende concentraties verder van de metingen af. Het verloop door het jaar heen is in beide gevallen bij benadering in overeenstemming met de metingen.

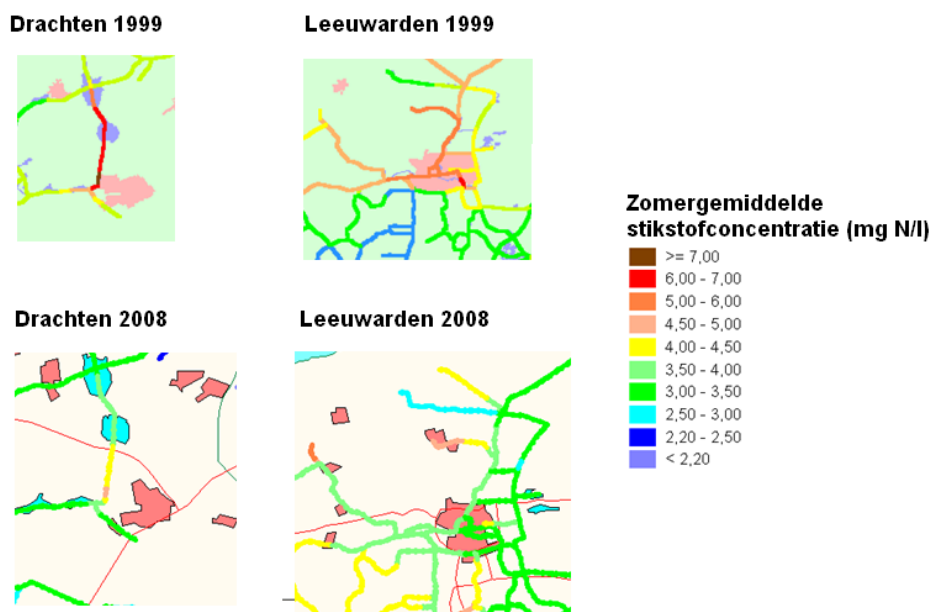
4.3.1

WIJZIGINGEN OP RWZI DRACHTEN EN LEEUWARDEN

Wijzigingen in de werkelijkheid kunnen we terugzien in de modellering. Zo zijn tussen de jaren 1999 en 2008 investeringen gedaan op de RWZI's van Leeuwarden en Drachten om de effluentkwaliteit te verbeteren. Afbeelding 30 laat zien dat er bij Drachten een grote verbetering is opgetreden. De zomergemiddelde stikstofconcentratie nabij de RWZI lag in 1999 nog boven de 7 mg N/l, terwijl in 2008 de zomergemiddelden niet boven de 5 mg N/l uitkomen. En in het meer de Leijen is de stikstofconcentratie verlaagd 5-6 mgN/l in 1999 tot onder de 4 mg N/l in 2008. In Leeuwarden, nabij de RWZI, zien we een halvering van de stikstofconcentraties. De aanpassingen die op de RWZI's gedaan zijn, zien we daarmee duidelijk terug. Er is namelijk sprake van lokale verbetering in het beïnvloedingsgebied van de RWZI's.

Afbeelding 30

Veranderingen in berekende stikstofconcentraties in de Friese Boezem nabij RWZI Drachten en RWZI Leeuwarden.



Wanneer we kijken naar de meetgegevens zien we voor Drachten een vergelijkbare daling van de stikstofconcentratie. Hiervoor is gekeken naar meetpunt 45 in De Leijen. In 1999 lagen hier de stikstofconcentraties tussen de 1,8 en 6,5 mgN/l. De meetgegevens van 2008 liggen tussen 1,0 en 4,0 mgN/l. Dit komt overeen met het beeld uit Afbeelding 30 voor Drachten.

Voor Leeuwarden zijn twee meetlocaties beschikbaar om metingen en berekeningen te vergelijken. Voor meetpunt 24 - Grote Wielen lagen de meetgegevens voor stikstof in 1999 tussen de 1,5 en 5,2 mgN/l en in 2008 tussen de 1,4 en 3,2 mgN/l. De modellering geeft een zomergemiddelde van iets boven de 4,0 mgN/l in 1999 en net boven de 3,0 mgN/l in 2008. De verschillen tussen 1999 en 2008 liggen voor het model in lijn met de verschillen die gemeten zijn. Het is lastig te zeggen of dit veroorzaakt is door de RWZI. Daarnaast zijn er metingen van locatie 29 ten zuiden van Leeuwarden. Dit punt laat een vergelijkbare verbetering zien. Een overzicht van alle metingen en modelresultaten voor zowel stikstof als fosfaat staan in onderstaande tabellen.

