

stowa

MONITORING 1-STEP[®] FILTER HORSTERMEER



RAPPORT

2013
35

MONITORING 1-STEP® FILTER HORSTERMEER

RAPPORT

2013

35

ISBN 978.90.5773.615.5



COLOFON

UITGAVE Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer
Postbus 2180
3800 CD Amersfoort

PROJECTUITVOERING
Arjan Dekker, Witteveen+Bos
Wouter Zijlstra, Witteveen+Bos

BEGELEIDINGSCOMMISSIE
Manon Bechger, Waternet
Ron van der Oost, Waternet
Gerard Rijs, RWS Water, Verkeer en Leefomgeving
Maurice Schellekens, Waterschap Aa en Maas
Bonnie Bult, Waterschap Reest en Wieden
Tony Flaming, Waterschap de Dommel
Sigrid Scherrenberg, Evides Industriewater
Cora Uijterlinde, STOWA

DRUK Kruyt Grafisch Adviesbureau
STOWA STOWA 2013-35
ISBN 978.90.5773.615.5

COPYRIGHT De informatie uit dit rapport mag worden overgenomen, mits met bronvermelding. De in het rapport ontwikkelde, dan wel verzamelde kennis is om niet verkrijgbaar. De eventuele kosten die STOWA voor publicaties in rekening brengt, zijn uitsluitend kosten voor het vormgeven, vermenigvuldigen en verzenden.

DISCLAIMER Dit rapport is gebaseerd op de meest recente inzichten in het vakgebied. Desalniettemin moeten bij toepassing ervan de resultaten te allen tijde kritisch worden beschouwd. De auteurs en STOWA kunnen niet aansprakelijk worden gesteld voor eventuele schade die ontstaat door toepassing van het gedachtegoed uit dit rapport.

SAMENVATTING

De rwzi Horstermeer wordt beheerd door Waternet en behandelt het afvalwater van Naarden/Bussum, Hilversum West, Gemeente Wijdmeren; 's - Graveland, Loosdrecht en Nederhorst den Berg en loost het gezuiverde water op de Vecht. De Vecht ligt in een gebied dat gevoelig is voor eutrofiëring. Daarom gelden voor rwzi Horstermeer strenge effluenteisen voor stikstof en fosfaat (N = 5 en P = 0,5 mg/l) welke zijn gebaseerd op het Restauratieplan De Vecht en de doelstelling voor een goed Ecologisch Potentieel uit de Kaderrichtlijn Water (KRW). Naast de nutriënten is onder de KRW ook een aantal microverontreinigingen aangewezen, de stroomgebiedsrelevante stoffen en de prioritair (gevaarlijke) stoffen. Voor deze stoffen zijn geen lozingsnormen voor rwzi Horstermeer of andere rwzi's in Nederland opgenomen.

Rwzi's worden beschouwd als een belangrijke puntbron van microverontreinigingen (waaronder KRW prioritaire stoffen). Voor de verwijdering van nutriënten en microverontreinigingen (specifiek KRW prioritaire - stoffen) in één procesgang is het 1-STEP® pilotonderzoek bij rwzi Horstermeer uitgevoerd. Door de positieve ervaringen en resultaten van dat onderzoek heeft Waternet besloten het 1-STEP® filter in te passen in het zuiveringsconcept van rwzi Horstermeer en daarmee primair de emissies van stikstof en fosfaat naar de Vecht te verminderen. Met de inpassing van het filter was ook een renovatie van de hoofdzuivering gemoeid, om het filter (kosten)effectief te kunnen bedrijven. Het 1-STEP® filter is in juli 2012 opgestart en vanaf die tijd is een monitoringsprogramma naar microverontreinigingen uitgevoerd.

HET 1-STEP® FILTER

Het 1-STEP® filter is een neerwaarts doorstroomd vastbedfilter met actiefkool als filtermedium. Naast de typische verwijdering van zwevende stof door filtratie vindt in het filter ook gelijktijdig biologische nitraatverwijdering, fysisch/chemische fosfaatverwijdering en verwijdering van microverontreinigingen door adsorptie aan actiefkool plaats.

MACROVERONTREINIGINGEN (NUTRIËNTEN N EN P, ZWEVENDESTOF, CZV EN BZV)

De prestaties voor de verwijdering van macroverontreinigingen zijn bepaald over de periode van 1 januari tot 22 september 2013. Die periode wordt beschouwd als een periode met "normaal bedrijf" van het 1-STEP® filter. In de periode daarvoor is het filter opgestart en geoptimaliseerd en vanaf 1 januari zijn de garantiemetingen uitgevoerd. De conclusie was dat het filter ruimschoots voldoet aan de gestelde eisen. Vanaf 1 januari 2013 is het filter in regulier bedrijf geweest. Tijdens het gehele monitoringsonderzoek zijn de renovatiewerkzaamheden aan de hoofdzuivering doorgegaan. Daardoor was de kwaliteit van het water van afloop nabezinktank geregeld niet binnen de ontwerpgrenzen van het filter. De gemiddelde verwijdering van N- en P-totaal over de gehele monitoringsperiode lijkt daarom soms minder goed dan op basis van de ontwerprichtlijnen verwacht werd.

De gemiddelde concentraties en verwijderingsrendementen van N-totaal, nitraat, P-totaal en orthofosfaat tijdens het monitoringsonderzoek staan in onderstaande tabel 1.

TABEL 1

CONCENTRATIES EN VERWIJDERINGSRENDEMENTEN STIKSTOF EN FOSFAAT

Component	Concentratie	Afloop NBT	Filtraat	Gemiddelde verwijdering
N-totaal	mg N/l	8,3	2,7	67%
Nitraat	mg N/l	5,2	0,3	93%
P-totaal	mg P/l	0,73	0,21	71%
Orthofosfaat	mg P/l	0,31	0,03	89%

Tijdens het monitoringsonderzoek was de gemiddelde concentratie zwevendestof in het filtraat 6,5 mg DS/l, het verwijderingsrendement was gemiddeld 32% en de ingaande concentratie zwevendestof 9,6 mg DS/l. De CZV-verwijdering was gemiddeld 19% met een effluentconcentratie van gemiddeld 29,9 mgO₂/l. Verwijderingsrendementen voor macroverontreinigingen lopen niet terug in de tijd. Deze processen zijn niet gerelateerd aan adsorptie, daarom speelt verzadiging van het filterbed geen rol.

MICROVERONTREINIGINGEN

Van de 45 geaccepteerde stoffen van de KRW prioritaire stoffenlijst zijn slechts 3 stoffen tijdens de monitoringsperiode boven de rapportagegrens gemeten in de afloop nabezinktank van rwzi Horstermeer. Het betreft het bestrijdingsmiddel diuron en de zware metalen lood en nikkel. Deze bevinding is positief als het gaat om de invloed van de lozing van rwzi Horstermeer op de concentratie van prioritaire stoffen in de Vecht, maar houdt tegelijkertijd in dat tijdens het monitoringsonderzoek maar weinig inzicht is verkregen in de verwijdering van prioritaire stoffen door het 1-STEP® filter.

De diuronconcentratie in afloop nabezinktank lag flink onder de vigerende norm voor oppervlaktewaterkwaliteit en iets boven de rapportagegrens. In het filtraat werd diuron niet meer boven de rapportagegrens aangetoond. De concentraties lood en nikkel in het water van afloop nabezinktank en filtraat lagen ook onder de vigerende norm voor oppervlaktewaterkwaliteit. Lood werd tussen de 20 en 70% verwijderd tot circa 22.500 bedvolumes. Nikkel werd niet verwijderd.

Alleen microverontreinigingen in de groep geneesmiddelen (geen KRW prioritaire stoffen) werden vaak boven de rapportagegrens gemeten in afloop nabezinktank. In totaal zijn 44 geneesmiddelen geanalyseerd, daarvan werden 34 geneesmiddelen meer dan eens boven de rapportagegrens aangetroffen in afloop nabezinktank. Van deze 34 geneesmiddelen hebben 21 geneesmiddelen concentraties in afloop nabezinktank die gemiddeld hoger liggen dan de concentratie in de Vecht. Het algemene beeld is dat in het begin een grote groep geneesmiddelen matig tot goed wordt verwijderd (30 tot 90%) maar dat het verwijderingsrendement sterk afneemt in de loop van de tijd. Rond 15.000 tot 20.000 bedvolumes (4,5 tot 6 maanden bij rwzi Horstermeer) is het verwijderingsrendement voor de meeste geneesmiddelen tot 0% gedaald.

Dit STOWA monitoringsonderzoek laat zien dat de veronderstelling dat rwzi's een belangrijke puntbron van KRW prioritaire stoffen zijn niet algemeen geldend is. Voor rwzi Horstermeer blijken de concentraties van de meeste KRW prioritaire stoffen onder de rapportagegrens te liggen (de maximale KRW-oppervlaktewater concentratie ligt boven de rapportagegrens voor deze stoffen).

OVERIGE VERONTREINIGINGEN

De kleur van het water nam gemiddeld met 16% af.

OPERATIONELE ASPECTEN

Coagulant (PAX214) werd tijdens de monitoringsperiode gedoseerd met een gemiddelde molaire Me:P verhouding van 3,1. Dit was lager dan de Me:P adviesratio uit het pilotonderzoek van 4,0. Het gemiddeld methanolverbruik tijdens de gehele monitoringsperiode was 4,2 g CZV/g NO_x-N. Na optimalisatie begin mei 2013 was het 3,9 g CZV/g NO_x-N. In beide gevallen viel de methanoldosering lager uit dan de geadviseerde doseerratio uit het pilotonderzoek van 4,5 g CZV/g NO_x-N.

Het elektriciteitsverbruik van de praktijkinstallatie was gemiddeld 0,04 kWh per m³ behandeld water en het spoelwaterverbruik 12%. Het geschat elektriciteitsverbruik op basis van pilotonderzoek was 0,06 kWh/m³, de praktijkinstallatie heeft dus een lager energieverbruik. Het spoelwaterverbruik van de pilot was gelijk aan dat van de praktijkinstallatie. De gemiddelde totale downtime (inclusief terugspoeling) vanaf 1 januari tot september 2013 was 9,9%. Daarvan is circa 5% het gevolg van reguliere spoeling en de overige circa 4,9% het gevolg van storingen of het bypassen van het filter vanwege een te hoge aanvoer van zwevendestof vanuit de nabezinktank. Dit laatste zegt niets over de prestaties van het 1-STEP® filter.

INTERPRETATIE MONITORINGSRESULTATEN

Door de renovatie van rwzi Horstermeer zijn de aanvoercharacteristieken zeer sterk gewijzigd. Daarom is een goed vergelijk tussen pilot- en monitoringsonderzoek erg lastig en zonder voldoende context onmogelijk. Parameters waarvoor vergelijking mogelijk was zijn weergegeven in tabel 2.

Met zekerheid kan worden vastgesteld dat bij het full-scale filter de gemiddelde verwijdering van nitraat 93% en van orthofosfaat 89% was. Bij het pilotonderzoek was de verwijdering lager, respectievelijk voor nitraat 78% en voor orthofosfaat 76%.

Door een verbeterde regeling van de chemicaliëndosering ligt het chemicaliënverbruik van de full-scale installatie lager dan bij het pilotonderzoek. Bij deze verbeterde chemicaliëndosering wordt naast de ingaande concentratie van nitraat en orthofosfaat ook gekeken naar de filtraatconcentraties van nitraat en orthofosfaat.

Voor het beoordelen van de verwijdering van zwevendestof is gekeken naar de te behalen eindconcentratie zwevendestof en het verwijderingsrendement. Tijdens met monitoringsonderzoek was de gemiddelde concentratie zwevendestof in het filtraat 6,5 mg DS/l, bij een verwijderingsrendement van gemiddeld 32%. De ingaande concentratie zwevendestof was gemiddeld 9,6 mg DS/l. De filtraatconcentratie en verwijderingsrendement wijken negatief af van de resultaten van het pilotonderzoek 1-STEP® filter en het project actiefkoolfiltratie. Of de resultaten met elkaar vergeleken mogen worden is twijfelachtig. Met name de zwevendestofmatrix zou het grote verschil tussen de onderzoeken kunnen verklaren. Aanvullend onderzoek naar de invloed van de zwevendestofmatrix op de te behalen filtraatconcentratie / verwijderingsrendement is aan te bevelen.

TABEL 2

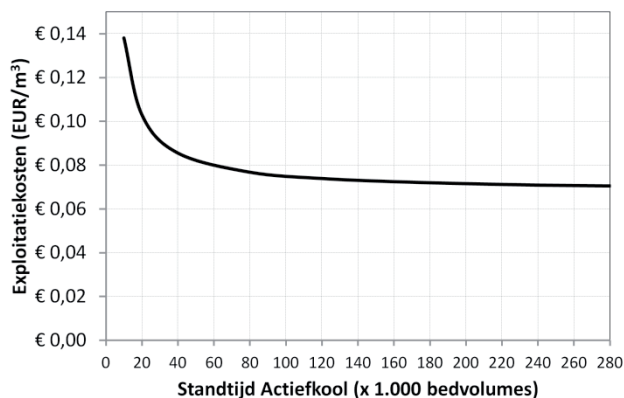
VERGELIJKINGSTABEL PILOT- EN MONITORINGSONDERZOEK

Parameter	Eenheid	Pilotonderzoek	Monitoringsonderzoek
Filtratiesnelheid	m/u	10-15	6 - 11
Energieverbruik	kWh/m ³ filtraat	0,06	0,04
Spoelwaterverbruik	%	12%	12%
Stikstof			
N-totaal concentratie (ANBT)	mg N/l	13,7 (5,2 - 34)	8,3 (3,0 - 13,8)
Nitraatconcentratie (ANBT)	mg N/l	10,5 (4,2 - 28)	5,2 (2,0 - 7,9)
Nitraatverwijdering	%	max 90%	max 99%
		gem 78%	gem 93%
Methanol dosering	kg CZV / kg NO _x -N	4,5	4,2
Fosfaat			
P-totaal concentratie (ANBT)	mg P/l	0,9 (0,3-2,7)	0,7 (0,2-2,5)
Orthofosfaatconcentratie (ANBT)	mg P/l	0,4 (0,1-2,0)	0,3 (0,03-1,9)
Orthofosfaatverwijdering	%	max 85%	max 99%
		gem 76%	gem 89%
PAX dosering (PAX 11 pilot en PAX 214 praktijk)	mol Al / mol PO ₄ -P	4	3,1
Zwevendestof/troebelheid			
Gemiddelde zwevendestofconc. (ANBT)	mg DS/l	11	9,6
Gemiddelde verwijdering troebelheid		73% (o.b.v. troebelheid)	32% (o.b.v. DS)

De specifieke waterbehandelingskosten van het 1-STEP® filter lopen op bij een kortere standtijd van het actiefkool. Afhankelijk van de doelstof en de bijbehorende standtijd liggen de specifieke kosten tussen de EUR 0,14 per m³ voor vergaande verwijdering van microverontreinigingen en EUR 0,07 per m³ voor N- en P-verwijdering zoals getoond in afbeelding 1.

De conclusies over de verwijdering van microverontreinigingen in het full-scale 1-STEP® filter komen overeen met de conclusies van het 1-STEP® pilotonderzoek en van het STOWA project actiefkoolfiltratie. Bij beide referentieprojecten werd rwzi effluent zonder verdere behandeling over een actiefkoolfilter geleid. Het vergelijk met de conclusie van het STOWA project actiefkoolfiltratie geeft aan dat het verwijderingsrendement van microverontreinigingen niet aantoonbaar afneemt door combinatie van vergaande verwijdering van stikstof en fosfaat in het 1-STEP® filter.

AFBEELDING 1 SPECIFIEKE BEHANDELINGSKOSTEN ALS FUNCTIE VAN STANDTIJD ACTIEFKOOL



ERVARINGEN BEDRIJFSVOERING

De algemene ervaring met het full-scale 1-STEP® filter is dat er onder “normale” omstandigheden weinig tot geen processtoringen zijn. Ook kunnen optimalisaties in het proces makkelijk worden doorgevoerd. Overige belangrijke aspecten zijn:

- ondanks instabiele stikstofaanvoer en methanoldosering tijdens de opstart kwam de denitrificatie snel en goed op gang;
- positionering van procesmetingen in een deelstroom kan door neveneffecten in de deelstroom resulteren in niet representatieve metingen. Goede menging en doorstroming van de deelstroom is essentieel voor goede metingen;
- overdosering van methanol resulteerde in H₂S productie. H₂S gasveiligheid en optimalisatie van methanoldosering zijn belangrijke aspecten van het filterbedrijf;
- een hoge drogestofbelasting op het filter (door een combinatie van een hoge aanvoer van organisch materiaal, nitraat en orthofosfaat) kan leiden tot het snel en ongeveer gelijktijdig dichtslaan van alle filters. Dit geeft problemen met terugspoeling van de filters. Bij extreme situaties moet nog handmatig worden ingegrepen om het dichtslaan van de filters te voorkomen.

ALGEMEEN

De algemene conclusies van dit monitoringsonderzoek zijn:

- Stikstof- en fosfaatverwijdering presteert ook op full-scale goed en behaalt de gestelde eisen.
- Binnen de monitoringsperiode had de standtijd van actiefkool geen effect op het verwijderingsrendement van macroverontreinigingen (nutriënten N en P, zwevendestof, CZV en BZV).
- De verwijdering van slechts een beperkt aantal microverontreinigingen kan worden vergeleken met het project actiefkoolfiltratie. De verwijdering van deze microverontreinigingen wordt door de combinatie van processen niet aantoonbaar verslechterd.
- Bij microverontreinigingen is vastgesteld dat een grote groep medicijnen tot 15.000 - 20.000 bedvolumes tot op zekere hoogte wordt verwijderd. Voor alle overige stofgroepen valt geen conclusie te trekken. De verwijderbaarheid van microverontreinigingen in het 1-STEP® filter kan kwantitatief alleen op individueel stofniveau worden beoordeeld.
- De resultaten laten zien dat het opschalen van pilot-scale naar full-scale succesvol is geweest. Waar vergelijkbaar mogelijk is zijn de zuiveringsprestaties vergelijkbaar of beter op full-scale dan op pilot-scale. Ook is het chemicaliënverbruik in de praktijk lager dan bij het pilotonderzoek.

DE STOWA IN HET KORT

De Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer, kortweg STOWA, is het onderzoeksplatform van Nederlandse waterbeheerders. Deelnemers zijn alle beheerders van grondwater en oppervlaktewater in landelijk en stedelijk gebied, beheerders van installaties voor de zuivering van huishoudelijk afvalwater en beheerders van waterkeringen. Dat zijn alle waterschappen, hoogheemraadschappen en zuiveringsschappen en de provincies.

De waterbeheerders gebruiken de STOWA voor het realiseren van toegepast technisch, natuurwetenschappelijk, bestuurlijk juridisch en sociaal-wetenschappelijk onderzoek dat voor hen van gemeenschappelijk belang is. Onderzoeksprogramma's komen tot stand op basis van inventarisaties van de behoefte bij de deelnemers. Onderzoekssuggesties van derden, zoals kennisinstituten en adviesbureaus, zijn van harte welkom. Deze suggesties toetst de STOWA aan de behoeften van de deelnemers.

De STOWA verricht zelf geen onderzoek, maar laat dit uitvoeren door gespecialiseerde instanties. De onderzoeken worden begeleid door begeleidingscommissies. Deze zijn samengesteld uit medewerkers van de deelnemers, zonodig aangevuld met andere deskundigen.

Het geld voor onderzoek, ontwikkeling, informatie en diensten brengen de deelnemers samen bijeen. Momenteel bedraagt het jaarlijkse budget zo'n 6,5 miljoen euro.

U kunt de STOWA bereiken op telefoonnummer: 033 - 460 32 00.

Ons adres luidt: STOWA, Postbus 2180, 3800 CD Amersfoort.

Email: stowa@stowa.nl.

Website: www.stowa.nl

SUMMARY

The WWTP Horstermeer is operated by Waternet and the WWTP treats the wastewater of the communities Naarden/Bussum, Hilversum West, Gemeente Wijdemeren, 's - Graveland, Loosdrecht en Nederhorst den Berg and discharges the treated water to the river De Vecht. The river De Vecht is situated in an area which is sensitive to eutrophication. Therefore stringent quality standards for effluent apply to the WWTP for nitrogen and phosphate (N = 5 and P = 0.5 mg/l). These standards are based on recovery plans for the Vecht and on targets for good ecological potential from the Water Framework Directive (WFD). Beside the nutrients within the WFD quality, standards exist for surface water specific substances and for a selection of micropollutants, so called priority substances. There are no discharge limits for these substances for WWTP Horstermeer or any other WWTP in the Netherlands.

WWTPs are often considered important point sources for the emission of WFD priority substances. For the removal of nutrients and micro pollutants, including WFD priority- and relevant substances in one process the 1-STEP® pilot research was executed at WWTP Horstermeer. Because of the positive experiences and results gained during that research Waternet decided to incorporate the 1-STEP® filter in the total treatment concept of WWTP Horstermeer to primarily reduce the emissions of nitrogen and phosphate to the river De Vecht. To operate the filter (cost)effectively the main treatment section of the WWTP was also renovated. Startup of the 1-STEP® filter was done in July 2012, from that time onward a monitoring program was executed.

THE 1-STEP® FILTER

The 1-STEP® filter is a fixed bed filter operated with a downward flow. The filter medium is activated carbon. Next to the removal of suspended solids which is typical for filters, the filter also achieves simultaneous biological denitrification, physical/chemical removal of phosphate and removal of micropollutants by adsorption to the activated carbon.

MACROPOLLUTANTS (NUTRIENTS N AND P, SUSPENDED SOLIDS, COD AND BOD)

The performance with respect to the removal of macropollutants was observed over the period from January 1st till September 22nd 2013. Over that period the 1-STEP® filter was considered to be in "normal operation". In the period before the filter was started and optimised. From January 1st 2013 performance control measurements were executed to verify whether the filter removes nitrate and orthophosphate as specified in the contract. The conclusion was that the filter complies to the contract. Since January 2013 the filter ran in normal operation. During this monitoring project construction activities at WWTP Horstermeer continued. That resulted in a feed to the filter which was regularly off-spec compared to design parameters, especially with regard to the concentration of phosphate. Therefore the removal of nitrogen and phosphate, averaged over the whole monitoring period, was less than expected, based on the design.

The concentration and removal efficiencies of N-total, nitrate, P-total and orthophosphate, averaged over the entire monitoring period, are presented in table 1.

TABLE 1

CONCENTRATIONS AND REMOVAL EFFICIENCIES OF NITROGEN AND PHOSPHATE

Component	Concentration	Filter supply	Filtrate	Average removal
N-total	mg N/L	8.3	2.7	67%
Nitrate	mg N/L	5.2	0.3	93%
P-total	mg P/L	0.73	0.21	71%
Orthophosphate	mg P/L	0.31	0.03	89%

The average suspended solids concentration in the filtrate during the monitoring programme was 6.5 mg DS/L. The average removal efficiency was 32% and the feed concentration was 9.6 mg DS/L. The COD-removal was 19% on average which resulted in an average concentration in the filtrate of 29.9 mg O₂/L. The removal efficiency of macropollutants does not decrease over time. These processes are not related to adsorption, therefore saturation of the filter material does not influence the removal efficiency.

MICROPOLLUTANTS

Only 3 of the 45 accepted substances from the WFD priority substances were found above the detection limit in the effluent from WWTP Horstermeer. These 3 substances were the pesticide diuron and the metals lead and nickel. These results are positive regarding the impact of the discharge of WWTP Horstermeer on the concentration of priority substances in the river De Vecht. But it also means that during this monitoring project only limited information was obtained regarding the removal of priority substances by the 1-STEP® filter.

The concentration of diuron in the effluent of WWTP Horstermeer was much below the quality limit for surface water and just above the reporting limit. In the filtrate diuron was no longer detected above the reporting limit. The concentration of the metals lead and nickel in the feed to the filter were also below the quality limit for surface water. Lead was removed with 20 to 70% up to 22,500 treated filter bed volumes. Nickel was not removed.

Only micropollutants in the group of medicines (which are not WFD priority substances) were often detected above the reporting limit as well in the feed to the filter as in the filtrate. In total 44 medicines were analysed of which 34 were reported more than once above the reporting limit. Of the 34 medicines, 21 were detected in concentrations that were higher than the concentration in the river De Vecht. A big group of these medicines was removed by 30 to 90% at the start of the runtime. After approximately 15,000 - 20,000 treated bed volumes (runtime of 4.5 - 6 months at WWTP Horstermeer) the removal efficiency for most medicines is reduced to 0%.

This STOWA monitoring programme indicated that the assumption 'WWTPs are considered as point sources of WFD priority substances' is not valid. For WWTP Horstermeer most of these substances were not detected (discharge limits are above detection limits)

OTHER POLLUTANTS

Colour of effluent was reduced with 16% on average.

OPERATIONAL ASPECTS

Coagulant (PAX 214) for removal of orthophosphate was dosed to the full-scale installation with an average Me:P molar ratio of 3.1. This was lower than the advised ratio of 4 based on the pilot research.

The average amount of methanol used for denitrification in the full-scale installation, during the entire monitoring period, was 4.2 g COD/g NO_x-N. After optimisation in the beginning of May 2013 the average ratio was 3.9 g COD/g NO_x-N. In both cases the ratio was lower than the advised ratio of 4.5 g COD/g NO_x-N based on pilot research.

Consumption of electricity by the full-scale was on average 0.04 kWh per m³ of treated water by the 1-STEP® filter. The backwash water use was 12%. The estimated consumption of electricity based on pilot research was 0.06 kWh/m³ and thus higher than what was achieved during the monitoring project. The backwash water consumption was similar. The average total downtime (including backwash) from January 1st till September 22nd 2013 was 9.9% of which about 5% was the result of normal backwashing of the filter. The other approximate 4.9% was the result of system malfunctions, but mostly the result of a concentration of suspended solids that was too high in the feed to the filter, which automatically activated the bypass to prevent clogging of the filter. This does not affect the performance of the filter.

INTERPRETATION OF RESULTS

Because of the renovation of WWTP Horstermeer the characteristics of the feed to the filter were changed as compared to the pilot research. Therefore a proper comparison between pilot- and monitoring results is difficult and without sufficient context even impossible. Some aspects could be compared. These aspects are presented in table 2.

The removal of nitrate and orthophosphate of the full-scale installation was 93% and 89% respectively. The pilot research demonstrated a lower nitrate and phosphate removal efficiency of respectively 78% and 76%.

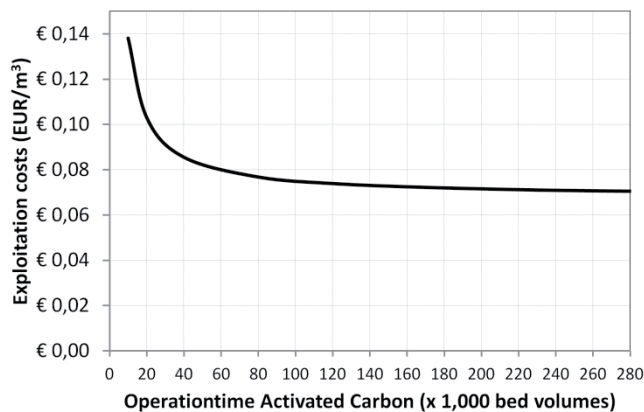
The chemical consumption was lower in the full scale installation, due to improved chemical dosing. The improved chemical dosing is not only based on the feed concentration of nitrate and phosphate, but also takes the filtrate concentrations into account.

The filtrate concentration of suspended solids and their removal efficiency are used for the validation of the removal of suspended solids. The average suspended solids concentration in the filtrate during the monitoring programme was 6.5 mg DS/L. The average removal efficiency was 32% and the feed concentration was 9.6 mg DS/L. The filtrate concentration is above and removal efficiency is below the results reported in the STOWA projects for the 1-STEP® pilot research and activated carbon filtration. It is doubtful if the results of these projects can be compared. A similar matrix of suspended solids is required for this comparison. Additional research is proposed to determine the relation between the matrix of suspended solids and the removal of suspended solids.

