

BTO 2016.014 | Februari 2016

BTO rapport

Effecten op de biologische stabiliteit van drinkwater door menging van grondwater en door leeftijd en regeneratie van ionenwisselingshars

BTO

Effecten op de biologische stabiliteit van drinkwater door menging van grondwater en door leeftijd en regeneratie van ionenwisselingshars

BTO 2016.014 | Februari 2016

Opdrachtnummer

400374

Projectmanager

Luc Hornstra

Opdrachtgever

BTO – Speerpuntonderzoek Vitens

Kwaliteitsborger

Paul van der Wielen

Auteurs

Michiel Hootsmans, Ludmila Bereschenko en Wim Hijnen

Verzonden aan

Dit rapport is verspreid onder BTO-participanten.
Een jaar na publicatie is het openbaar.

Jaar van publicatie

2016

Meer informatie

dr. ing. Wim Hijnen
T +31 (0)30 6069596
E Wim.Hijnen@kwrwater.nl

Keywords

ionenwisseling grondwater
regeneratie biologische stabiliteit

PO Box 1072
3430 BB Nieuwegein
The Netherlands

T +31 (0)30 60 69 511
F +31 (0)30 60 61 165
E info@kwrwater.nl
I www.kwrwater.nl



BTO 2016.014 | Februari 2016 © KWR

Alle rechten voorbehouden.

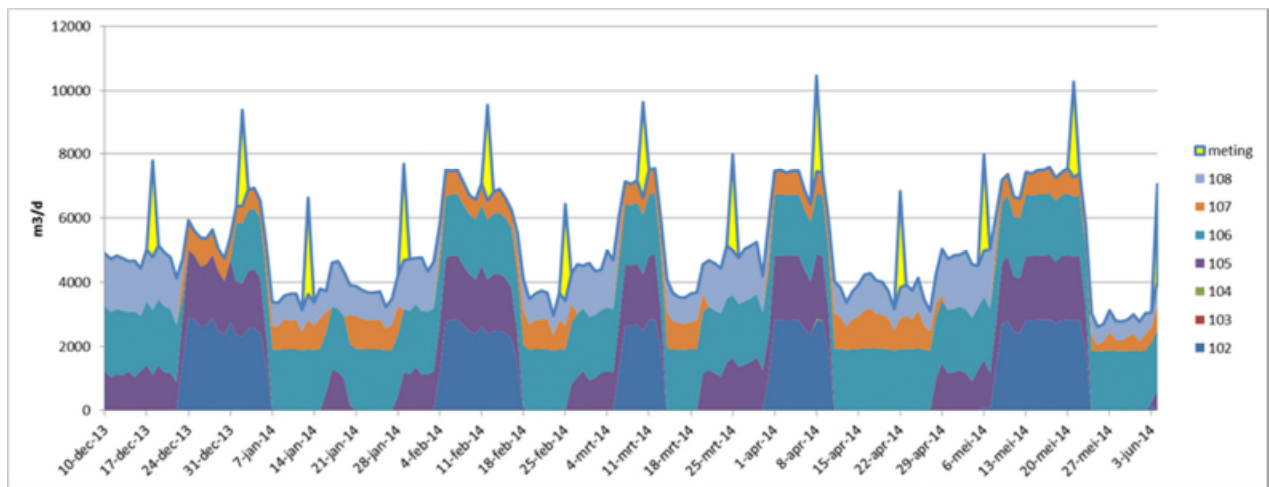
Niets uit deze uitgave mag worden veeelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen, of enig andere manier, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de uitgever.

BTO Managementsamenvatting

Geen duidelijk verband tussen biologische stabiliteit van drinkwater en menging van grondwatersoorten of leeftijd van ionenwisselingshars

Auteurs Dr.ir. Michiel Hootsmans; dr.ir. Ludmila Bereschenko; dr.ing. Wim Hijnen

Wisselend gebruik van diverse winputten bij de productie van drinkwater uit grondwater heeft geen duidelijk verband met patronen in de onderzochte indicatoren voor de biologische stabiliteit van het uiteindelijk geproduceerde reinwater, zo blijkt uit onderzoek in opdracht van Vitens naar fluctuaties in biologische stabiliteit op pompstation St. Jansklooster. Wel kan de verhoogde biomassa accumulatiesnelheid (BAS) die hier na menging van de twee deelstromen af en toe werd gemeten mogelijk worden verklaard door opheffing van groeilimitatie als gevolg van verschillende samenstellingen van het grondwater. Op pompstations St. Jansklooster en Oldeholtpade zorgde de ionenwisseling in beide gevallen voor lage en tamelijk stabiele waarden van de gemeten indicatoren van het drinkwater. Een standtijdverschil van 6 jaar van de ionenwisselaar op pompstation Oldeholtpade liet wel een verhoging van de BAS zien. Deze biologische stabiliteitsparameter kan dus mogelijk een indicatie geven voor de optimale standtijd van de ionenwisselaar.



Winningshoeveelheden uit de pompputten 102-108 van ps. St. Jansklooster. Gele pieken geven de meetmomenten van indicatoren voor biologische stabiliteit aan.

Belang: zicht op effecten ruwwaterkwaliteit en leeftijd ionenwisselingshars op biologische stabiliteit

De biologische stabiliteit van reinwater moet zo hoog mogelijk zijn om een onberispelijke kwaliteit aan de tap te kunnen garanderen. Bij grondwater als bron kunnen winputten verschillen in ruwwaterkwaliteit. De bedrijfsvoering van de winning zou door wisselende volumestromen uit de diverse beschikbare winputten en veranderende menging van grondwater met verschillende samenstelling, invloed kunnen hebben op de biologische stabiliteit van het geproduceerde reinwater. Daarnaast kan de leeftijd van ionenwisselingshars van invloed zijn op de biologische stabiliteit via een mogelijk leeftijdsafhankelijke verwijdering van AOC en/of afgifte van afbreekbare verbindingen.

Aanpak: onderzoek bij twee grondwater pompstations van Vitens

Gedurende een half jaar is op ps St. Jans klooster onderzocht in hoeverre fluctuaties in biologische activiteit waarneembaar zijn. Op diverse plaatsen in het productieproces zijn regelmatig metingen verricht aan indicatoren voor biologische stabiliteit. Onderscheid werd gemaakt tussen twee separate grondwaterstromen die pas voor de beluchting worden samengevoegd. De bijbehorende winhoeveelheden uit de betrokken pompputten konden worden vergeleken met eventueel optredende veranderingen in de gemeten indicatoren.

Op ps St. Oldeholt pade is gedurende een half jaar onderzocht of de leeftijd van de gebruikte ionenwisselaar effect heeft op indicatoren voor de biologische stabiliteit. Dit gebeurde in de afvoer van twee filterbedden met ionenwisselaar; één met een lange standtijd van 7 jaar en een andere met een korte standtijd van 1 jaar

Resultaten: geen eenduidige relaties tussen winpatroon en variatie in biologische stabiliteit

De gescheiden productiestromen op ps St. Jans klooster lieten onderlinge variaties in biologische activiteit zien. Deze waren echter niet duidelijk te

relateren aan veranderingen in de gebruikte pompputten. Ook variaties in de waarden voor de gemengde stroom lijken niet eenvoudig aan het winningspatroon te koppelen. Oorzaken van de geconstateerde verschillen liggen mogelijk in niet nader vastgestelde variaties in de zuiveringscondities, met gevolgen voor verschillen in biomassa en de mate van groeibevordering. Mogelijk wordt de groeilimitatie in deelstromen door menging opgeheven.

De ionenwisselaar met een standtijd van 7 jaar op ps Oldeholt pade had gemiddeld over de onderzoeksperiode een hogere biomassa accumulatiesnelheid (BAS) dan de jonge ionenwisselaar. Andere indicatoren (BPP en AOC) gaven slechts kleine verschillen aan.

Slechts één meting aan BPP en AOC vond direct na regeneratie van een ontkleuringsketel plaats. Deze resulteerde in sterk verhoogde waarden.

Implementatie: BAS mogelijk indicatief voor optimale standtijd van ionenwisselingshars

Op basis van de resultaten lijkt er voor ps St. Jans klooster geen reden te bestaan om de bedrijfsvoering van de winning af te stemmen op de biologische stabiliteit van het geproduceerde drinkwater. De BAS kan mogelijk wel een indicatie geven voor de optimale standtijd van de ionenwisselaar op ps Oldeholt pade.

Een nadere studie van de achterliggende oorzaken van het eenmaal waargenomen, sterk verhogende effect van jonge ionenwisselingshars op BPP en AOC geeft mogelijk inzicht in hoeverre dit een toevallige gebeurtenis was ofwel een normale eigenschap is van de betreffende harssoort.

Rapport

Dit onderzoek is beschreven in rapport *Effecten op de biologische stabiliteit van drinkwater door menging van grondwater en door leeftijd en regeneratie van ionenwisselingshars* (BTO-2016.014).

Jaar van publicatie
2016

Meer informatie
dr. ing. Wim Hijnen
T +31 (0)30 6069596
E Wim.Hijnen@kwrwater.nl

Keywords
ionenwisseling grondwater
regeneratie biologische stabiliteit

PO Box 1072
3430 BB Nieuwegein
The Netherlands

T +31 (0)30 60 69 511
F +31 (0)30 60 61 165
E info@kwrwater.nl
I www.kwrwater.nl

KWR Watercycle
Research
Institute

BTO 2016.014 | Februari 2016 © KWR

Alle rechten voorbehouden.

Niets uit deze uitgave mag worden veelevoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen, of enig andere manier, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de uitgever.