Voor stikstof zien we op alle locaties, en zowel in metingen als modelleringen een verbetering optreden van de waterkwaliteit. Voor fosfaat zien we overal een verbetering, behalve voor de metingen op locatie 29.

Tabel 4

Metingen en modelresultaten van de waterkwaliteit nabij RWZI Drachten – meetpunt 45.

DRACHTEN		Meetpunt 45	Model op locatie meetpunt 45
Stikstof (zomergemiddelde, (mgN/l))	1999	3,0	6,0 – 7,0
	2008	1,8	3,5 – 4,0
Fosfaat (zomergemiddelde, mgP/l)	1999	0,40	0,40 – 0,45
	2008	0,09	0,25 – 0,30

Tabel 5

Metingen en modelresultaten van de waterkwaliteit nabij RWZI Leeuwarden – meetpunt 24 en 29.

LEEUWARDEN		Meetpunt 24	Model op locatie meetpunt 24	Meetpunt 29	Model op locatie meetpunt 29
Stikstof (zomergemiddelde, (mgN/l))	1999	2,0	3,5 – 4,0	3,0	4,5 – 5,0
	2008	1,5	3,0 – 3,5	2,1	3,5 – 4,0
Fosfaat (zomergemiddelde, mgP/l)	1999	0,15	0,15 – 0,20	0,17	0,30 – 0,35
	2008	0,08	0,10 – 0,15	0,21	0,15 – 0,20

4.4

BETROUWBAARHEID VAN DE INVOERGEGEVENS

Om de modellering van de waterkwaliteit in de Friese Boezem uit te kunnen voeren, worden debieten en concentraties van de drie belangrijkste water- en stofstromen gebruikt:

- RWZI-effluenten;
- Uitgemalen polderwater;
- Ingelaten IJsselmeerwater.

De debietgegevens van de RWZI's worden op locatie gemeten. Dit gebeurt hoogfrequent; voor veel van de locaties zelfs dagelijks. Dit wordt als input voor het model gebruikt en daarmee zijn de inputgegevens van de effluent debieten een goede vertaling van praktijk naar model. De concentraties N en P in het effluent worden door het jaar heen gemeten. Het is per RWZI verschillend hoe vaak dit gebeurt. Er zijn per RWZI tussen de 23 en 60 meetwaarden voor het jaar 2008. De kwaliteit van het effluent varieert van meting tot meting. Bij de scenario's worden nieuwe waarden voor de concentraties stikstof en fosfaat aangenomen. Dit zijn constante waarden door het jaar heen. Hierdoor is er minder fluctuatie in de concentraties stikstof en fosfaat in de Friese Boezem bij de scenario's van de RWZI's. Dit geeft in sommige gevallen een vertekend beeld van de te verwachten en optredende verbeteringen naar aanleiding van de scenario's. Een voorbeeld hiervan is RWZI St. Annaparochie. Hier was de gemiddelde stikstofconcentratie in het effluent in 2008 6,8 mg N/l. In het scenario RWZI realistisch is de concentratie verlaagd tot 6 mg N/l. Toch zien we in het zomergemiddelde in de Friese Boezem nabij RWZI St. Annaparochie geen verbetering maar een lichte verslechtering.

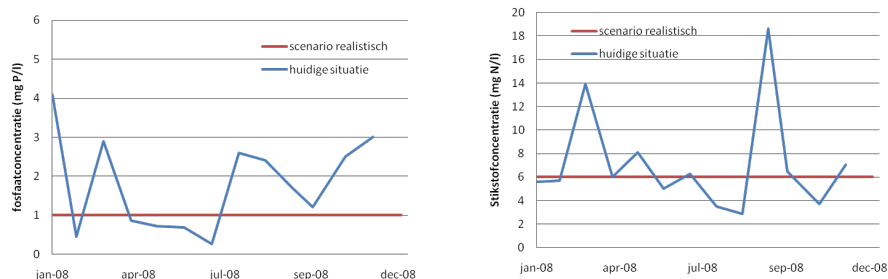
Dit komt omdat over het hele jaar genomen de concentratie in het effluent wel verbeterd, maar in de zomer bleek de gemiddelde concentratie in 2008 (met pieken en dalen in de concentraties in de effluenten) lager te zijn dan de 6 mg N/l van het scenario.