TABLE 2 COMPARISON TABLE OF PILOT- EN MONITORING RESEARCH

Aspect	Unit	Pilot research	Monitoring project
Filtration rate	m/h	10-15	6 - 11
Energy consumption	kWh/m ³ filtrate	0.06	0.04
Backwash water consumption	%	12%	12%
Nitrate			
N-total filter supply	mg N/l	13.7 (5.2 - 34)	8.3 (3.0 - 13.,8)
Nitrate filter supply	mg N/l	10.5 (4.2 - 28)	5.2 (2.0 - 7.9)
Nitrate removal	%	max 90%	max 99%
		average 78%	average 93%
Methanol dosing	kg COD / kg NO _x -N	4.5	4.2
Phosphate			
P-total filter supply	mg P/l	0.9 (0.3-2.7)	0.7 (0.2-2.5)
Orthophosphate filter supply	mg P/l	0.4 (0.1-2.0)	0.3 (0.03-1.9)
Orthophosphate removal	%	max 85%	max 99%
		average 76%	average 89%
PAX dosing (PAX 11 pilot, PAX 214 full scale)	mol Al / mol PO ₄ -P	4	3.1
Suspended solids/turbidity			
Average suspended solids filter supply	mg DS/L	11	9.6
Suspended solids removal		73% (turbidity based)	32% (DS based)

FIGURE 1 SPECIFIC TREATMENT COSTS AS FUNCTION OF THE ACTIVATED CARBON OPERATING TIME



The specific costs for wastewater treatment with the 1-STEP® filter increase as the operating time of activated carbon decreases. Depending on the substance(s) to be removed and the accompanying operating time the specific costs are between EUR 0.14 and EUR 0.07 (for N and P removal) per m³ treated as shown in figure 1.

The conclusions on the removal of micropollutants in the full-scale 1-STEP® filter are in accordance with the conclusions of the 1-STEP® pilot research (STOWA report 2009-34) and another STOWA project on activated carbon filtration of WWTP effluent (STOWA report 2010-27). During both reference projects WWTP effluent was directly fed to an activated carbon filter without any pre-treatment. The comparison with the STOWA project on activated carbon filtration demonstrates that the removal of micropollutants is not significantly lowered by the fact that the 1-STEP® filter combines this with advanced removal of nitrogen and phosphates.

OPERATIONAL EXPERIENCES

The overall experience with the full-scale 1-STEP® filter is that during “normal” conditions there are limited to no process upsets. Also optimisations in the process can be easily implemented. Other important operational experiences are:

- Despite the unstable supply of nitrate and dosing of methanol during start-up, denitrification started rapidly and performed well.
- Positioning of analysers in a side stream can result in unrepresentative results due to side effects. Sufficient mixing and flow through of a side stream is crucial for representative analysis.
- Excess dosing of methanol resulted in H₂S production. H₂S gas safety and optimisation of dosing of methanol are important aspects of filter operation.
- A high load of solids on the filter by a combination of high supply of organic material, nitrate and orthophosphate can quickly result in clogging of the filters (nearly all simultaneously). This results in a problem with backwashing of the filters. In case of extreme situations manual intervention is required to prevent further problems.

GENERAL

The overall conclusions of the monitoring project are:

- Removal of nitrogen- and phosphate also performed well on full-scale and performance requirements were achieved.
- Within the monitoring period the operating time of the activated carbon had no effect on the removal efficiency of macropollutants (nutrients N and P, suspended solids, COD and BOD).
- Although the removal of only a few micropollutants can be compared to the STOWA project on activated carbon filtration, the removal of these micropollutants is not significantly lowered by combining removal processes.
- Within the group of micropollutants, a large fraction of the medicines was removed up to 15,000 - 20,000 treated bed volumes. For any other group of micropollutants no such conclusion can be drawn. The removability of micropollutants in the 1-STEP® filter can only be evaluated quantitatively on the level of individual substances.
- The results show that upscaling the filter concept from pilot-scale to full-scale was successful. When parameters could be compared the performance was equal or better in full-scale. The consumption of chemicals was lower in full-scale than during pilot research.

THE STOWA IN BRIEF

The Foundation for Applied Water Research (in short, STOWA) is a research platform for Dutch water controllers. STOWA participants are all ground and surface water managers in rural and urban areas, managers of domestic wastewater treatment installations and dam inspectors.

The water controllers avail themselves of STOWA's facilities for the realisation of all kinds of applied technological, scientific, administrative legal and social scientific research activities that may be of communal importance. Research programmes are developed based on requirement reports generated by the institute's participants. Research suggestions proposed by third parties such as knowledge institutes and consultants, are more than welcome. After having received such suggestions STOWA then consults its participants in order to verify the need for such proposed research.

STOWA does not conduct any research itself, instead it commissions specialised bodies to do the required research. All the studies are supervised by supervisory boards composed of staff from the various participating organisations and, where necessary, experts are brought in.

The money required for research, development, information and other services is raised by the various participating parties. At the moment, this amounts to an annual budget of some 6,5 million euro.

For telephone contact number is: +31 (0)33 - 460 32 00.

The postal address is: STOWA, P.O. Box 2180, 3800 CD Amersfoort.

E-mail: stowa@stowa.nl.

Website: www.stowa.nl.

MONITORING 1-STEP® FILTER HORSTERMEER

INHOUD

	TEN GELEIDE	
	SAMENVATTING	
	STOWA IN HET KORT	
	SUMMARY	
	STOWA IN BRIEF	
1	INLEIDING	1
	1.1 Achtergrond	1
	1.2 Doelstelling en onderzoeksvragen	2
	1.3 Leeswijzer	3
2	METHODEN EN TECHNIEKEN	4
	2.1 Beschrijving 1-STEP® filter Horstermeer	4
	2.2 Ontwerpuitgangspunten 1-STEP® filter Horstermeer	6
	2.3 Monitoringsprogramma	7
	2.4 Overige aspecten	9
	2.4.1 Fosfaatverdeling	9
	2.4.2 Gehanteerde normen	9

3	PRESTATIES TIJDENS MONITORINGSPROGRAMMA	11
3.1	Verwijdering macroverontreinigingen (nutriënten N en P, zwevende stof, CZV en BZV)	11
3.1.1	Stikstof	11
3.1.2	Fosfaat	12
3.1.3	Zwevende stof en CZV	14
3.2	Verwijdering microverontreinigingen	15
3.2.1	Zware Metalen	16
3.2.2	Geneesmiddelen	18
3.2.3	Bestrijdingsmiddelen	19
3.2.4	Hormoonverstorende stoffen	20
3.2.5	Polycyclische aromatische koolwaterstoffen (PAK's)	21
3.2.6	Polychloorbifenylen (PCB's)	21
3.2.7	Antibiotica	21
3.3	Overige parameters	22
3.3.1	Kleur	22
3.3.2	Toxiciteit	22
4	OPERATIONELE ASPECTEN	23
4.1	Energie en chemicaliën	23
4.2	Spoelwater	24
4.3	Downtime	24
5	INTERPRETATIE MONITORINGSRESULTATEN	26
5.1	Vergelijk met STOWA-rapportage 1-STEP® filter (2009-34)	26
5.1.1	Overzicht stikstof- en fosfaatverwijdering en chemicaliënverbruik	26
5.1.2	Macroverontreinigingen	26
5.1.3	Microverontreinigingen	30
5.1.4	Exploitatielasten	31
5.2	Vergelijk met STOWA-rapportage actiefkoolfiltratie op afloop NBT (2010-27)	32
5.3	Vergelijk met geneesmiddelenconcentraties in de Vecht	34
6	ERVARINGEN BEDRIJFSVOERING	35
6.1	Achtergrond bedrijfsvoering 1-STEP® filter	35
6.2	Beschrijving ervaringen bedrijfsvoering	35
7	CONCLUSIES	39
8	DISCUSSIE EN AANBEVELINGEN	43
	BIJLAGEN	
1	GRAFIEKEN MICROVERONTREINIGINGEN	45
2	TABEL MICROVERONTREINIGINGEN ONDER RAPPORTAGEGREN	53
3	PROBLEEMSTOFFEN IN DE VECHT	67

1

INLEIDING

1.1 ACHTERGROND

De rwzi Horstermeer behandelt het afvalwater van Naarden/Bussum, Hilversum West, Gemeente Wijdmeren, 's-Graveland, Loosdrecht en Nederhorst den Berg en loost het gezuiverde water op de Vecht. De rwzi is in bedrijf genomen in 1986 en wordt gerenoveerd in de periode 2011-2014. De oorspronkelijke ontwerpcapaciteit was 160.000 i.e. (à 54 g BZV/i.e.dag) en hydraulisch 5.000 m³/h. De renovatie heeft als doel de stikstof en fosfaatvrachten uit de hoofdzuivering te verlagen door verdergaande stikstofverwijdering en biologische fosfaatverwijdering te introduceren voor een capaciteit van 165.000 i.e. (à 136 g TZV/i.e.dag). Alleen door deze aanpassing kan het nageschakelde 1-STEP® filter (kosten)effectief worden ingepast in het totale zuiveringsconcept van rwzi Horstermeer. De hydraulische capaciteit bleef na de renovatie ongewijzigd.

rwzi Horstermeer loost op de Vecht en de Vecht ligt in een gebied dat gevoelig is voor eutrofiëring. Daarom zijn bij de oorspronkelijke rwzi al aanvullende eisen aan de stikstofverwijdering gesteld. Inmiddels gelden er strengere effluenteisen voor stikstof en fosfaat (N = 5 en P = 0,5). Deze eisen zijn gebaseerd op het Restauratieplan de Vecht en de doelstelling voor een goed Ecologisch Potentieel uit de Kaderrichtlijn Water (KRW). Onder de KRW vallen ook een aantal microverontreinigingen, ofwel prioritaire stoffen. Er zijn echter geen lozingseisen voor prioritaire stoffen voor rwzi Horstermeer of andere rwzi's in Nederland.

De Kaderrichtlijn water (KRW) beoogt onder meer het behoeden van aquatische ecosystemen voor verdere achteruitgang en het beschermen en verbeteren ervan. De KRW geeft aan dat één van de manieren om deze doelen te bereiken wordt gevonden in het treffen van specifieke maatregelen voor de progressieve vermindering van lozingen, emissies en verliezen van prioritaire stoffen en door het stopzetten of geleidelijk beëindigen van lozingen, emissies of verliezen van prioritaire gevaarlijke stoffen.

Prioritaire stoffen komen via verschillende wegen in het milieu, waarbij voor een aantal prioritaire stoffen een belangrijke puntbron wordt gevonden in het effluent van rwzi's. Voor verminderen van emissies van prioritaire stoffen maar ook voor verwijdering van niet prioritaire, maar wel KRW relevante stoffen, zoals stikstof en fosfaat, heeft de STOWA in samenwerking met Waternet en Norit¹ (tegenwoordig Cabot) in 2008 en 2009 het pilotonderzoek '1-STEP® filter als effluent polishingstechniek' uitgevoerd bij rwzi Horstermeer. Het doel van het pilotonderzoek was de ontwikkeling van een filtratietechniek die verwijdering van al deze stoffen in één procesgang bewerkstelligt.

Tijdens het 1-STEP® pilotonderzoek is zowel effluentnabehandeling met behulp van zandfiltratie als 1-STEP® filtratie onderzocht. Dat pilotonderzoek is met zodanig positieve resultaten en goede ervaringen afgesloten, dat Waternet besloten heeft het 1-STEP® filter als full-scale

1 De resultaten van dit proefonderzoek zijn vastgelegd in het STOWA-rapport 2009-34

nageschakelde techniek toe te passen op rwzi Horstermeer en daarmee primair de emissies van stikstof en fosfaat naar de Vecht te verminderen. Het filter is in juli 2012 opgestart. Vanaf de opstart zijn de prestaties van het filter in de praktijk gemonitord en zijn bedrijfsvoering-ervaringen vastgelegd.

Het voorliggende rapport rapporteert de resultaten van het monitoringsprogramma van het 1-STEP® filter vanaf opstart in juli 2012 tot september 2013.

1.2 DOELSTELLING EN ONDERZOEKSVRAGEN

De doelstellingen van dit project zijn:

- Monitoring van de verwijdering van KRW-relevante en KRW-prioritaire stoffen in het 1-STEP® filter.
- Vastleggen van bedrijfsvoeringervaring met het 1-STEP® filter.

Voor het behalen van de doelstellingen van het project en het in perspectief plaatsen van de resultaten zijn de onderstaande deelvragen opgesteld.

VERWIJDERINGSPRESTATIES TIJDENS MONITORINGSPROGRAMMA

1. Wat zijn de verwijderingsrendementen voor stikstof, fosfaat, zwevende stof, CZV, BZV en kleur? (In deze rapportage worden de nutriënten stikstof en fosfaat, zwevende stof, CZV en BZV benoemd als macro-verontreinigingen en wordt kleur als overige parameter benoemd.)
2. Welke microverontreinigingen worden aangetroffen in de afloop nabezinktank met een concentratie die (voor de betreffende stof) boven de rapportagegrens ligt?
3. Wat zijn de verwijderingsrendementen van deze stoffen in het 1-STEP® filter?

INTERPRETATIE MONITORINGRESULTATEN

4. Hoe verhouden de concentraties van deze stoffen zich tot de vigerende Nederlandse milieukwaliteitsnormen?
5. Hoe verhouden de resultaten uit de monitoringsperiode zich tot de resultaten uit de STOWA rapporten 2009-34 (1-STEP® filter als effluentpolishingtechniek) en 2010-27 (Actiefkoolfiltratie op afloop nabezinktank)?

OPERATIONELE PRESTATIES 1-STEP® FILTER

6. Hoe groot is het verbruik van spoelwater, elektriciteit en chemicaliën?
7. Wat is het effect van een kortere standtijd van actiefkool op de kosten per m³ behandeld effluent?
8. Is de bedrijfsvoering van het 1-STEP® filter robuust en welke technische en technologische procesverstoringen komen er voor?

1.3 LEESWIJZER

Hoofdstuk 2 beschrijft het 1-STEP® filter en het monitoringsprogramma op hoofdlijnen. Daarnaast worden enkele begrippen en definities uitgelegd die in dit rapport voorkomen. In hoofdstuk 3 worden alle resultaten van het monitoringsonderzoek gepresenteerd die betrekking hebben op de verwijdering van macro- en microverontreinigingen en overige componenten. De operationele aspecten worden behandeld in hoofdstuk 4.

In hoofdstuk 5 worden de verwijderingresultaten en operationele aspecten in perspectief geplaatst door vergelijk met het 1-STEP® pilotonderzoek en een ander project waarbij actief koolfiltratie werd toegepast op rwzi effluent. Verder worden in hoofdstuk 6 ervaringen rond de bedrijfsvoering beschreven.

In hoofdstuk 7 staat de conclusie en een korte beschouwing van de niet nader gekwantificeerde voordelen van het 1-STEP® filter volgt in hoofdstuk 8.

2

METHODEN EN TECHNIEKEN

2.1 BESCHRIJVING 1-STEP® FILTER HORSTERMEER

Het 1-STEP® filter is een neerwaarts doorstroomd vastbedfilter met actiefkool als filtermedium.

In het 1-STEP® filter (afbeelding 2.1) vindt verwijdering plaats zoals:

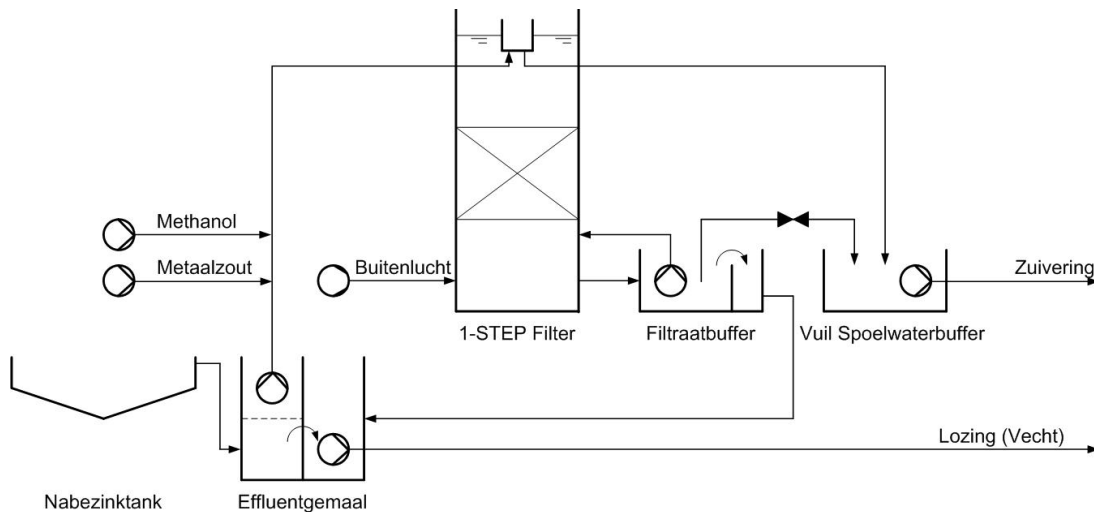
- zwevendestofverwijdering door filtratie;
- biologische nitraatverwijdering (denitrificatie) m.b.v. methanoldosering;
- fysisch/chemische fosfaatverwijdering door coagulantdosering;
- verwijdering van microverontreinigingen door adsorptie aan actiefkool.

AFBEELDING 2.1 PROCESSEN IN HET 1-STEP® FILTER (BRON: STOWA RAPPORT 2009-34)



Bij rwzi Horstermeer behandelt het 1-STEP® filter het volledige DWA effluentdebiet van 1.550 m³/u. Al het overige effluentdebiet wordt direct op de Vecht geloosd. Het processchema van het 1-STEP® filter Horstermeer staat in afbeelding 2.2, en enkele ontwerpgegevens staan in tabel 2.1.

AFBEELDING 2.2 PROCESSCHEMA 1-STEP® HORSTERMEER



Het water van afloop nabezinktanks (ANBT) stroomt naar het effluentgemaal. Het 1-STEP® filter wordt gevoed door twee pompen (totale capaciteit 1.550 m³/u, DWA) vanuit het effluentgemaal. De aanvoerleiding is uitgelegd op een maximale capaciteit van 2.500 m³/u en voorziet daarmee in een mogelijke toekomstige uitbreiding. Als het effluentdebiet groter is dan 1.550 m³/u wordt het overschot direct op de Vecht geloosd.

In het schema van afbeelding 2.2 staat één 1-STEP® filter weergegeven. Op rwzi Horstermeer bestaat het 1-STEP® filter uit vijf filtercompartimenten, die buiten zijn opgesteld. Naast de filtercompartimenten zijn belangrijke procesonderdelen de filtraatbuffer en de vuilspolwaterbuffer. Een deel van het filtraat wordt gebruikt om de 1-STEP® filters terug te spoelen. De stroom vuil spoelwater wordt via de vuilspolwaterbuffer teruggevoerd naar de hoofdzuivering (maximaal 400 m³/u). Het filter wordt discontinu teruggespoeld met water en lucht. Beluchting wordt gebruikt om het filterbed te “breken”.

In de leiding naar de filters wordt een koolstofbron (methanol) en een metaalzout gedoseerd, respectievelijk voor verwijdering van nitraat en fosfaat. In het filterbed wordt door micro-organismen nitraat omgezet in stikstofgas. Het toegevoegde metaalzout vormt samen met het orthofosfaat vlokken die in het filter worden afgevangen. Het filtraat wordt samen met het water van de nabezinktanks geloosd op de Vecht.

De filterinstallatie is continu in bedrijf om verkleaving van het filtermedium te voorkomen. Wanneer de toevoer vanuit de hoofdzuivering lager is dan de minimale hydraulische capaciteit van de toevoerpomp en de filters, wordt het filtraat gerecirculeerd via de vuilspolwaterbuffer en de hoofdzuivering.

Het filter is uitgerust met zowel een feed-forward - als een feed-backregeling op de dosering van methanol en coagulant.

De feed-forward methanoldosering vindt plaats op basis van de CZV-behoefte. Deze wordt berekend op basis van het toevoerdebiet vermenigvuldigd met de concentraties zuurstof en nitraat en een instelbare doseerverhouding g CZV/g NO_x-N en g CZV/g O₂. Met de feed-back regeling wordt gekeken of de eindconcentratie van NO_x-N hoger of lager ligt dan het setpoint. De methanoldosering wordt op basis van dit vergelijk aangepast.

De feed-forward regeling van de coagulantdosering moet zorgen voor een optimale dosering die orthofosfaat vergaand verwijderd maar gelijktijdig fosfaatlimitatie voor de biomassa in het filterbed voorkomt. Coagulantdosering wordt geregeld op basis van toevoerdebiet, orthofosfaatconcentratie, en de ratio $PO_4\text{-P}/NO_x\text{-N}$ in de toevoer. Daartoe wordt het debiet en de concentratie $PO_4\text{-P}$ en $NO_x\text{-N}$ continu online gemonitord. Bij een (instelbare) $PO_4\text{-P}/NO_x\text{-N}$ verhouding (nu 0,05) wordt maximaal coagulant gedoseerd. De dosering loopt lineair terug naar 0 tot een lagere (instelbare) $PO_4\text{-P}/NO_x\text{-N}$ verhouding (nu 0,02). Met de feed-back regeling wordt de filtraatconcentratie voor orthofosfaat / P_{totaal} (in te stellen welke toegepast wordt) vergeleken met het setpoint (gewenste filtraatconcentratie). De coagulantdosering wordt op basis van dit vergelijk aangepast.

TABEL 2.1 ONTWERPGEGEVENS EN FILTERCONFIGURATIE

ontwerpparameter	eenheid	ontwerp	operationeel
debiet	m ³ /u	1.550	1.154
filtratiesnelheid	m ³ /(m ² .u)	11	8
totaal filteroppervlak	m ²	140	140
filteroppervlak per unit	m ²	28	28
aantal units	#	5	5
ontwerpdebiet per filter	m ³ /u	310	231
hydraulische verblijftijd onder ontwerpdebiet	minuten	19	25
filterbedhoogte bij actiefkool als filtermateriaal	m	1,5	1,7
ontwerp vaste bovenwaterstand	m	2,0	1,8

De zuiverende werking van het 1-STEP® filter wordt veroorzaakt door een grote verscheidenheid aan mechanismen. De belangrijkste mechanismen staan in tabel 2.2.

TABEL 2.2 VERWIJDERINGSMECHANISMEN

hoofdcomponent	belangrijkste mechanismen
stikstofverbindingen	biologische omzetting, - vastlegging en filtratie
fosforverbindingen	coagulatie, flocculatie, filtratie en biologische vastlegging
organische vervuiling	biologische omzetting en - vastlegging
zwevende stof	filtratie
microverontreinigingen	adsorptie

2.2 ONTWERPUITGANGSPUNTEN 1-STEP® FILTER HORSTERMEER

Het 1-STEP® filter Horstermeer is primair ontworpen als nabehandelingstap voor de verwijdering van stikstof en fosfaat om te kunnen voldoen aan effluenteisen voor lozing op de Vecht. Door modulair ontwerp is rekening gehouden met mogelijke aanscherping van de effluenteisen en dus een uitbreiding van het filter in de toekomst. Tabel 2.3 geeft een overzicht van waterkwaliteit ANBT (afloop nabezinktank), prestatie-eisen voor het 1-STEP® filtraat en de eisen voor het totale effluent na 1-STEP® filtratie (inclusief het effluent dat niet door het filter gaat).

TABEL 2.3

UITGANGSPUNTEN WATERKWALITEIT EN FILTRAATKWALITEIT

parameter	eenheid	toetsing	ANBT	1-STEP® (prestatie-eis)	na 1-STEP® (WVO-eis)
CZV	mg O ₂ /l	grenswaarde (< 6 maal 100% oversch. p.j.)	nvt	nvt	<125
BZV	mg O ₂ /l	grenswaarde (< 6 maal 100% oversch. p.j.)	nvt	nvt	<20
ZS	mg DS/l	grenswaarde (< 6 maal 150% oversch. p.j.)	<20	nvt	<30
Nkj	mg N/l	streefwaarde	<2	nvt	nvt
NH ₄	mg N/l	streefwaarde	<1	nvt	nvt
NO _x	mg N/l	alleen 1-STEP® prestatie-eis	nvt	85% verwijdering ¹	nvt
N-totaal	mg N/l	jaargemiddelde	<10	nvt	<5
		zomergemiddelde	nvt	nvt	<3,8
P-totaal	mg P/l	voortschrijdend gemiddelde 10 monsters	<0,70	85% verwijdering ²	<0,5
zuurstof	mg O ₂ /l	grenswaarde	<5	nvt	5

2.3 MONITORINGSPROGRAMMA

Voor de bedrijfsvoering van het 1-STEP® filter wordt gebruik gemaakt van reguliere (online) procesmetingen. Om de werking van het 1-STEP® filter goed te kunnen volgen en de betrouwbaarheid van de online metingen te controleren laat Waternet van debietproportionele monsters de waterkwaliteit periodiek bepalen door een gecertificeerd lab. Voor dit monitoringsonderzoek zijn de gegevens van de reguliere bemonstering gebruikt aangevuld met analyses en bioassays voor een breed scala aan microverontreinigingen. De periodes waarin de analyses zijn uitgevoerd staan in tabel 2.4. Het 1-STEP® filter is in juni 2012 opgestart en in de periode tot 1 januari 2013 getest en geoptimaliseerd. Vanaf 1 januari 2013 zijn garantie-metingen uitgevoerd, de periode vanaf 1 januari 2013 wordt als “normaal bedrijf” beschouwd ondanks dat de renovatiewerkzaamheden aan de hoofdzuivering gedurende de hele looptijd van het monitoringsonderzoek hebben plaatsgevonden.

TABEL 2.4

UITGEVOERDE ANALYSES EN PERIODE

groep	type monster	monitoringsperiode
Reguliere (online) metingen	online meting	januari 2013 t/m september 2013
Waterkwaliteitsmetingen	24-uurs mengmonster	juli 2012 t/m september 2013
Microverontreinigingen	steekmonster	juli 2012 t/m januari 2013
	6-daags mengmonster	eenmalig augustus 2013

PROCESPARAMETERS

Het SCADA systeem van het 1-STEP® filter registreert data van online meters. De parameters die worden geregistreerd, de eenheid en de omrekening naar het specifieke verbruik staan in tabel 2.5.

TABEL 2.5 OVERZICHT ONLINE METINGEN

parameter	eenheid	specifiek verbruik
debiet	m ³ /u	-
NO _x	mg N/l	-
P-totaal en orthofosfaat	mg P/l	-
zuurstof alleen ANBT	mg O ₂ /l	
troebelheid alleen ANBT	mg/l (omgerekend naar zwevende stof)	
uptime	min/ dag	%
spolwater	m ³ /d	%
energieverbruik	kWh/d	kWh/m ³
methanolverbruik	kg/ d	kg CZV/ kg NO _x -N
metaalzoutverbruik (Al)	kg Al/ d	mol Al ³⁺ / mol PO ₄ -P

WATERKWALITEITSPARAMETERS

Waternet voert elke 6^e dag waterkwaliteitsanalyses uit van debietproportionele monsters van het influent, afloop nabezinktank, 1-STEP® filtraat en effluent. De parameters die werden geanalyseerd staan in tabel 2.6.

TABEL 2.6 OVERZICHT GEMETEN PARAMETERS

hoofdcategorie	parameter
organische vervuiling	CZV
stikstofverbindingen	Nkj, NO ₃ -N, NO ₂ -N, NH ₄ -N, N-totaal
fosforverbindingen	P-totaal, PO ₄ -P, P-totaal (<0,45 µm), PO ₄ -P (<0,45 µm)
overige bepalingen	zwevende stof (DS), kleur (UV254 nm)

MICROVERONTREINIGINGEN

Vanaf de opstart van het 1-STEP® filter medio juni 2012 tot en met januari 2013 is een selectie van (organische) microverontreinigingen gemeten in de afloop van de nabezinktank en het filtraat. Ook zijn brede GCMS scans uitgevoerd om aanwezige stoffen te identificeren. De stofgroepen die zijn geanalyseerd zijn: zware metalen, medicijnresten, bestrijdingsmiddelen en organische microverontreinigingen (PAK's, PCB's, ftalaten). De resultaten van alle metingen zijn terug te vinden in bijlage I en bijlage II. De verwerking en presentatie van de analyse-resultaten wordt verder toegelicht in paragraaf 3.2.

De analyses naar microverontreinigingen zijn uitgevoerd op steekmonsters met uitzondering van het monster op datum 13-08-2013, dat was een 6-daags debietproportioneel verzamelmonster. Steekmonsters geven nooit informatie over een tijdgemiddelde concentratie. Dat geldt ook voor de steekmonsters die zijn genomen ten behoeve van het 1-STEP® monitoringsonderzoek. Toch geven de steekmonsters in de afloop van de nabezinktank een redelijk inzicht in de effluentconcentratie over een langere tijd. Dit komt door de lange verblijftijd en grote mate van menging van het afvalwater in de aërietank. Om die reden geeft ook een steekmonster in de filtraattank van het 1-STEP® filter een redelijk inzicht in de filtraatconcentratie over een langere tijd ondanks dat de filtraattank veel kleiner is dan de aërietank. Alle monsterdata, bijbehorend aantal gefilterd bedvolumes en het effluentdebiet op die dag van rwzi Horstermeer zijn opgenomen in tabel 2.7. Bedvolumes zijn een maat voor de hoeveelheid water die actiefkoolbed heeft behandeld. Het 1-STEP® filter Horstermeer bevat 250 m³ aan actiefkool, 1,054 bedvolumes komt dus overeen met 250 × 1,054 = 263.500 m³ behandeld effluent. Uitgaande van een aanvoertijd van 16 uur per dag komt het DWA ontwerpdebiet van 1.550 m³/u overeen met 24.880 m³/dag. Dat debiet werd bij geen van de monsternamedagen overschreden dus alle monsters zijn genomen bij DWA.