Inhoud

Inhoud	2
1 Inleiding	3
1.1 Aanleiding	3
1.2 Doelstellingen	3
2 Methoden	5
2.1 Gebruikte bepalingen voor de biologische stabiliteit van water	5
2.2 Meetprogramma subdoelstelling 1	6
2.3 Meetprogramma subdoelstelling 2	7
2.4 Meetprogramma subdoelstelling 3	7
2.5 Meetprogramma subdoelstelling 4	8
3 Resultaten	9
3.1 Effect van menging van verschillende soorten grondwater op indicatoren voor de biologische stabiliteit: St. Jans klooster	9
3.2 Effect van de leeftijd en regeneratie van ionenwisselingshars op indicatoren voor de biologische stabiliteit: Oldeholt pade	15
4 Discussie en conclusies	20
4.1 Veranderingen in indicatoren voor biologische stabiliteit en relaties daarvan met pompputschakelingen	20
4.2 Veranderingen in indicatoren voor biologische stabiliteit na ionenwisseling en relaties daarvan met de leeftijd van de hars	21
5 Referenties	22

1 Inleiding

1.1 Aanleiding

Vitens wint grondwater van uiteenlopende kwaliteit. Over het algemeen is de grondwaterkwaliteit van dien aard dat met een relatief eenvoudige zuivering (beluchting en snelfiltratie) drinkwater kan worden geproduceerd dat een hoge mate van biologisch stabiliteit heeft, zodat nagroei van ongewenste micro-organismen in het distributiesysteem niet of nauwelijks optreedt. Bij een aantal productielocaties wordt echter grondwater gewonnen met relatief hoge concentraties TOC, ammonium, methaan en/of ijzer. Het geproduceerde drinkwater op deze locaties heeft meestal een lagere biologische stabiliteit, die tot verhoogde nagroei in het distributiesysteem leidt. Op de meeste van deze locaties is ondertussen ionenwisseling als extra zuiveringsstap toegevoegd, primair om de kleur uit het water te verwijderen. Een bijkomstigheid van ionenwisseling is echter dat ook een deel van het organisch materiaal wordt verwijderd, waardoor de biologische stabiliteit van het drinkwater mogelijk verbetert. Na installatie van ionenwisseling is bij deze productielocaties waargenomen dat de mate van *Aeromonas* nagroei in het distributiesysteem lager is, maar deze verbetering is niet voldoende geweest om overschrijdingen van de wettelijke norm van *Aeromonas* te voorkomen.

Op sommige productielocaties waar ionenwisseling is geïnstalleerd, wordt grondwater gewonnen van verschillende winvelden, waardoor het gewonnen grondwater verschillende waterkwaliteiten heeft. Deze grondwatertypen met verschillende kwaliteiten worden tijdens de zuivering gemengd. De menging van water met verschillende waterkwaliteiten tijdens of direct na de zuivering kan leiden tot een effect op de biologische stabiliteit, omdat nutriënten die in het ene watertype aanwezig zijn, afwezig kunnen zijn in het andere watertype, waardoor na menging een eventuele groei-limitatie door een bepaald nutriënt (bv AOC, fosfaat) kan verdwijnen. Daarnaast kunnen ook veranderingen in pompputschakelingen de kwaliteit van het ruwwater beïnvloeden. De zuivering kan (tijdelijk) worden belast met een andere waterkwaliteit, wat kan leiden tot mogelijke doorslag van bepaalde biologisch afbreekbare verbindingen. Tot slot kan een lange standtijd van filterbedden met ionenwisselaars tussen regeneratiemomenten leiden tot een verandering van de biologische stabiliteit. Door accumulatie van biomassa op de kunsthars en afgifte van afbreekbare verbindingen kan de biologische stabiliteit van het drinkwater worden verlaagd. De genoemde praktijkvragen en veronderstellingen zijn voor Vitens aanleiding geweest om een BTO-speerpuntonderzoek uit te laten voeren naar de oorzaken van een lagere biologische stabiliteit van het drinkwater op de productielocaties waar ionenwisseling is geïnstalleerd of waar grondwater met verschillende kwaliteit wordt gewonnen.

1.2 Doelstellingen

Het doel van dit onderzoek betreft het achterhalen of menging van grondwater met verschillende kwaliteiten in de zuivering en/of pompputschakelingen in het winveld leidt tot een lagere biologische stabiliteit van het drinkwater bij pompstation (ps) St. Jans klooster. Daarnaast wordt bij ps Oldeholtspade onderzocht of de biologische stabiliteit van het water na ionenwisseling anders is tussen relatief oude en nieuwe hars en tijdens de looptijd onder invloed van regeneraties van de ionenwisseling.

De volgende subdoelstellingen zijn hiervoor geformuleerd:

1. Wat is de invloed van menging van grondwater van verschillende kwaliteiten in de zuivering van ps St. Jans klooster op de biologische stabiliteit van het drinkwater?
2. Wat is de invloed van pompputschakelingen in het winveld van ps St. Jans klooster op de biologische stabiliteit van het geproduceerde drinkwater?
3. Wat is het effect van de leeftijd van de ionenwisselingshars op de biologische stabiliteit van het drinkwater bij ps Oldeholt pade?
4. Hoe verandert de biologische stabiliteit van het drinkwater tijdens de looptijd onder invloed van regeneraties van de ionenwisselaar bij ps Oldeholt pade?

2 Methoden

2.1 Gebruikte bepalingen voor de biologische stabiliteit van water

2.1.1 Assimileerbaar organisch koolstof (AOC)

De concentratie gemakkelijk assimileerbaar organisch koolstof (AOC) wordt bepaald door twee specifieke bacteriestammen (P17 en Nox) toe te voegen aan een gepasteuriseerd watermonster (Van der Kooij, 1992). *Pseudomonas fluorescens* stam P17 groeit op een groot aantal aminozuren, enkele koolhydraten, aromatische verbindingen en carbonzuren, terwijl *Spirillum* sp. stam Nox alleen groeit op carbonzuren inclusief oxaal- en mierenzuur, verbindingen die door stam P17 niet worden gemetaboliseerd. Het AOC-gehalte van (drink)water wordt berekend uit de maximum kolonietallen van beide bacteriestammen, waarbij de groei van P17 en Nox op acetaat wordt gebruikt als referentie. Het AOC-gehalte wordt uiteindelijk uitgedrukt in acetaat-C equivalenten per liter water. Het gehalte aan moeilijk biologisch afbreekbare verbindingen zijn (hoog moleculaire verbindingen) wordt bepaald met behulp van *Flavobacterium johnsoniae* A3-batchtesten (Sack et al., 2011).

Onderzoek naar nagroei van heterotrofe bacteriën in drinkwater heeft aangetoond dat bij AOC-concentraties onder de $10 \mu\text{g ac-C l}^{-1}$ de vermeerdering van micro-organismen over het algemeen zeer beperkt is (Van der Kooij, 1992). Grondwater heeft vrijwel altijd een AOC-concentratie onder deze $10 \mu\text{g ac-C l}^{-1}$. Toch is vermeerdering van *Aeromonas* waargenomen in drinkwater met een AOC-concentratie lager dan $10 \mu\text{g C l}^{-1}$ (Van der Kooij, 1992). De groei van *Aeromonas* in deze watertypen is gecorreleerd aan de vorming van biofilm op oppervlakken die in contact staan met drinkwater.

2.1.2 Biomassa-accumulatiesnelheid (BAS) en ijzer accumulatiesnelheid (FeAS)

Door Van der Kooij & Veenendaal (2012) is een snelle continue biofoulingmonitor (CBM) ontwikkeld, waarbij vier parallelle, met glaspapels gevulde cuvetten worden gebruikt voor biofilmvorming. Door de filterwerking van de glaspapels treedt naast biofilmvorming ook accumulatie van biomassa op, waardoor de toename aan ATP in de tijd wordt gedefinieerd als biomassa-accumulatiesnelheid (BAS). Het gebruik van glaspapels leidt tot betere stofoverdracht waardoor binnen een maand tijd de BAS van het water kan worden bepaald. Daarnaast worden tweewekelijk altemerend twee cuvetten vervangen waardoor elke twee weken een duplo BAS-waarde wordt verkregen na vier weken incubatie (semi-continue metingen). De uitgehaalde cuvetten met glaspapels werden in glazen buizen met 10 ml steriel drinkwater geplaatst en vervolgens op het laboratorium gedurende 2 minuten ultrasoon behandeld. Deze ultrasone behandeling werd vervolgens nog twee keer herhaald met 10 ml vers steriel drinkwater. De drie keer 10 ml per glaspapelcuvet werden bij elkaar gevoegd en daarna werd van de gepoolde suspensie het ATP-gehalte bepaald (Van der Wielen & Van der Kooij, 2010). Met behulp van deze gegevens werden de BAS-waarden in duplo berekend, uitgedrukt in $\text{pg ATP cm}^{-2} \text{dag}^{-1}$. Met de CBM metingen werd ook de ijzer accumulatiesnelheid (FeAS; $\text{mg Fe m}^{-2} \text{dag}^{-1}$) vierwelijkse bepaald door naast ATP ook het ijzergehalte te bepalen.

2.1.3 Biomassaproductiepotentie (BPP)

De biomassaproductiepotentie (BPP) werd bepaald door een erlenmeyer in duplo te vullen met 600 ml van het te onderzoeken water, waarna fosfaat, nitraat en rivierent werd toegevoegd. De kolven werden vervolgens 14 dagen geïncubeerd bij 25°C . Tijdens de

incubatieperiode werd op dag 0, 1, 2, 4, 7, 9, 11 en 14 monsters genomen van de kolven en werd het ATP-gehalte gemeten als maat voor actieve biomassa. De maximale groeiopbrengst gedurende de eerste zeven dagen (BP7, als maat voor makkelijk biologisch afbreekbare organische stof; ng ATP l^{-1}) en de cumulatieve groeiopbrengst in 14 dagen (BPC14, als maat voor de in totaal aanwezige hoeveelheid biologisch afbreekbare organische stof; d.ng ATP l^{-1}) werden vervolgens met de gegevens berekend. Zie voor een nadere toelichting Van der Kooij & Veenendaal (2012, 2014a).

