

BTO 2020.019 | Mei 2020

BTO rapport

Huidige en toekomstige praktijk van
NF/RO concentraat management

Huidige en toekomstige praktijk van NF/RO concentraat management

Verwijderingstechnieken zijn beschikbaar om concentraatproblematiek bij zuivering met membraanfiltratie het hoofd te bieden

BTO 2020.019 | Mei 2020

Opdrachtnummer

402045-142

Projectmanager

Bas Wols

Opdrachtgever

BTO - Bedrijfsonderzoek

Auteur(s)

Luuk de Waal, MSc.

Kwaliteitsborger(s)

Prof. dr. Emile Cornelissen

Verzonden naar

Dit rapport is verspreid onder BTO-participanten.

Een jaar na publicatie is het openbaar.

Keywords

concentraat, omgekeerde osmose, nanofiltratie, membraantechnologie

Jaar van publicatie
2020

Meer informatie
Luuk de Waal, MSc.
T 0306069551
E luuk.de.waal@kwrwater.nl

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

The logo for KWR (Koninklijk Water Research Instituut) consists of the letters 'KWR' in a bold, blue, sans-serif font. The 'K' and 'W' are connected, and the 'R' is separate.

Mei 2020 ©

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden veeelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevens bestand, 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.

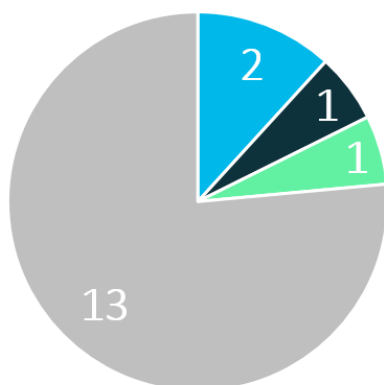
BTO Managementsamenvatting

Verwijderingstechnieken zijn beschikbaar om concentraatproblematiek bij zuivering met membraanfiltratie het hoofd te bieden

Auteur(s) Luuk de Waal, MSc.

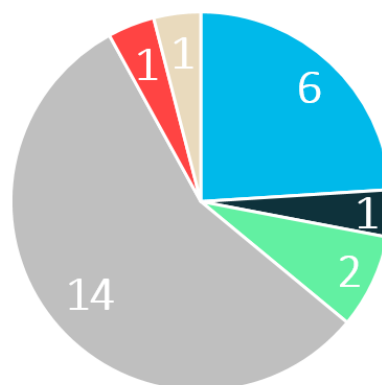
Verwijderingstechnieken zijn beschikbaar om selectief componenten te verwijderen uit concentraatstromen van membraanprocessen in de drinkwaterzuivering die kritisch zijn voor lozing op oppervlaktewater. Dit blijkt uit een studie waarbij de kritische componenten in de resulterende reststroom van de behandeling van oppervlaktewater, grondwater en oeverfiltraat middels omgekeerde osmose membraantechnologie zijn berekend. Dit onderzoek vormt hiermee een solide basis voor verder onderzoek naar de zogenaamde concentraatproblematiek; het vinden van een geschikte concentraatmanagement methode is één van de belangrijkste voorwaarden voor toepassing van membraanfiltratietechnieken in de drinkwaterzuivering. Maximalisatie van de drinkwaterproductie-efficiëntie en terugwinning van waardevolle componenten uit concentraatstromen zijn de belangrijkste uitdagingen die hand-in-hand kunnen gaan met trends als frequentere perioden van droogte en de ontwikkeling van een circulaire watersector.

Operationele NF/RO
installaties in 2019
(N=17)



■ Oasen ■ PWN
■ WMD ■ Vitens

Operationele NF/RO
installaties in 2020-2030
(N=25)



■ Oasen* ■ PWN* ■ WMD*
■ Vitens* ■ Dunea* ■ Evides*

Vergelijking aantal drinkwaterproductielocaties in 2019 (links) en 2020-2030 (rechts) met operationele membraanfiltratie (NF = nanofiltratie, RO = omgekeerde osmose) (= schatting)*

Belang: faciliteren van implementatie toekomstbestendige zuiveringsprocessen

De kwaliteit van drinkwaterbronnen is aan veranderingen onderhevig. Daarom zijn robuuste waterzuiveringstechnieken nodig, zodat aan de wet- en regelgeving rond drinkwaterkwaliteit kan worden voldaan. Hiertoe ligt toepassing van zuiveringstechnieken als nanofiltratie en/of omgekeerde osmose voor de hand; naar verwachting worden deze zuiveringstechnieken in 2030 op 25 drinkwaterzuiveringslocaties in Nederland toegepast (een stijging van 47% ten opzichte van 2019). Aangezien met deze scheidingstechnieken naast een schone stroom (drinkwaterproductie) ook een reststroom met een verhoogde concentratie opgeloste stoffen ontstaat, die anno 2019 worden geloosd op oppervlaktewater, in een afvalwaterzuivering of op een buitenhaven, worden eisen gesteld aan de specifieke componentconcentraties in de reststroom. Deze studie geeft een overzicht van reststroom-behandelingstechnieken die kunnen bijdragen aan het oplossen van concentraatproblematiek en daarmee indirect aan de productie van onberispelijk drinkwater, nu en in de toekomst.

Aanpak: inventariseren, generaliseren, implementeren

Een helder startpunt is nodig om verder onderzoek naar de concentraatproblematiek te kunnen doen. Hiertoe zijn de huidige en toekomstige staat van concentraatstroommanagement in beeld gebracht in de vorm van een GIS kaart, mogelijke probleemstoffen middels generieke massabalans-berekeningen geïdentificeerd en zijn mogelijke oplossingsrichtingen voor reststroommanagement geïdentificeerd.

Resultaten: brede inventarisatie en identificatie van probleemstoffen en oplossingsrichtingen

Welke kritische componenten zich voordoen in de reststroom die voortkomt uit een typische grondwater-, oppervlaktewater- of oeverfiltrat-zuivering met behulp van omgekeerde osmose, is in kaart gebracht, evenals de selectieve verwijderingstechnieken die voor deze componenten kunnen worden gebruikt. Hoewel voor elke kritische component in de lozing van concentraatstromen zulke technieken voorhanden zijn, is aanvullend (pilot)onderzoek nodig om vast te stellen in hoeverre deze toepasbaar zijn in de praktijk en op praktijkschaal.

Toepassing: stimuleren toepassing membraanfiltratieprocessen

Verschillende ontwikkelingen maken dat membraanfiltratietechnieken een belangrijke zuiveringscomponent blijft en/of wordt in de toekomst. In het komende decennium zullen deze technieken op steeds meer drinkwaterzuiveringslocaties worden toegepast. De veranderende waterkwaliteit van drinkwaterbronnen en de hoge kwaliteitsstandaard van het Nederlandse drinkwater vragen om robuuste technologie. Met het stimuleren van verdere ontwikkelingen van selectieve verwijderingstechnieken op reststromen wordt een belangrijke barrière weggenomen om membraanfiltratietechnieken zoals nanofiltratie en/of omgekeerde osmose een plek te geven in het drinkwaterzuiveringsproces.

Het Rapport

Dit onderzoek is beschreven in het rapport Huidige en toekomstige praktijk van NF/RO concentraat management (BTO-2020.019).

Samenvatting

Uit de in 2019 uitgevoerde inventarisatie naar de praktijk van NF/RO concentraatstroommanagement is gebleken dat vier van de tien Nederlandse drinkwaterbedrijven op ten minste één van hun drinkwaterproductielocaties nanofiltratie (NF) en/of omgekeerde osmose (Reverse Osmosis, RO) ingebouwd hebben te weten Oasen, PWN, Vitens en WMD. Op deze locaties wordt de vrijkomende reststroom van de betreffende membraanfiltratietechniek geloosd op oppervlaktewater, op een haven / op zee of op een rioolwaterzuivering (RWZI). In de periode 2020-2030 wordt een stijging verwacht in het aantal productielocaties waar NF en/of RO wordt toegepast van 47% ten opzichte van het aantal productielocaties met NF/RO technologie in 2019. Het lozen van vrijkomende reststromen is een vorm van reststroommanagement die, gelet op de totale maatschappelijke kosten van de drinkwatervoorziening en afvalwaterzuivering, gunstig uitvalt, waarmee de huidige praktijk van NF/RO concentraatstroommanagement verklaard kan worden. De ambitie van de Nederlandse overheid is, naast het (be)houden van een onberispelijke drinkwaterkwaliteit, ook gericht is op hergebruik van reststoffen en het minimaliseren van primair grondstofgebruik. Uit de inventarisatie komt naar voren dat de vergunningverlening van deze lozingen niet gebaseerd zijn op gestandaardiseerde waterkwaliteitsparameters en dat de eisen uitgedrukt worden in de vorm van concentraties, niet als totale vracht. Voor iedere lozing worden individuele afspraken gemaakt de betreffende veelal lokale regelgevende instanties.

Om ondanks de locatie-afhankelijke verschillen in lozingseisen een gevoel te krijgen voor een typische reststroomsamenstelling van drinkwaterproductie middels NF/RO membraantechnologie en conventionele drinkwaterproductie zijn generieke scenario's opgezet voor brak grondwater, oeverfiltraat, oppervlaktewater en zoet grondwater. Op basis van Europese milieukwaliteitseisen met betrekking op oppervlaktewater dat wordt gebruikt voor de bereiding van voor menselijke consumptie bestemd water zijn in de uitgewerkte scenario's kritische parameters geïdentificeerd betreft de lozing van deze stromen op oppervlaktewater. Voor ieder scenario geldt dat de norm van 0,1 µg/L voor gewasbeschermingsmiddelen, biociden en hun humaan toxicologische relevante afbraakproducten al snel wordt overschreden wanneer deze stoffen aanwezig zijn in het voedingswater. Daarnaast zijn zout-componenten als ammonium, arseen, chloride, fosfaat, ijzer, mangaan, natrium, nitraat en sulfaat (in een deel van) de uitgewerkte scenario's geïdentificeerd als mogelijk kritische componenten voor de lozing op oppervlaktewater.

Uit de opgestelde lijst met selectieve verwijderingstechnieken volgend uit de inventarisatie en een tweetal recente overzichtsstudies van KWR blijkt dat voor elk van deze zout-componenten een selectieve verwijderingstechniek beschikbaar is.

Voor verdere verduurzaming van de drinkwaterproductie zijn er op het gebied van reststroommanagement een tweetal oplossingsrichtingen geïdentificeerd:

- de uit de waterzuivering resulterende reststromen worden zoveel als mogelijk verder geconcentreerd zodat er een maximale hoeveelheid van het onttrokken water uiteindelijk ten goede komt aan het belangrijkste doel: de productie van drinkwater. Het nog aanwezige water in de hoog geconcentreerde resulterende reststroom wordt middels een (veelal energie-intensieve) laatste zuiveringsstap ontdaan van het nog aanwezige water, zodat er een vast/droog restproduct ontstaat welk verwerkt of afgevoerd kan worden
- door selectieve verwijdering van (betreft lozingsvergunning kritische) componenten uit de vloeibare/opgeloste fase in de reststroom naar een vaste/droge fase, kan er ondanks een hoge(re) concentratiefactor toch lozing plaatsvinden van de overblijvende vloeibare reststroom op daarvoor geschikte waterlichamen binnen de geldende normen / vergunningen

Voorwoord

In het kader van BTO-onderzoek naar concentraatmanagement is een inventarisatie uitgevoerd naar concentraatstromen die vrijkomen bij NF/RO-installaties in Nederland die worden beheerd en/of bedreven door de in dit project betrokken waterbedrijven. Deze inventarisatie is geïnitieerd door het bedrijfsonderzoek (BO) van het BTO waardoor naast de direct financierende waterbedrijven ook andere waterbedrijven input hebben kunnen en willen leveren. Het invullen van een gedetailleerde vragenlijst, het aanvullen van de samenvatting van de afgenomen interviews en het aanleveren van de benodigde waterkwaliteitsgegevens voor de scenario-studie is slechts een greep uit diverse activiteiten door de waterbedrijven ondernomen ter ondersteuning van dit project. Ik wil bij deze graag de volgende personen bedanken voor hun medewerking aan dit project:

- Dhr. Olaf van der Kolk (Aquaminerals)
- Dhr. Ronny Theune (Aquaminerals)
- Mevr. Franca Kramer (Dunea)
- Mevr. Karin Lekkerkerker (Dunea)
- Dhr. Gertjan Zwolsman (Dunea)
- Dhr. Anthonie van Hogendoorn (Evides drinkwater)
- Dhr. David de Ridder (Evides drinkwater)
- Dhr. David Moed (Evides industriewater)
- Dhr. Jan-Willem Mulder (Evides industriewater)
- Dhr. Jos Dusseldorp (Oasen)
- Dhr. Menno van Leenen (Oasen)
- Dhr. Peter Wessels (Oasen)
- Dhr. Ruud van der Neut (PWN)
- Dhr. Herman Smit (PWN)
- Dhr. Bas Rietman (Vitens)
- Dhr. Henk Brink (WMD)
- Dhr. Simon Dost (WMD)
- Dhr. Emile Cornelissen (KWR)
- Dhr. Hans Huiting (KWR)
- Dhr. Ron Jong (KWR)
- Dhr. Bas Wols (KWR)

Voor het schetsen van de huidige praktijk van NF/RO concentraat management in Nederland zijn de belangrijkste zaken uit elk van de afgenomen interviews uitgebreid beschreven in dit rapport. De ingevulde vragenlijsten en de samenvattingen van de individuele interviews zijn opgenomen in de bijlagen van dit rapport.

Luuk de Waal

Inhoud

BTO 2020.019 Mei 2020	0
Huidige en toekomstige praktijk van NF/RO concentraat management	0
<i>BTO Managementsamenvatting</i>	2
Samenvatting	4
Inhoud6	
1 Inleiding	8
1.1 Aanleiding en doel	8
1.2 Aanpak	10
1.3 Leeswijzer	10
2 Inventarisatie huidige praktijk NF/RO concentraat management	11
2.1 Interviews	11
2.1.1 Dunea	11
2.1.2 Evides	11
2.1.3 Oasen	12
2.1.4 PWN	13
2.1.5 WMD	14
2.1.6 AquaMinerals	14
2.2 Overzicht van NF/RO installaties onder beheer van Nederlandse drinkwaterbedrijven	15
3 Scenariostudie reststromen drinkwaterproductie	19
3.1 Algemene opbouw en uitgangspunten scenariostudie	19
3.1.1 Voedingswaterkwaliteit	20
3.1.2 Zuiveringstreinen	21
3.1.3 Chemicaliën-dosering	22
3.1.4 Recovery	24
3.1.5 Retentie	25
3.2 Overzichtstabel resultaten	27
4 Reststroom management	30
4.1 Grondwater	31
4.1.1 Brak grondwater	31
4.1.2 Zoet grondwater	31
4.2 Oeverfiltraat	32
4.3 Oppervlaktewater	33
4.4 Oplossingsrichtingen	34
4.4.1 Concentratiefactor drinkwaterzuivering verhogen	35

4.4.2	Selectieve verwijdering	36
4.4.3	Literatuurstudie reststroommanagement	40
5	Conclusies	42
6	Aanbevelingen	43
7	Referenties	44
I	Invul- en vragenlijst template voor interviews	48
II	Memo Nederlandse casussen concentraatverwerking	51
III	Samenvatting & vragenlijst interview Dunea	53
IV	Samenvatting & vragenlijst interview Evides Industriewater	57
V	Samenvatting & vragenlijst interview Oasen	62
VI	Samenvatting & vragenlijst interview PWN	69
VII	Samenvatting & vragenlijst interview WMD	76
VIII	Samenvatting interview AquaMinerals	83
IX	Overzichtskaart NF/RO installaties drinkwater & industriewater	84
X	Chemische reacties in/tijdens zandfiltratie	85
XI	Detail-overzicht scenariostudie	86
XII	Besluit kwaliteitseisen en monitoring water 2009; bijlage III	90

1 Inleiding

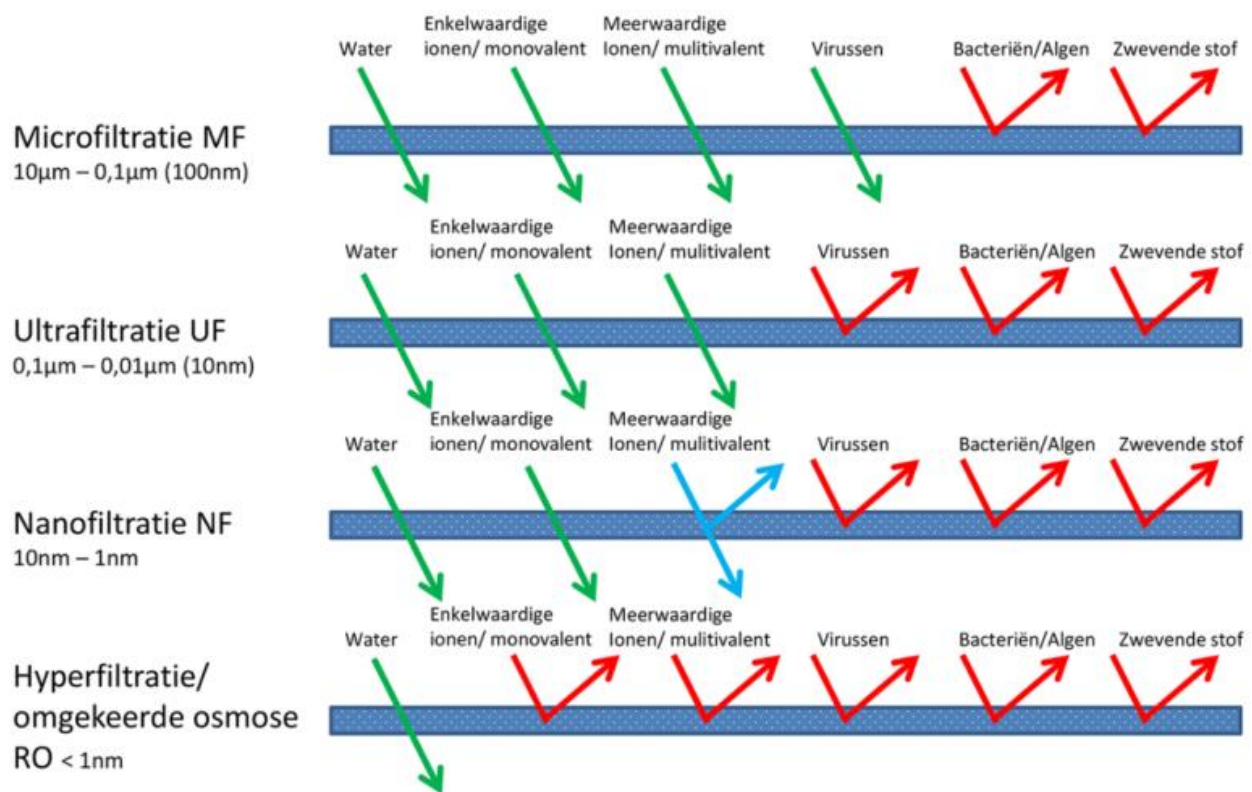
1.1 Aanleiding en doel

In Nederland zorgen in totaal tien waterbedrijven ervoor dat er iedere dag veilig en gezond drinkwater beschikbaar is voor hun klanten. Dit drinkwater van hoge kwaliteit wordt in Nederland geproduceerd uit een viertal bronnen te weten: grondwater, oppervlaktewater, oeverfiltraat en/of duinwater. Na het drinkwaterproductieproces is het uitgaande water van dusdanige kwaliteit dat er geen desinfectiemiddel zoals chloor of chloorverbindingen toegevoegd hoeft te worden (noodgevallen uitgezonderd) om de microbiologische betrouwbaarheid tijdens het transport naar de klant te kunnen garanderen. Naast het feit dat je het Nederlandse water uit de kraan dus direct kunt drinken zonder je zorgen te hoeven maken over ziekte, voldoet het drinkwater aan allerlei eisen op de gebieden van chemische samenstelling, aanwezigheid van microverontreinigingen, hardheid, metaal oplossend vermogen, reuk en smaak.

Het feit dat de Nederlandse drinkwaterbedrijven op dit moment de hierboven beschreven kwaliteit kunnen leveren, geeft echter geen garanties voor de toekomst. Er zijn diverse ontwikkelingen gaande die direct of indirect gevolgen kunnen hebben op zowel korte als lange termijn voor de beschikbaarheid en kwaliteit van water. De droge zomer van 2018 is een goed voorbeeld van een situatie waarbij in een kort tijdsbestek keuzes gemaakt moesten worden voor de verdeling van het beschikbare zoete water. Een ander voorbeeld van een korte termijn verandering zijn ontwikkelingen in analyseapparatuur en analysetechnieken waardoor er lagere concentraties en/of nieuwe stoffen gemeten kunnen worden die, samen met kennisontwikkeling op de gebieden van toxicologie en geneeskunde, ervoor kunnen zorgen dat kwaliteitseisen voor drinkwater worden aangescherpt. Op lange termijn zal bijvoorbeeld klimaatverandering en de daaraan gerelateerde opwarming van de aarde ervoor zorgen dat biologische stabiliteit van water af zal nemen in vergelijking met nu ten gevolge van de stijging in watertemperatuur tijdens distributie. Door het stijgen van de zeespiegel, de aanbouw van nieuwe industrie bovenstrooms van het waterinname punt en een stijgende medicijn-, cosmetica-, of hulpstoffenconsumptie kan ervoor zorgen dat de waterkwaliteit van de bron zelf veranderd, welke vanzelfsprekend gevolgen zal hebben voor het functioneren van de waterzuivering zelf.

Kortom, het is zaak voor de drinkwater bedrijven om de trends in lange termijn veranderingen te ontdekken om zich daar tijdig op voor te bereiden. Daarnaast vragen plotselinge veranderingen ook voor een flexibele aanpak, waarbij soms a-la-minuut aanpassingen aan de waterzuivering moeten worden doorgevoerd. Stabiele, betrouwbare en robuuste zuiveringsprocessen zijn daarom zeer belangrijk en zullen naar verwachting in de komende jaren steeds meer toegepast gaan worden op basis van de hierboven beschreven trends. Eén van die robuuste zuiveringsprocessen is membraanfiltratie (Brunner et al., 2020); een zuiveringsproces waarbij de voedingsstroom wordt gescheiden in een concentraatstroom en een productstroom. Er zijn grofweg vier membraanfiltratietechnieken te onderscheiden: microfiltratie (MF), ultrafiltratie (UF), nanofiltratie (NF) en omgekeerde osmose (Reverse Osmosis, RO). Onderstaande figuur geeft het verschil tussen deze membraantechnieken weer (Figuur 1-1) (PB International, 2020). Ieder van deze membraanfiltratietechnieken gebruiken hydrostatische druk als drijvende kracht voor de scheiding waarbij MF en UF met name scheiden op basis van deeltjesgrootte, NF scheidt op basis van lading van deeltjes en RO scheidt op basis van oplosbaarheid van iedere aanwezige component in het membraanmateriaal.

Vergelijking membraan technieken



Figuur 1-1: Verschillende membraantechnieken en hun scheidend vermogen (retentie) voor diverse componenten in het voedingswater

De focus van dit onderzoek ligt op de membraantechnieken NF en RO, aangezien deze membraanfiltratieprocessen zouten (ionen) selectief scheiden uit de voedingsstroom waardoor de concentratie van de zouten in de concentraatstroom hoger ligt in vergelijking met de voedingsstroom. De resulterende concentraatstroom wordt vaak beschouwd als een reststroom die vrijkomt bij het drinkwaterproductieproces, maar bestaat hoofdzakelijk uit geconcentreerde stoffen die al aanwezig waren in het voedingswater. In sommige gevallen is een pH modificatie en/of toevoeging van anti-scalant noodzakelijk voor een efficiënte bedrijfsvoering, wat inhoudt dat er chemicaliën worden toegevoegd aan het water. Een ander (wellicht beter bekend) voorbeeld van een reststroom die vrijkomt binnen (conventionele) drinkwaterproductie is de spoelwaterstroom van een zandfilter. Omdat NF en RO robuuste zuiveringstechnieken zijn die, naast zouten, ook organische microverontreinigingen en gesuspendeerde en opgeloste stoffen tegenhouden is het aannemelijk dat het aantal toepassingen van NF/RO zuiveringstechnieken in de toekomst zal blijven stijgen. Het managen van de vrijkomende concentraatstroom wordt echter vaak als drempel ervaren voor implementatie van membraantechnieken.

Het doel van dit onderzoek is om een overzicht te verschaffen van de huidige praktijk en ervaringen met NF en RO concentraatbehandeling en -afvoer en om te komen tot een uniforme aanpak voor het probleem.

1.2 Aanpak

Door de in dit project betrokken bedrijven te interviewen is de huidige staat van NF/RO concentraatstroom management inzichtelijk gemaakt. De invul- en vragenlijst die bij deze interviews gebruikt is, is opgenomen in Bijlage I. Daarnaast is er op basis van deze interviews en persoonlijke communicatie met Vitens (Bas Rietman) een overzichtskaart van Nederland gemaakt waarop locaties waar concentraatstromen geproduceerd worden terug te vinden zijn. Op deze manier is de huidige staat van NF/RO installaties en hun concentraatstromen letterlijk in kaart gebracht van drinkwaterbedrijven in Nederland en zijn de achtergronden van NF/RO installaties van de projectpartners terug te vinden in het rapport.

Als vervolgstap op deze inventarisatie zijn er van vier watertypen (te weten: oppervlaktewater, zoet grondwater, brak grondwater en oeverfiltraat) zowel een typische conventionele als een op RO gebaseerde zuiveringstrein samengesteld in overleg met de projectpartners. Per watertype zijn typische waterkwaliteitsgegevens aangeleverd door de projectpartners, waarna voor ieder watertype een massabalans over de gehele conventionele en op RO gebaseerde zuivering is gemaakt. Door de vrijkomende reststromen uit beide scenario's te vergelijken zijn verschillen in concentraties en totale vrachten in beide scenario's inzichtelijk gemaakt, zowel voor de product-stroom richting klant, de totale externe input en totale samenstelling van de reststroom.

Op basis van reeds beschikbare informatie uit een tweetal recente KWR overzichts-rapporten (de Waal & Huiting, 2018; Hofman-Caris, 2019) en informatie volgend uit de inventarisatie zal een (niet-uitputtende) lijst met reststroom behandelingstechnieken worden opgesteld. Technieken welke ingezet kunnen worden voor verdere concentratie van een restwaterstroom en/of de niet-specifieke verwijdering van een hele stofgroep worden apart behandeld van de technieken die in staat zijn om één of enkele specifieke componenten selectief te verwijderen uit een complexe watermatrix. Aan de hand van Europese eisen aan oppervlaktewaterkwaliteit welk geschikt is voor de productie van voor menselijke consumptie bestemd drinkwater zal er een overzicht van de selectieve verwijderingstechnieken die kritische componenten uit de berekende reststroomsamenstellingen kunnen verwijderen worden gegeven.

1.3 Leeswijzer

De resultaten van de inventarisatie van de huidige praktijk van NF/RO concentraat management in Nederland zijn terug te vinden in hoofdstuk 2, beginnend op pagina 11 van dit rapport.

De resultaten van de scenariostudie waarbij met behulp de individuele massabalansen een typische conventionele en op RO gebaseerde waterzuivering vergeleken kan worden voor vier voedingswatertypen is terug te vinden in hoofdstuk 3, beginnend op pagina 19.

De mogelijkheden en afwegingen met betrekking tot toekomstige reststroommanagementmethoden wordt besproken in hoofdstuk 4, beginnend op pagina 30.

De conclusies uit dit onderzoek zijn te vinden op pagina 40.

2 Inventarisatie huidige praktijk NF/RO concentraat management

Voor het in kaart brengen van de huidige staat van NF/RO concentraatstroommanagement zijn er interviews afgenomen bij de drinkwaterbedrijven Dunea, Evides (industriewater), Oasen, PWN en WMD. Aangezien waterbedrijf Vitens geen deel uitmaakte van de projectgroep, zijn de gegevens van de Vitens locaties specifiek uitgevraagd aan en geleverd door persoonlijke communicatie met Bas Rietman. Naast de interviews bij de drinkwaterbedrijven is AquaMinerals (voorheen: Reststoffenunie) ook geïnterviewd, heeft KWR deelgenomen aan de 'Zero Brine' workshop die ten tijde van dit onderzoek georganiseerd werd door het Institute for Sustainable Process Technology (ISPT) en is er bij KWR intern een overzicht gemaakt van de aanwezige kennis en ervaring op drinkwater-, industrie- en glastuinbouw-gerelateerde concentraatstromen (zie bijlage II). Samenvattingen van de afgenomen interviews inclusief de ingevulde vragenlijst zijn terug te vinden in het bijlagen van dit rapport, in dit hoofdstuk zullen de voornaamste vindingen uit elk van de afgenomen interviews beschreven worden.

2.1 Interviews

2.1.1 Dunea

Dunea voorziet in de waterbehoefte van hun voorzieningsgebied door water uit de rivieren de Maas en de Lek na duinpassage op te zuiveren tot drinkwater middels conventionele zuiveringsstappen. Op (een deel van) het innamewater uit de rivieren wordt geavanceerde oxidatie toegepast, maar verder bestaat de zuivering uit conventionele zuiveringsstappen. Enkel bij uitzonderlijke situaties zoals langdurige droogte en verzilting kan het huidige systeem onder druk komen te staan. Daarom is Dunea opzoek naar een derde waterbron waarmee de flexibiliteit en robuustheid van de drinkwatervoorziening ook in de toekomst gewaarborgd blijft. Op dit moment wordt onttrekking van brak grondwater onder de zoetwaterlens in de duinen en het vervolgens toepassen van brak grondwater omgekeerde osmose (BWRO) als een kansrijke optie gezien voor deze derde bron. De hierbij vrijkomende concentraatstroom zou, bij voorkeur, op de (buiten)havens van Katwijk en Scheveningen geloosd worden. Dunea heeft enkele verkennende gesprekken gevoerd met Rijkswaterstaat betreft deze beoogde manier van concentraatmanagement, die positief zijn verlopen. De detail-uitwerking van het interview met Dunea is terug te vinden in Bijlage III.

2.1.2 Evides

De drinkwatertak van Evides beheert en bedrijft 2 duinwaterzuiveringen en 4 oppervlaktewaterzuiveringen waarvan een aantal locaties op termijn vervangen zullen worden. Meer dan 75% van het door Evides geproduceerde drinkwater is afkomstig van deze oppervlaktewaterzuiveringen, waarbij naar gelang bronkwaliteit en/of externe ontwikkelingen de noodzaak kan groeien om geavanceerde zuiveringstechnologie waaronder membraantechnologie in te zetten. De beoogde manier van concentraatstroommanagement die Evides drinkwater voor ogen heeft is directe lozing op oppervlaktewater.

De industriewatertak van Evides heeft op diverse locaties in Nederland RO installaties operationeel waarmee bijvoorbeeld mineraal-arm water geproduceerd wordt voor industriële stoomproductie. Als voedingswater voor de RO wordt (onder andere) oppervlaktewater gebruikt en de vrijkomende concentraatstroom van diverse plants worden bijvoorbeeld geloosd op de havens van Rotterdam en Antwerpen. Evides industriewater is tevreden over de huidige probleemloze gang van zaken met betrekking tot de lozing. Desalniettemin worden initiatieven zoals de 'Zero Brine' workshop georganiseerd door het ISPT wel actief gevolgd door Evides industriewater¹, met het oog op mogelijke valorisatie van de concentraatstromen. Voor (toekomstige) plants die meer landinwaarts gesitueerd zijn, denkt Evides industriewater aan toepassing van EFC voor verdere indikking van de concentraatstroom of aan het verwerken van de concentraatstroom door een nabijgelegen afvalwaterzuiveringsstation. De detail-uitwerking van het interview met Evides industriewater is terug te vinden in Bijlage IV.

2.1.3 Oasen

Oasen voorziet hun verzorgingsgebied van drinkwater hoofdzakelijk uit anaeroob oeverfiltraat. De waterkwaliteit van het water in de rivier de Lek in combinatie met specifieke condities in het betreffende watervoerende pakket heeft dus (vertraagde) invloed op de uiteindelijke waterkwaliteit van het voedingswater voor drinkwaterproductie. De conventionele oevergrondwaterzuiveringen die nu operationeel zijn worden in de komende jaren echter stuk voor stuk vervangen aangezien ze hun technische levensduur veelal bijna bereikt hebben. De visie van Oasen is om op iedere productielocatie volstroom omgekeerde osmose (Reverse Osmosis, RO) toe te passen. Op twee zuiveringsstations (Schuwacht en Reijerwaard) wordt deelstroom RO toegepast, waarbij de vrijkomende concentraatstroom (zie Tabel 2-1) door nabijgelegen rioolwaterzuiveringen verwerkt wordt. De afhankelijkheid van het wel-functioneren van de RWZI voor de drinkwaterproductie ervaart Oasen als een nadeel van deze manier van concentraatstroommanagement. Er zijn echter geen alternatieve concentraatmanagement strategieën bekend bij Oasen waarvan de maatschappelijke kosten vergelijkbaar zijn met de huidig toegepaste manier van concentraatstroommanagement en het concept (kosten-)technisch haalbaar wordt geschat. Oasen zou graag zien dat lozingsvergunningen in de toekomst worden gebaseerd op de totale vracht in plaats van een concentratielimit per specifieke component, waardoor de huidige beperking op de maximale recovery van een membraaninstallatie verdwijnt. Verder zou volgens Oasen door onderscheid te maken tussen industriële reststromen en lozing van vijf tot twintig keer geconcentreerd voedingswater het mogelijk moeten worden om op basis van ecologisch onderzoek vast te stellen of een concentraatstroomlozing op oppervlaktewater geoorloofd is of niet. Door de terminologie die gebruikt wordt om concentraatstromen van NF/RO installaties te beschrijven te veranderen in spoelwaterstroom van NF/RO installaties, zou de algemene perceptie (bij regelgevende instanties) dat een concentraatstroom erg zout is kunnen veranderen aldus Oasen. Door nu in te zetten op concentraatstroommanagement en het maximaliseren van recovery van omgekeerde osmose membraanzuiveringen bereid Oasen zich voor op de toekomstige capaciteits- en kwaliteitseisen van de drinkwatervoorziening in hun verzorgingsgebied. Vanuit strategisch oogpunt met betrekking op (toekomstige) wet- en regelgeving zet Oasen in op de verwijdering van organische microverontreinigingen uit de concentraatstroom en de ontwikkeling van een integraal afwegingskader voor een selectie van concentraatmanagementmethoden. De detail-uitwerking van het interview met Oasen is terug te vinden in Bijlage V.

¹ Het doel binnen het Zero Brine project van Evides industriewater is het demonstreren van het nanofiltratie-verdamping concept voor de behandeling van ionwisselaars-regeneraat en/of omgekeerde osmose concentraatstromen op industriële schaal. Daarnaast wil Evides industriewater het an-ion wisselaar-nanofiltratie-verdamping-eutectische vries kristallisatie concept verder ontwikkelen.

Tabel 2-1: Samenstelling van concentraatstromen vrijkomend bij toepassing van deelstroom RO op de zuiveringslocaties Schuwacht en Reijerwaard

<i>Pompstation</i>		<i>Schuwacht</i>	<i>Reijerwaard</i>
<i>Parameter</i>	<i>Eenheid</i>		
<i>Ammonium</i>	mg/L NH ₄	25-30	30-35
<i>Chloride</i>	mg/L Cl	500	1000
<i>Calcium</i>	mg/L Ca	400	600
<i>Nitraat</i>	mg/L NO ₃	0	0
<i>Chemisch zuurstof verbruik</i>	mg/L O ₂	35	70
<i>Waterstofcarbonaat</i>	mg/L HCO ₃	1100	1500
<i>Ijzer</i>	mg/L Fe	25	40
<i>Mangaan</i>	mg/L Mn	2.5	0.5
<i>Ortho-fosfaat</i>	mg/L PO ₄	2	-
<i>Zuurstof</i>	mg/L O ₂	0	0

2.1.4 PWN

Provinciaal Waterbedrijf Noord-Holland (PWN) voorziet hun verzorgingsgebied van drinkwater door gebruikmaking van hoofdzakelijk gezuiverd oppervlaktewater uit het IJsselmeer en het Rijn-Lekkanaal. Een deel van het gewonnen oppervlaktewater wordt door middel van ultrafiltratie (UF) gevolgd door omgekeerde osmose (RO) gezuiverd tot zeer zuiver water, welk vervolgens wordt opgemengd met onttrokken infiltratiewateren/of natuurlijk duinwater en gedistribueerd wordt als drinkwater. De concentraatstroom die vrijkomt bij de RO zuiveringsstap wordt, na opmenging met restwater van TATA steel, via een rioolstelsel geloosd op de buitenhaven van IJmuiden. Door het opmengen van RO permeaat met onttrokken infiltratie-/duinwater op productielocatie Bergen wordt de totale hardheid van het water verlaagd ten opzichte van duinwater. Op productielocatie Wim Mensink in Wijk aan Zee wordt naast opmenging met RO-permeaat ook gebruik gemaakt van pelletontharders om de hardheid van het water te verlagen. Door uitbreiding van de RO-productie en te onderzoeken of de recovery verder omhoog kan zou in theorie de pelletontharding op productielocatie Wim Mensink overbodig kunnen worden.. Het volume en de daarin aanwezige concentraties in de concentraatstroom zullen echter hierdoor veranderen. Gesprekken met de betrokken regelgevende instantie over verruiming van de huidige lozingsvergunning worden gevoerd. De toekomstvisie van PWN is erop gericht om gezamenlijk met een waterschap een dusdanige zuivering van rioolwaterzuivering effluent te realiseren dat dit water een kwaliteit krijgt welk geschikt is, direct of indirect voor drinkwaterproductie. Volgens PWN zijn de sociale acceptatie en huidige waterkwaliteit van rioolwaterzuivering effluent voor gebruik als drinkwaterbron de twee voornaamste uitdagingen die toepassing van deze geïntegreerde aanpak in de weg staan. De detail-uitwerking van het interview met PWN is terug te vinden in Bijlage VI.