Afbeelding 31

Effluent concentraties 2008 en input Realistisch scenario voor RWZI St. Annaparochi

Links: fosfaat

Rechts: stikstof

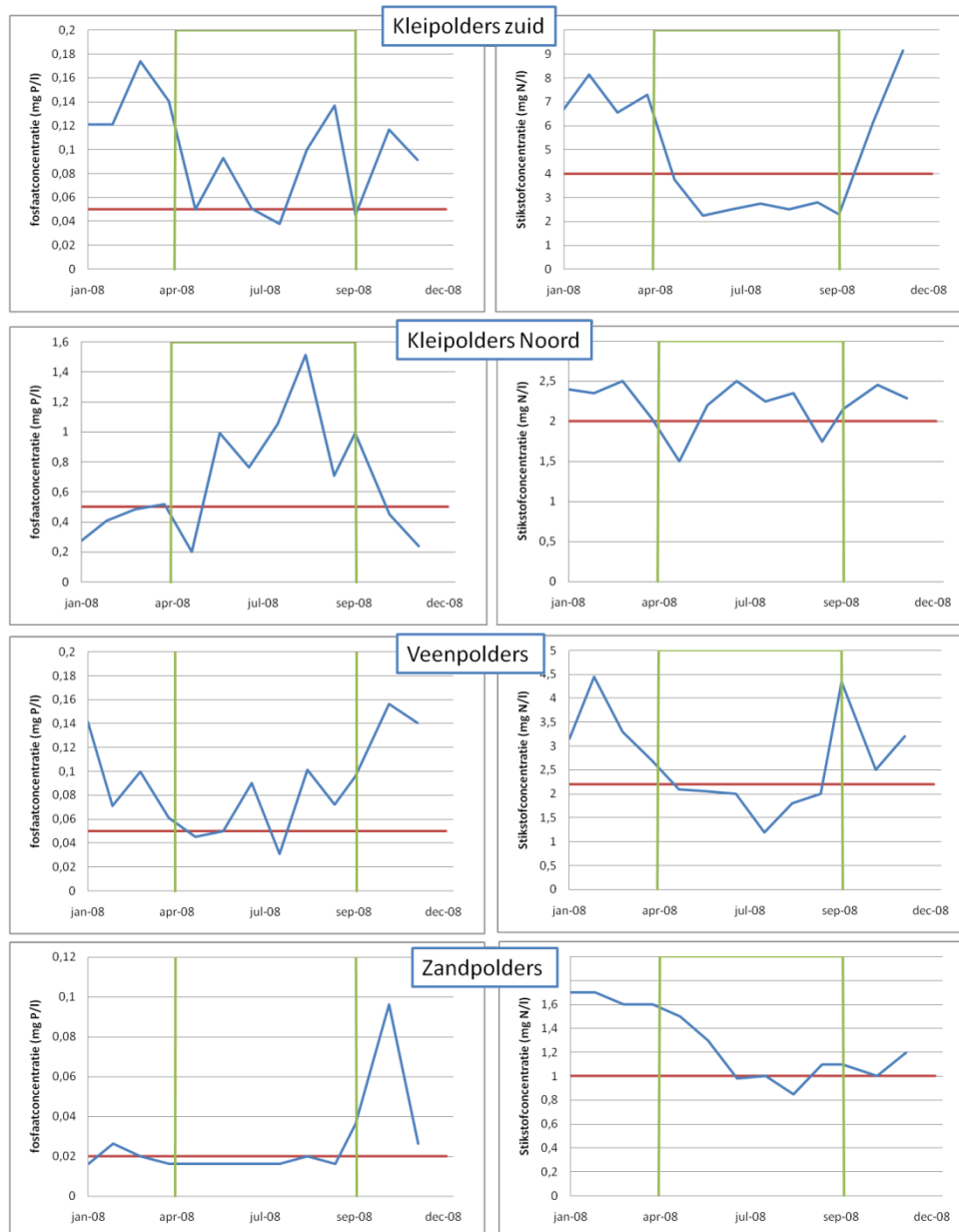
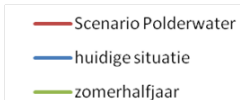