2.2 Meetprogramma subdoelstelling 1

Om aan subdoelstelling 1 (zie paragraaf 1.2) te voldoen werd gedurende zes maanden de biologische stabiliteit van het water na verschillende zuiveringsstappen bij ps St. Jansklooster gevolgd. Bij dit pompstation wordt water van verschillende kwaliteiten (met relatief hoge/relatief lage concentraties TOC, ammonium, methaan en/of ijzer) gewonnen uit twee winvelden, welke pas tijdens de zuivering worden gemengd. In overleg met Vitens zijn een vijftal representatieve monsterpunten in de full scale zuivering geselecteerd (zie Fig. 2.1). Het effluent van de twee voorfiltraatstrengen (monsterpunten 1 en 2) is het water dat gescheiden door de plaatbeluchters en de voorfilters is gegaan en gescheiden (voorkeurstroom) doorloopt via de filtraatpompen naar de torens van beluchting. Bij monsterpunt 3, waar de voorgezuiverde watertypen van de twee winvelden in de waterleiding vóór de filtraatpompen worden gemengd, kunnen representatieve mengwatermonsters worden verzameld.

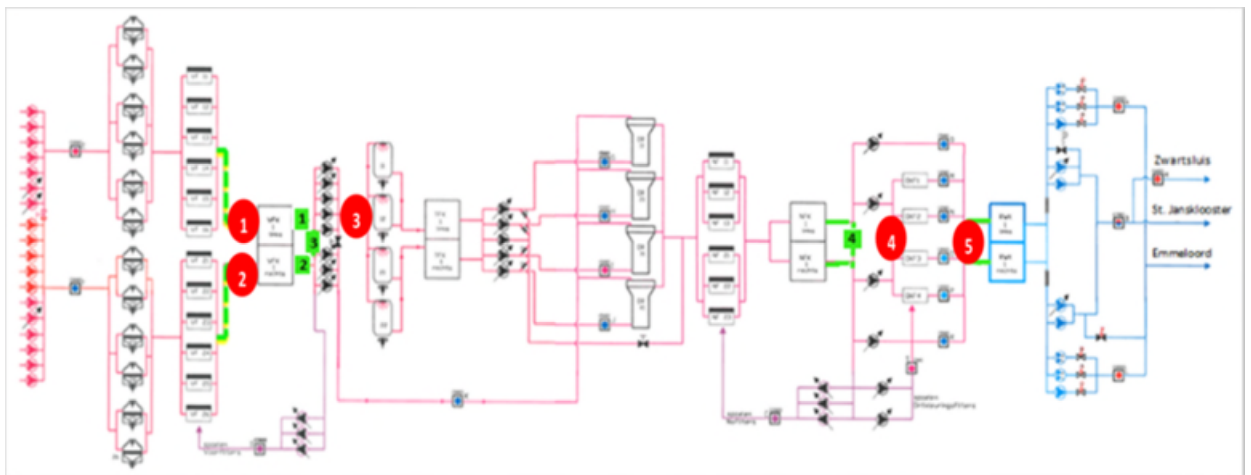


Fig. 2.1. Schematische weergave van de full scale zuivering bij pompstation St. Jansklooster. Van links naar rechts zijn afgebeeld: 19 winningsputten, 12 bakken van de plaatbeluchting, 12 open betonnen bakken van de voorfiltratie (nat), 2 kelders van de voorfiltraatberging, 8 filtraatpompen, 4 torens van de beluchting, 2 kelders van de tussenfiltraatberging, 5 filtraatpompen, 4 reactoren van de deelontharding, 6 open betonnen dubbellaags-filters van de nafiltratie (nat), 2 kelders van de nafiltraatberging, 2 ontkleuringsvoedingspompen, 2 bypasspompen, 4 ketels met ionenwisseling voor de ontkleuring, 2 kelders van de reinwaterberging, 2x UV-desinfectie (niet in gebruik) en 10 reinwaterpompen (bron: Vitens). De vijf monsterpunten waar de CBM's zijn geplaatst voor het verzamelen van watermonsters zijn aangegeven in rood.

Tevens zijn monsters verzameld van het water vóór en na de ionenwisseling (reinwater), op de monsterpunten 4 en 5. Met deze metingen kan ook het eventuele effect van putschakelingen op de biologische stabiliteit van het drinkwater worden bepaald (zie hierna bij 2.3).

In het meetprogramma werden ATP, AOC, BPP, BAS en FeAS gemonitord, evenals de temperatuur van het water in verschillende stadia van de bereiding (en menging) gedurende de periode december 2013 tot en met april 2014 (zie Tabel 2.1). Alle metingen werden uitgevoerd door KWR in Nieuwegein.

TABEL 2.1. HET MEETPROGRAMMA PER MONSTERPUNT VOOR SUBDOELSTELLING 1.

datum	week	dagen	biofilm		water		
			ATP	Fe	ATP	AOC*	BPP
10-12-13	0	0	installatie CBM				
18-12-13	1	8	x	x	x		
02-01-14	3	23	x		x		
13-01-14	5	34	x		x	x	x
29-01-14	7	50	x	x	x		
12-02-14	9	64	x		x		
25-02-14	11	77	x		x		
10-03-14	13	90	x	x	x	x	x
25-03-14	15	105	x		x		
08-04-14	17	119	x		x		
22-04-14	19	133	x	x	x		
06-05-14	21	147	x		x	x	x
21-05-14	23	162	x		x		
04-06-14	25	176	x	x	x		

* Batchtesten: AOC-P17/Nox en AOC-A3

2.3 Meetprogramma subdoelstelling 2

Of pompputschakelingen in het winveld een (significant) effect op de kwaliteit van het geproduceerde drinkwater hebben, kan worden onderzocht door de (eventuele) veranderingen in biologische stabiliteit van het water na verschillende zuiveringsstappen te koppelen aan de bedrijfsvoering van pompputschakelingen in het winveld. De praktijksituatie van de full scale zuivering (Fig. 2.1) en de hierboven beschreven onderzoeksactiviteiten bij ps St. Jansklooster boden ook de gelegenheid om deze relatie te onderzoeken.

Design, monsterlocaties, meetmomenten, meetmethoden, analyseopzet en tijdschema van het onderzoek zijn hetzelfde als hiervoor beschreven voor subdoelstelling 1. Aan de medewerkers van ps St. Jansklooster is gevraagd om de bedrijfsvoering en momenten van pompputschakelingen te documenteren.

2.4 Meetprogramma subdoelstelling 3

In de zuivering van ps Oldeholtpade is de ionenwisselingshars sinds 2006 in gebruik. Bovendien zijn twee van de ionenwisselingketels inmiddels (in 2012) voorzien van een nieuwe hars. Het effect van de leeftijd van de ionenwisselingshars op de biologische stabiliteit is bestudeerd door de biologische stabiliteit van het effluent van een ketel met oud ionenwisselingshars (7 jaar oud) en nieuw ionenwisselingshars (1 jaar oud) te bepalen.

In het meetprogramma (Tabel 2.2) werden ATP, AOC, BPP en BAS door KWR bepaald voor de twee watermonsters per monsterdatum: het effluent van een ketel met 7 jaar oud ionenwisselingshars (hierna aangeduid als ketel 1) en het effluent van een ketel met 1 jaar

oud ionenwisselingshars (hierna aangeduid als ketel 2). Door deze metingen gedurende zes maanden uit te voeren kon tevens het effect van regeneratie van de ionenwisselingshars op de biologische stabiliteit worden meegenomen, ten behoeve van subdoelstelling 4 (zie hierna).

TABEL 2.2. HET MEETPROGRAMMA PER MONSTERPUNT VOOR SUBDOELSTELLING 3.

datum	week	dagen	biofilm	water		
			ATP	ATP	AOC*	BPP
01-07-14	0	0	Installatie CBM			
17-07-14	2	16	x	x		
29-07-14	4	28	x	x	x	x
13-08-14	6	43	x	x		
27-08-14	8	57	x	x		
09-09-14	10	70	x	x	x	x
23-09-14	12	84	x	x		
07-10-14	14	98	x	x		
21-10-14	16	112	x	x	x	x
03-11-14	18	125	x	x		
17-11-14	20	139	x	x		
01-12-14	22	153	x	x		
16-12-14	24	168	x	x		

* *Batchtesten: AOC-P17/Nox en AOC-A3.*

2.5 Meetprogramma subdoelstelling 4

Het effect van de spoelingen van de ionenwisselingshars met een regeneratievloei stof op de biologische stabiliteit is bepaald door de biologische stabiliteit van het effluent van een ionenwisselingsketel met geregenereerde hars langdurig (6 maanden) te meten.

Design, monsterlocaties, meetmomenten, meetmethoden, analyseopzet en tijdschema van dit onderzoek zijn hetzelfde als hierboven beschreven voor subdoelstelling 3. Aan de medewerkers van ps Oldeholt pade is gevraagd om nauwkeurig de bedrijfsvoering en momenten van de spoelingen van de ionenwisselingshars met een regeneratievloei stof te documenteren.

3 Resultaten

3.1 Effect van menging van verschillende soorten grondwater op indicatoren voor de biologische stabiliteit: St. Jans klooster

3.1.1 Verloop van de winning uit de twee puttenvelden

In Fig. 3.1 staan de winningshoeveelheden uit de diverse putten voor de grondwaterstroom naar voorfilteraatkelder VF11-16 gedurende de meetperiode. In Fig. 3.2 staan deze gegevens voor de diverse putten die grondwater leverden aan voorfilteraatkelder VF21-26. De figuren laten duidelijke, zich herhalende wisselingen zien in het gebruik van de diverse winputten. Eventuele relaties daarvan met de meetgegevens worden hierna besproken in de Discussie.