2.1.5 WMD

Waterleidingmaatschappij Drenthe (WMD) voorziet hun verzorgingsgebied van drinkwater hoofdzakelijk uit gezuiverd diep grondwater. Naast vele conventionele grondwaterzuiveringen wordt er op pompstation Zuidwolde (en in de nabije toekomst op pompstation Beilen) in deelstroom omgekeerde osmose (RO) toegepast. Het diepe grondwater wordt, na dosering van anti-scalant, direct aan de RO gevoed. Het resulterende concentraat wordt na beluchting gevolgd door bezinking direct op lokaal oppervlaktewater geloosd. Deze behandeling van het concentraat is nodig om te voorkomen dat het aanwezige opgeloste ijzer oxideert in het oppervlaktewater zelf: de zich vormende ijzerhydroxiden en bijbehorende zuurstofconsumptie zouden een negatief effect hebben op de waterkwaliteit van het oppervlaktewater. Het verzamelde slib in de slibvelden wordt eens per 10-15 jaar afgevoerd en gebruikt voor laagwaardige toepassingen. WMD denkt erover om in de toekomst het grondwater eerst te beluchten voordat het behandeld wordt door de RO om hoogwaardigere toepassing van het slib te bewerkstelligen. Aangezien het zoete grondwater na behandeling van RO nog steeds relatief zoet is, zijn met name het stikstofgehalte en het chemisch zuurstof verbruik (CZV) van de concentraatstroom van belang voor directe oppervlaktewaterlozing. WMD signaleert stijgende concentraties van organische microverontreinigingen in een aantal winputten, waardoor het toevoegen van een (anaeroob) koolfilter of een deelstroom RO aan een bestaande conventionele zuivering wellicht in de toekomst op meer zuiveringslocaties toegepast zal gaan worden. De detail-uitwerking van het interview met WMD is terug te vinden in Bijlage VII.

2.1.6 AquaMinerals

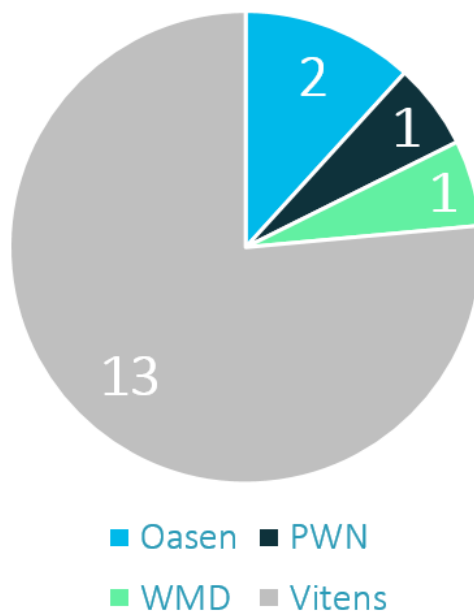
AquaMinerals (voorheen: Reststoffenunie) richt zich op het opwerken of hergebruiken van reststromen of reststoffen voor hoogwaardige toepassingen binnen de watersector. Aangezien NF/RO concentraatstromen vaak minder geconcentreerd zijn als dat hun naam doet vermoeden en het aantal componenten in de concentraatstroom groot is, maakt dat concentraatstromen vrijwel nooit een directe toepassing hebben in een ander proces. Selectieve verwijderingstechnieken zijn de sleutel tot het valoriseren van deze stromen. Daarnaast is in sommige gevallen de huidige wet- en regelgeving nog niet aangepast op de visie van circulariteit en hergebruik van reststromen en teruggewonnen grondstoffen waardoor ketenpartners zich niet comfortabel genoeg voelen om massaal in te zetten op (verdere) ontwikkeling van deze technieken. De huidige 'afval-status' die diverse reststromen hebben, zit regelgeving-technisch dwars voor verder gebruik van deze reststromen of grondstoffen.

Gerichte absorptie aan ijzerpellets of actief kool en selectieve verwijdering van specifieke componenten middels biosorptie zijn volgens AquaMinerals technieken die, na verdere ontwikkeling, mogelijkheden zouden kunnen bieden voor selectieve terugwinning uit concentraatstromen. Fosfaat en zwavelhoudende verbindingen zijn voorbeelden van dergelijke componenten (Hofman-Caris et al., 2017). De detail-uitwerking van het interview met Aquaminerals is terug te vinden in Bijlage VIII.

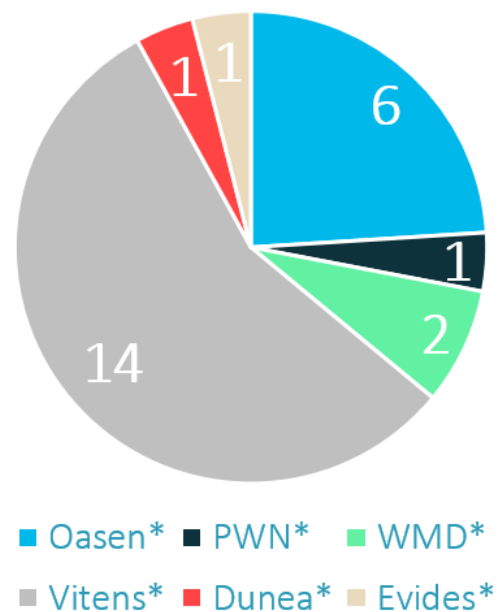
2.2 Overzicht van NF/RO installaties onder beheer van Nederlandse drinkwaterbedrijven

Uit de interviews is gebleken dat in 2019 vier van de tien Nederlandse drinkwaterbedrijven op ten minste één van hun drinkwaterproductielocaties gebruik maken van nanofiltratie (NF) en/of omgekeerde osmose (Reverse Osmosis, RO), namelijk: Oasen, PWN, Vitens² en WMD. Evides industriewater heeft ook een aantal operationele RO installaties en WMD heeft zich recent ontdaan van de verantwoordelijkheid over en bedrijfsvoering van een drietal RO installaties welke proceswater produceren voor industriële toepassingen. Dunea is de mogelijkheid aan het verkennen voor toepassing van RO op een nieuw te bouwen zuiveringslocatie en Evides drinkwater, Oasen en WMD zijn de mogelijkheden aan het verkennen voor toepassing van NF en/of RO op één of meerdere van hun huidige drinkwaterproductielocaties (die aan vervanging toe zijn). Op basis van de toekomstplannen die gedeeld werden tijdens de interviews en in de persoonlijke communicatie met Bas Rietman van Vitens wordt geschat dat het aantal operationele NF en RO zuiveringsinstallaties toe zal nemen van zeventien in 2019 naar vijfentwintig zuiveringsinstallaties in de periode 2020-2030. Dit komt neer op een geschatte toename in 2030 van circa 47% ten opzichte van het totaal aantal operationele installaties in 2019 (zie Figuur 2-1).

Operationele NF/RO
installaties in 2019
(N=17)



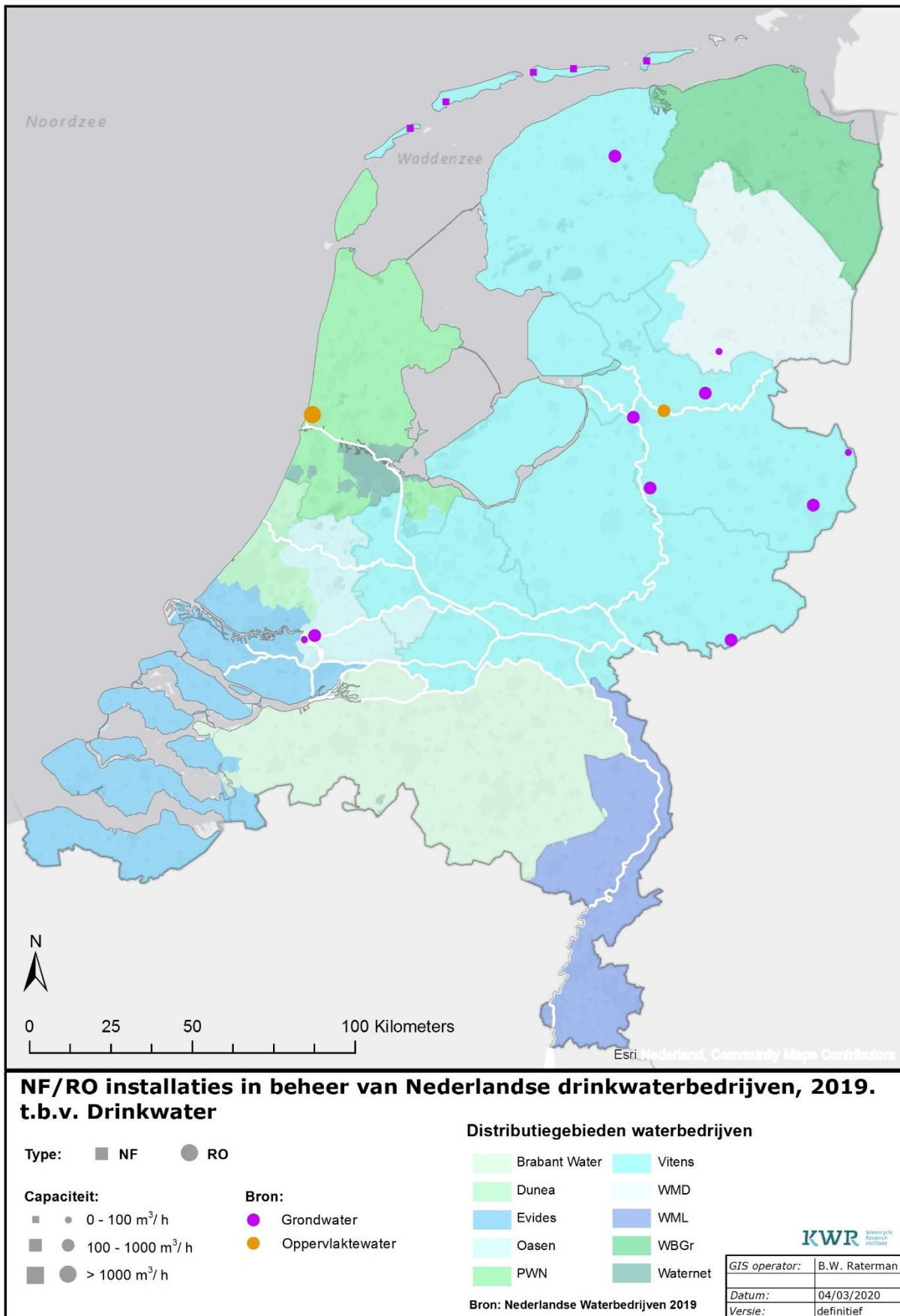
Operationele NF/RO
installaties in 2020-2030
(N=25)



Figuur 2-1: Overzicht van aantal drinkwaterproductielocaties waar een NF of RO zuiveringsstap operationeel is per waterbedrijf in 2019 en de periode 2020-2030. * = schatting

De verzorgingsgebieden van alle Nederlandse drinkwaterbedrijven en de zeventien bekende operationele NF/RO installaties ten behoeve van de drinkwaterproductie zijn weergegeven in Figuur 2-2. Aan de vorm, kleur en grootte van de markeringen kan respectievelijk de toegepaste membraantechnologie, het type voedingswater en de innamecapaciteit afgelezen worden. Een soortgelijke overzichtskaart waar ook de NF/RO installaties ten behoeve van industriële waterproductie zijn weergegeven is te vinden in bijlage IX.

² Aangezien waterbedrijf Vitens geen deel uitmaakte van de projectgroep, is door middel van persoonlijke communicatie met Bas Rietman de benodigde informatie over het aantal, debiet, type voedingswater en locatie van de operationele NF/RO installaties bij Vitens in 2019 verkregen.



Figuur 2-2: NF/RO installaties in beheer van Nederlandse drinkwaterbedrijven ten behoeve van drinkwaterproductie in 2019

Een gedetailleerd overzicht van de cases die besproken zijn tijdens de interviews met de betrokken drinkwaterbedrijven is gegeven in Figuur 2-3. Merk op dat de beschreven case van Dunea nog niet definitief is aangezien het plan nog een aantal jaar van uiteindelijke realisatie verwijderd is. De in dit opgenomen details aangaande het type voedingswater, het drinkwater productieproces, de manier van concentraatmanagement en de concentraatsamenstelling zijn dus met de huidige kennis op het moment van schrijven gebaseerd op het meest waarschijnlijke scenario. Daarnaast zijn er bij diverse cases enkele details weergegeven met een '-'. Dit betekent dat deze informatie niet publiekelijk gemaakt mag/kan worden vanwege algemene / commerciële belangen, afspraken met klanten met betrekking tot hun privacy of simpelweg omdat deze gegevens nadrukkelijk niet genoemd of benoemd zijn in bepaalde (vergunning-) overeenkomsten. De notitie 'n.b.' betekent 'niet bekend' wat concreet betekent dat er geen data beschikbaar is om de betreffende parameter van een waarde te voorzien.

Wanneer gekeken wordt naar de operationele NF/RO installaties die ingezet worden op een drinkwaterproductie (Oasen, PWN en WMD), valt op dat in drie van de vier gevallen (Oasen: Krimpen aan de Lek en Ridderkerk, WMD: Zuidwolde) anaeroob water direct door een RO wordt behandeld, zonder noemenswaardige voorbehandeling. De RO die PWN operationeel heeft wijkt hiervan af en heeft een uitgebreide voorbehandeling inclusief ultrafiltratie. Gezien de geografische afstand tussen de RO van PWN in Heemskerk en het innamepunt bij Nieuwegein uit de rivier de Lek is dit aannemelijk: transport van anaeroob water over dergelijke afstanden is niet onmogelijk, maar praktisch gecompliceerd en gevoelig voor stringen.

Bedrijf	Locatie	Voedingswater	Drinkwater productieproces		Concentraat-management methode	Concentraat (onbehandeld)		Vergunning	
						Debiet	Waterkwaliteit	Debiet	Waterkwaliteit
Dunea	Meijndel, Berkenheide	Brak grondwater onder zoetwaterlens duinfiltratiegebieden	Anaerobe RO (volstroom)		Directe lozing op brak oppervlaktewater in een haven / op zee	3120 m ³ /h	EGV: 2557 mS/m PO4: 3,0 mg/L ortho- NO3: 1,5 mg/L TOC: n.b. CZV: n.b. Kjeldahl-N: n.b. Chloride: 9793 mg/L		EGV: n.b. PO4: n.b. NO3: n.b. TOC: n.b. CZV: n.b. Kjeldahl-N: n.b. Chloride: n.b.
Evides Industriewater		Oppervlaktewater	Dissolved Air Flotation, kation wisselaar, RO (volstroom), mengbed		Directe lozing op brak oppervlaktewater in een haven	282 m ³ /h	EGV: 5333 mS/m PO4: 1 mg/L NO3: 133 mg/L TOC: 47 mg/L CZV: n.b. Kjeldahl-N: n.b. Chloride: n.b.		EGV: n.b. PO4: - NO3: - TOC: - CZV: n.b. Kjeldahl-N: - Chloride: n.b.
		Oppervlaktewater	Dubbellaagsfiltratie - ionenwisseling - RO (volstroom)		Directe lozing op brak oppervlaktewater in een haven	22,6 m ³ /h	EGV: <1 mS/m PO4: 0 mg/L NO3: 0 mg/L TOC: 3,6 mg/L CZV: n.b. Kjeldahl-N: n.b. Chloride: n.b.		EGV: n.b. PO4: n.b. NO3: n.b. TOC: - CZV: n.b. Kjeldahl-N: n.b. Chloride: n.b.
Oasen	Krimpen aan de Lek	Rivier de Lek oeverfiltraat	Anaerobe RO (deelstroom)		Lozing op RWZI na menging met gemeentelijk riool	40 m ³ /h	EGV: 350 mS/m PO4: 10 mg/L NO3: 0 mg/L TOC: 12,5 mg/L CZV: 35 mg/L Kjeldahl-N: n.b. Chloride: 500 mg/L	Jaarlijks gemiddeld: 54 m ³ /h Maximaal debiet: 76 m ³ /h	EGV: - PO4: 13,2 mg/L NO3: - TOC: - CZV: 36 mg/L Kjeldahl-N: n.b. Chloride: 520 mg/L
	Ridderkerk	Rivier de nieuwe Maas oeverfiltraat	Anaerobe RO (deelstroom)		Lozing op RWZI na menging met gemeentelijk riool	16 m ³ /h	EGV: n.b. PO4: 0 mg/L ortho-P NO3: 0 mg/L TOC: n.b. CZV: 70 mg/L Kjeldahl-N: n.b. Chloride: 1000 mg/L	45	EGV: - PO4: - NO3: - TOC: - CZV: - Kjeldahl-N: - Chloride: -
PWN	Heemskerk	Voorgezuiverd IJsselmeerwater	Coagulatie, semidentatie, zandfiltratie	ultrafiltratie, RO (deelstroom)	menging onttrokken duinwater met RO permeaat	Lozing op brak oppervlaktewater in een haven na menging met industriële reststroom	510 m ³ /h	EGV: 260-350 mS/m PO4: n.b. NO3: 5 - 45 mg/L TOC: n.b. CZV: - Kjeldahl-N: - Chloride: -	EGV: n.b. PO4: 0,5 mg/L NO3: n.b. TOC: n.b. CZV: 50 mg/L Kjeldahl-N: 2 mg/L Chloride: 520 mg/L
WMD	Zuidwolde	Diep grondwater	Anaerobe RO (deelstroom)		Lozing op lokaal oppervlaktewater na beluchting, flocculatie, coagulatie en sedimentatie	12,6 m ³ /h	EGV: n.b. PO4: - NO3: 2,4 mg/L TOC: n.b. CZV: n.b. Kjeldahl-N: n.b. Chloride: 119,3 mg/L	30	EGV: n.b. PO4: 0,5 mg/L NO3: n.b. TOC: n.b. CZV: 30 mg/L Kjeldahl-N: 3 mg/L Chloride: 200 mg/L

Figuur 2-3: Overzicht van (beoogde) toepassingen van NF/RO installaties die in detail besproken zijn tijdens de interviews.

Daarnaast kan uit Figuur 2-3 worden opgemaakt dat in alle huidig toegepaste en beoogde manieren van concentraatstroommanagement lozing van de concentraatstroom betreffen: lozing op oppervlaktewater, op een haven / op zee of op een rioolwaterzuivering (RWZI). Wanneer er vanuit een breder (maatschappelijk) perspectief wordt gekeken, zou lozing op een RWZI als een vorm van concentraatbehandeling gezien kunnen worden. Echter worden de betreffende RWZI's over het algemeen betaald door de waterbedrijven voor de verwerking van de concentraatstroom en vindt er weinig tot geen terugwinning van waardevolle stoffen plaats. De algemene trend die uit deze inventarisatie op te maken is, is dat de drinkwaterbedrijven tegen zo laag mogelijke (maatschappelijke) kosten de concentraatstroom lozen op dit moment. Hoewel dit gunstig is voor de lasten die vanuit gemeenten en drinkwaterbedrijven bij ieder huishouden in rekening wordt gebracht, is dit in strijd met het landelijk beleid dat gericht is op hergebruik van reststoffen en het terugwinnen van grondstoffen (Rijksoverheid, 2017).

Wanneer parameters die opgenomen zijn in de lozingsvergunning vergeleken worden met de concentraties in de bijbehorende concentraatstroom vallen er een tweetal zaken in het bijzonder op. Ten eerste lijken de component-concentraties in de concentraatstroom erg op de vastgestelde grenzen in de lozingsvergunning. Dit is te verklaren doordat ten tijde van opstelling van de vergunning de concentraatsamenstelling veelal als basis is genomen voor de uiteindelijke lozingseis in de vergunning. Ten tweede is de lijst van parameters die opgenomen worden in de verschillende lozingsvergunningen beperkt tot chemisch zuurstof verbruik (CZV), chloride, Kjeldahl-stikstof en debiet van de lozing. Met de concentraties CZV, Kjeldahl-stikstof en het debiet van de stroom kan het aantal zogenaamde 'vervuilingseenheden' berekend worden waarbij één vervuilingseenheid gedefinieerd wordt als het verbruik van 54,8 kg zuurstof per jaar (Rijksoverheid, 2020). Omdat in ieder geval bij PWN de vergoeding voor lozing van de concentraatstroom bepaald wordt door Rijkswaterstaat gebaseerd op het aantal geloosde vervuilingseenheden, is het feit dat deze parameters relatief vaak opduiken in de vergunningseis te verklaren.

De interviews hebben inzicht gegeven over het ontbreken van een gestandaardiseerd format voor een lozingsvergunning voor NF/RO concentraatstromen. Per regelgevende instantie zoals een waterschap of Rijkswaterstaat worden er individuele afspraken gemaakt over de lozing gebaseerd op lokale omstandigheden en afgestemd op specifieke component-concentraties in de concentraatstroom. Door de lokale verschillen per drinkwaterproductielocatie zowel in concentraatstroomcompositie als in de vergunning-technische kritische parameters voor lozing is het lastig een eenduidig beeld te schetsen van de parameters die 1) kritisch zijn in verband met opgelegde lozingseisen en 2) mogelijk in interessante concentraties aanwezig kunnen zijn voor hergebruik. Daartoe zijn er generieke scenario's gebruikt (zie hoofdstuk 3) om (alternatieve) oplossingsrichtingen te verkennen (zie hoofdstuk 4) voor het management van reststromen van zowel op NF/RO gebaseerde waterzuiveringen als conventionele waterzuiveringen.

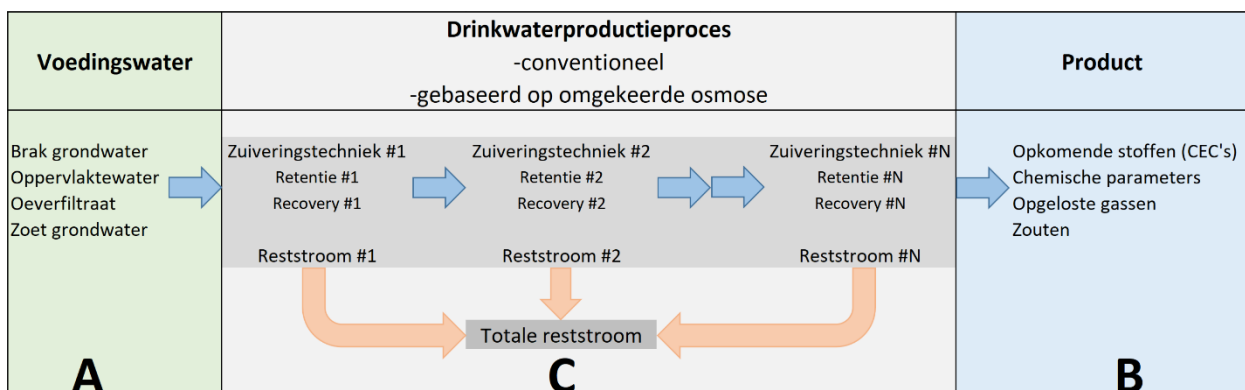
3 Scenariostudie reststromen drinkwaterproductie

Uit de inventarisatie van de huidige praktijk van NF/RO concentraatstroommanagement bij de in dit project betrokken drinkwaterbedrijven is gebleken dat 1) lozing de meest toegepaste manier van concentraatstroommanagement is, 2) lozingseisen (en daarmee de kritische componenten voor lozing) op worden gesteld door lokale wet- en regelgevende instanties die gebaseerd zijn op lokaal geldende omstandigheden en 3) alternatieve concentraatmanagementmethoden zoals concentraatbehandeling en / of hergebruik van waardevolle componenten ondanks de circulaire visie van de Nederlandse overheid niet wordt toegepast op NF/RO concentraatstromen.

Aangezien het overgrote deel van de in Nederland operationele waterzuiveringen geen gebruik maakt van geavanceerde zuiveringsstappen waaronder nanofiltratie (NF) en omgekeerde osmose (reverse osmosis, RO), zal het grootste deel van het huidig geproduceerde volume aan reststromen van conventioneel ingerichte zuiveringsstations afkomstig zijn. De verwachte sterke stijging van het aantal productielocaties waar NF/RO membraantechnologie zal worden toegepast (zie 2.2) en het feit dat juist de vrijkomende concentraatstroom een drempel vormt voor implementatie van NF/RO membraantechnologie in drinkwaterzuiveringen zijn echter redenen te over om juist op concentraatmanagement strategieën van NF/RO concentraatstromen te focussen.

3.1 Algemene opbouw en uitgangspunten scenariostudie

In de hieronder beschreven scenariostudie zijn voor brak grondwater, oeverfiltraat, oppervlaktewater en zoet grondwater de kwaliteit en kwantiteit van de vrijkomende reststromen in een typische conventionele zuivering en een op RO gebaseerde zuivering berekend en vergeleken. De uitkomsten van de scenariostudie moeten handvaten geven over de totale restwaterstroom van een conventionele- en op RO gebaseerde zuivering met de daarin aanwezige kritische componenten voor lozing en/of wellicht voor hergebruik. Een schematisch overzicht van de opzet inclusief variabelen van de scenario-studie is weergegeven in Figuur 3-1. In deze paragraaf wordt een gedetailleerd overzicht gegeven van iedere input-variabele waarna in paragraaf 3.2 de resultaten per voedingswatertype voor de conventionele en de op RO gebaseerde zuivering getoond en bediscussieerd worden.



Figuur 3-1: Schematische weergave van de scenariostudie met een drietal gerapporteerde outputs: A) Waterkwaliteit van vier verschillende voedingswatertypen. B) Waterkwaliteit van de totale reststroom resulterend uit een conventioneel of op RO-gebaseerd drinkwaterproductieproces. C) Waterkwaliteit van het product van de laatste zuiveringstechniek in het gekozen drinkwaterproductieproces

3.1.1 Voedingswaterkwaliteit

Van de vier verschillende voedingswatertypen (brak grondwater, oeverfiltraat, oppervlaktewater en brak grondwater) is een generieke waterkwaliteit opgesteld op basis van bij waterbedrijven aanwezige data van relevante waterlichamen. Een overzicht van de identiteit en relevantie met betrekking tot concentraatstroommanagement van de individuele componenten is weergegeven in Tabel 3-1. Al deze componenten zijn gecategoriseerd in een viertal groepen: opkomende stoffen (contaminants of emerging concern, CEC), chemische parameters, opgeloste gassen en zouten. Uit de categorie chemische parameters zijn veranderingen in componentconcentraties CZV, EGV, Kjeldahl-stikstof niet meegenomen vanwege een te groot aantal factoren (en daarmee complexiteit) dat invloed heeft op de mate van verwijdering van deze samengestelde parameters voor iedere individuele zuiveringstechnologie. Daarnaast zijn veranderingen in pH waarde slechts in beperkte mate meegenomen in het vervolg van de berekeningen. Voor het brak grondwater geldt dat de beschikbare informatie betreft de waterkwaliteit niet voldoende dekkend was om alle parameters van een waarde te voorzien. Daartoe is de beschikbare informatie van brak grondwater gebruikt en waar nodig aangevuld met data van zoet grondwater.

Tabel 3-1: Samenstelling van de verschillende voedingswatertypen die voorkomen in de scenariostudie, onderverdeeld in opkomende stoffen, chemische parameters, opgeloste gassen en zouten

Componenten			Watertype				Relevantie:
Categorie	Parameter	Eenheid	Oppervlaktewater	Zoet grondwater	Oeverfiltraat	Brak grondwater	
Opkomende stoffen (Contaminant of emerging concern)	1.4-dioxaan	µg/L	0.1	0.0	1.5	0.0	Zeer hydrofiel, biologische afbreekbaarheid laag
	AMPA	µg/L	0.0	0.0	0.0	0.0	Afbraakproduct gewasbeschermingsmiddelen en anti-scalants
	EDTA	µg/L	15.0	0.0	10.0	0.0	Vormt complexen met zware metalen, biologische afbreekbaarheid laag
	Melamine	µg/L	2.5	0.0	0.0	0.0	Bouwstof van plastics, biologische afbreekbaarheid laag
	TFA	µg/L	1.0	0.0	1.0	0.0	Zeer hydrofiel, biologische afbreekbaarheid laag
Chemische parameters	CZV	mg/L	12	1	6	1	Vervuilingseenheden
	EGV	µS/cm	430	468	690	12787	Zoutgehalte
	Kjeldahl-N	mg/L	0.6	0.1	4.6	0.1	Vervuilingseenheden
	pH	-	8.7	6.7	7.3	7.3	-
	TOC	mg/L	4.1	6.6	2.7	6.6	Groeipotentie & kleur/smaak
Opgeloste gassen	CH4	mg/L	0	25	940	25	Ontgassing & beperkte retentie RO
	CO2	mg/L	0.5	130	25	130	Evenwicht met pH en bicarbonaat
	O2	mg/L	10.0	0.0	0.0	0	Oxidator
Zouten	As	µg/L	1.3	0	3	3.5	Lozingseisen
	Ca	mg/L	48	78	80	525	Remineralisatie, ontharding
	Cl	mg/L	49	24	105	4897	Lozingseisen & pH-correctie
	Fe	mg/L	0	10	4.9	8	Slibvorming
	HCO3	mg/L	125	300	225	332	pH-correctie
	Mn	mg/L	0.003	0.2	0.5	0.9	Slibvorming
	Na	mg/L	32	18	50	2427	Remineralisatie & ontharding
	NH4	mg/L	0.06	1.2	5.1	4.3	Lozingseisen & beperkte retentie RO
	NO3	mg/L	7.1	0.5	1	0.7	Lozingseisen
	PO4	mg/L	0.1	0.9	2.1	1.5	Lozingseisen & anti-scalants
	Si	mg/L	2.2	16	4.2	11.7	Scaling
SO4	mg/L	49	0.5	44	619	Lozingseisen & scaling	

3.1.2 Zuiveringstreinen

Per watertype zijn er zowel een conventioneel als een op RO gebaseerd drinkwaterproductieproces opgesteld in samenwerking met de betrokken waterbedrijven (zie Figuur 3-2). Relevante details zoals recovery en/of deelstroom percentage van een bepaalde zuiveringstechniek / zuiveringstrein zijn beschreven tussen haakjes direct na de zuiveringstechniek. Door deze zuiveringstechnieken in deze volgorde toe te passen op de voedingswaterkwaliteit wordt de uiteindelijke waterkwaliteit van de product-stroom van de laatste zuiveringstechniek berekend voor een groot deel van de in 3.1.1 aanwezige voedingswatercomponenten.

Voedingswatertype	Scenario	Zuiveringstechnieken in drinkwaterproductieproces
Brak grondwater	RO-scenario	Anaerobe RO (50% recovery, volstroom) -> kation wisseling -> remineralisatie -> beluchting
Zoet grondwater	Conventioneel	Beluchting -> zandfiltratie -> pelletontharding
	RO (deelstroom) + Conventioneel	Anaerobe RO (75% recovery, deelstroom 50%) Beluchting -> zandfiltratie (deelstroom 50%)
Oeverfiltraat	Conventioneel	Beluchting -> zandfiltratie -> pelletontharding -> actief kool -> UV
	RO-scenario	Anaerobe RO (75% recovery, volstroom) -> kation wisseling -> remineralisatie -> beluchting
Oppervlaktewater	Conventioneel	Microzeven -> coagulatie -> dissolved air flotation -> dubbellaags filtratie -> UV -> actief kool
	RO-scenario	Microzeven -> coagulatie -> dissolved air flotation -> dubbellaags filtratie -> kation wisseling -> RO (95% recovery, volstroom) -> remineralisatie

Figuur 3-2: Overzicht van de zuiveringstreinen per type voedingswater

3.1.3 Chemicaliën-dosering

In ieder van de in 3.1.2 genoemde zuiveringstreinen worden diverse zuiveringstechnieken genoemd. Voor sommige van deze zuiveringstechnieken is het voor een goede werking noodzakelijk bepaalde chemicaliën te doseren. In onderstaande schema's worden de toegevoegde chemicaliën die meegenomen zijn per zuiveringsschema inzichtelijk gemaakt. Merk op dat de toevoeging van anti-scalants in de op RO gebaseerde zuiveringstreinen meegenomen is als fosfaat-additie aan de waterstroom.

Voedingswatertype	Scenario	Zuiveringstechnieken in drinkwaterproductieproces			
Brak grondwater	RO-scenario	Anaerobe RO	Kation wisseling	Remineralisatie	Beluchting
Dosering chemicaliën per processtap		Anti-scalant (PO ₄)	HCl	CaCO ₃	O ₂
Toegevoegde concentratie in voeding zuiveringsstap	[mg/L]	PO ₄ : 0.02	Cl: 49.96	Ca: 39.99	O ₂ : 10
				HCO ₃ : 60.00	

Voedingswatertype	Scenario	Zuiveringstechnieken in drinkwaterproductieproces		
Zoet grondwater	Conventioneel	Beluchting	Zandfiltratie	Pelletontharding
Dosering chemicaliën per processtap		O ₂	-	Ca(OH) ₂
Toegevoegde concentratie in voeding zuiveringsstap	[mg/L]	O ₂ : 10	-	Ca: 38
Zoet grondwater	50% RO & 50% conventioneel	Anaerobe RO	Beluchting	Zandfiltratie
Dosering chemicaliën per processtap		Anti-scalant (PO ₄)	O ₂	-
Toegevoegde concentratie in voeding zuiveringsstap	[mg/L]	PO ₄ : 0.01	O ₂ : 5	-

Voedingswatertype	Scenario	Zuiveringstechnieken in drinkwaterproductieproces				
Oeverfiltraat	Conventioneel	Beluchting	Zandfiltratie	Pelletontharding	Actief kool	UV
Dosering chemicalien per processtap		O ₂	-	NaOH	-	-
Toegevoegde concentratie in voeding zuiveringsstap	[mg/L]	O ₂ : 10	-	Na: 22.80	-	-
Oeverfiltraat	RO-scenario	Anaerobe RO	Kation wisseling	Remineralisatie	Beluchting	
Dosering chemicalien per processtap		Anti-scalant (PO ₄)	NaCl	CaCO ₃	O ₂	
Toegevoegde concentratie in voeding zuiveringsstap	[mg/L]	PO ₄ : 0.02	Na: 3.57 Cl: 5.47	Ca: 40 HCO ₃ : 37.5	O ₂ : 10	

Voedingswatertype	Scenario	Zuiveringstechnieken in drinkwaterproductieproces						
Oppervlaktewater	Conventioneel	Microzeven	Coagulatie	Dissolved air flotation	Dubbellaags filtratie	UV	Actief kool	
Dosering chemicalien per processtap		-	FeCl ₃	O ₂	-	-	-	
Toegevoegde concentratie in voeding zuiveringsstap	[mg/L]	-	Fe: 3.28 Cl: 1.72	O ₂ : 0	-	-	-	
Oppervlaktewater	RO-scenario	Microzeven	Coagulatie	Dissolved air flotation	Dubbellaags filtratie	Kation wisseling	Aerobe RO	Remineralisatie
Dosering chemicalien per processtap		-	FeCl ₃	O ₂	-	HCl	Anti-scalant (PO ₄)	CaCO ₃
Toegevoegde concentratie in voeding zuiveringsstap	[mg/L]	-	Fe: 3.28 Cl: 1.72	O ₂ : 0	-	Cl: 267.20	PO ₄ : 0.02	Ca: 40 HCO ₃ : 60

3.1.4 Recovery

Voor de verschillende zuiveringstechnieken opgenomen in de beschreven zuiveringstreinen (zie 3.1.2) is per techniek een bepaalde recovery aangenomen waarvan een overzicht is gegeven in Tabel 3-2. De recovery geeft de verhouding aan tussen de volumestroom van het product ten opzichte van de volumestroom van de voeding. Merk op dat voor een aantal technieken waarbij slechts incidenteel een reststroom vrijkomt, een recovery van 100% is aangenomen.

Tabel 3-2: overzicht van recovery-waarden per zuiveringstechnologie toegepast in de scenariostudie

Zuiveringstechniek	Recovery	Bron
Actief kool	100%	Expertise KWR
Beluchting	100%	Expertise KWR
Coagulatie	100%	Expertise KWR
Dissolved air flotation	98.8%	(Hyde, Miller, Packham, & Richards, 1972)
Kation wisselaar	99%	Expertise KWR
Microzeven	97,5%	(Väänänen, 2017)
Omgekeerde osmose	75% ³	Expertise KWR
Ontharding	100%	Expertise KWR
Remineralisatie	100%	Expertise KWR
UV	100%	Expertise KWR
Zandfiltratie (dubbellaags)	95%	("Water Treatment - Granular Filtration," n.d.)

³ Brak grondwater omgekeerde osmose is berekend met 50% recovery aangezien de dan resulterende concentraatstroom qua zoutgehalte vergelijkbaar is met zeewater

Oppervlaktewater omgekeerde osmose is berekend met 95% recovery aangezien de scaling-potentie van dit water middels voorafgaande volstroms kation-wisseling significant is teruggebracht

3.1.5 Retentie

Op basis van literatuur en expertise binnen KWR (Hans Huiting, Bas Wols) is er voor iedere combinatie van waterkwaliteitsparameter (beschreven in 3.1.1) en zuiveringstechniek in de opgestelde zuiveringstreinen (zie 3.1.2) een retentie bepaald (zie Tabel 3-3). De retentie van een stof door een bepaalde zuiveringstechniek is de mate waarin deze zuiveringstechniek in staat is de concentratie van een component in de productstroom te verlagen ten opzichte van de concentratie van diezelfde component in de voedingsstroom. Hoewel de absolute retenties van diverse zuiveringstechnieken in de praktijk kunnen variëren met bijvoorbeeld pH en temperatuur (Asif et al., 2019), zijn er voor deze studie voornamelijk vaste percentages aangenomen gebaseerd op de aanwezige expertise binnen KWR of literatuur (zie Tabel 3-4). Op de plekken waar een '+' of een '-' staat genoteerd, wordt de respectievelijke toename of afname in die mate beïnvloed door diverse factoren dat de verwijdering van de component zich niet in een vast percentage laat vatten. Ter illustratie: de procentuele toename in chloride als gevolg van een coagulatiestap waar ijzer(III)chloride wordt gedoseerd is afhankelijk van de benodigde ijzerchloride dosering en de chloride concentratie vlak voor de dosering. Daarnaast zijn er zuiveringstechnieken waarbij omzettingen of toevoegingen plaatsvinden, welke van een korte tekstuele opmerking zijn voorzien. Merk op dat bij coagulatie enkele componenten gebonden worden aan de zich vormende ijzerhydroxides en de daadwerkelijke verwijdering pas plaatsvindt bij de hieropvolgende zuiveringstechnieken die een ijzerretentie hebben die groter is dan 0%. Daarnaast vinden er diverse omzettingen plaats in een zandfilter afhankelijk van de dan actuele zuurstofconcentratie in het proces. Deze processen zijn omschreven in Bijlage X en zijn verwerkt in de scenariostudie.