TABEL 2.7

MONSTERNAMEDAGEN

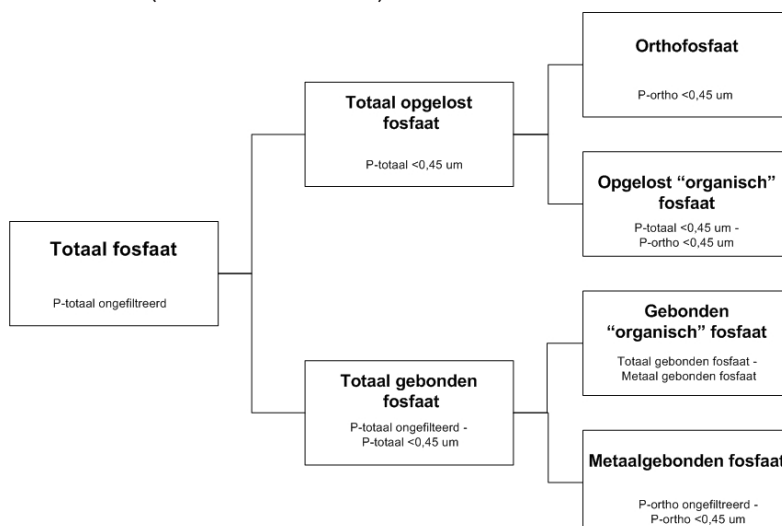
Monsternamedatum	Bedvolumes	Effluent rwzi Horstermeer (m3/dag)
5-07-12	1.054	13.857
24-08-12	6.322	15.105
8-11-12	14.330	19.379
13-12-12	18.017	20.824
15-01-13	21.494	19.937
6 dagen tot 13-08-13	43.621	17.790 (6 daags gemiddeld), max 22.915

2.4 OVERIGE ASPECTEN

2.4.1 FOSFAATVERDELING

Om de mechanismen die in het 1-STEP® filter voor fosfaatverwijdering verantwoordelijk zijn nauwkeurig te kunnen beoordelen is de fosfaatverdeling zoals weergegeven in afbeelding 2.3 toegepast, overeenkomstig met het STOWA 1-STEP® pilotonderzoek¹.

AFBEELDING 2.3 FOSFAATVERDELING (BRON: STOWA RAPPORT 2009-34)



2.4.2 GEHANTEERDE NORMEN

Voor deze STOWA-rapportage zijn de vigerende oppervlaktewaterkwaliteitsnormen voor de in de afloop nabezinktank aangetroffen stoffen opgezocht in de database van het RIVM "risico's van stoffen"². Deze database bevat een compleet overzicht van alle normen voor een stof, indien er voor die stof een norm is afgeleid. Er zijn overwegend drie typen normen voor oppervlaktewater: de MTR, JG-MKN en de MAC-MKN. De MTR wordt getoetst aan de 90-percentiel waarde van de gemeten concentraties, de JG-MKN aan de jaargemiddelde waarde. Individuele meetwaarden moeten voldoen aan de MAC-MKN³.

1 1-STEP® filter als effluentpolishingstechniek, STOWA-rapport 2009-34.

2 www.rivm.nl/rvs/Normen

3 Specifieke verontreinigende en drinkwater relevante stoffen onder de Kaderrichtlijn water, Selectie van potentieel relevante stoffen voor Nederland, RIVM Rapport 601714022/2012.

Indien beschikbaar is de MKN gehanteerd voor weergave en vergelijk in dit rapport. De MKN is de “nieuwe” norm onder de KRW. De “oude” MTR is met name afgeleid van directe ecotoxiciteit voor waterorganismen. De JG-MKN neemt ook doorvergiftiging van zoogdieren, vogels en mensen via consumptie van vis en schaaldieren mee bij de afleiding van de norm. Wanneer directe eco-toxiciteit de meest kritische route van een stof is, is de MTR getalsmatig vergelijkbaar met de JG-MKN. In sommige gevallen is de MTR een “ad-hoc” MTR, in dat geval is de procedure voor vaststelling van de MTR-waarde nog niet volledig doorlopen.

In dit rapport worden concentraties in afloop nabezinktank en filtraat vergeleken met de vigerende oppervlaktewaterkwaliteitsnorm. Deze vergelijking is enkel uitgevoerd om een referentiekader voor de gemeten concentraties te bieden, in de praktijk heeft deze vergelijking geen betekenis. De normen voor oppervlaktewaterkwaliteit gelden voor het gehele waterlichaam en niet voor een individuele lozing. De bijdrage van rwzi Horstermeer aan de totale doorstroming in de Vecht bedraagt bij benadering gemiddeld 20% en fluctueert sterk afhankelijk van de weersomstandigheden¹.

1 STOWA rapport 2011-09, gebiedstudie geneesmiddelen provincie Utrecht.

3

PRESTATIES TIJDENS MONITORINGSPROGRAMMA

3.1 VERWIJDERING MACROVERONTREINIGINGEN (NUTRIËNTEN N EN P, ZWEVENDE STOF, CZV EN BZV)

Onder macroverontreiniging vallen de KRW-relevante stoffen stikstof en fosfaat en de componenten CZV en zwevende stof. De MTR oppervlaktekwaliteitsnorm van N-totaal en -fosfaat zijn 2,2 mg N_{totaal}/l en 0,15 mg P_{totaal}/l. In navolgende paragrafen zijn alle gemiddelde concentraties en verwijderingsrendementen berekend voor de periode “normaal bedrijf” van het filter (januari 2013 tot september 2013). Tijdens het gehele monitoringsonderzoek zijn renovatiewerkzaamheden aan de hoofdzuivering uitgevoerd. Daardoor was de kwaliteit van het water van afloop nabezinktank, met name voor fosfaat, geregeld niet binnen de ontwerpgrenzen van de aanvoer van het filter (tabel 2.3). De gemiddelde verwijderingsrendementen van N- en P-totaal over de gehele monitoringsperiode liggen daardoor lager dan ten aanzien van de KRW-richtlijn wordt verwacht. De garantiemetingen uitgevoerd in januari, februari en maart 2013 hebben echter aangetoond dat het full-scale 1-STEP® filter de prestatie-eisen ruimschoots haalt wanneer de aanvoerconcentraties naar het filter onder de ontwerpconcentraties liggen.

3.1.1 STIKSTOF

De stikstofverwijdering in het 1-STEP® filter is het gevolg van drie mechanismen:

1. verwijdering van nitraat door denitrificatie in het filterbed;
2. verwijdering van (organisch) gebonden stikstof door filtratie;
3. vastlegging in biomassa.

De totale stikstofverwijdering in het 1-STEP® filter was gemiddeld 67% (5,6 mg N/l). Nitraatverwijdering levert met gemiddeld 4,9 mg N/l de grootste bijdrage aan dit resultaat. Het methanolverbruik dat hiervoor nodig is wordt verder toegelicht in paragraaf 4.1. De resterende stikstofverwijdering van ongeveer 0,8 mg N/l is hoofdzakelijk het gevolg van verwijdering van (organisch) gebonden stikstof door filtratie. Een onbekende fractie van de totale stikstofverwijdering is het resultaat van vastlegging in biomassa, dit is geschat op circa 1 mg N/l¹.

Tabel 3.1 laat een toename van ammonium zien. Een toename ligt niet in de lijn der verwachting. De oorzaak voor de vorming van ammonium is waarschijnlijk het gevolg van de afbraak van organische stof (ammonificatie) en (tijdelijke) overdosering van methanol, wat incidenteel heeft geleid tot H₂S productie en locale anaerobe omstandigheden. De methanoldosering in maart aangepast. Na 1 april 2013 trad geen ammoniumproductie meer op.

1 Op basis van de gemiddelde CZV vracht van methanoldosering vermenigvuldigd met een Yield van 0,4 g DS/g CZV en 10% stikstof in biomassa gedeeld door het gemiddelde toevoerdebiet.

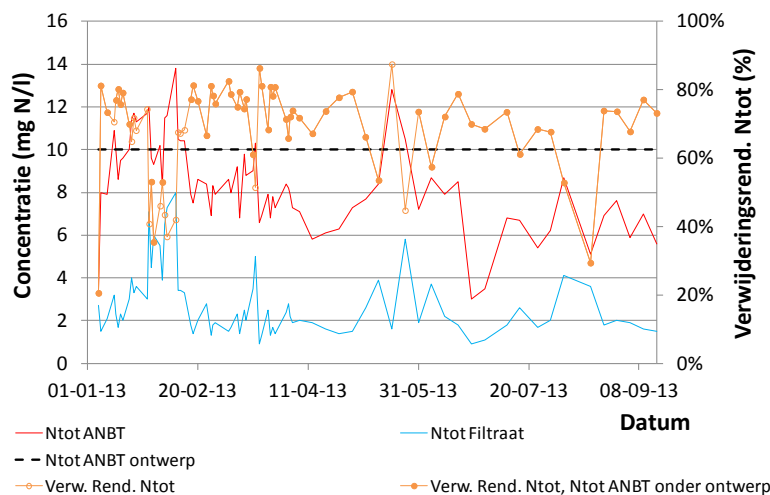
TABEL 3.1

VERWIJDERINGSRENDERMENTEN STIKSTOF VAN 1 JANUARI TOT 22 SEPTEMBER 2013

Component	Afloop NBT (mg N/l)	Filtraat (mg N/l)	Gemiddelde verwijdering (%)
N totaal	8,3	2,7	67
N Kjeldahl	3,0	2,3	24
Ammonium	1,1	1,2 ¹	-9
NO _x	5,3	0,4	92
Nitraat	5,2	0,3	93

In afbeelding 3.1 staan de concentraties N-totaal in afloop nabezinktank en filtraat en het verwijderingsrendement in de tijd. Ook is de N-totaal aanvoer ontwerpconcentratie van het 1-STEP® filter opgenomen. De gevulde symbolen in de curve van verwijderingsrendement tonen het rendement wanneer de aanvoerconcentratie van N-totaal lager was dan de ontwerpconcentratie. De ongepulde symbolen het rendement wanneer de aanvoerconcentratie hoger was dan de ontwerpconcentratie. Op enkele dagen na is de aanvoer N-totaal concentratie naar het filter lager dan de ontwerpconcentratie. Wanneer de aanvoerconcentratie voldoet wordt structureel een N-totaal filtraatconcentratie van <5 mg N/l behaald. Het verwijderingsrendement neemt niet af in de tijd.

AFBEELDING 3.1 N-TOTAAL



3.1.2 FOSFAAT

Het relevante fosfaatverwijderingsmechanisme is afhankelijk van de fosfaatfractie. Fosfaatverwijdering in het 1-STEP® filter is het gevolg van drie mechanismen:

1. coagulatie en flocculatie van orthofosfaat door dosering van metaalzout en verwijdering door filtratie;
2. verwijdering van organisch of metaalgebonden fosfaat door filtratie;
3. vastlegging in biomassa.

Het verwijderingsrendement van elke fractie is opgenomen in tabel 3.2. De resultaten worden grafisch weergegeven in afbeelding 3.2.

1 Van de periode begin april 2013 tot begin augustus 2013 zijn geen ammoniummetingen in afloop nabezinktank en fil-traat beschikbaar.

TABEL 3.2

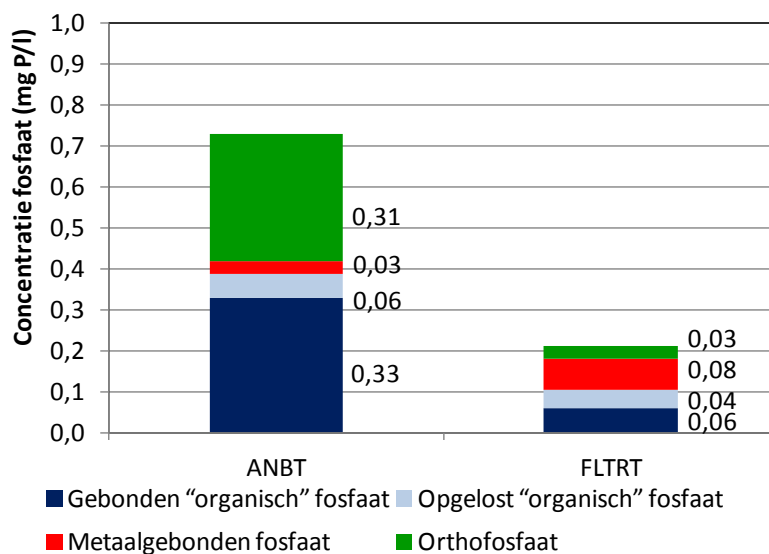
VERWIJDERINGSRENDEMENTEN FOSFAAT VAN 1 JANUARI TOT 22 SEPTEMBER 2013

Component	Afloop NBT (mg P/l)	Filtraat (mg P/l)	Gemiddelde verwijdering (%)
P-totaal	0,73	0,21	71
Orthofosfaat	0,31	0,03	90
Opgelost "organisch" fosfaat	0,06	0,04 ¹	28
Gebonden "organisch" fosfaat	0,33	0,06	82
Metaalgebonden fosfaat	0,03	0,08	-151

De totale fosfaatverwijdering was 71% (0,52 mg P/l). Verwijdering van organisch gebonden fosfaat door filtratie en de verwijdering van orthofosfaat door coagulatie, flocculatie en filtratie waren de belangrijkste twee mechanismen voor fosfaatverwijdering. Voor de fysisch/chemische fosfaatverwijdering is poly-aluminiumchloride (PAX) gedoseerd. Het PAX-verbruik wordt verder toegelicht in paragraaf 4.1.

Opgelost organisch fosfaat werd nauwelijks verwijderd en de metaalgebonden fosfaatconcentratie nam relatief sterk toe (meer dan een verdubbeling). Dit kan duiden op onvoldoende flocculatie van het metaalgebonden orthofosfaat na dosering van metaalzout en/of geen optimale filtratie. Met dezelfde biomassaproductieparameters als bij stikstofverwijdering is de geschatte bijdrage van fosfaatvastlegging in biomassa circa 0,15 mg P/l².

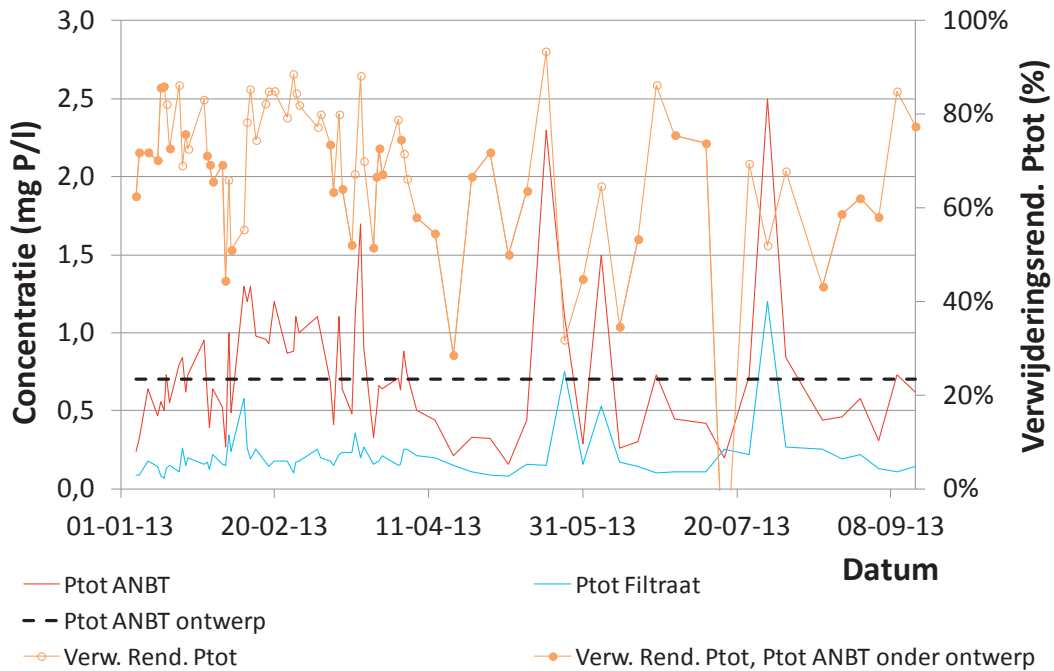
AFBEELDING 3.2 FOSFAATVERDELING



In afbeelding 3.3 staan de concentraties P-totaal in afloop nabezinktank en filtraat en het verwijderingsrendement in de tijd. Ook is de P-totaal aanvoer ontwerpconcentratie van het 1-STEP® filter opgenomen. De gevulde symbolen in de curve van verwijderingsrendement tonen het rendement wanneer de aanvoerconcentratie van P-totaal lager was dan de ontwerpconcentratie. De onge vulde symbolen het rendement wanneer de aanvoerconcentratie hoger was dan de ontwerpconcentratie. Het valt op dat het filter tijdens de monitoringsperiode regelmatig is belast met P-totaal concentraties boven de concentratie waarvoor deze is ontworpen. Wanneer de aanvoerconcentratie voldoet wordt structureel en P-totaal filtraatconcentratie van <0,3 mg P/l behaald. Het verwijderingsrendement neemt niet af in de tijd.

- 1 De werkelijke opgelost organisch fosfaatfractie zal iets lager omdat de rapportagegrens van P-totaal gefilterd over 0,45 µm van 0,05 mg P/l als meetwaarde is genomen, 31 van de 89 metingen waren lager dan de rapportagegrens
- 2 Berekend met fosfor percentage in biomassa van 1,5%.

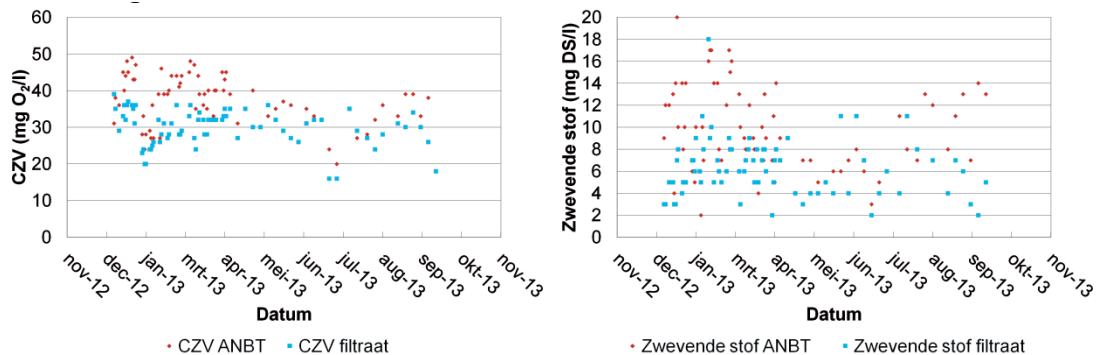
AFBEELDING 3.3 P-TOTAAL



3.1.3 ZWEVENDE STOF EN CZV

Zwevende stof in afloop nabezinktank geeft doorgaans een belangrijke bijdrage aan het CZV-gehalte in afloop nabezinktank. Gegevens van opgelost en niet-opgelost CZV in afloop nabezinktank van rwzi Horstermeer zijn echter niet beschikbaar. Filtratie zorgt voor de verwijdering van zwevende stof en niet opgelost CZV. Biologische omzetting en vastlegging voor de verwijdering van opgelost CZV. Ten behoeve van denitrificatie wordt de CZV-bron methanol aan het 1-STEP® filter gedoseerd. Toch laat het 1-STEP® filter een structureel CZV verwijderingsrendement zien van circa 19%, van 36,7 naar 29,9 mg O₂/l. Naar verwachting wordt methanol geheel biologisch verwijderd en is de CZV verwijdering met name het resultaat van zwevendestofverwijdering. Tijdens met monitoringsonderzoek was de gemiddelde concentratie zwevendestof in het filtraat 6,5 mg DS/l, het verwijderingsrendement was gemiddeld 32% en de ingaande concentratie zwevendestof 9,6 mg DS/l.

AFBEELDING 3.4 ZWEVENDE STOF EN CZV



3.2 VERWIJDERING MICROVERONTREINIGINGEN

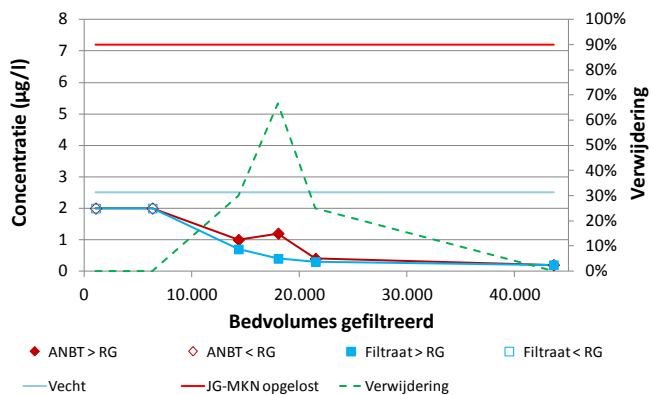
Een belangrijk doel van de KRW is het progressief verminderen van emissies van prioritair stoffen naar het oppervlaktewater. Deze stoffen zijn opgenomen in de “KRW prioritair stoffenlijst” inclusief amendementen daarop in 2008 en in 2013¹. Aanvullend zijn er per KRW-stroomgebied stroomgebiedrelevante stoffen geselecteerd. Verder zijn er o.a. voor de nationaal relevante stoffen Nederlandse normen afgeleid.

Uit dit monitoringsonderzoek blijkt dat lang niet alle KRW prioritair (gevaarlijke) stoffen in concentraties boven de rapportagegrens voorkomen in het effluent van rwzi Horstermeer. Dat is positief voor de emissies naar de Vecht, maar houdt tegelijkertijd in dat over slechts een beperkt aantal stoffen van de KRW prioritair stoffenlijst in dit rapport kwantitatief kan worden gerapporteerd.

De hoogte van de rapportagegrens is afhankelijk van de toegepaste analyse-matrix. Deze kan per monster (zowel qua locatie als tijd) verschillen, ook voor monsters van dezelfde monsternameloctie. Alle geanalyseerde stoffen die twee of meer analyseresultaten boven de rapportagegrens hadden zijn verwerkt in grafieken en worden getoond in bijlage I. Alle overige geanalyseerde stoffen, waarvan geen of ten hoogste één waarde boven de rapportagegrens is aangetroffen staan vermeld in de overzichtstabel in bijlage II. In navolgende paragrafen worden alleen analyseresultaten toegelicht van microverontreinigingen die tenminste tweemaal boven de rapportagegrens zijn gemeten in afloop nabezinktank of filtraat. Verder worden in navolgende paragrafen alleen enkele grafieken uitgelicht die illustrerend zijn voor de hoofdttekst.

Elke grafiek is op dezelfde manier opgebouwd als de grafiek in afbeelding 3.5. De donkerrode en lichtblauwe lijn met symbolen tonen de concentraties in respectievelijk afloop nabezinktank en filtraat. De symbolen op deze lijn geven de analyseresultaten aan. Een gevuld symbool is een resultaat boven de rapportagegrens, een ongevuld symbool is geen resultaat maar een waarde onder de rapportagegrens. Het ongevolde symbool toont de rapportagegrens, de werkelijke waarde ligt tussen 0 en de rapportagegrens in. De lijnen tussen de symbolen in de grafieken in dit rapport suggereren niet dat de overige analyseresultaten in de periode tussen de meetdagen ergens op die lijn liggen. Deze lijnen zijn enkel opgenomen voor de visuele verduidelijking van de resultaten.

AFBEELDING 3.5 VOORBEELDGRAFIEK



1 http://ec.europa.eu/environment/water/water-dangersub/lib_pri_substances.htm

De horizontale fel rode lijn toont de beschikbare vigerende norm voor oppervlaktewaterkwaliteit voor de stof. De horizontale lichtblauwe lijn toont de concentratie in de Vecht van deze stof. De probleemstoffen in de Vecht die ook in afloop nabezinktank of filtraat zijn gemeten zijn opgenomen in bijlage III. Tot slot toont de groene stippellijn het berekende verwijderingsrendement. Omdat de y-as van de grafieken niet verder gaat dan 0 is een negatief verwijderingsrendement alleen zichtbaar doordat de rendementcurve onder de x-as verdwijnt.

Op de x-as van de grafieken staat de tijd in bedvolumes gefilterd. Bij het 1-STEP® filter op rwzi Horstermeer komt 10.000 bedvolumes overeen met ongeveer 90 dagen.

3.2.1 ZWARE METALEN

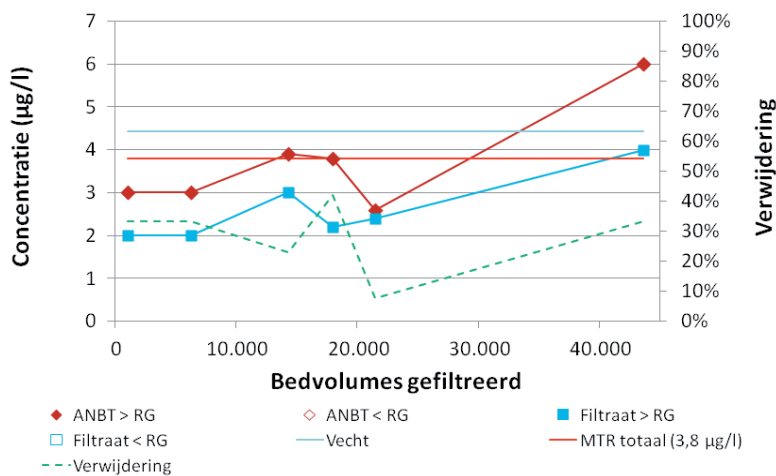
Onderstaande zware metalen zijn boven de rapportagegrens aangetroffen in de afloop nabezinktank van rwzi Horstermeer en/of in het filtraat van het 1-STEP® filter. Cadmium en kwik werden niet boven de rapportagegrens aangetroffen. Alleen lood en nikkel staan op de KRW prioritaire stoffenlijst. Voor de onderstaande 6 zware metalen zijn Nederlandse normen afgeleid.

- Arseen
- Chroom
- Koper
- Lood
- Nikkel
- Zink

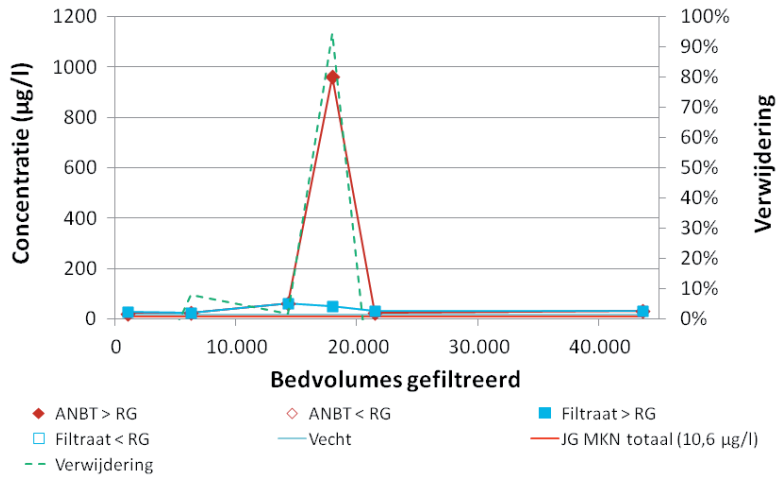
De concentraties van de metalen koper, zink en chroom in afloop nabezinktank overschrijden bij één of meer metingen de vigerende norm in de Vecht. Daarvan zijn de metalen koper en zink probleemstoffen in de Vecht.

Koper wordt structureel verwijderd door het 1-STEP® filter (circa 10% tot 40%), afbeelding 3.6, de metalen chroom (niet weergegeven) en zink (afbeelding 3.7) niet tot nauwelijks (<10%). De grafiek van zink laat wel eenmalig een zeer groot verwijderingsrendement zien wanneer in de afloop nabezinktank een piekconcentratie optreedt van 90 maal de JG-MKN of 50 maal de MAC-MKN. Dit wijst op een goede piek afvangende werking van het 1-STEP® filter.