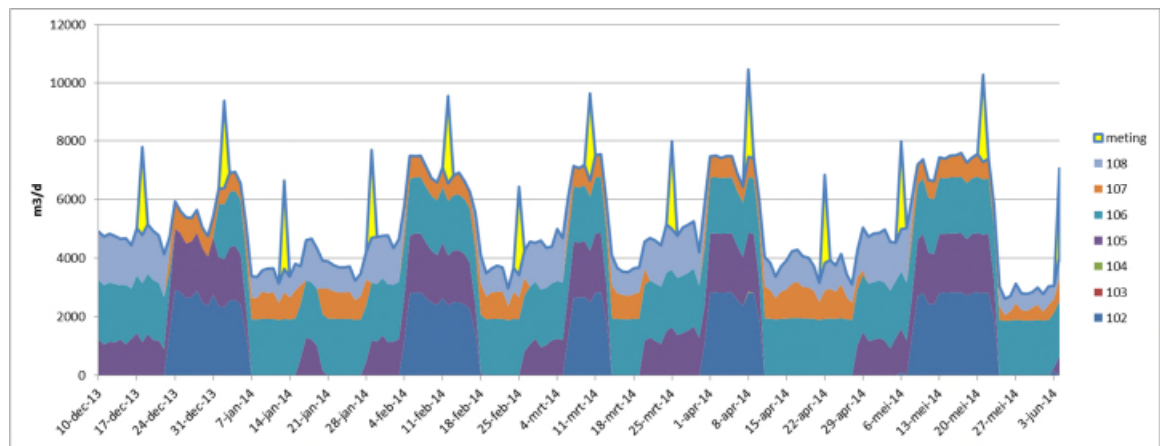


Fig. 3.1. Winningshoeveelheden uit de pompputten 102-108 die aanleveren aan de voorfilteraatkelder VF11-16. De meetmomenten zijn met de gele pieken aangegeven.

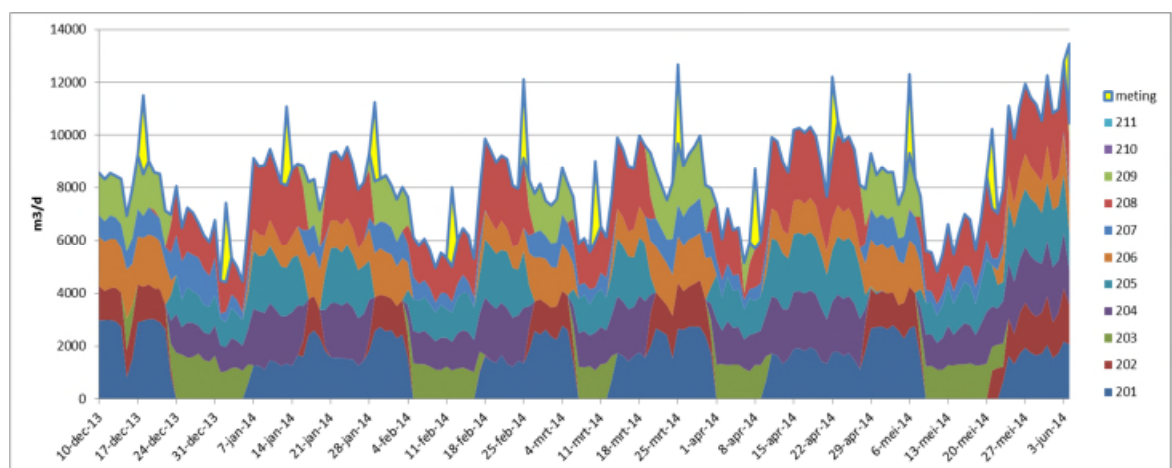


Fig. 3.2. Winningshoeveelheden uit de pompputten 201-211 die aanleveren aan de voorfilteraatkelder VF21-26. De meetmomenten zijn met de gele pieken aangegeven.

3.1.2 Actieve biomassa (als ATP)

Fig. 3.3a geeft voor de twee gescheiden grondwaterstromen na plaatbeluchting en voorfiltratie (monsterpunten 1 en 2; zie Fig. 2.1) het verloop in de actieve biomassa (gemeten als ATP). Dezelfde parameters worden weergegeven voor de gemengde productiestroom op weg naar de ontharding (monsterpunt 3) en voor en na de ontkleuringsketels (monsterpunten 4 en 5).

Het verloop en de hoogte van de ATP-waarden van de waterstromen van de beide puttenvelden lijken veel op elkaar en op de mengstroom. Opvallend is een piek op dag 105 (25 maart 2014), die duidelijk verschillend is voor de beide puttenvelden. Opmerkelijk is dat de mengstroom op deze datum een lagere ATP-waarde heeft dan de beide ongemengde waterstromen. Wellicht is dit het gevolg van enige afvlakking in de beide voorfiltraatbergingen. Op de laatste datum (dag 176, 4 juni 2014) vertoont monsterpunt 1 (VF11-16) een sterk verhoogde waarde, die weer veel minder terugkomt in de mengstroom.

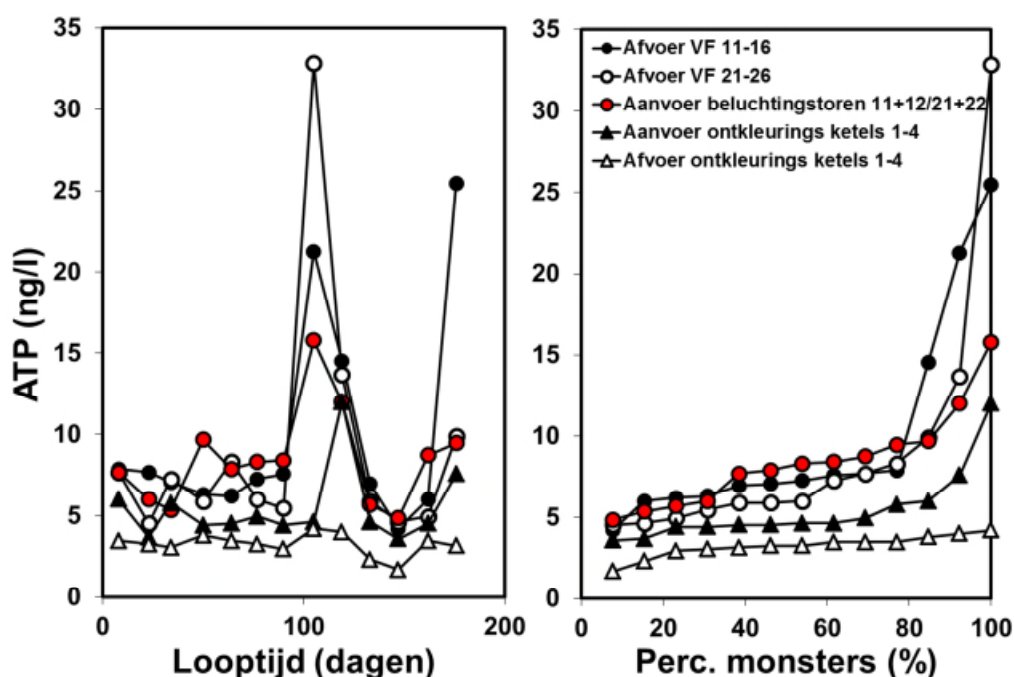


Fig.3.3. ATP (ng ATP l⁻¹) in het water bij de verschillende monsterpunten van locatie St. Jans klooster (a) als functie van de tijd en (b) als cumulatieve frequentieverdeling.

De over de meetperiode gemiddelde ATP waarden voor de monsterpunten 1, 2 en 3 zijn overeenkomstig (monsterpunt 1: $9,9 \pm 6,5$ ng/l, monsterpunt 2: $9,0 \pm 7,6$ ng/l, monsterpunt 3: $8,5 \pm 3,0$ ng/l). De temperatuur van de beide ongemengde stromen is ook redelijk vergelijkbaar en gemiddeld $10,8 \pm 0,4$ °C; de mengstroom heeft vrijwel steeds een enkele tienden graden lagere temperatuur. In de twee productiestappen tussen Aanvoer beluchtingstoren en Aanvoer ontkleuringsketels (deelontharding en nafiltratie) neemt het ATP gehalte af van $8,5 \pm 3,0$ tot een gemiddeld gehalte van $5,4 \pm 2,2$ ng/l. De spreiding in ATP gehalte over de meetperiode is in deze laatste fase van de zuivering minder dan in de voorzuivering (Fig. 3.3b: de cumulatieve frequentieverdelingen van de gemeten ATP waarden zijn voor monsterpunt 4 en 5 vlakker dan voor de eerste drie monsterpunten). Na de ionenwisseling (gemiddelde voor monsterpunt 5: $3,2 \pm 0,7$ ng/l) is de ATP concentratie wat lager dan er voor (monsterpunt 4: $5,4 \pm 2,2$ ng/l). Op dag 119 (begin april 2014) is er een sterke piek in de aanvoerstream naar de ontkleuringsketels, die op deze datum niet in de

eerdere monsterpunten tijdens het productieproces is te zien. Deze kan zijn ontstaan in het traject van de ontharding en nafiltratie, of is toch nog een restant van de twee weken eerder optredende piek in monsterpunt 3. De piek wordt door de ionenwisseling geheel verwijderd.

3.1.3 Biomassa accumulatiesnelheid (BAS)

Fig. 3.4 en Tabel 3.1 geven de BAS-waarden voor de monsterpunten 1, 2 en 3. De BAS waarden voor beide strengen lopen omhoog vanaf het begin van de metingen tot een maximale waarde rond dag 100 (eind maart); daarna dalen de waarden weer. Voor monsterpunt 1 (VF11-16) zijn de BAS waarden tot dag 105 (25 maart) hoger dan die voor monsterpunt 2 (VF21-26), maar na dag 105 draaien de rollen om en is juist VF21-26 hoger dan VF11-16.