Tabel 3-3: Overzicht van aangenomen component-specifieke retentie van diverse zuiveringstechnieken

Componenten		Component-retentie per zuiveringstechniek											
Zuiveringstechniek	Actief kool	Belichting	Coagulatie	Dissolved air flotation	Kation wisselaar	Microzeven	Omgekeerde osmose	Ontharding	Remineralisatie	UV	Zandfiltratie (dubbellaags)		
Toelichting			Ijzerchloride		Natrium chloride	Zoutzuur	25 µm		Natronloog	Kalkmelk	Calciet	Middendruk	Fijn zand (+antraciet)
Categorie	Parameter												
Opkomende stoffen (Contaminant of emerging concern)	1,4-dioxaan	18%						92%					
	AMPA	60%		52.5% wordt gefixeerd aan Fe(III)				95%					80%
	EDTA	30%						99.5%				10%	
	Melamine	80%						60%					
	TFA		10%		10%				98%				
Chemische parameters	CZV	50%			50%			86%					50%
	EGV			+		+	+	-	+	+			
	Kjeldahl-N	-			-								-
	pH		+	-	+						Toename tot pH = 8.2		-
	TOC	50%				50%			99.5%				80%
Opgeloste gassen	CH ₄		99.7%		99.7%								O ₂ afhankelijk, zie bijlage X
	CO ₂		-	+	-				-	-	-		+
	O ₂		Toename tot 10 g/m ³		Toename tot 10 g/m ³								-
Zouten	As			99.5% wordt gefixeerd aan Fe(III)				99.5%					99.5%
	Ca					99.5%	99.5%	99.5%	-	-	Toename tot 40 g/m ³		
	Cl			+		+	+	99.5%					
	Fe			+	80%	99.5%	99.5%	99.5%					O ₂ afhankelijk, zie bijlage X
	HCO ₃			-			100%	90.0%	-	-	Toename tot 60 g/m ³		
	Mn				50%	99.5%	99.5%	99.5%					O ₂ afhankelijk, zie bijlage X
	Na					+	99.5%	99.5%	+				
	NH ₄				Als pH > 8.5: 20%	99.5%	99.5%	80%					O ₂ afhankelijk, zie bijlage X
	NO ₃							99.5%					+
	PO ₄				10% wordt gefixeerd aan Fe(III)				99.5%				
	Si							99.5%					
	SO ₄							99.5%					

Tabel 3-4: Overzicht van gebruikte bronnen voor bepaling component-specifieke retentie van diverse zuiveringstechnieken

Zuiveringstechniek	Bronnen retentie:
Actief kool	(Anoop Krishnan, Sreejalakshmi, Varghese, & Anirudhan, 2010; Bertelkamp et al., 2019; Hofs, 2009, 2014; Jönsson, Camm, & Hall, 2013; Lee, Lee, & Han, 2011; Matilainen, Vieno, & Tuhkanen, 2006; Sangjung & Ihnsup, 2015; Scheurer et al., 2017; Schoonenberg Kegel, Rietman, & Verliefde, 2010)
Beluchting	(Godri Pollitt et al., 2019; Jönsson et al., 2013)
Dissolved air flotation	(Godri Pollitt et al., 2019)
Kation wisselaar	(Scheurer et al., 2017)
Omgekeerde osmose	(Jönsson et al., 2013; S. Madaeni & Mansourpanah, 2003; S. S. Madaeni & Mansourpanah, 2006; Rodrigues Pires da Silva, Merçon, Guimarães Costa, & Radoman Benjo, 2016; Scheurer et al., 2017; Schoonenberg Kegel et al., 2010)
UV	(Bertelkamp et al., 2019; Hofs, 2009, 2014; Hofs, Baggelaar, Harmsen, & Siegers, 2014; Jönsson et al., 2013; Sörensen & Frimmel, 1995)
Zandfiltratie	(Bertelkamp et al., 2019; Hofs, 2009, 2014; Hofs et al., 2014; Jönsson et al., 2013; Kaluza, Klingelhöfer, & Taeger, 1998; Scheurer et al., 2017) & zie bijlage X

3.2 Overzichtstabel resultaten

In onderstaande tabel (zie Tabel 3-6) is een overzicht gegeven van de resultaten van de doorgerekende scenario's. Diverse (veelal totaal-) parameters zijn onderverdeeld in 3 categorieën: Procesparameters, overall samenstelling & verwijdering en waterkwaliteitsparameters van de totale reststroom. Lettend op de proces parameters valt op dat voor met name de zoet grondwater en oeverfiltraat scenario's het geproduceerde volume product (=drinkwater) groter is in vergelijking met de op RO gebaseerde scenario's bij gelijke voeding. Dit betekent dat de overall recovery van conventionele zuivering over het algemeen hoger ligt dan een op RO gebaseerde zuivering. Dit komt omdat de standaard recovery van de RO processtappen in de bovengenoemde scenario's op 75% is gezet; wat een stuk lager is dan de recovery van conventionele zuiveringstechnieken zoals microzeven, dissolved air flotation, zandfiltratie en actief kool filtratie (zie Tabel 3-2). Uitleg betreft de afwijkende recovery in de op RO gebaseerde brak grondwater en oppervlaktewater scenario's is te vinden in de voetnoot op pagina 24.

Zoutverwijdering is in de RO scenario's één tot twee orden van grootte hoger in vergelijking met conventionele scenario's. Deze verhoogde verwijdering is bijna exclusief toe te schrijven aan de RO zuiveringstechniek. De bijna complete demineralisatie van de productstroom door toepassing van RO heeft als voordeel dat de hardheid van het water precies gestuurd kan worden door een nageschakelde remineralisatie-proces. Het directe gevolg van deze remineralisatie-stap is dat de totale reststroom van een op RO gebaseerde zuivering een aanzienlijk hogere zoutvracht bevat dan conventionele zuiveringen. Bovendien geldt ook, hetgeen specifiek van toepassing is voor de op RO gebaseerde zuivering van oppervlaktewater, dat er met de volstroom kationwisseling-stap ook een substantiële hoeveelheid zout (chloride) toevoegt wordt in het proces. In het in dit rapport beschreven oppervlaktewaterscenario met een zuivering gebaseerd volstroom kationwisseling gevolgd door behandeling met RO en remineralisatie is de berekende toename in totale zoutvracht van de reststroom circa 80% ten opzichte van de zoutvracht in de voedingsstroom. Desalniettemin hoeft deze hogere zoutvracht niet een belemmering te zijn voor lozing aangezien lozingsvergunningen component- en concentratie-specifiek zijn. Daarnaast bieden de verhoogde concentraties wellicht ook kansen voor terugwinning en/of hergebruik (zie hoofdstuk 4). Voor RO-gebaseerde behandeling van zoet grondwater (50% deelstroom RO) en oeverfiltraat neemt de totale zoutvracht in de concentraatstroom ten opzichte van de zoutvracht van de voeding af met circa 49% en 3%, respectievelijk. Bij grondwaterbehandeling komt het in de voeding aanwezige zout wat via deelstroom RO behandeld wordt bijna volledig terecht in de reststroom, terwijl het zout wat zich bevindt in de deelstroom die met conventionele technieken wordt behandeld bijna volledig in de productstroom terecht komt. Grofweg kan gesteld worden dat het aanwezige zout in grondwater op deze manier gelijkmatig verdeeld wordt over de product en reststroom, waarbij de noodzaak tot remineralisatie (en daarmee zout-toevoeging) vervalt. Voor oeverfiltraat behandeling middels RO geldt dat de geringe hoeveelheid zouten (circa 0.5%) die niet in de reststroom terecht komen groter is dan de hoeveelheid zout welke middels de kationwisselingsstap aan de reststroom worden toegevoegd. Dit verklaart de kleine netto daling van de totale zoutvracht van de reststroom ten opzichte van de voedingsstroom. Naast zoutverwijdering is de verwijdering van opkomende stoffen (contaminants of emerging concern, CEC's) circa een factor twee keer zo hoog in op RO gebaseerde zuiveringen in vergelijking met conventionele zuiveringen; dit is één van de voornaamste redenen (naast ontharding) voor toepassing van RO. Wel moet worden opgemerkt dat er een breed scala aan opkomende stoffen bestaat, waarvan slechts een klein aantal (vijf stuks) opgenomen zijn in deze scenariostudie.

De totale reststroom van conventionele oppervlaktewaterzuivering bevat hogere concentraties AMPA, TOC, arseen, ijzer en ammonium. Dit kan direct worden verklaard door de relatief hoge retentie voor deze componenten in combinatie met de relatief hoge recovery van de conventionele zuiveringstechniek zandfiltratie. Wanneer RO wordt toegepast wordt absoluut gezien een groter deel van deze stoffen tegengehouden (uitzondering: ammonium), maar gezien het grote reststroomvolume worden de uiteindelijke concentraties in de reststroom lager. Bovenstaande redenering is ook van toepassing voor:

- de totale reststroom van conventionele zoet grondwaterzuivering voor de componenten TOC, ijzer en mangaan
- de totale reststroom van conventionele oeverfilteraatzuivering voor de componenten AMPA, TOC, arseen, ijzer en mangaan

Gezien de hogere zoutgehalten in brak grondwater en de lage zoutretentie van conventionele zuiveringstechnieken, is het niet realistisch om brak grondwater op een conventionele manier op te zuiveren naar drinkwater. Na toepassing van RO kan het productwater verder opgewerkt worden naar drinkwaterkwaliteit. De totale reststroom heeft echter een zoutgehalte dat vergelijkbaar is met zeewater waardoor de praktische haalbaarheid en toepasbaarheid van enkele concentraatmanagementmethoden zoals verwerking door een RWZI zal afnemen.

Naast pellet-ontharding (conventioneel) en toepassing van omgekeerde osmose voor ontharding plaatsen sommige consumenten thuis zogenaamde 'point of use' ontharders gebaseerd op ionenwisseling. Deze apparaten binden calcium en magnesium in het drinkwater aan een ionenwisselingshars en regenereren dit hars periodiek met een zoute oplossing (meestal natriumchloride). Gebaseerd op informatie van de productpagina van een tweetal leveranciers (amysoft en aquacell) van deze 'point of use' ontharders, kan worden berekend dat er voor behandeling van 1000L drinkwater er tussen de 118 en 197 gram natrium en tussen de 182 en 303 gram chloride wordt gebruikt door deze apparaten. Het verschil met de in deze studie berekende emissie van natrium en chloride door de totale conventionele zuivering en de totale op deelstroom-RO gebaseerde zuivering is groot (zie Tabel 3-5). Het toepassen van point-of-use ontharders na conventionele zuivering heeft dus een fors hogere natrium en chloride emissie naar het milieu tot gevolg vergeleken met ontharding middels (deelstroom) RO. Daarnaast verhoogt de toepassing van point-of-use ontharders het risico op (het groeien van) biologische verontreinigingen in het ontharde water en in het drinkwaterdistributienet. Het advies is dan ook om point-of-use ontharders enkel te gebruiken (indien noodzakelijk) voor toepassingen waarbij het water niet aan mens of dier blootgesteld wordt. Daarnaast is regelmatig onderhoud (en desinfectie) door een bekwame partij sterk aan te raden.

Tabel 3-5: Concentraties van natrium en chloride in de reststromen van een drietal onthardingsprocessen

Component-concentraties	Point-of-use ontharders	Conventionele zoet-grondwater zuivering	Deelstroom RO zoet-grondwater zuivering
<i>Natrium in reststroom [g/m³]</i>	118 - 197	18	63
<i>Chloride in reststroom [g/m³]</i>	182 - 303	24	83

Meer gedetailleerde resultaten van de scenario-studie op component-niveau zijn terug te vinden in Bijlage XI.

Tabel 3-6: Overzichtstabel de uitkomsten van de verschillende scenario-studies. De overall samenstelling & verwijdering van ieder van de scenario's is berekend op basis van 1) de som van de gewichten van de zouten uit de in de tabel weergegeven stofcategorie zouten en 2) een periode van 24 uur continue productie met een voedingsdebiet van 100 m³ per uur

Overzichtstabel			Scenario						
	Parameter	Eenheid	Oppervlaktewater - Conventioneel	Oppervlaktewater - RO gebaseerd (RO 95% recovery)	Zoet grondwater - Conventioneel	Zoet grondwater - RO gebaseerd (RO 75% recovery)	Oeverfiltraat - Conventioneel	Oeverfiltraat - RO gebaseerd (RO 75% recovery)	Brak grondwater - RO gebaseerd (RO 50% recovery)
Proces parameters	Voedingsvolume	m ³ /24h	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400
	Productvolume	m ³ /24h	2195	2085	2280	2040	2280	1782	1188
	Residual volume	m ³ /24h	205	337	120	360	120	618	1212
Overall samenstelling & verwijdering	Totaalhoeveelheid zout in voeding	kg/24h	750	750	1078	1078	1252	1252	21185
	Totaalhoeveelheid zout in product	kg/24h	693	211	658	532	1013	190	183
	Totaalhoeveelheid zout in residual	kg/24h	69	1351	77	550	75	1219	21182
	Verwijdering zout (voeding -> product)	%	7.6%	71.9%	39.0%	50.7%	19.1%	84.8%	99.1%
	Totaalhoeveelheid CEC in voeding	g/24h	45	45	0	0	30	30	0
	Totaalhoeveelheid CEC in product	g/24h	24	2	0	0	19	0	0
	Totaalhoeveelheid CEC in residual	g/24h	4	43	0	0	2	30	0
	Verwijdering CEC (voeding -> product)	%	46.3%	94.9%	n.a.	n.a.	36.1%	98.8%	n.a.
Concentraties van componenten in vloeibare fractie totale reststroom van zuiveringsproces									
Micro - verontreinigingen (CEC)	1,4-dioxaan	mg/m ³	0.12	0.12	0.00	0.00	1.50	5.48	0.00
	AMPA	mg/m ³	0.21	0.14	0.00	0.00	0.32	0.07	0.00
	EDTA	mg/m ³	15.00	107.50	0.00	0.00	10.00	38.69	0.00
	Melamine	mg/m ³	2.50	11.80	0.00	0.00	0.03	0.07	0.00
	TFA	mg/m ³	2.07	7.08	0.00	0.00	0.90	3.83	0.00
Chemische parameters	TOC	g/m ³	43.7	29.3	106.9	39.7	43.7	10.4	13.0
	CH ₄	g/m ³	0.0	0.0	0.0	20.8	0.0	940.0	25.0
	O ₂	g/m ³	9.9	9.8	4.3	0.7	0.0	0.0	0.0
Zouten	As	g/m ³	0.02	0.01	0.00	0.00	0.06	0.01	0.01
	Ca	g/m ³	48.0	342.4	78.0	272.0	80.0	310.7	1039.6
	Cl	g/m ³	51.3	2121.7	24.0	83.7	105.0	414.3	9698.0
	Fe	g/m ³	19.7	12.0	200.0	66.5	98.0	19.0	15.8
	HCO ₃	g/m ³	125.0	891.5	300.0	975.0	225.0	808.9	657.4
	Mn	g/m ³	0.0	0.0	4.8	1.6	10.0	1.9	1.8
	Na	g/m ³	32.0	228.2	18.0	62.8	50.0	198.7	4805.9
	NH ₄	g/m ³	0.1	0.1	0.0	3.4	2.6	19.8	8.5
	NO ₃	g/m ³	7.1	51.9	0.5	1.7	1.0	3.9	1.4
	PO ₄	g/m ³	0.3	0.8	2.6	3.5	6.1	8.2	3.0
	Si	g/m ³	2.2	15.8	16.0	55.8	4.2	16.3	23.1
	SO ₄	g/m ³	49.0	351.2	0.5	1.7	44.0	170.2	1222.7

4 Reststroom management

Uit de inventarisatie van de huidige praktijk van NF/RO concentraatstroommanagement in Nederland blijkt dat het lozen van de concentraatstroom de meest toegepaste manier van concentraatstroommanagement is (zie hoofdstuk 2). Lokale lozingsvergunningen, al dan niet gebaseerd op de te verwachte concentraatstroomsamenstelling, maakt deze manier van concentraatstroom management mogelijk. Per voedingswatertype zijn er echter een aantal componenten die kritisch zijn voor het wel of niet kunnen en/of mogen lozen van een bepaalde reststroom. Door deze kritische parameters te identificeren per type voedingswater aan de hand van de resultaten van de generieke scenariostudie (zie hoofdstuk 3) wordt het mogelijk om strategieën voor reststroommanagement te ontwikkelen (zie paragraaf 4.4). In het vervolg van dit hoofdstuk wordt per voedingswatertype deze kritische parameters geïdentificeerd, gebruik makend van Europese milieukwaliteitseisen met betrekking tot oppervlaktewaterkwaliteit gebruikt voor de bereiding drinkwater (uit het Besluit kwaliteitseisen en monitoring water 2009, zie bijlage XII (Staatscourant, 2009)). De achterliggende motivering voor de keuze voor juist deze norm is tweeledig:

- aangezien het een Europese norm betreft, is deze van toepassing op Nederlandse oppervlaktewateren maar ook op oppervlaktewateren in het nabije buitenland
- het stellen van het (lozing)doel om water te lozen dat (in afwezigheid van betere bronnen) gebruikt zou kunnen en mogen worden om voor menselijke consumptie geschikt drinkwater te produceren, raakt ten diepste aan de circulariteitsambitie die de huidige Nederlandse regering vast heeft gesteld in het grondstoffenakkoord (Rijksoverheid, 2017).

Een overzicht van de parameters die zowel onderdeel waren van de scenariostudie als opgenomen zijn in het Besluit kwaliteitseisen en monitoring water 2009 met een duidelijke grenswaarde, is weergegeven in Tabel 4-1.

Tabel 4-1: Overzicht van chemische parameters inclusief grenswaarde van de Europese kwaliteitseisen aan oppervlaktewater dat gebruikt mag worden voor productie van voor menselijke consumptie bestemd drinkwater

Parameter	Grenswaarde volgens	Eenheid
<i>Ammonium</i>	1.5	g/m^3
<i>Arseen</i>	20	mg/m^3
<i>Chloride</i>	150	g/m^3
<i>Fosfaat</i>	900	mg/m^3
<i>Ijzer (opgelost)</i>	300	mg/m^3
<i>Mangaan</i>	500	mg/m^3
<i>Natrium</i>	120	g/m^3
<i>Nitraat</i>	50	g/m^3
<i>Sulfaat</i>	100	g/m^3

4.1 Grondwater

Een overzicht van de berekende chemische reststroomsamenstelling van grondwaterzuivering uit de scenariostudie is te vinden in Tabel 4-2. Ongeacht het type grondwater (brak of zoet) en het type zuivering (conventioneel of RO-gebaseerd) valt op dat de berekende parameters ijzer, mangaan en fosfaat hoger zijn dan de Europese oppervlaktekwaliteitseisen voor drinkwaterproductie. Hiervoor zou voor dit doel een concentraatbehandeling nodig zijn.

Tabel 4-2: Overzichtstabel waarin de middels de scenariostudie berekende chemische reststroomsamenstelling van grondwaterzuivering wordt getoond. De rode arceringen geven individuele parameters aan die boven de norm voor oppervlaktewaterkwaliteit welke gebruikt mag worden voor productie van drinkwater bestemd voor menselijk consumptie. De getoonde concentraties volgen uit de berekeningen uitgevoerd in de in hoofdstuk 3 beschreven scenario-studie

Overzichtstabel		Concentraties van componenten in vloeibare fractie totale reststroom van zuiveringsproces			Europese kwaliteitseisen oppervlaktewater	
Parameter	Eenheid	Brak grondwater RO gebaseerd (50% recovery)	Zoet grondwater Conventioneel	Zoet grondwater deelstroom RO (75% recovery)		
As	g/m ³	0.01	0.00	0.00	0.02	As
Ca	g/m ³	1039.6	78.0	272.0	n.b.	Ca
Cl	g/m ³	9698.0	24.0	83.7	150.0	Cl
Fe	g/m ³	15.8	200.0	66.5	0.3	Fe
HCO ₃	g/m ³	657.4	300.0	975.0	n.b.	HCO ₃
Mn	g/m ³	1.8	4.8	1.6	0.5	Mn
Na	g/m ³	4805.9	18.0	62.8	120.0	Na
NH ₄	g/m ³	8.5	0.0	3.4	1.5	NH ₄
NO ₃	g/m ³	1.4	0.5	1.7	50.0	NO ₃
PO ₄	g/m ³	3.0	2.6	3.5	0.9	PO ₄
Si	g/m ³	23.1	16.0	55.8	n.b.	Si
SO ₄	g/m ³	1222.7	0.5	1.7	100.0	SO ₄

4.1.1 Brak grondwater

De berekende samenstelling (zie 3.2 en bijlage XI.I) van de totale reststroom van brak grondwater behandeld met een op RO gebaseerde waterzuivering levert voor een 7-tal parameters (chloride, ijzer, mangaan, natrium, ammonium, fosfaat en sulfaat) overschrijdingen op ten opzichte van de Europese kwaliteitseisen voor oppervlaktewater welke gebruikt mag worden voor productie van drinkwater bestemd voor menselijk consumptie. Voor chloride, natrium en sulfaat wordt deze norm zelfs met één orde van grootte overschreden. Gezien het zoutgehalte lijkt de meest voor de hand liggende manier van concentraatmanagement lozing op een zout waterlichaam te zijn, bijvoorbeeld in een buitenhaven, direct in zee of infiltratie in een diep gelegen en zilte aquifer.

4.1.2 Zoet grondwater

De berekende samenstelling (zie 3.2 en bijlage XI.I) van de totale reststroom van zoet grondwater behandeld met een conventionele waterzuivering levert voor een 3-tal parameters (ijzer, mangaan en fosfaat) overschrijdingen op ten opzichte van de Europese kwaliteitseisen voor oppervlaktewater welke gebruikt mag worden voor productie van drinkwater bestemd voor menselijk consumptie. Wanneer er op RO gebaseerde zuivering wordt toegepast, wordt ammonium ook kritisch met het oog op deze norm. Het is dus aannemelijk dat de huidige toegepaste vorm van concentraatmanagement voor de conventionele zuiveringen op zoet grondwater bij toevoeging aan of ombouw naar op RO gebaseerde zuiveringen, er enkel selectieve ammonium-verwijdering ingebouwd moet worden.

4.2 Oeverfiltraat

De berekende samenstelling (zie 3.2 en bijlage XI.II) van de totale reststroom van oeverfiltraat behandeld met een conventionele waterzuivering levert voor een 5-tal parameters (arsen, ijzer, mangaan, ammonium en fosfaat) overschrijdingen op ten opzichte van de Europese kwaliteitseisen voor oppervlaktewater welk gebruikt mag worden voor productie van drinkwater bestemd voor menselijk consumptie (zie Tabel 4-3). Wanneer er op RO gebaseerde zuivering wordt toegepast, worden ook chloride, natrium en sulfaat kritisch, al vervalt de kritische concentratie van arsen. Ervanuitgaande dat op de huidige conventionele zuiveringslocaties waar drinkwater wordt geproduceerd uit oeverfiltraat de reststroom reeds behandeld wordt voor verwijdering van arsen, ijzer, mangaan, ammonium en fosfaat, zouden bij toekomstige toepassing van RO reststroommanagementmethoden specifiek gericht moeten zijn op chloride, natrium en sulfaatverwijdering.

Tabel 4-3: Overzichtstabel waarin de middels de scenariostudie berekende chemische reststroomsamenstelling van oeverfiltraatzuivering wordt getoond. De rode arceringen geven individuele parameters aan die boven de norm voor oppervlaktewaterkwaliteit welk gebruikt mag worden voor productie van drinkwater bestemd voor menselijk consumptie. De getoonde concentraties volgen uit de berekeningen uitgevoerd in de in hoofdstuk 3 beschreven scenario-studie

Overzichtstabel		Concentraties van componenten in vloeibare fractie totale reststroom van zuiveringsproces			
Parameter	Eenheid	Oeverfiltraat Conventioneel	Oeverfiltraat RO-gebaseerd (75% recovery)	Europese kwaliteitseisen oppervlaktewater	
As	g/m ³	0.06	0.01	0.02	As
Ca	g/m ³	80.0	310.7	n.b.	Ca
Cl	g/m ³	105.0	414.3	150.0	Cl
Fe	g/m ³	98.0	19.0	0.3	Fe
HCO ₃	g/m ³	225.0	808.9	n.b.	HCO ₃
Mn	g/m ³	10.0	1.9	0.5	Mn
Na	g/m ³	50.0	198.7	120.0	Na
NH ₄	g/m ³	2.6	19.8	1.5	NH ₄
NO ₃	g/m ³	1.0	3.9	50.0	NO ₃
PO ₄	g/m ³	6.1	8.2	0.9	PO ₄
Si	g/m ³	4.2	16.3	n.b.	Si
SO ₄	g/m ³	44.0	170.2	100.0	SO ₄

4.3 Oppervlaktewater

De berekende samenstelling (zie 3.2 en bijlage XI.III) van de totale reststroom van oppervlaktewater behandeld met een conventionele waterzuivering levert voor een enkele parameter (ijzer) een overschrijding op ten opzichte van de Europese kwaliteitseisen voor oppervlaktewater welk gebruikt mag worden voor productie van drinkwater bestemd voor menselijk consumptie (zie Tabel 4-4). Wanneer er op RO gebaseerde zuivering wordt toegepast, worden ook chloride, ijzer, natrium, nitraat en sulfaat kritisch. Ervanuitgaande dat op de huidige conventionele zuiveringslocaties waar drinkwater wordt geproduceerd uit oeverfiltraat de reststroom reeds behandeld wordt voor verwijdering van ijzer, zouden bij toekomstige toepassing van RO reststroommanagementmethoden specifiek gericht zijn op verwijdering van chloride, natrium, nitraat en sulfaat.

Tabel 4-4: Overzichtstabel waarin de middels de scenariostudie berekende chemische reststroomsamenstelling van oppervlaktewaterzuivering wordt getoond. De rode arceringen geven individuele parameters aan die boven de norm voor oppervlaktewaterkwaliteit welk gebruikt mag worden voor productie van drinkwater bestemd voor menselijk consumptie. De getoonde concentraties volgen uit de berekeningen uitgevoerd in de in hoofdstuk 3 beschreven scenario-studie

Overzichtstabel		Concentraties van componenten in vloeibare fractie totale reststroom van zuiveringsproces			
Parameter	Eenheid	Oppervlaktewater Conventioneel	Oppervlaktewater RO-gebaseerd (95% recovery)	Europese kwaliteitseisen oppervlaktewater	
As	g/m3	0.02	0.01	0.02	As
Ca	g/m3	48.0	342.4	n.b.	Ca
Cl	g/m3	51.3	2121.7	150.0	Cl
Fe	g/m3	19.7	12.0	0.3	Fe
HCO ₃	g/m3	125.0	891.5	n.b.	HCO ₃
Mn	g/m3	0.0	0.0	0.5	Mn
Na	g/m3	32.0	228.2	120.0	Na
NH ₄	g/m3	0.1	0.1	1.5	NH ₄
NO ₃	g/m3	7.1	51.9	50.0	NO ₃
PO ₄	g/m3	0.3	0.8	0.9	PO ₄
Si	g/m3	2.2	15.8	n.b.	Si
SO ₄	g/m3	49.0	351.2	100.0	SO ₄

4.4 Oplossingsrichtingen

Uit 4.1 - 4.3 is gebleken dat het managen van een reststroom diverse uitdagingen met zich meebrengt. Aan de ene kant stellen (lokale) overheden eisen aan de kwaliteit van diverse waterlichamen zoals oppervlaktewater en grondwater. Aan de andere kant stellen diezelfde overheden (op basis van voortschrijdende inzichten) ook nieuwe en/of striktere eisen aan eindproducten zoals drinkwater. De componenten die dus uit water verwijderd dienen te worden alvorens het water voldoet aan de eisen voor drinkwater, mogen slechts met beperkte concentraties teruggebracht worden in het milieu. Over het algemeen zijn arseen, ijzer, mangaan en fosfaat de componenten die afvoer van reststromen van conventionele zuiveringen bemoeilijken vanwege hun (te) hoge concentratie in de reststroom. Wanneer vanwege een op RO gebaseerde zuivering wordt toegepast, kunnen de componenten chloride, natrium, ammonium en sulfaat aan het rijtje met lozing-kritische parameters worden toegevoegd.

Door de efficiëntie van een waterzuivering te verlagen kunnen sommige kritische component-concentraties in de vrijkomende reststromen worden verlaagd, maar in perioden van droogte en een stijgend bevolkingsaantal is het suboptimaal bedrijven van waterzuiveringsinstallaties moeilijk uit te leggen aan sectoren die water nodig hebben voor bijvoorbeeld koeling van industriële installaties of irrigatie van gewassen. Het verlagen van de efficiëntie (recovery) van drinkwaterproductielocaties ten behoeve van gemakkelijkere lozing behoort daarmee niet tot duurzame oplossingsrichtingen voor reststroommanagement. Merk op dat het lozen van water inclusief opgeloste stoffen niet past binnen de ambitie van de Nederlandse overheid om volledig circulair te zijn in 2050. Daarentegen komen de inspanningen (en daarmee kosten) van reststroommanagement uiteindelijk wel voor rekening van de maatschappij wat ook grenzen geeft aan de mogelijkheden en middelen waar de waterbedrijven over kunnen beschikken. Deze conflicterende belangen zorgen ervoor dat er op het moment van schrijven een tweetal oplossingsrichtingen denkbaar zijn welke bijdragen aan een meer duurzame manier van drinkwaterproductie:

-de uit de waterzuivering resulterende reststromen worden zoveel als mogelijk verder geconcentreerd zodat er een maximale hoeveelheid van het onttrokken water uiteindelijk ten goede komt aan de productie van drinkwater. Het nog aanwezige water in de hoog geconcentreerde resulterende reststroom wordt middels een (veelal energie-intensieve) laatste zuiveringsstap ontdaan van het nog aanwezige water, zodat er een vast/droog restproduct ontstaat welk verwerkt of afgevoerd kan worden

-door selectieve verwijdering van (betreft lozingsvergunning kritische) componenten uit de vloeibare/opgeloste fase in de reststroom naar een vaste/droge fase, kan er ondanks een hoge(re) concentratiefactor toch lozing plaatsvinden van de overblijvende vloeibare reststroom binnen de geldende normen / vergunningen op geschikte waterlichamen

De gemeenschappelijke factor in deze oplossingsrichtingen is het verwijderen van componenten uit de vloeibare/opgeloste fase naar een vaste/droge fase. In veel gevallen bepaalt de selectiviteit op component-niveau of het uiteindelijk gevormde vaste/droge restproduct een hoogwaardige toepassing kan hebben binnen of buiten de drinkwatersector. Op basis van reeds beschikbare informatie uit een tweetal recente KWR overzichts-rapporten (de Waal & Huiting, 2018; Hofman-Caris, 2019) en informatie volgend uit de in hoofdstuk 2 beschreven inventarisatie is er een lijst met diverse reststroombehandelingstechnieken samengesteld. Relevante technieken voor beide genoemde oplossingsrichtingen zijn geclusterd weergegeven in de hierop volgende twee paragrafen.

4.4.1 Concentratiefactor drinkwaterzuivering verhogen

Door reststromen verder op te concentreren kan de drinkwaterproductie uit het onttrokken voedingswater gemaximaliseerd worden. Over het algemeen geldt dat een kleiner uiteindelijke volume van de vloeibare reststroom gemakkelijker en/of economisch gunstiger omgezet kan worden naar een vast/droog restproduct. Recent heeft KWR een studie uitgevoerd gericht op volumereductie van en/of valorisatie van concentraatstromen die vrijkomen bij behandeling van brak grondwater met omgekeerde osmose. Een selectie van relevante technieken voor het verder concentreren van een reststroom uit het bovengenoemde rapport is weergegeven in Tabel 4-5. Een korte beschrijving van elk van de in deze tabel genoemde technieken is gegeven in (de Waal & Huiting, 2018). De selectie van geschikte behandelingstechnieken hangen (met name) af van de concentraatstroomsamenstelling en lokale factoren waaronder de beschikbaarheid van ruimte en de aan- en afvoer mogelijkheden van chemicaliën.

Tabel 4-5: Overzicht van waterbehandelingstechnieken geschikt voor verdere concentratieverhoging en/of niet-selectieve verwijdering van componenten (de Waal & Huiting, 2018)

Behandelingstechniek (afkorting)	Korte omschrijving
<i>Closed circuit reverse osmosis (CCRO)</i>	Nucleatie-inductietijd gestuurde continue concentraat recirculatie voor hogere recovery
<i>Flow reversal reverse osmosis (FFRO)</i>	Periodieke afwisseling van doorstromingsrichting verhoogt recovery door nucleatie te voorkomen
<i>Forward osmose (FO)</i>	Concentratie van verdunde waterstroom gedreven door osmotisch drukverschil
<i>High Recovery inter-stage Precipitation Reverse Osmosis (HiPRO)</i>	Multivalente ionen verwijdering door inter-stage toepassing van pH modificatie, bezinking en ultrafiltratie
<i>Multi-stage flash / Multi-effect destillatie (MSF/MED)</i>	Concentratie door verdamping & condensatie van oplosmiddel middels verhoging van temperatuur
<i>Vries kristallisatie (Freeze crystallisation, FC)</i>	Concentratie door vorming van ijs-kristallen. Zoutkristalvorming en scheiding op basis van dichtheid
<i>Zeewater omgekeerde osmose (sea water reverse osmosis, SWRO)</i>	Zeewater omgekeerde osmose membranen zijn geschikt voor waterextractie waterstromen met hoog zoutgehalte
<i>Zonnecondensator (solar still, SS)</i>	Concentratie door verdamping & condensatie van oplosmiddel middels zonnewarmte energie

4.4.2 Selectieve verwijdering

Er een drietal redenen denkbaar om selectieve verwijdering uit reststromen toe te passen ondanks de extra (financiële) inspanning die hiervoor geleverd moet worden. Door kritische component-concentraties te verlagen middels selectieve verwijdering van deze componenten kan de reststroomkwaliteit dermate worden aangepast dat deze voldoet aan de lokaal geldende lozingsnormen. Daarnaast kan het financieel aantrekkelijk zijn om waardevolle componenten terug te winnen uit een reststroom om deze vervolgens zelf te gebruiken of te vermarkten. De derde reden (met het hoogste ambitieniveau, gedreven door een sterk milieu- en duurzaamheidsbesef) is dat het selectief verwijderen van minder waardevolle en/of kritische componenten het verbruik van primaire grondstoffen beperkt en de productie van secundaire grondstoffen maximaliseert.

Zoals reeds besproken in 4.4 zijn met betrekking tot Europese milieukwaliteitseisen met betrekking op oppervlaktewater dat wordt gebruikt voor de bereiding van voor menselijke consumptie bestemd water (uit het Besluit kwaliteitseisen en monitoring water 2009, zie bijlage XII (Staatscourant, 2009)) de componenten ammonium, arseen, chloride, fosfaat, ijzer, mangaan, natrium en sulfaat in deze studie als kritische componenten geclassificeerd. Op basis van beschikbare informatie uit een tweetal recente KWR overzichtsrapporten (de Waal & Huiting, 2018; Hofman-Caris, 2019) en informatie volgend uit de in hoofdstuk 2 beschreven inventarisatie, zijn de in Tabel 4-6 weergegeven selectieve verwijderingstechnieken geïdentificeerd. Het verwijderingspotentieel is weergegeven van deze selectieve verwijderingstechnieken voor de in deze studie gevonden kritische chemische waterkwaliteitsparameters, anti-scalants en opkomende stoffen (CEC's) (Tabel 4-7). Indien bekend is dat een selectieve verwijderingstechniek de concentratie in de waterfase van een bepaalde component en/of componenten kan verlagen of verwijderen naar een vast product, is dit weergegeven met een "+"-teken. Technieken die kritische componentconcentraties verlagen of verwijderen uit de waterfase naar een andere waterfase zijn weergegeven met een "~" teken. Deze tabel geeft een overzicht van en inzicht in de component-specifieke verwijderingspotentie van een aantal selectieve verwijderingstechnieken die in de huidige studie naar voren zijn gekomen. De uiteindelijk te realiseren verwijdering van een bepaalde verwijderingstechniek hangt onder andere af van lokale omstandigheden, component-concentraties en samenstelling in de reststroom en de uiteindelijke dimensionering van het gehele proces.

Van de selectieve scheidingstechnieken die beschreven zijn in Tabel 4-6 en Tabel 4-7 zijn slechts een aantal technieken in staat selectief één of meerdere componenten te verwijderen uit een complexe watermatrix naar een vaste fase. Juist deze technieken verdienen bijzondere aandacht aangezien ze de potentie hebben om (in combinatie met de selectieve scheidingstechnieken) kritische parameters in lozingsvergunningen te verlagen en/of afzetbare restproducten te vormen.