AFBEELDING 3.6 KOPER



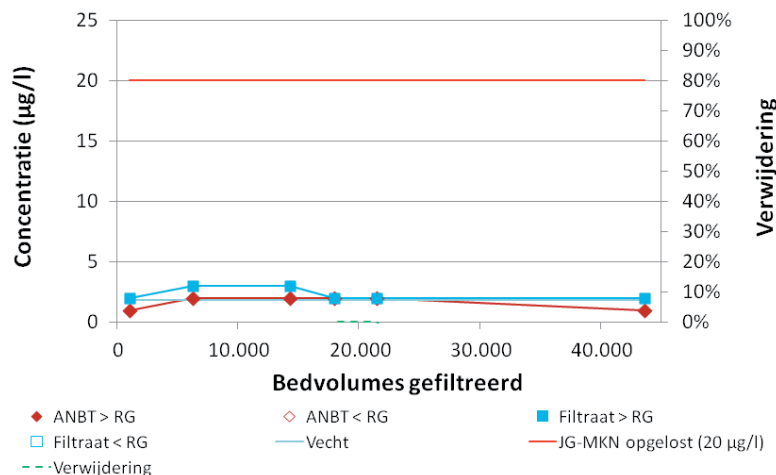
AFBEELDING 3.7 ZINK



De metalen arseen, lood en nikkel overschrijden de vigerende norm voor oppervlaktewater niet en zijn geen probleemstoffen in de Vecht. De verwijderingsrendementen van deze metalen laten geen uniform beeld zien. Arseen wordt met 30 tot 80% verwijderd tot circa 17.500 bedvolumes. Daarna loopt het verwijderingsrendement terug tot 0%. Lood wordt ook verwijderd met 20 tot 70% tot circa 22.500 bedvolumes, na meer dan 40.000 bedvolumes loopt het rendement terug naar 0%. Nikkel was het enige zware metaal waarvan de concentraties meetbaar en structureel toenamen door het 1-STEP® filter, afbeelding 3.8. Dit proces heeft gedurende de gehele meetperiode aangehouden. Er is onderzocht of het coagulant een bron is van de nikkelvervuiling. Uit de analyse van het coagulant op de aanwezigheid van zware metalen blijkt een marginaal, verwaarloosbaar, effect mogelijk. Twee andere mogelijkheden zijn:

- de meeton nauwkeurigheid van de analyse, het effect is echter opvallend structureel;
- het actiefkool en/of het roestvrijstaal in de installatie bevat nikkel en dit wordt aan het filtraat afgegeven.

AFBEELDING 3.8 NIKKEL



3.2.2 GENEESMIDDELEN

Geneesmiddelen komen niet voor op de KRW prioritaire stoffenlijst en ook in Nederland zijn er geen oppervlaktewaterkwaliteitsnormen voor gedefinieerd. Daarom is een vergelijk met een vigerende norm niet mogelijk. In totaal zijn 44 geneesmiddelen geanalyseerd, daarvan werden 34 geneesmiddelen meer dan eens boven de rapportagegrens in afloop nabezinktank aangetroffen. Van deze 34 geneesmiddelen hebben 21 geneesmiddelen concentraties in afloop nabezinktank die gemiddeld hoger liggen dan de concentratie in de Vecht.

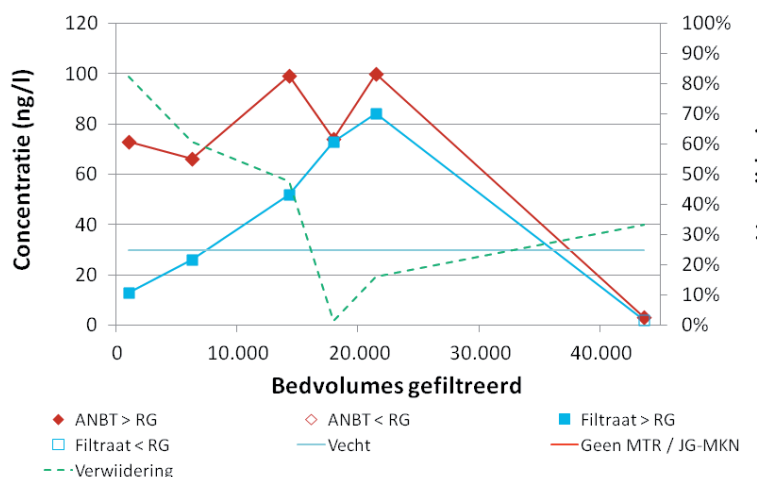
Het algemene beeld is dat in het begin een grote groep geneesmiddelen matig tot goed wordt verwijderd (30 - 90%), maar dat het verwijderingsrendement sterk afneemt in de loop van de tijd. Rond 15.000 - 20.000 bedvolumes (4,5 tot 6 maanden) is het verwijderingsrendement voor de meeste geneesmiddelen tot rond 0% gedaald. Een arbitraire categorisering van verwijderbaarheid is opgenomen in tabel 3.3. Daarbij is het initiële verwijderingsrendement bij 1.054 bedvolumes (na 1-2 weken) als categorisatiecriterium aangehouden.

TABEL 3.3 CATEGORISERING VERWIJDERBAARHEID GENEESMIDDELEN BIJ 1.054 BEDVOLUMES

Goede verwijdering 65% tot 90%	Matige verwijdering 30% tot 64%	Slechte verwijdering 0-29%
Propranolol, trimethoprim, hydrochloorthiazide, metoprolol, atenolol, sotalol, lidocaine, bisoprolol en carbamazepine	Cyclofosfamide, diclofenac, fenazon (antipyrene), furosemide, lincomycine, oxazepam, primidon, temazepam	Atorvastatine, bezafibraat, diazepam, enalapril, fenofibrinezuur, gemfibrozil, ketoprofen, losartan, metformine, naproxen, paroxetine, sulfamethoxazol, sulfaquinoxaline, tiamuline, valium

Alle grafieken zijn opgenomen in bijlage I. Een typische grafiek van een geneesmiddel dat initieel goed wordt verwijderd is die van trimethoprim, afbeelding 3.9. Hierbij neemt de concentratie Trimethoprim in het effluent van het 1-STEP® filter toe terwijl de concentratie in de ANBT min of meer constant blijft. In deze grafiek geeft het stijgende verwijderingsrendement na 23.000 bedvolumes een misleidend beeld, omdat de concentraties zeer laag zijn en zeer dicht bij elkaar liggen en dus monster- en meeton nauwkeurigheden een belangrijke rol gaan spelen.

AFBEELDING 3.9 TRIMETHOPRIM



In tabel 3.4 zijn alle geneesmiddelen opgenomen die na 43.500 bedvolumes nog een verwijderingsrendement hadden. Opvallend is dat alle stoffen die initieel goed verwijderbaar waren (60% tot 95%) terugkomen in tabel 3.4.

TABEL 3.4

CATEGORISERING LANGE TERMIJN VERWIJDERBAARHEID GENEESMIDDELEN

Verwijdering 65% tot 95%	Verwijdering 30% tot 64%	Verwijdering 0% tot 29%
Fenazon (antipyrine) (95%)	tiamuline (50%), hydrochloorthiazide (33%)	atenolol, propranolol, sotalol, sulfamethoxazol, trimethoprim bisoprolol, carbamazepine, furosemide, lidocaine, metoprolol, oxazepam,

Twee geneesmiddelen (jopromide en salicylzuur) lieten initieel een negatief verwijderingsrendement zien en er waren acht geneesmiddelen (atorvastatine, bezafibraat, ketoprofen, losartan, metformine, naproxen, valium) die bij een meerderheid van de analysemomenten een negatief verwijderingsrendement hadden. Al deze acht geneesmiddelen hadden initieel een slecht verwijderingsrendement (0% tot 29%). Van alle geneesmiddelen gaf alleen jopromide structureel een negatief verwijderingsrendement. Omdat het onwaarschijnlijk is dat in het filterbed netto geneesmiddelen worden geproduceerd zeggen deze resultaten meer over de onnauwkeurigheid van monsternamen en analyse dan over de prestaties van 1-STEP® filter.

Een grote groep geneesmiddelen wordt tot 15.000 - 20.000 bedvolumes tot op zekere hoogte goed verwijderd.

3.2.3 BESTRIJDINGSMIDDELEN

In totaal zijn 102 verschillende bestrijdingsmiddelen geanalyseerd, verdeeld over de groepen organochloorbestrijdingsmiddelen (OCB's), organo N- en P bestrijdingsmiddelen en polaire bestrijdingsmiddelen. Van deze bestrijdingsmiddelen zijn er slechts zes meer dan eens in afloop nabezinktank en/of filtraat aangetroffen. Dat zijn de polaire bestrijdingsmiddelen chloridazon, diuron, imidacloprid (afbeelding 3.10.) en propoxur en de organo N- en P bestrijdingsmiddelen diethyltoluamide en diazinon. Diethyltoluamide werd als enige stof altijd boven de rapportagegrens in afloop nabezinktank én filtraat aangetroffen. Alleen diuron wordt vermeld op de Europese prioritaire stoffenlijst.

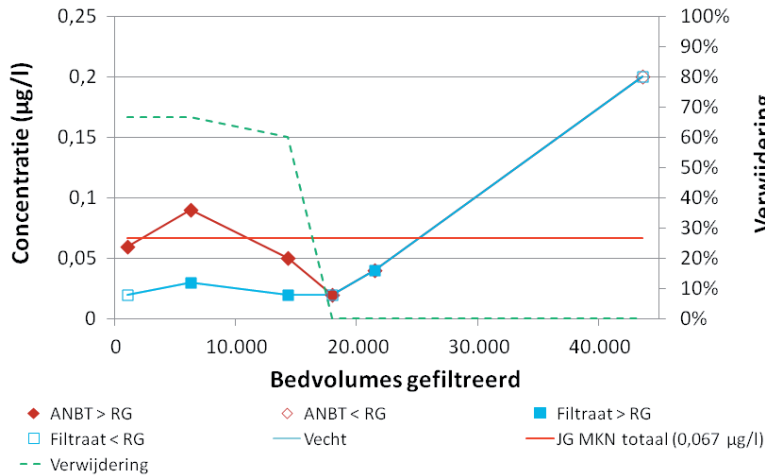
De bestrijdingsmiddelen metamitron, terbutryne, pyrimethanil werden eenmalig in afloop nabezinktank aangetroffen en ethofumesaat eenmalig in het filtraat.

Van deze zes bestrijdingsmiddelen, die boven de rapportagegrens zijn aangetroffen, was het initieel verwijderingsrendement circa 50-70% met uitzondering van chloridazon en diazinon. Chloridazon werd niet meetbaar verwijderd, diazinon werd initieel niet gemeten. Het verwijderingsrendement voor alle bestrijdingsmiddelen liep terug naar 0% in circa 15.000 tot 20.000 bedvolumes (135 tot 180 dagen).

Het laatste analyseresultaat van de bestrijdingsmiddelen geeft een misleidend beeld in de grafieken omdat de rapportagegrens 10 maal hoger is dan bij voorgaande analyses. Daardoor lijken de concentraties bij de laatste meting flink te zijn gestegen maar in werkelijkheid kan de concentratie 0 zijn, de werkelijke concentratie is onbekend. Dit geldt ook voor de grafieken van de overige bestrijdingsmiddelen in bijlage I.

In de afloop nabezinktank van rwzi Horstermeer waren alleen de concentraties propoxur en imidacloprid boven de vigerende norm voor oppervlaktewaterkwaliteit. Imidacloprid werd door het 1-STEP® filter tot onder deze norm verwijderd, propoxur niet.

AFBEELDING 3.10 IMIDACLOPRID



In de afloop nabezinktank van rwzi Horstermeer zijn nauwelijks bestrijdingsmiddelen aangetroffen, daarom kan er geen algemene uitspraak over de effectiviteit van het 1-STEP® filter voor de verwijdering van bestrijdingsmiddelen worden gedaan. De meerderheid van de stoffen die wel werd aangetroffen (4 van 6) werd initieel redelijk verwijderd.

3.2.4 HORMOONVERSTORENDE STOFFEN

In de vijf steekmonsters¹ van afloop nabezinktank en filtraat is na een looptijd van 40.000 bedvolumes eenmalig bisfenol-A boven de rapportagegrens in afloop nabezinktank en filtraat aangetroffen. Daarbij waren de concentraties in afloop nabezinktank en filtraat respectievelijk 0,09 en 0,02 µg/l. Voor bisfenol-A is een Nederlandse oppervlaktewaterkwaliteitsnorm van 64 µg/l afgeleid.

Van de bioassays die hormoonactiviteit aantonen geven de ER-calux (estrogene activiteit) en GR-calux (glucocorticoiden) een structurele uitslag boven de rapportagegrens. AR-calux (androgene activiteit) werd eenmalig boven de rapportagegrens gemeten in afloop nabezinktank maar niet in het 1-STEP® filtraat.

In tabel 3.5 staan de resultaten van de bioassays in afloop nabezinktank en het filtraat. Soms neemt de activiteit over het filter toe en soms af.

TABEL 3.5 RESULTAAT BIOASSAYS ER-CALUX EN GR-CALUX ANALYSE

Bedvolumes	ER-calux (ng eq./l) *		GR-calux (ng eq./l) **	
	ANBT	Filtraat	ANBT	Filtraat
1.054	0,17	0,12	57	50
6.322	0,24	0,26	62	41
14.330	0,55	0,35	32	42
18.017	0,36	0,44	71	79

* maat voor estrogene activiteit, waarden uitgedrukt in ng 17β-estradiol eq./l

** maat voor glucocorticoiden, waarden uitgedrukt in ng dexamethasone eq./l

1 17-Alpha-ethinylestradiol, 17alpha-estradiol, Oestron, Bisfenol-A, Estriol, 17-Beta-estradiol

3.2.5 POLYCYCLISCHE AROMATISCHE KOOLWATERSTOFFEN (PAK'S)

In 3 steekmonsters van afloop nabezinktank en filtraat zijn geen van de 16 PAK EPA stoffen¹ boven de rapportagegrens aangetroffen. De bioassay PAH-Calux van 4 steekmonsters die de aanwezigheid van PAK aantoont geeft wel resultaat. Uit tabel 3.6 blijkt dat op twee meetdagen PAH over het filter toenam en op de andere twee dagen af.

TABEL 3.6 RESULTAAT PAH-CALUX* ANALYSE

Bedvolumes	ANBT (ng eq./l)	Filtraat (ng eq./l)
1.054	63	31
6.322	47	231
14.330	90	65
18.017	89	337

* maat voor PAK, waarden uitgedrukt in ng benzo(a)pyreen eq/l

De pyreenconcentratie in de Vecht van 0,035 µg/l geeft een forse overschrijding van de vigerende ad-hoc MTR norm (ongeveer een factor 1000). Pyreen is echter niet boven de rapportagegrens van 0,01 µg/l aangetroffen in afloop nabezinktank of filtraat.

3.2.6 POLYCHLOORBIFENYLEN (PCB'S)

In de steekmonsters van afloop nabezinktank en filtraat (n=3) zijn geen individuele PCB's boven de rapportagegrens aangetroffen². De bioassay DR-Calux (n=4) toont de aanwezigheid van dioxinen en dioxineachtige PCB's. De testresultaten wijzen op de aanwezigheid van deze stoffen in afloop nabezinktank en filtraat. In tabel 3.7 staan de resultaten van de analyses. Bij één van de metingen boven de rapportagegrens nam DR-Calux activiteit over het filter af, bij de ander toe.

TABEL 3.7 RESULTAAT DR-CALUX* ANALYSE

Bedvolumes	ANBT (ng eq./l)	Filtraat (ng eq./l)
1.054	< 3,5	< 3,7
6.322		< 3,4
14.330	30	61
18.017	451	86

* maat voor dioxine en dioxineachtige stoffen uitgedrukt in pg 2,3,7,8-TCDD eq/l

3.2.7 ANTIBIOTICA

Tot circa 20.000 bedvolumes gefilterd zijn ook bioassays naar antibiotica³ uitgevoerd. Zoals weergegeven in tabel 3.8 antibiotica lijken over het algemeen verwijderd te worden. De concentratie macroliden neemt structureel wat af, bij sulfamides en aminoglycosides fluctueert het resultaat.

- 1 Acenafteen, Acenaftyleen, Anthraceen, Benzo(a)antracene, Benzo(a)pyreen, Benzo(b)fluorantheen, Benzo(g,h,i)peryleen, Benzo(k)fluorantheen, Chryseen, Dibenzo(a,h)antracene, Fenanthreen, Fluoreen, Fluorantheen, Indeno(1,2,3-c,d)pyreen, Naftaleen, Pyreen
- 2 PCB 101, PCB 118, PCB 138, PCB 153, PCB 180, PCB 28, PCB 52
- 3 Macroliden, Tetracyclines, Quinolonen, Sulfamides, Aminoglycosides

TABEL 3.8 RESULTAAT ANTIBIOTICA ACTIVITEIT

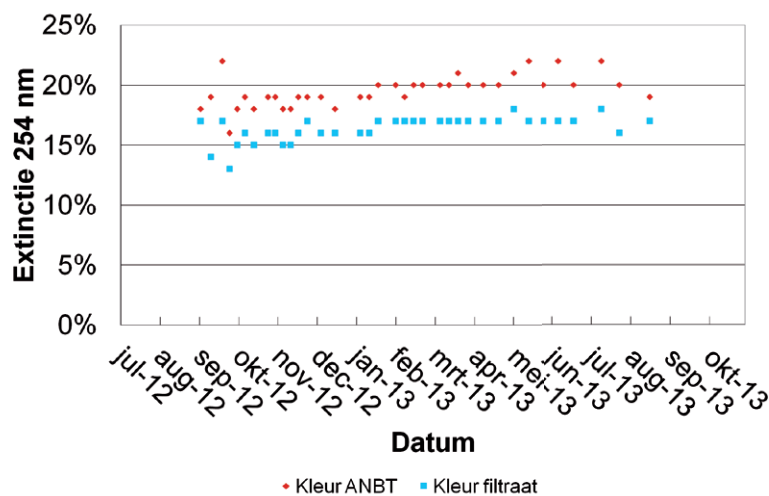
Bedvolumes	Macroliden (ng eq/l)		Sulfamides (ng eq/l)		Aminoglycosides (ng eq/l)	
	ANBT	Filtraat	ANBT	Filtraat	ANBT	Filtraat
1.054	1,53	1,17	<RG	<RG	<RG	<RG
6.322	NB	NB	<RG	<RG	<RG	<RG
14.330	0,99	0,83	0,75	0,60	2,49	1,85
18.017	0,87	0,83	0,68	0,68	1,33	1,66
21.494	<RG	<RG	0,68	0,72	3,81	1,78

3.3 OVERIGE PARAMETERS

3.3.1 KLEUR

De kleur van water is gecorreleerd aan de mate van extinctie van licht over een vaste afstand. Dit wordt gemeten in een spectrofotometer. In afbeelding 3.11 staat de extinctie van UV 254 nm licht in het monster van afloop nabezinktank en van filtraat in de tijd. De mate van extinctie wordt uitgedrukt in het percentage van de hoeveelheid licht die is geabsorbeerd. Het monster van afloop nabezinktank heeft een gemiddelde extinctie van 19%, het filtraat een gemiddelde extinctie van 16%. De procentuele afname van extinctie van het effluent door het 1-STEP® filter is 16%.

AFBEELDING 3.11 KLEUR



3.3.2 TOXICITEIT

Op de monsters van juli en augustus 2012 zijn toxiciteitstesten uitgevoerd op afloop nabezinktank en filtraat; algentox, daphtox en microtox. Geen van deze testen gaf resultaat, daarom zijn de testen niet voortgezet.

4

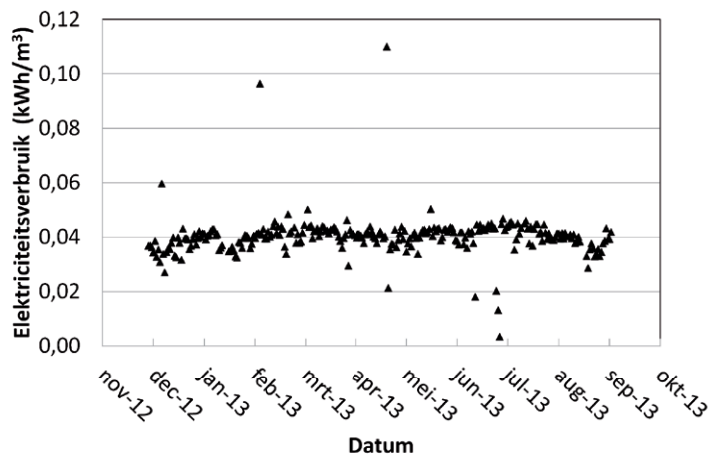
OPERATIONELE ASPECTEN

De gepresenteerde operationele aspecten hebben betrekking op de periode van normaal bedrijf (1 januari tot september 2013). Alle resultaten worden in paragraaf 5.1 in perspectief van het pilotonderzoek geplaatst.

4.1 ENERGIE EN CHEMICALIËN

Het energieverbruik van het 1-STEP® filter wordt grotendeels bepaald door de toevoer- en spoelwaterpompen. Het specifiek elektriciteitsverbruik per kubieke meter filtraat is weergegeven in afbeelding 4.1. Het gemiddeld specifiek energieverbruik was 0,04 kWh/m³.

AFBEELDING 4.1 ENERGIEVERBRUIK



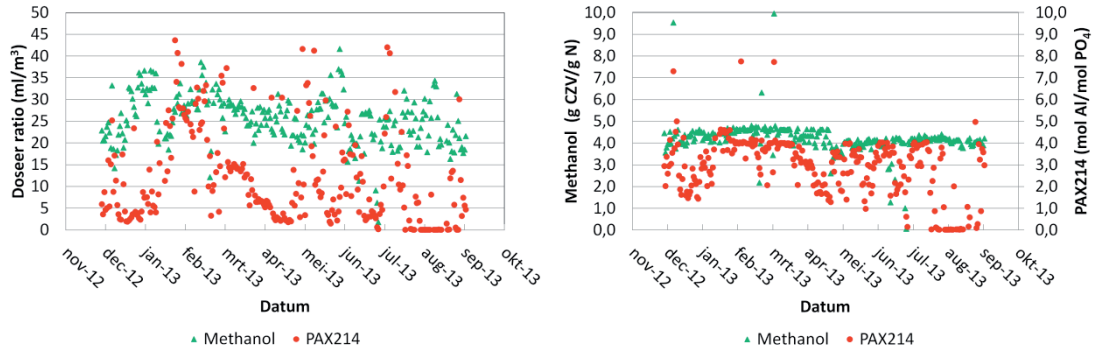
De methanoldosering wordt geregeld op basis van de CZV-behoefte. Deze wordt berekend op basis van het toevoerdebiet vermenigvuldigd met de concentraties zuurstof en nitraat en een instelbare doseerverhouding g CZV/g NO_x-N en g CZV/g O₂. De maximale doseerverhouding is 4,5 g CZV/ g NO_x-N. De gemiddelde volumespecifieke methanoldosering was 26 ml/m³. Gecorrigeerd voor zuurstof in afloop nabezinktank met een ratio van 0,8 g CZV/g O₂¹ was de gemiddelde specifieke methanoldosering 4,2 g CZV/ g NO_x-N. Rond 4 mei is de doseerverhouding veranderd, zoals ook duidelijk blijkt uit afbeelding 4.2. Voor 4 mei was de gemiddelde dosering 4,5 g CZV/ g NO_x-N, daarna 3,9 g CZV/ g NO_x-N.

Coagulantdosering wordt geregeld op basis van toevoerdebiet, de orthofosfaatconcentratie en de ratio PO₄-P/NO_x-N in de toevoer. Bij een (instelbare) PO₄-P/NO_x-N verhouding (nu 0,05) wordt maximaal coagulant gedoseerd. De dosering loopt lineair terug naar 0 tot een lagere (instelbare) PO₄-P/NO_x-N verhouding (nu 0,02). Deze regeling van metaalzoutdosering moet het risico

1 Overeenkomstig met STOWA-rapportage 1-STEP® filter (2009-34)

op fosfaatlimitatie in het filter beperken. Het effect van deze regeling wordt geïllustreerd in afbeelding 4.2: de volumespecifieke dosering is gemiddeld 13 ml/m³ maar binnen een grote range van 0 tot 69 ml/m³. De molaire doseerverhouding is een stuk stabielier. Deze is gemiddeld 3,1 mol Al:mol P en vlt af rond 4 mol Al:mol P, de maximaal instelbare doseerverhouding.

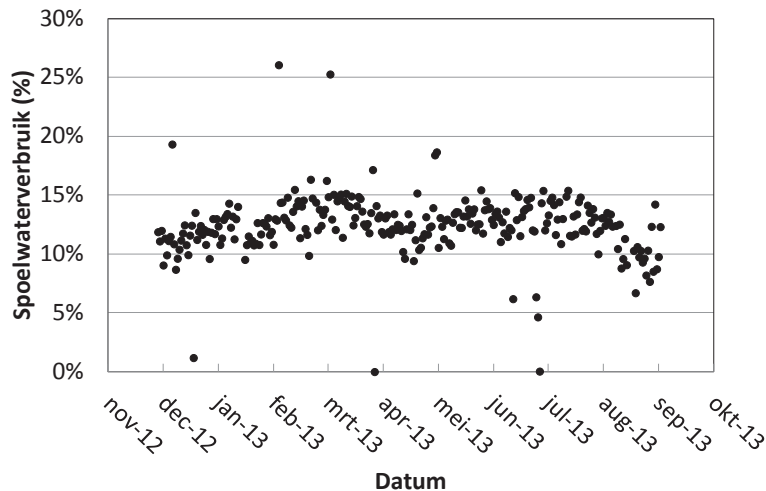
AFBEELDING 4.2 METHANOL EN COAGULANT DOSERING



4.2 SPOELWATER

In afbeelding 4.3 staat het spoelwaterverbruik als percentage van het debiet naar het 1-STEP® filter. Het gemiddelde spoelwaterverbruik was 12% berekend als het dagelijks spoelwaterverbruik gedeeld door de dagelijkse aanvoer naar het filter.

AFBEELDING 4.3 SPOELWATERVERBRUIK

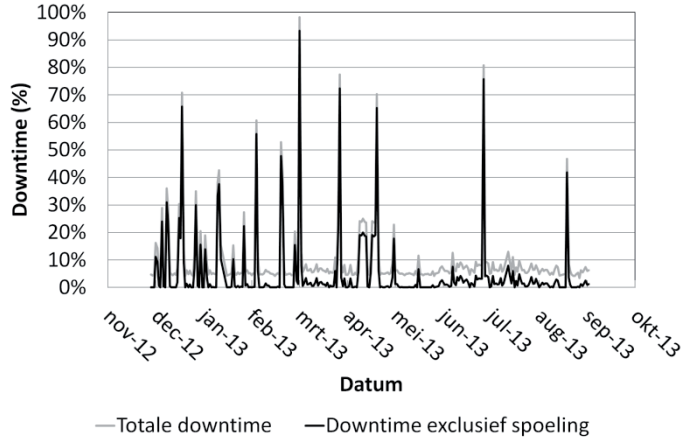


4.3 DOWNTIME

Het gemiddeld downtime percentage van alle filters samen inclusief de normale spoeling was in de beschouwde periode 9,9%. Daarvan is 4,9% het gevolg van reguliere spoeling van het filterbed en de overige circa 5% met name het gevolg van het uitzetten van het filter bij hoge zwevendestofaanvoer en stringen. Bij een te hoge zwevendestofaanvoer wordt afloop nabezinktank niet naar het filter geleid maar automatisch omgeleid. Hoge zwevendestofconcentraties kunnen voorkomen door onregelmatigheden (t.g.v. renovatiewerkzaamheden) op de hoofdzuivering waardoor uitspoeling optreedt. Dat zegt niet over de beschikbaarheid van het filter.

In afbeelding 4.4 wordt de totale downtime en de downtime exclusief de geschatte reguliere spoeling van het filter van 5% getoond. Uit de afbeelding blijkt dat de downtime afneemt. Het aantal dagen met hoge zwevendestofaanvoer vanuit de nabezinktank is in die periode ook afgenomen.

AFBEELDING 4.4 DOWNTIME



5

INTERPRETATIE MONITORINGSRESULTATEN

5.1 VERGELIJK MET STOWA-RAPPORTAGE 1-STEP® FILTER (2009-34)

5.1.1 OVERZICHT STIKSTOF- EN FOSFAATVERWIJDERING EN CHEMICALIËNVERBRUIK

Tijdens het STOWA project 2009-34 (1-STEP® filter als nabehandelingstechniek) is de effectiviteit van het 1-STEP® filter op pilotschaal onderzocht. Daarbij is het effluent van rwzi Horstermeer gebruikt. Na het pilotonderzoek is de renovatie van de hoofdzuivering van rwzi Horstermeer gestart en daarbij is het full-scale 1-STEP® filter in het totale zuiveringsconcept opgenomen. De uitgevoerde renovatiewerkzaamheden maken het vergelijk van pilot- en monitoringsonderzoek erg lastig doordat de aanvoercharacteristieken naar het filter sterk zijn gewijzigd. Ook is de chemicaliëndosering verder geoptimaliseerd (verlaagd), is de filterbedhoogte van de in de full-scale installatie lager en liggen de filtersnelheden lager¹. Een overzicht van het vergelijk van de zuiveringsprestaties en operationele aspecten waarvoor dat mogelijk was is opgenomen in tabel 5.1 Een verdere toelichting volgt in de navolgende paragrafen.