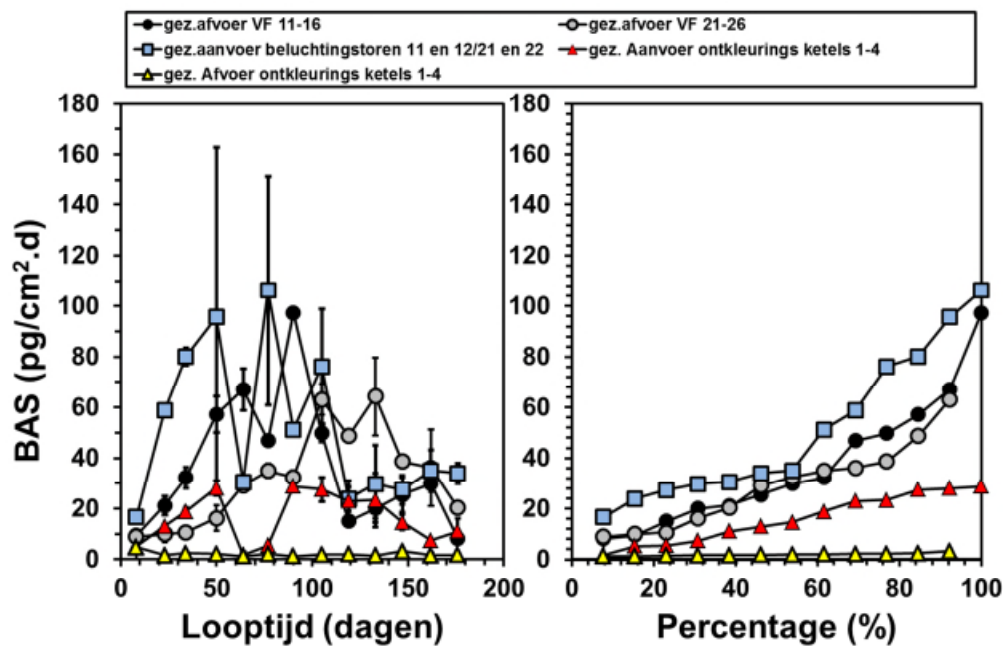


Fig.3.4. BAS ($\text{pg ATP cm}^2 \text{dag}^{-1}$) voor beide ongemengde grondwaterstromen na voorfiltratie ('afvoer VF11-16' en 'afvoer VF 21-26') en de mengstroom ('aanvoer beluchtingstoren'), en voor en na de ionenwisseling ('Aanvoer ontkeuringsets' en 'Afvoer ontkeuringsets'; foutenbalk = SD). (a) Als functie van de tijd en (b) als cumulatieve frequentieverdeling.

In het mengwater is de BAS-waarde regelmatig hoger dan in de beide aparte stromen met soms ook veel variatie in de BAS-waarde (zie de standaardafwijkingen). Dit suggereert dat een groeilimitatie door menging is verminderd, of dat bij de passage van de beide voorfiltraatbergingen en filtraatpompen daar aanwezige biomassa en/of assimileerbaar organische koolstof is vrijgekomen. De ontharding en nafiltratie verlagen de BAS van het water verder (zie het verschil tussen aanvoer beluchtingstorens en aanvoer ontkeuringsets). Opmerkelijk is het eerst oplopend en dan weer afdalend patroon in de BAS-waarden dat op de meeste monsterpunten wordt waargenomen. Een mogelijke seizoensinvloed door temperatuursvariatie is met een variatie van één graad celcius moeilijk voorstelbaar. De totale dagelijkse productie door het pompstation is in deze periode vrij constant.

TABEL 3.1 OVERZICHT VAN DE GEMIDDELDE BAS WAARDEN (pg ATP cm⁻² dag⁻¹) MET STANDAARD AFWIJKING OP DE VIJF MONSTERPUNTEN VOOR PS. ST.JANSKLOOSTER GEDURENDE DE MEETPERIODE. HET OVERALL GEMIDDELDE OVER DE HELE PERIODE IS BEPAALD ZONDER DE WAARDE VOOR DAGNR 8 (GEZIEN DE KORTE LOOPTIJD IS DEZE MINDER BETROUWBAAR).

dagnr	Afvoer VF 11-16		Afvoer VF 21-26		Aanvoer bel. torens		Aanvoer ontkleuring		Afvoer ontkleuring	
	gem	sd	gem	sd	gem	sd	gem	sd	gem	sd
8	9,5	0,3	9,0	1,2	16,6	2,5	5,3	1,9	4,9	4,7
23	21,2	3,7	10,0	3,3	58,8	1,3	13,0	0,5	1,7	0,4
34	32,3	4,1	10,7	1,2	80,1	3,4	18,9	1,5	2,5	0,5
50	57,2	7,2	16,2	5,1	95,7	67,1	28,1	2,8	2,2	0,5
64	67,1	8,3	29,2	0,8	30,6	2,4	1,8	1,2	1,3	0,6
77	46,8	0,1	34,9	2,8	106,2	45,2	5,5	0,6	2,2	0,7
90	97,4	2,0	32,4	2,8	51,2	0,0	28,9	2,2	1,3	0,3
105	49,8	3,4	63,2	6,0	76,2	22,7	27,6	4,7	2,0	0,0
119	15,1	1,4	48,7	2,2	23,9	4,8	23,0	8,1	2,1	0,4
133	20,1	3,9	64,4	15,4	29,8	15,2	23,3	10,5	1,5	0,6
147	25,5	6,9	38,7	0,0	27,4	5,7	14,7	3,1	3,3	1,1
162	29,9	1,5	36,2	15,0	35,1	8,3	7,4	0,0	1,6	1,0
176	8,1	1,1	20,4	2,5	34,0	3,9	11,1	5,2	1,7	0,9
overall	39,2	25,6	33,7	18,3	54,1	28,9	16,9	9,4	1,9	0,6

Het effect van ionenwisseling op de BAS van de mengstroom is ook te zien in Fig. 3.4. De BAS in de afvoer krijgt door ontkleuring een constante lage waarde (monsterpunt 5), en het patroon en pieken in de BAS in de aanvoer (monsterpunt 4) worden geheel afgevlakt. De pieken in de aanvoer corresponderen niet altijd met de pieken in de mengstroom op monsterpunt 3 (zie de waarden op dag 77 en dag 90, eind februari en begin maart).

3.1.4 IJzeraccumulatiesnelheid (FeAS)

De resultaten voor FeAS op de drie meetdata voor de vijf monsterpunten staan in Fig. 3.5. De ijzeraccumulatiesnelheid is tot en met dag 90 (10 maart) hoger voor VF21-26, daarna daalt de waarde van VF21-26 sterk tot onder de waarde voor VF11-16. De ijzeraccumulatiesnelheid van VF11-16 is juist tamelijk constant. De mengstroom heeft steeds een hogere waarde dan de beide separate stromen. Net als bij de BAS neemt de vervuilingspotentie van het water kennelijk toe in het traject van voorfiltratatieberging en filtratatiepompen. Dit kan worden veroorzaakt door (i) accumulatie en afgifte van ijzer en biomassa in dit traject of door (ii) fysische veranderingen in het water (deeltjesgroei door coagulatieprocessen, die mogelijk zijn versterkt door de menging van de deelstromen). De ontharding en nafiltratatie verlaagt de ijzerafzettingssnelheid van het water en ook de ontkleuring zorgt meestal voor een verlaagde FeAS waarde. Op dag 133 (eind april) treedt er een sterke verhoging op na de ontkleuring in beide replica metingen voor deze datum (1,13 en 1,51 mg m⁻² dag⁻¹). Hiervoor is in de aangeleverde productiegegevens geen verklaring gevonden.

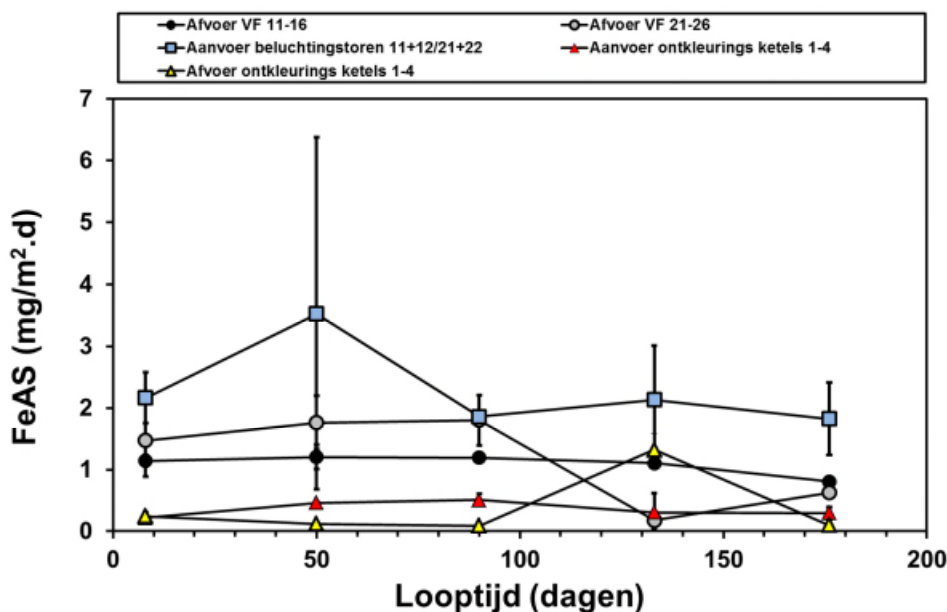


Fig. 3.5. FeAS ($\text{mg Fe m}^{-2} \text{ dag}^{-1}$) voor beide ongemengde grondwaterstromen na voorfiltratie ('afvoer VF11-16' en 'afvoer VF 21-26') en de mengstroom ('aanvoer beluchtingstoren') en voor de mengstroom vóór en na ionenwisseling ('aanvoer ontkleur' en 'afvoer ontkleur'); foutenbalk = SD.

3.1.5 Groeipotentie: biomassaproductiepotentie (BP7 en BPC14)

In Tabel 3.2 staan de gemiddelde waarden van de BPP analyses voor de vijf monsterpunten.

TABEL 3.2 OVERZICHT VAN DE GEMIDDELDE GROEIPOTENTIE BEPAALD MET DE BPP-TEST EN DE AOC-BEPALINGEN

Monsterlocatie	BP7	BPC14	AOC P17/Nox	AOC-Nox	AOC-A3
	ng/l	ng.d/l	$\mu\text{g C/l}$	$\mu\text{g C/l}$	$\mu\text{g C/l}$
Afvoer VF 11-16	8,7±0,7	110,2±17,5	9,5±1,2	8,6±1,1	2,2±1,2
Afvoer VF 21-26	8,4±0,8	103,1±13,7	8,8±1,4	8,4±1,6	2,3±0,3
Aanv.beluchting	8,6±0,8	102,3±8,4	11,2±4,7	7,8±0,6	1,8±0,3
Aanvoer ontkl. ketels	8,1±0,7	86,7±7,9	9,9±3,8	9,5±3,6	0,7±0,2
Afvoer ontkl. ketels	4,5±0,5	49,0±4,9	3,4±0,2	2,8±0,5	1,5±0,3

De resultaten voor de individuele bepalingen van de BP7 en BPC14 staan in Fig. 3.6. De BP7 en BPC14 van de beide gescheiden grondwaterstromen (VF 11-16 en VF 21-26) en van deze waterstromen na menging verschillen onderling weinig. Door ontharding en nafiltratie treedt een beperkte verlaging van de groeipotentie op. Bij alle monsternames blijkt de ontkeuring zowel de BP7 als de BPC14 waarden te verlagen met 30-50%. Dit houdt zeer waarschijnlijk verband met de reductie van het DOC-gehalte van het water in deze ketels.