- Door reststromen met een hoog zoutgehalte **biologisch te behandelen** met halofiele bacteriën, zouden nutriënten als stikstof en fosfor uit de waterfase verwijderd kunnen worden: dit zijn parameters die relevant zijn voor met name lozingseisen gezien potentiële algengroei in oppervlaktewater (Alvarez Cuenca & Reza, 2020)
- Naast stikstof en fosfor kunnen middels een andere techniek genaamd **biosorptie** (fyto-extractie in een helofytenfilter) afhankelijk van het type vegetatie onder andere (voor lozing relevante) componenten als zink, natrium, mangaan, cadmium, selenium en arseen verwijderd worden uit de waterfase (Claushuis, 2019). Recent onderzoek voor toepassing van deze techniek op watertypen met verhoogde zoutconcentraties is slechts beperkt aanwezig maar wijst wel op de mogelijke potentie van deze techniek (Zhao et al., 2019)
- **Eutectische vries kristallisatie** is een van de weinige technieken die één specifiek zout kan verwijderen uit een complexe matrix met een hoge zuiverheid. Terugwinning van sulfaat-zouten heeft met name potentie, aangezien de eutectische temperatuur van sulfaat-zouten niet ver onder het vriespunt zit en het sulfaatconcentraties in oppervlaktewater kritisch zijn met het oog op de Europese eisen aan de kwaliteit van oppervlaktewater waaruit voor menselijke consumptie geschikt drinkwater geproduceerd mag worden (Pronk, 2006; Staatscourant, 2009).
- **Ijzerpellets** staan bekend om hun fosfaat-bindende capaciteit en kunnen na verzadiging verwerkt worden als substraat in bioreactoren (Hofman-Caris et al., 2017)
- **Oxische zand- en geactiveerde kool filtratie** heeft potentie voor de verwijdering van arseen, ijzer en mangaan naar een vaste fase, omzetting van ammonium naar nitraat in de waterfase en mineralisatie van biologisch afbreekbare micro-verontreinigingen (Oasen, 2020; Terwisscha Van Schelnga, de Vet, Wouters, & van der Berg, 2014; van der Maas, Veenendaal, Nonnekens, Brink, & de Vogel, 2020)
- **Wervelbed kristallisatie** (ookwel pellet-ontharding genoemd) wordt al geruime tijd toegepast in de drinkwaterzuivering voor het verlagen van de hardheid van water (de Moel, Verberk, & van Dijk, 2004) en heeft ook potentie om op reststromen te worden toegepast voor selectieve calciëet (calciumcarbonaat) verwijdering naar vaste calciëet korrels (Hofman-Caris, 2019)

Tabel 4-6: Overzicht van waterbehandelingstechnieken welke selectief bepaalde componenten en/of componentgroepen kunnen verwijderen en/of scheiden uit een complexe matrix

Selectieve verwijderingstechniek	Korte omschrijving	Bron
<i>Actief kool affiniteitsadsorptie</i>	Sorptie van niet-polaire organische stoffen	Interview Aquaminerals (Bijlage VIII)
<i>Biologische afbraak CEC's</i>	CEC-verwijdering door paddenstoel-enzymen en ammonium-verwijdering	Interview Oasen (Bijlage V)
<i>Biologische behandeling</i>	Fixatie macronutriënten in biomassa middels halofiele bacteriën	(Hofman-Caris, 2019)
<i>Biosorptie</i>	Fixatie van metalen (arseen, cadmium, fosfor, kalium, kobalt, mangaan, natrium, nikkel, selenium, stikstof, thallium en zink) in biomassa (fyto-extractie)	Interview Aquaminerals (Bijlage VIII), (Claushuis, 2019; OVAM, 2019)
<i>Capacitieve de-ionisatie</i>	Scheiding van geladen/ongeladen deeltjes door immobilisatie geladen deeltjes	(de Waal & Huiting, 2018)
<i>Donnan Dialyse</i>	Selectief transport van mono- of multi-valente ionen tegen concentratie-gradiënt in	(Wood & de Grooth, 2019)
<i>Electro-dialyse</i>	Scheiding van mono- en multi-valente ionen	(de Waal & Huiting, 2018; Xu, Capito, & Cath, 2013)
<i>Eutectische vries kristallisatie</i>	Kristallisatie van zout en water bij een zout-specifiek eutectisch punt	(de Waal & Huiting, 2018)
<i>Ijzer-pellets affiniteitsabsorptie</i>	Na verzadiging thermisch of chemisch fractioneren voor extractie individuele componenten, binding van fosfonaat-gebaseerde anti-scalant	Interview Aquaminerals (Bijlage VIII), (Boels, Keesman, & Witkamp, 2012)
<i>Ionenwisseling</i>	Selectieve uitwisseling van verschillende kationen of verschillende anionen	(de Waal & Huiting, 2018)
<i>Oxische zand- en geactiveerd kool filtratie</i>	Verwijdering van methaan, ijzer en fosfaat gecombineerd met omzetting van ammonium in nitraat	(Oasen, 2020)
<i>Marmersfiltratie</i>	Fixatie van nikkel aan calciet (CaCO_3)	Interview WMD (Bijlage VII)
<i>Nanofiltratie</i>	Scheiding mono-valente ionen van multi-valente ionen, opgeloste stoffen en bacteriën	(de Waal & Huiting, 2018)
<i>Membraandestillatie</i>	Scheiding op basis van de mate van vluchtigheid van opgeloste componenten	(de Waal & Huiting, 2018; Hofman-Caris, 2019)
<i>Microbiologische ontzoutingscel</i>	Gedreven door biologische oxidatie van organisch materiaal	(de Waal & Huiting, 2018)
<i>Superkritische water ontzouting</i>	Complete neerslag van opgeloste stoffen uit superkritische waterfase	(de Waal & Huiting, 2018)
<i>Wervelbed kristallisatie</i>	Verwijdering door overschrijding van de saturatie index multi-valente ion zouten	(Hofman-Caris, 2019)

Tabel 4-7: overzicht van verwijderingstechnieken en de als kritisch geïdentificeerde componenten die deze technieken (ten dele) kunnen verwijderen naar een vaste fase (+) of naar een overige vloeistoffase (~)

Selectieve verwijderingstechniek	Ammonium	Arseen	Chloride	Fosfaat	IJzer*	Mangaan*	Natrium	Nitraat	Sulfaat	Anti-scalant	Opkomende stoffen (CEC)
Actief kool affiniteitsabsorptie											+
Biologische afbraak CEC's	+										+
Biologische behandeling	+			+				+			
Biosorptie	+	+		+		+	+				
Capacitieve de-ionisatie	~	~	~	~	~	~	~	~	~		~
Donnan Dialyse	~										
Electro-dialyse	~	~	~	~	~	~	~	~	~		
Eutectische vries kristallisatie			+				+		+		
Ijzer-pellets affiniteitsabsorptie		+		+		+				+	
Ionenwisseling	~				~	~		~	~		
Oxische zand- en geactiveerd kool filtratie	~	+		+	+	+					~
Marmersfiltratie											
Nanofiltratie				~	~	~			~		~
Membraandestillatie	~										
Microbiologische ontzoutingscel	~	~	~	~	~	~	~		~		
Superkritische water ontzouting	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Wervelbed kristallisatie									+	+	

*In deze tabel is ervanuit gegaan dat deze componenten in opgeloste (ionische) vorm aanwezig zijn in het te behandelen water

4.4.3 Literatuurstudie reststroommanagement

RO concentraat wordt tegenwoordig meestal verwijderd via oppervlaktelozing, rioolwaterafvoer, diepinfiltratie of in warmere landen via verdampingsvijvers. Deze verwijderingsmethoden zijn echter niet duurzaam en kunnen hoge (lozings)kosten met zich mee brengen. Tegenwoordig wordt er steeds meer gekeken naar alternatieven zoals de behandeling van RO concentraatstromen wat kan resulteren in minder milieubelasting, minder afvalwaterstromen en een grotere productie van schoon productwater (een hogere opbrengst). In een beknopt overzicht wordt hieronder de stand van zaken uit de wetenschappelijke literatuur besproken op het gebied van RO concentraatbehandeling. Dit overzicht is gebaseerd op een drietal recente overzichtsartikelen (Panagopoulos, Haralambous, & Loizidou, 2019; Perez-Gonzalez, Urriaga, Ibanez, & Ortiz, 2012; Subramani & Jacangelo, 2014). Er wordt hierbij niet uitvoerig ingegaan op de verschillende individuele RO concentraatbehandelingstechnieken, maar wel een breed overzicht gegeven van de verschillende methoden.

De methoden voor de behandeling van RO concentraat worden ruwweg verdeeld in (i) membraan gebaseerde methoden (Panagopoulos et al., 2019; Subramani & Jacangelo, 2014) (ii) thermische gebaseerde methoden (Panagopoulos et al., 2019; Subramani & Jacangelo, 2014) (iii) geavanceerde oxidatieve processen (Perez-Gonzalez et al., 2012) en (iv) diverse processen (Subramani & Jacangelo, 2014). Membraan gebaseerde behandelingstechnieken voor RO concentraatbehandeling worden meestal nog onderverdeeld in druk-, osmotisch-, elektriciteits-, temperatuurgedreven processen. De toepasbaarheid van een methode/techniek zal sterk afhangen van de waterkwaliteit van het RO concentraat, dat weer afhangt van het RO voedingswatertype en de recovery van de RO installatie. Zo is bij zeer geconcentreerde RO concentraatstromen de osmotische druk beperkend voor het toepassen van drukgedreven membraanprocessen, en zijn thermische processen meer aangewezen. Ook zal de doelstelling van de RO concentraatbehandeling bepalen welke methode/techniek het meest geschikt is. Zo zijn thermische gebaseerde methoden nodig voor een volledige ZLD toepassing waarbij vaste reststoffen zijn gewenst. Een generieke aanpak voor RO concentraatbehandeling is niet te geven.

RO wordt gelimiteerd door scaling ionen zoals calcium, barium en silica, die in hoge mate voorkomen in de concentraatstroom. Door deze stoffen te verwijderen kan de concentraatstroom verder worden behandeld in een secundair RO systeem. Verwijdering van deze scaling ionen in de primaire RO concentraatstroom kan plaatsvinden door (i) chemische ontharding (ii) pelletontharding, (iii) elektrocoagulatie, (iv) biologische reductie, (v) ionenwisseling en ontgassing (HERO®), (vi) chemische precipitatie (ARROW®), (vii) precipitatie met entkristallen (SPARRO®), (viii) hoge druk RO systemen zoals VSEP® (vibratory shear enhanced process) of DT (disc tube) systemen en (ix) oxidatieve technieken (zie hieronder). Een andere groep van RO concentraatbehandelingstechnieken is elektrisch gedreven membraanprocessen, zoals elektrodialyse (ED), waarbij de scaling ionen selectief worden verwijderd door een elektrisch veld over afwisselende positief en negatief geladen membranen. Een overzicht en een vergelijking tussen deze membraan gebaseerde behandelingstechnieken wordt gegeven in (Subramani & Jacangelo, 2014).

Thermisch gebaseerde RO concentraatbehandelingstechnieken werken met mechanische of natuurlijke verdamping. Mechanische verdampingsprocessen zijn energie-intensief en converteren de volledige concentraatstroom naar waterdamp en een (natte) zoutstroom met behulp van bijvoorbeeld dunne filmverdampers, multi-effect destillatie, thermische dampcompressie of mechanische damp decompressie. Natuurlijke verdamping vindt veelal plaats in verdampingsvijvers waarvoor veel ruimte nodig is, en genoeg zonnewarmte. Natuurlijke verdamping kan versterkt worden door gebruik te maken van windenergie (WAIV). Sproeidrogers waarbij het concentraat wordt versproeid in een droogkamer worden ook toegepast om RO concentraatstromen te behandelen. Een overzicht en een vergelijking tussen deze thermisch gebaseerde behandelingstechnieken wordt gegeven in (Subramani & Jacangelo, 2014).

Geavanceerde oxidatieve processen (AOP) worden ook toegepast op RO concentraatstromen van afvalwaterbehandelingsinstallaties waarbij vooral hoge concentraties van organische stoffen en organische microverontreinigingen een rol spelen (Subramani & Jacangelo, 2014). Voorbeelden van AOP op RO concentraatstromen zijn (i) ozonisatie voor het verbeteren van de biologische afbreekbaarheid, (ii) Fenton proces, (iii) fotokatalyse en foto-oxidatie, (iv) sonolyse (ultrasone behandeling) en (v) elektrochemische oxidatie.

Nieuwe technieken voor RO concentraatbehandeling zijn forward osmose, membraandistillatie, membraankristallisatie en (eutectische) vrieskristallisatie. Bij forward osmose wordt water onttrokken aan de RO concentraatstroom via een membraan door gebruikmaking van een osmotische oplossing zoals een zeer zoute oplossing. Membraandistillatie maakt gebruik van een temperatuurgradiënt over een hydrofoob poreus membraan. Bij (eutectische) vrieskristallisatie wordt de RO concentraatstroom bevroren waarbij ijs en zoutkristallen worden gescheiden.

Een evaluatie van de verschillende technieken op basis van energieconsumptie, prestatie en milieu-impact verdeeld de technieken in drie groepen voor (1) voorconcentratie met membraantechnieken, (2) verdampingstechnieken en (3) kristallisatietechnieken. De energieconsumptie neemt toe van 10-20 mWh/m³ voor voorconcentratietechnieken tot 90 kWh/m³ voor sommige verdampings- en kristallisatietechnieken. Er wordt opgeroepen om prestaties en milieu-impact van de verschillende RO concentratietechnieken nauwkeuriger te onderzoeken in toekomstig onderzoek.

Daarnaast wordt in een recent review paper (Qasim, Badrelzaman, Darwish, Darwish, & Hilal, 2019) in het kader van concentraatbehandelingstechnieken specifiek het Solvay proces genoemd. In dit proces wordt (bi)carbonaat uit de concentraatstroom in contact gebracht met ammonium waardoor onder specifieke omstandigheden de oplosbaarheid van natriumbicarbonaat sterk verlaagd wordt. Hierdoor slaat natrium(bi)carbonaat zout neer uit de oplossing en door toevoeging van een basische reagens wordt vervolgens het ammonia geregenereerd (El-Naas, 2011). Verschillende toepassingen zijn reeds beschreven (Steinhauser, 2008) en op het eerste gezicht lijkt de techniek potentie te hebben voor toepassing als concentraatmanagement / concentraatvalorisatie - technologie. Diepgaander onderzoek is nodig om vast te stellen of, en zo ja waar, toepassing van deze concentraat-behandel methode wenselijk is, waarbij ook de milieuaspecten van toepassing van het Solvay proces meegenomen moeten worden.

5 Conclusies

In 2019 is een inventarisatie uitgevoerd naar de praktijk van NF/RO concentraatstroommanagement. Hieruit blijkt dat vier van de tien Nederlandse drinkwaterbedrijven op ten minste één van hun drinkwaterproductielocaties nanofiltratie (NF) en/of omgekeerde osmose (Reverse Osmosis, RO) toepassen te weten Oasen, PWN, Vitens en WMD. Op deze locaties wordt de vrijkomende reststroom van de betreffende membraanfiltratie techniek in alle gevallen geloosd op oppervlaktewater, op een haven / op zee of op een rioolwaterzuivering (RWZI). In de periode 2020-2030 wordt een stijging in het aantal productielocaties waar NF en/of RO wordt toegepast verwacht van 47% ten opzichte van het aantal productielocaties met NF/RO technologie in 2019. Het lozen van vrijkomende reststromen is een vorm van reststroommanagement die, gelet op de totale maatschappelijke kosten van de drinkwatervoorziening en afvalwaterzuivering, gunstig uitvalt, waarmee de huidige praktijk van NF/RO concentraatstroommanagement verklaard kan worden. De ambitie van de Nederlandse overheid is, naast het (be)houden van een onberispelijke drinkwaterkwaliteit, ook gericht is op hergebruik van reststoffen en het minimaliseren van primair grondstofgebruik welke niet bepaald strookt met de huidige manier van NF/RO concentraatstroommanagement. Een gestandaardiseerd format voor vergunningverlening van deze lozingen bleek niet aanwezig: voor iedere lozing worden individuele afspraken gemaakt de betreffende veelal lokale regelgevende instanties.

Door de in de scenariostudie berekende samenstelling van de reststromen te vergelijken met de Europese kwaliteitseisen voor oppervlaktewater bestemd voor de productie van voor menselijke consumptie bestemd drinkwater zijn kritische parameters voor oppervlaktewaterlozing bepaald. Voor oppervlaktewater behandeling middels omgekeerde osmose volgt hieruit dat chloride, ijzer, natrium, nitraat en sulfaat de berekende kritische componenten zijn. Voor zoet grondwater behandeling middels omgekeerde osmose zijn de berekende kritische componenten ijzer, mangaan, ammonium en fosfaat. Voor oeverfiltraat behandeling middels omgekeerde zijn de berekende kritische componenten chloride, ijzer, mangaan, natrium, ammonium, fosfaat en sulfaat. Voor al deze kritische componenten (ammonium, chloride, fosfaat, ijzer, mangaan, natrium, nitraat en sulfaat) is er echter een selectieve verwijderingstechniek beschikbaar. Toepassing van deze technieken kan kritische concentraties in de concentraatstroom verlagen, waardoor lozing als concentraatmanagement methode mogelijk wordt.

Voor alle scenario's waar omgekeerde osmose wordt toegepast geldt dat (bijna) alle component-concentraties in de reststroom hoger zijn in vergelijking met de component-concentraties in de reststroom van de conventionele zuivering. In tegenstelling tot oppervlaktewater, daalde bij de behandeling van oeverfiltraat en zoet grondwater middels omgekeerde osmose de totale zoutvracht in de reststroom ten opzichte van de totale zoutvracht van de voeding. Het opnemen van zoutvrachten in plaats van component-concentratie limieten in lozingsvergunningen door regelgevende instanties zou dus gunstig zijn met het oog op de toepassingsmogelijkheden van membraanfiltratietechnieken. Voor verdere verduurzaming van de drinkwaterproductie kunnen de aanwezige componenten in de reststromen 1) verder worden geconcentreerd zodat de waterproductie gemaximaliseerd wordt en/of 2) selectief worden verwijderd waardoor in het ideale geval de productie van secundaire grondstoffen samen met een optimaal gebruik van huidige lozingsvergunningen mogelijk gemaakt wordt.

6 Aanbevelingen

Recent onderzoek onderschrijft de potentie van remineralisatie van RO permeaat middels kationwisselingsregeneraat waardoor secundaire grondstoffen voor dit doel worden ingezet (Siegers, 2019). Er wordt aanbevolen om deze techniek verder te ontwikkelen, zodat het primair grondstof verbruik en daarmee de totale zout-emissie naar het milieu ten gevolge van toepassing van NF/RO zuiveringstechnieken kan worden verminderd.

In deze studie zijn een aantal technieken naar voren gekomen waarmee selectieve verwijdering van specifieke componenten uit de waterfase naar een vaste fase mogelijk is, te weten: biologische behandeling, biosorptie, eutectische vries kristallisatie, ijzerpellet affiniteitsadsorptie, oxische zand- en geactiveerd kool filtratie, wervelbed kristallisatie en het Solvay proces. Componenten die ongewenste neerslag veroorzaken in (industriële) processen en/of relevant zijn voor vergunningen voor (oppervlaktewater)lozingen of diepinfiltratie kunnen mogelijk middels (één van) deze processen worden verwijderd. Aanbevolen wordt om deze technieken op lab- en/of pilotschaal te testen op een relevante reststroom.

7 Referenties

- Alvarez Cuenca, M., & Reza, M. (2020). The multi-stage vertical bioreactor in water engineering. *Canadian Journal of Chemical Engineering*, 98(1), 172–185. <https://doi.org/10.1002/cjce.23621>
- Anoop Krishnan, K., Sreejalakshmi, K. G., Varghese, S., & Anirudhan, T. S. (2010). Removal of edta from aqueous solutions using activated carbon prepared from rubber wood sawdust: Kinetic and equilibrium modeling. *Clean - Soil, Air, Water*, 38(4), 361–369. <https://doi.org/10.1002/clen.200900200>
- Asif, M. B., Ansari, A. J., Chen, S. S., Nghiem, L. D., Price, W. E., & Hai, F. I. (2019). Understanding the mechanisms of trace organic contaminant removal by high retention membrane bioreactors: a critical review. *Environmental Science and Pollution Research*, 26(33), 34085–34100. <https://doi.org/10.1007/s11356-018-3256-8>
- Bertelkamp, C., Brunner, A., Dingemans, M., Kolkman, A., Siegers, W., Arondeus, K., ... Wols, B. (2019). *DPWE Robuustheid uitvoering doseerproeven 2017/2018 (KWR 2019.040)*.
- Boels, L., Keesman, K. J., & Witkamp, G. J. (2012). Adsorption of phosphonate antiscalant from reverse osmosis membrane concentrate onto granular ferric hydroxide. *Environmental Science and Technology*, 46(17), 9638–9645. <https://doi.org/10.1021/es302186k>
- Brunner, A. M., Bertelkamp, C., Dingemans, M. M. L., Kolkman, A., Wols, B., Harmsen, D., ... ter Laak, T. L. (2020). Integration of target analyses, non-target screening and effect-based monitoring to assess OMP related water quality changes in drinking water treatment. *Science of the Total Environment*, 705, 135779. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.135779>
- Claushuis, J. (2019). *Persoonlijke communicatie Job Claushuis*.
- de Moel, P. J., Verberk, J. Q. J. C., & van Dijk, J. C. (2004). *Drinkwater - principes en praktijk*. Den Haag: SDU.
- de Waal, L., & Huiting, H. (2018). *Behandeling van brak grondwater (BTO 2018.064)*.
- El-Naas, M. H. (2011). Reject Brine Management. *Desalination, Trends and Technologies*. <https://doi.org/10.5772/13706>
- Godri Pollitt, K. J., Kim, J. H., Peccia, J., Elimelech, M., Zhang, Y., Charkoftaki, G., ... Vasiliou, V. (2019). 1,4-Dioxane as an emerging water contaminant: State of the science and evaluation of research needs. *Science of the Total Environment*, 690(June), 853–866. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.06.443>
- Hofman-Caris, R. (2019). *Afwegingen bij toepassing voor zuiveringstechnieken in de Nederlandse drinkwaterproductie (KWR 2019.041)*.
- Hofman-Caris, R., Ahmad, A., Siegers, W., Rahn, S., Voort, J.-W., & van der Kolk, O. (2017). *Pelletized drinking water treatment residuals for the removal of arsenic and phosphate (KWR 2017.036)*. Retrieved from [http://api.kwrwater.nl/uploads/2017/12/KWR-2017.036-Pelletized-drinking-water-treatment-residuals-for-the-removal-of-arsenic-and-phosphate-from-water-\(PUBLIC\).pdf](http://api.kwrwater.nl/uploads/2017/12/KWR-2017.036-Pelletized-drinking-water-treatment-residuals-for-the-removal-of-arsenic-and-phosphate-from-water-(PUBLIC).pdf)
- Hofs, B. (2009). *Overzicht resultaten robuustheidstesten zuiveringen DPW-bedrijven (KWR 09.074)*.
- Hofs, B. (2014). *Overzicht DPW robuustheid 2010–2013 (KWR 2014.072)*.
- Hofs, B., Baggelaar, P., Harmsen, D., & Siegers, W. (2014). *Robuustheid zuiveringen DPW 2012–2103 ; zomer en winter (KWR 2014.022)*.

- Hyde, R. A., Miller, D. G., Packham, R. F., & Richards, W. N. (1972). Water clarification by flotation. In *The water research association* (Vol. 69). <https://doi.org/10.1002/j.1551-8833.1977.tb06768.x>
- Jönsson, J., Camm, R., & Hall, T. (2013). Removal and degradation of Glyphosate in water treatment: A review. *Journal of Water Supply: Research and Technology - AQUA*, 62(7), 395–408. <https://doi.org/10.2166/aqua.2013.080>
- Kaluza, U., Klingelhöfer, P., & Taeger, K. (1998). Microbial degradation of EDTA in an industrial wastewater treatment plant. *Water Research*, 32(9), 2843–2845. [https://doi.org/10.1016/S0043-1354\(98\)00048-7](https://doi.org/10.1016/S0043-1354(98)00048-7)
- KRW. (2018). *Factsheet: NL81_1 Waddenzee*. Retrieved from https://www.waterkwaliteitsportaal.nl/General/DownloadFile?path=CustomReports/December2018Publiek/Oppervlaktewater/factsheet_OW_80_Ministerie_van_Infrastructuur_en_Milieu_Rijkswaterstaat_2018-10-16-03-45-28.pdf
- Lee, S.-J., Lee, J.-Y., & Han, I.-S. (2011). Melamine Concentration in Han River Basin and the in GAC Column Breakthrough Curve Model. *Journal of Korean Society of Environmental Engineers*, 33(10), 717–722. <https://doi.org/10.4491/ksee.2011.33.10.717>
- Madaeni, S., & Mansourpanah, Y. (2003). COD removal from concentrated wastewater using membranes. *Filtration and Separation*, 40(6), 40–46. [https://doi.org/10.1016/s0015-1882\(03\)00635-9](https://doi.org/10.1016/s0015-1882(03)00635-9)
- Madaeni, S. S., & Mansourpanah, Y. (2006). Screening membranes for COD removal from dilute wastewater. *Desalination*, 197(1–3), 23–32. <https://doi.org/10.1016/j.desal.2006.01.015>
- Matilainen, A., Vieno, N., & Tuhkanen, T. (2006). Efficiency of the activated carbon filtration in the natural organic matter removal. *Environment International*, 32(3), 324–331. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2005.06.003>
- Nederlandse overheid. (2019). *Drinkwaterregeling Bijlage 5a. behorend bij van artikel 16 de Drinkwaterregeling*.
- Noordink, M., & Bruins, J. (2019). *Spoelwaterbehandeling pompstation Zuidwolde*.
- Oasen. (2020). *Persoonlijke communicatie Peter Wessels*.
- OVAM. (2019). *Phytoremediation - Code of Good Practice*. Retrieved from www.ovam.be
- Panagopoulos, A., Haralambous, K. J., & Loizidou, M. (2019). Desalination brine disposal methods and treatment technologies - A review. *Science of the Total Environment*, 693, 133545. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.07.351>
- PB International. (2020). Membraanfiltratie technieken. Retrieved January 16, 2020, from <https://www.pb-international.com/en/membranefiltration/>
- Perez-Gonzalez, A., Urtiaga, A. M., Ibanez, R., & Ortiz, I. (2012). State of the art and review on the treatment technologies of water reverse osmosis concentrates. *Water Research*, 46(2), 267–283. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2011.10.046>
- Pronk, P. (2006). *Fluidized bed heat exchangers to prevent fouling in ice slurry systems and industrial crystallizers* (TU Delft). Retrieved from https://www.google.nl/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0ahUKewjB66Hch_3ZAhXLWBQKHbaEAKcQFggqMAA&url=https%3A%2F%2Frepository.tudelft.nl%2Fislandora%2Fobject%2Fuuid%3Ae2cf9ec0-fedc-4480-a8ab-ddf7a3a7afea%2Fdatastream%2FOBJ%2Fdownload&usg=AOvVaw
- Qasim, M., Badrelzaman, M., Darwish, N. N., Darwish, N. A., & Hilal, N. (2019). Reverse osmosis desalination: A state-of-the-art review. *Desalination*, 459(February), 59–104. <https://doi.org/10.1016/j.desal.2019.02.008>

- Rijksoverheid. (2017). *Grondstoffenakkoord*. Retrieved from <https://circulaireeconomienederland.mett.nl/grondstoffenakkoord/default.aspx>
- Rijksoverheid. (2020). Waterwet, artikel 7.3. Retrieved January 29, 2020, from https://wetten.overheid.nl/BWBR0025458/2020-01-01/#Hoofdstuk7_Paragraaf1_Artikel7.1
- Rodrigues Pires da Silva, J., Merçon, F., Guimarães Costa, C. M., & Radoman Benjo, D. (2016). Application of reverse osmosis process associated with EDTA complexation for nickel and copper removal from wastewater. *Desalination and Water Treatment*, 57(41), 19466–19474. <https://doi.org/10.1080/19443994.2015.1100554>
- Sangjung, L., & Ihnsup, H. (2015). The analysis of melamine and the removal efficiencies in the advanced oxidation process (AOP) and granular activated carbon (GAC) processes. *Desalination and Water Treatment*. <https://doi.org/10.1080/19443994.2013.855665>
- Scheurer, M., Nödler, K., Freeling, F., Janda, J., Happel, O., Riegel, M., ... Brauch, H. J. (2017). Small, mobile, persistent: Trifluoroacetate in the water cycle – Overlooked sources, pathways, and consequences for drinking water supply. *Water Research*, 126, 460–471. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2017.09.045>
- Schoonenberg Kegel, F., Rietman, B. M., & Verliefde, A. R. D. (2010). Reverse osmosis followed by activated carbon filtration for efficient removal of organic micropollutants from river bank filtrate. *Water Science and Technology*, 61(10), 2603–2610. <https://doi.org/10.2166/wst.2010.166>
- Siegers, W. (2019). *Remineralisatie van RO permeaat met kationwisselingsregeneraat (KWR 2019.093)*. Retrieved from <https://library.kwrwater.nl/publication/60123278/>
- Sörensen, M., & Frimmel, F. H. (1995). Photodegradation of EDTA and NTA in the UV/H₂O₂ Process. *Zeitschrift Fur Naturforschung - Section B Journal of Chemical Sciences*, 50(12), 1845–1853. <https://doi.org/10.1515/znb-1995-1211>
- Staatscourant. (2009). Besluit kwaliteitseisen en monitoring water 2009. *Staatscourant*, 1–104. Retrieved from <https://wetten.overheid.nl/BWBR0027061/2017-01-01/0/#BijlageIII>
- Steinhauser, G. (2008). Cleaner production in the Solvay Process: general strategies and recent developments. *Journal of Cleaner Production*, 16(7), 833–841. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2007.04.005>
- Stuyfzand, P., Schaars, F., & van der Made, K.-J. (2011). Multitracering herkomst brakke en zoute grondwateren nabij waterwingebied Monster. *H₂O*, 23, 34–37.
- Subramani, A., & Jacangelo, J. G. (2014). Treatment technologies for reverse osmosis concentrate volume minimization: A review. *Separation and Purification Technology*, 122, 472–489. <https://doi.org/10.1016/j.seppur.2013.12.004>
- Terwisscha Van Schelnga, S., de Vet, W., Wouters, H., & van der Berg, R. (2014). RO-concentraatbehandeling met continue zandfilters. *H₂O-Online*.
- Väänänen, J. (2017). *Microsieving in municipal wastewater treatment - Chemically enhanced primary and tertiary treatment*. Retrieved from http://portal.research.lu.se/portal/files/20814751/Thesis_Janne_V_n_nen_v2.pdf
- van der Maas, P., Veenendaal, G., Nonnekens, J., Brink, H., & de Vogel, D. (2020). Biologische actiefkoolfiltratie met zuurstofdosering: veelbelovende techniek voor verwijdering geneesmiddelen? *H₂O*.
- Water Treatment - Granular Filtration. (n.d.). Retrieved January 31, 2020, from <https://ocw.tudelft.nl/wp-content/uploads/Granular-filtration-1.pdf>
- WMD. (2018). *Jaarverslag 2018*. Retrieved from <https://wmd.nl/wmd/jaarverslag/jaarverslag-2018/>

- Wood, J., & de Groot, J. (2019). *Resource Recovery with Hollow Fiber Ion Exchange Membranes - Integrated Donnan Dialysis processes*.
- Xu, P., Capito, M., & Cath, T. Y. (2013). Selective removal of arsenic and monovalent ions from brackish water reverse osmosis concentrate. *Journal of Hazardous Materials*, 260, 885–891. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2013.06.038>
- Zhao, Q., Li, J., Dai, Z., Ma, C., Sun, H., & Liu, C. (2019). Boron tolerance and accumulation potential of four salt-tolerant plant species. *Scientific Reports*, 9(1), 1–8. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-42626-8>

I Invul- en vragenlijst template voor interviews

Interview-invullijst voor BO huidige en toekomstige praktijk concentraatmanagement		
	Datum:	
	Naam waterleidingbedrijf:	
	Aanwezige personen:	
	Proces-technische vragen	Antwoordveld vraag (invullen en/of doorhalen wat niet van toepassing is)
1.1	Hoe ziet de totale waterzuivering er in blokschema uit?	Opmerkingen
1.2	Op welke punten in het blokschema worden er toevoegingen gedaan?	Graag invullen in tabblad blokschema
1.3	Kunt u per in 1.2 genoemde toevoeging aangeven:	Denk aan: anti-scalant, zuur/loog doseringen, calcië, ...
1.3a	-welke hoeveelheden er per tijdseenheid van een specifieke toevoeging gedaan worden?	
1.3b	-op welke manier wordt de toevoeging aan het water toegevoegd?	Continue en constant / continue en niet constant / intervalsgewijs
1.4	Wat is het influent-debiet, permeaat-debiet en het concentraat-debiet van de RO/NF?	Tabel 1 invullen, indien mogelijk aanvullend digitaal materiaal
1.5	Wat is de gemiddelde waterkwaliteit van het influent, permeaat en concentraat van de RO/NF?	Tabel 1 invullen, indien mogelijk aanvullend digitaal materiaal
1.6	Wordt de concentraat-stroom van de RO/NF apart of gecombineerd verwerkt samen met andere rest-stromen?	Apart / gecombineerd (indien gecombineerd, graag vermelden welke stromen)
1.7	Uit welke stappen bestaat de verwerking van elk van de aanwezige (gecombineerde) rest-stromen?	
1.8	Kunt u inschatten hoeveel energie er gebruikt wordt voor de huidige manier van concentraat-behandeling?	Voornaamste energie-intensieve stappen zijn:
	Vragen over de waterbron(nen)	
2.1	In welke categorie valt het watertype wat de zuivering aan het begin binnenkomt?	Anaeroob grondwater / aerob grondwater / oppervlaktewater / overig, namelijk:
2.2	Wat is het debiet waarmee het water de zuivering binnenkomt?	Tabel 1 invullen, indien mogelijk aanvullend digitaal materiaal
2.3	Wat is de gemiddelde waterkwaliteit van het water wat de zuivering binnenkomt?	
2.4	Op welke manier wordt het water uit de bron onttrokken?	Continue en constant / continue en niet constant / intervalsgewijs
	Vragen aangaande wet- en regelgeving	
3.1	Is het concentraat een technisch, praktisch of regelgeving-technisch probleem?	Technisch: Geen passende behandelingstechniek voorhanden. Praktisch: Selectieve verwijdering kritische component uit matrix niet mogelijk. Regelgeving-technisch: directe verwerking van concentraat in principe wel mogelijk zonder negatieve effecten, maar huidige wet- en regelgeving is beperkend.
3.2	Welke alternatieve verwerkingsmogelijkheden van de concentraat-stroom zijn er naast de huidige in gebruik?	Scenario: de huidige manier van concentraat-verwerking wordt door nieuwe wet- en regelgeving niet meer mogelijk
3.3	Welke instanties zijn betrokken bij de huidige toegepaste manier van concentraat-verwerking?	
3.4	Hoe loopt de communicatie met deze betrokken instanties?	Soepel / stroef Eens per jaar / kwartaal / maand / week / dag / geen contact Algemene indruk:
	Specifieke vragen over de concentraat-stroom	
4.1	Wat is de huidige concentraatstrategie voor de rest-stroom uit het RO/NF proces?	Lozing / behandeling / hergebruik In het geval van lozing: wat zijn de randvoorwaarden van de lozingsvergunning? In welk watertype vind de lozing plaats? In het geval van behandeling: welke techniek(en) wordt gebruikt? In het geval van hergebruik: welke stoffen worden teruggewonnen?
4.1a	Ruimte voor het geven van een korte toelichting op vraag 4.1	
4.2	Zijn er problemen voorzien met de huidige praktijk van concentraat-verwerking richting de toekomst en zo ja, welke?	
4.2a	Zijn de mogelijk voorziene problemen met het verwerken van de concentraatstroom direct te relateren aan stoffen die aanwezig zijn in de concentraatstroom?	Nee / ja, de probleemgevende stoffen zijn:
4.2b	Welke initiatieven lopen er op dit moment om de voorziene problemen (met deze stoffen) het hoofd te bieden?	
	Toekomstscenario vragen	
5.1	Als u alle betrokken instanties (rioolwaterzuiveringen, waterschappen, overheid, technologie-partners) rondom concentraatverwerking bij elkaar heeft zitten en u mocht beslissen wat er over concentraatverwerking afgesproken zou worden, welke huidige afspraken zou u dan toevoegen / verwijderen / aanpassen ten opzichte van de huidige gemaakte afspraken?	
5.2	Welke van de 3 genoemde oplossingsrichting zou u aanbevelen, kijkend naar uw eigen specifieke concentraat-stroom, op het gebied van concentraatmanagement en waarom?	Concentraat-lozing / concentraat-behandeling / concentraat-hergebruik
5.3	Is er nog relevante informatie omtrent de huidige en toekomstige praktijk van NF/RO concentraat management die niet in deze vragenlijst naar voren is gekomen?	

Vraagnummer	Parameter	Waarde	Eenheid
1.4 - Influent	Debiet		
1.4 - Permeaat	Debiet		
1.4 - Concentraat	Debiet		
1.5 - Influent	EGV		
	NO3		
	PO4		
	TOC		
1.5 - Permeaat	EGV		
	NO3		
	PO4		
	TOC		
1.5 - Concentraat	EGV		
	NO3		
	PO4		
	TOC		
2.2	Debiet		
2.3 - Waterbron	EGV		
	NO3		
	PO4		
	TOC		
Probleemstoffen			

II Memo Nederlandse casussen concentraatverwerking

Voortkomend uit een gesprek tussen Klaas-Jan Raat, Emile Cornelissen en Luuk de Waal op 18 april 2019.

Drinkwatercasussen:

PWN, locatie Andijk:

Hier wordt regeneraat van een kation-wisselaar (hoge concentratie zout, NOM en sulfaat) in een diepe grondlaag geïnjecteerd. Voor deze 'oplossing' is een tijdelijke vergunning verleent, die in juli 2021 afloopt. PWN inventariseert alternatieven, een daarvan is dubbele electro-dialyse (ED) waarbij zouten gescheiden en (nog verder) geconcentreerd worden, waarna het door verdamping als vast afval-product kan worden afgevoerd of kan worden verkocht als hoogwaardig product.

Vitens, locatie Spannenburg:

Vitens heeft met HumVI een vergelijkbare waterstroom als PWN op Andijk; zout, NOM maar geen sulfaat. Hier wordt het zout uitgewassen om vervolgens in voldoende verdunde vorm afgevoerd te mogen worden op het oppervlaktewater. Het NOM wordt verkocht als hoogwaardig product (HumVI).

