



Rijksinstituut voor Volksgezondheid
en Milieu
*Ministerie van Volksgezondheid,
Welzijn en Sport*

**Effecten van filtratie op stikstof- en
fosforconcentraties in slotwater op
landbouwbedrijven in het Landelijk
Meetnet effecten Mestbeleid**

RIVM Briefrapport 2015-0065
A. Vrijhoef | E. Buis | B. Fraters



Rijksinstituut voor Volksgezondheid
en Milieu
*Ministerie van Volksgezondheid,
Welzijn en Sport*

**Effecten van filtratie op stikstof- en
fosforconcentraties in slotwater op
landbouwbedrijven in het Landelijk
Meetnet effecten Mestbeleid**

RIVM Briefrapport 2015-0065
A. Vrijhoef | E. Buis | B. Fraters

Colofon

© RIVM 2015

Delen uit deze publicatie mogen worden overgenomen op voorwaarde van bronvermelding: Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM), de titel van de publicatie en het jaar van uitgave.

A. Vrijhoef (auteur), RIVM
E. Buis (auteur), RIVM
B. Fraters (auteur), RIVM

Contact:

A. Vrijhoef
astrid.vrijhoef@rivm.nl

Dit onderzoek werd verricht in opdracht van het ministerie van Economische Zaken, in het kader van project 680717, Landelijk Meetnet effecten Mestbeleid (LMM).

Dit is een uitgave van:
**Rijksinstituut voor Volksgezondheid
en Milieu**
Postbus 1 | 3720 BA Bilthoven
Nederland
www.rivm.nl

Publiekssamenvatting

Effecten van filtratie op stikstof- en fosforconcentraties in slotwater op landbouwbedrijven in het Landelijk Meetnet effecten Mestbeleid

Hoge concentraties stikstof en fosfor in het oppervlaktewater kunnen een nadelige invloed hebben op kwetsbare natuur en de kwaliteit van zwemwater. Uit RIVM-onderzoek blijkt dat de gemeten concentratie in oppervlaktewater afhangt van de methode waarmee monsters worden behandeld: in gefiltreerde monsters is de concentratie stikstof en fosfor lager dan in niet-gefiltreerde monsters.

Er zijn twee nationale meetnetten waarin deze concentraties worden gemeten. Het Landelijk Meetnet effecten Mestbeleid (LMM), dat onder andere in het slotwater op landbouwbedrijven meet, en het Meetnet Nutriënten Landbouw-Specifiek Oppervlaktewater (MNLISO), dat de kwaliteit meet van oppervlaktewater dat alleen beïnvloed wordt door landbouwbedrijven, zoals nabijgelegen beken en vaarten. Gecombineerde resultaten van deze meetnetten kunnen een beter beeld geven van de verspreiding en bronnen van stikstof en fosfor.

Het LMM is een meetnet waar de focus ligt op grondwater in tijdelijke putten, hierbij is filtreren van watermonsters noodzakelijk. De slotwatermonsters op LMM-bedrijven worden, voor de vergelijkbaarheid met grondwater, ook gefiltreerd. In het MNLISO worden oppervlaktewatermonsters niet gefiltreerd. Uit de Evaluatie Meststoffen Wet 2012 (EMW2012) bleek dat de meetnetten niet optimaal op elkaar aansluiten, een van de oorzaken hiervoor is het verschil in monsterbehandeling.

In het onderzoek van het RIVM is het effect van filtreren onderzocht en het blijkt dat de stikstofconcentratie in sloten circa 5 procent hoger is in ongefiltreerde monsters. Voor fosfor geldt dat de niet-gefiltreerde monsters gemiddeld 80 procent hogere concentraties hebben. De verschillen tussen gefiltreerde en ongefiltreerde fosforconcentraties laten echter een grote spreiding zien, waardoor het niet mogelijk is een correctiefactor te bepalen. Dit betekent dat voor één van deze meetnetten monsters zowel gefiltreerd als ongefiltreerd beschikbaar moeten zijn om de resultaten van slotwatermonsters uit het LMM en oppervlaktewatermonsters uit het MNLISO op dit aspect goed te kunnen vergelijken.

Kernwoorden: LMM, meetnet, oppervlaktewater, nutriënten, bemonstering, meetmethoden

Synopsis

High concentrations of nitrogen and phosphorus in surface water can have an adverse impact on vulnerable nature and the quality of bathing water. This RIVM-study shows that the measured concentrations in surface water depend on the way the samples are treated: in filtered samples the concentration of nitrogen and phosphorus is lower than in non-filtered samples.

There are two national monitoring networks in which these concentrations are measured. Minerals Policy Monitoring Programme (LMM), which includes measurements in ditch water on farms, and the MNLSO which monitors the quality of agriculturally influenced surface water in which farm emissions predominate such as nearby streams and waterways. Combined results of these monitoring networks can provide a better view on the distribution and sources of nitrogen and phosphorus.

The LMM is a monitoring network focussing on groundwater in temporary wells; these samples must be filtered for proper analyses. To be able to compare them to the groundwater samples, the ditch water samples at LMM-farms are filtered as well. The MNLSO surface water samples are not filtered. The Evaluation of the Fertilisers Act 2012 (EMW2012) found that the monitoring networks do not optimally adjoin one another, one of the reasons being the difference in sample treatment.

In this RIVM-study the effect of filtering has been researched and it is found that nitrogen concentrations in ditch water are around 5 percent higher in unfiltered samples. Phosphorus concentrations in the unfiltered samples are on average 80 percent higher than in filtered samples. However, the differences between filtered and unfiltered phosphorous concentrations vary greatly, so much so that it was not possible to determine a compensation factor. These results imply that, in order to compare nutrient concentrations between the two monitoring networks, at least the sample treatment must be the same. This means that for either of these two monitoring networks both filtered and unfiltered samples must be available.

Keywords: LMM, monitoring network , surface water, nutrients, sampling, measuring methods

Inhoud

Samenvatting — 9

1 Inleiding — 11

- 1.1 Aanleiding — 11
- 1.2 Doel en globale aanpak van dit onderzoek — 13
- 1.3 Leeswijzer — 13

2 Methoden — 15

- 2.1 Selectie van bedrijven — 15
- 2.2 Bemonstering, monsterverwerking en analyses — 15
- 2.3 Statistische analyses — 18

3 Resultaten en discussie — 19

- 3.1 Stikstof — 19
- 3.2 Fosfor — 21

4 Conclusies en aanbevelingen — 25

Referenties — 27

Bijlage 1 LMM standaard analysemethoden — 29

Bijlage 2 Filtreren watermonsters voor analyse van totaal-P en totaal-N — 30

- Totaal-N en totaal-P in de KRW — 30
- Huidige monitoring Waterschappen — 31
- Conclusies — 33
- Literatuur — 34

Bijlage 3 Data karakteristieken — 35

- Stikstof — 35
- Fosfor — 39

Bijlage 4 (Zware) Metalen — 42

Bijlage 5 Vergelijking LMM-onderzoek met gegevens Rijkswaterstaat 1977-1988 — 44

- Inleiding — 44
- Materiaal en methoden — 44
- Resultaten en discussie fosfor — 45
- Literatuur — 49

Bijlage 6 Onderzoekresultaten stikstof en fosfor — 50

Samenvatting

Tijdens de Evaluatie Meststoffen Wet 2012 (EMW2012) is gebleken dat de gemeten concentraties totaal-stikstof (N) en totaal-fosfor (P) in de metingen in het slootwater op landbouwbedrijven in het Landelijk Meetnet effecten Mestbeleid (LMM) lager waren dan in benedenstrooms gelegen regionale wateren in het Meetnet Nutriënten Landbouw-Specifiek Oppervlaktewater (MNLSO). De verwachting was dat de concentratie in slootwater hoger zou zijn omdat deze dicht bij de belangrijkste bron van de nutriënten liggen, de landbouw. Als mogelijke verklaring wordt onder andere een verschil in monsterbehandeling (al dan niet filtreren van monsters) aangevoerd.

Om het effect van filtratie op de nutriënten concentratie te schatten is een vergelijkend onderzoek uitgevoerd met slootwater afkomstig van 30 bedrijven die deelnemen aan het LMM in de Zand-, Klei- en Veenregio en waarbij elk jaar in de zomer en in de winter meerdere keren slootwater wordt bemonsterd. Op elk bedrijf is een sloot bemonsterd. Elk slootwatermonster is gesplitst en de deelmonsters hebben verschillende behandelingen ondergaan om het effect van filtratie te kunnen scheiden van mogelijke effecten van andere verschillen in behandeling tussen gefiltreerde en niet-gefiltreerde monsters op de chemische analyseresultaten.

Totaal-stikstofconcentraties zijn gemiddeld 5% hoger in ongefiltreerde monsters dan in gefiltreerde. Dit verschil is toe te schrijven aan een hogere concentratie organische stikstof in ongefiltreerde monsters; de nitraat- en ammoniumconcentraties zijn niet significant hoger in ongefiltreerde monsters dan in gefiltreerde monsters. Het verschil in fosforconcentraties is groter dan het verschil in stikstofconcentraties, zowel voor ortho-fosfor als totaal-fosfor (gemiddeld respectievelijk circa 40% en 80% hoger in ongefiltreerde monsters dan in gefiltreerde monsters). Er is geen duidelijke relatie gevonden tussen de hoogte van concentraties in ongefiltreerde en gefiltreerde monsters en de grootte van het verschil tussen beide. Hierdoor is het niet mogelijk een correctiefactor toe te passen. Daarom verdient het de aanbeveling na te gaan of het mogelijk is om in het LMM additionele analyses uit te voeren van totaal-stikstof en totaal-fosfor in ongefiltreerde slootwatermonsters. Hierdoor wordt het mogelijk om de cijfers uit verschillende meetnetten voor oppervlaktewateren beter met elkaar kunnen vergelijken.

1 Inleiding

1.1 Aanleiding

Het Nederlandse watersysteem wordt gekenmerkt door een grote verscheidenheid aan typen wateren (Elbersen et al., 2003), maar ook door een grote onderling samenhang tussen deze wateren (Kragt et al., 2005, Witteveen en Bos, 2012). Hierdoor beïnvloedt de kwaliteit van bovenstrooms gelegen wateren dat van benedenstrooms gelegen wateren. Door het waterbeheer, zoals de inlaat van gebiedsvreemd in polders in de zomerperiode, is de relatie tussen de kwaliteit van verschillende wateren complex. Dit maakt de interpretatie van meetgegevens verzameld in waterkwaliteitsmeetnetten soms moeilijk, terwijl het belang van deze gegevens groot is. De meetgegevens worden gebruikt voor rapportages over de effecten van beleid op de waterkwaliteit, zowel voor nationale verantwoording (Klein et al., 212b) als voor internationale verantwoording (Baumann et al., 2012).

Voor een beter begrip van de uitwisseling van nutriënten tussen de verschillende wateren is het noodzakelijk dat meetresultaten van de bestaande meetnetten onderling vergelijkbaar zijn. Tijdens de Evaluatie Meststoffen Wet 2012 (EMW2012) is echter gebleken dat er grote verschillen zijn tussen de gemeten concentraties totaal-stikstof (N) en totaal-fosfor (P) in de oppervlaktewatermetingen van het Landelijk Meetnet effecten Mestbeleid (LMM) en het Meetnet Nutriënten Landbouw-Specifiek Oppervlaktewater (MNLISO) (Van der Bolt et al., 2012). Vooral in de Veen- en de Kleiregio zijn de gemiddelde concentraties totaal-stikstof en totaal-fosfor aanmerkelijk lager in LMM-sloten dan op monsterpunten van het MNLISO. De verwachting is juist dat de concentraties in sloten op landbouwbedrijven hoger zijn dan in het benedenstroomse water waar het MNLISO meet door processen in het water en de waterbodem en verdunning. Als mogelijke verklaringen deze onverwachte bevinding worden verschillen in methodieken aangevoerd (Van der Bolt et al., 2012).

Het LMM onderzoekt de toestand en trend in de waterkwaliteit op landbouwbedrijven in relatie tot de ontwikkelingen in de landbouwpraktijk op deze bedrijven (De Goffau et al., 2012). Het meetnetonderdeel voor oppervlaktewater bestaat uit monsterpunten in sloten op landbouwbedrijven in de Zand-, de Klei- en de Veenregio (zie ook Kaart 1 met de onderzoekslocaties). Het MNLISO wil de toestand en trend in beeld brengen voor landbouw beïnvloede oppervlaktewateren (Klein et al., 2012). Het MNLISO bestaat uit een selectie van oppervlaktewatermeetpunten uit de meetnetten van de Waterschappen. In het MNLISO worden geen sloten op bedrijven bemonsterd, maar regionale oppervlaktewateren. Een vereiste voor de MNLISO-punten is dat deze aantoonbaar en hoofdzakelijk worden beïnvloed door landbouw, en wel zodanig dat kan worden aangenomen dat de landbouw de enige antropogene bron voor stikstof en fosfor is. Het MNLISO zal minder landsdekkend zijn dan het LMM aangezien in benedenstroomse gebieden onvoldoende kan worden aangetoond dat deze alleen door

landbouw worden beïnvloed, en hier dus geen monsterpunten worden opgenomen in het meetnet (Klein et al., 2012).

Behalve in opzet verschillen het LMM en het MNLSO (feitelijk de meetnetten van de Waterschappen) ook in bemonsteringsmethode. Verschillen in methode tussen het LMM en de Waterschapsmeetnetten zijn drieledig. Ten eerste is de bemonsteringsfrequentie hoger bij de Waterschapsmeetnetten met een minimum van zesmaal tijdens het zomerhalfjaar (een vereiste voor de Kaderrichtlijn Water [KRW]), terwijl in het LMM de sloten 3 tot 4 maal per winterseizoen worden bemonsterd en sinds 2008 ook 3 maal per zomerseizoen (de Goffau et al., 2012). Ten tweede, bij de Waterschappen worden monsters voor analyses op totaal-P en totaal-N niet gefiltreerd maar voor analyse gedestruueerd, terwijl de LMM-monsters worden gefiltreerd over een 0,45 µm filter waardoor destructie voor de analyse niet noodzakelijk is (Bijlage 2). Ten slotte bestaan er verschillen in analysemethoden voor totaal-N en totaal-P tussen het LMM en de Waterschappen, maar ook tussen de Waterschappen onderling (Bijlage 2, tabel B2.1). Verschillen in de bepaling van totaal-stikstof (directe bepaling of som van Kjeldahl-N en nitriet en nitraat) is hierbij het belangrijkste verschil.

Door filtratie van de oppervlaktewatermonsters over 0,45 µm worden nutriënten die aan bodemdeeltjes gebonden zijn of die onderdeel uitmaken van grotere organische complexen niet meegenomen. Totaal-N en totaal-P analyses in gefiltreerde monsters zijn eigenlijk totaal opgeloste fosfor en stikstof analyses (Worsfold et al., 2008). De LMM-methode voor de bepaling van totaal-P en totaal-N in oppervlaktewater wijkt hierin af van de door de Waterschappen gebruikte methode, waarbij totaal-N en totaal-P in ongefiltreerde monsters wordt gemeten. De LMM-methode voor oppervlaktewater is gelijk aan de methode die gebruikt wordt bij LMM-grondwatermonsters. Bij grondwatermonsters wordt de hoeveelheid bodemdeeltjes in het watermonster in sterke mate bepaald door de mate van verstoring van de bodem. Bij gebruik van tijdelijke putten, zoals in het LMM, is sprake van verstoring en is filtratie noodzakelijk. De LMM-slootwaterbemonsteringen zijn oorspronkelijk opgezet als aanvulling op deze grondwaterbemonsteringen om de relatie tussen de kwaliteit van het sloot- en grondwater in beeld te brengen.