Een vergelijkbare situatie zien we ook bij de scenario's IJsselmeer en Polderwater. Hier gaat het meestal niet om een verslechtering, maar een verbetering die op een aantal locaties minder is dan verwacht. Dit heeft ook te maken met het rekenen met een variabele concentratie bij de berekening van de waterkwaliteit 2008, en het rekenen met constante concentraties bij de scenario's. Ter illustratie staan hieronder de grafieken van de concentraties polderwater vanuit de meetwaarden in 2008 en volgens de (vaste) waarde in het scenario Polderwater. Afhankelijk van het poldertype geeft het scenario een verslechtering of verbetering van het zomergemiddelde van fosfaat, en een verslechtering of verbetering van het zomergemiddelde van stikstof. Alleen voor de "kleipolders_noord" is in de zomer sprake van verbetering voor fosfaat. In het scenario is ook in het noordelijke deel van de boezem, waar dit type kleipolder de invoerkwaliteit van het polderwater bepaalt, de grootste kwaliteitwinst in zomergemiddelde fosfaat concentraties te zien.

Door deze verschillen in manier van inputgegevens opstellen voor de situatie 2008 en de scenario's ontstaan geen foute uitkomsten, maar zijn de uitkomsten soms anders dan verwacht. Het feit dat het verschil in variabele en constante concentraties aanwezig is, moet dus meegenomen worden bij de interpreteren van de uitkomsten en bij het verbinden van conclusies aan de uitkomsten.

Afbeelding 32

Meetwaarden 2008 Totaal F en N polderwater en (vaste) concentraties voor het scenario 'Polderwater'.



HOOFDSTUK 5

Conclusie en aanbevelingen

5.1 KWALITEIT BOEZEMWATER

Uit de modelstudie concluderen we dat:

- In het noordelijk deel van de boezem het effluent van de RWZI's over de aaneengesloten boezemwatergangen verdeeld is en een aanzienlijke fractie vormt van de waterkolom in het zomerhalfjaar;
- In het westelijke deel van de boezem de bijdrage van effluent van de RWZI's in de waterkolom zeer klein is (<10%), met uitzondering van Workum;
- De verbeteringen aan de RWZI's in Drachten en Leeuwarden (ten opzichte van 1999) tot een zichtbare verbetering van de zomergemiddelde stikstofconcentratie hebben geleid. Voor stikstof zien we op beide locaties, en zowel in metingen als modelleringen een verbetering optreden van de waterkwaliteit. Voor fosfaat zien we overal een verbetering, behalve voor de metingen op locatie 29 ten zuiden van Leeuwarden. Op locatie 24, ten noorden van Leeuwarden is de fosfaatconcentratie wel afgenomen tussen 1999 en 2008.

5.2 EFFECT VAN SCENARIOS

In deze studie zijn 3 scenario's onderzocht. Op basis van de berekende concentraties concluderen we:

- Een verbetering van de kwaliteit van het IJsselmeerwater leidt tot een verbetering voor met name stikstofconcentraties in de boezem:
 - het terugbrengen van de inlaat concentraties tot 0,02mg P/l leidt tot een verbetering van 0,01-0,03 mgP/l vanaf inlaatpunt Lemmer tot net voorbij Sneek;
 - het terugbrengen van inlaat concentraties tot 1 mg N/l leidt tot een verbetering van stikstof concentraties door de hele boezem (0,8 mg N/l tot in het noordoostelijk deel van de boezem);
- Een verbetering van de kwaliteit van het polderwater veroorzaakt van alle scenario's het grootste effect op zowel fosfaat en stikstofconcentraties in de boezem. Dit heeft te maken met de grote debieten, het grote beïnvloedingsgebied en de relatief grote concentratie veranderingen in dit scenario ten op zichte van de uitgangssituatie;
- Een verbetering van de kwaliteit van het polderwater leidt met name in het noordelijke deel van de boezem tot grote verbetering in concentraties stikstof en fosfaat, wat de verklaren is uit het grote verschil tussen de gemiddelde zomerconcentratie van de noordelijke kleipolders en de (vaste) concentratie uit het scenario voor de noordelijke kleipolders voor met name fosfaat;