Vitens, locatie Ijsselvallei:

Hier wordt zoet en brak water gescheiden opgepompt (zoethouder), concentraat hiervan wordt geloosd op de RWZI.

Brabant Water, locatie Zevenbergen:

In een pilot is hier gedurende een aantal jaar anaeroob brak grondwater opgepompt en het concentraat geïnjecteerd in een dieper gelegen aquifer.

Waternet, locatie Hortstermeer:

Kwelwater (zout, fosfaat, stikstof) veroorzaakt problemen in oppervlaktewater. Oplossing: kwelwater voordat het de oppervlakte bereikt oppompen (onderscheppen) en drinkwater van maken -> concentraat van dit proces kan niet op oppervlaktewater geloosd worden vanwege de KRW -> probleem. Er draait nu een pilot voor winning van brak grondwater en concentraat wordt hierbij op oppervlaktewater of RWZI geloosd.

Dunea, locatie Solleveld (desk-studie) en Meijendel (nu deskstudie, toekomst waarschijnlijk pilot):

Op zoek naar 3^{de} bron. 3 opties: -Brak grondwater. -RWZI effluent. -Onder duinen zit zoetwaterbel. Wanneer brak water onder zoetwaterbel gewonnen wordt, kan de zoetwaterbel groeien. Concentraatmanagement methoden: naar zee of eventueel dieper geïnjecteerd

Tuinbouwcasussen:

Westland: (bijna) alle tuinders verwerken concentraat van grondwaterwinning door terugstoppen in dieper gelegen aquifers. Nu mag dit nog (onthefing), maar deze verloopt na juli 2021 (wel groot economisch belang, dus mogelijk dat onthefing verlengd wordt). Om diepere aquifer opslag te kunnen voortzetten is het belangrijk om spoorelementen in het concentraat in concentratie omlaag te brengen. Ander probleem is dat door onttrekking uit de watervoerende lagen er toenemende verzilting plaatsvindt van het nu al steeds brakker wordende grondwater.

Industriecasussen:

Dinteloord: Suiker unie suikerbietfabriek. Totale stroom per jaar is 2 miljoen m³ aan restwater. Van deze stroom wordt 400.000 m³ met NF-RO behandeld, om vervolgens 300.000 m³ middels ASR op te slaan. De hierbij vrijkomende 100.000 m³ concentraat wordt bij overige 1,6 miljoen m³ bijgemengd, waardoor dit restwater alsnog geloosd mag worden op de Dintel.

Toegepaste concentraatbehandeling:

Om scaling in injectieputten te voorkomen, kan CO₂ gedoseerd worden aan de concentraatstroom -> verzuring van het water. Hiermee is geëxperimenteerd in brakwater pilot Zevenbergen, Brabant Water. Regelgeving-technisch wellicht mogelijk en te prefereren boven zoutzuur etc.

Regelgeving:

Kader Richtlijn Water (KRW) en Grondwater directive (GWD) stellen dat aquifer niet mag verslechteren op een bepaald aantal parameters. Door inbrengen concentraat wordt bij wijze van 80% van deze parameters niet overschreden, maar 20% wel (spoor-elementen met name). Discussie die op het moment van schrijven gevoerd wordt gaat over de vraag in hoeverre er negatieve effecten zijn van eventuele overschrijdingen in diepe grondlagen die uiteindelijk merkbare impact en/of effecten hebben voor de mens of natuur/milieu.

Voorstel KWR: COASTAR. Waterbank Westland. Overtollig zoet water (dat wat niet meer in bassins past) infiltreren, om verzilting van grondwater tegen te gaan (= belang overheid / regelgevende instanties, indirect belang tuinders). Direct belang tuinders: <11 mg/L Na in voedingswater: regenwater of RO permeaat. Wanneer zoetwater geïnfilteerd wordt, wordt door menging de concentratie Natrium > 11 mg/L. Idee van waterbank: overtollig zoet infiltreren, en diepere aquifer injectie blijven doen -> rekken van huidige situatie en verdere verslechtering van bodem voorkomen.

III Samenvatting & vragenlijst interview Dunea

Samenvatting interview Dunea met Gertjan Zwolsman (Strateeg bronnen) 12-7-2019

Algemeen:

Dunea haalt primair water uit het einde van de afgedamde Maas (nabij Brakel), waar door toevoeging van zuurstof en ijzersulfaat aan het inkomende water het gesuspendeerde-stof gehalte en het fosfaatgehalte aanzienlijk wordt verlaagd alvorens het water na microzeefbehandeling (tegenhouden mossel-larven) via een transportleiding wordt vervoerd naar Bergambacht. In Bergambacht bevindt zich een tweede inname punt aan de Lek, welke wordt bijgeschakeld ten tijde van verminderde waterkwantiteit en/of waterkwaliteit. Na passage van het ingenomen water door snel-zand filters (infiltratienorm duinen = 0,5 mg/L zwevende stof) en deelstroom (20%) passage door het 'peroxon'-proces (UV-peroxide + ozon), gaat het water via de BAL2 leiding naar infiltratiegebied Berkheide en via de BAL1 leiding naar infiltratiegebied Meijendel (waaruit een deel van het voorbehandelde oppervlaktewater naar infiltratiegebied Sonneveld gaat. Totale capaciteiten van de infiltratiegebieden Berkheide, Meijendel en Sonneveld zijn respectievelijk 25⁴, 45 en 8 miljoen m³/jaar op waterzuiveringsstations Katwijk, Scheveningen en Monster. Na bodempassage door de duinen (circa 30 dagen verblijftijd) heeft het van oorsprong aerobe oppervlaktewater een anaerobe grondwater-samenstelling gekregen. Bij het oppompen vanuit de duinen wordt daarom actief kool (poederkool) gedoseerd om geur en smaakstoffen te adsorberen, ontharding toegepast (middels natronloog en met granaatzand als seed particle) en vervolgens belucht om opgenomen ijzer, mangaan en ammoniak te oxideren. De gevormde oxides worden vervolgens middels een snel zandfilter verwijderd, waarna langzaam zand filtratie biologisch groeipotentieel van het water doet afnemen. Dunea past tot op heden geen RO/NF toe in de huidige drinkzuivering.

Huidige situatie:

Onder normale omstandigheden functioneert het rivierwatersysteem van Dunea prima. Bij langdurige droogte en verzilting komt het systeem echter onder druk te staan. Dunea kan dan terugvallen op een multi-bronnen strategie. Ter illustratie: In de (droge) zomer van 2018 moest het inname-punt bij de Lek worden ingeschakeld omdat de microzeven bij de Maas verstopten met cyanobacteriën en de watertemperatuur dermate hoog was dat het koelvermogen van de pompen niet meer afdoende bleek om op vol vermogen door te kunnen draaien.

"Probleem" met huidige aanpak:

Dunea heeft, naast het beschermen van de drinkwaterkwaliteit, ook de taak om de duin-infiltratiegebieden schoon te houden (Infiltratiebesluit wet bodembescherming (Wbb)). De duinpassage is een dermate essentieel onderdeel in de totale zuiveringstrein, dat Dunea hoge prioriteit geeft aan een duurzame inpassing van dit proces in de omgeving, rekening houdend met de overige maatschappelijke functies van het dungebied. Het recent geplaatste peroxon proces in de voorzuivering van het rivierwater (deelstroom 20%) is mede bedoeld om de duinen te ontzien, en KAN in de toekomst afhankelijk van de kwaliteit van het Maaswater verder worden uitgebreid. Daarnaast is de waterkwantiteit in perioden van lage rivier-afvoeren en hoge temperaturen niet vanzelfsprekend. Een derde waterbron zou, in perioden van verlaagde beschikbaarheid / bruikbaarheid van de al bestaande waterbronnen, de flexibiliteit qua broninzet en waterbeschikbaarheid aanzienlijk vergroten.

⁴ Capaciteit Berkheide wordt in 2019-2020 uitgebreid naar 32 Mm³/jaar (conform de vergunning)

Toekomst:

Het is lastig in te schatten voor Dunea hoe de waterkwaliteit van de Maas zal veranderen in de komende jaren; door het deltaprogramma waterkwaliteit en de toenemende kwaliteit van rioolwaterzuiveringen-effluent zou de kwaliteit van de Maas kunnen verbeteren in de toekomst; in dit scenario blijft de huidige capaciteit van het peroxon-proces behouden. Wanneer de kwaliteit van de Maas verslechtert, kan desgewenst de capaciteit van het peroxon-proces toenemen.

Om de leveringszekerheid te vergroten tijdens extreme perioden, overweegt Dunea om een nieuwe, derde bron in gebruik te nemen naast de Maas en de Lek. Opties voor deze derde bron die door Dunea zijn onderzocht zijn (noord)zeewater, oppervlaktewater (uit de oude Rijn (Valkenburgsemeer) of het Brielse meer, brak grondwater en effluent van RWZI Harnaspolder. Vanuit inhoudelijk perspectief worden brak grondwater uit de duinen en oppervlaktewater-winning uit het Valkenburgsemeer als meest kansrijk gezien, mede omdat zeewaterontzouting een energie- en kosten intensief proces is en het RWZI effluent microverontreinigingen bevat die alleen met (een combinatie van) geavanceerde zuiveringstechnieken uit het water te halen zijn. Bovendien lijkt de publieke perceptie niet gunstig voor deze bron, zolang er geen echte noodzaak voor is.

Vanuit het Brielse meer (net onder de nieuwe Waterweg) is een transportleiding aanwezig naar het Westland, 12 km van infiltratiegebied Solleveld van Dunea. Er zijn echter veel gebruikers / belanghebbenden verbonden rondom het Brielse meer, waardoor toetreden van een nieuwe watervragende partij een complex en tijdrovende activiteit is. De waterkwaliteit van het Brielse meer is dusdanig, dat met een relatief eenvoudige zuivering volstaan zou kunnen worden (coagulatie, filtratie, duinpassage, nabehandeling).

Het Valkenburgsemeer wordt gevoed door de oude Rijn en ligt meer in de buurt van het verzorgingsgebied van Dunea. Het zoutgehalte van dit meer is echter dusdanig dat een 50% deelstroom-RO unit voorzien wordt (met 80% recovery). De concentraatstroom van deze RO zou bij voorkeur geloosd moeten worden op het einde van de Oude Rijn. Het is niet zeker of dit beleidsmatig haalbaar is. Alternatieve opties zijn lozing op zee of op een dichtbij gelegen riool (van RWZI Katwijk).

Wellicht de meest kansrijke derde bron voor Dunea is het oppompen van brak grondwater wat direct onder de zoetwaterlens in de infiltratiegebieden van Dunea in de duinen aanwezig is. Door dit brakke grondwater op te pompen en tegelijkertijd meer oppervlaktewater te infiltreren, wordt de zoetwaterlens groter. Dit heeft als gunstig effect dat er minder zout zeewater via de diep-gelegen grondlagen kan indringen en dat de opslagcapaciteit van zoet water in de duinen vergroot wordt. Op dit moment kijkt Dunea in detail naar een ontwerp waarbij dit gewonnen brakke grondwater met een volstroom RO behandeld wordt (50% recovery) waarbij het permeaat wordt bijgemengd met het opgepompte duinwater in een verhouding van 1:3. Bij deze verhouding hoeft het opgepompte duinwater niet meer chemisch onthard te worden, wat een interessant kostenvoordeel oplevert. De concentraatstroom zou dan bij voorkeur op de (buiten)havens van Katwijk en Scheveningen geloosd worden voor respectievelijk infiltratiegebied Berkheide en Meijndel.

Regelgeving:

Dunea is betrokken bij verschillende regelgevende instanties (Rijkswaterstaat, Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat) en heeft een eigen lobbyorganisatie (Vereniging van rivierwaterbedrijven, RIWA) om invloed uit te oefenen op wet- en regelgeving die van invloed zijn op de waterkwaliteit van de Maas. Op deze manier beschermen ze hun primaire bron en daarmee indirect de duinen en uiteindelijke waterkwaliteit voor de klant.

In de Drinkwaterregeling staat dat het jaargemiddelde chloride-gehalte van oppervlaktewater wat gebruikt wordt voor de bereiding van voor menselijke consumptie bestemd water niet hoger dan 150 mg/L mag zijn (Nederlandse overheid, 2019). Deze omstandigheid kan echter pas achteraf (want jaargemiddeld) worden beoordeeld. Ter bescherming van de volksgezondheid dient er ook een maximale concentratie te worden afgesproken, waarop real time kan worden gehandhaafd. Het is logische om hiervoor de WHO norm van 250 mg/l chloride te kiezen. Daarom is overeen gekomen door Rijkswaterstaat, de vereniging van drinkwaterbedrijven in Nederland (VEWIN) en de waterschappen dat er een maximum chloride concentratie van 250 mg/L bij het innamepunt geldt en dat over het gehele jaar de gemiddelde chloride concentratie van het ingenomen water niet hoger dan 150 mg/L mag zijn.

Voor lozingen van concentraat-stromen op zee moet een lozingsfaciliteit worden aangelegd waarvoor een vergunning van Rijkswaterstaat (directie Kust en Zee) nodig is. Daarbij is voor het aanleggen van leidingen in/onder de duinen toestemming nodig van het waterschap Rijnland, aangezien de duinen onderdeel zijn van de kustbescherming. Lozing op binnenwater is gerelateerd aan de waterwet artikel 6.2, waarbij voor de vergunningverlening de emissie-immissietoets wordt doorlopen. Voor lozingen op zee wordt er binnen de Goed Ecologisch Potentieel (GEP)-norm Hollandse kust een maximum gesteld voor de som van niet-organische stikstof (<0,46 mg/L NO₃-N, NO₂-N en NH₄-N) (KRW, 2018). In de praktijk is de achtergrondconcentratie van de Noordzee echter hoger dan deze parameter (Stuyfzand, Schaars, & van der Made, 2011).

Beschrijving beoogde concentraatmanagement strategieën brakwater-winning:

De eerste gesprekken tussen RWS en Dunea voor afvoer van brak grondwater RO concentraat zijn constructief verlopen. Mogelijke kritische parameters in de te lozen concentraatstroom op de buitenhaven / op zee zijn stikstofgehalte en arseen (bij een recovery van 50% en gebaseerd op een gemiddelde brakwaterconcentratie in infiltratiegebied Meijndel-Berkheide, zie onderstaande tabel). Dunea wijst op het stikstofgehalte in de lozing van RWZI Harnaspolder op zee, die vele mate hoger is dan de concentratie stikstof die Dunea in de beoogde concentraatstroom verwacht. Wat betreft het arseen-gehalte zou Dunea, indien nodig geacht door Rijkswaterstaat, cascade-beluchting gevolgd door snelzandfiltratie toe kunnen passen op de concentraat-stroom, waarbij het uit het spoelwater afkomstige slib (Fe, Mn, P, As) afgevoerd zou moeten worden. Alternatieve optie zou zijn om de recovery naar beneden bij te stellen. Dunea gaat uit van anti-scalant vrije ontzilting van het brak grondwater, maar een eventuele CO₂ dosering ter voorkoming van scaling-problemen wordt wel gezien als een mogelijkheid.

Wanneer de gesprekken met Rijkswaterstaat uiteindelijk niet leiden tot een lozingsvergunning op zee, binnenhaven of oppervlaktewater denkt Dunea als laatste optie aan diep-infiltratie.

Tabel 7-1; gemiddelde samenstelling van het concentraat van brak grondwaterwinning in infiltratiegebied Meijndel-Berkheide

Parameter	Eenheid	Gemiddelde
Elektrisch geleidend vermogen	µS/cm	25573
pH	-	7.3
Na	mg/L	4853
K	mg/L	123
Ca	mg/L	1050
Mg	mg/L	547
Fe	mg/L	16
Mn	mg/L	1.8
NH ₄	mg/L	8.5
SiO ₂	mg/L	50
Cl	mg/L	9793
SO ₄	mg/L	1239
HCO ₃	mg/L	664
NO ₃	mg/L	1.5
PO ₄ -o	mg/L	3.0
Al	µg/L	4.0
As	µg/L	7.1
Cu	µg/L	0.3
F	µg/L	53
Ni	µg/L	10
Zn	µg/L	22

Interview-Invulijst voor BO huidige en toekomstige praktijk concentraatmanagement		
	Datum:	13-jun-19
	Naam waterleidingbedrijf:	Dunea
	Aanwezige personen:	Gertjan Zwolsman
Proces-technische vragen		Antwoordveld vragen
1.1	Hoe ziet de totale waterzuivering er in blokschema uit?	microzeef-UF-RO-permeaat opm
1.2	Op welke punten in het blokschema worden er toevoegingen gedaan?	mogelijk bij de RO (anti scalants)
1.3	Kunt u per in 1.2 genoemde toevoeging aangeven;	
1.3a	-welke hoeveelheden er per tijdseenheid van een specifieke toevoeging gedaan worden?	nog niet operationeel
1.3b	-op welke manier wordt de toevoeging aan het water toegevoegd?	nog niet operationeel
1.4	Wat is het influent-debiet, permeaat-debiet en het concentraat-debiet van de RO/NF?	influent: brak grondwater, anaer Permeaat: nagenoeg zuiver water
1.5	Wat is de gemiddelde waterkwaliteit van het influent, permeaat en concentraat van de RO/NF?	(Meijendel)
1.6	Wordt de concentraat-stroom van de RO/NF apart of gecombineerd verwerkt samen met andere rest-stromen?	apart (lozing op zee of haven)
1.7	Uit welke stappen bestaat de verwerking van elk van de aanwezige (gecombineerde) rest-stromen?	nvt
Vragen over de waterbron(nen)		
2.1	In welke categorie valt het watertype wat de zuivering aan het begin binnenkomt?	Anaeroob brak grondwater
2.2	Wat is het debiet waarmee het water de zuivering binnenkomt?	zie 1.4
2.3	Wat is de gemiddelde waterkwaliteit van het water wat de zuivering binnenkomt?	zie 1.5
2.4	Op welke manier wordt het water uit de bron onttrokken?	Continue en constant (?)
Vragen aangaande wet- en regelgeving		
3.1	Is het concentraat een technisch, praktisch of regelgeving-technisch probleem?	Huidige regelgeving kan een bel obstakel te zijn)
3.2	Welke alternatieve verwerkingsmogelijkheden van de concentraat-stroom zijn er naast de huidige in gebruik?	nvt
3.3	Welke instanties zijn betrokken bij de huidig toegepaste manier van concentraat-verwerking?	nvt
3.4	Hoe loopt de communicatie met deze betrokken instanties?	nvt
Specifieke vragen over de concentraat-stroom		
4.1	Wat is de huidige concentraatstrategie voor de rest-stroom uit het RO/NF proces?	Lozing op zee / buitenhaven / ui
4.1a	Ruimte voor het geven van een korte toelichting op vraag 4.1	Arcadis heeft een studie gedaan zijn zeer beperkt; in de praktijk k grondwater vlakbij zee plaatsvin
4.2	Zijn er problemen voorzien met de huidige praktijk van concentraat-verwerking richting de toekomst en zo ja, welke?	nvt
4.2a	Zijn de mogelijk voorziene problemen met het verwerken van de concentraatstroom direct te relateren aan stoffen die aanwezig zijn in de concentraatstroom?	ja, de probleemgevende stoffen
4.2b	Welke initiatieven lopen er op dit moment om de voorziene problemen (met deze stoffen) het hoofd te bieden?	geen.
Toekomstscenario vragen		
5.1	Als u alle betrokken instanties (rioolwaterzuiveringen, waterschappen, overheid, technologie-partners) rondom concentraatverwerking bij elkaar heeft zitten en u mocht beslissen wat er over concentraatverwerking afgesproken zou worden, welke huidige afspraken zou u dan toevoegen / verwijderen / aanpassen ten opzichte van de huidig gemaakte afspraken?	Ik zou nuchter kijken naar de im toegestane lozingen (bijv. RWZI)
5.2	Welke van de 3 genoemde oplossingsrichting zou u aanbevelen, kijkend naar uw eigen specifieke concentraat-stroom, op het gebied van concentraatmanagement en waarom?	Concentraat-lozing
5.3	Is er nog relevante informatie omtrent de huidige en toekomstige praktijk van NF/RO concentraat management die niet in deze vragenlijst naar voren is gekomen?	De integrale duurzaamheid van gemoeid?

IV Samenvatting & vragenlijst interview Evides Industriewater

Algemeen:

Evides Industriewater heeft op diverse locaties in Nederland RO installaties operationeel. Het Brielse meer (Zuid-Holland) en de Biesbosch zijn voorbeelden van oppervlaktewateren die als bron dienen voor het water wat naar specificaties van de klant wordt opgewerkt. Een voorbeeld van een toepassing van het mineraal-arme permeaat is de productie van stoom.

Huidige situatie:

Evides Industriewater heeft diverse afspraken gemaakt met hun klanten aangaande de te leveren waterkwaliteit, de samenstelling van het concentraat en de afvoer hiervan. Op het moment van schrijven worden diverse concentraatstromen van verschillende plants geloosd op bijvoorbeeld de haven van Rotterdam en de haven van Antwerpen.

"Probleem" met huidige aanpak:

In sommige gevallen bevatten de inmiddels gedateerde lozingsnormen geen norm voor vlok hulpmiddelen, een toevoeging aan het water wat Evides Industriewater in één geval overweegt toe te passen. Dit is echter niet waarschijnlijk. Afgezien hiervan zijn er geen problemen met de huidige aanpak van het managen van de concentraatstroom door Evides Industriewater gemeld.

Toekomst:

Evides Industriewater verwacht in de toekomst verder te groeien door het plaatsen van nieuwe membraaninstallaties als wel het vergroten van het membraanoppervlak van de huidige installaties. Evides onderzoekt eutectische vries kristallisatie (EFC) voor het verder indikken en valoriseren van de concentraatstroom. De toepassing van EFC wordt niet overwogen voor bestaande installaties, maar mogelijk wel voor toekomstige installaties (verder landinwaarts), waar concentraatlozing mogelijk wel een probleem is. Daarnaast is Evides Industriewater partner in het 'ZeroBrine' project wat op het moment van schrijven door ISPT wordt getrokken. Evides Industriewater heeft deelgenomen aan een zogenaamde 'ZeroBrine' workshop, waarin producenten van reststromen en potentiële afnemers van deze stromen bij elkaar worden gebracht. Een andere mogelijkheid die Evides Industriewater ziet is het transporteren van de concentraatstroom naar afvalwaterzuivering stations, maar daar is momenteel geen aanleiding toe.

Regelgeving:

In sommige gevallen is de desbetreffende klant verantwoordelijk voor de verwerking & afvoer van de concentraatstroom, in andere gevallen faciliteert Evides Industriewater de concentraatlozing zelf. Locatieafhankelijk worden reststromen voortkomend uit verschillende processen in de zuiveringstrein gemengd of separaat afgevoerd: in het geval van separate afvoer is er per reststroom een aparte vergunning verleend.

Interview-invullijst voor BO huidige en toekomstige praktijk concentraatmanagement		
	Datum:	27-6-2019
	Naam waterleidingbedrijf:	
	Aanwezige personen:	
Proces-technische vragen		Antwoordveld vraag (invullen en/of doorhalen wat niet van toepassing is)
1.1	Hoe ziet de totale waterzuivering er in blokschema uit?	Dissolved Air Flotation Filtration --> kation ontharder --> Vertical RO (luchtwaterspoeing) --> RO (4 stage) --> Mengbed
1.2	Op welke punten in het blokschema worden er toevoegingen gedaan?	FeCl3 bij de DAFF en NaOH tussen ontharder en RO tot pH 9-9.5 om meer NaHCO3 en SiO2 te verwijderen en biofouling te verminderen
1.3	Kunt u per in 1.2 genoemde toevoeging aangeven;	FeCl3 en NaOH
1.3a	-welke hoeveelheden er per tijdseenheid van een specifieke toevoeging gedaan worden?	Respectievelijk 3 en 10 mg/l
1.3b	-op welke manier wordt de toevoeging aan het water toegevoegd?	Continue en constant / continue en niet constant / intervalsgewijs
1.4	Wat is het influent-debiet, permeaat-debiet en het concentraat-debiet van de RO/NF?	RO voeding = 1882 m3/u, permeaat = 1600 m3/u, concentraat = 282 m3/u
1.5	Wat is de gemiddelde waterkwaliteit van het influent, permeaat en concentraat van de RO/NF?	Zie tabel
1.6	Wordt de concentraat-stroom van de RO/NF apart of gecombineerd verwerkt samen met andere rest-stromen?	Gecombineerd
1.7	Uit welke stappen bestaat de verwerking van elk van de aanwezige (gecombineerde) rest-stromen?	Geen, directe lozing op het zoute water in de Rotterdamse haven
1.8	Kunt u inschatten hoeveel energie er gebruikt wordt voor de huidige manier van concentraat-behandeling?	Voornaamste energie-intensieve stappen zijn:
Vragen over de waterbron(nen)		
2.1	In welke categorie valt het watertype wat de zuivering aan het begin binnenkomt?	Oppervlaktewater
2.2	Wat is het debiet waarmee het water de zuivering binnenkomt?	Zie Tabel 1
2.3	Wat is de gemiddelde waterkwaliteit van het water wat de zuivering binnenkomt?	Zie Tabel 1
2.4	Op welke manier wordt het water uit de bron onttrokken?	Continue
Vragen aangaande wet- en regelgeving		
3.1	Is het concentraat een technisch, praktisch of regelgeving-technisch probleem?	Nee
3.2	Welke alternatieve verwerkingsmogelijkheden van de concentraat-stroom zijn er naast de huidige in gebruik?	Naar AWZI pompen, verder opconcentreren, verdampen, EFC(?)
3.3	Welke instanties zijn betrokken bij de huidige toegepaste manier van concentraat-verwerking?	Wij zelf en RWS
3.4	Hoe loopt de communicatie met deze betrokken instanties?	Soepel Eens per jaar kwartaal Algemene indruk: Weinig problemen mee gehad
Specifieke vragen over de concentraat-stroom		
4.1	Wat is de huidige concentraatstrategie voor de rest-stroom uit het RO/NF proces?	Lozing, onder voorwaarde van gestelde limieten van stikstof, fosfaat, TOC en zoutvracht.
4.1a	Ruimte voor het geven van een korte toelichting op vraag 4.1	
4.2	Zijn er problemen voorzien met de huidige praktijk van concentraat-verwerking richting de toekomst en zo ja, welke?	Nee
4.2a	Zijn de mogelijk voorziene problemen met het verwerken van de concentraatstroom direct te relateren aan stoffen die aanwezig zijn in de concentraatstroom?	N.v.t.
4.2b	Welke initiatieven lopen er op dit moment om de voorziene problemen (met deze stoffen) het hoofd te bieden?	N.v.t.
Toekomstscenario vragen		
5.1	Als u alle betrokken instanties (rioolwaterzuiveringen, waterschappen, overheid, technologie-partners) rondom concentraatverwerking bij elkaar heeft zitten en u mocht beslissen wat er over concentraatverwerking afgesproken zou worden, welke huidige afspraken zou u dan toevoegen / verwijderen / aanpassen ten opzichte van de huidige gemaakte afspraken?	De mogelijkheid vlokhelpmiddel te lozen toevoegen. Dat kunnen we nu niet gebruiken, maar zouden we bepaalde seizoenen wel willen toepassen.
5.2	Welke van de 3 genoemde oplossingsrichting zou u aanbevelen, kijkend naar uw eigen specifieke concentraat-stroom, op het gebied van concentraatmanagement en waarom?	Concentraatlozing. Het water waarop we lozen is van lagere kwaliteit dan het concentraat.
5.3	Is er nog relevante informatie omtrent de huidige en toekomstige praktijk van NF/RO concentraat management die niet in deze vragenlijst naar voren is gekomen?	N.v.t.

Vraagnummer	Parameter	Waarde	Eenheid
1.4 - Influent	Debiet	1882	m ³ /u
1.4 - Permeaat	Debiet	1600	m ³ /u
1.4 - Concentraat	Debiet	282	m ³ /u
1.5 - Influent	EGV	800	μS/cm
	NO ₃	20	mg/l
	PO ₄	< 1	mg/l
	TOC	7	mg/l
1.5 - Permeaat	EGV	10	μS/cm
	NO ₃	<0,1	mg/l
	PO ₄	<0,1	mg/l
	TOC	0.01	mg/l
1.5 - Concentraat	EGV	5333.333333	μS/cm
	NO ₃	133.3333333	mg/l
	PO ₄	1	mg/l
	TOC	46.66666667	mg/l
2.2	Debiet	1920	m ³ /u
2.3 - Waterbron	EGV	800	μS/cm
	NO ₃	20	mg/l
	PO ₄	1	mg/l
	TOC	8	mg/l
Probleemstoffen			

Interview-invullijst voor BO huidige en toekomstige praktijk concentraatmanagement		
	Datum:	27-6-2019
	Naam waterleidingbedrijf:	
	Aanwezige personen:	
Proces-technische vragen	Antwoordveld vraag (invullen en/of doorhalen wat niet van toepassing is)	
1.1	Hoe ziet de totale waterzuivering er in blokschema uit?	Dubbellaagsfilter (DLF) - (totale) ionenwisseling (IX, WAC-SAC ontgasser WBA SBA mengbed) - RO
1.2	Op welke punten in het blokschema worden er toevoegingen gedaan?	FeCl ₃ bij de DLF's
1.3	Kunt u per in 1.2 genoemde toevoeging aangeven;	FeCl ₃
1.3a	-welke hoeveelheden er per tijdseenheid van een specifieke toevoeging gedaan worden?	Ongeveer 3 mg/L ijzer
1.3b	-op welke manier wordt de toevoeging aan het water toegevoegd?	Continue
1.4	Wat is het influent-debiet, permeaat-debiet en het concentraat-debiet van de RO/NF?	Zie tabel
1.5	Wat is de gemiddelde waterkwaliteit van het influent, permeaat en concentraat van de RO/NF?	Zie tabel (permeaat-eisen zijn <50 ppb TOC, <0,1 uS/cm, <5 ppb SiO ₂)
1.6	Wordt de concentraat-stroom van de RO/NF apart of gecombineerd verwerkt samen met andere rest-stromen?	Gecombineerd
1.7	Uit welke stappen bestaat de verwerking van elk van de aanwezige (gecombineerde) rest-stromen?	Geen, directe lozing op brak oppervlaktewater in een haven
1.8	Kunt u inschatten hoeveel energie er gebruikt wordt voor de huidige manier van concentraat-behandeling?	Voornaamste energie-intensieve stappen zijn:
Vragen over de waterbron(nen)		
2.1	In welke categorie valt het watertype wat de zuivering aan het begin binnenkomt?	Oppervlaktewater
2.2	Wat is het debiet waarmee het water de zuivering binnenkomt?	Zie Tabel 1
2.3	Wat is de gemiddelde waterkwaliteit van het water wat de zuivering binnenkomt?	Zie Tabel 1
2.4	Op welke manier wordt het water uit de bron onttrokken?	Continue
Vragen aangaande wet- en regelgeving		
3.1	Is het concentraat een technisch, praktisch of regelgeving-technisch probleem?	Nee
3.2	Welke alternatieve verwerkingsmogelijkheden van de concentraat-stroom zijn er naast de huidige in gebruik?	Direct hergebruik in (bijvoorbeeld) koeltorens
3.3	Welke instanties zijn betrokken bij de huidige toegepaste manier van concentraat-verwerking?	De industriële klant
3.4	Hoe loopt de communicatie met deze betrokken instanties?	Soepel Eens per jaar kwartaal Algemene indruk: Geen problemen mee gehad
Specifieke vragen over de concentraat-stroom		
4.1	Wat is de huidige concentraatstrategie voor de rest-stroom uit het RO/NF proces?	Lozing, onder voorwaarde van gestelde limieten van TOC
4.1a	Ruimte voor het geven van een korte toelichting op vraag 4.1	Overige parameters zijn niet relevant voor dit type RO
4.2	Zijn er problemen voorzien met de huidige praktijk van concentraat-verwerking richting de toekomst en zo ja, welke?	Nee
4.2a	Zijn de mogelijk voorziene problemen met het verwerken van de concentraatstroom direct te relateren aan stoffen die aanwezig zijn in de concentraatstroom?	N.v.t.
4.2b	Welke initiatieven lopen er op dit moment om de voorziene problemen (met deze stoffen) het hoofd te bieden?	N.v.t.
Toekomstscenario vragen		
5.1	Als u alle betrokken instanties (rioolwaterzuiveringen, waterschappen, overheid, technologie-partners) rondom concentraatverwerking bij elkaar heeft zitten en u mocht beslissen wat er over concentraatverwerking afgesproken zou worden, welke huidige afspraken zou u dan toevoegen / verwijderen / aanpassen ten opzichte van de huidige gemaakte afspraken?	Mogelijkheden voor direct hergebruik voor dit relatief mooie water onderzoeken.
5.2	Welke van de 3 genoemde oplossingsrichting zou u aanbevelen, kijkend naar uw eigen specifieke concentraat-stroom, op het gebied van concentraatmanagement en waarom?	Concentraatlozing. Het water waarop we lozen is van lagere kwaliteit dan het concentraat.
5.3	Is er nog relevante informatie omtrent de huidige en toekomstige praktijk van NF/RO concentraat management die niet in deze vragenlijst naar voren is gekomen?	N.v.t.

Vraagnummer	Parameter	Waarde	Eenheid
1.4 - Influent	Debiet	322.5806452	m ³ /u
1.4 - Permeaat	Debiet	300	m ³ /u
1.4 - Concentraat	Debiet	22.58064516	m ³ /u
1.5 - Influent	EGV	<0,1	μS/cm
	NO ₃	0	mg/l
	PO ₄	0	mg/l
	TOC	0.25	mg/l
1.5 - Permeaat	EGV	<0,06	μS/cm
	NO ₃	0	mg/l
	PO ₄	0	mg/l
	TOC	0.01	mg/l
1.5 - Concentraat	EGV	<1	μS/cm
	NO ₃	0	mg/l
	PO ₄	0	mg/l
	TOC	3.571428571	mg/l
2.2	Debiet	375	m ³ /u
2.3 - Waterbron	EGV	500	μS/cm
	NO ₃	12	mg/l
	PO ₄	<0.1	mg/l
	TOC	4	mg/l
Probleemstoffen			

V Samenvatting & vragenlijst interview Oasen

Samenvatting interview Oasen met Jos Dusseldorp (senior procestechnoloog) 17-7-2019

Algemeen:

De bron voor het drinkwater wat Oasen produceert is anaeroob oeverfiltraat. Per zuiveringslocatie bepaald de locatie van het winveld (afstand tot de rivier, watervoerende pakket waarin de onttrekking plaatsvindt) de samenstelling van het water wat uit de bron komt en, daaraan gekoppeld, de stabiliteit van deze waterkwaliteit in de tijd. Over het algemeen is de kwaliteit van de bronnen constant en zijn er passende (conventionele) zuiveringen gerealiseerd die tot op heden drinkwater produceren die voldoen aan alle gestelde normen voor drinkwater. Een aanzienlijk deel van de zuiveringslocaties is echter aan het einde van de technische levensduur en worden daarom stuk voor stuk vervangen. Deze nieuw te bouwen zuiveringen moeten, naast het ontharden van het water in verband met wensen van de klant, ook een zo robuust mogelijke barrière vormen tegen organische microverontreinigingen en toenemende zoutconcentraties in de rivieren ten tijde van verminderde afvoer richting zee. In tegenstelling tot een pellet reactor en ionenwisseling als onthardingstechnieken verwijdert omgekeerde osmose (RO) zowel calcium en magnesium als een groot deel van de organische microverontreinigingen (OMP), waarbij RO een hogere OMP retentie heeft dan conventioneel toegepaste actief kool. De visie van Oasen is dan dus ook om op iedere zuiveringslocatie een volstroom-RO te realiseren voorzien van membranen met een zo hoog mogelijke retentie en acceptabel energieverbruik.

Huidige situatie:

Zowel op zuiveringsstation Schuwacht (Krimpen aan de Lek) als Reijerwaard (Ridderkerk) is een deelstroom RO in bedrijf. De RO installatie in Schuwacht is primair gerealiseerd voor het ontharden van (een deel van) het inkomende water om, na opmenging, de waterhardheid van het eindproduct te verlagen en daarmee de belangen van de klant te behartigen. Daarnaast zal deze deelstroom-RO installatie op enig moment worden opgeschaald naar volstroom-RO, passend bij de filosofie van Oasen. De RO installatie in Reijerwaard wordt ingezet om capaciteit van enkele winputten met verhoogde chloride concentratie nog steeds te kunnen gebruiken voor de productie van drinkwater. Er zijn afspraken gemaakt met betrokken waterschappen voor lozing van de vrijkomende concentraat-stroom op rioolwaterzuiveringen (RWZI). Op termijn wordt voorzien de drinkwaterzuiveringen uit te bereiden naar volstroom RO installaties.

Zuiveringsstation Reijerwaard:

Het permeaat van de RO installatie in Reijerwaard wordt bijgemengd bij het influent van de conventionele grondwaterzuivering waarna het gedistribueerd wordt. De concentraat-stroom van de RO installatie (16 m³/uur concentraatdebiet bij 80% recovery) wordt via het gemeentelijk riool bijgemengd met het influent van RWZI Ridderkerk (waterschap Hollandse Delta). Gezien het lage debiet van de concentraatstroom vormt deze stroom een verwaarloosbare belasting voor de hydraulische capaciteit van RWZI Ridderkerk. Bovendien is de verandering van de waterkwaliteit van het influent van RWZI Ridderkerk ten gevolge van de concentraatstroom van Oasen, na opmenging, dusdanig klein dat er geen invloed is op de werking van de rioolwaterzuivering. De vergunning omvat enkel een maximum aan lozingskwantiteit van 45 m³/uur (in 2005 opgenomen in de Milieuvergunning); voor waterkwaliteitsparameters zijn geen eisen in de genoemde vergunning opgenomen.