De resultaten van de totaal-N en totaal-P analyses zijn door deze verschillen in methode tussen het LMM en de Waterschappen niet één op één te vergelijken. Dit onderzoek richt zich op de vraag in welke mate de verschillen tussen de resultaten uit beide meetnetten veroorzaakt worden door het verschil in het filtreren van de monsters.

Vermoedelijk is er meer onderzoek gedaan naar de effecten van filtratie op de nutriëntenconcentraties; er zijn echter weinig gepubliceerde onderzoeken te achterhalen. Eerder onderzoek naar totaal-P in gefiltreerde en ongefiltreerde monsters is uitgevoerd door Rijkswaterstaat in de grote rivieren en de randmeren in de jaren 1977-1988 (zie Bijlage 5). In dat onderzoek werden grote verschillen gevonden tussen totaal-P en totaal opgelost P. Vanwege de andere schaal (grote rivieren en meren) en de (mogelijke) verandering in bemonsterings- en analysemethoden de laatste dertig jaar, is het niet bekend hoe representatief deze gegevens zijn voor LMM

oppervlaktewatermonsters, bovendien ontbreekt informatie over stikstof.

1.2 Doel en globale aanpak van dit onderzoek

Dit onderzoek heeft tot doel te bepalen of filtratie van slootwatermonsters genomen op LMM-bedrijven tot een significante concentratieverschil leidt voor stikstof en fosfor ten opzichte van ongefiltreerde slootwatermonsters en, zo ja, deze verschillen te kwantificeren.

Dit onderzoek heeft niet tot doel effecten van analysemethoden of bemonsteringsfrequenties op nutriëntenconcentraties te beschouwen, welke ook variëren tussen de Waterschappen (Bijlage 2, tabel B2.1).

Het onderzoek is uitgevoerd met slootwater afkomstig van 30 landbouwbedrijven met slootwaterbemonstering uit het LMM, tien bedrijven uit elk van de drie regio's (Zand-, Klei- en Veenregio). Hierbij zijn bedrijven geselecteerd uit elk van de relevante bedrijfstypen per regio (akkerbouw-, melkvee- en/of overige dierbedrijven). Het onderzoek is gepaard uitgevoerd (alle behandelingen zijn op elk van de monsters uitgevoerd) om zo met een beperkte aantal monsters toch verschillen te kunnen vinden als die er zijn. Om puur het effect van filtratie op de nutriëntenconcentratie te isoleren, zijn de monsters zoveel mogelijk op dezelfde wijze geanalyseerd. Uitvoeren van de analyses is gebeurd zoals standaard is-voor de LMM-monsters (zie Bijlage 1), om zo de aansluiting bij het LMM te behouden.

1.3 Leeswijzer

In hoofdstuk 2 worden de onderzoeksopzet en de analysemethoden besproken. In hoofdstuk 3 worden vervolgens de resultaten besproken en de belangrijkste bevindingen bediscussieerd. Het laatste hoofdstuk bevat de belangrijkste conclusies en aanbevelingen. In de bijlagen staan een overzicht de standaard LMM-methoden voor analyses voor stikstof en fosfor (Bijlage 1), een overzicht van de methoden gebruikt door de Waterschappen (Bijlage 2), overzichten van de karakteristieken van de data (Bijlage 3), een onderzoek naar het effect van filtratie op metalenconcentraties (Bijlage 4) en een samenvatting van totaal-P data uit de DONAR-database van Rijkswaterstaat (Bijlage 5). Ten slotte zijn in Bijlage 6 de resulterende data met betrekking tot stikstof en fosfor van dit onderzoek verzameld.

2 Methoden

2.1 Selectie van bedrijven

De reguliere LMM slootwaterbemonsteringen vinden plaats in de winterperiode (oktober-april). Dit onderzoek heeft plaatsgevonden in de winterperiode (maart). Voor de omvang van dit onderzoek is een afweging gemaakt tussen de kosten en de mogelijkheid om statisch significante uitspraken over de resultaten per regio te kunnen doen. Er is voor gekozen in elke regio 10 bedrijven te bemonsteren. Wanneer een kleiner aantal bedrijven wordt bemonsterd zullen statisch significante uitspraken per regio minder goed mogelijk zijn, terwijl voor duidelijk meer significante uitspraken een veel groter aantal bedrijven nodig is.

De 10 bedrijven in elke regio zijn gestratificeerd gekozen met een verspreiding over de LMM-gebieden en bedrijfstypen die representatief is voor de LMM-bedrijven in die regio (zie Tabel 1 en Kaart 1). Voor de selectie is een keuze gemaakt uit alle bedrijven waar slootwater bemonsterd wordt, met uitzondering van bedrijven met zeer ondiepe sloten i.v.m. omwoeling van de bodem en mogelijke droogstand. Daarnaast zijn bedrijven met vaak N- en P-concentraties rond de detectiegrens vermeden. In de zandregio waar lage concentraties van P vaak voorkomen, is dit criterium niet gehandhaafd.

Tabel 1 Verdeling van bedrijven per regio en bedrijfstype, voor overzicht van de locaties zie bijlage 2.

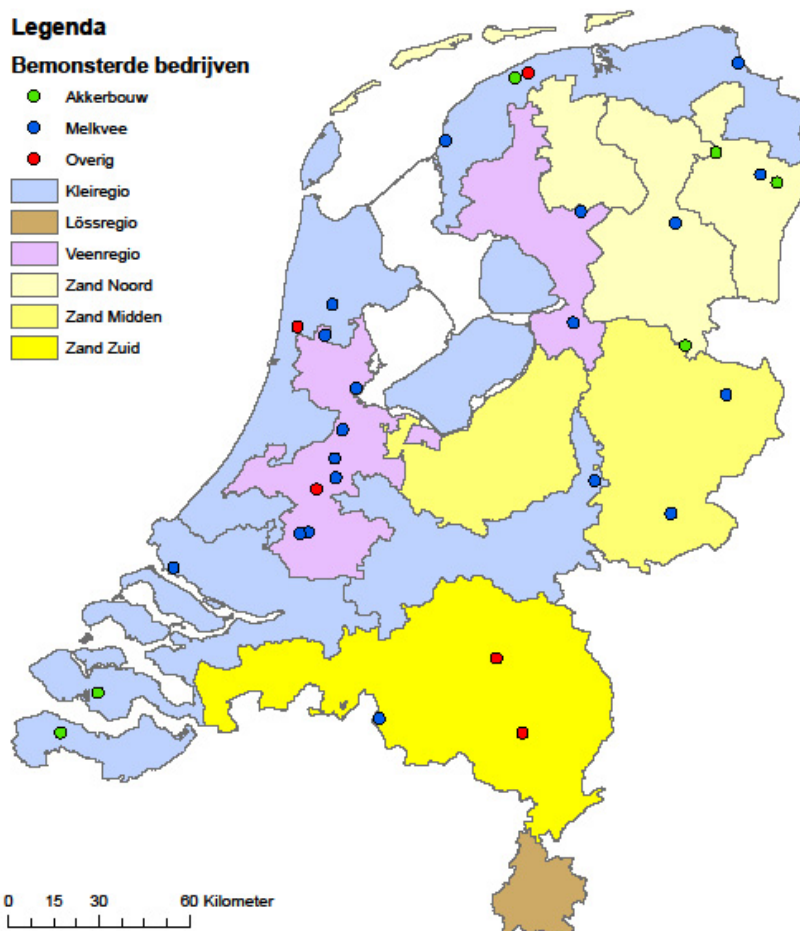
	Klei	Veen	Zand
Akkerbouw	3	-	3
Melkvee	5	9	5
Overig	2	1	2
Totaal	10	10	10

2.2 Bemonstering, monsterverwerking en analyses

In maart 2012 is op elk geselecteerd bedrijf eenmalig één sloot bemonsterd. Bemonsteringen zijn uitgevoerd zonder filtratie in het veld, volgens werkinstructie BW-W-12 "Monsterneming van oppervlakte-/slootwater met een maatbeker". Bij elk monsterpunt zijn twee PE flessen van 1,5 l gevuld, met een totaal volume van 3 liter. De monsters zijn koel bewaard (maximaal 5°C) en binnen 24 uur vervoerd naar het laboratorium. Om fouten te voorkomen is het onderzoek gescheiden uitgevoerd van de reguliere slootwaterbemonsteringen. Beide flessen zijn gemengd tot één monster zo snel mogelijk na binnenkomst in het laboratorium. Na menging is het monster gehomogeniseerd, waarna het monster gesplitst is in twee deelmonsters van 1,5 liter. Eén deelmonster is gefiltreerd over een 0,45 µm filter. Het andere deelmonster is niet gefiltreerd.

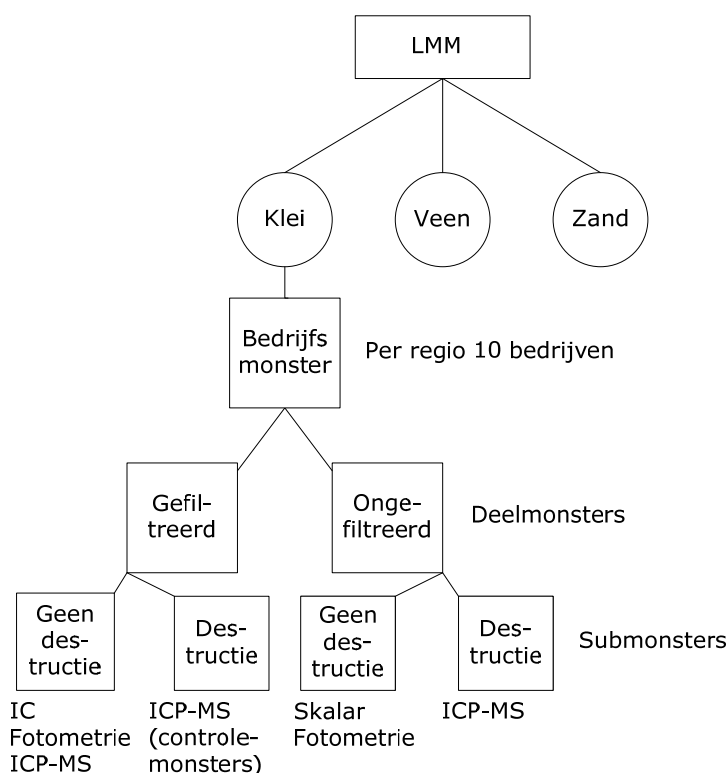
De ongefiltreerde deelmonsters zijn verder opgedeeld in twee submonsters, waarbij één submonster is gedestruëerd (voor ICP-MS analyse, zie Bijlage 1 voor details van gebruikte analysemethoden) en het andere submonster niet (voor de analyse van ortho-fosfaat, ammonium, nitraat en totaal-N). Het ongefiltreerde en ongedestruëerde

submonster is niet voor conservering aangezuurd en, indien noodzakelijk, slechts kort voor de analyse of behandeling aangezuurd. De destructie is uitgevoerd met salpeterzuur gedurende 20 minuten in een gesloten vat in een magnetron op 600W. Gedestrueerde monsters zijn gesloten gedestruerd, om een mogelijk verlies door verdamping (vooral van zware metalen zoals arseen, cadmium en lood) te voorkomen.



Kaart 1 Overzicht van locaties bemonsterde bedrijven.

Het gefiltreerde deelmonster is verder opgedeeld in twee submonsters, waarbij één submonster is opgesplitst en het ene splitsmonster is geconserveerd met salpeterzuur en het andere splitsmonster met zwavelzuur volgens de gebruikelijke LMM-methode (AC-W-25 "Het mengen en eventueel filtreren van grond-, drain- en slootwatermonsters"). Bij destructie, zoals die voor totaal-P analyse bij ongefilterde monsters wordt uitgevoerd, is mogelijk ook een effect van pH aanwezig, waardoor mogelijk meer P in oplossing komt. Daarom is ter controle het tweede submonster van het ongefilterde deelmonster extra aangezuurd met dezelfde hoeveelheid en hetzelfde type zuur als bij destructie wordt gebruikt. Met behulp van deze controle monsters kunnen eventuele effecten van het extra zuur op metingen in de ICP-MS worden meegenomen in de vergelijking. In Figuur 1 is de analyse opzet schematisch weergegeven, in Tabel 2 zijn per analysemethode de gebruikte opties weergegeven.



Figuur 1 Overzicht van uit te voeren methoden. Niet alle opties zijn nodig of mogelijk voor alle analyses. Voor de Veer- en Zandregio is de uitsplitsing niet weergegeven, deze is hetzelfde als voor de Kleiregio.

Tabel 2 Overzicht van het aantal monsters voor de verschillende analyses.

			IC	Fotometrie		ICP-MS	
			NO ₃	Ortho-P	Tot-N	NH ₄	Tot-P
Gefiltreerd	Destructie ²	Ja	-	-	-	-	30 ¹
		Nee	30	30	30 ¹	30	30 ¹
Ongefiltreerd	Destructie ²	Ja	-	-	-	-	30 ¹
		Nee	30 ³	30	30 ¹	30	X

- Deze analyseoptie is niet relevant.

X Deze analyseoptie kan niet worden uitgevoerd.

¹ In de analyseapparatuur vindt een automatische destructie plaats.

² Deze monsters worden voorafgaand aan de analyse handmatig met zuur gedestruerd.

³ Deze analyse wordt uitgevoerd op de Skalar tegelijk met een EC en pH meting.

2.3 Statistische analyses

Voor vergelijkend onderzoek tussen de verschillende behandelmethoden wordt gebruik gemaakt van t-toetsen. Het gebruikte programma hiervoor is R (versie 2.15.0). Voor analyses zijn waarnemingen onder de detectielimiet op nul gesteld.

De gebruikte t-toetsen zijn eenzijdig en gepaard, met een alternatieve hypothese die rekening houdt met de verwachting dat gefiltreerde monsters lagere concentraties zullen bevatten dan ongefiltreerde monsters ($H_0 < 0$), met betrouwbaarheid van 95 %. Voor nitraat, ammonium, totaal-N en ortho-fosfaat worden enkelvoudige, eenzijdige t-toetsen gebruikt. Voor totaal-P wordt een meervoudige t-toets gebruikt, om te corrigeren voor het gebruik van meerdere t-toetsen om zowel de verschillen tussen gefiltreerd als ongefiltreerd als controlemonsters te schatten. De gebruikte 'P value adjustment'-methode is Holm.

Analyseresultaten voor ongefiltreerde monsters hebben hogere detectielimieten dan de analyseresultaten voor gefiltreerde monsters. Een aantal waarnemingen, in zowel gefiltreerde monsters als controlemonsters, heeft een waarde tussen de hogere en normale detectielimiet, waardoor geen objectieve uitspraken kunnen worden gedaan over het verschil tussen de concentraties in deze monsters. Daarom is er voor gekozen voor alle componenten alle waarnemingen onder de hoogste detectielimiet te behandelen als zijnde onder de detectielimiet en dus op nul te zetten.