5.1.2 MACROVERONTREINIGINGEN

STIKSTOF

Zowel de gemiddelde stikstofconcentratie als de spreiding van stikstofconcentraties in afloop nabezinktank is verlaagd ten opzichte van het pilotonderzoek. De gemiddelde nitraatverwijdering van de full-scale installatie is hoger dan tijdens het pilotonderzoek.

Het pilotonderzoek rapporteert dat het filtraat aan de oppervlaktewater MTR van 2,2 mg N/l voldoet wanneer de ingaande nitraatconcentratie lager is dan 10 mg N/l waarbij N-totaal niet hoger is dan 11,5 mg N/l. Deze conclusie lijkt gebaseerd op een grafiek waarin wordt getoond dat bij grote fluctuaties in de aanvoer NO_x-concentratie tot maximaal 10 mg N/l de filtraatconcentratie stabiel onder de 0,5 mg N/l blijft. Afbeelding 5.1 toont aan dat dergelijke hoge aanvoerconcentraties na de renovatie van rwzi Horstermeer niet meer worden gehaald. Daarom is een vergelijk met grenswaarde waarbij een streefwaarde nog wordt gehaald niet mogelijk. Het vergelijk op basis van verwijderingsrendement toont aan dat het full-scale filter relatief meer nitraat verwijderd tegen een gemiddeld lager specifiek methanolverbruik dan de pilot-installatie (tabel 5.1).

¹ Bij het pilotonderzoek werd maar een klein filteroppervlak gebruikt waarvoor elke willekeurige hydraulische belasting continu kon worden afgetapt uit de totale effluentstroom. De full-scale installatie is ontworpen op een DWA-aanvoer van 1.550 m³/h. De werkelijk aanvoer is echter geregeld lager en bij het ontwerp is aangenomen dat één van de vijf filters in spoeling staat waardoor het volledige DWA debiet door 80% van het filteroppervlak kan worden behandeld. In de praktijk is echter 100% van het filteroppervlak het merendeel van de tijd beschikbaar.

TABEL 5.1

VERGELIJKINGSTABEL PILOT- EN MONITORINGSONDERZOEK

Parameter	Eenheid	Pilotonderzoek	Monitoringsonderzoek
Filtratiesnelheid	m/u	10-15	6 - 11
Energieverbruik	kWh/m ³ filtraat	0,06	0,04
Spoelwaterverbruik	%	12% ¹⁾	12%
Stikstof			
N-totaal concentratie (ANBT)	mg N/l	13,7 (5,2 - 34) ²⁾	8,3 (3,0 - 13,8)
Nitraatconcentratie (ANBT)	mg N/l	10,5 (4,2 - 28) ²⁾	5,2 (2,0 - 7,9)
Nitratverwijdering	%	max 90%	max 99%
		gem 78%	gem 93%
Methanol dosering	kg CZV / kg NO _x -N ³⁾	4,5 ⁵⁾	4,2 ⁴⁾
Fosfaat			
P-totaal concentratie (ANBT)	mg P/l	0,9 (0,3-2,7) ⁵⁾	0,7 (0,2-2,5)
Orthofosfaatconcentratie (ANBT)	mg P/l	0,4 (0,1-2,0) ⁵⁾	0,3 (0,03-1,9)
Orthofosfaatverwijdering	%	max 85%	max 99%
		gem 76%	gem 89%
PAX dosering (PAX 11 pilot en PAX 214 praktijk)	mol Al / mol PO ₄ -P	4 ⁵⁾	3,1
Zwevendestof/troebelheid			
Gemiddelde zwevendestofconcentratie (ANBT)	mg DS/l	11	9,6
Gemiddelde verwijdering troebelheid		73% ⁶⁾	32%

1) bij een looptijd van 12 uur

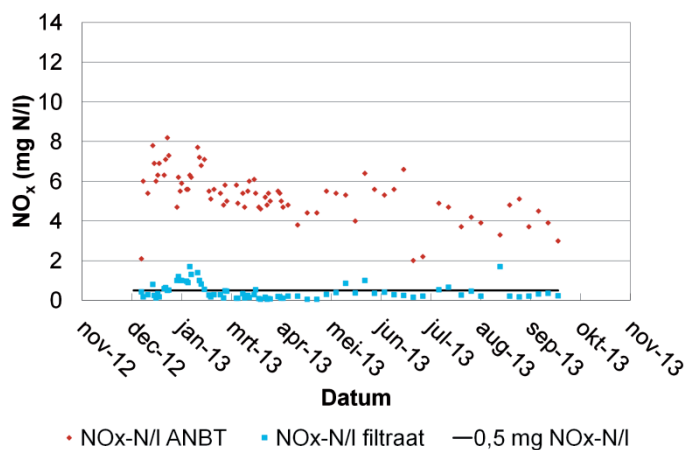
2) basis effluentkwaliteitsparameters 2007, 2008

3) na correctie voor zuurstofconcentratie in ANBT

4) na optimalisatie verlaagd tot 3,9 kg CZV / kg NO_x-N

5) de vaste adviesverhouding op basis van het pilotonderzoek

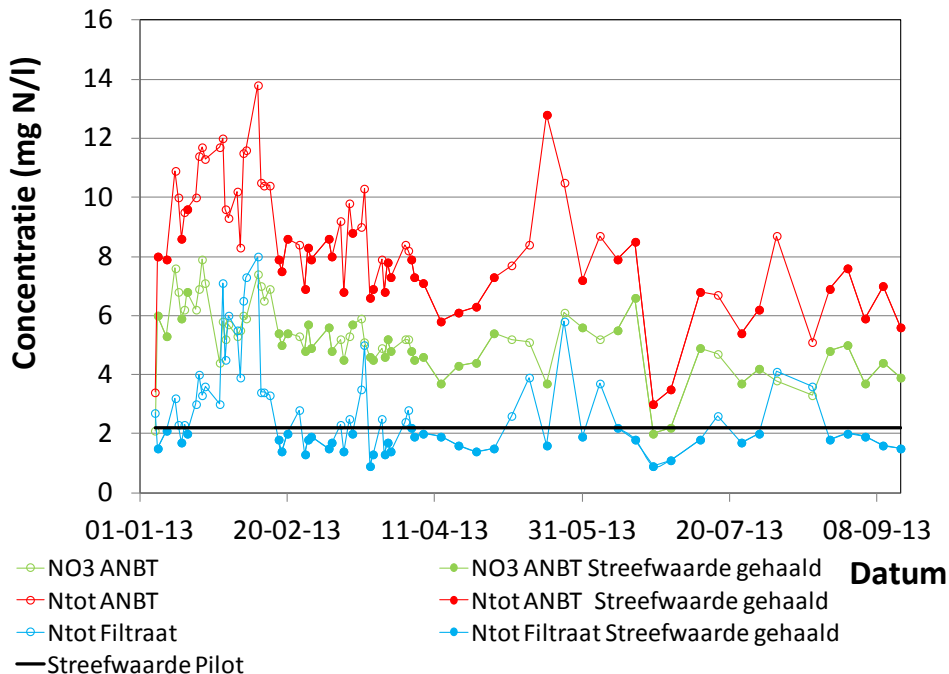
6) op basis van NTU

AFBEELDING 5.1 NO_x-CONCENTRATIE IN AFLOOP NABEZINKTANK EN FILTRAAT

De aanvoerconcentraties van N-totaal naar het full-scale filter zijn ook aanzienlijk lager dan tijdens het pilotonderzoek. Afbeelding 5.2 laat zien dat de aanvoerconcentratie van N-totaal naar het full-scale filter maar enkele malen meer dan 11,5 mg N/l was. De conclusie van het pilotonderzoek dat de streefwaarde van 2,2 mg N/l kan worden behaald bij een N-totaal concentratie in de aanvoer van minder dan 11,5 mg N/l kan op basis van de meetresultaten

van het full-scale filter niet worden onderschreven noch worden ontkracht. De aanvoercharacteristieken zijn immers dusdanig veranderd dat een vergelijkbare aanvoer niet meer heeft plaatsgevonden en dus goed vergelijk niet mogelijk is.

AFBEELDING 5.2 STIKSTOFVERWIJDERING FULL-SCALE INSTALLATIE



FOSFAAT

De aanvoer fosfaatverdeling is bij de full-scale installatie gewijzigd ten opzichte van het pilotonderzoek. Meest opvallend is dat de metaalgebonden fosfaatconcentratie in afloop nabezinktank sterk is verminderd en de “organisch” gebonden fosfaatconcentratie is verhoogd (zie afbeelding 5.3). Dit is het gevolg van de ombouw van de hoofdzuivering naar een installatie met biologische fosfaatverwijdering. De fosfaatverdeling van het pilotonderzoek zoals getoond in afbeelding 5.3 is gebaseerd op selectie van 14 metingen (maart tot en met december 2008). Deze selectie is niet representatief voor het gehele pilotonderzoek. De P-totaal concentratie van de 14 metingen van afloop nabezinktank was 0,98 mg P/l. De P-totaal concentratie van de periode oktober 2007 tot november 2008 was 0,76 mg P/l (STOWA rapport 2009-34). Gegevens over fosfaatverdeling in het filtraat van de laatstgenoemde periode zijn niet beschikbaar.

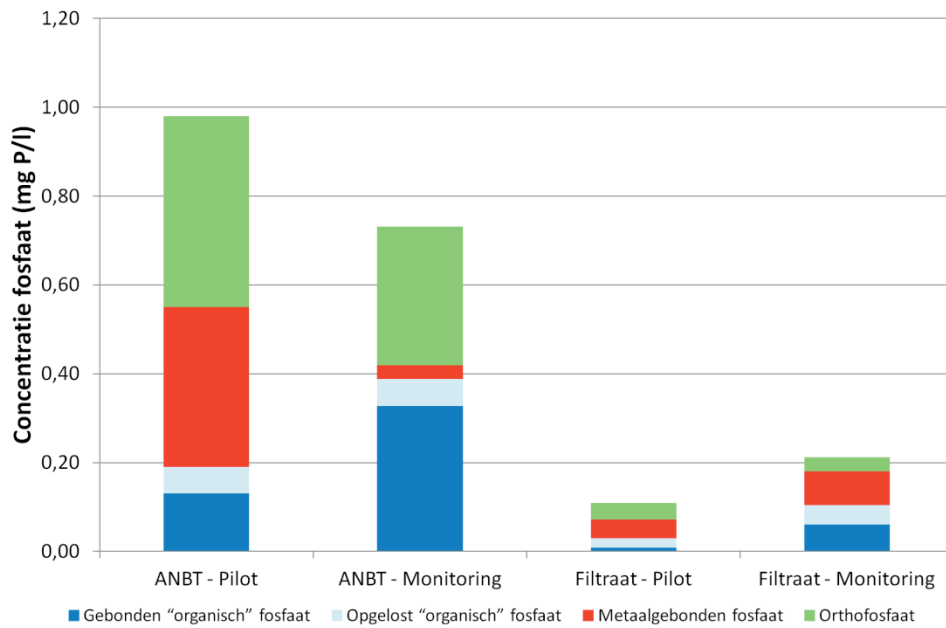
De fosfaatverdeling van het monitoringsonderzoek zoals getoond in afbeelding 5.3 omvat de hele monitoringsperiode. De resultaten van het pilot- en van het monitoringsonderzoek mogen op basis van afbeelding 5.3 dus niet kwantitatief met elkaar vergeleken worden. De kwalitatieve vergelijking geeft aan dat de full-scale installatie minder onopgelost fosfaat verwijderd dan de pilotinstallatie.

Het pilotonderzoek stelt dat bij een aanvoer orthofosfaatconcentratie lager dan 0,7 mg P/l waarbij de P-totaal concentratie niet hoger is dan 0,8 mg P/l de streefwaarde van 0,15 mg P/l in het filtraat wordt gehaald. Deze conclusie heeft maar beperkte waarde omdat de som van de concentraties “organisch” gebonden -, “organisch” opgelost - en metaalgebonden fosfaat in afloop nabezinktank zelden kleiner zal zijn dan 0,1 mg P/l. Gemiddeld was de som van

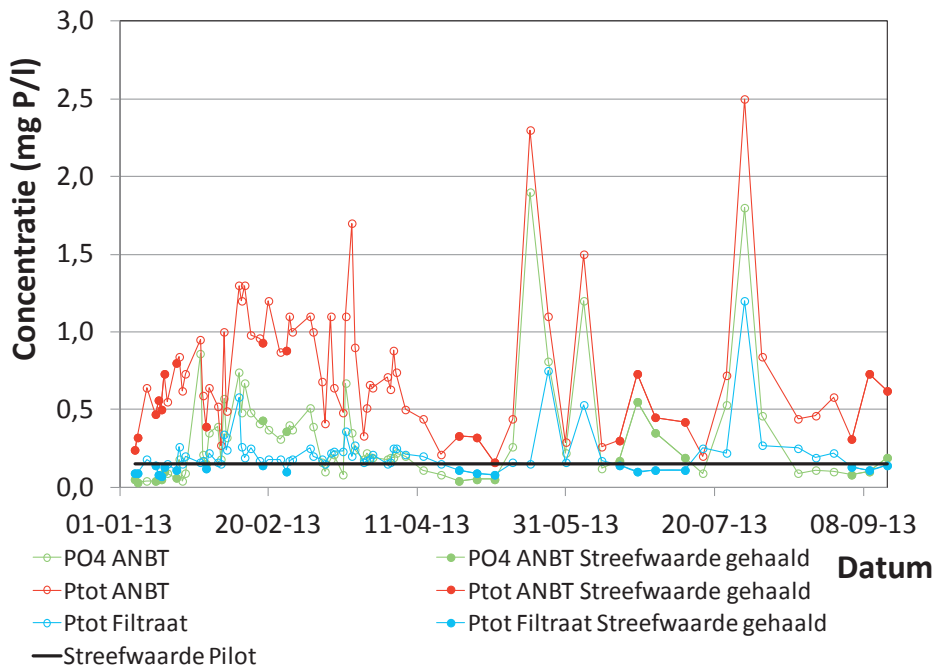
deze componenten 0,5 mg P/l bij het pilot- en 0,4 mg P/l bij monitoringsonderzoek. Op basis van de gemeten fosfaatconcentraties tijdens het monitoringsonderzoek zoals gepresenteerd in afbeelding 5.4 valt geen eenduidige grenswaarde af te leiden voor orthofosfaat en P-totaal waarbij de streefwaarde van 0,15 mg P/l in het filtraat wordt gehaald.

Het gemiddelde orthofosfaatverwijderingsrendement van de full-scale installatie was hoger dan dat van de pilotinstallatie en het bijbehorend specifiek coagulantverbruik was lager.

AFBEELDING 5.3 FOSFAATVERDELING PILOT- EN MONITORINGSONDERZOEK



AFBEELDING 5.4 FOSFAATVERWIJDERING FULL-SCALE INSTALLATIE



ZWEVENDESTOF/TROEBELHEID

Voor het beoordelen van de verwijdering van zwevendestof is gekeken naar de te behalen eindconcentratie zwevendestof en het verwijderingsrendement. Tijdens met monitoringsonderzoek was de gemiddelde concentratie zwevendestof in het filtraat 6,5 mg DS/l, bij een verwijderingsrendement van van gemiddeld 32%. De ingaande concentratie zwevendestof was gemiddeld 9,6 mg DS/l. Tijdens het pilotonderzoek was de zwevendestofconcentratie van het filtraat 3 mg DS/l, uitgaande van een ingaande concentratie zwevendestof van gemiddeld 11 mg DS/l en verwijdering van 73% (op basis van troebelheidsmetingen). Op basis van deze gegevens lijkt het 1-STEP® filter de zwevendestof tijdens de monitoringsperiode minder goed te verwijderen. Een gewijzigde ingaande zwevendestofmatrix kan de oorzaak zijn. Een verandering van zwevendestofmatrix is te verwachten op basis van een andere bedrijfsvoering van de hoofdzuivering (bio-P verwijdering).

OVERIGE MACROVERONTREINIGINGEN

Tijdens het pilotonderzoek is geen nader onderzoek gedaan naar de verwijdering van CZV, daarom is een vergelijk niet mogelijk.

5.1.3 MICROVERONTREINIGINGEN

Tijdens beide onderzoeken zijn microverontreinigingen in afloop nabezinktank en filtraat geanalyseerd. Bij beide onderzoeken waren de concentraties van deze stoffen laag, in de meeste gevallen onder de rapportagegrens. Dit betekent ook dat lang niet alle KRW prioritaire stoffen zijn aangetroffen. Waar mogelijk is een vergelijk gemaakt tussen de conclusies van het pilotonderzoek en van het monitoringsonderzoek. Algemene bevindingen die gelden voor beide onderzoeken zijn:

- Als er sprake is van initiële verwijdering neemt in het algemeen het verwijderingsrendement af bij een langere standtijd.
- De verschillen in verwijderbaarheid en standtijd van stoffen binnen een stofgroep zijn te groot om uitspraken op groepsniveau te doen.

Bij het pilotonderzoek is gekeken naar de relatie tussen de octanol-water partiticoëfficiënt van microverontreinigingen en de verwijderbaarheid in het filter. Daarbij werd geen eenduidige relatie vastgesteld. In deze rapportage is daarom geen groepering van verwijderingsrendement gemaakt op basis van deze partiticoëfficiënt.

GENEESMIDDELEN

Bij het pilotonderzoek is gekeken naar de verwijdering van negen verschillende geneesmiddelen. Zes van deze stoffen zijn meegenomen in de metingen tijdens het monitoringsproject (carbamazepine, diclofenac, lidocaine, metoprolol, naproxen, sulfamethoxazol). Tijdens beide onderzoeken werden deze stoffen aan het begin van de standtijd beter verwijderd dan aan het eind. De schommelingen in de concentraties zijn bij het monitoringsonderzoek groter geweest dan tijdens het pilotonderzoek.

BESTRIJDINGSMIDDELEN

De bestrijdingsmiddelen die bij het pilotonderzoek zijn gerapporteerd zijn ook tijdens het monitoringsonderzoek geanalyseerd. De concentraties isoproturon bevonden zich tijdens het monitoringsonderzoek onder de rapportagegrens. Het verloop van de concentraties voor diethyltoluamide, imidacloprid, propoxur laat grote variaties zien. Voor deze stoffen is een redelijke verwijdering te zien aan het begin van de standtijd (50 - 60%). Na 15.000 tot 20.000

bedvolumes is de verwijdering tot nul gereduceerd. Het beeld tijdens het pilotonderzoek was vergelijkbaar, wel leek de invloed van de standtijd bij het pilotonderzoek iets kleiner te zijn dan bij het monitoringsonderzoek.

ZWARE METALEN

Tijdens beide projecten is de verwijdering van koper, nikkel en zink onderzocht. Daarbij laten beide onderzoeken een verwijdering van koper zien gedurende de gehele standtijd van het filterbed zonder een aantoonbare verslechtering.

Daarnaast blijkt uit beide onderzoeken geen duidelijke verwijdering van nikkel. Bij het monitoringsonderzoek is de nikkelconcentratie in het filtraat structureel hoger dan in afloop nabezinktank. Zinkconcentratiepieken in afloop nabezinktank worden bij beide onderzoeken afgevangen door het 1-STEP® filter.

HORMOONVERSTORENDE STOFFEN

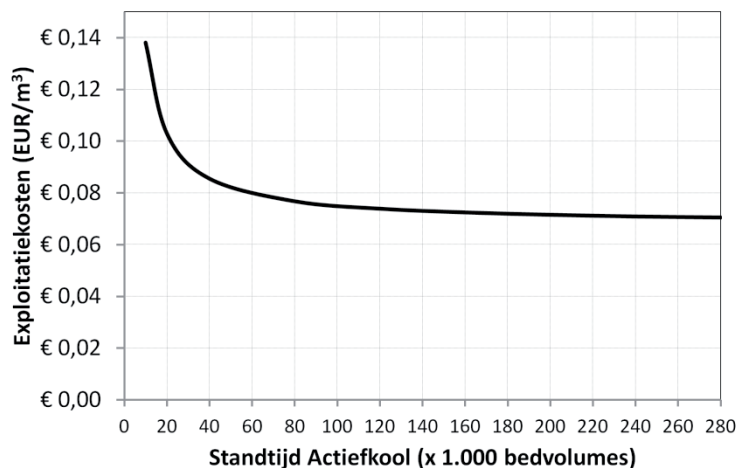
Bij beide onderzoeken is de oestrogene activiteit bepaald met ER-calux meting. Beide onderzoeken laten hetzelfde, wisselende, beeld zien: soms een afname en soms een toename over het 1-STEP® filter.

5.1.4 EXPLOITATIEELASTEN

In het STOWA-rapport van het 1-STEP® pilotonderzoek was geschat dat voor een rwzi van 100.000 i.e. de exploitatielasten voor het 1-STEP® filter EUR 0,07 / m³ behandeld water bedragen. Onder exploitatielasten vallen alle kapitaals- en operationele lasten zoals afschrijving, chemicaliën en energieverbruik en periodieke vervanging van het actiefkool. Bij de genoemde exploitatielasten is uitgegaan van een standtijd van het actiefkool van vier jaar (circa 160.000 bedvolumina) voor stikstof- en fosfaatverwijdering.

Uit dit monitoringsonderzoek blijkt dat de standtijd van het actiefkool voor verwijderingen van microverontreinigingen korter is. In afbeelding 5.5 is de relatie weergegeven tussen exploitatielasten en standtijd van het actiefkool van 10.000 tot 280.000 bedvolumes. Hierbij is uitgegaan van de aanschaf van nieuw actiefkool in plaats van regeneratie, de kosten voor regeneratie liggen iets lager. Bij het full-scale 1-STEP® filter Horstermeer komen 10.000 bedvolumina overeen met circa 90 dagen.

AFBEELDING 5.5 EXPLOITATIEKOSTEN ALS FUNCTIE VAN STANDTIJD



5.2 VERGELIJK MET STOWA-RAPPORTAGE ACTIEFKOOLFILTRATIE OP AFLOOP NBT (2010-27)

In het kader van het STOWA project “actiefkoolfiltratie op afloop nabezinktank” is op pilot-schaal de effectiviteit en haalbaarheid van actiefkool voor de filtratie van rwzi-effluent onderzocht. Daartoe is het effluent van de volgende vier rwzi’s gefilterd en gemonitord: Oijen, De Nieuwe Waterweg, Nijmegen en Biest-Houtakker. Bij de rwzi’s werden “algemene” stoffen en een aantal specifieke doelstoffen afhankelijk van het type bedrijvigheid in de regio gemonitord. Algemene bevinding van het project actiefkoolfiltratie is dat de effluentkwaliteit verbetert. Concentraties van microverontreinigingen nemen af en de biologische kwaliteit neemt toe. Het verwijderingsrendement verschilt echter sterk op het niveau van individuele stoffen.

Bij het project actiefkoolfiltratie is gekeken naar de relatie tussen de octanol-water partitiecoëfficiënt van microverontreinigingen en de verwijderbaarheid in het filter. Daarbij werd geen eenduidige relatie vastgesteld. In deze rapportage is daarom geen groepering van verwijderingsrendement gemaakt op basis van deze partitiecoëfficiënt.

STIKSTOF

Voor stikstofverwijdering wordt aan het 1-STEP® filter methanol als koolstofbron gedoseerd. Daarom zijn de stikstofverwijdering van het 1-STEP® filter en het project actiefkoolfiltratie niet vergelijkbaar. De N-totaal verwijdering van het project actiefkoolfiltratie lag tussen de 0 en 12%, de N-totaal verwijdering van het 1-STEP® filter was gemiddeld 69%.

FOSFAAT

Voor coagulatie en flocculatie van orthofosfaat wordt polyaluminiumchloride (PAX 214) in de aanvoerleiding naar het 1-STEP® filter gedoseerd. Daarom is de fosfaatverwijdering van het 1-STEP® filter niet vergelijkbaar met de fosfaatverwijdering van het project actiefkoolfiltratie. De P-totaal verwijdering in het project actiefkoolfiltratie was 0 tot 10 %, het 1-STEP® filter geeft een gemiddelde P-totaal verwijdering van 76%. Verder leidt desorptie in het project actiefkoolfiltratie bij één van de testlocaties na circa 2.000 bedvolumes tot hogere fosfaatconcentraties in het filtraat dan in afloop nabezinktank. Dit effect is in het 1-STEP® filter niet waargenomen.

ZWEVENDE STOF EN CZV

Vanwege de methanoldosering aan het 1-STEP® filter zijn de CZV verwijderingsresultaten tussen de beide projecten niet vergelijkbaar. Ondanks de methanoldosering laat het 1-STEP® filter een structureel CZV verwijderingsrendement zien van circa 19%. Het gemiddeld zwevende stof verwijderingsrendement van het 1-STEP® filter is 32%.

In tegenstelling tot het STOWA project actiefkoolfiltratie is bij het 1-STEP® filter geen initiële hoge CZV verwijdering van 80 - 100% tot 3.000 bedvolumes waargenomen. De resterende, lange termijn CZV verwijdering van het 1-STEP® filter was met gemiddeld 19% gelijk aan het project actiefkoolfiltratie (0-20%). De initiële hoge verwijdering wordt toegeschreven aan de bijdrage van adsorptie, de resterende CZV verwijdering aan filtratie en biologische omzetting.

Voor het beoordelen van de verwijdering van zwevendestof is gekeken naar de te behalen eindconcentratie zwevendestof en het verwijderingsrendement. Tijdens met monitoringsonderzoek was de gemiddelde concentratie zwevendestof in het filtraat 6,5 mg DS/l, bij een verwijderingsrendement van van gemiddeld 32%. De ingaande concentratie zwevendestof was gemiddeld 9,6 mg DS/l. Bij het project actiefkoolfiltratie lag de filtraatconcentratie tussen de 1 en 2,5 mg/l en de verwijdering tussen 37-62%. De ingaande concentraties zwevendestof

lagen tussen de 2,6 en 4 mg DS/l. Naast verschillen in filtraatconcentraties en verwijderingsrendementen valt het verschil in ingaande zwevendestofconcentratie op. Het is daarmee twijfelachtig of de onderzoeken op het vlak van zwevendestofverwijdering met elkaar vergeleken mogen worden.

ZWARE METALEN

Zware metalen worden zowel in het 1-STEP® filter als bij het actiefkoolfilter niet tot matig verwijderd. Bij het project actiefkoolfiltratie wordt de slechte verwijdering van zware metalen toegeschreven aan een mogelijk gebrek aan complexgebondenheid. Een goed verwijderingsrendement van koper (78%) bij één van de vier zuiveringen wordt daarom gerelateerd aan de verwijdering van zwevende stof. Het 1-STEP® filter liet gedurende het hele monitoringsonderzoek voor koper een verwijderingsrendement van 10 tot 40% zien.

GENEESMIDDELEN

In het project actiefkoolfiltratie zijn de geneesmiddelen metoprolol, ibuprofen, carbamazepine, coffeïne en sulfamethoxazole in hogere concentraties aangetroffen. Deze geneesmiddelen werden initieel veelal goed verwijderd en het verwijderingsrendement nam af tot rond de 20% na 9.000 tot 12.000 bedvolumes. De stoffen ibuprofen en coffeïne werden bij rwzi Horstermeer niet boven de rapportagegrens aangetroffen. Metoprolol en carbamazepine werden ook bij het 1-STEP® filter goed verwijderd, waarbij na circa 17.500 bedvolumes geen verwijdering meer werd gemeten. Sulfamethoxazole werd in het 1-STEP® filter initieel minder goed verwijderd.