Zuiveringsstation Schuwacht:

Oeverfiltraat wordt door middel van twee winvelden met ieder circa 15 winputten gewonnen; één dichtbij de rivier de Lek (winning Schuwacht) en één op circa 500-1000 meter afstand van de Lek (winning Tiendweg). Het anaerobe grondwater van de winning Tiendweg wordt, in verband met hoge ammoniumconcentraties (ca. 6 mg/L), direct met een RO behandeld die circa 95% van het inkomende ammonium verwijdert. Het permeaat van de RO wordt vervolgens in verhouding 1:1 gemengd met ruw water van winning Schuwacht, wat achtereenvolgens door twee snelzandfilters (functie: NH_4^+ omzetting naar NO_3 , verwijdering Fe, Mn, P, As, deeltjes afvangen), actief koolfilter (functie: OMP verwijdering, geur/kleur afvangen) en UV (functie: desinfectie barrière) wordt behandeld alvorens het in de reinwaterkelder wordt opgeslagen. De concentraat-stroom van de RO installatie op Schuwacht (40 m³/uur concentraatdebiet bij 80% recovery) inclusief anti-scalant wordt via een bestaand persriool, samen met huishoudelijk afvalwater van nabijgelegen gemeenten, naar de RWZI 'de Groote Zaag' (waterschap Hoogheemraadschap van Schieland en de Krimpenerwaard) getransporteerd. Vier keer per jaar, wanneer de membranen van de installatie schoongemaakt worden tijdens de chemische reiniging (Ultrasil 72 en Ultrasil 112), wordt de vrijkomende reststroom met een laag debiet via dezelfde route naar de RWZI getransporteerd.

De lozingsvergunning voor het aanvoeren van de concentraat-stroom via het reeds bestaande (pers)rioolstelsel naar RWZI 'de Groote Zaag' is door Oasen destijds aangevraagd en is, geholpen door het in 2011 gesloten Bestuursakkoord Water (BAW), verstrekt door het waterschap. In gezamenlijk overleg hebben Oasen en het waterschap Hoogheemraadschap van Schieland en de Krimpenerwaard gekeken naar de samenstelling van het concentraat, de behandelingsmogelijkheden zowel op waterkwaliteit als waterkwantiteit (in verband met de biologische en hydraulische capaciteit van de RWZI) en de aanwezigheid van transportmogelijkheden en aansluiting hierop. Nadat deze aspecten in kaart gebracht zijn, is er met oog op de maatschappelijke kosten van de concentraat-behandeling gekozen om de concentraatstroom van Oasen te verwerken gebruikmakend van de RWZI in plaats van een door Oasen nieuw te bouwen aparte concentraat-behandelingsfaciliteit. In de samenwerkingsovereenkomst tussen Oasen, de twee gemeenten die ook van het persriool gebruik maken en waterschap Hoogheemraadschap van Schieland en de Krimpenerwaard zijn zaken als inspanningsverplichting voor de betrokken partijen, kostenvergoeding voor vervuilingseenheden en onderhoud aan infrastructuur en gewenste handelingen bij calamiteiten opgesteld. Opeenvolgend aan dit proces heeft waterschap Hoogheemraadschap van Schieland en de Krimpenerwaard een lozingsvergunning verstrekt aan Oasen voor de vrijkomende concentraatstroom.

In het geval van een calamiteit (storing bij de RWZI, persrioolbreuk in transportleiding) heeft Oasen de mogelijkheid om het concentraat direct op de rivier de Lek te lozen. De waterkwaliteitseisen die opgenomen zijn in de huidige lozingsvergunning zijn gebaseerd op een door Oasen aangeleverde projectie van de te verwachten concentraties in de RO concentraatstroom wanneer de zuivering gevoed wordt met oeverfiltraat waarin de hoogst voorkomende concentraties van de in dit water aanwezige stoffen zijn opgenomen. De waterkwaliteit- en waterkwantiteit parameter(s) die opgenomen zijn in de vergunning voor de lozing van de concentraatstroom op de RWZI zijn opgenomen in onderstaand overzicht:

voorschriften

1. De lozing mag plaatsvinden overeenkomstig de aanvraag, waarbij het afvalwater voldoet aan onderstaande tabel.

Stof	Eenheid	Minimum	Gemiddeld/jaar	maximum
IJzer	mg/l		23,9	29
Ammonium	mg/l (N)	10	20,7	25,6
CZV	mg O2/l	30	36	62
Fosfor	mg/l (P)		4,3	4,7
Chloride	mg/l		520	620
debiet	m3/h		54	76

2. Het totale debiet per jaar mag niet hoger zijn dan 500.000 m3.

"Probleem" met huidige aanpak:

Oasen heeft op dit moment geen operationele en/of vergunning-technische 'problemen' met de afvoer van de concentraatstroom van de hierboven beschreven zuiveringsstations. Wel erkent Oasen erg afhankelijk te zijn van de afname van de concentraatstroom door de betrokken RWZI's, aangezien er weinig haalbare alternatieven zijn (diep-infiltratie = regelgeving-technisch een uitdaging, lozing op zee = te grote afstand, zero-liquid discharge / hergebruik = (kosten-) technisch niet haalbaar). Daarnaast zijn er een aantal punten die Oasen graag veranderd zou zien in de manier waarop er door betrokken partijen gedacht wordt over concentraat-stromen:

In de huidige lozingsvergunningen zijn de grenswaarden gesteld in de vorm van een bepaald gewicht per volume-eenheid (concentratie) per relevante component in de concentraatstroom voor zowel lozingen op oppervlaktewater (de natuur) als lozingen bij waterschappen. Oasen zou graag zien dat toekomstige lozingsvergunningen die waterschappen uitgeven in de vorm zijn van een bepaald gewicht per tijdseenheid (vracht) voor (een deel van) de relevante componenten (met name voor componenten die geen acuut gevaar opleveren en waarvan de toets-afstand enkele honderden meters bedraagt). Met de huidige lozingseisen is het voor Oasen bijvoorbeeld onmogelijk om de recovery van de RO-installaties van 80% naar 90% op te schroeven; de concentratie van stoffen in het concentraat wordt namelijk tweemaal zo hoog. Het volume van de concentraat-stroom gaat echter met een factor twee naar beneden; de totale hoeveelheid van een bepaalde component in de concentraat-stroom blijft immers gelijk. Omdat een concentraatstroom voor RWZI's een 'dunne' stroom is (relatief lage concentratie koolstof, stikstof en fosfor) en de hydraulische capaciteit veelal een beperkende factor is, is het aannemelijk dat waterschappen liever een tweemaal zo geconcentreerde stroom ontvangen met de helft van het volume, aldus Oasen.

Daarnaast is Oasen van mening dat er bij het opstellen van lozingsvergunningen voor drinkwaterproductiebedrijven op een andere manier gehandeld/beoordeeld zou moeten worden in vergelijking met lozingsaanvragen die industriële bedrijven en/of rioolwaterzuiveringen doen. Het kern-argument voor deze mening volgt uit het feit dat een drinkwaterproductiebedrijf (hier: Oasen) een in de natuur aanwezige waterstroom inneemt om vervolgens door middel van omgekeerde osmose-techniek een deel van de aanwezige stoffen af te scheiden zonder daarbij nagenoeg enige toevoegingen te doen (afgezien van anti-scalant dosering en eventueel de chemicaliën die gebruikt worden voor de reinigingsprocedure van de membranen, indien deze (na neutralisatie) niet op bijvoorbeeld het riool geloosd kunnen worden). De in dit proces vrijkomende reststromen zouden daarom ook als geconcentreerd natuurlijk product kunnen worden gezien in plaats van afvalstromen, aldus Oasen. Door deze geconcentreerde reststroom vervolgens te lozen op het oppervlaktewater en daarbij de effecten op het ecosysteem in het ontvangende waterlichaam te monitoren, zou vervolgens beoordeeld kunnen worden of de lozing toegestaan kan worden of niet. De verwachting van Oasen is, wanneer het concentraatdebiet vergeleken wordt met het debiet van een stromende rivier, er niet/nauwelijks meetbare invloeden zijn van de lozing op het ecosysteem.

Ook de naamgeving (en de daaraan gekoppelde perceptie) van de concentraat-stroom van een omgekeerde osmose installatie is volgens Oasen misleidend. Oasen erkent dan een gemiddelde concentraatstroom circa vijf tot tien keer hogere concentraties bevat dan het voedingswater, maar dit hoeft niet direct te betekenen dat het water bromzout (brijn) of 'zeer geconcentreerd' (concentraat) is. Woorden als 'brijn' en 'concentraat' roepen al snel de associatie op van (zeer) zout water, hoewel de werkelijke concentratie aan zouten en andere componenten zeer afhankelijk is van de samenstelling van het voedingswater. Oasen stelt daarom dat de term spoelwater meer passend zou zijn voor de concentraat-stroom van een omgekeerde osmose installatie en dat in de communicatie met het bevoegd gezag er ook in deze terminologie en filosofie gedacht en gesproken zou moeten worden.

Toekomst:

In de nabije toekomst heeft Oasen de intentie om de huidige waterzuiveringsstations 'de Hooge Boom' in Kamerik en 'de Put' in Nieuw-Lekkerland te vervangen voor een volstroom RO gevolgd door remineralisatie. Het is de bedoeling om in Kamerik de huidige conventionele zuivering een tijdje mee te laten draaien met de nieuw te bouwen volstroom-RO zuivering, om zo de leveringszekerheid te waarborgen in een tijd waarin er geleerd kan worden in de bedrijfsvoering van de nieuwe volstroom-RO installatie. De bovengenoemde zuiveringsstations zijn geselecteerd voor de renovatie op basis van hun leeftijd en de relatief beperkte capaciteit die ze hebben ten opzichte van andere zuiveringsstations. Om de concentraatstroom van de RO te kunnen verwerken, is Oasen in gesprek met het waterschap Hoogheemraadschap De Stichtse Rijnlanden en waterschap Rivierenland voor de locatie Kamerik en Nieuw-Lekkerland, respectievelijk. Door ervaring op te doen met deze relatief kleine zuiveringslocaties hoopt Oasen de renovaties van de overige zuiveringen met hogere capaciteiten efficiënter aan te kunnen pakken.

Tijdens de droge zomer van 2018 waarin de afvoerdebieten van de grote Nederlandse rivieren laag waren, stegen de zoutconcentraties in deze wateren significant vanwege de oprukkende zouttong vanuit de Noordzee. Deze verhoogde zoutconcentraties vond Oasen in 2018 (nog) niet terug in hun winvelden, maar door het plaatsen van RO installaties anticipeert Oasen wel op eventuele toekomstige verzilting van de winvelden. Deze observatie, in combinatie met de ontwikkeling van analysemethoden en daaraan gekoppelde detectiegrenzen voor organische microverontreinigingen, strenger wordende normen voor drinkwaterkwaliteit en onzekerheid aangaande de toekomstige waterkwaliteit in de Nederlandse rivieren en het effect hiervan op de waterkwaliteit van het water wat onttrokken wordt uit de winvelden, bewegen Oasen ertoe om iedere zuivering die gerenoveerd moet worden te vervangen voor een volstroom-RO waterzuivering. De winvelden (en daarmee de maximale inname-capaciteit) wordt tot op heden niet volledig benut, welk ruimte schept voor toepassing van RO; de concentraatstroom die overblijft is en blijft een significante hoeveelheid water ten opzichte van de totale capaciteit die continu vrijkomt. De verwachting bij Oasen is dat de watervraag in de toekomst (verder) zal stijgen door een toenemend aantal huisaansluitingen. Deels kan deze toenemende vraag opgevangen worden door de huidige overcapaciteit van de winningen en daarnaast zal de recovery van de RO installaties dusdanig moeten worden verhoogd dat de beschikbare capaciteit in de winvergunning niet wordt overschreden.

Daarnaast is Oasen zich bewust dat er mogelijk in de toekomst eisen komen voor de maximale concentraties van organische microverontreinigingen in RWZI effluent die vastgelegd worden in de Europese kaderrichtlijn water. Wanneer deze waterkwaliteitseisen doorgang vinden, zou dit kunnen resulteren in strengere eisen voor de concentraties organische microverontreinigingen die zich in het RWZI influent bevinden. Aangezien het aannemelijk is dat de concentratie mobiele en persistente organische microverontreinigingen die niet door de bodempassage verwijderd / gefixeerd worden in de RO concentraatstroom verhoogd zullen zijn in vergelijking met de achtergrondconcentratie OMP's in het oppervlaktewater ten gevolge van de concentratie-factor van de RO, doet Oasen in samenwerking met de universiteit van Utrecht (Brigit van Brenk, PhD) onderzoek naar biologische afbreekbaarheid van organische microverontreinigingen in een concentraatmatrix. Merk op dat persistente OMP's door bijvoorbeeld een lage mobiliteit in de bodem binnen nu en enkele jaren pas de winputten kunnen bereiken om vervolgens nog jaren lang in het grondwater aanwezig te zijn (terwijl ze wellicht allang uit het oppervlaktewater verdwenen zijn tegen die tijd). Als het aan Oasen ligt worden dergelijke kwesties, in het geval ze realiteit worden in de toekomst, integraal bekeken samen met de betrokken waterschappen en regelgevende instanties om te zien op welke manier er op een voor de maatschappij gunstig mogelijke manier een passende oplossing gevonden kan worden. Onderdeel van deze integrale afweging zal de beoordeling van de verhouding in vracht van OMP's in huishoudelijk afval ten opzichte van de concentraatstroom zijn.

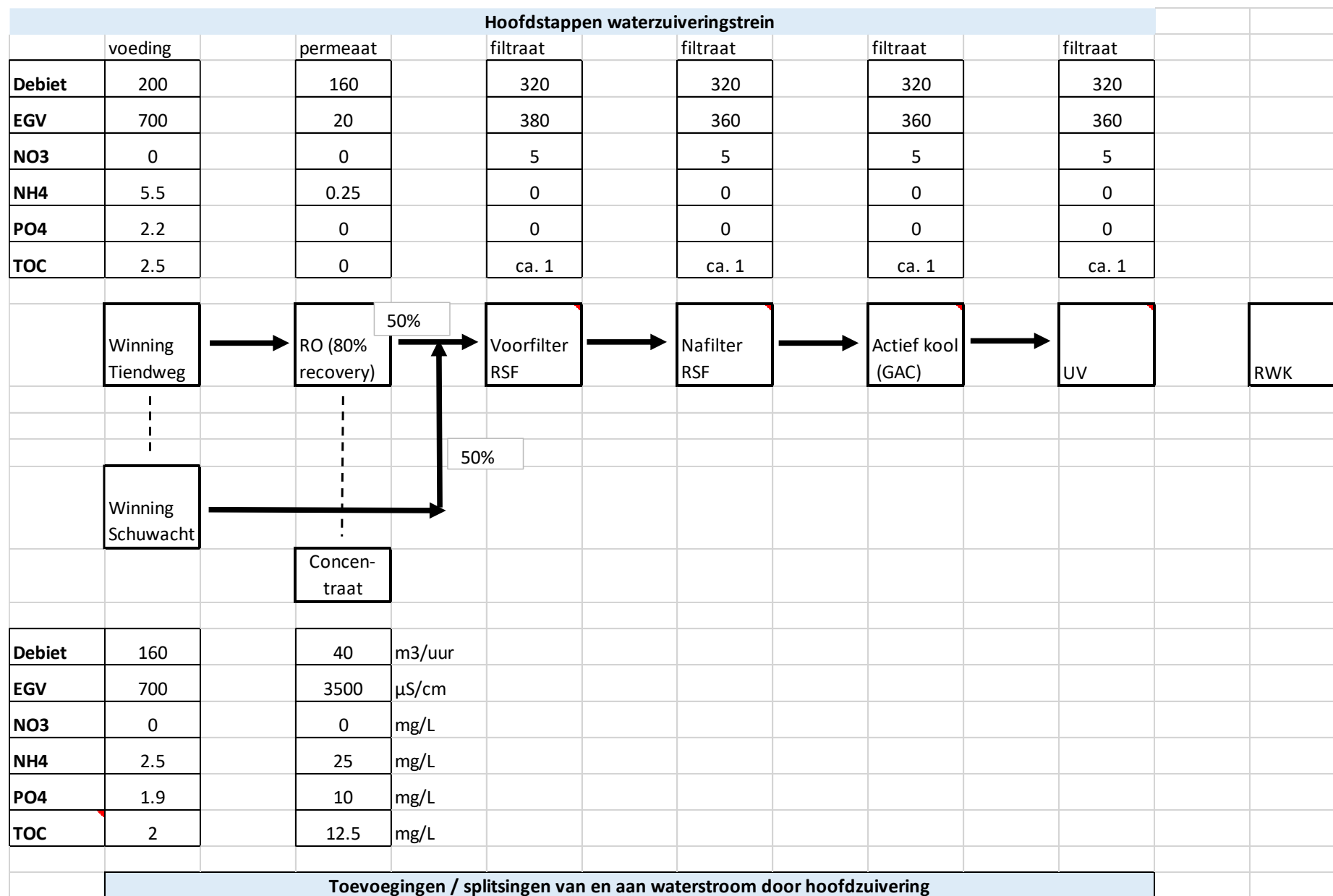
Regelgeving:

Oasen benadrukt dat er in het huidige systeem een platform ontbreekt waarop het bevoegd gezag (Rijkswaterstaat, waterschappen, gemeenten en drinkwaterbedrijven) elkaar kunnen ontmoeten om duidelijke afspraken te kunnen maken over de manier van concentraatmanagement. Aangezien iedere concentraatstroom uniek van samenstelling is en iedere samenstelling specifieke eisen stelt aan mogelijke manieren van concentraatmanagement, is direct en open contact essentieel voor het bereiken van casus-specifieke oplossingen. Door het volstroom-RO concept inclusief alle toevoegingen aan en vrijkomende reststromen⁵ te vergelijken met een conventionele zuivering inclusief alle toevoegingen aan en vrijkomende reststromen⁶, samen met de benodigde energie en grondstoffen die benodigd zijn om de zuivering te opereren, kan een weloverwogen afweging gemaakt worden van de economische en ecologische impact van dergelijke zuiveringsprocessen. Oasen pleit dus voor het baseren van wet- en regelgeving op basis van een totaal-beoordeling van verschillende zuiveringsscenario's op de desbetreffende zuiveringslocatie, waarbij bij toepassing van membraantechnieken verder wordt gekeken dan enkel de vrijkomende concentraat-stroom.

⁵dosering anti-scalant, remineralisatie (calciet, magnesiumchloride), ionenwisseling (ammonium, natriumchloride), chemicaliën ter behoeve van de schoonmaakprocedure voor membranen, torenbeluchting (methaan) en managementmethode van de concentraatstroom

⁶coagulatie (ijzerchloride), ontharding (natronloog), torenbeluchting (methaan) en slib

Interview-Invullijst voor BO huidige en toekomstige praktijk concentraatmanagement	
	Datum: 4-7-2019
	Naam waterleidingbedrijf: Oasen
	Aanwezige personen: Jos Dusseldorp (Menno van Leenen, Peter Wessels)
Proces-technische vragen	
Antwoordveld vraag (invullen en/of doorhalen wat niet van toepassing is)	
1.1	Hoe ziet de totale waterzuivering er in blokschema uit? zie tabblad
1.2	Op welke punten in het blokschema worden er toevoegingen gedaan? antiscalant voor RO, natronloog op gemengd permeaat/winning Schuwacht
1.3	Kunt u per in 1.2 genoemde toevoeging aangeven; -welke hoeveelheden er per tijdseenheid van een specifieke toevoeging gedaan worden? Antiscalant continu 2 mg/L (debietsproportioneel) Natronloog continu debietsproportioneel 0,0375 L/m3
1.3b	-op welke manier wordt de toevoeging aan het water toegevoegd? vloeistof via doseerpunt continu debietsproportioneel
1.4	Wat is het influent-debiet, permeaat-debiet en het concentraat-debiet van de zie tabblad
1.5	Wat is de gemiddelde waterkwaliteit van het influent, permeaat en concentraat Zie tabblad - ZS Lekkerkerk (Ammonium toegevoegd = probleemstof)
1.6	Wordt de concentraat-stroom van de RO/NF apart of gecombineerd verwerkt Gecombineerd met CIP afvoer(chemicalien) en (in de toekomst IEX regeneraat (hoog gehalte NaCl))
1.7	Uit welke stappen bestaat de verwerking van elk van de aanwezige Concentraat/afvoer(breek)tank --> afvoer via persriool naar RWZI De Grote Zaag
1.8	Kunt u inschatten hoeveel energie er gebruikt wordt voor de huidige manier van concentraat-behandeling? Moeilijk in te schatten. 40 m3/h afvoer via persriool ca. 2-3 bar + energie RWZI (maken gebruik van bestaande infrastructuur)
Vragen over de waterbron(nen)	
2.1	In welke categorie valt het watertype wat de zuivering aan het begin Anaeroob oeverfilteraat (grondwater)
2.2	Wat is het debiet waarmee het water de zuivering binnenkomt? ca. 200 m3/h voeding RO + ca. 160 m3/h bypass (50% RO permeaat + 50% ruwwater voedt conventionele zuivering)
2.3	Wat is de gemiddelde waterkwaliteit van het water wat de zuivering Zie tabblad
2.4	Op welke manier wordt het water uit de bron onttrokken? Continu met bronpompen mbv schakelschema's (putten staan niet 100% vd tijd aan)
Vragen aangaande wet- en regelgeving	
3.1	Is het concentraat een technisch, praktisch of regelgeving-technisch probleem? Technisch: onderzoek behandeling van concentraat moeizaam m.n. ammoniumomzetting Regelgeving-technisch: strenge lozingseisen Rijkswaterstaat voor lozing op rivier De Lek m.n. ammonium Praktisch: wanneer hydraulische capaciteit nabijgelegen RWZI bij rwa kritisch is Politiek: concentraat wordt als probleem gezien en niet integraal bekeken, ook niet t.a.v. conventionele zuivering / andere afvalstromen
3.2	Welke alternatieve verwerkingsmogelijkheden van de concentraat-stroom zijn er naast de huidige in gebruik? Noodoverstort bij calamiteiten. Bijv. breuk persriool of uitval RWZI mogen we direct lozen op rivier De Lek
3.3	Welke instanties zijn betrokken bij de huidige toegepaste manier van concentraat-verwerking? Hoogheemraadschap Schieland en de Krimpenerwaard (HHSK) -- behandelen het concentraat op de RWZI Gemeenten i.v.m. gebruik infrastructuur (persriool) + gemeente willen afvoercapaciteiten van hun afvalwater/regenwater behouden
3.4	Hoe loopt de communicatie met deze betrokken instanties? Begon stroef en langdurig ivm (bestuurlijke) complexiteit (Bestuursakkoord Water heeft geholpen). Communicatie/uitwerking nu soepel. Technologisch heel soepel. Kwartaloverleg met waterschap (ook voor andere samenwerkingsprojecten) + Jaarlijkse rapportage concentraatkwaliteit ivm lozingsvergunning + incidenteel direct voor operationele zaken Algemene indruk: kost wat energie/tijd, maar bereidheid bij Waterschap is hoog. Goede samenwerking.
Specifieke vragen over de concentraat-stroom	
4.1	Wat is de huidige concentraatstrategie voor de rest-stroom uit het RO/NF proces? Lozing op RWZI
4.1a	Ruimte voor het geven van een korte toelichting op vraag 4.1
4.2	Zijn er problemen voorzien met de huidige praktijk van concentraat-verwerking richting de toekomst en zo ja, welke? Bij realisatie volstroom RO wordt de hydraulische capaciteit te groot voor de RWZI; dit gezamenlijk met waterschap op te lossen (=afpraak)
4.2a	Zijn de mogelijk voorziene problemen met het verwerken van de concentraatstroom direct te relateren aan stoffen die aanwezig zijn in de Voorzien problemen met organische microverontreinigingen als de RWZI hier regelgeving voor gaat krijgen
4.2b	Welke initiatieven lopen er op dit moment om de voorziene problemen (met deze stoffen) het hoofd te bieden? Onderzoek bij Oasen (ism universiteit Utrecht) om OMPs in concentraat te verwijderen danwel biologisch om te zetten/af te breken
Toekomstscenario vragen	
5.1	Als u alle betrokken instanties (rioolwaterzuiveringen, waterschappen, overheid, technologie-partners) rondom concentraatverwerking bij elkaar heeft zitten en u mocht beslissen wat er over concentraatverwerking afgesproken zou worden, welke huidige afspraken zou u dan toevoegen / verwijderen / aanpassen ten opzichte van de huidige gemaakte afspraken? We zouden willen dat het concentraat integraal wordt bekeken. Wat voor stoffen zitten er in het concentraat die problemen met lozing geven (op antiscalant na voegen we niets toe aan het grondwater)? Wat is daadwerkelijk effect op de omgeving bij (on)behandelde lozing? Concentratie vs vracht. Vergelijking met conventionele technieken (o.a. toevoeging van NaOH en FeCl3) wat ook via RWZI weer wordt geloosd in oppervlaktewater.
5.2	Welke van de 3 genoemde oplossingsrichting zou u aanbevelen, kijkend naar uw eigen specifieke concentraat-stroom, op het gebied van concentraatmanagement Concentraat-lozing / concentraat-behandeling / concentraat-hergebruik --> concentraatlozing
5.3	Is er nog relevante informatie omtrent de huidige en toekomstige praktijk van NF/RO concentraat management die niet in deze vragenlijst naar voren is gekomen? Traject totstandkoming lozing op RWZI Elk type concentraat (bijv. grondwater met veel ammonium t.o.v. zeewater) vraagt hele andere oplossingen. Er is geen standaard oplossing voor concentraatproblematiek.



VI Samenvatting & vragenlijst interview PWN

Samenvatting interview Herman Smit (PWN) 21-6-2019

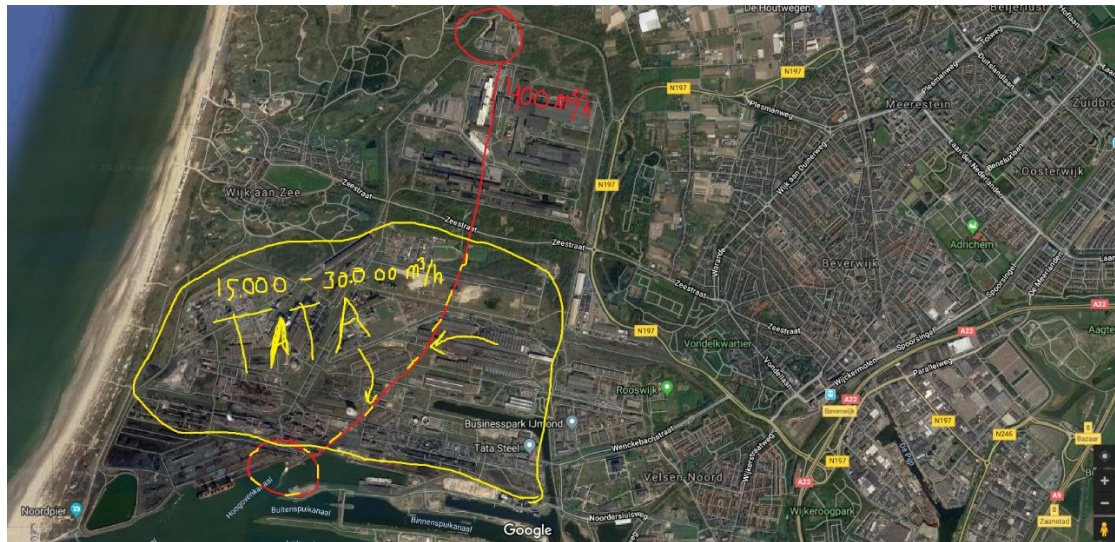
Algemeen:

PWN produceert drinkwater uit oppervlaktewater van het IJsselmeer (locatie Andijk). In Andijk produceert de gesuspendeerde ionen wisseling (SIX) een zoute concentraatstroom, die op dit moment in een diepe grondlaag wordt geïnjecteerd. Op het moment van schrijven wordt er door PWN samen met de regelgevende instanties nagedacht over een alternatieve manier van verwerken van deze stroom. Bij de ceramische micro-filtratie in Andijk (onderdeel van de eerder genoemde eerste stappen in zuivering) komt een spoelwaterstroom vrij, welke verwerkt wordt in een coagulatie-bekken op waterwin station Prinses Juliana. De in deze reststroom aanwezige (zwevende) stoffen worden, na dosering van ijzer en wispro, opgenomen in het gevormde ijzerslib (inclusief het gedoseerde ijzer en wispro, deze coagulant/vlokhulpmiddel komt niet in het halfproduct te zitten). Het ijzerslib wordt gedroogd om vervolgens (via Aquaminerals) getransporteerd te worden naar biovergassers in Duitsland (organische stof gehalte in het ijzerslib is circa 50%).

Naast de drinkwaterproductie in Andijk beheert en bedrijft PWN een Watertransportmaatschappij Rijn-Kennemerland (WRK)-zuivering (Waterwinstation Prinses Juliana) waar een halffabrikaat wordt geproduceerd door middel van coagulatie/sedimentatie en zandfiltratie. Dit halffabrikaat wordt naar Heemskerk getransporteerd, waar het deels door middel van ultrafiltratie gevolgd door reverse osmosis membraanbehandeling zeer zuiver water wordt geproduceerd en deels wordt behandeld met UV/H₂O₂ voor het wordt geïnfiltrerd. Na infiltratie wordt het water nagezuiverd op de locaties in Bergen en Wijk aan Zee waar het RO-water met het teruggewonnen infiltratiewater wordt gemengd tot drinkwater.

Concentraatstroom RO Heemskerk:

De huidige praktijk van concentraatmanagement voor de concentraat-stroom (circa 400 m³/h) die vrijkomt in Heemskerk is lozing op de buitenhaven van IJmuiden (zie bewerkte google Earth foto hieronder). Monsternamen van de concentraat-stroom die PWN gebruikt wordt gedaan uit een betonnen buffertank waarin het RO concentraat en de reinigingsproducten (natriumhydroxide & zoutzuur) die gebruikt worden voor de CIP van de installatie opgevangen en gemengd worden voordat het via de overloop het rioolstelsel instroomt. De analyseresultaten van deze bemonstering wordt eens per kwartaal gedeeld met de Rijksuitvoeringsdienst (RUD), die deze getallen checkt en tot op heden hoort PWN er verder niets over. Het verdere verloop van het rioolstelsel loopt over het terrein van Tata Steel die, afhankelijk van de activiteit, 15.000 m³/h tot 30.000 m³/h aan restwater toevoegen aan de concentraat-stroom van PWN. Het chemisch zuurstof-verbruik, wat nog aanwezig is in de concentraat-stroom van PWN, is vooral afkomstig van de neutrals en polysachariden die niet door coagulatie/sedimentatie verwijderd worden uit het IJsselmeer-water. De huidige recovery waarop de RO in Heemskerk operationeel is bedraagt 80%.



Huidige situatie:

PWN heeft een vergunning voor het lozen van de concentraatstroom die zowel aan de water kwantiteit ($12.000 \text{ m}^3/\text{dag}$) als de waterkwaliteit eisen stelt, zie onderstaand overzicht.

Parameter	Grenswaarde(n)	Eenheid
Zuurgraad	6-9	-
Onopgeloste bestanddelen	50	mg/L
Kjeldahl stikstof gemiddeld	2	mg/L
Nitraat	3	mg/L
Chloride	520	mg/L
Sulfaat	221	mg/L
Chemisch zuurstofverbruik	50	mg/L

Bovenstaande waterkwaliteits-eisen zijn (waarschijnlijk) gebaseerd op metingen in de toenmalige installatie ten tijde dat de vergunning werd opgesteld en zijn toen acceptabel geacht, en daarmee opgenomen voor de norm. De kosten die PWN moet betalen voor het mogen lozen van de concentraat-stroom hangt met name af van de concentratie CZV en de concentratie Kjeldahl stikstof, in combinatie met het aantal kubieke meter water wat geloosd wordt; er zijn formules beschikbaar om met bovengenoemde parameters het aantal vervuilingseenheden te berekenen, die vervolgens omgezet worden in kosten. In de concentraat-stroom bevindt zich ook de anti-scalant (Aquacare BD30) die gebruikt wordt voor bij de RO; dit is een fosfylaats-vrije anti-scalant die biologisch afbreekbaar is.

"Probleem" met huidige aanpak:

Het water wat uit de duinen onttrokken wordt heeft een hogere hardheid dan de huidige bedrijfsnorm van PWN in Noord-Holland (totale hardheid 1.4 mmol/L). Op de pompstations Bergen en Wim Mensink wordt in de reguliere situatie water na duinpassage gemengd met RO permeaat om aan de watervraag en gestelde bedrijfsnorm voor hardheid te kunnen voldoen. Wanneer de watervraag hoog is in Bergen (maximaal 4000 m³/h), moet er een groot deel van het RO permeaat (circa 1800 m³/h) richting Bergen om aan de watervraag te kunnen voldoen. De onttrekkingscapaciteit uit de duinen is namelijk ook aan bepaalde maxima verbonden. Wanneer bovenstaand scenario het geval is (hoge vraag in Bergen), blijft er relatief weinig RO water (circa 200 m³/h max) over voor Mensink (maximaal 2000 m³/h bij hoge watervraag). Bij hoge watervraag is deze hoeveelheid RO-permeaat onvoldoende en schakelt de pellet ontharding op Mensink bij om aan de bedrijfsnorm voor hardheid te voldoen. Bij extreme hoge vraag is er kans op overschrijding van de bedrijfsnorm voor hardheid. Om ook tijdens hoge watervraag aan de watervraag te kunnen blijven voldoen, wordt de productiecapaciteit van de RO verhoogd. Met een verhoogde productie komt er ook een grotere concentraatstroom (in volume) vrij, waarom het dus wenselijk om de toegestane lozingscapaciteit van de RO te vergroten (van huidige 12.000 m³/dag naar 15.000 m³/dag). PWN wil om deze reden de capaciteit van de huidige installatie vergroten door simpelweg de installatie zelf groter te maken, waardoor hogere capaciteiten haalbaar worden. Ook is het technisch mogelijk om de huidige installatie op een hogere recovery te laten opereren, waardoor de hoeveelheid permeaat ook stijgt. Echter, de concentraties van stoffen in het concentraat worden hoger naar mate de recovery stijgt, en daarom is het wenselijk ook een verruiming van de huidige norm voor waterkwaliteit-parameters voor de RO concentraat-stroom te realiseren. Over deze onderwerpen is PWN in actief overleg de RUD.

Regelgeving:

PWN heeft, ten tijde van de aanleg van zuiveringsstation Heemskerk, vast laten leggen dat ze gebruik mochten maken van het bestaande rioolstelsel en lozingspunt van Tata Steel zodat er niet een nieuwe afvoerleiding naar een nieuw te realiseren lozingspunt hoefde te worden gemaakt. Kosten voor lozing van de concentraat-stroom worden bepaald door Rijkswaterstaat (RWS), aangezien de lozing plaatsvindt op de buitenhaven van IJmuiden wat een door RWS beheerd waterlichaam is. Verder heeft PWN te maken met het Hoogheemraadschap Holland Noorder Kwartier. Toezichthouder lozing: rijksuitvoeringsdienst ijmond (RUD, onderdeel van RWS). Communicatie tussen PWN en de RUD loopt soepel, gesprekken zijn constructief over verruiming van de huidige lozingsnorm.

Toekomst:

PWN heeft voor de toekomst geen directe ambities om selectief stoffen terug te (gaan) winnen uit de concentraat-stroom; de complexiteit die dit toe zou voegen aan de huidige waterzuivering (en de daarmee gepaarde kosten) zijn reden om hiervan af te zien. Het mengen / gecombineerd lozen van de RO concentraat-stroom met RWZI-effluent op het oppervlaktewater ziet PWN niet als een goede manier van concentraatmanagement, aangezien er tijdens het gebruik van drinkwater naar RWZI effluent: - kwelwater, -regenwater, -drugs, -medicijnen, -hormonen, -gewasbeschermingsmiddelen, -consument-producten & -zouten (bijvoorbeeld door de remineralisatie) toegevoegd worden aan de oorspronkelijk onttrokken stroom uit het IJsselmeer.

PWN ziet wel toekomst in het verregaand zuivering van rioolwaterzuivering-effluent, om dit vervolgens te gebruiken als influent voor de drinkwaterwaterproductie, al dan niet met een infiltratiestap tussen effluent RWZI en influent drinkwaterzuivering. Een eventuele combinatie van waterschap en drinkwaterbedrijf welke zorg draagt voor de afbraak van drugs, medicijnen, hormonen en gewasbestrijdingsmiddelen in RWZI effluent zou wat PWN betreft de beste optie zijn om de waterketen te sluiten. Wel ziet PWN met name twee uitdagingen voor deze toekomstvisie:

- de waterkwaliteit van RWZI effluent voldoet niet aan de huidige ruw-water norm voor drinkwaterproductie
- Psychologisch aspect 'ik ga niet mijn eigen urine drinken'.

Samengevat; in de nabije toekomst koerst PWN aan op verruiming van de huidige lozingsvergunningen en het toekomstige beleid zou gericht moeten zijn op het circulair maken van de waterkringloop door bijvoorbeeld nabehandeld RWZI effluent als bron (na infiltratie) voor drinkwater te gebruiken.