3 Resultaten en discussie

3.1 Stikstof

Totaal-stikstofconcentraties (Tabel 3 en Bijlage 3) in ongefiltreerde monsters zijn significant hoger dan in gefiltreerde monsters. Echter, wanneer de bedrijven worden uitgesplitst naar regio, dan is het verschil alleen significant voor de monsters van bedrijven in de Veenregio. Dit terwijl de bedrijven in de Veenregio niet de hoogste concentraties hebben; de concentraties in de Kleiregio zijn ongeveer gelijk aan die in de Veenregio en die in de Zandregio zijn het hoogst.

Tabel 3 De mediane waarden van totaal-stikstofconcentraties (mg/l als N) in slootwater voor de onderzochte bedrijven, het aantal waarnemingen onder de detectielimiet en resultaat van t-toetsen.

Regio	Gefiltreerd		Ongefiltreerd		
	Mediaan	n < dt ¹	Mediaan	n < dt	Sign. ²
Alle	3,50	0	3,65	0	**
Klei	2,70	0	2,85	0	.
Veen	2,85	0	3,10	0	***
Zand	7,45	0	7,50	0	.

¹ Aantal waarnemingen onder de hoogste detectielimiet (zie Bijlage 1).

² Significantie verschil ten opzichte van de LMM standaardmethode (gefiltreerd):

“.” >0,05, niet significant;

“**” <0,05;

“***” <0,01;

“****” <0,001.

De ammoniumconcentraties (Tabel 4) zijn, net als nitraatconcentraties (Tabel 5), niet significant hoger in ongefiltreerde slootwatermonsters dan in gefiltreerde monsters. Dit is het geval voor zowel alle bemonsterde bedrijven samen als wanneer de bedrijven worden uitgesplitst naar regio. De hoogste nitraat- en ammoniumconcentraties komen voor in de Zandregio. Voor ammonium worden de laagste concentraties gevonden in de Kleiregio, voor nitraat in de Veenregio.

Tabel 4 De mediane waarden van ammoniumconcentraties (mg/l als NH₄) in slootwater voor de onderzochte bedrijven, het aantal waarnemingen onder de detectielimiet en resultaat van t-toetsen.

Regio	Gefiltreerd		Ongefiltreerd		
	Mediaan	n < dt ¹	Mediaan	n < dt	Sign. ²
Alle	0,25	4	0,26	0	.
Klei	0,11	4	0,18	0	.
Veen	0,30	0	0,31	0	.
Zand	0,66	0	0,66	0	.

¹ en ² zie Tabel 3

Tabel 5 De mediane waarden van nitraatconcentraties (mg/l als NO₃) in slootwater voor de onderzochte bedrijven, het aantal waarnemingen onder de detectielimiet en resultaat van t-toetsen.

Regio	Gefiltreerd		Ongefiltreerd		Sign. ²
	Mediaan	n < dt ¹	Mediaan	n < dt	
Alle	<3	16	<3	16	.
Klei	<3	5	<3	5	.
Veen	<3	8	<3	8	.
Zand	17,3	3	16,5	3	.

¹ en ² zie Tabel 3

Nitraat- en ammoniumconcentraties zijn twee goed oplosbare, anorganische stikstofvormen en zij worden ook door de Waterschappen altijd gemeten in gefiltreerde monsters. Voor nitraat kunnen verschillen in concentraties tussen gefiltreerde monsters en ongefiltreerde monsters ook een effect zijn van het verschil in analysemethode. De skalar-methode, welke gebruikt is voor de nitraatanalyse in ongefiltreerde monsters, is minder nauwkeurig en heeft een veel hogere detectielimiet (3 mg/l in plaats van 0,31 mg/l voor de standaard IC methode welke gebruikt is voor gefiltreerde monsters, zie Bijlage 1). Voor veel waarnemingen zijn de nitraatconcentraties in gefiltreerde monsters onder deze hoogste detectielimiet, waardoor deze waarnemingen niet meegenomen worden (aangezien de hoogste detectielimiet wordt aangehouden).

Voor totaal-N zijn significant hogere concentraties gevonden in ongefiltreerde monsters. In de Veenregio wordt gemiddeld 10% (3-13 %) meer stikstof gevonden in ongefiltreerde slootwatermonsters ten opzichte van gefiltreerde monsters. Doordat anorganische stikstofconcentraties niet significant worden beïnvloed door filtratie, komen de significante hogere concentraties totaal-N in ongefiltreerde monsters voor de rekening van de organische stikstofverbindingen (organisch-N). Dit wordt ook duidelijk wanneer naar de berekende organische stikstofconcentraties wordt gekeken (zie Tabel 6). Resultaten hiervan zijn vergelijkbaar met die voor totaal-N; alle bedrijven samen en, uitgesplitst naar regio, bedrijven in de Veenregio laten significant hogere organisch-N zien in ongefiltreerde monsters.

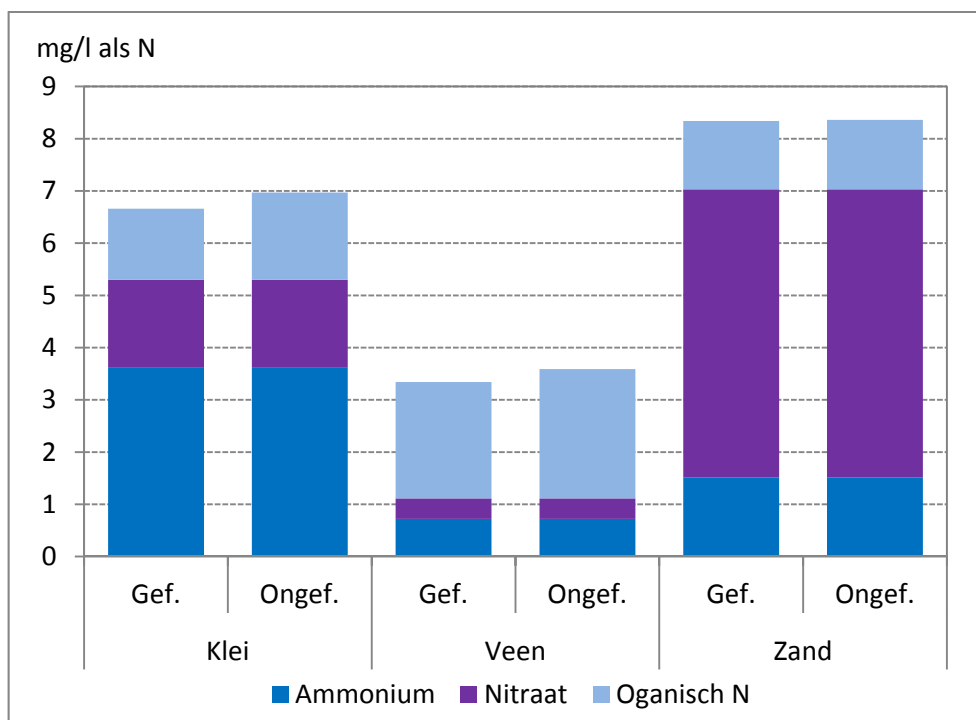
Tabel 6 Mediane waarden van berekende organisch-stikstofconcentraties (mg/l als N) in slootwater voor de onderzochte bedrijven, het aantal waarnemingen onder de detectielimiet en resultaat van t-toetsen.

Regio	Gefiltreerd	Ongefiltreerd	Sign. ¹
	Mediaan	Mediaan	
Alle	1,70	1,88	**
Klei	1,32	1,32	.
Veen	1,92	2,56	***
Zand	0,99	1,19	.

¹ zie voetnoot 2 bij Tabel 3

Tijdens de winterbemonsteringen van het slootwater is het aandeel van de organische stikstofverbindingen in totaal-N het hoogst in de Veenregio, bijna 45% (afgeleid uit Tabel 19 in Hooijboer & De Klijne, 2012). In de Kleiregio is dit aandeel veel lager met circa 20% en in de

Zandregio het laagst met ongeveer 10%; in deze regio's is nitraat de belangrijkste stikstofcomponent. Deze waarden komen overeen met de hoeveelheden die tijdens dit onderzoek zijn gevonden (zie Figuur 2), met uitzondering van gemiddelde voor de Kleiregio. In de Kleiregio beïnvloedt één hoge ammonium waarneming het gemiddelde sterk (zie bijlage 3).



Figuur 2 Gemiddelde verhouding tussen de verschillende stikstofvormen in ongefiltreerde en gefiltreerde monsters in de Zand-, Klei- en Veenregio.

De gemiddelde hoeveelheid opgeloste organische stikstof in het oppervlaktewater op LMM-bedrijven verschilt amper tussen het zomer- en winterhalfjaar (Tabel 19 in Hooijboer & De Klijne, 2012). Het aandeel van organische stikstofverbindingen in het slootwater is bij LMM-bemonsteringen gedurende het zomerhalfjaar hoger dan in het winterhalfjaar, omdat de totaal-stikstofconcentraties in de zomer lager zijn (Bolt et al., 2012, Hooijboer & De Klijne, 2012). Gezien de bemonsteringsperiode van dit onderzoek, in het voorjaar (maart), zullen deze bevindingen niet representatief zijn voor bemonsteringen tijdens het zomerhalfjaar.

3.2 Fosfor

Om totaal-fosfor volgens de standaard LMM-methode te kunnen analyseren in ongefiltreerde monsters met ICP-MS was het noodzakelijk dat een extra destructie stap werd ingevoegd, waarbij extra zuur werd toegevoegd. Controlemonsters, welke zowel gefiltreerd als extra aangezuurd zijn, laten echter geen significante hogere totaal-P concentraties zien dan gefiltreerde monsters (zie Tabel 7). Het is hierdoor niet waarschijnlijk dat het extra toegevoegde zuur de concentraties totaal-P significant heeft beïnvloed. In de controlemonsters zijn ook metalenconcentraties gemeten (zie bijlage 4),

ook hierbij was geen effect van het extra zuur te zien. Er zijn dus geen aanwijzingen dat de grotere hoeveelheid zuur die wordt toegevoegd bij de destructie van ongefiltreerde monsters effect heeft op de gemeten P-concentraties. Dit betekent dat we de gefiltreerd en ongefiltreerde monsters direct kunnen vergelijken.

De concentraties totaal-P (Tabel 7 en Bijlage 3) in ongefiltreerde monsters zijn significant hogere dan in gefiltreerde monsters. Dit verschil geldt voor zowel alle bemonsterde bedrijven samen als wanneer de bedrijven worden uitgesplitst naar regio. Een uitzondering hierop is de groep bedrijven in de Kleiregio, waarbij het verschil niet significant is.

Tabel 7 Mediane waarden van de totaal-fosforconcentraties (mg/l als P) in slootwater voor de onderzochte bedrijven, het aantal waarnemingen onder de detectielimiet en resultaat van t-toetsen.

Regio	Gefiltreerd		Ongefiltreerd + destructie			Gefiltreerd + extra zuur		
	Mediaan	n < dt ¹	Mediaan	n < dt	Sign. ²	Mediaan	n < dt	Sign.
Alle	0,15	10	0,36	0	**	0,16	9	.
Klei	0,33	0	0,49	0	.	0,32	0	.
Veen	0,20	1	0,47	0	***	0,21	1	.
Zand	<0,05	9	0,13	0	***	<0,05	8	.

¹ en ² zie Tabel 3

Er worden in alle regio's significant hogere concentraties ortho-fosfaat aangetroffen in de ongefiltreerde slootwatermonsters dan in de gefiltreerde monsters (Tabel 8). Mediane ortho-fosfaat en totaal-fosforconcentraties zijn het hoogst in de Kleiregio en het laagst in de Zandregio, waar ook waarnemingen onder de detectielimiet aanwezig zijn.

Tabel 8 Mediane waarden van de ortho-fosfaatconcentraties (mg/l als P) in slootwater voor de onderzochte bedrijven, het aantal waarnemingen onder de detectielimiet en resultaat van t-toetsen.

Regio	Gefiltreerd		Ongefiltreerd		Sign. ²
	Mediaan	n < dt ¹	Mediaan	n < dt	
Alle	0,11	5	0,19	2	***
Klei	0,29	0	0,41	0	**
Veen	0,11	0	0,19	0	***
Zand	<0,013	5	0,05	2	**

¹ en ² zie Tabel 3

Concentraties van zowel ortho-fosfaat als totaal-P zijn hoger wanneer de analyses worden uitgevoerd op ongefiltreerde monsters. In ongefiltreerde monsters zijn de concentraties ortho-fosfaat en totaal-P gemiddelde respectievelijk ongeveer 40% en 80% hoger ten opzichte van gefiltreerde monsters. Deze getallen worden echter beïnvloed door het grote aantal waarnemingen onder de detectielimiet (voornamelijk in de Zandregio). Wanneer deze waarnemingen worden weggelaten wordt er voor zowel ortho-fosfaat als totaal-P een verschil van gemiddeld 140% gevonden. De spreiding in de verschillen is groot en varieert per locatie van enkele tot honderden procenten.

Hogere concentraties ortho-fosfaat in ongefiltereerde monsters ten opzichte van gefiltereerde monsters is niet iets dat men direct zou verwachten, omdat verondersteld wordt dat dit opgelost fosfaat is. Anorganisch fosfaat in oplossing vormt een chemisch evenwicht met gebonden fosfaat en de aanname is dat dit niet wordt uitgefilterd bij filtratie over 0,45 µm filters, tenzij dit aan het filter adsorbeert. Het is echter bekend dat fosfaat polymeren kan vormen (Spivakov et al., 1999) die mogelijk wel uit de oplossing worden gefilterd, terwijl deze fosfaatpolymeren tijdens de analyses wel als ortho-fosfaat worden gemeten (Shand et al., 2000). Biologische processen lijken minder waarschijnlijk als oorzaak, omdat de monsters gekoeld zijn direct na monsternamen en binnen 2 dagen in behandeling zijn genomen. De Waterschappen meten ortho-fosfaat standaard ook in gefiltereerde monsters, vergelijkingen tussen het LMM en het MNLSO zullen hierdoor geen problemen op leveren.

Significant hogere concentraties totaal-P in ongefiltereerde monsters worden niet alleen verklaard door hogere concentraties ortho-fosfaat, maar ook door organisch gebonden fosfor die niet uit de oplossing wordt gefilterd. Berekende concentraties organisch-P (Tabel 9) zijn namelijk significant hoger in ongefiltereerde monsters in vergelijking met gefiltereerde monsters.

Tabel 9 Mediane waarden van berekende organisch-fosforconcentraties (mg/l als P) in slootwater voor de onderzochte bedrijven, het aantal waarnemingen onder de detectielimiet en resultaat van t-toetsen.