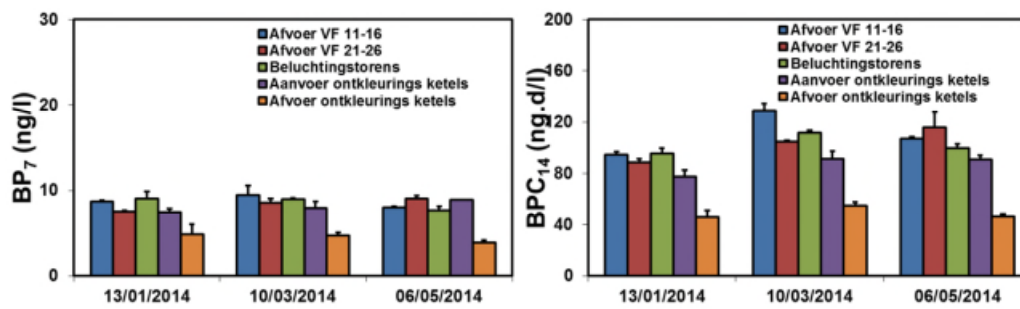


Fig. 3.6. Gemiddelde BP7 en BPC14 waarden op de drie meetdata voor de vijf monsterlocaties bij ps St. Jans klooster; foutenbalk = SD.

3.1.6 Groeipotentie: assimileerbaar organisch koolstof (AOC)

Fig. 3.7 geeft de totale AOC-waarde bepaald uit de analyse met P17 en Nox, evenals de specifieke AOC-waarde berekend voor de groei van de stam A3 op de vijf monsterpunten voor de drie meetdata. De gemiddelde waarden voor de meetperiode zijn in Tabel 3.2 weergegeven samen met de AOC-Nox waarden.

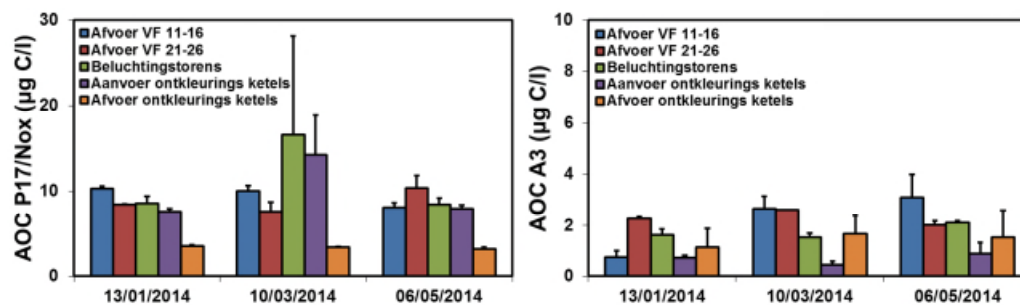


Fig. 3.7. Gemiddelde waarden voor AOC P17/Nox en AOC-A3 op de drie meetdata voor de vijf monsterlocaties bij ps St. Jans klooster; foutenbalk = SD.

Na menging van beide waterstromen zijn de AOC-waarden meestal vergelijkbaar of iets lager dan de beide deelstromen en een verdere verlaging van het AOC-gehalte (beide parameters) wordt ook waargenomen na ontharding en nafiltratie. Op 10 maart is de AOC P17/Nox in de mengstroom verhoogd ten opzichte van de deelstromen, maar ook de spreiding is groot, zodat een meetafwijking niet is uitgesloten (de BPP waarden laten voor deze datum geen afwijkende waarde zien; zie Fig. 3.6). Ontkleuring verlaagt het AOC-P17/Nox gehalte verder. De AOC-A3 waarden (biopolymeren) worden door de ontkleuring niet verder verminderd. Er lijkt na ontkleuring zelfs een toename op te treden van de hoeveelheid hoog moleculaire verbindingen bepaald met deze stam maar dit is gezien de standaardafwijking niet significant en omdat de AOC-A3 concentratie al relatief laag is ook niet van belang in relatie tot nagroei.

3.2 Effect van de leeftijd en regeneratie van ionenwisselingshars op indicatoren voor de biologische stabiliteit: Oldeholtgade

3.2.1 Actieve biomassa (als ATP)

Fig. 3.8 geeft voor beide ontkleuringsketels het verloop in de actieve biomassa (gemeten als ATP). Ketel 1 bevat 7 jaar oude ionenwisselingshars, ketel 2 heeft hars van 1 jaar oud.

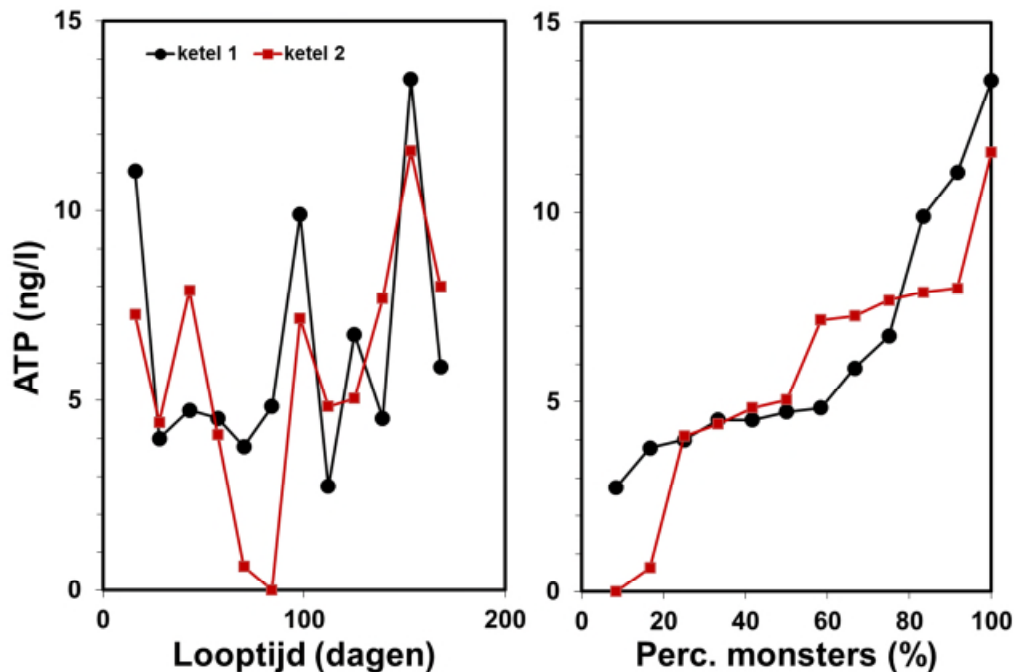


Fig. 3.8. ATP (ng ATP l⁻¹) in het water afkomstig uit twee ontkleuringsketels van ps Oldeholtgade (a) als functie van de tijd en (b) als cumulatieve frequentieverdeling. Ketel 1 werkt met 7 jaar oude ionenwisselingshars, ketel 2 met hars van 1 jaar oud.

Er zijn geen structurele verschillen waarneembaar in ATP gehalte tussen de beide soorten hars. Soms heeft de afvoer van de ene ketel een wat hogere ATP waarde, soms is dat juist de afvoer van de andere ketel. Wel zijn er ten opzichte van de afvoer uit de ketel met 7 jaar oude hars (ketel 1) twee opvallend lage waarden in de afvoer uit de ketel met 1 jaar oude hars (ketel 2) op dag 70 en 84 (zie Fig. 3.8). De over de onderzochte periode gemiddelde ATP waarden voor beide ketels zijn overeenkomstig: $6,4 \pm 3,3$ ng/l (ketel 1) en $5,7 \pm 3,3$ ng/l (ketel 2).

3.2.2 Biomassa-accumulatiesnelheid (BAS)

Fig. 3.9 geeft de BAS-waarden voor beide ontkleuringsketels. Er is regelmatig een verschil tussen beide ketels. De waarden voor ketel 2 zijn over het algemeen steeds gelijk aan of lager dan ketel 1. De BAS-waarde na de ketel met de langste standtijd (ketel 1: $6,3 \pm 0,6$ ng/l) is gemiddeld over de onderzoeksperiode hoger dan de ontkleuringsketel met de versere ionenwisselaar (ketel 2: $4,4 \pm 0,4$ ng/l) bij ps Oldeholtgade.