- Een verbetering van de RWZI effluent concentraties voor fosfaat in het Realistisch scenario genereert alleen lokale effecten bij Gorredijk, Wolvega, Drachten en Franeker;
- Een verbetering van de RWZI effluent concentraties voor stikstof werkt in het Realistisch scenario verder in de boezem door, met name in de westelijke en oostelijke rand van de boezem. Dit is te verklaren uit de relatief grote verbetering in concentratie gecombineerd met een groot debiet van de RWZI;
- Een verbetering van RWZI effluent volgens het MTR scenario werkt vooral door in de fosfaatconcentraties in het noordelijke deel van de boezem en voor stikstof leidt tot een geringe verbetering voor de hele boezem met uitzondering van het zuidelijke deel (rond Lemmer).

De te realiseren effecten door aanpassingen op de RWZI's zijn vooral lokale effecten. Door verbeteringen op de RWZI's zijn op verschillende locaties duidelijke verschillen in de Friese Boezem te bereiken. Dit geldt bijvoorbeeld voor de RWZI's Franeker, St. Annaparochie, Drachten en Gorredijk. In tegenstelling tot deze RWZI's zijn er ook zuiveringen waarvan de invloed op de Friese Boezem beperkt is. Dit is al te zien bij de fractieanalyse. Ook met vergaande verbetering van het effluent op deze zuiveringen is nog slechts een beperkte verbetering van de waterkwaliteit in de Friese Boezem te realiseren. Dit geldt bijvoorbeeld voor RWZI Lemmer.

Naast het verbeteren van de waterkwaliteit van de Friese Boezem door aanpassingen op de zuiveringen, is het ook mogelijk om naar andere bronnen te kijken. De overige belangrijke bronnen in de Friese Boezem zijn het inlaatwater uit het IJsselmeer en het polderwater. Bij het IJsselmeerscenario blijkt vooral voor stikstof een verbetering op te treden. De invloed van het IJsselmeerwater reikt ver, en daarmee treedt er ook in een groot deel van de Friese Boezem verbetering op bij het IJsselmeerscenario. Het polderscenario heeft een groter effect. Het polderwater beïnvloedt de gehele boezem en kan daardoor ook op grote schaal verschil maken.

De berekeningen van de effecten van scenario's die opgelegd zijn aan de effluënten, het polderwater en het IJsselmeerwater geven een goede indruk van de mogelijke verbeteringen. De verschillen tussen de effecten van verbetering van de kwaliteit bij de drie onderscheiden bronnen zijn duidelijk en ook is duidelijk geworden in welke deel van de boezem en op welk moment die verbeteringen optreden. Benadrukt moet worden dat die conclusies gebaseerd moeten worden op de berekende relatieve verschillen. Immers in dit rapport is ook aangetoond dat de modelresultaten in absolute zin niet kunnen worden vergeleken met de gemeten concentraties, omdat geen rekening is gehouden met chemische en biologische processen.

5.3

AANBEVELINGEN

Hoewel de uitgevoerde studie goed inzicht geeft in het tijdelijke en het ruimtelijke aandeel van de diverse bronnen van belasting van de Friese Boezem is er een aantal die in acht genomen moeten worden bij de conclusies uit het onderzoek. Dit zijn tevens de aspecten die verbeterd kunnen worden:

1. In dit rapport wordt uitgegaan van conservatief transport zonder chemische en biologische processen. Dit is niet realistisch.

Het is te overwegen oefeningen te doen met het betrekken van een aantal processen. Het KRW innovatieproject Baggernut levert mogelijk resultaten op waarmee de rol van de waterbodem kan worden gemodelleerd.