Regio	Gefiltereerd Mediaan	Ongefiltereerd Mediaan	Sign. ¹
Alle	0,009	0,105	**
Klei	0,009	0,0945	.
Veen	0,053	0,2675	***
Zand	-	0,064	-

¹ '-' Kon niet worden bepaald door het grote aantal waarnemingen onder de detectielimiet, zie verder voetnoot 2 bij Tabel 3

Alleen in de Kleiregio worden geen significante hogere concentraties totaal-P geconstateerd in de ongefiltereerde monsters, terwijl de gemiddelde concentratie wel hoger is en er eveneens significant hogere concentraties ortho-fosfaat worden gevonden. Wanneer naar alle waarnemingen wordt gekeken, blijkt dat het resultaat van de t-toets wordt beïnvloed door één extreme waarde welke een factor 10 hoger is (zie Bijlage 3, Figuur B3.5). Wanneer naar het verschil tussen beide waarnemingen wordt gekeken, is dit verschil ook een factor tien groter dan tussen de overige bedrijven in de Kleiregio. Dit zorgt ervoor dat de onzekerheid toeneemt en de 0-hypothese ($H_0 < 0$) wordt verworpen. Alle individuele waarnemingen laten echter zien dat er meer totaal-P wordt gevonden in ongefiltereerde monsters dan in gefiltereerde monsters, waardoor een tekentoets wel op een toename wijst (niet weergegeven in tabellen).

Wanneer de resultaten van dit onderzoek worden vergeleken met de resultaten van het onderzoek op basis van de DONAR-database (zie Bijlage 5), dan laat het slootwater op LMM-bedrijven een zelfde effect van filtratie zien. In de grote Rijkswateren werd significant meer totaal-P

aangetroffen in ongefiltreerde monsters dan in gefiltreerde monsters; al verschillen de gemiddelde concentraties totaal-P in het LMM en die in de DONAR-database van elkaar. Gemiddeld zijn de concentraties op LMM-bedrijven hoger dan die in deze grotere oppervlaktewateren, met uitzondering van bedrijven gelegen in de Zandregio. De Rijkswaterstaatmetingen hebben plaatsgevonden gedurende het gehele jaar. In sommige van de meetreeksen is duidelijke een effect te zien van het seizoen. De concentraties totaal-P zijn gemiddeld lager in de monsters genomen in de herfst en winter dan in de genomen in de lente en zomer, dit is ook zichtbaar voor het MNLSO (Bolt et al., 2012) en LMM (Hooijboer en De Klijne, 2012). Wanneer de gefiltreerde totaal-P concentraties als percentage worden uitgedrukt van de ongefiltreerde totaal-P concentraties in Rijkswateren (zie Bijlage 5), is te zien dat het effect van filtratie amper een relatie heeft tot het seizoen waarin de bemonstering plaatsvindt. Relaties tussen het percentage uitgefiltreerde fosfor en de hoogte van de totaal-P concentratie laat geen consistente relatie zien. Het effect van filtratie kan worden aangenomen als zijnde onafhankelijk van de hoogte van de concentratie totaal-P. In tegenstelling tot de bevindingen bij stikstof, waar sprake is van een seizoenseffect (paragraaf 3.1), kan daarom aangenomen worden dat de resultaten van dit onderzoek (uitgevoerd in maart) met betrekking tot fosfor representatief zijn voor de bemonsteringen in zowel de winter als de zomer.

4 Conclusies en aanbevelingen

Uit de onderzoeksresultaten komt naar voren dat de concentraties totaal-N en in sterkere mate totaal-P in ongefiltereerde monsters significant hoger zijn dan in gefiltereerde monsters en dat de totaal-fosforconcentraties en totaal-stikstof concentraties in ongefiltereerde monsters niet eenvoudig zijn af te leiden van die in gefiltereerde monsters. De grootte van de verschillen tussen gefiltereerde en ongefiltereerde monsters varieert sterk tussen bedrijven, vooral voor totaal-P. Verwacht wordt dat de verschillen tussen gefiltereerde en ongefiltereerde monsters groter zijn in de zomer dan in de winter voor totaal-N. Voor totaal-P worden geen duidelijke verschillen tussen zomer en winter verwacht. De onderstaande samenvatting van de conclusies zijn voor stikstof daarom alleen geldig voor metingen in de winter:

- Het filteren van slootwatermonsters leidt tot een grote en significante afname van de ortho-fosfaat- en totaal-fosforconcentratie en in mindere mate tot een afname van de totaal- en organisch-stikstofconcentratie en de organisch-fosforconcentratie.
- Er is geen duidelijke relatie tussen de hoogte van de fosforconcentratie en de hoeveelheid fosfor die met filteren wordt verwijderd. De grootte van de verschillen lopen sterk uiteen.
- Er is geen duidelijke relatie tussen de hoeveelheid stikstof die met filteren wordt verwijderd en de hoogte van de stikstofconcentratie of de hoogte van de organisch-stikstofconcentratie.

Wanneer een vergelijking tussen de concentraties van stikstof en fosfor in oppervlaktewateren tussen de LMM slootwaterlocaties en de MNLSO locaties in de regionale wateren gewenst is, zullen metingen van deze stoffen in de LMM-monsters bij voorkeur ook in ongefiltereerde monsters moeten plaatsvinden.

Het is niet wenselijk om de gefiltereerde metingen in slootwater los te laten. Gezien de hoofddoelstelling van het LMM, het in beeld brengen van toestand en trend van de waterkwaliteit in relatie tot de landbouwpraktijk, dient de huidige bemonsterings- en analysemethode te worden voortgezet, een trendbreuk voor de slootwatermetingen is niet gewenst.

Ook garandeert het filteren van slootwater een aansluiting op de grondwater- en drainwatermetingen. Grondwater- en drainwateranalyses kunnen alleen plaatsvinden in gefiltereerde monsters, ook voor totaal-P en totaal-N. Bovendien zullen gefiltereerde monsters nodig blijven voor de analyse van de andere parameters (bijvoorbeeld nitraat en ammonium) waarbij dit standaard is.

Indien er ook ongefiltereerde monsters van het slootwater genomen worden, zijn daarvoor extra investeringen nodig.

Referenties

- Baumann, R.A., Hooijboer, A.E.J., Vrijhoef, A., Fraters, B., Kotte, M., Daatselaar, C.H.G., Olsthoorn, C.S.M., Bosma, J.N. (2012). Landbouwpraktijk en waterkwaliteit in Nederland, periode 1992-2010. Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu, Bilthoven, RIVM rapport 680716007.
- Elbersen, J.W.H., Verdonschot, P.F.M., Roels, B., Harthold, J.G. (2003). Definitiestudie Kaderrichtlijn Water (KRW). I Typologie Nederlandse oppervlaktewateren. Wageningen, Alterra, rapport 669.
- De Goffau, A. ; van Leeuwen, T.C. ; van den Ham, A. ; Doornwaard, G.J. ; Fraters, B., Minerals Policy Monitoring Programme Report 2007-2010: Methods and procedures, RIVM rapport 680717018, 2012
- Hooijboer, A. ; de Klijne, A., Waterkwaliteit op Landbouwbedrijven Evaluatie Meststoffenwet 2012: deelrapport ex post, RIVM rapport 680123001 , 2012
- Klein, J. ; Rozemeijer, J.A. ; Broers, H.P., Meetnet Nutriënten Landbouw Specifiek Oppervlaktewater Deelrapport A: Opzet Meetnet, Bijdrage aan de Evaluatie Meststoffenwet, Deltares rapport 1202337-000-BGS-0007, 2012a.
- Klein, J. ; Rozemeijer, J.A. ; Broers, H.P., Meetnet Nutriënten Landbouw Specifiek Oppervlaktewater Deelrapport B: Toestand en Trends, Bijdrage aan de Evaluatie Meststoffenwet, Deltares rapport 1202337-000-BGS-0008, 2012b.
- Kragt, F.J., Van Gaalen, F.W., Beugelink, G.P., Ligtvoet, W. (2005) Afwenteling en blauwe knooppunten: sleutel tot duurzaam waterbeleid Evaluatie deelstroomgebiedsvisies, deelrapport 2. Bilthoven, Milieu en Natuur Planbureau, rapport 500023003.
- Lukacs, S. ; Clevering O. ; de Klijne, A. ; Stuijzand, S, Harmonisatie meetnetten voor nutriënten in oppervlaktewater, RIVM briefrapport 680724001, 2009
- NEN-EN-ISO 5667-3 2004/2012, Water - Monsterneming - Deel 3: Conservering en behandeling van watermonsters.
- Shand, C.A., Smith, S., Edwards, A.C., Fraser, A.R. (2000). Distribution of phosphorus in particulate, colloidal and molecular-sized fractions of soil solutions. *Wat. Res.* Vol. 34, No. 4, pp. 1278-1284.
- Spivakov, B.YA., Maryutina, T.A., Muntau, H. (1999). Phosphorus speciation in water and sediments (technical report). *Pure Appl. Chem.*, Vol. 71, No. 11, pp. 2161-2176,
- Van der Bolt, F.J.E. ; Broers, H.P. ; van der Grift, B. ; Tol-Leenders, T.P. , Oppervlaktewaterkwaliteit, 2012 *in*: Ontwikkeling van de bodem- en waterkwaliteit. Evaluatie Meststoffenwet 2012: eindrapport ex-post, Van der Bolt, F.J.E. en Schoumans, O.F. (eds), Alterra-rapport 2318, 2012.
- Werkinstructie AC-W-25 "Het mengen en eventueel filtreren van grond-, drain- en slootwatermonsters", RIVM
- Werkinstructie BW-W-12 "Monsterneming van oppervlakte-/slootwater met een maatbeker", RIVM
- Witteveen en Bos (2012). Provincie Overijssel. Afwentelingsonderzoek oppervlaktewater Rijn-Oost. Breda, Witteveen+Bos, rapport ZL384-218/pooj/016/

Worsfold, P.J. ; Monbet, P. ; Tappin, A.D. ; Fitzsimons, M.F. ; Stiles, D.A. ; McKelvie, I.D., Characterisation and quantification of organic phosphorus and organic nitrogen components in aquatic systems: A Review, *Analytica Chimica Acta* 624 p37–58, 2008

Bijlage 1 LMM standaard analysemethoden

Tabel B1.1 Overzicht standaard LMM-analyse methoden en detectielimieten

Component / element	Detectie Limiet ¹	Detectie Limiet ²	Eenheid	Techniek
Nitraat	0,31	3 ³	mg/l	Ionchromatografie
Ortho-fosfaat	0,013	0,013	mg/l	Fotometrie/CFA
Totaal-stikstof	0,2	0,2	mg/l	Fotometrie/CFA
Ammonium	0,064	0,064	mg/l	Fotometrie/CFA
Arseen	0,2	0,5	µg/l	ICP-MS*
Cadmium	0,05	0,125	µg/l	ICP-MS*
Chroom	0,5	1,25	µg/l	ICP-MS*
Totaal-fosfor	0,05	0,05	mg/l	ICP-MS*
IJzer	0,05	0,125	mg/l	ICP-MS*
Koper	0,5	1,25	µg/l	ICP-MS*
Lood	0,2	0,5	µg/l	ICP-MS*
Mangaan	4	10	µg/l	ICP-MS*
Nikkel	0,5	1,25	µg/l	ICP-MS*
Zink	4	10	µg/l	ICP-MS*

*Inductively Coupled Plasma - Mass Spectrometry

¹ Gefiltreerde monsters² Ongefiltreerde monsters³ Ongefiltreerde monsters, Skalarmethode

Bijlage 2 Filtreren watermonsters voor analyse van totaal-P en totaal-N

In deze bijlage wordt op een rij gezet:

Hoe omgegaan is met het filtreren van watermonsters bij het afleiden van de normen voor de Kaderrichtlijn Water (KRW);

Wat de KRW-monitoringsvoorschriften zijn voor het filtreren van watermonsters

Hoe bij een groot waterschapslaboratorium omgegaan wordt met de watermonsters waarin nutriënten worden geanalyseerd.

Totaal-N en totaal-P in de KRW

In de KRW worden voor oppervlaktewater eisen gesteld aan de chemische kwaliteit en de biologische kwaliteit. Nutriënten (fosfor en stikstof) behoren bij de biologie ondersteunende fysisch-chemische parameters. Dat betekent dat de normen voor nutriënten gebaseerd zijn op het goed functioneren van het ecosysteem (Goede Ecologische Toestand, GET).

Stikstof- en fosforverbindingen zijn belangrijk voedsel voor waterplanten. Bij eutrofiering van oppervlaktewater (te veel nutriënten) kan overmatige algenbloei het ecosysteem verstoren. Fosfor komt in veel verschillende vormen (fracties) voor in het oppervlaktewater. Bovendien kan de hoeveelheid P in de verschillende fracties enorm variëren in de tijd en per watersysteem. Zo kan P opgelost zijn, maar ook bijvoorbeeld ingebouwd in algen (organisch fosfor). Deze vastgelegde fosfor in algen kan door het afsterven van algen en snelle decompositie weer snel beschikbaar komen (De Bruijne en van de Weerd (2009).

Voor de ecologische kwaliteit van het water is van belang dat niet alleen de opgeloste hoeveelheid, maar ook de fosfor vastgelegd in algen, die snel beschikbaar kan komen, meegenomen wordt in de analyse. Daarom moeten organische verbindingen (waaronder componenten van totaal-P en totaal-N) volgens de richtlijn KRW Monitoring Oppervlaktewater geanalyseerd worden in 'totaal water'. Dat betekent dat monsters niet eerst gefiltreerd mogen worden door filters van 0,45 µm. Daarmee zou fosfor gebonden aan bijvoorbeeld algen eruit worden gefiltreerd.

De huidige KRW-normen voor nutriënten in de Nederlandse (kunstmatige) wateren zijn afgeleid van normen voor natuurlijke watertypen (Evers en Knoben, 2007). STOWA heeft voor elk natuurlijk watertype nutriëntenormen afgeleid op grond van biologische en fysisch-chemische gegevens uit de Limnodata (Heinis, F en C.H.M Evers, 2007). Limnodata is een database die zowel biologische als fysisch-chemische data van de waterschappen bevat (www.limnodata.nl).

Voor totaal-N en totaal-P is in de Limnodata geen informatie opgenomen of deze waarden geanalyseerd zijn in gefiltreerd water of niet. Deze informatie zou opgevraagd moeten worden bij de Waterschappen. Omdat dit veel historische gegevens betreft, is het informatie die alleen

met veel inspanning te achterhalen valt als die informatie al ergens is vastgelegd.

Huidige monitoring Waterschappen

Omdat enkele waterschappen in de interviews in 2009 meldden wel te filtreren, terwijl de Richtlijn KRW-monitoring toch heel helder is om dit niet te doen, is contact gezocht met Aquon om dat nader uit te zoeken. Aquon is voortgekomen uit een fusie van vier waterschapslaboratoria. Voor negen waterschappen verzorgt Aquon veldwerk en/of analysewerkzaamheden.

Uit de informatie van Aquon (2012) blijkt dat de analysepakketten per waterschap en per monitoringproject verschillend kunnen zijn. Standaard worden voor zeven Waterschappen N-componenten, zoals nitriet en nitraat, geanalyseerd in monsters die in het veld gefiltreerd zijn over 0,45 µm. Kjeldahl-N (KjN) wordt bepaald in niet gefiltreerde monsters. Totaal-N wordt dan berekend uit Kjeldahl-N, nitriet en nitraat. Twee waterschappen laten wel totaal-N analyseren in niet gefiltreerd water. Voor alle negen waterschappen wordt totaal-P bepaald in niet gefiltreerd water (Zie tabel b2.1). Daarnaast zijn er twee Waterschappen die op projectmatige basis aanvullende totaal-P analyses vragen in wel gefiltreerde monsters.