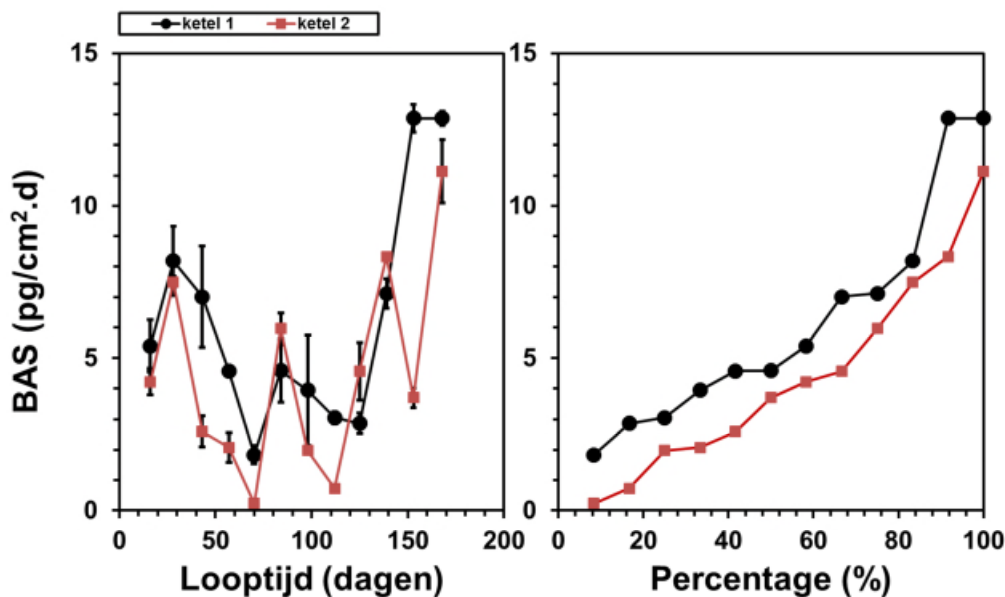


Fig.3.9. BAS (pg ATP cm² dag⁻¹) in het water afkomstig uit twee ontkleuringsketels van ps Oldeholtpeade; foutenbalk = SD. (a) Als functie van de tijd en (b) als cumulatieve frequentieverdeling. Ketel 1 werkt met 7 jaar oude ionenwisselingshars, ketel 2 met hars van 1 jaar oud.

TABEL 3.3 OVERZICHT VAN DE GEMIDDELDE BAS WAARDEN (pg ATP cm² dag⁻¹) MET STANDAARD AFWIJKING IN DE AFVOER VAN DE BEIDE ONTKLEURINGSKETELS VOOR PS. OLDEHOLTPEADE GEDURENDE DE MEETPERIODE. HET OVERALL GEMIDDELDE OVER DE HELE PERIODE IS BEPAALD ZONDER DE WAARDE VOOR DAGNR 16 (GEZIEN DE KORTE LOOPTIJD IS DEZE MINDER BETROUWBAAR).

dagnr	ketel 1 (oude hars)		ketel 2 (jonge hars)	
	gem	sd	gem	sd
16	5,4	0,9	4,2	0,4
28	8,2	1,1	7,5	0,2
43	7,0	1,7	2,6	0,5
57	4,6	0,1	2,1	0,5
70	1,8	0,3	0,2	0,0
84	4,6	1,0	6,0	0,5
98	3,9	1,8	2,0	0,0
112	3,1	0,2	0,7	0,0
125	2,9	0,3	4,6	0,9
139	7,1	0,5	8,3	0,0
153	12,9	0,5	3,7	0,3
168	12,9	0,2	11,1	1,0
Overall	6,3	0,6	4,4	0,4

3.2.3 Groeipotentie: biomassaproductiepotentie (BP7 en BPC14)

De resultaten voor de bepalingen van de BP7 en BPC14 staan in Fig. 3.10. De waarden voor beide ketels zijn overeenkomstig, behalve op 9 september (dag 70). Op deze meetdatum zijn zowel de BP7 als de BPC14 waarde voor ketel 2 (met 1 jaar oude hars) zeer sterk verhoogd ten opzichte van de waarden voor ketel 1.

Voor beide ketels geldt dat de groeipotentie op de derde meetdag hoger was in vergelijking tot de eerste meetdag. De BP7 en BPC14 waarden van beide ketels waren op die dag duidelijk hoger dan de door Van der Kooij en Veenendaal (2014a) gerapporteerde waarden van respectievelijk $3,5 \pm 0,4$ ng/l en $53 \pm 7,0$ ng.d/l voor het reinwater van ps Oldeholtpade.

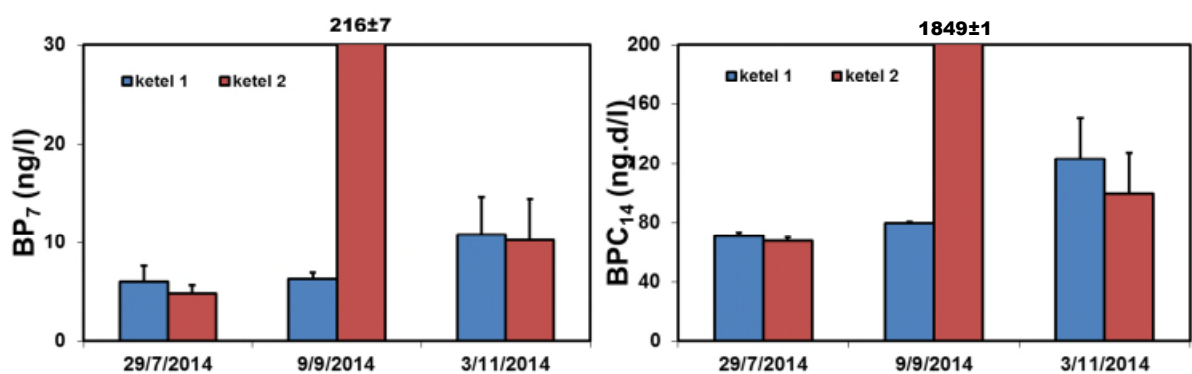


Fig. 3.10. Gemiddelde BP7 en BPC14 waarden op de drie meetdata in het water afkomstig uit de twee ontcleuringsketels van ps Oldeholtpade; foutenbalk = SD. Ketel 1 werkt met 7 jaar oude ionenwisselingshars, ketel 2 met hars van 1 jaar oud. Waarden voor ketel 2 op 9/9/14 (dag 70) vallen buiten de grafiek en zijn als label weergegeven.

3.2.4 Groeipotentie: assimileerbaar organisch koolstof (AOC)

Fig. 3.11 geeft de totale AOC-waarden bepaald uit de analyse met P17 en Nox, evenals de specifieke AOC-waarden berekend uit de groei van de stam A3 voor beide ontcleuringsketels. De waarden voor ketel 2 zijn wat lager dan voor ketel 1, behalve voor de meetdatum 9 september (dag 70). Evenals waargenomen voor de BP7 en BPC14 is er dan een verhoogde waarde na ketel 2 (1 jaar oude hars) ten opzichte van ketel 1 (7 jaar oude hars) voor alle AOC variabelen maar vooral voor AOC-P17/Nox. Dit is een indicatie dat er veel aminozuren in het water terecht zijn gekomen. De 7 jaar oude hars geeft voor de drie meetdata tamelijk constante lage waarden in het reinwater voor de AOC.

Ook in overeenstemming met de BP7 en BPC14 waarden zijn de AOC waarden in de afvoer van ketel 1 op de laatste meetdag (3 november; dag 125) wat hoger dan op de beide eerdere meetdata voor ketel 1. Voor ketel 2 zijn de AOC P17/Nox waarden op de laatste meetdag verhoogd ten opzichte van de eerste meetdag. Deze AOC P17/Nox waarden op 3 november van 12,6 en 10,0 $\mu\text{g C/l}$ na ketel 1 respectievelijk 2 zijn hoger dan de AOC P17/Nox waarden gemeten door Van der Kooij en Veenendaal (2014a) in 2009-2011 voor het reinwater van ps Oldeholtpade (gemiddeld $4,9 \pm 0,3$ $\mu\text{g C/l}$).

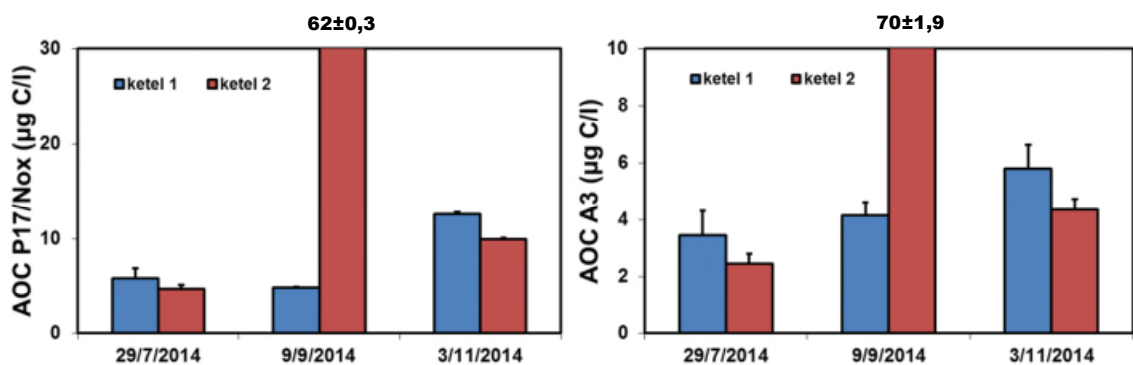


Fig. 3.11. Gemiddelde AOC-waarden ($\mu\text{g ac-C l}^{-1}$) in het water afkomstig uit de twee ontkleuringsketels van ps Oldeholtpade; foutenbalk = SD. Ketel 1 werkt met 7 jaar oude ionenwisselingshars, ketel 2 met hars van 1 jaar oud. Sommige waarden voor ketel 2 op 9/9/14 (dag 70) vallen buiten de grafiek en zijn als label weergegeven.

3.2.5 Regeneratie momenten van de ontkleuringsketels

Gedurende de meetperiode zijn op diverse momenten regeneraties uitgevoerd als onderdeel van de bedrijfsvoering. Tabel 3.4 geeft hiervan een overzicht. Alleen de regeneratie van ketel 2 op 8 september valt net voorafgaand aan een van de drie AOC/BPP metingen, namelijk die van 9 september. Dit was ook de meetdatum met uitzonderlijk hoge waarden voor AOC en BPP in de afvoer van ketel 2. Deze afwijkende hoge waarden op 9 september zijn dus waarschijnlijk veroorzaakt door de regeneratie en laten zien dat na regeneratie waarschijnlijk een piekconcentratie aan afbreekbare stoffen in het water terecht komt, die de mate van nagroei in het distributiesysteem negatief kan beïnvloeden.