2. In de scenario's worden steeds jaarrond constante concentraties toegepast. Ook dit is niet helemaal realistisch. Het is aan te bevelen modelberekeningen uit te voeren waarbij de scenario's gewerkt wordt met bepaalde procentuele verbeteringen waardoor de variatie door het jaar heen gewaarborgd blijft.
3. Bij het scenario voor polderwater is alleen de kwaliteit van het polderwater aangepast wat direct op de boezem gemalen wordt. Met name in het zuidoosten van Friesland is een deel afwaterend gebied wat in het huidige model op de randen van het model de boezem inkomt. Voor dit gebied is het aan te bevelen de modelschematisatie eventueel uit te breiden.
4. Tenslotte is het voor een toekomstige herhaling van deze modellering van belang dat de monitoring van de RWZI-effluenten en het oppervlaktewater voldoende blijft om de invoer van het waterkwaliteitsmodel te garanderen.

De modelresultaten van de fractieanalyse geven inzicht in de verspreiding van het RWZI-effluent door de Friese Boezem. Monitoring van milieuvreemde stoffen zou zich kunnen richten op de trajecten waar het aandeel effluent relatief groot is.

BIJLAGE 1

RWZI debieten: waterbalans en correcties

Tabel B1.1

Verrekening debiet RWZI en
aangepast effluent
concentratie voor het
'Realistisch' scenario
*Per RWZI de polderlozing
die gebruikt is om het debiet
van de effluentlozing mee te
corrigeren
(waterkwaliteitsspoor Friese
Boezem, WL 2002)
Voor de vergelijking met het
'Realistisch scenario' is voor
2008 de gemiddelde
concentratie N en P
gegeven, in het model voor
2008 is deze concentratie
variabel (obv meetdata).*

RWZI	Polders	Stikstof gemiddelde 2008 (mgN/l)	Stikstof 'Realistisch ' scenario (mg/l)	Fosfaat gemiddelde 2008 (mgP/l)	Fosfaat 'Realistisch ' scenario (mgP/l)
Akkrum	L86	11,1	6	1,2	1
St. Annaparochie	L200	6,8	6	1,5	1
Birdaard	L120	4,6	4	1,9	1
Bolsward	½ deel L39 en 1/2 deel L19	3,7	3	1,1	1
Burgum	L117	5,7	4	1	0,5
Damwoude	L111	6,2	6	1,1	1
Dokkum	L121	4,6	4	1,7	1
Drachten	½ deel L96 en ½ deel L98	8,9	6	0,8	0,5
Franeke	½ deel L5 en ½ deel L198	23,1	6	3	1
Gorredijk	L78	6,9	6	0,8	0,5
Grou	L149	4,5	4	0,6	0,5
Harlingen	½ deel L7 en ½ deel L0	4,5	4	1,1	1
Heerenveen	½ deel L83 en ½ deel L84	7,7	6	0,4	1
Joure	L82	3,8	3	0,2	0,2
Kootstertille	½ deel L100 en ½ deel L101	6,4	4	1,2	1
Leeuwarden	3/5 deel L159, 1/5 deel L154 en 1/5 deel L160	2,9	6*	0,7	1
Lemmer	½ deel L53 en ½ deel L54	5,9	4	1	0,5
Sloten	½ deel L197 en ½ deel L51	6,8	6	1,2	1
Sneek	L139	6,4	6	0,7	0,5
Warns	L47	9,2	6	1,1	1
Wolvega	L73	7,8	6	1,2	1
Workum	½ deel L30 en ½ deel L42	7	6	1,8	1

*Nieuwe effluentkwaliteit vanwege slibbehandeling

RWZI	De- biet (jaar totaal m ³)	Stikstof 2008 gemiddeld (mgN/l)	Stikstof 'Realistisch' scenario (mg/l)	% verschil	Fosfaat 2008 gemiddeld (mgP/l)	Fosfaat 'Realistisch' scenario' (mgP/l)	% verschil
Leeuwarden	8	2,9	6	-107%	0,7	1	-43%
Damwoude	36	6,2	6	3%	1,1	1	9%
Sneek	16	6,4	6	6%	0,7	0,5	29%
Grou	49	4,5	4	11%	0,6	0,5	17%
Harlingen	27	4,5	4	11%	1,1	1	9%
St. Annaparochie	75	6,8	6	12%	1,5	1	33%
Sloten	55	6,8	6	12%	1,2	1	17%
Birdaard	35	4,6	4	13%	1,9	1	47%
Dokkum	18	4,6	4	13%	1,7	1	41%
Gorredijk	44	6,9	6	13%	0,8	0,5	38%
Workum	63	7	6	14%	1,8	1	44%
Bolsward	23	3,7	3	19%	1,1	1	9%
Joure	43	3,8	3	21%	0,2	0,2	0%
Heerenveen	16	7,7	6	22%	0,4	1	-150%
Wolvega	45	7,8	6	23%	1,2	1	17%
Burgum	32	5,7	4	30%	1	0,5	50%
Lemmer	69	5,9	4	32%	1	0,5	50%
Drachten	12	8,9	6	33%	0,8	0,5	38%
Warns	181	9,2	6	35%	1,1	1	9%
Kootstertille	28	6,4	4	38%	1,2	1	17%
Akkrum	105	11,1	6	46%	1,2	1	17%
Franeke	17	23,1	6	74%	3	1	67%