Interview-invullijst voor BO huidige en toekomstige praktijk concentraatmanagement		
	Datum:	21-jun-19
	Naam waterleidingbedrijf:	PWN
	Aanwezige personen:	Herman Smit
	Proces-technische vragen	Antwoordeveld vraag (invullen en/of doorhalen wat niet van toepassing is)
1.1	Hoe ziet de totale waterzuivering er in blokschema uit?	zie tabblad blokschema
1.2	Op welke punten in het blokschema worden er toevoegingen gedaan?	coagulatie, RO
1.3	Kunt u per in 1.2 genoemde toevoeging aangeven:	
1.3a	-welke hoeveelheden er per tijdseenheid van een specifieke toevoeging gedaan worden?	Coagulatie: 20mg/l Fe en 4 mg/l wispro, RO: 2mg/l antiscalant
1.3b	-op welke manier wordt de toevoeging aan het water toegevoegd?	Continue en constant / continue en niet-constant / intervalsgewijs
1.4	Wat is het influent-debiet, permeaat-debiet en het concentraat-debiet van de RO/NF?	2500, 2000, 500
1.5	Wat is de gemiddelde waterkwaliteit van het influent, permeaat en concentraat van de RO/NF?	zie tabel 1
1.6	Wordt de concentraat-stroom van de RO/NF apart of gecombineerd verwerkt samen met andere rest-stromen?	Apart / gecombineerd (indien gecombineerd, graag vermelden welke stromen)
1.7	Uit welke stappen bestaat de verwerking van elk van de aanwezige (gecombineerde) rest-stromen?	Lozing
	Vragen over de waterbron(nen)	
2.1	In welke categorie valt het watertype wat de zuivering aan het begin binnenkomt?	Anaeroob-grondwater / aeroob-grondwater / oppervlaktewater / overig, namelijk
2.2	Wat is het debiet waarmee het water de zuivering binnenkomt?	3000-12000m3/h
2.3	Wat is de gemiddelde waterkwaliteit van het water wat de zuivering binnenkomt?	zie tabel 1
2.4	Op welke manier wordt het water uit de bron onttrokken?	Continue en constant / continue en niet-constant / intervalsgewijs
	Vragen aangaande wet- en regelgeving	
3.1	Is het concentraat een technisch, praktisch of regelgeving-technisch probleem?	Geen probleem
3.3	Welke instanties zijn betrokken bij de huidig toegepaste manier van concentraat-verwerking?	Rijkswaterstaat
3.4	Hoe loopt de communicatie met deze betrokken instanties?	Soepel / streef
		eens per jaar / kwartaal / maand / week / dag / geen contact
	Specifieke vragen over de concentraat-stroom	
4.1	Wat is de huidige concentraatstrategie voor de rest-stroom uit het RO/NF proces?	Lozing / behandeling / hergebruik
4.2	Zijn er problemen voorzien met de huidige praktijk van concentraat-verwerking richting de toekomst en zo ja, welke?	Nee
4.2a	Zijn de mogelijk voorziene problemen met het verwerken van de concentraatstroom direct te relateren aan stoffen die aanwezig zijn in de concentraatstroom?	Nee / ja, de probleemgevende stoffen zijn
4.2b	Welke initiatieven lopen er op dit moment om de voorziene problemen (met deze stoffen) het hoofd te bieden?	geen
	Toekomstscenario vragen	
5.1	Als u alle betrokken instanties (rioolwaterzuiveringen, waterschappen, overheid, technologie-partners) rondom concentraatverwerking bij elkaar heeft zitten en u mocht beslissen wat er over concentraatverwerking afgesproken zou worden, welke huidige afspraken zou u dan toevoegen / verwijderen / aanpassen ten opzichte van de huidig gemaakte afspraken?	Verruiming van de huidige vergunning
5.2	Welke van de 3 genoemde oplossingsrichting zou u aanbevelen, kijkend naar uw eigen specifieke concentraat-stroom, op het gebied van concentraatmanagement en waarom?	Concentraat-lozing / concentraat-behandeling / concentraat-hergebruik
5.3	Is er nog relevante informatie omtrent de huidige en toekomstige praktijk van NF/RO concentraat management die niet in deze vragenlijst naar voren is gekomen?	Nee

Vraagnummer	Parameter	Waarde	Eenheid
1.4 - Influent	Debiet	2560	m3/h
1.4 - Permeaat	Debiet	2050	m3/h
1.4 - Concentraat	Debiet	510	m3/h
1.5 - Influent	EGV	60-75	mS/m
	NO3	1-10	mg/l NO3
	PO4	0,02 - 0,08	mg/l PO4
	TOC	2-5	mg/L C
1.5 - Permeaat	EGV	2-6	mS/m
	NO3	-	mg/l NO3
	PO4	-	mg/l PO4
	TOC	0-0,3	mg/L C
1.5 - Concentraat	EGV	260-350	mS/m
	NO3	5-45	mg/l NO3
	PO4	-	mg/l PO4
	TOC	-	mg/L C
2.2	Debiet	3200	m3/h
2.3 - Waterbron	EGV	45-70	mS/m
	NO3	1-12	mg/l NO3
	PO4	0,03-0,08	mg/l PO4
	TOC	5-8	mg/L C
Probleemstoffen			

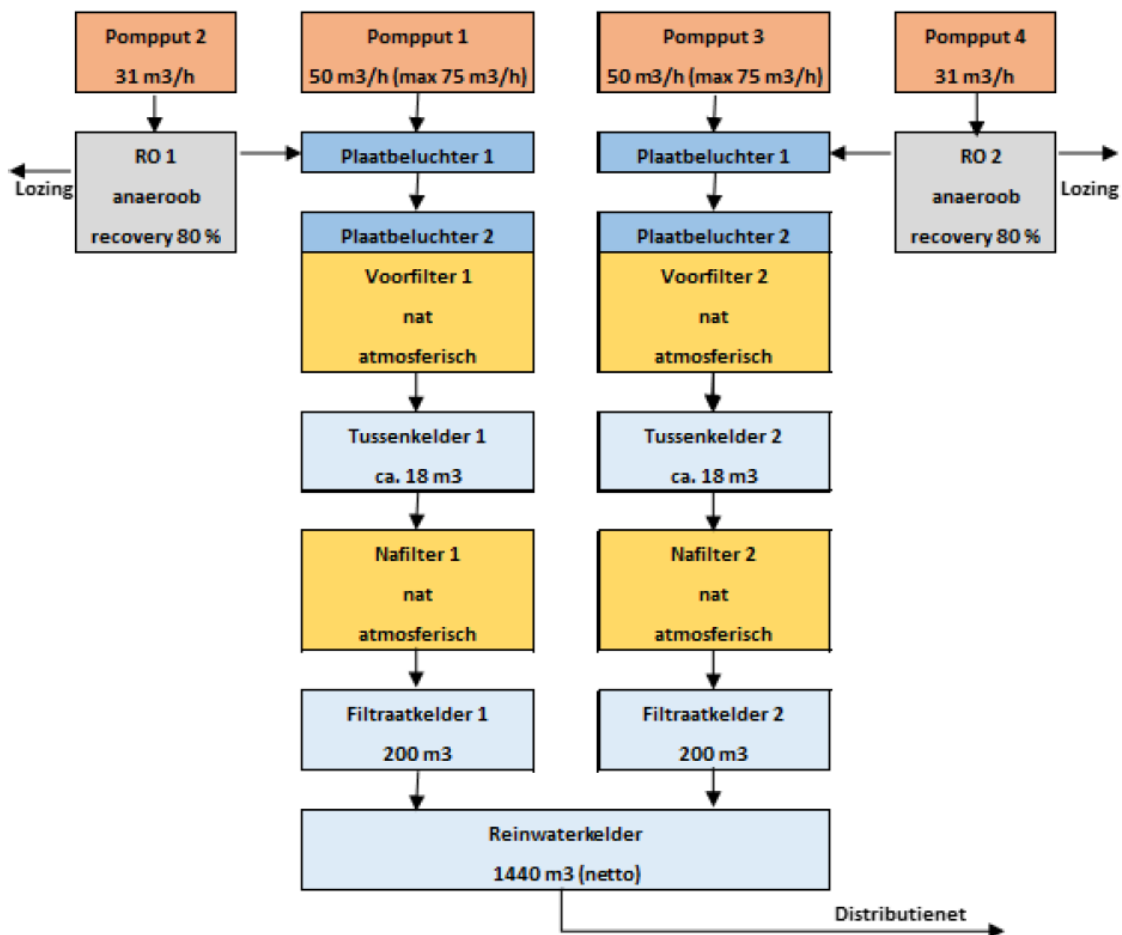
Hoofdstappen waterzuiveringstrein							
Debiet	4*3000	6*1500	12*800	2700	3380	2500	
EGV	zie tabel 1						
NO3							
PO4							
TOC							
	200 µm trommelzeven	coagulatie / sedimentatie	Upflow zandfiltratie	deelstroom AKF	Ultrafiltratie	RO	
	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
Debiet							
EGV							
NO3							
PO4							
TOC							
Toevoegingen / splitsingen van en aan waterstroom door hoofdzuivering							

VII Samenvatting & vragenlijst interview WMD

Samenvatting interview WMD met Henk Brink (manager strategie en kwaliteit) & Simon Dost (expert techniek) 10-7-2019

Algemeen:

WMD produceert drinkwater voor haar klanten uit grondwater wat onttrokken wordt uit grondlagen die op 50 tot 100 meter diepte liggen met een verzorgingsgebied-brede capaciteit van circa 45 miljoen m³/jaar. Het overgrote deel van de zuiveringen bestaat uit een klassieke grondwaterzuivering (beluchting gevolgd door zandfiltratie). Op productielocatie Zuidwolde (één miljoen m³/jaar) wordt sinds 2006 reverse osmosis (RO) toegepast twee van de in totaal 4 actieve pompputten (zie schema hieronder). Directe aanleiding voor toepassen van RO op deze locatie was het toenemende aantal klachten van klanten over de hardheid (destijds: 1,8 mmol/L, huidige bedrijfsnorm: 1,4 mmol/L) en kleur van het water.



Naast drinkwater heeft WMD tot voor kort ook een industrietak van het bedrijf welke een tweetal industriële RO installaties onder beheer hadden: de Ultrapuurwaterfabriek (UPW) op de locatie van de rioolwaterzuivering van Emmen en één installatie op het terrein van Cabot Norit in Klazienaveen. Buiten dat verzorgde de industrietak van WMD ook de watervoorziening van dierenpark Emmen. In het visiedocument 2019-2040 (WMD, 2018) beschrijft WMD de intentie om zich puur op drinkwaterproductie te gaan focussen en daarmee afscheid te nemen van de industriële tak van het bedrijf en de samenwerking met dierenpark Emmen. Daarnaast zal op zuiveringslocatie Beilen op korte termijn gestart worden met de realisatie van een deelstroom-RO zuivering (ca. vier miljoen m³/jaar), waarvan circa drie miljoen m³/jaar zal worden geleverd aan Vitens. Het distributienetwerk van WMD is over het algemeen goed verbonden en in (met name) het zuidwestelijke gedeelte van het verzorgingsgebied wordt de komende jaren de aansluiting verbeterd.

Beschrijving concentraatstromen

RO Zuidwolde:

Het anaerobe grondwater wordt, na dosering van anti-scalant (Permatreat 191, 2-3 mg/L), direct over de RO geleid en na beluchting komen de in de concentraat-stroom aanwezige stoffen (Ba, SO₄, CO₃, Ca, Mg, Fe, Mn, N, P, As, CH₄, N) uit oplossing en/of worden uitgeblazen en daarmee (voor een deel) verwijderd uit de waterfase. Het uitgevlokte materiaal bezinkt vervolgens in een bezinkvijver en de resterende toplaag wordt geloosd op een nabijgelegen wetering (Noordink & Bruins, 2019). De waterkwaliteit van het op het oppervlakte geloosde water wordt eens per jaar gecontroleerd door het waterschap. Het slib wordt eens per 4 jaar gebaggerd uit de bezinkvijver en gedroogd op een slib-veld waar het eens per 10 tot 15 jaar wordt afgevoerd voor gebruik als grondvulmiddel (laagwaardige toepassing).

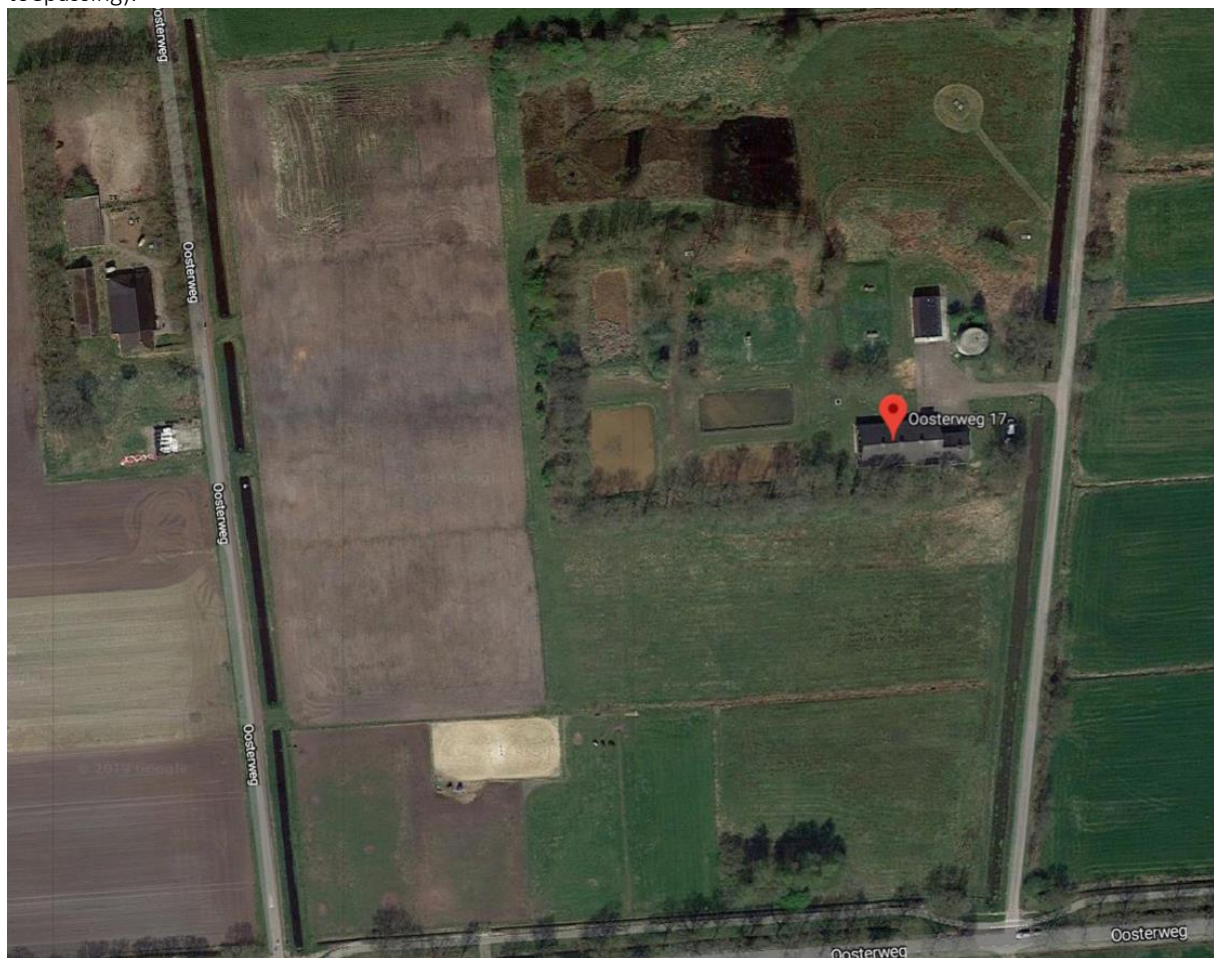


Figure 7-1: Overzicht van locatie waar de deelstroom RO installatie in Zuidwolde gelokaliseerd is

Een mogelijk alternatief proces-design in Zuidwolde is aerobe RO, waar het anaerobe grondwater voorafgaand aan de RO behandeling achtereenvolgens wordt belucht en door een snel zandfilter gefilterd zou worden. De spoelwaterstroom die hierbij vrijkomt is rijk in ijzer (circa 10%) en organisch materiaal en kan als hoogwaardig product worden hergebruikt (bijvoorbeeld in de steen-industrie of in bio-vergassers). Het van ijzer, mangaan, arseen, methaan en fosfor ontdane grondwater zou dan, na concentratie door de RO, direct op het oppervlaktewater geloosd kunnen worden. Aangezien de zoutgehaltes van het grondwater van WMD dermate laag zijn dat het na concentratie door RO nog steeds niet bijzonder zout is, is met name de nitraat-concentratie in de concentraatstroom van belang voor het wel of niet mogen lozen van de concentraatstroom op het oppervlaktewater. Deze vorm van concentraat-behandeling wordt op dit moment niet toegepast in Zuidwolde gezien de lage capaciteit van de gehele zuivering en daarmee de geringe kosten voor afvoer van het slib uit de bezinkvijver. In dit alternatieve aerobe RO scenario zijn namelijk wel meerdere zuiveringsstappen nodig en is vervuiling van de RO ook iets waar rekening mee moet worden gehouden.

RO Ultrapuurwaterfabriek:

Rioolwaterzuivering (RWZI) Emmen loost benedenstreams op oppervlaktewater waar de Ultrapuurwaterfabriek (UPW) voedingswater vandaan haalt. De concentraatstroom die hierbij vrij komt wordt bijgemengd bij de influentstroom van de RWZI. Doordat de UPW en de RWZI Emmen niet direct op elkaar zijn aangesloten en het tussenliggende oppervlaktewaterlichaam doorstroomt, overstijgen de concentraties de normen niet door middel van continue indirecte hercirculatie over de RO. Het oppervlaktewaterlichaam is onder beheer van waterschap Vechtstromen.

RO Cabot Norit:

De RO plant op het terrein van Cabot Norit bevindt zich precies op de grens tussen twee waterschappen: waterschap Vechtstromen en waterschap Hunze en Aa's; op de 'erfgrens' ligt een waterpeil-regulerende dam in het water. Voedingswater van de plant wordt voorzien door het deel van het waterlichaam wat onder toezicht van waterschap Vechtstromen staat. Na behandeling met RO (en levering van demiwater aan Cabot Norit) wordt de concentraatstroom gemengd met afvalwater van Cabot Norit om vervolgens gemengd geloosd te worden op het oppervlaktewater onder beheer van Hunze en Aa's. WMD heeft destijds projecties van de concentraatstroom aangeleverd bij Cabot Norit en heeft verder geen lozingseis/vergunning plicht jegens een van de betrokken waterschappen. Ontrekking en voorzuivering vindt inmiddels plaats gezamenlijk met gietwater Klazienaveen op locatie nabij een voormalige zandwinplas

Huidige situatie:

WMD voorziet op de korte en middellange termijn geen problemen wat betreft waterkwantiteit; de grondwaterwinvelden worden niet op hun maximale capaciteit bedreven. Wat betreft waterkwaliteit zijn er op de korte termijn problemen met organische microverontreinigingen op een aantal winningen. De bronnen zijn stabiel wat betreft zoutgehalte en op sommige locaties waar zich upconing voordoet kan met behulp van putschakelingen het zoutgehalte binnen de norm gehouden worden.

De winvelden rondom pompstation Beilen produceren water met een hardheid van circa 2.1 mmol/L wat een significant hogere hardheid is dan de huidige bedrijfsnorm van 1.4 mmol/L totale hardheid. Dit wordt op dit moment opgelost door het water uit Beilen te mengen met onthard water uit Assen, waardoor de hardheid wordt verlaagd tot 1,8 mmol/L. Daarmee wordt nog niet voldaan aan de nieuwe bedrijfsnorm. Ontharding gebeurt nu (op PS Zuidwolde na) door middel van pellet-reactoren op twee locaties (Assen en Hoogeveen).

Op zuiveringsstation Zuidwolde wordt het gevormde slib (na beluchting) eens per 4 jaar uit de bezinkvijver gebaggerd en uitgespreid op een droogveld. Deze droogvelden worden eens per 10-15 jaar afgegraven en (in samenwerking met Aquaminerals) als vulmiddel afgezet op de markt. De reden dat er geen aerobe RO draait en er slib voor hoogwaardige toepassing wordt geproduceerd heeft te maken met de beperkte capaciteit van zuiveringsstation Zuidwolde. Bovendien is de lage capaciteit ook de voornaamste reden dat er geen pellet ontharding (korrelreactor) geplaatst is, aangezien een enigszins efficiënte pellet reactor al snel een te grote capaciteit krijgt voor het totale jaarlijkse debiet. Daarnaast pasten korrelreactoren fysiek niet in de bestaande gebouwen. Een RO behandelingsstap paste wel in de bestaande bebouwing (zonder beluchting en zandfiltratie weliswaar) en verwijderd naast hardheid ook OMP's en een deel van de kleuring van het water (opgeloste organische stof). Hierdoor is destijds de afweging gemaakt om een RO unit neer te zetten, die tegenwoordig al enkele jaren volledig operationeel is.

"Probleem" met huidige aanpak:

Op dit moment zijn er geen problemen op het gebied van waterkwantiteit en waterkwaliteit waar WMD acuut iets mee moet. In de zomer van 2018 was sprake van een lichte overschrijding van de maximaal toegestane onttrekkingscapaciteit, maar gezien de uitzonderlijk droge zomer is dit geen structureel probleem. Wel zijn er op middellange termijn diverse ontwikkelingen waar WMD nu op geanticipeerd door plannen te maken voor deelstroom-RO installaties op de zuiveringsstations. Hieronder staat een korte beschrijving van deze ontwikkelingen:

-Organische microverontreinigingen

Eenzijds door toenemende concentraties in het oppervlaktewater (lozingen door industrie, accumulatie) en daarmee ook in het ondiepe grondwater en anderzijds door nieuwe meetmethoden, technologische vooruitgang in (detectiegrenzen van) analyseapparatuur en nieuwe wet- en regelgeving, vormen organische microverontreinigingen mogelijk een bedreiging voor de toekomstige leveringszekerheden van de diepgelegen grondwater winvelden. De winningen in Leggeloo, Gasselte en Noordbargeres zijn reeds geïdentificeerd als winningen waar incidentele en lichte normoverschrijding verwacht worden / plaatsvinden (bentazon in Noordbargeres in 2018/2019). In het geval van plotselinge stijgingen in concentraties of structurele overschrijding van de normen, wordt een (anaeroob) koolfilter voorzien als oplossing.

-Nitraat

WMD is zich ervan bewust dat in de ondiepe ondergrond nitraatconcentraties gestegen zijn tot circa 200 mg/L ten gevolge van stikstofuitstoot (ammonia) door uitstoot van de glastuinbouw, industrie, verkeer en landbouwsector. Het effect hiervan is drieledig: toenemende stikstofconcentraties in steeds dieper gelegen grondlagen, stijgende totale hardheid en bicarbonaat concentraties in het onttrokken water door nitrificatieprocessen in de zuurstofloze ondergrond en denitrificatie waarbij in de grond aanwezige pyriet (FeS_2) wordt geoxideerd waarbij nikkel gemobiliseerd wordt en totale hardheid en bicarbonaat concentraties nog verder stijgen. Voor verwijdering van nikkel uit het water heeft WMD goede ervaringen met filtratie over een marmerfilter. Daarnaast denkt WMD erover om RO membranen te plaatsen die een lage retentie hebben voor ammoniak, zodat het in het grondwater aanwezige ammoniak zoveel mogelijk in het permeaat terecht komt om vervolgens in het conventionele deel van de waterzuivering biologisch omgezet te worden naar nitraat in zandfilters.

Op dit moment wordt het water op twee WMD pompstations onthard door middel van pellet reactoren. Er kleven echter een aantal nadelen aan pellet reactoren, die WMD ertoe bewegen om RO toe te gaan passen in de toekomst. De voornaamste nadelen van pellet-reactoren die WMD ziet zijn:

- de vorming van micro-kristallen die verwijderd moeten worden voordat het water gedistribueerd kan worden
- pellet-reactoren vormen geen barrière voor organische microverontreinigingen
- kalk/calciëet gebruik welk een aanzienlijke CO_2 footprint oplevert (winning, transport en regeneratie) en waarvan een eindige voorraad bestaat (niet-hernieuwbare grondstof)
- verminderde toepasbaarheid op kleine schaal (een efficiënte pellet reactor is al snel te groot voor de kleinere pompstations, redundantie van de zuiveringsonderdelen buiten beschouwing latend).

De nadelen van RO (concentraatstroom verwerking, waterverlies en hoog energieverbruik) wegen volgens WMD, mede gezien de hierboven beschreven trends en nog onbekende uitdagingen in de toekomst, minder zwaar ten opzicht van pellet reactor ontharding. Kritische parameters betreft de concentraatlozing op het oppervlaktewater zijn nitraat en humuszuren (CZV). Om dit het hoofd te bieden wordt gedacht aan het verlagen van de recovery, waardoor de uiteindelijke concentraties van deze stoffen in de concentraatstroom lager zijn en daarmee wel geloosd kunnen worden op het oppervlaktewater. Deze maatregel heeft als nadeel dat er meer water dan technisch nodig is geloosd wordt op het oppervlaktewater en daarmee ook onttrokken worden uit diepe watervoerende pakketten. Andere optie is het plaatsen van ionenwisseling voor de RO (haalt ammoniak en humuszuren (CZV) eruit), waardoor de RO op hogere recovery kan draaien en er enkel een oplossing gevonden moet worden voor de regeneraat-stroom van de ionenwisselaar.

De ervaring van WMD met de betrokken waterschappen is dat ze zich meewerkend opstellen voor de ontwikkeling van activiteiten en bedrijvigheid. Voor WMD als drinkwaterbedrijf is dit zeker gunstig, maar WMD is zich ook bewust dat deze waterschappen eenzelfde houding kunnen hebben richting industriële partijen wat mogelijk negatieve effecten kan hebben voor de waterkwaliteit in het algemeen.

Regelgeving:

WMD heeft wat betreft regelgeving met name te maken met verschillende waterschappen. Op zuiveringsstation Zuidwolde meet Waterschap Drents Overijssel delta zelf incidenteel het water wat uit de bezinkvijver overloopt naar het oppervlaktewater (bezinkvijver wordt gevoed met een combinatie van spoelwater van zandfilters en anaerobe RO concentraat); toetsing van de norm vindt dus niet plaats op de concentraat-stroom an-zich maar op het mengwater, na bezinking van de neergeslagen stoffen.

WMD vindt het logisch dat er voor wat betreft de lozingsnormen limieten worden gesteld aan stikstof, fosfaat en chemisch zuurstof verbruik (CZV). Het is echter de vraag in hoeverre de lozing van ionen zoals calcium en magnesium voor negatieve effecten teweeg brengen aan het ecosysteem.

Toekomst:

WMD ziet op dit moment geen andere manier van concentraatbehandeling en/of –hergebruik dan het afzetten van ijzerrijke slib als hoogwaardig product aan de steen-industrie en/of biovergassers. Om verontreiniging van dit slib met zouten te voorkomen, moet het anaerobe grondwater eerst belucht en vervolgens gefilterd worden door een zandfilter (het aerobe RO concept). Deze vorm van concentraatmanagement zal hoogstwaarschijnlijk toegepast gaan worden op het nieuw te bouwen zuiveringsstation Beilen. Wanneer er anaerobe RO gevolgd door beluchting van het concentraat wordt toegepast, is een gecompliceerde concentraatbehandeling nodig alvorens er een hoogwaardigere toepassing gevonden kan worden voor het slib wat zich vormt in dat proces. Ervaringen uit het verleden hebben uitgewezen dat arseen concentraties in calcium-zouten voldoende laag moeten zijn voordat er rendabele afzetmogelijkheden beschikbaar zijn, er schuimvorming optreedt bij beluchting van water wat rijk is aan methaan en TOC, stijging in pH ten gevolge van het concentreren en de daaraan gekoppelde kalkafzetting tijdens beluchting van de concentraatstroom en het kosteneffectief en tijd efficiënt bedrijfsvoeren van een concentraatbehandelingsproces (vooral bij lage capaciteiten) een uitdaging is. WMD vraagt zich om deze redenen af of anaerobe RO überhaupt toekomst heeft en of het dus niet beter zou zijn om aerobe (deelstroom) RO toe te passen op al de zuiveringslocaties, te beginnen bij zuiveringsstation Beilen. Gezien de stabiele kwaliteit van het grondwater en de door de waterschappen gestelde lozingsnormen, is er ook geen noodzaak om naar een andere manier van concentraatmanagement te streven bij WMD. Er zijn op dit moment een drietal kandidaten voor ontvangend waterlichaam voorzien voor de concentraat-stroom die vrij zal komen uit zuiveringsstation Beilen waarvan de Beilervaart de meest aannemelijke is gezien het feit dat de plaatselijke rioolwaterzuivering ook loost op dit waterlichaam.

Aangezien het aannemelijk is dat toekomstige eisen voor lozing op oppervlaktewater eerder verscherpt dan versoepeld zullen worden, is het niet ondenkbaar dat Waterschap Drents Overijssel delta de lozingsnorm voor bijvoorbeeld fosfor aan zal scherpen; in dit geval zal WMD hier op gepaste manier op moeten anticiperen. Dit zou, indien nodig, kunnen door extra dosering van ijzer zout.

Interview-invullijst voor BO huidige en toekomstige praktijk concentraatmanagement		
	Datum:	4-jul-19
	Naam waterleidingbedrijf:	WMD
	Aanwezige personen:	Henk Brink en Simon Dost
	Proces-technische vragen	Antwoordveld vraag (invullen en/of doorhalen wat niet van toepassing is)
1.1	Hoe ziet de totale waterzuivering er in blokschema uit?	zie bijlage
1.2	Op welke punten in het blokschema worden er toevoegingen gedaan?	voeding RO
1.3	Kunt u per in 1.2 genoemde toevoeging aangeven;	anti scalant
1.3a	-welke hoeveelheden er per tijdseenheid van een specifieke toevoeging gedaan worden?	2 a 3 ppm
1.3b	-op welke manier wordt de toevoeging aan het water toegevoegd?	continue
1.4	Wat is het influent-debiet, permeaat-debiet en het concentraat-debiet van de RO/NF?	2 x 31,3 m3/h in deelstroom
1.5	Wat is de gemiddelde waterkwaliteit van het influent, permeaat en concentraat van de RO/NF?	ruw anaeroob grondwater/
1.6	Wordt de concentraat-stroom van de RO/NF apart of gecombineerd verwerkt samen met andere rest-stromen?	gecombineerd met spoelwater van filters
1.7	Uit welke stappen bestaat de verwerking van elk van de aanwezige (gecombineerde) rest-stromen?	beluchting - bezinking in drie in serie geschakelde bezink vijvers
1.8	Kunt u inschatten hoeveel energie er gebruikt wordt voor de huidige manier van concentraat-behandeling?	geen
	Vragen over de waterbron(nen)	
2.1	In welke categorie valt het watertype wat de zuivering aan het begin binnenkomt?	Anaeroob
2.2	Wat is het debiet waarmee het water de zuivering binnenkomt?	maximaal 180 m3/h
2.3	Wat is de gemiddelde waterkwaliteit van het water wat de zuivering binnenkomt?	zie projectie berekening in bijlage
2.4	Op welke manier wordt het water uit de bron onttrokken?	intervalsgewijs
	Vragen aangaande wet- en regelgeving	
3.2	Welke alternatieve verwerkingsmogelijkheden van de concentraat-stroom zijn er naast de huidige in gebruik?	geen
3.3	Welke instanties zijn betrokken bij de huidig toegepaste manier van concentraat-verwerking?	waterschap
		Algemene indruk: uitstekend
	Specifieke vragen over de concentraat-stroom	
4.1a	Ruimte voor het geven van een korte toelichting op vraag 4.1	in zuidwilde wordt gebruik gemaakt van voormalige bezinkvijvers, Op PS Beilen zetten we over een aantal jaren een deelstroom RO in op drinkwater, daar is geen behandeling noodzakelijk
4.2	Zijn er problemen voorzien met de huidige praktijk van concentraat-verwerking richting de toekomst en zo ja, welke?	Nee / ja, de probleemgevende stoffen zijn:
4.2a	Zijn de mogelijk voorziene problemen met het verwerken van de concentraatstroom direct te relateren aan stoffen die aanwezig zijn in de concentraatstroom?	Nee
4.2b	Welke initiatieven lopen er op dit moment om de voorziene problemen (met deze stoffen) het hoofd te bieden?	
	Toekomstscenario vragen	
5.1	Als u alle betrokken instanties (rioolwaterzuiveringen, waterschappen, overheid, technologie-partners) rondom concentraatverwerking bij elkaar heeft zitten en u mocht beslissen wat er over concentraatverwerking afgesproken zou worden, welke huidige afspraken zou u dan toevoegen / verwijderen / aanpassen ten opzichte van de huidig gemaakte afspraken?	
5.2	Welke van de 3 genoemde oplossingsrichting zou u aanbevelen, kijkend naar uw eigen specifieke concentraat-stroom, op het gebied van concentraatmanagement en waarom?	Concentraat-lozing- indien nodig behandelen
5.3	Is er nog relevante informatie omtrent de huidige en toekomstige praktijk van NF/RO concentraat management die niet in deze vragenlijst naar voren is gekomen?	

VIII Samenvatting interview AquaMinerals

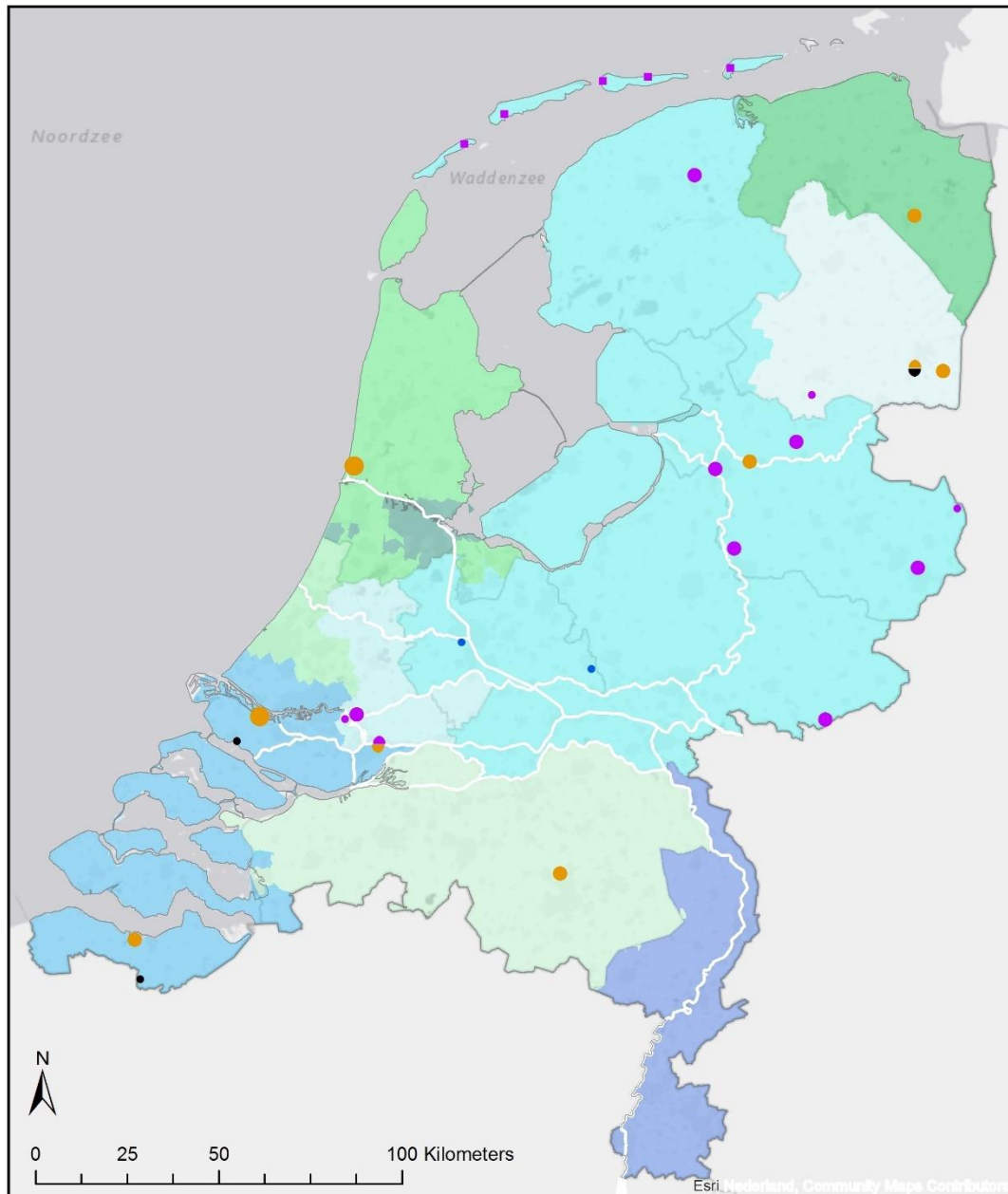
Samenvatting interview Olaf van der Kolk 18-6-2019

Brijn / concentraat-stromen van RO/NF zijn eigenlijk helemaal niet zo geconcentreerd als de naam doet vermoeden. Waardevolle componenten zijn (over het algemeen in lage concentraties) aanwezig maar bevinden zich wel in een complexe matrix (in een oplossing met een veelheid aan stoffen en verbindingen). Omdat het op dit moment ontbreekt aan technologie die kosteneffectief zeer specifiek bepaalde componenten uit deze matrix kan halen, is het behandelen of hergebruiken van concentraat-stromen tot op heden (financieel) niet haalbaar. AquaMinerals ziet concentraat daarmee als één van de moeilijkste te behandelen en verhandelen stromen. Lozing van concentraat is daarmee de gemakkelijkste en meest huidige toegepaste 'oplossing' voor concentraat-stromen. Evides loost bijvoorbeeld op het brakke oppervlaktewater, Oasen loost op het riool en PWN infiltreert in een diepe grondlaag. Van het Ministerie van I&M begrijpt Olaf dat er op dit moment een toenemende hoeveelheid aanvragen zijn voor lozingsvergunningen voor concentraatstromen, van verschillende (afval-)water behandelaars.

Het landelijke beleid is gericht op het hergebruik van reststoffen en teruggewonnen grondstoffen. Dit beleid is deels opgenomen in bijvoorbeeld de Meststoffen-Wet, het besluit Bodemkwaliteit en hebben verschillende partijen het grondstofakkoord getekend waarin men onder andere afspraken heeft gemaakt om primaire grondstoffen te vervangen door secundaire. Echter, de technologie, de stoffen en/of de toepassingen zijn zo nieuw, dat bestaande regels 'achterlopen' op de praktijk en een goed normkader derhalve ontbreekt. Een voorbeeld zijn de uit brijn gewonnen humus- en fulvinezuren die ingezet kunnen worden –onderbouwd door onderzoek- als biostimulant. Echter, voor biostimulaten bestaat nog geen goed wetgevend kader, waardoor er onzekerheid bestaat bij ketenpartners. Een andere uitdaging is dat het beleid soms per gemeente / provincie / land anders wordt 'vertaald', hetgeen leidt tot rechtsonzekerheid. Als een concentraat stroom niet langer als afvalstroom wordt gezien, en dus de afval-status verliest, maakt dit overigens regelgeving-technisch de weg veel eenvoudiger voor hergebruik toepassingen.