TABEL 3.4 OVERZICHT VAN REGENERATIE MOMENTEN (DATA EN DAGNUMMERS SINDE BEGIN VAN DE METINGEN) VAN DE ONTKLEURINGSKETELS 1 (7 JAAR OUDE HARS) EN 2 (1 JAAR OUDE HARS) VAN PS. OLDEHOLTPADE. PER REGENERATIE IS DE STARTTIJD EN DE DUUR WEERGEGEVEN.

datum	dagen	ketel 1		ketel 2	
		start	duur (u)	start	duur (u)
12-07-14	11	17:00	3		
15-07-14	14			17:00	3
30/31-07-14	29/30	23:00	3		
02/03-08-14	32/33			22:00	12
18-08-14	48	21:00	3		
21-08-14	51			19:00	3
05-09-14	66	12:00	3		
08-09-14	69			13:00	3
23/24-09-14	84/85	19:00	14		
27/28/29-09-14	88/89/90			00:00	58
12-10-14	103	09:00	4		
16-10-14	107			01:00	7
01-11-14	123	12:00	3		
04-11-14	126			10:00	3
19-11-14	141	03:00	3		
22-11-14	144			04:00	8
06-12-14	158	22:00	3		
09-12-14	161			21:00	3

4 Discussie en conclusies

4.1 Veranderingen in indicatoren voor biologische stabiliteit en relaties daarvan met pompputschakelingen

De belangrijkste procesfase waarin de biologische stabiliteit van het water op ps St. Jansklooster wordt verbeterd in de zuivering is het ontkleuringsproces waarin het organisch stof gehalte van het water wordt verlaagd. Dit proces vlakt variaties in biologische stabiliteitsparameters duidelijk af. Er lijkt daarom voor ps St. Jansklooster dan ook geen reden te bestaan om de bedrijfsvoering van de winning te koppelen aan de biologische stabiliteitsverschillen van de betrokken ruwwatersoorten en/of menging van watertypen eerder in de zuivering.

Uit de gegevens van de metingen van bacteriële biomassa (ATP), biomassa-accumulatiesnelheid (BAS) en groeipotentie (BPP, AOC) komen geen duidelijke aanwijzingen dat putschakeling van invloed is op de geconstateerde variaties in de biologische stabiliteit van het water. De volumeverdeling van de totale winning per streng over de samenstellende winputten vertoont een zich tamelijk regelmatig herhalend verloop (te zien aan het zich herhalende kleurenpatroon in Fig. 3.1 en Fig. 3.2). Opeenvolgend worden dus steeds min of meer dezelfde combinaties van winputten ingezet. Als de waarden voor indicatoren voor biologische stabiliteit van deze samenstellende sets van winputten onderling verschillend zouden zijn, dan zou dit ook te zien moeten zijn als een herhalend patroon in de waarden van de bovengenoemde variabelen dat op dezelfde manier verandert als de putschakelingen.

Voor monsterpunt 1 (VF11-16) zijn de putconfiguraties bijvoorbeeld vergelijkbaar op 2 januari (dag 23), 12 februari (dag 64), 10 maart (dag 90), 8 april (dag 119) en 21 mei (dag 162). De BAS resultaten zijn voor deze data duidelijk anders. Een andere set van zich herhalende putconfiguraties voor monsterpunt 1 bestaat uit 13 januari (dag 34), 25 februari (dag 77), 22 april (dag 133) en 4 juni (dag 176). Opnieuw zijn de BAS waarden verschillend. Voor monsterpunt 2 (VF21-26) is er een zich herhalende putconfiguratie op 2 januari (dag 23), 12 februari (dag 64) 10 maart (dag 90) en 21 mei (dag 162); de BAS waarden zijn echter niet gelijkwaardig. Een tweede putconfiguratie voor monsterpunt 2 herhaalt zich op 13 januari (dag 34), 25 februari (dag 77) en 22 april (dag 133) met ook weer verschillende BAS waarden. Ook voor de gemengde productiestroom zijn de waargenomen verschillen in indicatoren voor biologische stabiliteit op diverse meetlocaties niet eenduidig te relateren aan pompputschakelingen.

Niettemin kan een effect van putschakelingen ook niet worden uitgesloten, omdat de monsters voor metingen aan biologische stabiliteit parameters als BPP en AOC mogelijk toevalligerwijs net niet op momenten met belangrijke waterkwaliteitswijzigingen zijn gedaan. Een direct effect van menging van de beide deelstromen kan ook een verminderde groeilimitatie zijn waardoor kan worden verklaard waarom de BAS waarden in de mengstroom af en toe hoger zijn dan in de afzonderlijke deelstromen. Om hierover meer duidelijkheid te krijgen zouden nadere gegevens over de waterkwaliteit van de deelstromen en de samenstellende afzonderlijke pompputten moeten worden vergeleken.

Vermeldenswaard is nog de verhoogde ijzeraccumulatiesnelheid in het effluent van de ontkleuring, dat op één van de vijf meetdata verhoogd bleek in beide replica metingen. De

oorzaak hiervoor is niet duidelijk. Van der Kooij & Veenendaal (2013) meldden voor ps St. Jansklooster dat de particulier ijzer waarde in het reinwater relatief hoog was in vergelijking met andere onderzochte grondwaterbedrijven (ongeveer $7 \mu\text{g Fe/l}$; metingen uit 2011); hierdoor zou coagulatie van materiaal in het distributiesysteem kunnen worden gefaciliteerd.

4.2 Veranderingen in indicatoren voor biologische stabiliteit na ionenwisseling en relaties daarvan met de leeftijd van de hars

Uit de resultaten van de metingen op ps Oldeholtgade na een ontkleuringsketel met een lange (7 jaar) en een ontkleuringsketel met een korte standtijd (1 jaar) blijkt dat de BAS waarde voor oudere hars gemiddeld over de onderzochte periode hoger is dan voor de jonge hars. De BPP en AOC vertonen slechts kleine verschillen, die wel in het voordeel zijn van de jonge hars. Hieruit volgt dat de biologische stabiliteit gemiddeld wat beter is na passage van jonge ionenwisselingshars. De BAS bepaling kan dus mogelijk een indicatie geven voor de optimale standtijd van de ionenwisselaar.

Van der Kooij & Veenendaal (2013) onderzochten al de rol van langzaam afbreekbare organische stoffen bij biologische stabiliteit (deeltjesgebonden hoog moleculaire verbindingen, PHMOC; Hijnen et al. 2015). Hieruit bleken deze concentraties voor ps Oldeholtgade relatief laag te zijn ($7,7$ en $9,7 \mu\text{g C/l}$, respectievelijk voor en na ontkleuring) en dus geen belangrijke rol te spelen bij het veroorzaken van nagroei. Daarmee lijken ze ook niet geschikt als indicator voor de standtijd.

De regeneratiemomenten van de beide onderzochte ontkleuringsketels vielen op één monster na niet samen met metingen aan AOC en BPP. De hoge AOC en BPP waarden in de afvoer van de ketel op 9 september met 1 jaar oude hars volgden echter wel op een net daaraan voorafgaande regeneratiespoeling. Een nadere studie naar de achterliggende oorzaken van dit eenmaal waargenomen effect kan meer duidelijkheid geven over de vraag in hoeverre dergelijke gebeurtenissen op toeval berusten dan wel een normale eigenschap zijn van de betreffende harssoort. Daarbij gaat het ook om de vraag wat het effect van dergelijke pieken op de nagroeipotentie in het distributiesysteem is, en of deze pieken kunnen worden voorkomen, bijvoorbeeld door het eerste water na regeneratie af te voeren.

De waarden van de gemeten biologische stabiliteitsparameters na de ontkleuringsketels van ps Oldeholtgade liggen gemiddeld over de onderzoeksperiode ongeveer een factor 2 hoger dan de waarden van deze parameters op ps St. Jansklooster. Ook de variatie in het reinwater gedurende de meetperiode is voor de diverse parameters groter op ps Oldeholtgade. De gemiddelde waarde voor AOC P17/Nox van $10,0 \mu\text{g C/l}$ ligt op ps Oldeholtgade op de aandachtswaarde voor deze parameter volgens Van der Kooij & Veenendaal (2014b). Dit geeft aan dat het reinwater van ps Oldeholtgade tijdens deze meetperiode wat minder biologisch stabiel is dan het reinwater van ps St. Jansklooster.

5 Referenties

- Hijnen, W.A.M., L. Bereschenko en A. van Veen (2015). Validatie en standaardisatie van de hemoflowbepaling voor deeltjesgebonden, hoog-moleculair organische koolstof in water. KWR Watercycle Research Institute, Nieuwegein. BTO 2015.057.
- Sack, E.L.W., P.W.J.J. van der Wielen en D. van der Kooij (2011). *Flavobacterium johnsoniae* as a Model Organism for Characterizing Biopolymer Utilization in Oligotrophic Freshwater Appl. Environ. Microbiol. 77, 6931–6938.
- Van der Kooij, D. (1992). Assimilable organic carbon as an indicator of bacterial regrowth. JAWWA, 84(2): 57-65.
- Van der Kooij, D. en H. R. Veenendaal (2012). Bepaling van de biofilmvormende eigenschappen van drinkwater met een continue biofilmmonitor (CBM). KWR Watercycle Research Institute, Nieuwegein. BTO 2011.050.
- Van der Kooij, D. en H. R. Veenendaal (2013). Bepaling van de concentratie van biomassa in drinkwater met behulp van de hemoflow. KWR Watercycle Research Institute, Nieuwegein. BTO 2013.044.
- Van der Kooij, D. en H. R. Veenendaal (2014a). Bepaling van de biomassaproductiepotentie van drinkwater. KWR Watercycle Research Institute, Nieuwegein. BTO 2014.038.
- Van der Kooij, D., en H. R. Veenendaal (2014b). Regrowth problems and biological stability assessment in the Netherlands. In: Microbial Growth in Drinking Water Supplies. Problems, Causes, Controls and Research Needs, D. Van der Kooij en P. W. J. J. Van der Wielen (eds), pp. 291-337, IWA Publishing, London, UK.
- Van der Wielen, P. W. J. J., en D. van der Kooij (2010). Effect of water composition, distance and season on the adenosine triphosphate concentration in unchlorinated drinking water in the Netherlands. Water Research, 44(17): 4860-4867.