BIJLAGE 2

Meetpunten waterkwaliteit en koppeling aan model

Afbeelding B2.1

Instroom van oppervlaktewater van elders; locaties en gebruikte meetgegevens voor het bepalen van de waterkwaliteit van het instromende water.
(Instroom van water bij Harlingen is zeldzaam).



Tabel B2.1

Gebruikte meetgegevens waterkwaliteit voor de verschillende locaties waar water het model instroomt.

Fractie	Node in model	Gegevens waterkwaliteit; Meetlocatie en jaar
Veenpolders	Diverse	Meetlocatie 67 en 92 - 2008
Kleipolders – zuiden	Diverse	Meetlocatie 431 en 435 - 2008
Kleipolders – noord	Diverse	Meetlocatie 3 en 7 - 2008
Zandpolders	Diverse	Meetlocatie 98 - 2008
Groningen Boundary	1	Geen instromend water
IJsselmeer_boundary	37	Geen instromend water
	57	Geen instromend water
	60	Geen instromend water
	75	Geen instromend water
	77	meetlocatie 127 (IJsselmeer) - 2008
	79	meetlocatie 127 (IJsselmeer) - 2008
	P1002	Geen instromend water
	P992	Geen instromend water
IJsselmeer_lateral	P190	meetlocatie 127 (IJsselmeer) - 2008
	P191	Geen instromend water
	P193	Geen instromend water
Lauwersmeer_boundary	154	Geen instromend water
	271	meetlocatie 6 - 2008
	953	meetlocatie 8 - 2009
Noordoostpolder_boundary	242	Geen instromend water
polder_boundary	191	Meetlocatie 80 (Nieuwe Vaart) - 2008
	192	Meetlocatie 80 (Nieuwe Vaart) - 2008
	194	Meetlocatie 68 (Koningsdiep) - 2008
	241	meetlocatie 131 (Linde) – 009; voor NH4 gemiddelde van locaties 3, 6, 80, en 110
	248	meetlocatie 110 (Tjonger) - 2008
	266	meetlocatie 110 (Tjonger) - 2008
Reest en Wieden_lateral	L192	Geen instromend water
Waddenzee_boundary	P496	meetlocatie 26 - 2008
Waddenzee_lateral	L186	Geen instromend water
	L187	Geen instromend water

Waterkwaliteitsgegevens

Voor de berekeningen willen we uiteindelijk kunnen kijken naar de concentraties N_{totaal} en P_{totaal} in het boezemwater. Hiervoor zijn de gemeten fracties niet genoeg. Het model werkt met vier fracties voor stikstof en vier voor fosfaat.

Fosfaat

- PO_4 - orthofosfaat;
- AAP - geabsorbeerd orthofosfaat;
- OOP - overig organisch fosfaat;
- DetP - P in organisch materiaal.

Stikstof

- NO_3 - NO_3 ;
- NH_4 - NH_4 ;
- DetN - N in organisch materiaal;
- OON - overig organisch N.

Op basis van de modellering van 1999 is bekeken hoe er toen mee omgegaan is, en zijn (zoveel mogelijk) dezelfde uitgangspunten aangehouden.

Voor de RWZI's worden de metingen op deze manier omgezet naar de in het model onderscheiden stikstof en fosfaatspecies:

- Fosfaat (in mgP/l):
 - $P_{\text{totaal}} = 0,87 \cdot PO_4 + 0,13 \cdot AAP$;
 - Er is geen DetP en OOP fractie.
- Stikstof (in mgN/l):
 - $NH_4 = NH_4$;
 - $NO_3 = NO_3$;
 - $OON = N_{kj} \cdot 0,5 - NH_4 \cdot 0,5$ en;
 - $DetN = N_{kj} \cdot 0,5 - NH_4 \cdot 0,5$;
 - $N_{\text{totaal}} = NH_4 + NO_3 + OON + DetN$.