Om in de toekomst tot andere manieren van concentraat-management te komen, denkt AquaMinerals onder andere aan gerichte absorptie van bepaalde stoffen in het concentraat aan een absorbens. Dit zouden ijzerpellets kunnen zijn, die na verzadiging thermisch of chemisch in verschillende fracties worden gescheiden. Een vergelijkbaar proces zou plaats kunnen vinden met actief kool, waarbij het volgeladen kool verbrand wordt waarna mogelijk waardevolle componenten overblijven. Binnen de Universiteit van Wageningen doet Job Claushuis (job.claushuis@wur.nl; 06-11001966) onderzoek naar het terugwinnen van metalen door biosorptie: specifieke soorten planten op een ijzerslib veld halen met hun wortels specifiek bepaalde metalen uit de ondergrond geabsorbeerd en door de planten te oogsten kunnen deze metalen na vergisting van het plant-materiaal teruggewonnen worden. Deze manier van terugwinnen van waardevolle componenten zou wellicht ook op brijn- of concentraatstromen toegepast kunnen worden. Ook wordt er gekeken naar het selectief absorberen van calcium en magnesium ionen bij ontharding en deze stroom gebruiken om RO permeaat te remineraliseren.

IX Overzichtskaart NF/RO installaties drinkwater & industriewater



NF/RO installaties in beheer van Nederlandse drinkwaterbedrijven, 2019. t.b.v. Industriewater en Drinkwater

Type: ■ NF ● RO		Distributiegebieden waterbedrijven	
Capaciteit: ■ ● 0 - 100 m ³ /h ■ ● 100 - 1000 m ³ /h ■ ● > 1000 m ³ /h		■ Brabant Water ■ Vitens ■ Dunea ■ WMD ■ Evides ■ WML ■ Oasen ■ WBGr ■ PWN ■ Waternet	
Bron: ● Drinkwater ● Grondwater ● Oppervlaktewater ● Afvalwater		Bron: Nederlandse Waterbedrijven 2019	



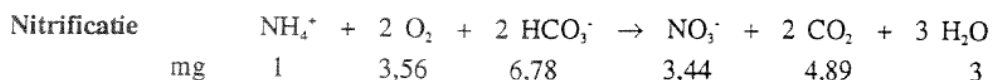
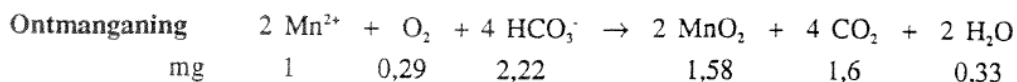
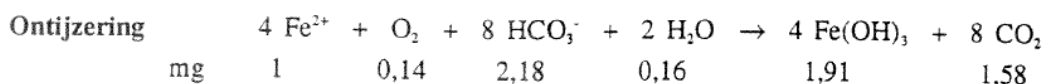
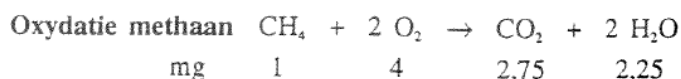
GIS operator:	B.W. Raterman
Datum:	04/03/2020
Versie:	definitief

X Chemische reacties in/tijdens zandfiltratie

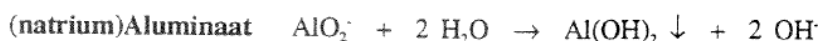
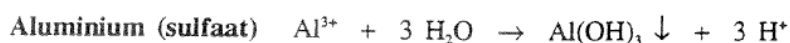
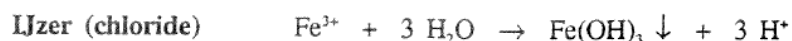
OVERZICHT FORMULES

Grondwater:

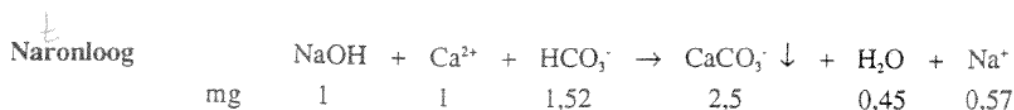
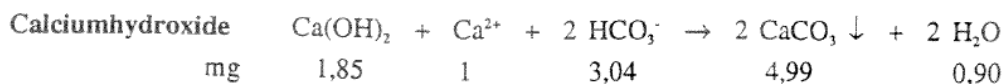
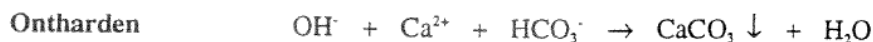
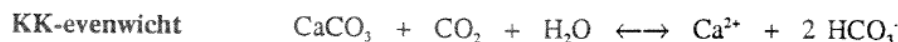
In volgorde van optreden tot het zuurstofgehalte is < 0,5 mg/l.



Oppervlaktewater:



pH-correctie



$$\text{pH} = \text{pKz} + \text{Log} [\text{HCO}_3^-]/[\text{CO}_2] \quad (\text{pKz} = 6,36)$$

XI Detail-overzicht scenariostudie

XI.I Grondwater

RO gebaseerd (50% recovery)	Brak grondwater		Gedetailleerde overzichtstabel													
			Samenstelling voedingswater	Samenstelling productwater	Samenstelling productwater	Samenstelling reststroomwater	Samenstelling reststroomwater	Samenstelling reststroomwater	Component		Totale load voedingswater	Totale load productwater	Totale load reststroomwater	Externe input	In-situ gegeneerd	Geadsorbeerd / in-situ verwijderd of omgezet
			per m3 voedingswater	per m3 voedingswater	per m3 productwater	per m3 voedingswater	per m3 productwater	per m3 reststroomwater	Eenheid	Eenheid	Totale load in 2400 m3	Totale load in 1188 m3	Totale load in 1212 m3	Totale load	Totale load	Totale load
Opkomende stoffen (Contaminant of Emerging Concern)	1.4-dioxaan	mg/m3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.4-dioxaan	mg	0	0	0.0	0.0	0.0
	AMPA	mg/m3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	AMPA	mg	0	0	0.0	0.0	0.0	0.0
	EDTA	mg/m3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	EDTA	mg	0	0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Melamine	mg/m3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	Melamine	mg	0	0	0.0	0.0	0.0	0.0
	TFA	mg/m3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	TFA	mg	0	0	0.0	0.0	0.0	0.0
Chemische parameters	CZV	g/m3	1.0	0.1	0.1	0.9	1.9	1.8	CZV	g	2400	168	2233.7	0.0	0.0	0.0
	EGV	µS/cm	12787.0	6329.6	12787.0	6457.4	13045.3	12787.0	EGV	µS/cm	3068800	15344400	15497844.0	0.0	0.0	0.0
	Kjeldahl-N	g/m3	0.1	0.0	0.1	0.1	0.1	0.1	Kjeldahl-N	g	240	120	121.2	0.0	0.0	0.0
	pH	-	7.3	3.6	7.3	3.7	7.4	7.3	pH	-	17520	8760	8847.6	0.0	0.0	0.0
	TOC	g/m3	6.6	0.0	0.0	6.6	13.3	13.0	TOC	g	15840	40	15800.8	0.0	0.0	0.0
Opgeloste gassen	CH4	g/m3	25.0	0.0	0.0	12.6	25.5	25.0	CH4	g	60000	0	30300.0	0.0	0.0	0.0
	CO2	g/m3	130.0	64.4	130.0	65.7	132.6	130.0	CO2	g	312000	156000	157560.0	0.0	0.0	0.0
	O2	g/m3	0.0	5.0	10.0	0.0	0.0	0.0	O2	g	0	12000	0.0	12000.0	0.0	0.0
Zouten	As	g/m3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	As	g	8	0	8.4	0.0	0.0	0.0
	Ca	g/m3	525.0	19.8	40.0	525.0	1060.6	1039.6	Ca	g	1260000	48000	1259984.4	47984.3	0.0	0.0
	Cl	g/m3	4897.0	24.5	49.5	4897.5	9893.9	9698.0	Cl	g	11752800	59357	11753986.5	59949.9	0.0	0.0
	Fe	g/m3	8.0	0.0	0.0	8.0	16.2	15.8	Fe	g	19200	0	19199.8	0.0	0.0	0.0
	HCO3	g/m3	332.0	29.7	60.0	332.0	670.7	657.4	HCO3	g	796800	72000	796800.0	72000.0	0.0	0.0
	Mn	g/m3	0.9	0.0	0.0	0.9	1.8	1.8	Mn	g	2160	0	2160.0	0.0	0.0	0.0
	Na	g/m3	2427.0	0.0	0.1	2427.0	4903.0	4805.9	Na	g	5824800	73	5824727.9	0.0	0.0	0.0
	NH4	g/m3	4.3	0.0	0.0	4.3	8.7	8.5	NH4	g	10320	5	10314.9	0.0	0.0	0.0
	NO3	g/m3	0.7	0.0	0.0	0.7	1.4	1.4	NO3	g	1680	4	1675.8	0.0	0.0	0.0
	PO4	g/m3	1.5	0.0	0.0	1.5	3.1	3.0	PO4	g	3600	9	3638.3	47.4	0.0	0.0
	Si	g/m3	11.7	0.0	0.1	11.6	23.5	23.1	Si	g	28014	70	27944.7	0.0	0.0	0.0
	SO4	g/m3	619.0	1.5	3.1	617.5	1247.4	1222.7	SO4	g	1485600	3714	1481923.1	0.0	0.0	0.0

Conventioneel	Zoet grondwater		Gedetailleerde overzichtstabel													
			Samenstelling voedingswater	Samenstelling productwater	Samenstelling productwater	Samenstelling reststroomwater	Samenstelling reststroomwater	Samenstelling reststroomwater	Component		Totale load voedingswater	Totale load productwater	Totale load reststroomwater	Externe input	In-situ gegenereerd	Geadsorbeerd / in-situ verwijderd of omgezet
			per m3 voedingswater	per m3 voedingswater	per m3 productwater	per m3 voedingswater	per m3 productwater	per m3 reststroomwater	Component	Eenheid	Totale load in 2400 m3	Totale load in 2280 m3	Totale load in 120 m3	Totale load	Totale load	Totale load
Opkomende stoffen (Contaminant of Emerging Concern)	1.4-dioxaan	mg/m3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.4-dioxaan	mg	0	0	0.0	0.0	0.0	0.0
	AMPA	mg/m3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	AMPA	mg	0	0	0.0	0.0	0.0	0.0
	EDTA	mg/m3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	EDTA	mg	0	0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Melamine	mg/m3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	Melamine	mg	0	0	0.0	0.0	0.0	0.0
	TFA	mg/m3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	TFA	mg	0	0	0.0	0.0	0.0	0.0
Chemische parameters	CZV	g/m3	1.0	0.5	0.5	0.5	0.6	10.5	CZV	g	2400	1140	1260.0	0.0	0.0	0.0
	EGV	µS/cm	468.0	444.6	468.0	23.4	24.6	468.0	EGV	µS/cm	1123200	1067040	56160.0	0.0	0.0	0.0
	Kjeldahl-N	g/m3	0.1	0.1	0.1	0.0	0.0	0.1	Kjeldahl-N	g	240	228	12.0	0.0	0.0	0.0
	pH	-	6.7	6.3	6.7	0.3	0.4	6.7	pH	-	16032	15230	801.6	0.0	0.0	0.0
	TOC	g/m3	6.6	1.3	1.3	5.3	5.6	106.9	TOC	g	15840	3010	12830.4	0.0	0.0	0.0
Opgeloste gassen	CH4	g/m3	25.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	CH4	g	60000	0	0.0	0.0	0.0	0.5
	CO2	g/m3	130.0	144.4	152.1	6.5	6.8	130.0	CO2	g	312000	346680	15600.0	0.0	52926.3	0.0
Zouten	O2	g/m3	0.0	4.0	4.3	0.2	0.2	4.3	O2	g	0	9707	510.9	24000.0	0.0	13782.0
	As	g/m3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	As	g	0	0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Ca	g/m3	78.0	38.0	40.0	3.9	4.1	78.0	Ca	g	187200	91200	9360.0	86640.0	0.0	173280.0
	Cl	g/m3	24.0	22.8	24.0	1.2	1.3	24.0	Cl	g	57600	54720	2880.0	0.0	0.0	0.0
	Fe	g/m3	10.0	0.0	0.0	10.0	10.5	200.0	Fe	g	24000	0	24000.0	0.0	0.0	0.0
	HCO3	g/m3	300.0	175.3	184.5	15.0	15.8	300.0	HCO3	g	720000	420614	36000.0	0.0	0.0	263385.6
	Mn	g/m3	0.2	0.0	0.0	0.2	0.3	4.8	Mn	g	576	0	576.0	0.0	0.0	0.0
	Na	g/m3	18.0	17.1	18.0	0.9	0.9	18.0	Na	g	43200	41040	2160.0	0.0	0.0	0.0
	NH4	g/m3	1.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	NH4	g	2880	0	0.0	0.0	0.0	2880.0
	NO3	g/m3	0.5	4.4	4.6	0.0	0.0	0.5	NO3	g	1200	10552	60.0	0.0	9907.2	0.0
	PO4	g/m3	0.9	0.8	0.8	0.1	0.1	2.6	PO4	g	2160	1847	313.2	0.0	0.0	0.0
	Si	g/m3	16.0	15.2	16.0	0.8	0.8	16.0	Si	g	38400	36480	1920.0	0.0	0.0	0.0
	SO4	g/m3	0.5	0.5	0.5	0.0	0.0	0.5	SO4	g	1200	1140	60.0	0.0	0.0	0.0

RO gebaseerd (75% recovery)	Zoet grondwater		Gedetailleerde overzichtstabel													
			Samenstelling voedingswater	Samenstelling productwater	Samenstelling productwater	Samenstelling reststroomwater	Samenstelling reststroomwater	Samenstelling reststroomwater	Component		Totale load voedingswater	Totale load productwater	Totale load reststroomwater	Externe input	In-situ gegenereerd	Geadsorbeerd / in-situ verwijderd of omgezet
			per m3 voedingswater	per m3 voedingswater	per m3 productwater	per m3 voedingswater	per m3 productwater	per m3 reststroomwater	Component	Eenheid	Totale load in 2400 m3	Totale load in 2040 m3	Totale load in 360 m3	Totale load	Totale load	Totale load
Opkomende stoffen (Contaminant of Emerging Concern)	1.4-dioxaan	mg/m3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.4-dioxaan	mg	0	0	0	0	0	0
	AMPA	mg/m3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	AMPA	mg	0	0	0	0	0	0
	EDTA	mg/m3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	EDTA	mg	0	0	0	0	0	0
	Melamine	mg/m3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	Melamine	mg	0	0	0	0	0	0
	TFA	mg/m3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	TFA	mg	0	0	0	0	0	0
Chemische parameters	CZV	g/m3	1.0	0.3	0.3	0.9	0.7	4.7	CZV	g	2400	696	1704	0	0	0
	EGV	µS/cm	468.0	-	-	-	-	-	EGV	µS/cm	1123200	954720	168480	0	0	0
	Kjeldahl-N	g/m3	0.1	0.1	0.1	0.0	0.0	0.1	Kjeldahl-N	g	240	204	36	0	0	0
	pH	-	6.7	-	-	-	-	-	pH	-	16032	13627	2405	0	0	0
	TOC	g/m3	6.6	0.7	0.8	7.2	6.3	39.7	TOC	g	15840	1535	14306	0	0	0
Opgeloste gassen	CH4	g/m3	25.0	12.5	11.0	4.2	3.3	20.8	CH4	g	60000	22500	7500	0	0	0
	CO2	g/m3	130.0	141.0	142.3	25.1	20.5	130.0	CO2	g	312000	290340	46800	0	26463	0
Zouten	O2	g/m3	0.0	2.1	2.4	0.1	0.1	0.7	O2	g	0	4854	255	12000	0	6891
	As	g/m3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	As	g	0	0	0	0	0	0
	Ca	g/m3	78.0	39.2	43.8	53.9	43.0	272.0	Ca	g	187200	89271	97929	0	0	0
	Cl	g/m3	24.0	12.1	13.5	16.6	13.2	83.7	Cl	g	57600	27468	30132	0	0	0
	Fe	g/m3	10.0	0.0	0.0	11.9	10.5	66.5	Fe	g	24000	45	23955	0	0	0
	HCO3	g/m3	300.0	165.0	180.9	192.9	153.9	975.0	HCO3	g	720000	369000	351000	0	0	0
	Mn	g/m3	0.2	0.0	0.0	0.3	0.3	1.6	Mn	g	576	1	575	0	0	0
	Na	g/m3	18.0	9.0	10.1	12.4	9.9	62.8	Na	g	43200	20601	22599	0	0	0
	NH4	g/m3	1.2	0.1	0.1	0.7	0.5	3.4	NH4	g	2880	216	1224	0	0	1440
	NO3	g/m3	0.5	2.3	2.6	0.3	0.3	1.7	NO3	g	1200	5278	628	0	4954	0
	PO4	g/m3	0.9	0.4	0.5	0.7	0.6	3.5	PO4	g	2160	928	1256	24	0	0
	Si	g/m3	16.0	8.0	9.0	11.0	8.8	55.8	Si	g	38400	18312	20088	0	0	0
	SO4	g/m3	0.5	0.3	0.3	0.3	0.3	1.7	SO4	g	1200	572	628	0	0	0

XI.II Oeverfiltraat

Conventioneel	Oeverfiltraat		Gedetailleerde overzichtstabel													
			Samenstelling voedingswater	Samenstelling productwater	Samenstelling productwater	Samenstelling reststroomwater	Samenstelling reststroomwater	Samenstelling reststroomwater	Totale load voedingswater		Totale load productwater	Totale load reststroomwater	Externe input	In-situ gegenereerd	Geadsorbeerd / in-situ verwijderd of omgezet	
			per m3 voedingswater	per m3 voedingswater	per m3 productwater	per m3 voedingswater	per m3 productwater	per m3 reststroomwater	Totale load in 2400 m3	Totale load in 2280 m3	Totale load in 120 m3	Totale load	Totale load	Totale load		
Categorie	Component	Eenheid							Component	Eenheid						
Opkomende stoffen (Contaminant of Emerging Concern)	1.4-dioxaan	mg/m3	1.5	1.2	1.2	0.1	0.1	1.5	1.4-dioxaan	mg	3600	2804	180.0	0.0	0.0	615.6
	AMPA	mg/m3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	AMPA	mg	48	4	38.9	0.0	0.0	5.5
	EDTA	mg/m3	10.0	6.0	6.3	0.5	0.5	10.0	EDTA	mg	24000	14364	1200.0	0.0	0.0	8436.0
	Melamine	mg/m3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	Melamine	mg	60	11	3.0	0.0	0.0	45.6
	TFA	mg/m3	1.0	0.9	0.9	0.0	0.0	0.9	TFA	mg	2400	2052	108.0	0.0	0.0	0.0
Chemische parameters	CZV	g/m3	6.0	1.4	1.5	3.2	3.3	63.0	CZV	g	14400	3420	7560.0	0.0	0.0	3420.0
	EGV	µS/cm	690.0	655.5	690.0	34.5	36.3	690.0	EGV	µS/cm	1656000	1573200	82800.0	0.0	0.0	0.0
	Kjeldahl-N	g/m3	4.6	4.4	4.6	0.2	0.2	4.6	Kjeldahl-N	g	11040	10488	552.0	0.0	0.0	0.0
	pH	-	7.3	6.9	7.3	0.4	0.4	7.3	pH	-	17520	16644	876.0	0.0	0.0	0.0
	TOC	g/m3	2.7	0.3	0.3	2.2	2.3	43.7	TOC	g	6480	616	5248.8	0.0	0.0	615.6
Opgeloste gassen	CH4	g/m3	940.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	CH4	g	2256000	0	0.0	0.0	0.0	20.3
	CO2	g/m3	25.0	43.7	46.0	1.3	1.3	25.0	CO2	g	60000	104780	3000.0	0.0	50295.0	0.0
	O2	g/m3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	O2	g	0	0	0.0	24000.0	0.0	24000.0
	As	g/m3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	As	g	7	0	7.2	0.0	0.0	0.0
Zouten	Ca	g/m3	80.0	38.0	40.0	4.0	4.2	80.0	Ca	g	192000	91200	9600.0	0.0	0.0	91200.0
	Cl	g/m3	105.0	99.8	105.0	5.3	5.5	105.0	Cl	g	252000	239400	12600.0	0.0	0.0	0.0
	Fe	g/m3	4.9	0.0	0.0	4.9	5.2	98.0	Fe	g	11760	0	11760.0	0.0	0.0	0.0
	HCO3	g/m3	225.0	156.0	164.2	11.3	11.8	225.0	HCO3	g	540000	374376	27000.0	0.0	0.0	138624.0
	Mn	g/m3	0.5	0.0	0.0	0.5	0.5	10.0	Mn	g	1200	0	1200.0	0.0	0.0	0.0
	Na	g/m3	50.0	69.2	72.8	2.5	2.6	50.0	Na	g	120000	165984	6000.0	51984.0	0.0	0.0
	NH4	g/m3	5.1	2.4	2.6	0.1	0.1	2.6	NH4	g	12240	5851	307.9	0.0	0.0	6081.5
	NO3	g/m3	1.0	9.2	9.7	0.1	0.1	1.0	NO3	g	2400	22154	120.0	0.0	20920.2	0.0
	PO4	g/m3	2.1	1.8	1.9	0.3	0.3	6.1	PO4	g	5040	4309	730.8	0.0	0.0	0.0
	Si	g/m3	4.2	4.0	4.2	0.2	0.2	4.2	Si	g	10085	9581	504.3	0.0	0.0	0.0
	SO4	g/m3	44.0	41.8	44.0	2.2	2.3	44.0	SO4	g	105600	100320	5280.0	0.0	0.0	0.0

RO gebaseerd (75% recovery)	Oeverfiltraat		Gedetailleerde overzichtstabel													
			Samenstelling voedingswater	Samenstelling productwater	Samenstelling productwater	Samenstelling reststroomwater	Samenstelling reststroomwater	Samenstelling reststroomwater	Totale load voedingswater	Totale load productwater	Totale load reststroomwater	Externe input	In-situ gegenereerd	Geadsorbeerd / in-situ verwijderd of omgezet		
			per m3 voedingswater	per m3 voedingswater	per m3 productwater	per m3 voedingswater	per m3 productwater	per m3 reststroomwater	Totale load in 2400 m3	Totale load in 1782 m3	Totale load in 618 m3	Totale load	Totale load	Totale load		
Categorie	Component	Eenheid							Component	Eenheid						
Opkomende stoffen (Contaminant of Emerging Concern)	1.4-dioxaan	mg/m3	1.5	0.1	0.1	1.4	1.9	5.5	1.4-dioxaan	mg	3600	216	3386.2	0.0	0.0	0.0
	AMPA	mg/m3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	AMPA	mg	48	2	46.2	0.0	0.0	0.0
	EDTA	mg/m3	10.0	0.0	0.1	10.0	13.4	38.7	EDTA	mg	24000	90	23910.9	0.0	0.0	0.0
	Melamine	mg/m3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	Melamine	mg	60	18	42.2	0.0	0.0	0.0
	TFA	mg/m3	1.0	0.0	0.0	1.0	1.3	3.8	TFA	mg	2400	32	2364.4	0.0	0.0	0.0
Chemische parameters	CZV	g/m3	6.0	0.6	0.8	5.4	7.2	20.9	CZV	g	14400	1512	12903.1	0.0	0.0	0.0
	EGV	µS/cm	690.0	512.3	690.0	177.7	239.3	690.0	EGV	µS/cm	1656000	1242000	426420.0	0.0	0.0	0.0
	Kjeldahl-N	g/m3	4.6	3.4	4.6	1.2	1.6	4.6	Kjeldahl-N	g	11040	8280	2842.8	0.0	0.0	0.0
	pH	-	7.3	5.4	7.3	1.9	2.5	7.3	pH	-	17520	13140	4511.4	0.0	0.0	0.0
	TOC	g/m3	2.7	0.0	0.0	2.7	3.6	10.4	TOC	g	6480	24	6455.9	0.0	0.0	0.0
Opgeloste gassen	CH4	g/m3	940.0	0.0	0.0	242.1	326.0	940.0	CH4	g	2256000	15	580920.0	0.0	0.0	0.0
	CO2	g/m3	25.0	18.6	25.0	6.4	8.7	25.0	CO2	g	60000	45000	15450.0	0.0	0.0	0.0
	O2	g/m3	0.0	7.4	10.0	0.0	0.0	0.0	O2	g	0	18000	0.0	18000.0	0.0	0.0
	As	g/m3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	As	g	7	0	7.2	0.0	0.0	0.0
Zouten	Ca	g/m3	80.0	29.7	40.0	80.0	107.7	310.7	Ca	g	192000	72000	191996.4	71996.4	0.0	0.0
	Cl	g/m3	105.0	2.4	3.3	106.7	143.7	414.3	Cl	g	252000	5864	256033.0	9838.8	0.0	0.0
	Fe	g/m3	4.9	0.0	0.0	4.9	6.6	19.0	Fe	g	11760	0	11759.8	0.0	0.0	0.0
	HCO3	g/m3	225.0	44.6	60.0	208.3	280.5	808.9	HCO3	g	540000	108000	499905.0	67500.0	0.0	0.0
	Mn	g/m3	0.5	0.0	0.0	0.5	0.7	1.9	Mn	g	1200	0	1200.0	0.0	0.0	0.0
	Na	g/m3	50.0	1.5	2.0	51.2	68.9	198.7	Na	g	120000	3666	122802.3	6431.2	0.0	0.0
	NH4	g/m3	5.1	0.0	0.0	5.1	6.9	19.8	NH4	g	12240	9	12230.9	0.0	0.0	0.0
	NO3	g/m3	1.0	0.0	0.0	1.0	1.3	3.9	NO3	g	2400	9	2391.1	0.0	0.0	0.0
	PO4	g/m3	2.1	0.0	0.0	2.1	2.8	8.2	PO4	g	5040	19	5068.5	47.4	0.0	0.0
	Si	g/m3	4.2	0.0	0.0	4.2	5.6	16.3	Si	g	10085	38	10047.6	0.0	0.0	0.0
	SO4	g/m3	44.0	0.2	0.2	43.8	59.0	170.2	SO4	g	105600	396	105208.0	0.0	0.0	0.0

XI.III Oppervlaktewater

Conventioneel	Oppervlaktewater		Gedetailleerde overzichtstabel																
			Samenstelling voedingswater			Samenstelling productwater			Samenstelling reststroomwater			Component		Totale load voedingswater	Totale load productwater	Totale load reststroomwater	Externe input	In-situ gegenereerd	Geadsorbeerd / in-situ verwijderd of omgezet
			per m3 voedingswater	per m3 productwater	per m3 reststroomwater	per m3 voedingswater	per m3 productwater	per m3 reststroomwater	Component	Eenheid	Totale load in 2400 m3	Totale load in 2195.2125 m3	Totale load in 204.7875 m3	Totale load	Totale load	Totale load			
Opkomende stoffen (Contaminant of Emerging Concern)	1,4-dioxaan	mg/m3	0.1	0.1	0.1	0.0	0.0	0.1	1,4-dioxaan	mg	288	216	24.6	0.0	0.0	47.4			
	AMPA	mg/m3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	AMPA	mg	48	2	43.8	0.0	0.0	2.5			
	EDTA	mg/m3	15.0	8.6	9.5	1.3	1.4	15.0	EDTA	mg	36000	20745	3071.8	0.0	0.0	12183.4			
	Melamine	mg/m3	2.5	0.5	0.5	0.2	0.2	2.5	Melamine	mg	6000	1098	512.0	0.0	0.0	4390.4			
	TFA	mg/m3	1.0	0.8	0.9	0.2	0.2	2.1	TFA	mg	2400	1976	424.3	0.0	0.0	0.0			
Chemische parameters	CZV	g/m3	12.2	1.4	1.5	9.4	10.3	110.3	CZV	g	29280	3348	22584.6	0.0	0.0	3347.7			
	EGV	µS/cm	430.0	393.3	430.0	36.7	40.1	430.0	EGV	µS/cm	1032000	943941	88058.6	0.0	0.0	0.0			
	Kjeldahl-N	g/m3	0.6	0.5	0.6	0.1	0.1	0.6	Kjeldahl-N	g	1416	1295	120.8	0.0	0.0	0.0			
	pH	-	8.7	8.0	8.7	0.7	0.8	8.7	pH	-	20880	19098	1781.7	0.0	0.0	0.0			
	TOC	g/m3	4.1	0.2	0.2	3.7	4.1	43.7	TOC	g	9840	450	8940.0	0.0	0.0	450.0			
Opgeloste gassen	CH4	g/m3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	CH4	g	0	0	0.0	0.0	0.0	0.0			
	CO2	g/m3	0.5	1.2	1.3	0.0	0.0	0.5	CO2	g	1200	2769	102.4	0.0	1759.7	0.0			
	O2	g/m3	10.0	9.0	9.8	0.8	0.9	9.9	O2	g	24000	21502	2024.2	0.0	0.0	474.3			
Zouten	As	g/m3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	As	g	3	0	3.1	0.0	0.0	0.0			
	Ca	g/m3	48.0	43.9	48.0	4.1	4.5	48.0	Ca	g	115200	105370	9829.8	0.0	0.0	0.0			
	Cl	g/m3	49.0	47.8	52.3	4.4	4.8	51.3	Cl	g	117600	114763	10509.3	7671.8	0.0	0.0			
	Fe	g/m3	0.0	0.0	0.0	1.7	1.8	19.7	Fe	g	0	0	4028.2	4028.2	0.0	0.0			
	HCO3	g/m3	125.0	114.3	125.0	10.7	11.7	125.0	HCO3	g	300000	274402	25598.4	0.0	0.0	0.0			
	Mn	g/m3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	Mn	g	7	0	7.2	0.0	0.0	0.0			
	Na	g/m3	32.0	29.3	32.0	2.7	3.0	32.0	Na	g	76800	70247	6553.2	0.0	0.0	0.0			
	NH4	g/m3	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	NH4	g	132	0	30.3	0.0	0.0	101.7			
	NO3	g/m3	7.1	6.6	7.3	0.6	0.7	7.1	NO3	g	17040	15918	1454.0	0.0	349.8	0.0			
	PO4	g/m3	0.1	0.1	0.1	0.0	0.0	0.3	PO4	g	240	178	62.2	0.0	0.0	0.0			
	Si	g/m3	2.2	2.0	2.2	0.2	0.2	2.2	Si	g	5280	4829	450.5	0.0	0.0	0.0			
	SO4	g/m3	49.0	44.8	49.0	4.2	4.6	49.0	SO4	g	117600	107565	10034.6	0.0	0.0	0.0			

RO gebaseerd (95% recovery)	Oppervlaktewater		Gedetailleerde overzichtstabel																
			Samenstelling voedingswater			Samenstelling productwater			Samenstelling reststroomwater			Component		Totale load voedingswater	Totale load productwater	Totale load reststroomwater	Externe input	In-situ gegenereerd	Geadsorbeerd / in-situ verwijderd of omgezet
			per m3 voedingswater	per m3 productwater	per m3 reststroomwater	per m3 voedingswater	per m3 productwater	per m3 reststroomwater	Component	Eenheid	Totale load in 2400 m3	Totale load in 2085.451875 m3	Totale load in 336.50025 m3	Totale load	Totale load	Totale load			
Opkomende stoffen (Contaminant of Emerging Concern)	1,4-dioxaan	mg/m3	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	1,4-dioxaan	mg	288	20	40.4	0.0	0.0	0.0			
	AMPA	mg/m3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	AMPA	mg	48	0	47.8	0.0	0.0	0.0			
	EDTA	mg/m3	15.0	0.1	0.1	15.1	17.3	107.5	EDTA	mg	36000	156	36172.9	0.0	0.0	0.0			
	Melamine	mg/m3	2.5	0.9	1.0	1.7	1.9	11.8	Melamine	mg	6000	2085	3969.4	0.0	0.0	0.0			
	TFA	mg/m3	1.0	0.0	0.0	1.0	1.1	7.1	TFA	mg	2400	38	2382.2	0.0	0.0	0.0			
Chemische parameters	CZV	g/m3	12.2	0.4	0.4	11.9	13.6	84.6	CZV	g	29280	890	28456.5	0.0	0.0	0.0			
	EGV	µS/cm	430.0	373.6	430.0	60.3	69.4	430.0	EGV	µS/cm	1032000	896744	144695.1	0.0	0.0	0.0			
	Kjeldahl-N	g/m3	0.6	0.5	0.6	0.1	0.1	0.6	Kjeldahl-N	g	1416	1230	198.5	0.0	0.0	0.0			
	pH	-	8.7	7.6	8.7	1.2	1.4	8.7	pH	-	20880	18143	2927.6	0.0	0.0	0.0			
	TOC	g/m3	4.1	0.0	0.0	4.1	4.7	29.3	TOC	g	9840	4	9844.7	0.0	0.0	0.0			
Opgeloste gassen	CH4	g/m3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	CH4	g	0	0	0.0	0.0	0.0	0.0			
	CO2	g/m3	0.5	1.1	1.3	0.1	0.1	0.8	CO2	g	1200	2631	268.6	0.0	1759.7	0.0			
	O2	g/m3	10.0	8.5	9.8	1.4	1.6	9.8	O2	g	24000	20426	3314.2	0.0	0.0	474.3			
Zouten	As	g/m3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	As	g	3	0	3.1	0.0	0.0	0.0			
	Ca	g/m3	48.0	34.8	40.0	48.0	55.2	342.4	Ca	g	115200	83418	115202.8	83415.6	0.0	0.0			
	Cl	g/m3	49.0	0.8	0.9	297.5	342.4	2121.7	Cl	g	117600	1938	713966.5	594224.3	0.0	0.0			
	Fe	g/m3	0.0	0.0	0.0	1.7	1.9	12.0	Fe	g	0	0	4028.2	4028.2	0.0	0.0			
	HCO3	g/m3	125.0	52.1	60.0	125.0	143.9	891.5	HCO3	g	300000	125127	300000.0	125127.1	0.0	0.0			
	Mn	g/m3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	Mn	g	7	0	7.2	0.0	0.0	0.0			
	Na	g/m3	32.0	0.0	0.0	32.0	36.8	228.2	Na	g	76800	2	76801.8	0.0	0.0	0.0			
	NH4	g/m3	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	NH4	g	132	0	30.3	0.0	0.0	101.7			
	NO3	g/m3	7.1	0.0	0.0	7.3	8.4	51.9	NO3	g	17040	76	17455.8	0.0	349.8	0.0			
	PO4	g/m3	0.1	0.0	0.0	0.1	0.1	0.8	PO4	g	240	1	284.1	43.3	0.0	0.0			
	Si	g/m3	2.2	0.0	0.0	2.2	2.5	15.8	Si	g	5280	23	5305.4	0.0	0.0	0.0			
	SO4	g/m3	49.0	0.2	0.2	49.2	56.7	351.2	SO4	g	117600	511	118164.7	0.0	0.0	0.0			

XII Besluit kwaliteitseisen en monitoring water 2009; bijlage III

wetten.nl - Regeling - Besluit kwaliteitseisen en monitoring water 2009 - BWBR0027... Page 1 of 3



Wettenbank

Besluit kwaliteitseisen en monitoring water 2009

Geldig van 01-01-2017 t/m heden

Bijlage III. Europese milieukwaliteitseisen voor oppervlaktewater gebruikt voor de bereiding van voor menselijke consumptie bestemd water

De volgende Europese milieukwaliteitseisen voor water hebben betrekking op oppervlaktewater dat wordt gebruikt voor de bereiding van voor menselijke consumptie bestemd water.

Parameter	Europese Milieukwaliteitseis voor water	Eenheid	Noten
Zuurgraad	7,0-9,0	pH	
Kleurintensiteit	50	mg/l	
Gesuspendeerde stoffen	50	mg/l	
Temperatuur	25	°C	
Geleidingsvermogen voor elektriciteit	80	mS/m bij 20°C	
Chloride	150	mg/l Cl	
Sulfaat	100	mg/l SO ₄	
Fluoride	1	mg/l F	
Ammonium	1,5	mg/l NH ₄	
Nitraat	50	mg/l NO ₃	
Fosfaat	0,9	mg/l PO ₄	
Zuurstof opgelost	≥ 5		

Parameter	Europese Milieukwaliteitseis voor water	Eenheid	Noten
		mg/l O ₂	
Natrium	120	mg/l	
IJzer opgelost	0,3	mg/l	
Mangaan	500	µg/l	
Koper	50	µg/l	
Zink	200	µg/l	
Boor	1.000	µg/l	
Arseen	20	µg/l	
Cadmium	1,5	µg/l	
Chroom (totaal)	20	µg/l	
Lood	30	µg/l	
Seleen	10	µg/l	
Kwik	0,3	µg/l	
Barium	200	µg/l	
Cyanide	50	µg/l CN	
Polycyclische aromatische koolwaterstoffen	1	µg/l	1
Gewasbeschermingsmiddelen, biociden en hun humaan toxicologisch relevante afbraakproducten per afzonderlijke stof	0,1	µg/l	1, 2
Bacteriën van de coligroep (totaal)	2.000	aantal per 100 ml	

Parameter	Europese Milieukwaliteitseis voor water	Eenheid	Noten
Escherichia coli	2.000	aantal per 100 ml	
Enterococcen	1.000	aantal per 100 ml	

Noten

1. Voor deze groepsparameter wordt in het monitoringsprogramma gespecificeerd welke stoffen gemeten dienen te worden.
2. Voor afbraakproducten van gewasbeschermingsmiddelen en biociden wordt onderscheid gemaakt op basis van humaan toxicologische relevantie. De Europese milieukwaliteitseis voor water van 0,1 µg/l geldt alleen voor humaan toxicologisch relevante afbraakproducten.