Tabel B2.1: Bepaling van totaal-P, totaal-N en andere nutriënten bij de waterschappen die aangesloten zijn bij Aquon.

Waterschap	Totaal-P	Totaal -N	Andere N en P componenten
Hoogheemraadschap de Stichtse Rijnlanden	Analyse in niet gefiltreerd monster	Berekend mbv KjN (niet gefiltreerd), NO ₃ en NO ₂ (gefiltreerd)	Gefiltreerd
Hoogheemraadschap van Rijnland	Analyse in niet gefiltreerd monster	Analyse in niet gefiltreerd monster	?
Hoogheemraadschap van Schieland en de Krimpenerwaard	Analyse in niet gefiltreerd monster	Analyse in niet gefiltreerd monster	?
Waterschap Rivierenland	Analyse in niet gefiltreerd monster	Berekend mbv KjN (niet gefiltreerd), NO ₃ en NO ₂ (gefiltreerd)	Gefiltreerd
Waterschap Aa en Maas	Analyse in niet gefiltreerd monster. Op projectbasis aanvullend analyse in gefiltreerd water.	Berekend, mbv KjN (niet gefiltreerd), NO ₃ en NO ₂ (gefiltreerd)	Gefiltreerd
Waterschap De Dommel	Analyse in niet gefiltreerd monster. Op projectbasis aanvullend analyse in gefiltreerd water.	Berekend mbv KjN (niet gefiltreerd), NO ₃ en NO ₂ (gefiltreerd)	Gefiltreerd
Hoogheemraadschap van Delfland	Analyse in niet gefiltreerd monster	Berekend mbv KjN (niet gefiltreerd), NO ₃ en NO ₂ (gefiltreerd)	Gefiltreerd
Waterschap Hollandse Delta	Analyse in niet gefiltreerd monster	Berekend mbv KjN (niet gefiltreerd), NO ₃ en NO ₂ (gefiltreerd)	Gefiltreerd
Waterschap Brabantse Delta	Analyse in niet gefiltreerd monster	Berekend mbv KjN (niet gefiltreerd), NO ₃ en NO ₂ (gefiltreerd)	Gefiltreerd
Waterschap Hunze en Aa's*	Analyse in niet gefiltreerd monster	Berekend mbv KjN (niet gefiltreerd), NO ₃ en NO ₂ (gefiltreerd)	Gefiltreerd
Waterschap Zuiderzeeland*	Analyse in niet gefiltreerd monster	Berekend mbv KjN (niet gefiltreerd), NO ₃ en NO ₂ (gefiltreerd)	Gefiltreerd
Waterschap Peel en Maasvallei*	Analyse in niet gefiltreerd monster	Berekend mbv KjN (niet gefiltreerd), NO ₃ en NO ₂ (gefiltreerd)	Gefiltreerd

* Waterschappen niet bij Aquon aangesloten, maar info afkomstig uit Lukács (2009). Met Waterschap Hunze en Aa's is opnieuw contact geweest.

Conclusies

Op basis van de huidige standaard voor bemonstering en analyse voor totaal-N en totaal-P bij 12 waterschappen kan geconcludeerd worden dat waterschappen deze bepalingen eenduidig uitvoeren: dat wil zeggen dat monsters waarin organische N- of P-verbindingen worden geanalyseerd niet worden gefiltreerd over een 0,45 µm filter. Het is moeilijk te achterhalen of dit ook het geval is voor alle historische data. Maar de huidige praktijk levert geen aanwijzingen dat het in het verleden anders is geweest.

Voor de monitoring voor de KRW is vastgelegd hoe oppervlaktewater monsters behandeld moet worden voor de bepaling van nutriënten. Twaalf van de 25 huidige waterschappen verzamelen totaal-N- en totaal-P-waarden zoals voorgeschreven. Er zijn geen aanwijzingen dat de gegevens waarop de KRW-normen zijn gebaseerd op een wezenlijk andere manier verzameld zijn dan de huidige methoden. De basis van de KRW-normen en de richtlijn voor KRW-monitoring van oppervlaktewater voor de bepaling van de toestand lijken dus niet in strijd met elkaar.

Wel is duidelijk dat de werkwijze van de waterschappen, voor wat betreft het meten van totaal-N en totaal-P wezenlijk verschilt van die in het LMM. Het LMM filtreert alle monsters over een 0,45 µm filter voorafgaand aan de analyses, ook de voor totaal-N en totaal-P. In het LMM wordt namelijk gekeken naar de mobiele fractie van N en P in het grondwater het deel van N en P dat is opgelost. Om het oppervlaktewater met het grondwater te kunnen vergelijken wordt ook het slotwater gefiltreerd (Resultaten hiervan in dit rapport).

De verwarring is ontstaan omdat veel waterschappen onderscheid maken tussen "nutriëntenbepalingen" en bepalingen van totaal-N en totaal-P. Bij tien van de bovengenoemde waterschappen worden nutriënten, zoals ammonium (NH₄), nitriet (NO₂), nitraat (NO₃) of de som van beide (NO₂ + NO₃) en orthofosfaat (anorganisch-P) bepaald in gefiltreerde monsters. Deze monsters worden al in het veld gefiltreerd. Daarnaast worden in het veld flesjes gevuld, zonder te filtreren, voor de bepaling van totaal-P en totaal-N of Kjeldahl-N.

Welke N-componenten worden bepaald in de gefiltreerde monsters en met welke analysemethoden de bepalingen worden gedaan, kan per waterschap verschillen. Dit is ook een van de knelpunten die naar voren is gekomen in het Meetnet Nutriënten Landbouw Specifiek Oppervlaktewater (MNSLO) (Klein et al., 2012). Naar aanleiding van de resultaten uit het MNSLO neemt de Unie van Waterschappen het initiatief om met verschillende waterschapslaboratoria de gebruikte analysemethoden nog beter op elkaar af te stemmen.

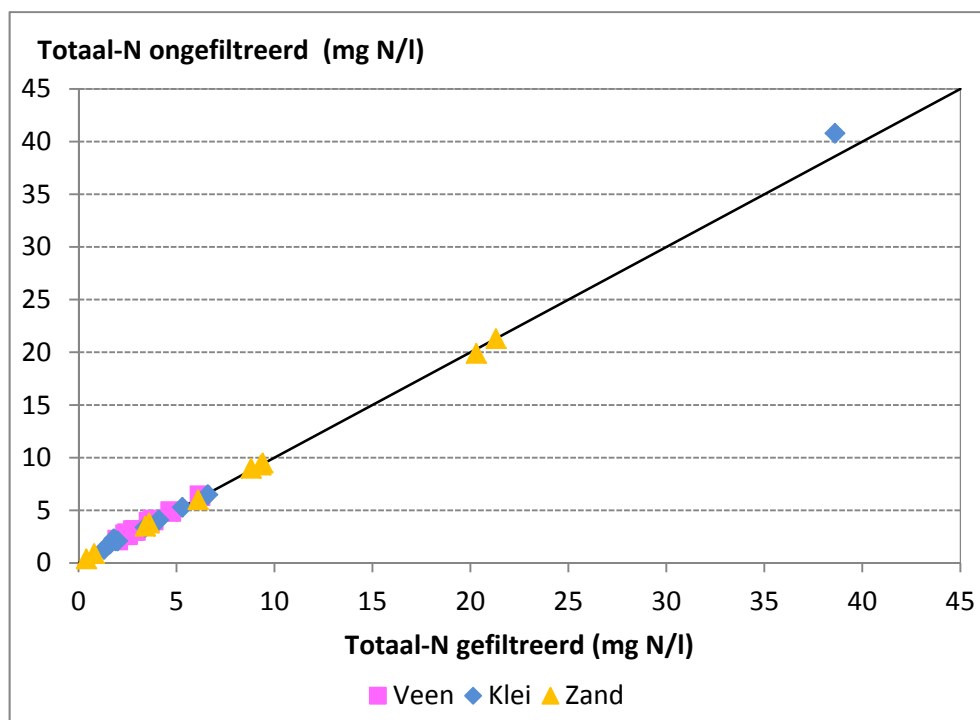
Literatuur

- Bruijne, de, W.J. en H. van de Weerd (2009) Overzicht indicatoren fosfaat nalevering uit de waterbodem Arcadis in opdracht van de Waterdienst)
- Evers, C.H.M. en R.A.E. Knoben (ed), (2007) Omschrijving MEP en maatlatten voor sloten en kanalen voor de Kaderrichtlijn Water: STOWA rapport 2007-32b.
- Heinis, F. en C.H.M. Evers, (2007) Afleiding getalswaarden voor nutriënten voor de goede ecologische toestand van natuurlijke wateren. STOWA rapport 2007-02.
- Klein, J., J.C. Rozemeijer, H.P. Broers en B. van der Grift (2012) meetnet Nutrienten Landbouw Specifiek Oppervlaktewater Deelrapport A: Opzet Meetnet. Bijdrage aan de evaluatie Meststoffenwet 2012. Deltares rapport 1202337-000-BGS-0007, Utrecht
- Lukács, S, O. Clevering, A. de Klijne en S. Stuifzand (2009) Harmonisatie meetnetten voor nutriënten in oppervlaktewater. RIVM briefrapport 680724001.
- Ministerie van Infrastructuur en Milieu: Richtlijn KRW Monitoring Oppervlaktewater en Protocol Toetsen & Beoordelen (2011).
- Scheffer M. (1998) Ecology of Shallow Lakes. Population and community biology series. Kluwer academic publishers ISBN 1-4020-2306-5 Department of Environmental Sciences, Wageningen University, The Netherlands.

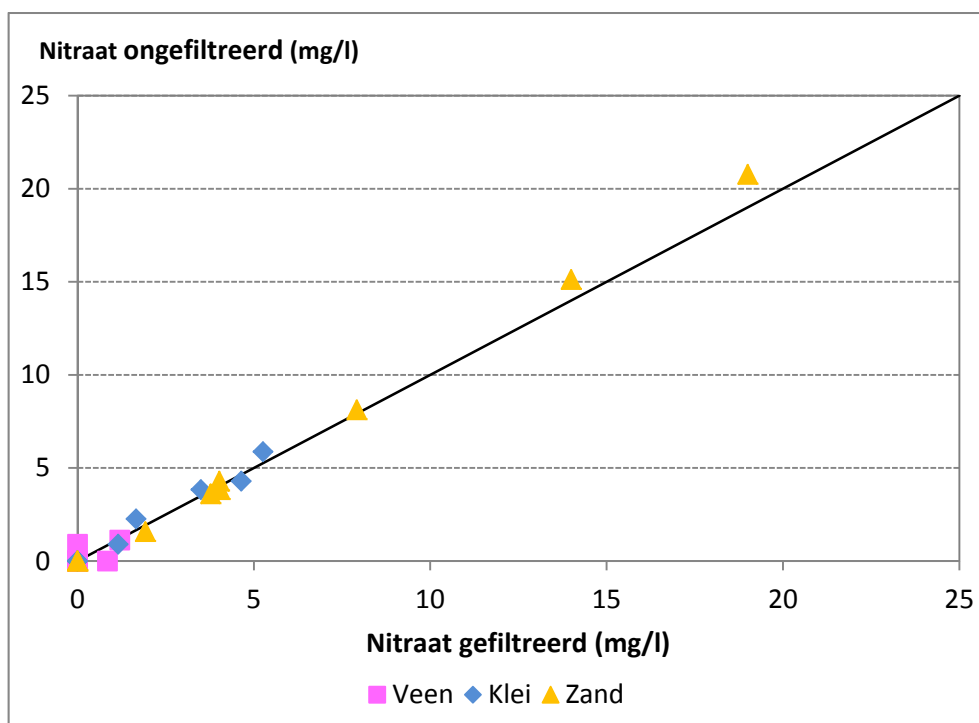
Bijlage 3 Data karakteristieken

In dit hoofdstuk een overzicht van de karakteristieken van de resultaten van dit onderzoek met betrekking tot stikstof en fosfor. Weergegeven worden grafieken waarin per locatie gefiltreerde en ongefiltreerde concentraties van stikstof en fosfor tegen elkaar worden uitgezet.

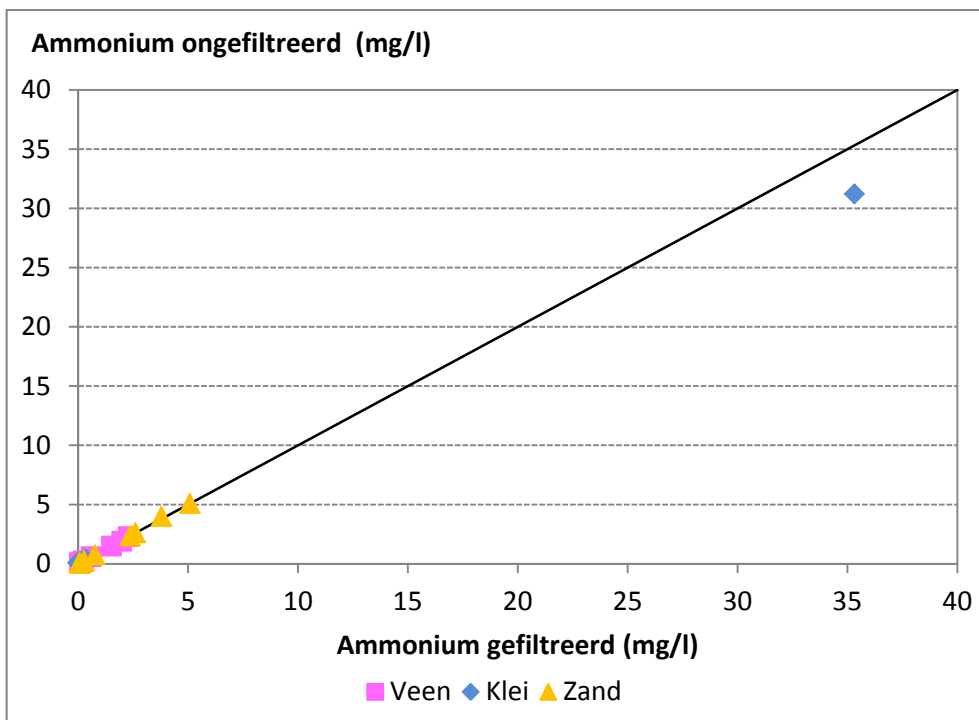
Stikstof



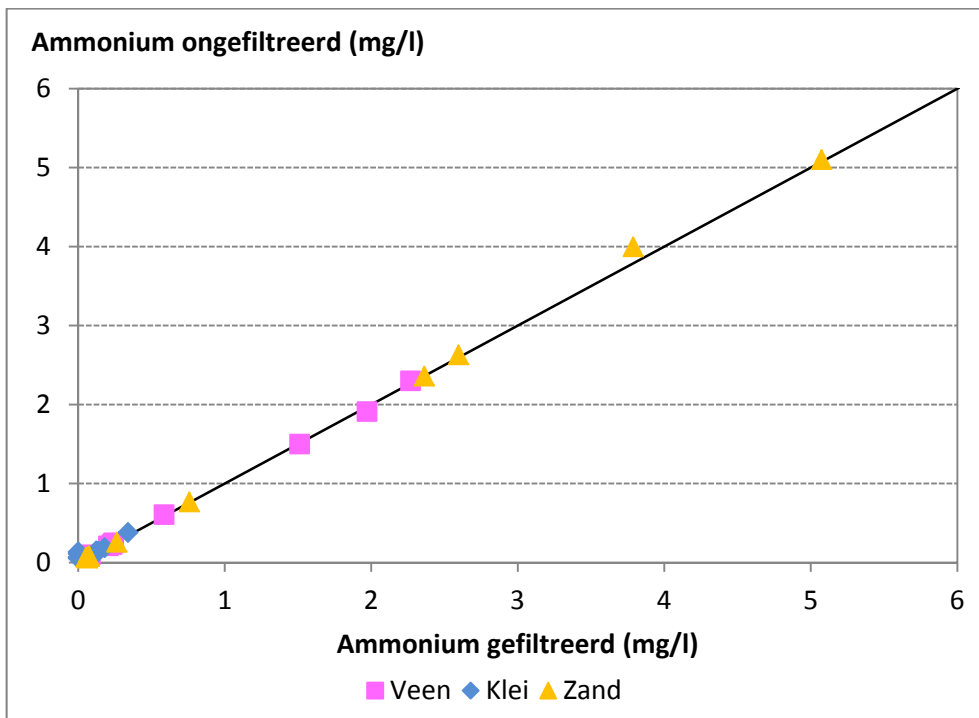
B3.1 Totaal-N in ongefiltreerde en gefiltreerde monsters. Op de zwarte lijn is er sprake van een één-op-één relatie.