BESTRIJDINGSMIDDELEN

Het enige bestrijdingsmiddel dat is geregistreerd bij het project actiefkoolfiltratie en dat ook is aangetroffen bij het 1-STEP® monitoringsproject is imidacloprid. De resultaten waren bij beide projecten vergelijkbaar: initieel goede verwijdering en na 14.000 bedvolumes nog een verwijderingsrendement van meer dan 60%. Bij het 1-STEP® monitoringsproject zijn, zowel in afloop nabezinktank als in filtraat, nauwelijks bestrijdingsmiddelen boven de rapportagegrens aangetroffen. Omdat op het gebied van microverontreinigingen veel bevindingen van beide projecten overeenkomen biedt de informatie over verwijdering van bestrijdingsmiddelen uit het project actiefkoolfiltratie interessante informatie voor het 1-STEP® filter. Het project actiefkoolfiltratie laat zien dat een breed scala aan bestrijdingsmiddelen redelijk tot goed wordt verwijderd. De stoffen imidacloprid (tot 3,6 µg/l), iprodion (tot 0,92 µg/l), methiocarb (tot 1,5 µg/l), pirimicarb (tot 0,81 µg/l) en pymetrozine (tot 0,69 µg/l) hebben na 14.000 bedvolumes nog een verwijderingsrendement van respectievelijk 75, 50, 50, 10 en 60%. Verder wordt een aantal carbamaten initieel goed verwijderd maar neemt het rendement na 12.000 - 15.000 bedvolumes af tot 0%. Carbamaten zoals aldicarb-SO₂, bitertanol, chloridazon en imazalil laten geen duidelijk beeld zien.

HORMOONVERSTORENDE STOFFEN

Bij beide projecten zijn individuele hormoonverstorende stoffen niet aangetoond boven de rapportagegrens. Bevindingen over de verwijdering van hormoonverstorende stoffen zijn daarom gebaseerd op bioassays die hormoonactiviteit aantonen in bijvoorbeeld 17β-estradiol equivalenten per liter (EEQ/l). Ook werd tijdens beide projecten geen eenduidig beeld van de verwijdering van deze activiteit verkregen; soms was er een concentratietoename en soms een -afname over het filter. Tot slot gaven de bioassays in het project actiefkoolfiltratie vele male hogere concentraties (in mg EEQ/l) dan in het 1-STEP® monitoringsproject (in ng EEQ/l).

Het project actiefkoolfiltratie rapporteert een ER-Calux verwijderingsrendement van “veelal” meer dan 80%. Dat rendement wordt door het 1-STEP® filter niet behaald, maar de omstandigheden zijn dan ook niet vergelijkbaar. De EEQ concentratie in afloop nabezinktank van rwzi Horstermeer lag een factor 100.000 tot 5.000.000 lager dan de EEQ concentratie in afloop nabezinktank op basis waarvan het verwijderingsrendement bij het project actiefkoolfiltratie is gebaseerd.

OVERIG

Acute toxiciteitstesten bij het 1-STEP® monitoringsproject gaven geen meetbaar effect. Bij het project actiefkoolfiltratie is de toxiciteit in sommige gevallen als mogelijk chronisch gekarakteriseerd. Over het algemeen nam de toxiciteit door actiefkoolfiltratie af, maar het beeld was niet consistent. Soms nam het na filtratie toe.

5.3 VERGELIJK MET GENEESMIDDELENCONCENTRATIES IN DE VECHT

Van 34 geneesmiddelen zijn de concentraties in de Vecht beschikbaar. Van 21 geneesmiddelen¹ ligt de concentratie in afloop nabezinktank van rwzi Horstermeer gemiddeld hoger dan de concentratie in de Vecht. Van deze 21 geneesmiddelen worden elf middelen (atenolol, bisoprolol, carbamazepine, hydrochloorthiazide, lidocaine, metoprolol, naproxen, primidon, propranolol, sotalol en trimethoprim) initieel goed verwijderd. Na 10.000 bedvolumes wordt geen van de geneesmiddelen nog structureel verwijderd tot concentraties die lager zijn dan de concentratie in de Vecht.

¹ Atenolol, atorvastatine, bisoprolol, carbamazepine, cyclofosfamide, diclofenac, furosemide, gemfibrozil, hydrochloorthiazide, lidocaine, losartan, metoprolol, naproxen, oxazepam, primidon, propranolol, sotalol, sulfamethoxazol, sulfaquinoxaline, temazepam, trimethoprim

6

ERVARINGEN BEDRIJFSVOERING

Een onderdeel van het monitoringsonderzoek was het vastleggen van bedrijfsvoeringervaring. Door een gesprek met de procesbegeleider en technologen zijn ervaringen vastgelegd, opdat toekomstige waterbeheerders hier kennis van kunnen nemen.

6.1 ACHTERGROND BEDRIJFSVOERING 1-STEP® FILTER

In de periode 2007-2009 is het 1-STEP® filter ontwikkeld en op pilotschaal uitvoerig getest. Vervolgens heeft Waternet gekozen voor het 1-STEP® filterconcept als full-scale nabehandlingsstap op rwzi Horstermeer om aan de toekomstige strengere lozingsisen te voldoen. De bouw van het filter is medio 2012 afgerond, waarna de volgende stappen zijn doorlopen tot de definitieve oplevering (april 2013):

- FAT/ SAT-testen (juni - augustus 2012);
- technische en technologische optimalisatie en restpunten afwikkeling (september-december 2012);
- garantiemeting (januari - april 2013);
- bedrijfsvoering door Waternet (vanaf april 2013).

De procesvoering van het 1-STEP® filter verloopt geheel geautomatiseerd. Echter, voor dagelijkse controle van het proces, visuele inspectie van de installatie, analyseren van controleparameters (nitraat, czv, fosfaat, pH e.d.) en het verhelpen van storingen en eventueel doorgeven van technische storingen aan monteurs is een procesbegeleider aangesteld. Het vaststellen en verhelpen van trendmatige afwijkingen en aanpassen van procesinstellingen wordt gedaan door een hoofdprocesbegeleider in samenwerking met de verantwoordelijke procestechnoloog.

6.2 BESCHRIJVING ERVARINGEN BEDRIJFSVOERING

De algemene ervaring met het 1-STEP® filter is dat er onder “normale” omstandigheden weinig to geen processtoringen zijn. Normaal betekent daarbij binnen de ontwerpconcentraties en -temperatuur.

ONLINE METINGEN

De 1-STEP® installatie wordt volledig gestuurd, geoptimaliseerd en gemonitord met analysers en online metingen in afloop nabezinktank en filtraat. Deze meters leveren data aan de PLC, die vervolgens de procesregelingen aanstuurt. Naast betrouwbare apparatuur is een goede monster- en meetlocatie voor deze apparatuur zeer belangrijk. Bij het 1-STEP® Horstermeer vindt de online meting en bemonstering plaats in een deelstroom (in een doorstroombak). Daartoe moet het water in de deelstroom representatief zijn voor de hoofdstroom. Verblijftijd en doorstroming van deze bak zijn belangrijke aandachtspunten.

De doorstroombak van het 1-STEP® filter is ontworpen op een verblijftijd van tien minuten. Voor deze ontwerpaanname was gekozen omdat de analysers ($\text{PO}_4\text{-P}$ en P_{totaal}) ook eens per tien minuten een monster nemen. De verblijftijd bleek voldoende kort, echter de doorstroming bleek te laag. Daardoor kon zwevende stof in de doorstroombak bezinken en ontstonden er biofilms in de doorstroombak en op de meetapparatuur. De doorstroombak bleek een kweekvijver voor biomassa en ter plekke gekweekte biomassa werd meegenomen in de bemonstering. Dit resulteerde in pieken in bijvoorbeeld de troebelheidmeting, terwijl die in werkelijkheid niet in afloop nabezinktank voorkwamen.

OPSTART DENITRIFICATIE

Het filter verwijdert stikstof onder andere via denitrificatie. Voor denitrificatie zijn denitrificerende bacteriën en een koolstofbron (in dit geval methanol) nodig. Het filter is opgestart door doorstroming met enkel effluent van de nabezinktanks zonder doseringen. Deze periode van twee weken was nodig voor het testen van alle onderdelen zoals kleppen, pompen, leidingen, beveiligingen, etc. Tijdens die periode heeft het filter door technische storingen niet continue (dag en nacht) gedraaid. Na de twee weken in testbedrijf is begin juli 2012 de methanoldosering gestart.

Ondanks dat de methanoldosering werd getest en de installatie nog niet stabiel draaide was zeven dagen na het starten van dosering de nitraatverwijdering al 1 tot 2 mg N/l; terwijl in die periode het filter en de dosering nog regelmatig hebben uitgestaan. Ongeveer vijftien dagen na de start van de methanoldosering is een hogere verwijdering te zien en worden in het filtraat nitraatconcentraties van 1-1,5 mg N/l gehaald. In deze periode is de aanvoer vanaf de hoofdzuivering erg onstabiel, maar tijdens piekaanvoer van 12-14 mg N/l nitraat wordt toch 8-10 mg N/l nitraat verwijderd. Na twintig dagen is de nitraatverwijdering duidelijk aanwezig en worden, ondanks de wisselende aanvoer, lage nitraatconcentraties behaald in het filtraat (1-2 mg N/l). Tijdens de navolgende optimalisatiefase is de doseerregeling geoptimaliseerd, waardoor een stabiel proces is gecreëerd.

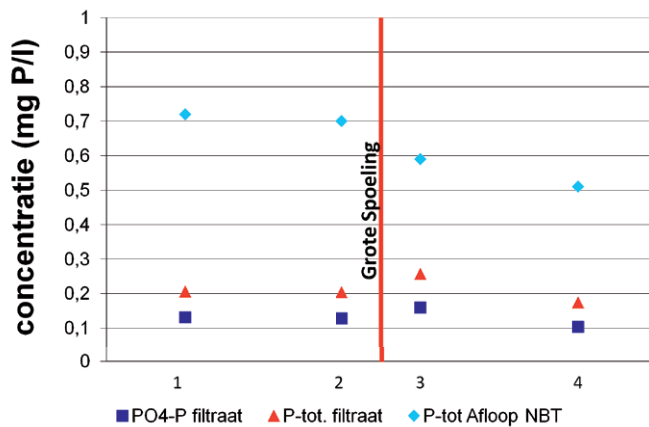
OPTIMALISATIE METHANOLDOSERING

Tijdens de optimalisatiefase is veel aan de methanoldosering gewerkt. In deze fase is regelmatig te veel methanol gedoseerd. De nitraatverwijdering verliep hierdoor uitstekend <0,01 mg/l, maar door de overmaat aan koolstofbron was er voeding voor andere processen overgebleven. Door anaërobe, sulfaatreducerende bacteriën werd sulfaat omgezet in H_2S -gas. Er is veel H_2S gas gemeten (> 8 ppm) in de filtraatbuffer, boven de uitstroom van de filters en in de effluentput waar het filtraat in overstort. Als veiligheidsmaatregel is op de installatie bij de filtraatbuffer en de effluentput een H_2S -meting met alarmering bevestigd. Indien weer H_2S gemeten wordt, moet de dosering opnieuw aangepast worden.

EFFECT SPOELING OP FOSFAATVERWIJDERING

Tijdens de optimalisatiefase zijn een aantal testen gedaan naar het effect van filterlooptijd en fosfaatverwijdering. In afbeelding 6.1 is het resultaat van één van deze testen weergegeven. Meting 1 is gedaan op driekwart van de looptijd (circa 10 uur). Meting 2 was vlak voor een reguliere spoeling; aan het einde van de looptijd. Meting 3 is direct na een reguliere spoeling en meting 4 ruim na de reguliere spoeling vlak voor een eerste kleine tussentijdse spoeling. De afbeelding laat zien dat vlak na de reguliere spoeling, meting 3, het fosfaatgehalte in het filtraat iets verhoogt. Door de filters niet allemaal achter elkaar te laten spoelen is het effect van de reguliere spoelingen op het totale filtraat niet zichtbaar. Dit komt overeen met de resultaten uit het pilotonderzoek 1-STEP® filter (STOWA, 2009-34).

AFBEELDING 6.1 INVLOED REGULIERE SPOELING OP FOSFAATVERWIJDERING



FOSFAATVERWIJDERING

Het filtraat bevat nog gemiddeld 6,5 mg DS/l zwevende stof. Om de oppervlaktewater MTR van 0,15 mg P_{totaal} /l te halen moet zwevende stof uitstekend verwijderd worden. Zoals toegelicht in paragraaf 3.1.2 en 5.1.2 is de fractie (organisch) gebonden fosfaat in afloop nabezinktank sinds de renovatie van rwzi Horstermeer een belangrijker fosfaatcomponent dan daarvoor. Daarmee is filtratie een belangrijk fosfaatverwijderingsmechanisme.

PIEK DROGESTOFBELASTING

De hoeveelheid zwevende stof in afloop nabezinktank kan variëren. In de aanvoerleiding naar het filter zit een online troebelheidmeting die de hoeveelheid zwevendestof monitort. Deze meting is gekoppeld aan een bewaking die ervoor zorgt dat afloop nabezinktank niet naar het filter wordt gepompt wanneer de zwevendestofconcentratie boven een ingestelde waarde (tijdens het monitoringonderzoek was dit 20 mg/l) is.

Wanneer in de aanvoer naar het filter de vuillast hoog is: veel zwevendestof, veel NO_x en orthofosfaat, is de belasting van het filterbed erg hoog. Immers bovenop het zwevendestof resulteert een hoge orthofosfaatconcentratie met bijbehorende hoge coagulantdosering in veel vlokvorming en leidt een hoge NO_x -concentratie met bijbehorende hoge methanoldosering tot veel biomassagroei. Dit bij elkaar kan ervoor zorgen dat het filter snel dicht slaat, de druk in het filter oploopt, spoeling nodig is, en dus de looptijd niet wordt gehaald. Deze situatie kan zich bij alle filter bijna gelijktijdig voordoen. Omdat maar één filter gespoeld kan worden, moeten de andere filters wachten. Deze filters blijven operationeel maar vervuilen te snel waardoor ze uitvallen omdat de druk in het filter en dus de bovenwaterstand te hoog oploopt. Gevolg is dat de gehele installatie in storing valt en de filters weer handmatig opgestart moeten worden. Door de samenloop van omstandigheden is in dergelijke situaties ook onvoldoende filtraat voorhanden om de filters te kunnen terugspoelen.

In de automatische bedrijfsvoering is een maximale coagulantdoseerverhouding (Me/P) opgenomen van 4. Tijdens hoge aanvoer zou deze Me/P verhouding juist lager moeten liggen (resultaten Pilot onderzoek). In de regeling is dit nu niet opgenomen.

OVERIGE BEDRIJFSVOERINGSZAKEN

Tijdens het interview kwamen een aantal punten naar voren die niet verder zijn uitgewerkt, maar wel het vermelden waard zijn. Al deze punten waren inherent aan de opstartperiode en waren verholpen voor de garantiemetingen.

- De spoelprogramma's waren dusdanig geprogrammeerd dat bij een storing in de spoelstap van filter x, de overige filters ook niet werden gespoeld. Daardoor konden alle filters stil komen te liggen met een aanvraag voor terugspoeling in de wachtrij van de PLC.
- Bij langdurig RWA moest handmatig de aluminiumdosering uitgezet worden om verstopping van het filterbed te voorkomen.
- Het aanzuigen en vervolgens smelten van sneeuw in de methanoldoseerkast zorgde voor het activeren van de lekdetectie en dus het uitschakelen van de methanoldosering.
- De aanzuigleiding van de methanoldosering kon lucht aanzuigen.
- Het doseerbereik van de methanoldosering was niet gunstig, het lage bereik was te laag en het hoge bereik te hoog. De twee doseerpompen waren niet voldoende complementair.
- Tijdens de opstart waren er veel klepstoringen door het niet goed terugmelden van kleppositie.
- Er is een ATEX- en losopleiding nodig voor het werken met methanol.

7

CONCLUSIES

MACROVERONTREINIGINGEN

De conclusies voor de verwijdering van macroverontreinigingen zijn gebaseerd op de periode “normaal bedrijf” van het 1-STEP® filter vanaf 1 januari 2013 tot september 2013. Tijdens het gehele monitoringsonderzoek zijn er renovatiewerkzaamheden aan de hoofdzuivering uitgevoerd. Daardoor was de kwaliteit van het water van afloop nabezinktank, met name voor fosfaat, geregeld buiten de ontwerpgrenzen van het filter.

De totale stikstofverwijdering in het 1-STEP® filter was gemiddeld 67% (tabel 7.1). Nitraatverwijdering leverde de grootste bijdrage aan dit resultaat. Bij een N-totaal aanvoerconcentratie van lager dan 10 mg /l werd structureel een filtraatconcentratie van < 5 mg /l N-totaal behaald.

De gemiddelde P-totaal verwijdering was 71% (tabel 7.1). Verwijdering van organisch gebonden fosfaat en orthofosfaat waren de belangrijkste twee mechanismen voor fosfaatverwijdering. Opgelost organisch fosfaat werd nauwelijks verwijderd en de metaalgebonden fosfaatconcentratie nam toe. Tijdens de monitoringsperiode is het filter regelmatig belast met P-totaal concentraties boven de ontwerpconcentratie. Wanneer de P-totaal aanvoerconcentratie lager was dan 0,7 mg P/l werd structureel een effluentconcentratie van <0,3 mg P/l behaald.

TABEL 7.1

CONCENTRATIES EN VERWIJDERINGSRENDEMENTEN STIKSTOF EN FOSFAAT

Component	Eenheid	Afloop NBT	Filtraat	Gemiddelde verwijdering (%)
N-totaal	mg N/l	8,3	2,7	67
Nitraat	mg N/l	5,2	0,3	93
P-totaal	mg P/l	0,73	0,21	71
Orthofosfaat	mg P/l	0,31	0,03	89

Tijdens het monitoringsonderzoek was de gemiddelde concentratie zwevendestof in het filtraat 6,5 mg DS/l, het verwijderingsrendement gemiddeld 32% en de ingaande concentratie zwevendestof 9,6 mg DS/l.

De CZV-verwijdering was gemiddeld 19% met een effluentconcentratie van gemiddeld 29,9 mg O₂/l.

Verwijderingsrendementen van de gemonitorde macroverontreinigingen lopen niet terug in de tijd.

MICROVERONTREINIGINGEN

Slechts 3 van de 45 geaccepteerde stoffen van de KRW prioritaire stoffenlijst werden tijdens de monitoringsperiode boven de rapportagegrens gemeten in de afloop nabezinktank van rwzi Horstermeer. Dat waren het bestrijdingsmiddel diuron en de zware metalen lood en nikkel.

Deze bevinding is positief als het gaat om de invloed van de lozing van rwzi Horstermeer op de concentratie van prioritaire stoffen in de Vecht, maar houdt tegelijkertijd in dat het tijdens monitoringsonderzoek maar weinig inzicht is gekregen in de verwijdering van prioritaire stoffen door het 1-STEP® filter.

De diuronconcentratie in afloop nabezinktank lag flink onder de vigerende norm voor oppervlaktewaterkwaliteit en iets boven de rapportagegrens. In het filtraat werd diuron niet meer boven de rapportagegrens aangetoond. Dit laat zien dat diuron werd verwijderd, maar geeft niet aan tot welke concentratie of met welk rendement. De concentraties lood en nikkel in het water van afloop nabezinktank en filtraat lagen ook onder de vigerende norm voor oppervlaktewaterkwaliteit. Lood werd tussen de 20 en 70% verwijderd tot circa 22.500 bedvolumes. Nikkel werd niet verwijderd.

Voor de andere metalen die boven de rapportagegrens zijn aangetroffen (arseen, chroom, koper en zink) zijn Nederlandse oppervlaktewaterkwaliteitsnormen. De concentraties van de metalen koper, zink en chroom in afloop nabezinktank overschrijden bij één of meer metingen de vigerende norm in de Vecht. Daarvan zijn de metalen koper en zink probleemstoffen in de Vecht; de concentratie in de Vecht is hoger dan de vigerende norm. Koper wordt structureel verwijderd door het 1-STEP® filter (circa 10% tot 40%) zonder afname van het rendement in de tijd. De metalen chroom en zink worden niet tot nauwelijks verwijderd (<10%). Echter, door een zeer grote pieklozing van zink (90 maal de JG-MKN) wordt wel een piek afvangende werking van het 1-STEP® filter aangetoond. Arseen wordt met 30 tot 80% verwijderd tot circa 17.500 bedvolumes. Daarna loopt het verwijderingsrendement terug tot 0%.

Alleen microverontreinigingen in de groep geneesmiddelen (geen KRW prioritaire stoffen) werden vaak boven de rapportagegrens in afloop nabezinktank gemeten. In totaal zijn 44 geneesmiddelen geanalyseerd, daarvan werden 34 geneesmiddelen meer dan eens boven de rapportagegrens in afloop nabezinktank aangetroffen. Van deze 34 geneesmiddelen hebben 21 geneesmiddelen concentraties in afloop nabezinktank die gemiddeld hoger liggen dan de concentratie in de Vecht. Het algemene beeld is dat in het begin een grote groep geneesmiddelen matig tot goed wordt verwijderd (30 tot 90%), maar dat het verwijderingsrendement sterk afneemt in de loop van de tijd. Rond 15.000 - 20.000 bedvolumes (4,5 - 6 maanden) is het verwijderingsrendement voor de meeste geneesmiddelen tot 0% gedaald.

Dit STOWA monitoringsonderzoek laat zien dat de veronderstelling dat rwzi's een belangrijke puntbron van KRW prioritaire stoffen zijn niet algemeen geldend is. Voor rwzi Horstermeer blijken de concentraties van de meeste KRW prioritaire stoffen onder de rapportagegrens te liggen (de maximale KRW-oppervlaktewater concentratie ligt boven de rapportagegrens voor deze stoffen).

Bij het monitoringsonderzoek is niet gekeken naar de relatie tussen de octanol-water partitiecoëfficiënt van microverontreinigingen en de verwijderbaarheid in het 1-STEP® filter. Bij het pilotonderzoek en bij het STOWA project actiefkoolfiltratie is dat wel gedaan. Daarbij werd geen eenduidige relatie vastgesteld. In deze rapportage is daarom geen groepering van verwijderingsrendement gemaakt op basis van deze partitiecoëfficiënt.

OVERIGE VERWIJDERINGEN

De kleur (op basis van UV 254 nm) van het water nam gemiddeld met 16% af.

OPERATIONELE ASPECTEN

Coagulant (PAX214) werd tijdens de monitoringsperiode gedoseerd met een gemiddeld Me:P verhouding van 3,1. Dit was lager dan de Me:P adviesratio uit het pilotonderzoek van 4,0. Het gemiddeld methanolverbruik tijdens de gehele monitoringsperiode was 4,2 g CZV/g NO_x-N. Na optimalisatie begin mei 2013 was het 3,9 g CZV/g NO_x-N. In beide gevallen viel de methanoldosering lager uit dan de advies doseerratio van het pilotonderzoek van 4,5 g CZV/g NO_x-N.

Het elektriciteitsverbruik van de praktijkinstallatie was gemiddeld 0,04 kWh/m³ en het spoelwaterverbruik 12%. Het geschat elektriciteitsverbruik op basis van pilotonderzoek was 0,06 kWh/m³, de praktijkinstallatie blijkt dus minder energie te gebruiken dan verwacht. Het spoelwaterverbruik van de pilot was gelijk aan dat van de praktijkinstallatie. De gemiddelde totale downtime (inclusief terugspoeling) vanaf 1 januari tot september 2013 was 9,9%. Daarvan is circa 5% het gevolg van reguliere spoeling en de overige circa 4,9% het gevolg van storingen of het bypassen van het filter vanwege een te hoge aanvoer van zwevendestof vanuit de nabezinktank. Dit laatste zegt niets over de prestaties van het 1-STEP® filter.

INTERPRETATIE MONITORINGSRESULTATEN

Door de renovatie van rwzi Horstermeer zijn de aanvoercharacteristieken zeer sterk gewijzigd. Daarom is een goed vergelijk tussen pilot- en monitoringsonderzoek erg lastig en zonder voldoende context onmogelijk. Met zekerheid kan worden vastgesteld dat bij het full-scale filter de gemiddelde verwijdering van nitraat 93% en orthofosfaat 89% was. Bij het pilotonderzoek lag de verwijdering van nitraat met 78% en orthofosfaat 76% lager. Het chemicaliënverbruik van de full-scale installatie voor verwijdering van nitraat en orthofosfaat lag ook lager.

Voor het beoordelen van de verwijdering van zwevendestof is gekeken naar de te behalen eindconcentratie zwevendestof en het verwijderingsrendement. Tijdens het monitoringsonderzoek was de gemiddelde concentratie zwevendestof in het filtraat 6,5 mg DS/l, bij een verwijderingsrendement van gemiddeld 32%. De ingaande concentratie zwevendestof was gemiddeld 9,6 mg DS/l. Tijdens het pilotonderzoek was de zwevendestofconcentratie van het filtraat 3 mg DS/l, uitgaande van een ingaande concentratie zwevendestof van gemiddeld 11 mg DS/l en een verwijdering van 73% (op basis van troebelheidsmetingen). Bij het project actiefkoolfiltratie lag de filtraatconcentratie tussen de 1 en 2,5 mg/l en de verwijdering tussen 37-62%. De ingaande concentraties zwevendestof lagen tussen de 2,6 en 4 mg DS/l. De resultaten laten een grote spreiding zien in filtraatconcentraties en verwijderingsrendementen. De verschillende onderzoeken laten geen relatie zien tussen de concentratie ingaande zwevendestof en het verwijderingsrendement. Het is twijfelachtig of de verschillende onderzoeken, waarbij alleen al de ingaande zwevendestof concentraties enorm verschillen, voor zwevendestofverwijdering met elkaar vergeleken mogen worden.

De specifieke waterbehandelingskosten van het 1-STEP® filter lopen op bij een kortere standtijd van het actiefkool. Afhankelijk van de doelstof en de bijbehorende standtijd liggen de specifieke kosten tussen de EUR 0,14 per m³ voor de behandeling van 10.000 bedvolumes en EUR 0,07 per m³ voor 160.000 bedvolumes.

De verwijdering van microverontreinigingen in het full-scale 1-STEP® filter laat een zelfde beeld zien als die van het 1-STEP® pilotonderzoek en van het STOWA project actiefkoolfiltratie. Bij beide projecten werd rwzi effluent zonder verdere behandeling over een actiefkoolfilter geleid. Het verwijderingsrendement van microverontreinigingen is niet aantoonbaar verslechterd doordat het 1-STEP® filter dit combineert met de vergaande verwijdering van stikstof en fosfaat.

ERVARINGEN BEDRIJFSVOERING

De algemene ervaring met het 1-STEP® filter is dat er onder “normale” omstandigheden weinig tot geen processtoringen zijn. Ook kunnen optimalisaties in het proces makkelijk worden doorgevoerd. Twee belangrijke aandachtspunten die zijn opgedaan tijdens het bedrijf van het filter zijn:

- positionering van procesmetingen in een deelstroom kan door neveneffecten in de deelstroom resulteren in niet representatieve metingen;
- overdosering van methanol resulteerde in H₂S productie, H₂S gasveiligheid en optimalisatie van methanoldosering zijn belangrijke aspecten van het filterbedrijf in de praktijk.

ALGEMEEN

De algemene conclusies van dit monitoringsonderzoek zijn:

- Stikstof- en fosfaatverwijdering presteert ook op full-scale goed en behaalt de gestelde eisen.
- Binnen de monitoringsperiode had de standtijd van actiefkool geen effect op het verwijderingsrendement van macroverontreinigingen (nutriënten N en P, zwevendestof, CZV en BZV).
- De verwijdering van slechts een beperkt aantal microverontreinigingen kan worden vergeleken met het project actiefkoolfiltratie. De verwijdering van deze microverontreinigingen wordt door de combinatie van processen niet aantoonbaar verslechterd.
- Bij microverontreinigingen is vastgesteld dat een grote groep medicijnen tot 15.000 - 20.000 bedvolumes tot op zekere hoogte wordt verwijderd. Voor alle overige stofgroepen valt geen conclusie te trekken. De verwijderbaarheid van microverontreinigingen in het 1-STEP® filter kan kwantitatief alleen op individueel stofniveau worden beoordeeld.
- De resultaten laten zien dat het opschalen van pilot-scale naar full-scale succesvol is geweest. Waar vergelijkbaar mogelijk is zijn de zuiveringsprestaties vergelijkbaar of beter op full-scale dan op pilot-scale. Ook is het chemicaliënverbruik in de praktijk lager dan bij het pilotonderzoek.

8

DISCUSSIE EN AANBEVELINGEN

Een betrouwbaar analyseresultaat begint bij een goede monstername. De monsters voor de analyse van microverontreinigingen zijn tijdens dit monitoringsonderzoek altijd bij DWA genomen. Daarom heeft verdunning geen effect gehad op de concentratie. Met uitzondering van het laatste monster zijn tijdens het monitoringsonderzoek steekmonsters voor de analyse van microverontreinigingen genomen. Het grote benodigd volume van het monster en praktische overwegingen lagen hier aan ten grondslag. Het volume van de aëratietank zorgt voor een grote mate van menging waardoor het steekmonster van afloop nabezinktank een redelijk beeld geeft van de concentratie over een wat langere periode. Toch geven de analyseresultaten een grillig beeld voor een groot aantal microverontreinigingen. Of dit anders is wanneer alle monsters debietproportioneel over meerdere dagen worden genomen is niet bekend. Gezien de hoge analysekosten voor dergelijke uitgebreide analyses naar microverontreinigingen valt het te verantwoorden om bij dit soort onderzoeken ook tijd en geld te investeren in (tijdelijke)debietproportionele monstername.