Voor de waterkwaliteit van het oppervlaktewater aan de randen van het model zijn ook omzettingen gedaan van gemeten fracties naar de fracties in het model. Onderstaande tabel geeft weer hoe de gemeten fracties zijn omgezet naar de fracties die in het model gebruikt zijn. Voor zowel N als P zijn er in het model 4 fracties.

Tabel B2.2

Berekening van P_{totaal} op basis van gemeten fracties

Fosfaat	Stikstof
$PO_4 = P_{\text{tot}} \cdot 0,25 + PO_4 \cdot 0,75 - \text{Chlorofyl-A} \cdot 0,00032$	$NO_3 = NO_3$
$AAP = P_{\text{tot}} \cdot 0,75 - PO_4 \cdot 0,75 - \text{Chlorofyl-A} \cdot 0,00096$	$NH_4 = NH_4$
$DetP = \text{Chlorofyl-A} \cdot 0,00057$	$OON = N_{\text{tot}} - NO_3 - NH_4 - DetN$
$OOP = \text{Chlorofyl-A} \cdot 0,00017$	$DetN = \text{Chlorofyl-A} \cdot 0,0068$
$P_{\text{totaal}} = PO_4 + AAP + DetP + OOP$	$N_{\text{totaal}} = NO_3 + NH_4 + OON + DetN$

Bij deze berekeningen ontstaat een probleem met enkele meetwaarden. Daarvoor zijn handmatige aanpassingen gedaan. Deze staan hieronder beschreven.

Wanneer de chlorofyl-A concentraties erg hoog worden, komt het voor dat de berekende PO_4 en AAP concentraties negatief worden. Het is niet bekend of dit probleem ook is voorgekomen bij de berekeningen van de gegevens voor 1999, en hoe daar toen eventueel mee omgegaan is.

Wanneer slechts 1 van de twee parameters negatief is, is gebruik gemaakt van de Ptotaal meting, en is de negatieve parameter bekend als onbekende in de som $P_{\text{totaal}} = PO_4 + AAP + DetP + OOP$.

Voor de locaties (randen met node ID:) 77 en 79 zijn de chlorofyl-a concentraties dusdanig hoog (in verhouding tot de P-concentraties) dat hier meerdere meetdata en meerdere parameters negatief zijn wanneer de standaard omrekening wordt gebruikt zoals in het rapport beschreven. Daarom is er voor gekozen om voor deze 5 data (in voor- en najaar) de gegevens handmatig kloppend te maken, met hierbij als harde uitgangspunten de gemeten PO_4 en P_{totaal} concentraties. Daarnaast is gebruik gemaakt van de verhouding tussen de fracties op de andere meetdata op deze locatie. De invloed van deze aanpassing heeft nauwelijks tot geen impact op de uitkomsten, omdat het om de kwaliteit van het IJsselmeerwater gaat. Dit wordt alleen in de zomerperiode ingelaten in de boezem. De correcties op de data in voor- en najaar vallen grotendeels buiten de periode met waterinlaat uit het IJsselmeer.

Colofon

EFFECTEN VAN RWZI-EFFLUENTEN OP DE WATERKWALITEIT

OPDRACHTGEVER:

Wetterskip Fryslân

STATUS:

Definitief

AUTEUR:

Mirjam Bloemerts
Sophie Boland

GECONTROLEERD DOOR:

Rikje van de Weerd

VRIJGEGEVEN DOOR:

Sophie Boland

3 mei 2011

ARCADIS NEDERLAND BV
Nieuwe Stationsstraat 10
Postbus 33
6800 LE Arnhem
Tel 026 3778 911
Fax 026 3778 560
www.arcadis.nl
Handelsregister 9036504

©ARCADIS. Alle rechten voorbehouden. Behoudens uitzonderingen door de wet gesteld, mag zonder schriftelijke toestemming van de rechthebbenden niets uit dit document worden verveelvoudigd en/of openbaar worden gemaakt door middel van druk, fotokopie, digitale reproductie of anderszins.