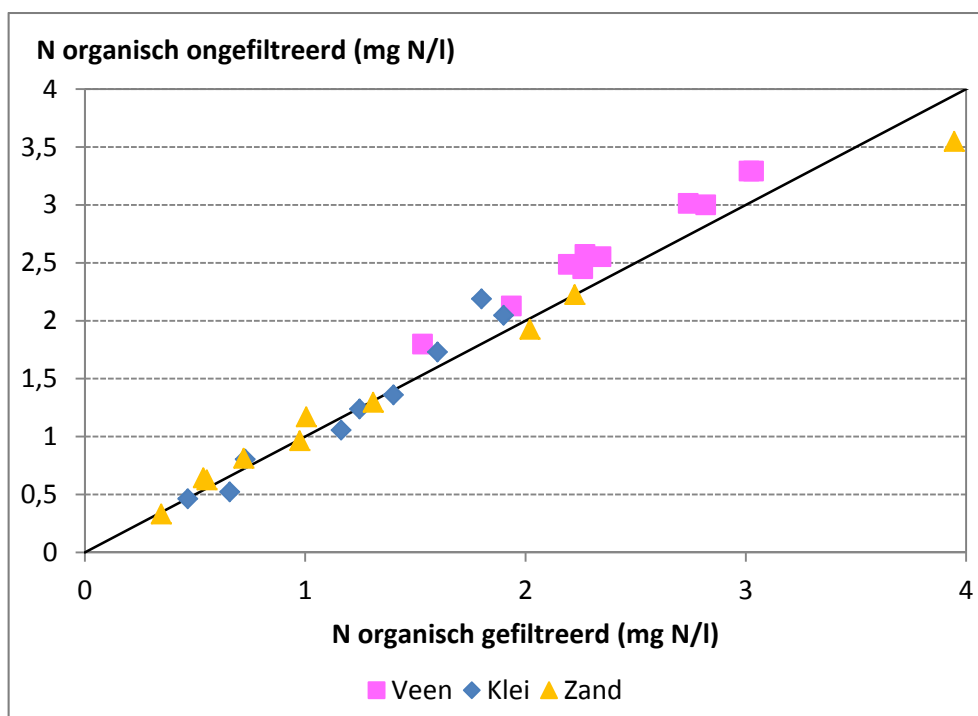
B3.2 Nitraat in ongefilterde en gefilterde monsters. Op de zwarte lijn is er sprake van een één-op-één relatie.



B3.3a Ammonium in ongefiltreerde en gefiltreerde monsters. Op de zwarte lijn is er sprake van een één-op-één relatie.

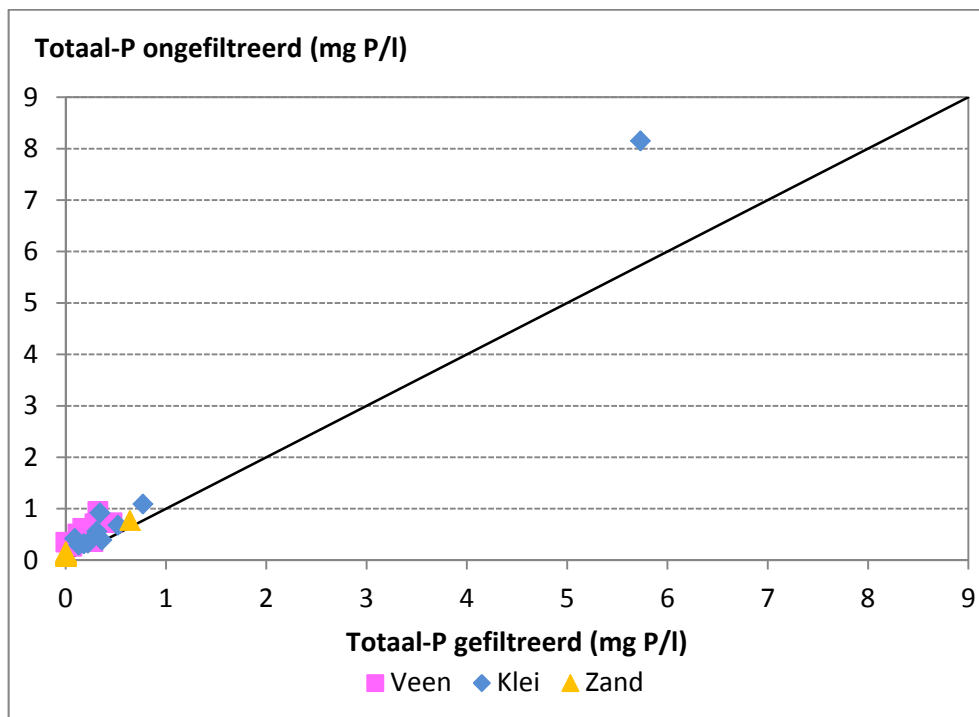


B3.3b Ammonium in ongefiltreerde en gefiltreerde monsters, ingezoomd. Op de zwarte lijn is er sprake van een één-op-één relatie.

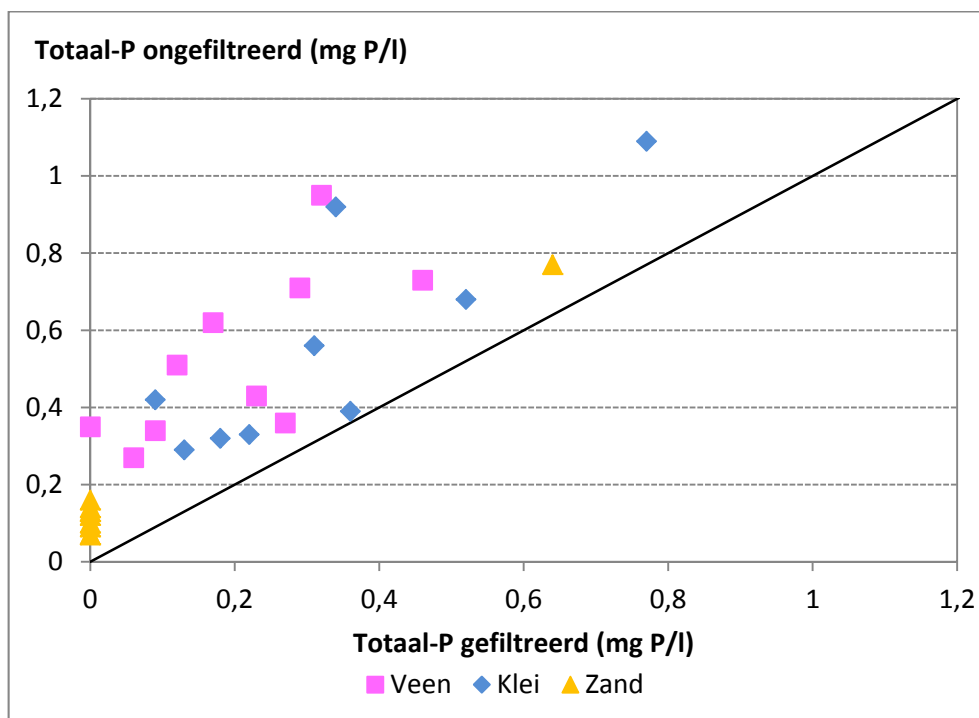


B3.4 N organisch in ongefiltreerde en gefiltreerde monsters. Op de zwarte lijn is er sprake van een één-op-één relatie. NB. Voor berekening van N organisch is gebruik gemaakt gefiltreerde nitraat en ammonium waarnemingen.

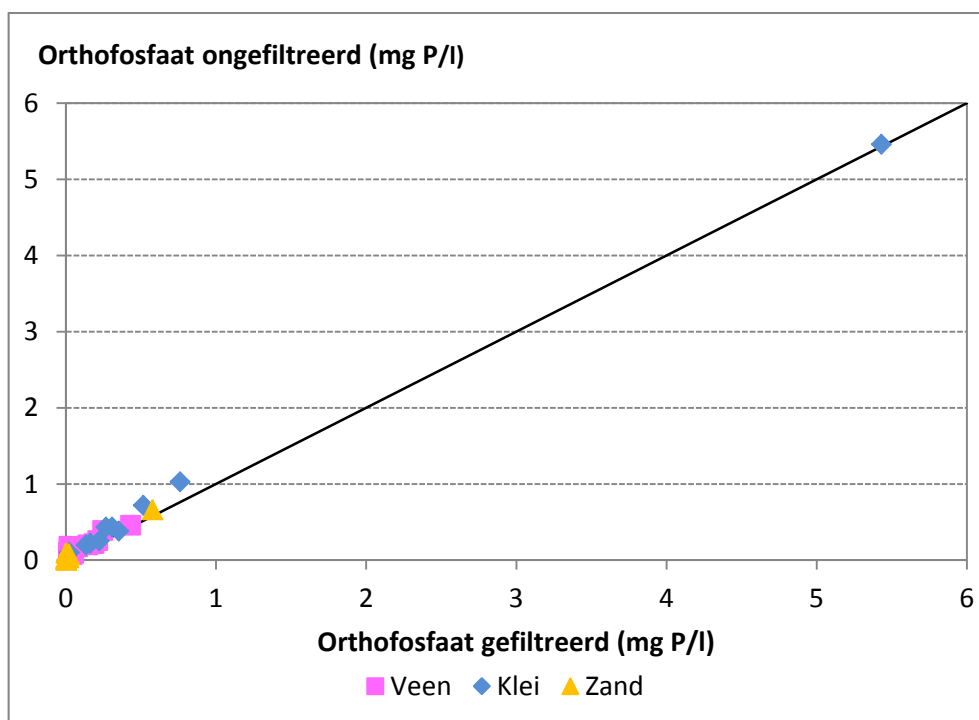
Fosfor



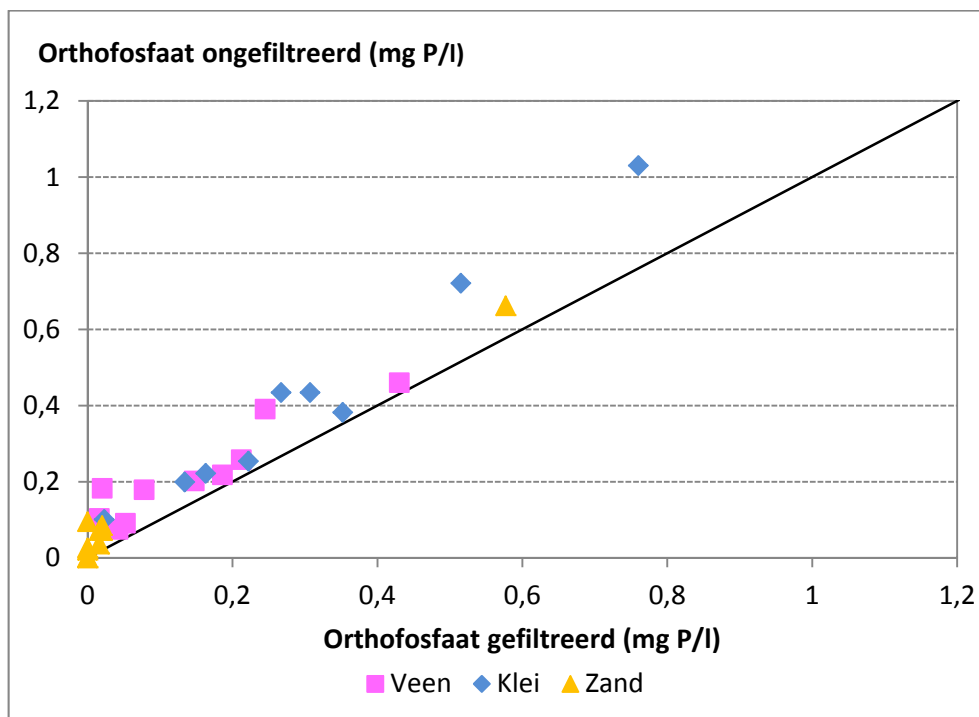
B3.5a Totaal-P in ongefiltreerde en gefiltreerde monsters. Op de zwarte lijn is er sprake van een één-op-één relatie.



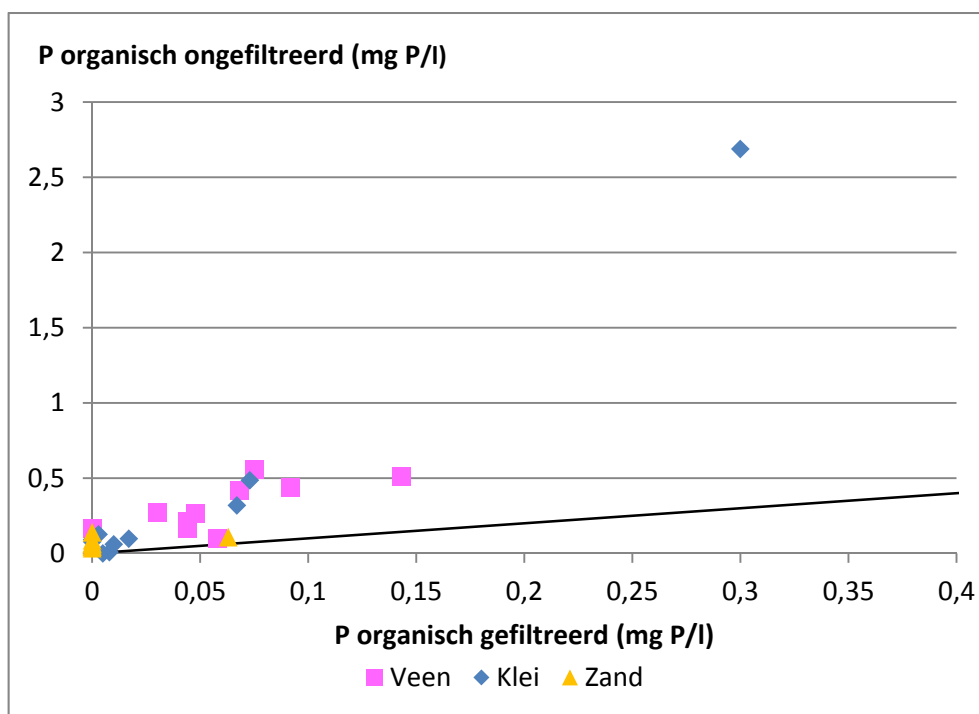
B3.5b Totaal-P in ongefiltreerde en gefiltreerde monsters, ingezoomd. Op de zwarte lijn is er sprake van een één-op-één relatie.