De resultaten van het onderzoek wat betreft verwijdering van KRW prioritaire stoffen en overige microverontreinigingen zijn beperkt door de geringe aanvoer vanuit de hoofdzuivering. Alleen van de verwijdering van zware metalen en geneesmiddelen is een redelijk beeld verkregen. Van de overige microverontreinigingen lagen de analyseresultaten veelal dicht tegen of onder de rapportagegrens. Dat betekent ook dat analyse en monstername onnauwkeurigheden bij die stoffen een belangrijke rol kunnen hebben gespeeld. Omdat het doel van het project monitoring van het full-scale 1-STEP® filter was kon het alleen worden uitgevoerd bij rwzi Horstermeer. Om beter inzicht te krijgen in de verwijdering van KRW prioritaire stoffen en overige microverontreinigingen door het filter zou onderzoek op een locatie waar deze stoffen wel meer voorkomen gunstig zijn (zoals bij het STOWA project actiefkoolfiltratie). Mocht 1-STEP® pilotonderzoek op een andere locatie worden herhaald valt een gericht onderzoek naar de aanwezigheid en verwijdering van prioritaire stoffen aan te bevelen.

Door de grote ingrepen in de hoofdzuivering van rwzi Horstermeer sinds het pilotonderzoek is de samenstelling van de aanvoer naar het filter sterk gewijzigd. Dat maakt een goed vergelijk tussen de resultaten van het pilonderzoek en monitoringsonderzoek erg lastig en zonder voldoende context onmogelijk. Vergelijk met het pilotonderzoek was geen doel op zich en de vergelijking is enkel toegevoegd om de resultaten van het monitoringsonderzoek in perspectief te plaatsen. Het ligt voor de hand dat voor goed vergelijkend onderzoek tenminste de aanvoercharacteristieken vergelijkbaar moeten zijn. Voor transparantie en traceerbaarheid zijn bij het vergelijk alleen de resultaten en conclusies zoals opgeschreven in het STOWA rapport van het pilotonderzoek gebruikt. Uit het vergelijk blijken een aantal positieve zaken zoals een hogere nitraat- en orthofosfaatverwijdering tegen een lager chemicaliënverbruik.

Wat negatief opvalt, is het verschil in zwevendestofverwijdering. Of de resultaten van de verschillende onderzoeken (pilotonderzoek 1-STEP® filter en project actiefkoolfiltratie) met elkaar vergeleken mogen worden is twijfelachtig. Met name de zwevendestofmatrix zou de grote verschillen tussen de onderzoeken kunnen verklaren. Aanvullend onderzoek naar de invloed van de zwevendestofmatrix op de te behalen filtraatconcentratie / verwijderingsrendement is aan te bevelen.

BIJLAGE 1

GRAFIEKEN MICROVERONTREINIGINGEN

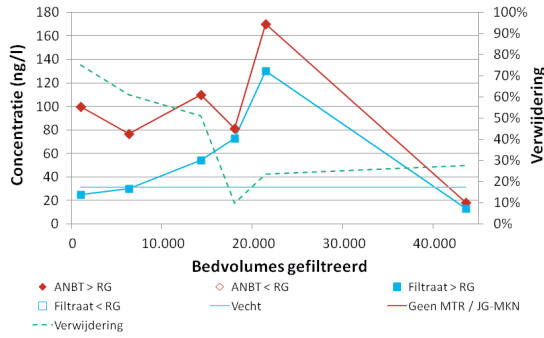
In deze bijlage staan de grafieken van microverontreinigingen. Deze grafieken zijn gebaseerd op (maximaal) 6 metingen gedurende de looptijd van het filter.

Voor de leesbaarheid van de grafieken zijn de meetwaarden via een lijn met elkaar verbonden. Daarmee wordt niet gesuggereerd dat een eventuele tussenliggende meetwaarde ergens op die lijn zou moeten liggen.

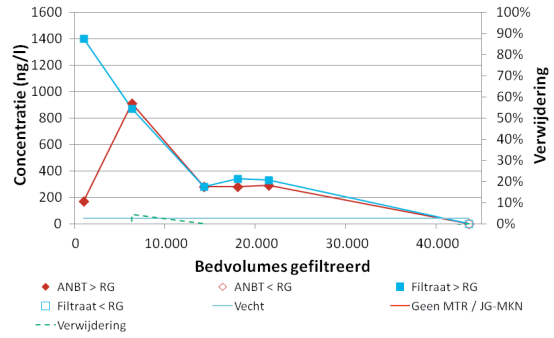
Per meetpunt is aangegeven of het meetpunt een rapportagegrens is of een meetwaarde boven de rapportagegrens.

GENEESMIDDELEN

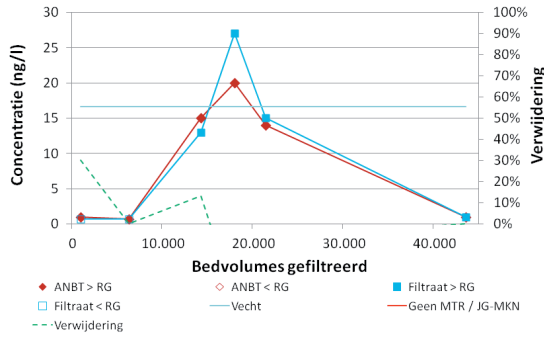
Atenolol



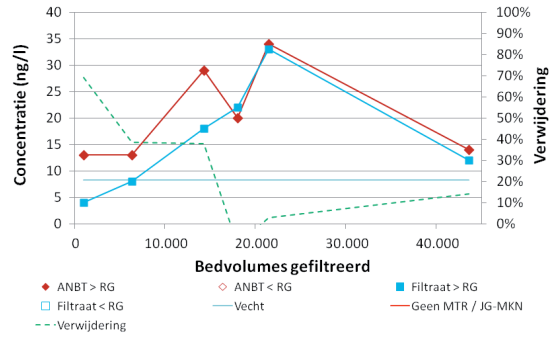
Atorvastatine



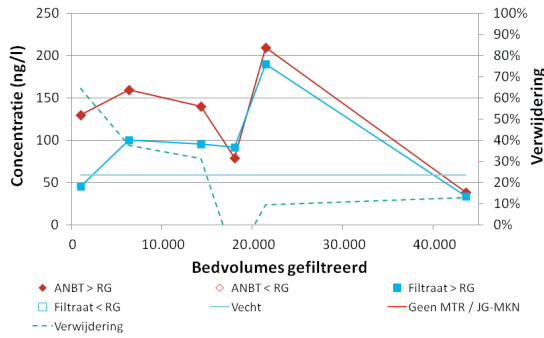
Bezafibraat



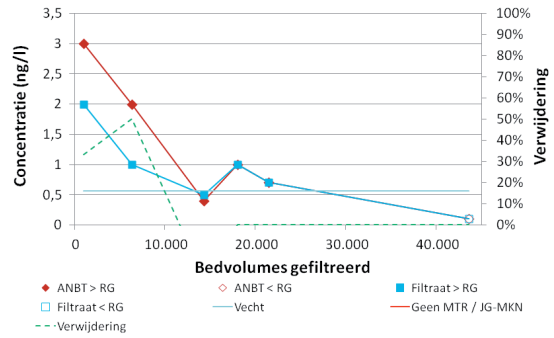
Bisoprolol



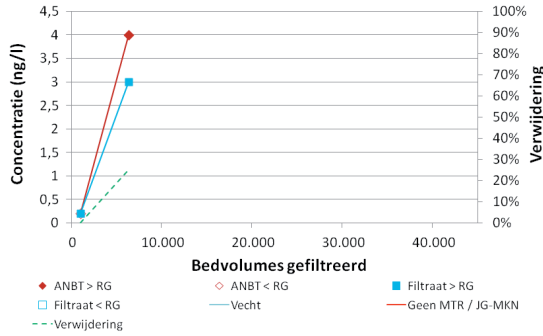
Carbamazepine



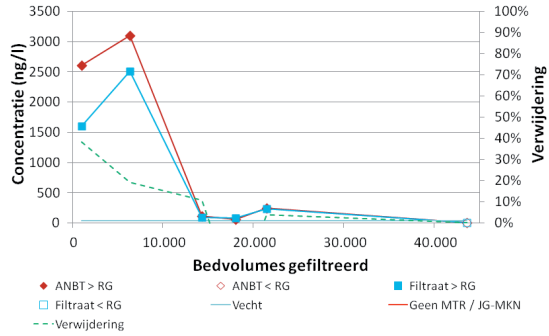
Cyclofosfamide



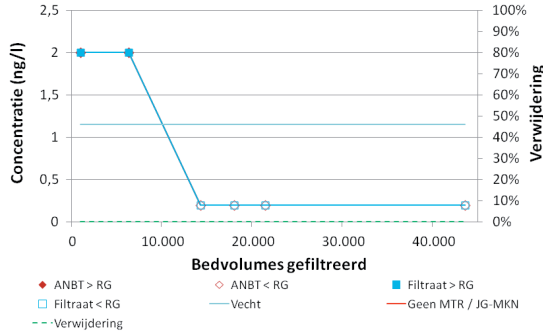
Diazepam



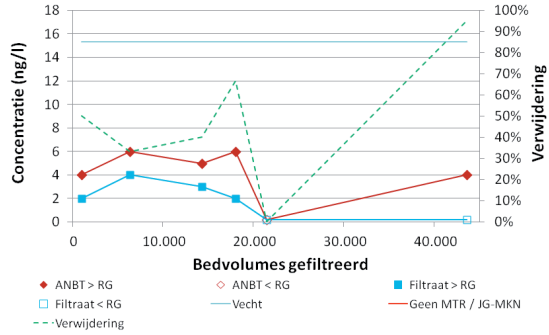
Diclofenac



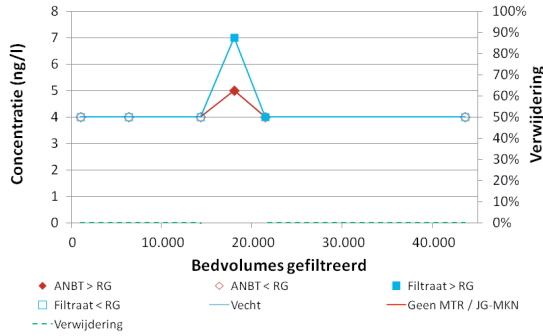
Enalapril



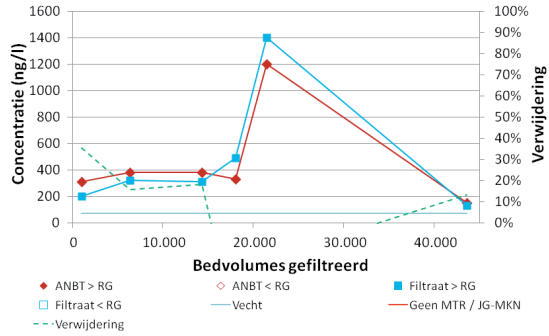
Fenazon (antipyrine)