B3.6a Orthofosfaat in ongefiltreerde en gefiltreerde monsters. Op de zwarte lijn is er sprake van een één-op-één relatie.



B3.6b Orthofosfaat in ongefiltreerde en gefiltreerde monsters, ingezoomd. Op de zwarte lijn is er sprake van een één-op-één relatie.



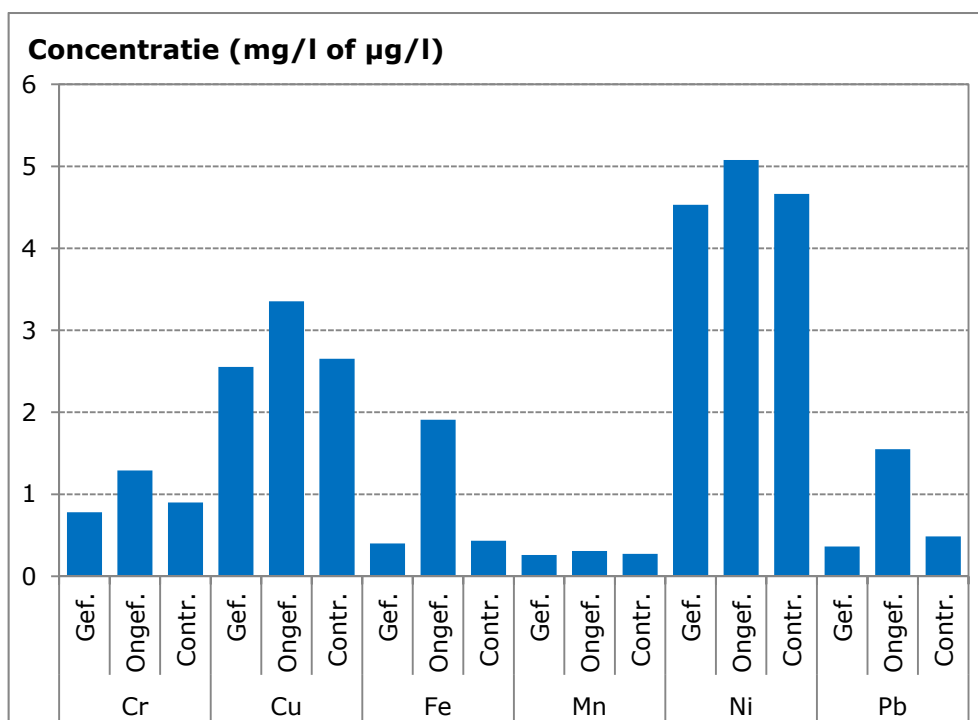
B3.7 Organisch fosfor in ongefiltreerde en gefiltreerde monsters. Op de zwarte lijn is er sprake van een één-op-één relatie.

Bijlage 4 (Zware) Metalen

De totaal-P metingen zijn uitgevoerd met de ICP-MS, waarmee onder andere ook (zware) metalen worden gemeten. Van deze metalen is bekend dat deze zich vaak ook sterk hechten aan bodemdeeltjes, wat mogelijk tot hogere concentraties van deze metalen in ongefiltreerde monsters leidt. De standaard methode volgens NEN 5667-3 (2012) om deze metalen te analyseren is in gefiltreerde monsters, welke methode ook door de Waterschappen wordt gebruikt. Het is ons echter niet bekend of in oppervlaktewatermonsters significant hogere concentraties zware metalen te verwachten zijn in ongefiltreerde monsters dan in gefiltreerde monsters. Daarbij speelt mee dat de beschikbaarheid van gebonden metalen onder normale pH beperkt is. Echter, bij lagere pH's kunnen zware metalen in oplossing komen.

In dit stuk worden de volgende metalen beschouwd: chroom, koper, ijzer, mangaan, nikkel en lood. Cadmium en zink worden verder buiten beschouwing gelaten, omdat bij deze elementen te veel waarnemingen zich onder de detectielimiet bevinden, respectievelijk 28 en 26 van de 30 waarnemingen. Deze monsters zijn net als bij totaal-P drie keer gemeten; gefiltreerd, ongefiltreerd en gedestruerd en gefiltreerd en extra zuur (zie Hoofdstuk 2).

De overgebleven metalen kunnen ruwweg worden onderverdeeld in twee groepen. In de eerste groep bevinden zich metalen die zowel in ongefiltreerde als gefiltreerde en extra aangezuurde monsters significant hogere concentraties hebben. IJzer, mangaan, nikkel en lood laten zowel een significant effect van aanzuren als van niet filtreren op de concentraties zien (figuur B4.1). Bij ijzer en lood is het effect van aanzuren op de gemiddelde concentratie vele malen kleiner dan het effect van niet filtreren. Ongefiltreerde monsters laten voor deze elementen een veelvoud in de concentratie zien ten opzichte van gefiltreerde monsters, terwijl het extra zuur slechts enkele procenten extra toevoegt boven op de standaard meting. Bij mangaan en nikkel zijn de beide effecten op de concentratie wel significant, maar qua grootte zijn deze toenames veel minder relevant. Koper en chroom vallen hier buiten omdat deze alleen aantoonbaar hogere concentraties laat zien in ongefiltreerde monsters, terwijl extra zuur geen aantoonbaar resultaat geeft.



Figuur B4.1 Gemiddelde concentraties voor gefiltreerde, ongefiltreerde en controle monsters voor alle 30 bemonsterde bedrijven, Fe en Mn in mg/l, overige elementen in µg/l

Wanneer naar de drie regio's wordt gekeken, valt op dat de hoogste metalenconcentraties worden gemeten in de Zandregio, terwijl in de Kleiregio de concentraties het vaakst onder de detectielimiet zijn. Omdat concentraties in ongefiltreerde monsters laag zijn in de Kleiregio, is vaak geen effect van zuur zichtbaar, terwijl concentratieverschillen tussen ongefiltreerde en gefiltreerde monsters vaak wel significant zijn. Voor de Zand- en de Veenregio worden zowel in ongefiltreerde als controlemonsters significant hogere concentraties metalen gevonden. Het effect van filtratie op de concentratie metalen in de slootwatermonsters is echter relatief veel groter dat van het extra zuur (zie ook Figuur B4.1).

Bijlage 5 Vergelijking LMM-onderzoek met gegevens Rijkswaterstaat 1977-1988

Inleiding

Tussen 1977 en 1988 heeft Rijkswaterstaat bij diverse meetpunten in het grotere oppervlaktewater zowel ongefiltreerde als gefiltreerde metingen uitgevoerd voor totaal-fosfor. Deze gegevens kunnen worden gebruikt om de analyses van het hier gerapporteerde LMM-onderzoek in een breder perspectief te plaatsen. Hierbij ligt de nadruk op totaal-P. Het doel van dit onderzoek is het kwalificeren van de verschillen in concentraties van totaal-P veroorzaakt door het al dan niet filteren van oppervlaktewater.

Materiaal en methoden

Er is gebruik gemaakt van gegevens uit de internetapplicatie WaterBase van Rijkswaterstaat (WaterBase, IHW). Met deze applicatie zijn meetgegevens zoals opgeslagen in de DONAR database van Rijkswaterstaat via internet toegankelijk gemaakt voor gebruikers. Alleen gevalideerde gegevens van het MWTL (Landelijk Watermonitoringsprogramma) zijn beschikbaar.

Voor dit onderzoek is gebruik gemaakt van gegevens van meetpunten in zoet oppervlaktewater, en waarvan zowel gefiltreerde als ongefiltreerde gegevens beschikbaar zijn (Tabel B1). In tegenstelling tot het oppervlakte water in het LMM betreffen dit geen sloten, maar grotere wateren zoals meren. Alleen voor totaal-P zijn deze gegevens beschikbaar. Van totaal-N zijn geen vergelijkende analyses uitgevoerd tussen gefiltreerde en ongefiltreerde monsters op zoetwatermeetpunten. De analyse van totaal-P (ongefiltreerd en gefiltreerd) en van orthofosfaat zijn fotometrisch bepaald met behulp van CFA in water. Onbekend is over welke maat filter de monsters gefiltreerd zijn.

Statistische analyses zijn uitgevoerd met R, waarbij gebruik is gemaakt van een eenzijdige, gepaarde t-toetst-toets. Hierin wordt als alternatieve hypothese gesteld dat, omdat in theorie gefiltreerde monsters nooit meer totaal-P zullen bevatten dan ongefiltreerde monsters, dat $H_0 < 0$.

Tabel B4.1: per meetpunt is de gemeten stof, de meetperiode en het aantal monsters gegeven.

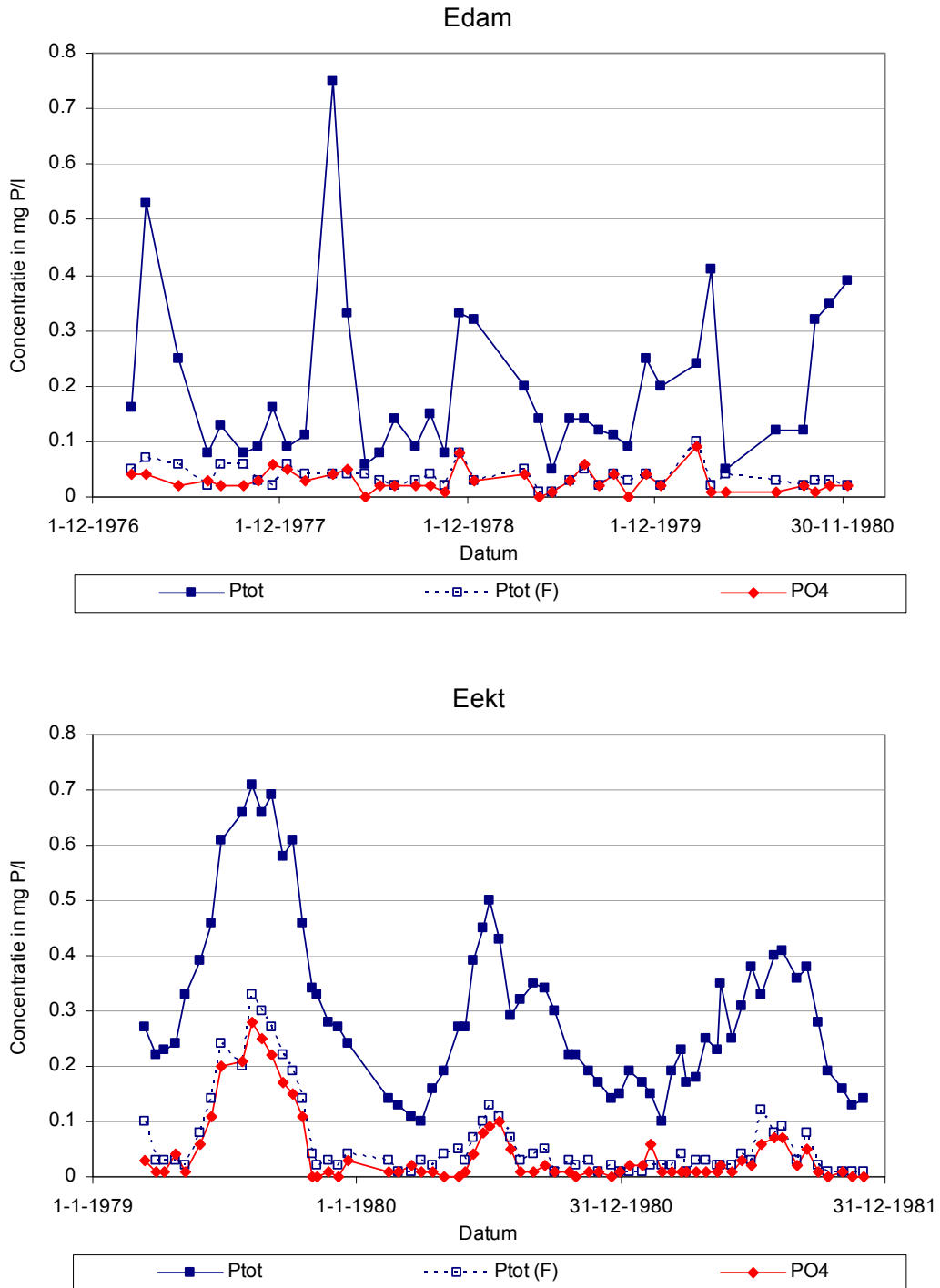
Meetpunt	Meetperiode	N
Edam	1977-1980	38
Eekt	1979-1981	67
Ermelo	1979-1981	68
Lobith ponton	1978-1980	69
Pampus west	1977-1980	88
Veluwemeer (midden)	1982-1988	216

Resultaten en discussie fosfor

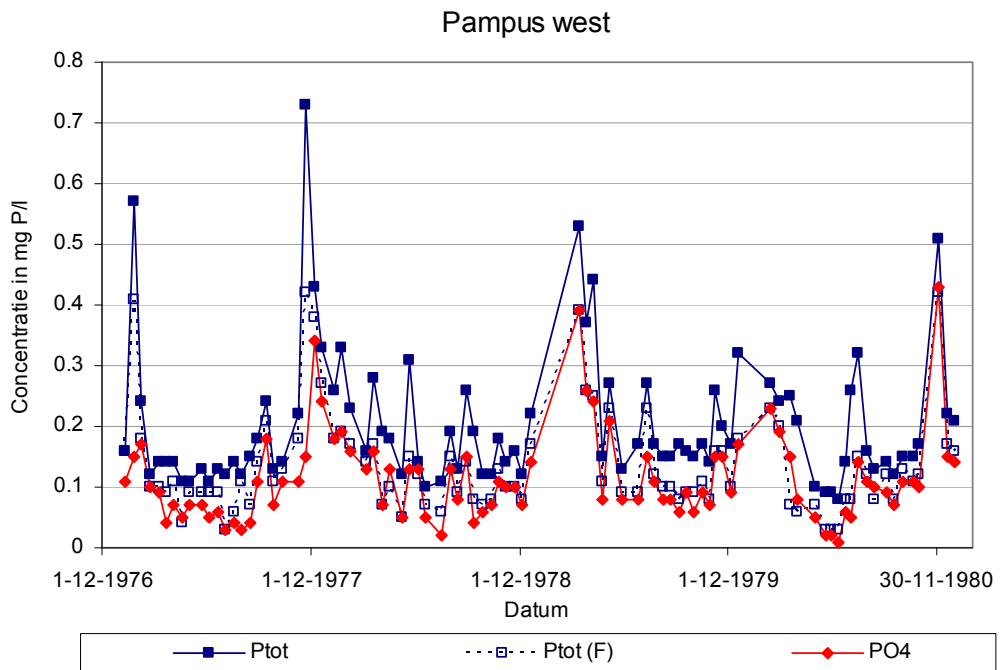
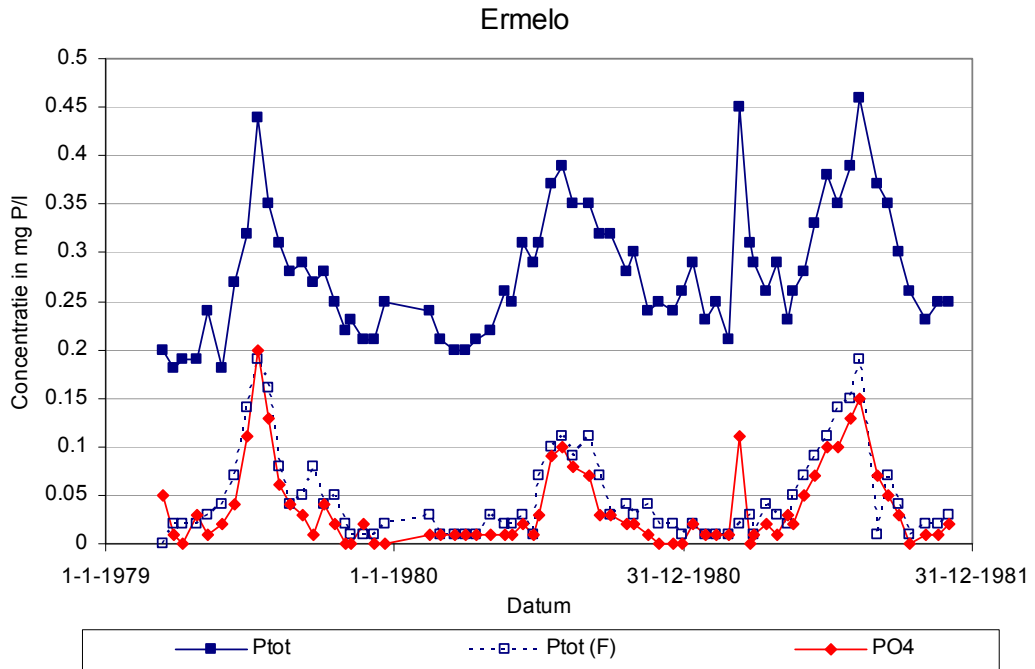
Bij alle meetpunt ligt de concentratie totaal fosfor in de ongefiltreerde monsters hoger dan in de gefiltreerde monsters (Tabel B4.2 en Figuur B4.1). In alle gevallen is het verschil tussen gefiltreerde en ongefiltreerde totaal fosfor significant. De gefiltreerde totaal fosforconcentratie ligt dicht bij de orthofosfaatconcentratie. Filtratie heeft een duidelijk effect op de gemeten concentratie.

Tabel B4.2: aantal monsters en vergelijking van de concentraties totaal-P gemeten in ongefiltreerde en gefiltreerde (F) monsters voor verschillende meetpunten.

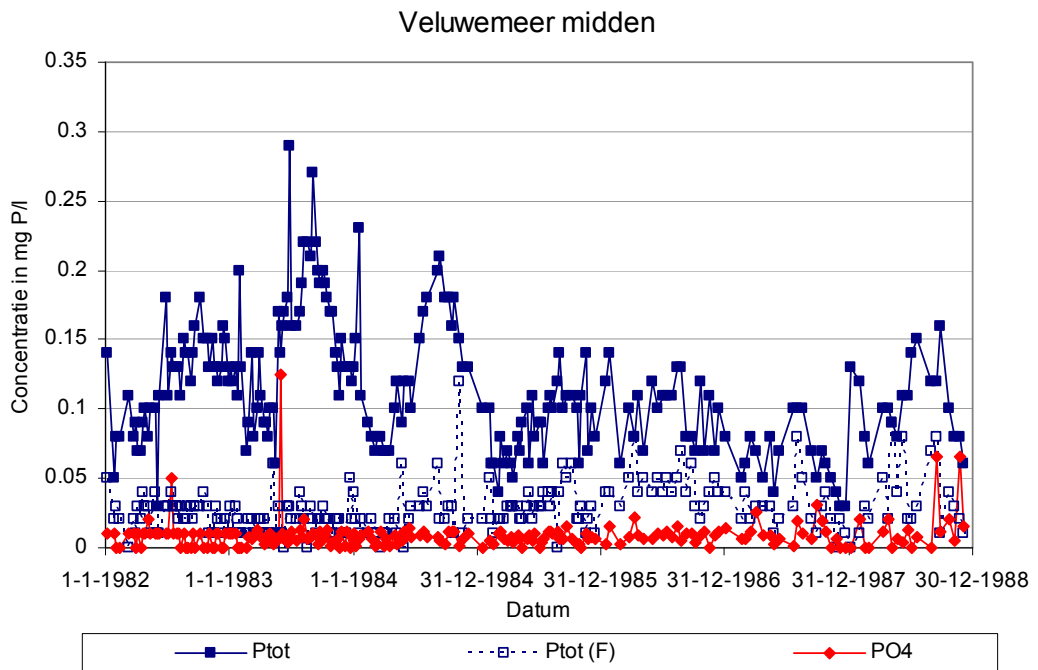
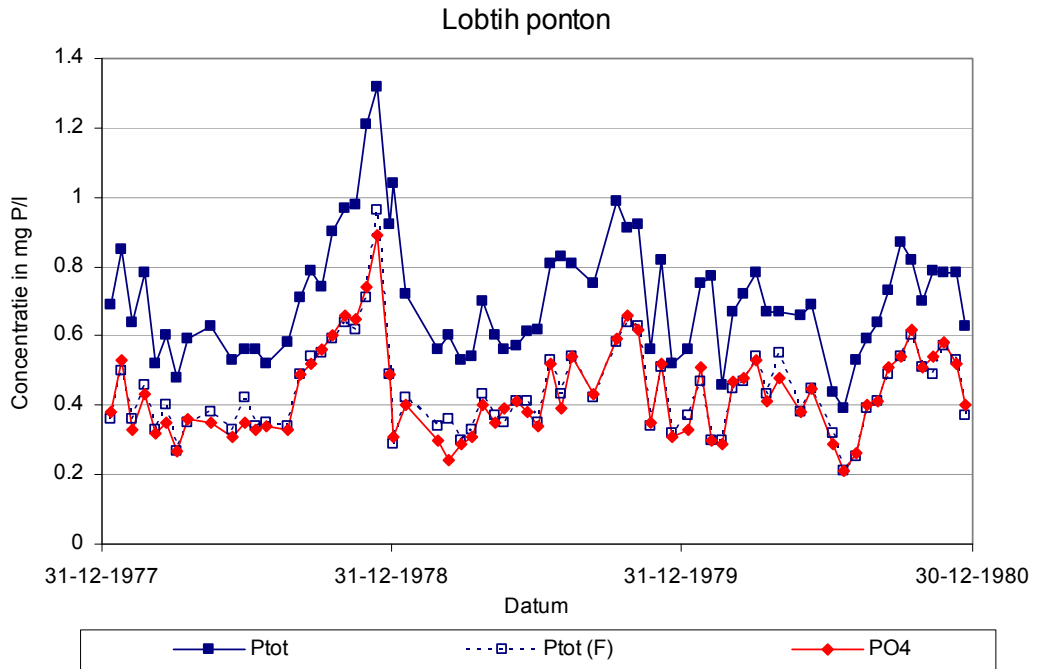
Meetpunt	N	Gemiddelde Totaal-P	Gemiddelde Totaal-P (F)	Gemiddelde ortho-P	Totaal-P (verschil) P-waarde
Edam	38	0,20	0,04	0,03	<0,0001
Eekt	67	0,30	0,06	0,04	<0,0001
Ermelo	68	0,28	0,05	0,04	<0,0001
Lobith ponton	69	0,71	0,44	0,44	<0,0001
Pampus west	88	0,20	0,14	0,11	<0,0001
Veluwemeer (midden)	216	0,11	0,03	0,01	<0,0001



Figuur B4.1 en 2: Concentraties ongefiltreerde totaal-P (Ptot), gefiltreerde totaal-P (Ptot (F)) en orthofosfaat (PO4) door de tijd voor Edam (B4.1) en Eekt (B4.2). Alle concentraties in mg/l als P.



Figuur B4.3 en 4: Concentraties ongefiltreerde totaal-P (Ptot), gefiltreerde totaal-P (Ptot (F)) en orthofosfaat (PO4) door de tijd voor Ermelo (B4.3) en Pampus west (B4.4).



Figuur B4.5 en 6: Concentraties ongefiltreerde totaal-P (Ptot), gefiltreerde totaal-P (Ptot (F)) en orthofosfaat (PO4) door de tijd voor Lobith ponton (B4.5) en Veluwemeer midden (B4.6).

De mate waarin de gefiltreerde fosforconcentraties afwijken van de ongefiltreerde concentraties verschilt per locatie (Figuur B4.1-6). Vooral bij Eekt, Ermelo en Lobith is er een duidelijk verschil, welke ook significant is (Tabel B4.2). Bij deze locaties is er temporeel een duidelijke relatie tussen de gefiltreerde en ongefiltreerde monsters; dezelfde fluctuaties zijn zichtbaar door de tijd. Bij Edam en het Veluwemeer is deze relatie minder goed zichtbaar. Op de locatie Pampus verschillen de concentraties tussen totaal fosfor gefiltreerd en ongefiltreerd niet veel. Toch wijken ook hier de concentraties significant af (Tabel B4.2).

Literatuur

InformatieHuisWater:

<http://www.helpdeskwater.nl/onderwerpen/monitoring/gegevensinwinnig/>

WaterBase: http://live.waterbase.nl/waterbase_wns.cfm?taal=nl, datum uitvoeren gegevens 12-11-201.

Bijlage 6 Onderzoeksresultaten stikstof en fosfor

Tabel B6.1 Overzicht van bedrijfskarakteristieken en stikstof- en fosforconcentraties in slootwatermonsters voor de 30 deelnemende landbouwbedrijven

ID	locatie	Regio	Bedrijfstype	Totaal-P			Ortho-fosfaat		Totaal-N		Nitraat		Ammonium	
				gefiltr,	ongef,	gefiltr, + zuur	gefiltr,	ongef,	gefiltr,	ongef,	gefiltr,	ongef,	gefiltr,	ongef,
45	Klei	Akkerbouw	0,22	0,33	0,22	0,222	0,254	5,3	5,3	20,56	19	<0,064	0,172	
81	Klei	Akkerbouw	0,36	0,39	0,34	0,352	0,382	6,6	6,5	23,28	26	0,232	0,241	
85	Klei	Akkerbouw	0,52	0,68	0,51	0,515	0,721	4,1	4,1	15,48	17	0,177	0,181	
13	Klei	Melkvee	0,09	0,42	0,12	0,023	0,101	1,9	2,1	<3	<3	<0,064	0,069	
29	Klei	Melkvee	0,13	0,29	0,14	0,134	0,199	2	2,1	5,09	4	0,158	0,188	
37	Klei	Melkvee	0,77	1,09	0,73	0,76	1,03	1,6	1,8	<3	<3	<0,064	0,089	
77	Klei	Melkvee	0,18	0,32	0,18	0,163	0,222	3,4	3,4	7,35	10	0,437	0,488	
109	Klei	Melkvee	0,34	0,92	0,32	0,267	0,434	1,8	2,3	<3	<3	<0,064	0,143	
41	Klei	Overig	5,73	8,15	5,46	5,43	5,462	38,6	40,8	<3	<3	45,403	40,148	
69	Klei	Overig	0,31	0,56	0,32	0,307	0,434	1,3	1,3	<3	<3	0,069	0,078	
21	Veen	Melkvee	<0,05	0,35	<0,05	0,02	0,183	3,8	4,1	<3	<3	2,916	2,958	
33	Veen	Melkvee	0,27	0,36	0,26	0,212	0,258	4,7	4,9	3,75	<3	1,943	1,928	
53	Veen	Melkvee	0,23	0,43	0,24	0,186	0,218	2	2,2	<3	<3	0,083	0,092	
57	Veen	Melkvee	0,32	0,95	0,31	0,245	0,391	6,2	6,4	5,29	5	2,534	2,458	
61	Veen	Melkvee	0,12	0,51	0,13	0,052	0,091	3,6	3,9	<3	4	0,753	0,78	
65	Veen	Melkvee	0,17	0,62	0,17	0,078	0,179	2,9	3,1	<3	<3	0,106	0,126	
73	Veen	Melkvee	0,46	0,73	0,47	0,43	0,46	2,5	2,8	<3	<3	0,296	0,291	
89	Veen	Melkvee	0,09	0,34	0,1	0,042	0,075	2,5	2,7	<3	<3	0,31	0,321	
93	Veen	Melkvee	0,29	0,71	0,28	0,147	0,202	2,8	3,1	<3	<3	0,08	0,111	
49	Veen	Overig	0,06	0,27	0,07	0,016	0,104	2,4	2,7	<3	<3	0,265	0,272	

ID locatie	Regio	Bedrijfstype	Totaal-P			Ortho-fosfaat		Totaal-N		Nitraat		Ammonium	
			gefiltr,	ongef,	gefiltr, + zuur	gefiltr,	ongef,	gefiltr,	ongef,	gefiltr,	ongef,	gefiltr,	ongef,
25	Zand	Akkerbouw	<0,05	0,12	<0,05	0,016	0,072	3,6	3,8	<3	<3	3,337	3,38
101	Zand	Akkerbouw	<0,05	0,09	<0,05	<0,013	0,026	9,3	9,3	35,07	36	0,094	0,108
117	Zand	Akkerbouw	<0,05	0,07	<0,05	<0,013	<0,013	9,4	9,5	16,71	16	6,523	6,558
9	Zand	Hokdier	<0,05	0,1	<0,05	0,016	0,036	6,1	6	17,8	19	0,079	0,07
1	Zand	Melkvee	<0,05	0,07	<0,05	<0,013	0,02	21,3	21,3	84,15	92	0,097	0,093
17	Zand	Melkvee	<0,05	0,14	<0,05	<0,013	<0,013	0,8	0,9	<3	<3	0,338	0,329
97	Zand	Melkvee	<0,05	0,13	<0,05	<0,013	0,095	3,4	3,5	8,51	7	0,975	0,984
105	Zand	Melkvee	<0,05	0,16	0,06	0,02	0,072	8,8	9	17,88	17	4,87	5,139
113	Zand	Melkvee	<0,05	0,13	<0,05	0,02	0,085	0,4	0,4	<3	<3	0,069	0,087
5	Zand	Overig	0,64	0,77	0,62	0,577	0,662	20,3	19,9	61,97	67	3,036	3,032

RIVM

De zorg voor morgen begint vandaag