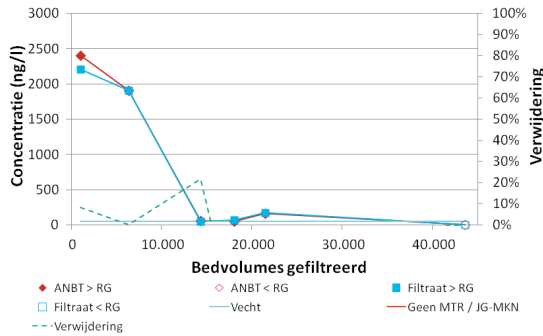
Fenofibrinezuur



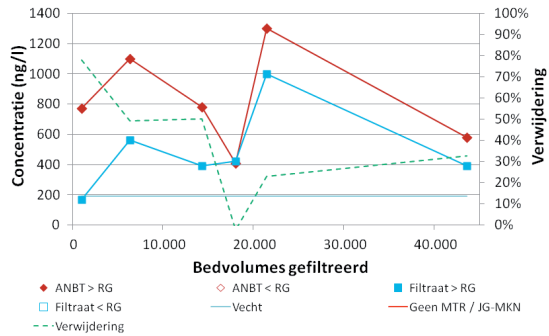
Furosemide



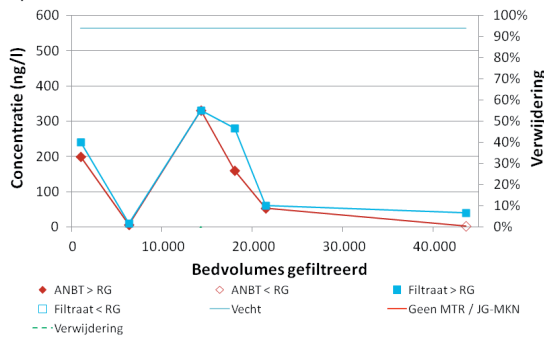
Gemfibrozil



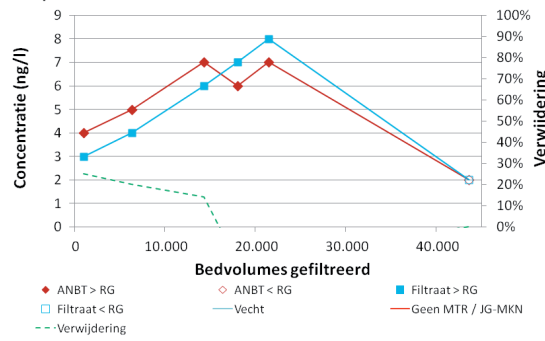
Hydrochloorthiazide



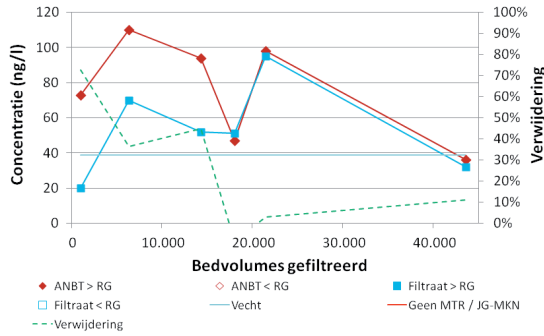
Jopromide



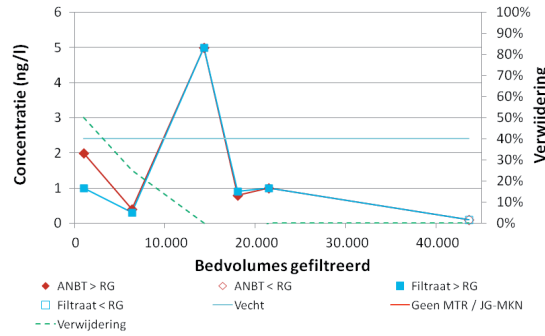
Ketoprofen



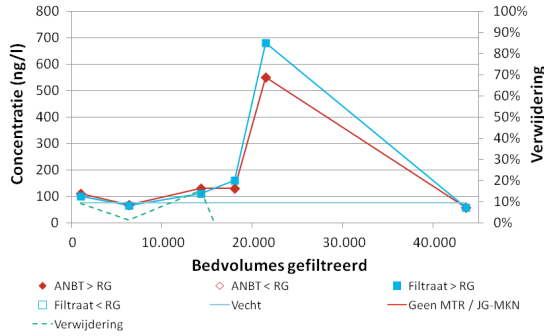
Lidocaine



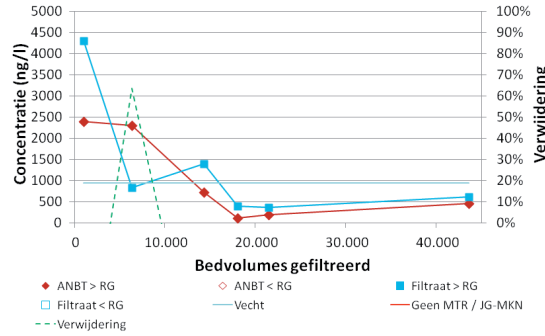
Lincomycine



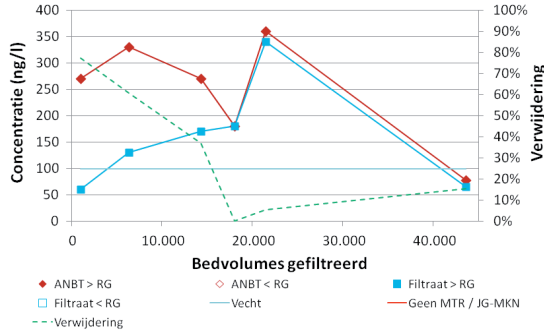
Losartan



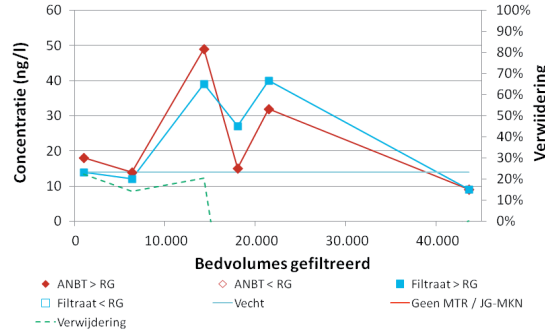
Metformine



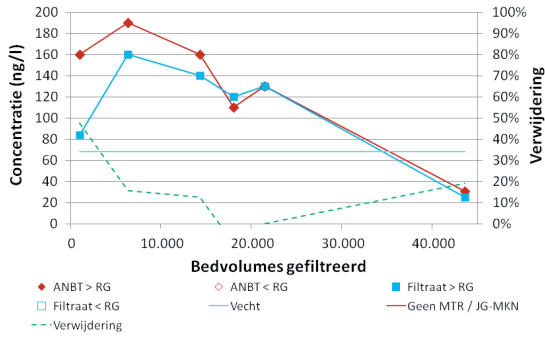
Metoprolol



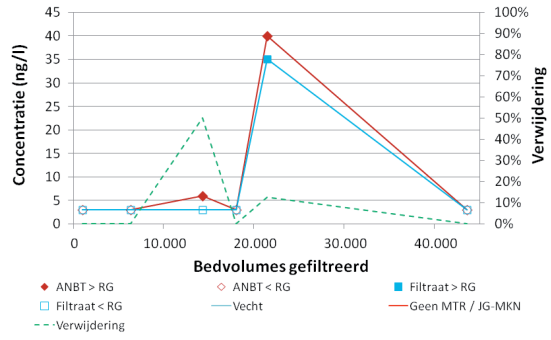
Naproxen



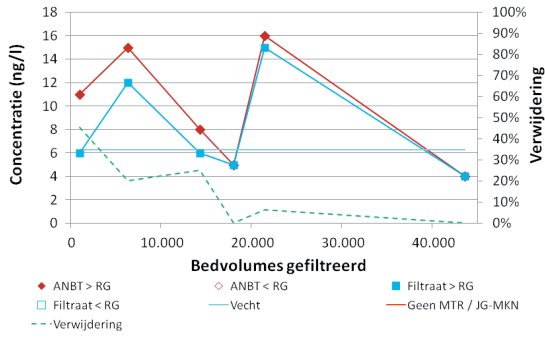
Oxazepam



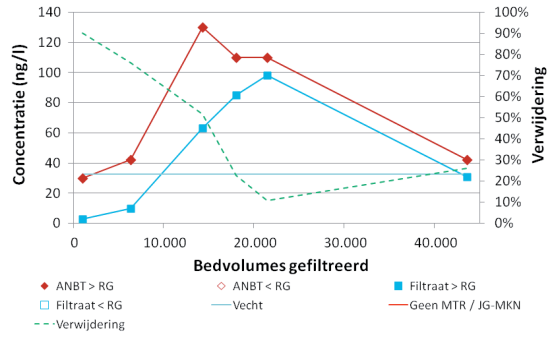
Paroxetine



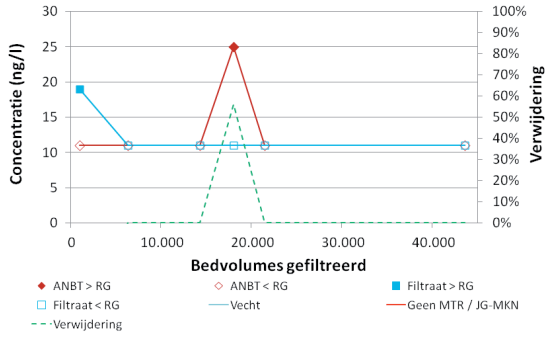
Primidon



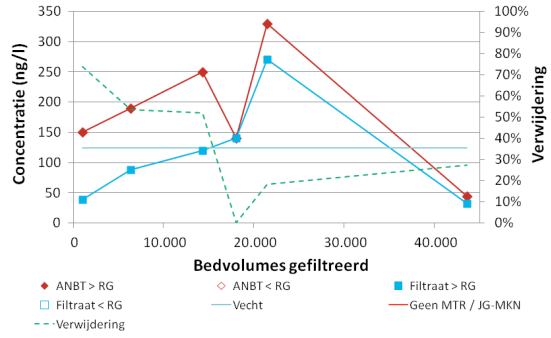
Propranolol



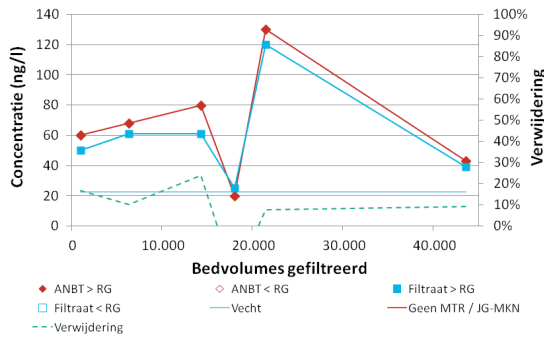
Salicylzuur



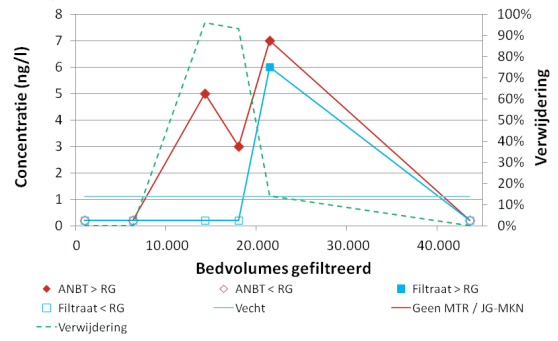
Sotalol



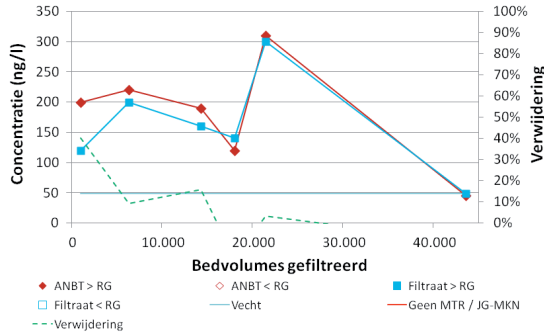
Sulfamethoxazol



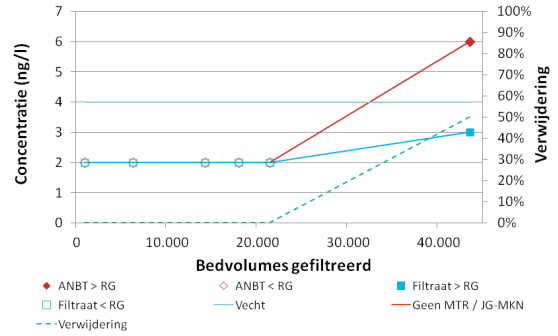
Sulfaquinoxaline



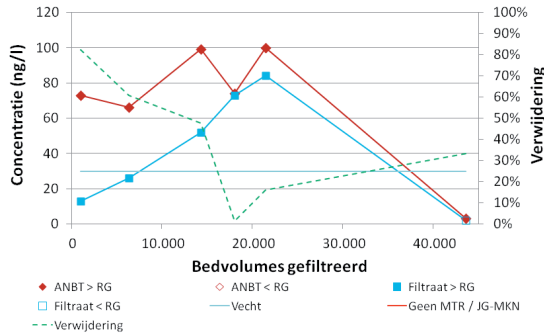
Temazepam



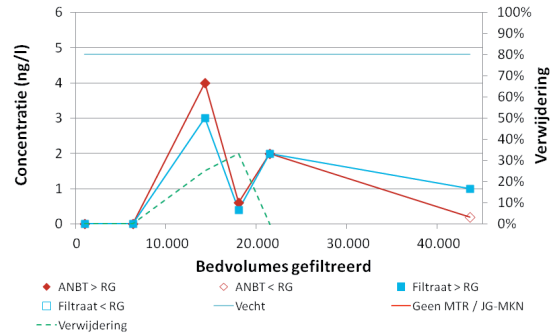
Tiamuline



Trimethoprim

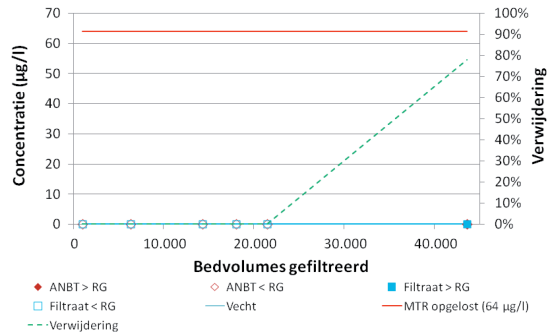


Valium



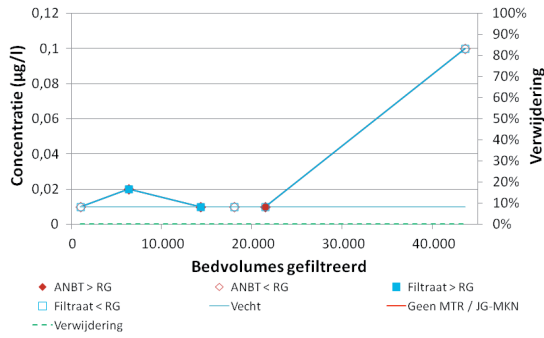
HORMOONVERSTORENDE STOFFEN

bisfenol-A

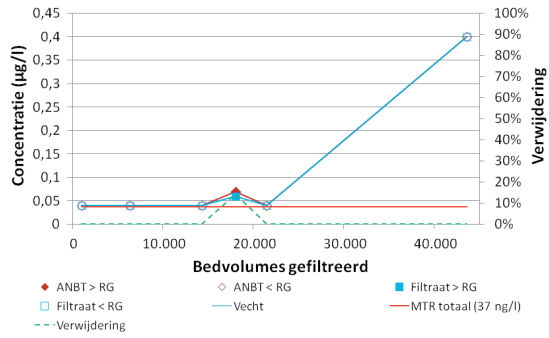


BESTRIJDINGSMIDDELEN

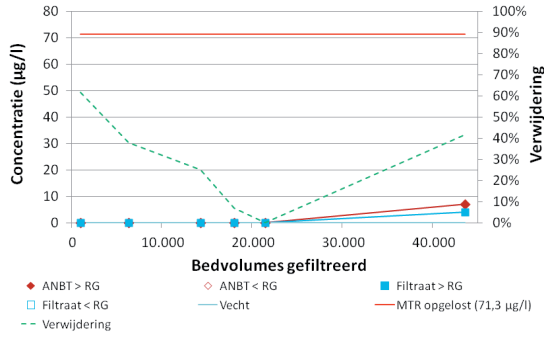
Chloridazon



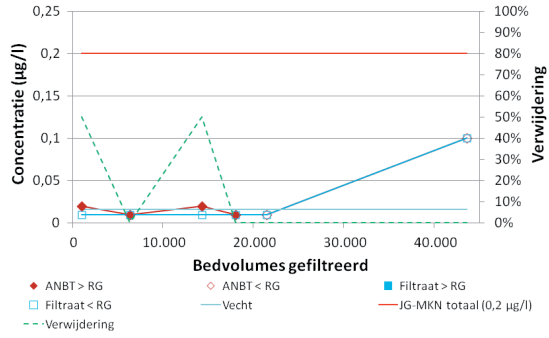
Diazinon



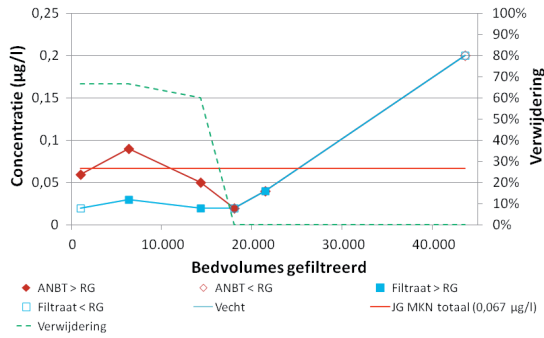
Diethyltoluamide



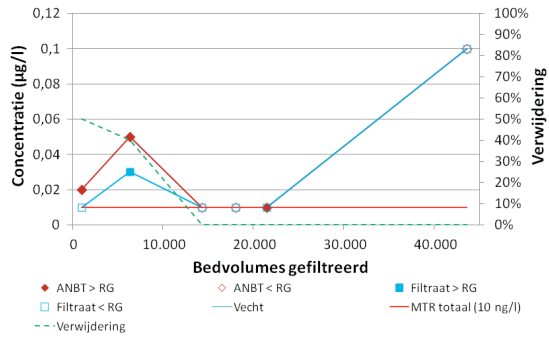
Diuron



Imidacloprid

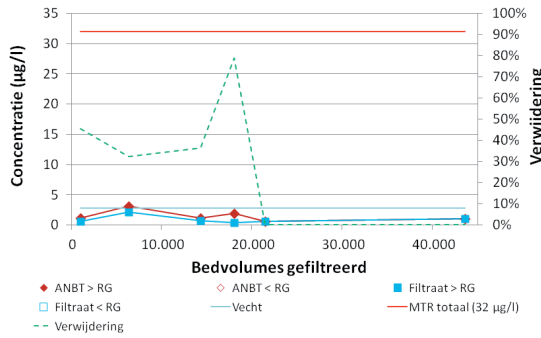


Propoxur

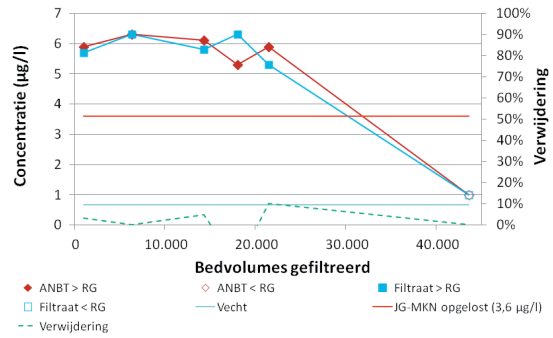


ZWARE METALEN

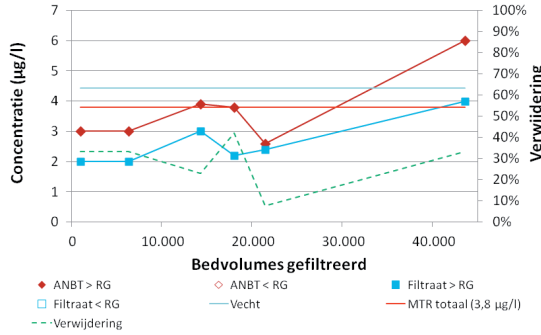
Arseen



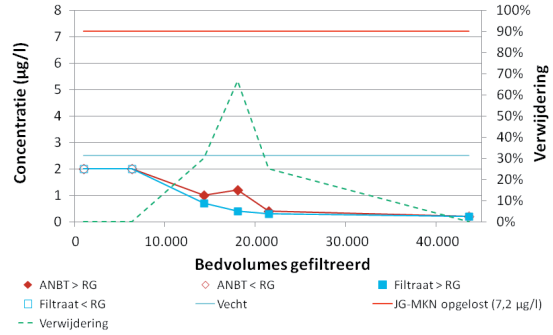
Chroom



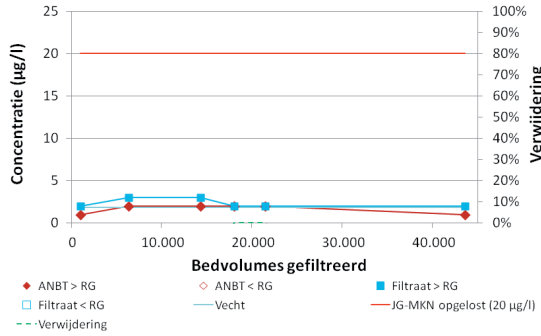
Koper



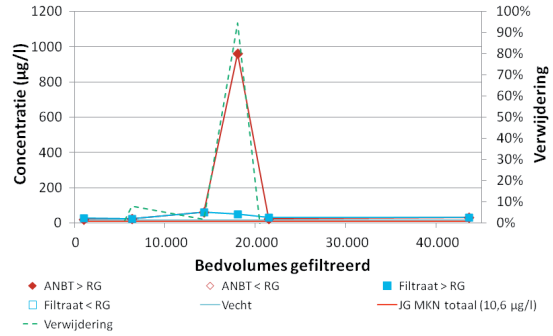
Lood



Nikkel



Zink



BIJLAGE 2

TABEL MICROVERONTREINIGINGEN ONDER RAPPORTAGEGRENSEN

GENEESMIDDELEN

Stof	Monster	Rapportagegrens	Eenheid	Aantal waarnemingen
Caffeine	ANBT	15	ng/l	5
	Filtraat	15	ng/l	6
Chlooramfenicol	ANBT	2	ng/l	6
	Filtraat	2	ng/l	6
Clofibraat	ANBT	85	ng/l	6
	Filtraat	85	ng/l	6
Clofibrinezuur	ANBT	5	ng/l	6
	Filtraat	5	ng/l	6
Fenofibraat	ANBT	2	ng/l	6
	Filtraat	2	ng/l	6
Ibuprofen	ANBT	32	ng/l	6
	Filtraat	32	ng/l	5
Ifosfamide	ANBT	0,2	ng/l	6
	Filtraat	0,2	ng/l	6
Oxacilline	ANBT	11	ng/l	6
	Filtraat	11	ng/l	6
Paracetamol	ANBT	1	ng/l	6
	Filtraat	1	ng/l	6
Pravastatine	ANBT	50	ng/l	6
	Filtraat	50	ng/l	6
Theophylline	ANBT	15	ng/l	6
	Filtraat	15	ng/l	6

HORMOONVERSTORENDE STOFFEN

Stof	Monster	Rapportagegrens	Eenheid	Aantal waarnemingen
17-Alpha-estradiol	ANBT	0,005	µg/l	7
	Filtraat	0,005	µg/l	6
		0,01	µg/l	1
17-Alpha-ethinylestradiol	ANBT	0,005	µg/l	5
		0,015	µg/l	1
		Filtraat	0,005	µg/l
	Filtraat	0,015	µg/l	1
		0,005	µg/l	6
17-Beta-estradiol	ANBT	0,005	µg/l	6
	Filtraat	0,005	µg/l	6
Estriol	ANBT	0,005	µg/l	3
		0,01	µg/l	3
	Filtraat	0,005	µg/l	3
		0,01	µg/l	3
Oestron	ANBT	0,005	µg/l	4
		0,02	µg/l	2
	Filtraat	0,005	µg/l	4
		0,02	µg/l	2

BESTRIJDINGSMIDDELEN

Stof	Monster	Rapportagegrens	Eenheid	Aantal waarnemingen
Aldicarb	ANBT	0,01	µg/l	5
		0,1	µg/l	1
	Filtraat	0,01	µg/l	5
		0,1	µg/l	1
Aldicarb_sulfon	ANBT	0,02	µg/l	5
		0,2	µg/l	1
	Filtraat	0,02	µg/l	5
		0,2	µg/l	1
Aldicarb_sulfoxide	ANBT	0,03	µg/l	5
		0,3	µg/l	1
	Filtraat	0,03	µg/l	5
		0,3	µg/l	1
Atrazine	ANBT	0,02	µg/l	5
		0,2	µg/l	1
	Filtraat	0,02	µg/l	5
		0,2	µg/l	1
Carbendazim	ANBT	0,03	µg/l	5
		0,1	µg/l	1
	Filtraat	0,03	µg/l	5
		0,1	µg/l	1
Carbofuran	ANBT	0,01	µg/l	5
		0,1	µg/l	1
	Filtraat	0,01	µg/l	5
		0,1	µg/l	1
Chloorfenvinfos	ANBT	0,02	µg/l	5
		0,2	µg/l	1
	Filtraat	0,02	µg/l	5
		0,2	µg/l	1
Chlooroxuron	ANBT	0,01	µg/l	5
		0,1	µg/l	1
	Filtraat	0,01	µg/l	5
		0,1	µg/l	1
Chloorprofam	ANBT	0,03	µg/l	5
		0,3	µg/l	1
	Filtraat	0,03	µg/l	5
		0,3	µg/l	1
Chloorpyrifos				12
Chloortoluron	ANBT	0,01	µg/l	5
		0,1	µg/l	1
	Filtraat	0,01	µg/l	5
		0,1	µg/l	1
Coumafos	ANBT	0,08	µg/l	3
		0,15	µg/l	2
		0,8	µg/l	1
	Filtraat	0,08	µg/l	3
		0,15	µg/l	2
		0,8	µg/l	1
Desethylatrazine	ANBT	0,02	µg/l	5
		0,2	µg/l	1
	Filtraat	0,02	µg/l	5
		0,2	µg/l	1

Stof	Monster	Rapportagegrens	Eenheid	Aantal waarnemingen
Desmetryne	ANBT	0,01	µg/l	5
		0,1	µg/l	1
	Filtraat	0,01	µg/l	5
Dichlobenil	ANBT	0,1	µg/l	1
		0,02	µg/l	5
	Filtraat	0,2	µg/l	1
		0,02	µg/l	5
Dichloorvos	ANBT	0,2	µg/l	1
		0,5	µg/l	5
	Filtraat	10	µg/l	1
		0,5	µg/l	5
Dimethoaat	ANBT	10	µg/l	1
		0,02	µg/l	5
	Filtraat	0,2	µg/l	1
		0,02	µg/l	5
Ethion	ANBT	0,2	µg/l	1
		0,01	µg/l	5
	Filtraat	0,1	µg/l	1
Ethofumesaat	ANBT	0,01	µg/l	5
		0,1	µg/l	1
	Filtraat	0,01	µg/l	4
		0,1	µg/l	1
Ethoprofos	ANBT	0,02	µg/l	5
		0,2	µg/l	1
	Filtraat	0,02	µg/l	5
		0,2	µg/l	1
Ethyl-bromofos	ANBT	0,02	µg/l	3
		0,04	µg/l	2
		0,2	µg/l	1
	Filtraat	0,02	µg/l	3
		0,04	µg/l	2
		0,2	µg/l	1
Ethyl-parathion	ANBT	0,02	µg/l	5
		0,2	µg/l	1
	Filtraat	0,02	µg/l	5
Etridiazool	ANBT	0,2	µg/l	1
		0,02	µg/l	3
		0,04	µg/l	2
	Filtraat	0,2	µg/l	1
		0,02	µg/l	3
		0,04	µg/l	2
Fenchloorfos	ANBT	0,2	µg/l	1
		0,01	µg/l	5
	Filtraat	0,1	µg/l	1
		0,01	µg/l	5
Fenitrothion	ANBT	0,1	µg/l	1
		0,03	µg/l	5
	Filtraat	0,3	µg/l	1
		0,03	µg/l	5
		0,3	µg/l	1

Stof	Monster	Rapportagegrens	Eenheid	Aantal waarnemingen
Fenthion	ANBT	0,01	µg/l	5
		0,1	µg/l	1
	Filtraat	0,01	µg/l	5
		0,1	µg/l	1
Flutolanil	ANBT	0,02	µg/l	5
		0,2	µg/l	1
	Filtraat	0,02	µg/l	5
		0,2	µg/l	1
Fosalon	ANBT	0,5	µg/l	5
		5	µg/l	1
	Filtraat	0,5	µg/l	5
		5	µg/l	1
Fosfamidon	ANBT	0,04	µg/l	5
		0,4	µg/l	1
	Filtraat	0,04	µg/l	5
		0,4	µg/l	1
Furalaxyl	ANBT	0,02	µg/l	5
		0,2	µg/l	1
	Filtraat	0,02	µg/l	5
		0,2	µg/l	1
Heptenofos	ANBT	0,03	µg/l	5
		0,3	µg/l	1
	Filtraat	0,03	µg/l	5
		0,3	µg/l	1
Isoproturon	ANBT	0,01	µg/l	5
		0,1	µg/l	1
	Filtraat	0,01	µg/l	5
		0,1	µg/l	1
Linuron	ANBT	0,01	µg/l	5
		0,1	µg/l	1
	Filtraat	0,01	µg/l	5
		0,1	µg/l	1
Malathion	ANBT	0,02	µg/l	3
		0,04	µg/l	2
	Filtraat	0,4	µg/l	1
		0,02	µg/l	3
Metabenzthiazuron	ANBT	0,04	µg/l	2
		0,4	µg/l	1
	Filtraat	0,01	µg/l	5
		0,1	µg/l	1
Metalaxyl	ANBT	0,01	µg/l	5
		0,1	µg/l	1
	Filtraat	0,01	µg/l	5
		0,1	µg/l	1
Metamitron	ANBT	0,02	µg/l	5
		0,2	µg/l	1
	Filtraat	0,02	µg/l	5
		0,2	µg/l	1
Metazachloor	ANBT	0,01	µg/l	4
		0,1	µg/l	1
	Filtraat	0,01	µg/l	5
		0,1	µg/l	1
Metazachloor	ANBT	0,02	µg/l	5
		0,2	µg/l	1

Stof	Monster	Rapportagegrens	Eenheid	Aantal waarnemingen
	Filtraat	0,02	µg/l	5
		0,2	µg/l	1
Methidathion	ANBT	0,02	µg/l	5
		0,2	µg/l	1
	Filtraat	0,02	µg/l	5
		0,2	µg/l	1
Methomyl	ANBT	0,01	µg/l	5
		0,1	µg/l	1
	Filtraat	0,01	µg/l	5
		0,1	µg/l	1
Methyl-bromofos	ANBT	0,01	µg/l	5
		0,1	µg/l	1
	Filtraat	0,01	µg/l	5
		0,1	µg/l	1
Methyl-parathion	ANBT	0,04	µg/l	5
		0,4	µg/l	1
	Filtraat	0,04	µg/l	5
		0,4	µg/l	1
Methyl-pirimifos	ANBT	0,01	µg/l	5
		0,1	µg/l	1
	Filtraat	0,01	µg/l	5
		0,1	µg/l	1
Methyl-Tolclofos	ANBT	0,01	µg/l	5
		0,1	µg/l	1
	Filtraat	0,01	µg/l	5
		0,1	µg/l	1
Metoxuron	ANBT	0,01	µg/l	5
		0,1	µg/l	1
	Filtraat	0,01	µg/l	5
		0,1	µg/l	1
Mevinfos	ANBT	0,04	µg/l	5
		0,4	µg/l	1
	Filtraat	0,04	µg/l	5
		0,4	µg/l	1
Oxamyl	ANBT	0,03	µg/l	5
		0,3	µg/l	1
	Filtraat	0,03	µg/l	5
		0,3	µg/l	1
Pencycuron	ANBT	0,01	µg/l	5
		0,1	µg/l	1
	Filtraat	0,01	µg/l	5
		0,1	µg/l	1
Phoraat	ANBT	0,04	µg/l	3
		0,08	µg/l	2
		0,4	µg/l	1
	Filtraat	0,04	µg/l	3
		0,08	µg/l	2
		0,4	µg/l	1
Pirimicarb	ANBT	0,01	µg/l	5
		0,1	µg/l	1
	Filtraat	0,01	µg/l	5
		0,1	µg/l	1

Stof	Monster	Rapportagegrens	Eenheid	Aantal waarnemingen
Prochloraz	ANBT	0,04	µg/l	5
		0,4	µg/l	1
	Filtraat	0,04	µg/l	5
		0,4	µg/l	1
Procymidon	ANBT	0,01	µg/l	5
		0,1	µg/l	1
	Filtraat	0,01	µg/l	5
		0,1	µg/l	1
Profam	ANBT	0,02	µg/l	5
		0,2	µg/l	1
	Filtraat	0,02	µg/l	5
		0,2	µg/l	1
Prometryne	ANBT	0,01	µg/l	5
		0,1	µg/l	1
	Filtraat	0,01	µg/l	5
		0,1	µg/l	1
Propachloor	ANBT	0,01	µg/l	5
		0,1	µg/l	1
	Filtraat	0,01	µg/l	5
		0,1	µg/l	1
Propazine	ANBT	0,02	µg/l	5
		0,2	µg/l	1
	Filtraat	0,02	µg/l	5
		0,2	µg/l	1
Propiconazool	ANBT	0,02	µg/l	5
		0,2	µg/l	1
	Filtraat	0,02	µg/l	5
		0,2	µg/l	1
Pyrazafoz	ANBT	0,02	µg/l	5
		0,2	µg/l	1
	Filtraat	0,02	µg/l	5
		0,2	µg/l	1
Pyrifenox	ANBT	0,02	µg/l	5
		0,2	µg/l	1
	Filtraat	0,02	µg/l	5
		0,2	µg/l	1
Pyrimethanil	ANBT	0,01	µg/l	4
		0,1	µg/l	1
	Filtraat	0,01	µg/l	5
		0,1	µg/l	1
Sebutylazine	ANBT	0,01	µg/l	5
		0,1	µg/l	1
	Filtraat	0,01	µg/l	5
		0,1	µg/l	1
Simazine	ANBT	0,02	µg/l	5
		0,2	µg/l	1
	Filtraat	0,02	µg/l	5
		0,2	µg/l	1
Tebuconazool	ANBT	0,02	µg/l	5
		0,2	µg/l	1
	Filtraat	0,02	µg/l	5
		0,2	µg/l	1

Stof	Monster	Rapportagegrens	Eenheid	Aantal waarnemingen
Terbutryne	ANBT	0,01	µg/l	4
		0,1	µg/l	1
	Filtraat	0,01	µg/l	5
		0,1	µg/l	1
Terbutylazine	ANBT	0,02	µg/l	5
		0,2	µg/l	1
	Filtraat	0,02	µg/l	5
		0,2	µg/l	1
Tetrachloorinfos	ANBT	0,02	µg/l	1
		0,03	µg/l	2
		0,04	µg/l	2
		0,2	µg/l	1
	Filtraat	0,02	µg/l	1
		0,03	µg/l	2
		0,04	µg/l	2
		0,2	µg/l	1
Triazofos	ANBT	0,03	µg/l	5
		0,3	µg/l	1
	Filtraat	0,03	µg/l	5
		0,3	µg/l	1
Trifluralin	ANBT	0,02	µg/l	5
		0,2	µg/l	1
	Filtraat	0,02	µg/l	5
		0,2	µg/l	1
Vinclozolin	ANBT	0,02	µg/l	3
		0,04	µg/l	2
		0,4	µg/l	1
	Filtraat	0,02	µg/l	3
		0,04	µg/l	2
		0,4	µg/l	1

ZWARE METALEN

Stof	Monster	Rapportagegrens	Eenheid	Aantal waarnemingen
Cadmium	ANBT	0,05	µg/l	4
		0,2	µg/l	2
	Filtraat	0,05	µg/l	4
		0,2	µg/l	2
Kwik	ANBT	0,01	µg/l	6
	Filtraat	0,01	µg/l	6

PAK

Stof	Monster	Rapportagegrens	Eenheid	Aantal waarnemingen
Acenafteen	ANBT	0,01	µg/l	3
	Filtraat	0,01	µg/l	3
Acenaftyleen	ANBT	0,01	µg/l	3
	Filtraat	0,01	µg/l	3
Anthraceen	ANBT	0,01	µg/l	3
	Filtraat	0,01	µg/l	3
Benzo(a)antraceen	ANBT	0,01	µg/l	3
	Filtraat	0,01	µg/l	3
Benzo(a)pyreen	ANBT	0,01	µg/l	3
	Filtraat	0,01	µg/l	3
Benzo(b)fluorantheen	ANBT	0,01	µg/l	3
	Filtraat	0,01	µg/l	3
Benzo(g,h,i)peryleen	ANBT	0,01	µg/l	3
	Filtraat	0,01	µg/l	3
Benzo(k)fluorantheen	ANBT	0,01	µg/l	3
	Filtraat	0,01	µg/l	3
Chryseen	ANBT	0,01	µg/l	3
	Filtraat	0,01	µg/l	3
Dibenzo(a,h)antraceen	ANBT	0,01	µg/l	3
	Filtraat	0,01	µg/l	3
Fenanthreen	ANBT	0,01	µg/l	3
	Filtraat	0,01	µg/l	3
Fluorantheen	ANBT	0,01	µg/l	3
	Filtraat	0,01	µg/l	3
Fluoreen	ANBT	0,01	µg/l	3
	Filtraat	0,01	µg/l	3
Indeno(1,2,3-c,d)pyreen	ANBT	0,01	µg/l	3
	Filtraat	0,01	µg/l	3
Naftaleen	ANBT	0,01	µg/l	3
	Filtraat	0,01	µg/l	3
Pyreen	ANBT	0,01	µg/l	3
	Filtraat	0,01	µg/l	3

OCB

Stof	Monster	Rapportagegrens	Eenheid	Aantal waarnemingen
2,4-DDD	ANBT	0,01	µg/l	2
		0,05	µg/l	1
	Filtraat	0,01	µg/l	2
		0,05	µg/l	1
2,4-DDE	ANBT	0,01	µg/l	2
		0,05	µg/l	1
	Filtraat	0,01	µg/l	2
		0,05	µg/l	1
2,4-DDT	ANBT	0,01	µg/l	2
		0,05	µg/l	1
	Filtraat	0,01	µg/l	2
		0,05	µg/l	1
4,4 DDT	ANBT	0,01	µg/l	2
		0,05	µg/l	1
	Filtraat	0,01	µg/l	2
		0,05	µg/l	1
4,4-DDD	ANBT	0,01	µg/l	2
		0,05	µg/l	1
	Filtraat	0,01	µg/l	2
		0,05	µg/l	1
4,4-DDE	ANBT	0,01	µg/l	2
		0,05	µg/l	1
	Filtraat	0,01	µg/l	2
		0,05	µg/l	1
Alachloor	ANBT	0,02	µg/l	7
		0,05	µg/l	1
		0,2	µg/l	1
	Filtraat	0,02	µg/l	7
		0,05	µg/l	1
Aldrin	ANBT	0,01	µg/l	2
		0,05	µg/l	1
		0,01	µg/l	2
	Filtraat	0,01	µg/l	2
		0,05	µg/l	1
alfa-Endosulfan	ANBT	0,01	µg/l	2
		0,05	µg/l	1
	Filtraat	0,01	µg/l	2
alfa-Hexachloorcyclohexaan	ANBT	0,01	µg/l	2
		0,05	µg/l	1
		0,01	µg/l	2
	Filtraat	0,01	µg/l	2
		0,05	µg/l	1
beta-endosulfan	ANBT	0,01	µg/l	2
		0,05	µg/l	1
	Filtraat	0,01	µg/l	2
beta-Hexachloorcyclohexaan	ANBT	0,01	µg/l	2
		0,05	µg/l	1
		0,01	µg/l	2
	Filtraat	0,01	µg/l	2

Stof	Monster	Rapportagegrens	Eenheid	Aantal waarnemingen
cis-Heptachloorepoxide	ANBT	0,01	µg/l	2
		0,05	µg/l	1
	Filtraat	0,01	µg/l	2
		0,05	µg/l	1
delta-hexachloorcyclohexaan	ANBT	0,01	µg/l	2
		0,05	µg/l	1
	Filtraat	0,01	µg/l	2
		0,05	µg/l	1
Dieldrin	ANBT	0,01	µg/l	2
		0,05	µg/l	1
	Filtraat	0,01	µg/l	2
		0,05	µg/l	1
Endrin	ANBT	0,01	µg/l	2
		0,05	µg/l	1
	Filtraat	0,01	µg/l	2
		0,05	µg/l	1
gamma-Hexachloorcyclohexaan	ANBT	0,01	µg/l	2
		0,05	µg/l	1
	Filtraat	0,01	µg/l	2
		0,05	µg/l	1
Heptachloor	ANBT	0,01	µg/l	2
		0,05	µg/l	1
	Filtraat	0,01	µg/l	2
		0,05	µg/l	1
Hexachloorbenzeen	ANBT	0,01	µg/l	2
		0,05	µg/l	1
	Filtraat	0,01	µg/l	2
		0,05	µg/l	1
Hexachloorbutadiëen	ANBT	0,01	µg/l	2
		0,05	µg/l	1
	Filtraat	0,01	µg/l	1
		0,05	µg/l	1
Isodrin	ANBT	0,01	µg/l	2
		0,05	µg/l	1
	Filtraat	0,01	µg/l	2
		0,05	µg/l	1
Pentachloorbenzeen	ANBT	0,01	µg/l	2
		0,05	µg/l	1
	Filtraat	0,01	µg/l	2
		0,05	µg/l	1
Telodrin	ANBT	0,01	µg/l	2
		0,05	µg/l	1
	Filtraat	0,01	µg/l	2
		0,05	µg/l	1
trans-Heptachloorepoxide	ANBT	0,01	µg/l	2
		0,05	µg/l	1
	Filtraat	0,01	µg/l	2
		0,05	µg/l	1

PCB

Stof	Monster	Rapportagegrens	Eenheid	Aantal waarnemingen
PCB 101	ANBT	0,01	µg/l	2
		0,05	µg/l	1
	Filtraat	0,01	µg/l	2
		0,05	µg/l	1
PCB 118	ANBT	0,01	µg/l	2
		0,05	µg/l	1
	Filtraat	0,01	µg/l	2
		0,05	µg/l	1
PCB 138	ANBT	0,01	µg/l	2
		0,05	µg/l	1
	Filtraat	0,01	µg/l	2
		0,05	µg/l	1
PCB 153	ANBT	0,01	µg/l	2
		0,05	µg/l	1
	Filtraat	0,01	µg/l	2
		0,05	µg/l	1
PCB 180	ANBT	0,01	µg/l	2
		0,05	µg/l	1
	Filtraat	0,01	µg/l	2
		0,05	µg/l	1
PCB 28	ANBT	0,01	µg/l	2
		0,05	µg/l	1
	Filtraat	0,01	µg/l	2
		0,05	µg/l	1
PCB 52	ANBT	0,01	µg/l	2
		0,05	µg/l	1
	Filtraat	0,01	µg/l	2
		0,05	µg/l	1

CALUX

Stof	Monster	Rapportagegrens	Eenheid	Aantal waarnemingen
Androgens	ANBT	0,31	ng/l	2
		0,32	ng/l	2
	Filtraat	0,31	ng/l	2
		0,32	ng/l	2
Anti-androgens	ANBT	18	µg/l	2
		8833	µg/l	1
	Filtraat	18	µg/l	2
		8833	µg/l	2
Anti-estrogens	ANBT	534	ng/l	2
		538	ng/l	2
	Filtraat	534	ng/l	2
		538	ng/l	2

KRW

Stof	Monster	Rapportagegrens	Eenheid	Aantal waarnemingen
4-chlooraniline	ANBT	0,5	µg/l	6
	Filtraat	0,5	µg/l	6
Diethylhexylftalaat	ANBT	1	µg/l	6
	Filtraat	1	µg/l	6

BIJLAGE 3

PROBLEEMSTOFFEN IN DE VECHT

Waternet monitort de waterkwaliteit van de Vecht op microverontreinigingen. Op basis van de analyseresultaten in de periode 2011 - 2013 zijn probleem- of aandachtstoffen geïdentificeerd, deze staan in onderstaande tabel. Daarbij zijn alleen de stoffen opgenomen die bij dit in het effluent van rwzi Horstermeer onderzoek boven de rapportagegrens zijn aangetroffen en waarvoor normen beschikbaar zijn. De belangrijkste probleemstof die door deze selectie buiten de tabel valt is pyreen. Pyreen geeft een forse overschrijding van de oppervlaktewaterkwaliteitsnorm in de Vecht, maar is niet aangetroffen in het effluent van rwzi Horstermeer.

TABEL STOFFEN IN DE VECHT EN NORMEN

Component	Eenheid	#	Vecht gemiddelde	Vecht maximaal	Norm	Waarde
Bestrijdingsmiddelen						
Diethyltoluamide	µg/L	11	0,04	0,06	MTR opgelost	71,3
Diuron	µg/L	8	0,02	0,03	JG-MKN totaal	0,2
Zware metalen						
Arseen	µg/L	11	2,76	8,70	MTR totaal	32
Chroom	µg/L	3	0,67	0,90	JG-MKN opgelost	3,6
Koper	µg/L	88	4,44	14,00	MTR totaal	3,8
Lood opgelost	µg/L	2	0,25	0,30	JG-MKN opgelost	7,2
Nikkel opgelost	µg/L	6	1,86	3,00	JG-MKN opgelost	20
Zink	µg/L	20	18,65	66,00	JG MKN totaal	10,6

Koper en zink overschrijden de vigerende norm. Voor geneesmiddelen zijn geen milieu-kwaliteitsnormen bekend. Deze komen dus niet in de tabel voor.

