



KWR 2017.099 | December 2017

## **Gevolgen van zoetwatertekorten voor industrie en drinkwaterproductie**



# Gevolgen van zoetwatertekorten voor industrie en drinkwaterproductie

KWR 2017.099 | December 2017

## Opdrachtnummer

402027

## Projectmanager

Kirsten Baken

## Opdrachtgever

Rijkswaterstaat

## Kwaliteitsborger

Annemarie van Wezel

## Auteurs

Rosa Sjerps, Hans Huiting

## Verzonden aan

Paul van den Hoek

Jaar van publicatie  
2017

### Meer informatie

Rosa Sjerps  
T 030 60 69 704  
E [rosa.sjerps@kwrwater.nl](mailto:rosa.sjerps@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](mailto:info@kwrwater.nl)  
I [www.kwrwater.nl](http://www.kwrwater.nl)



KWR 2017.099 | December 2017 © KWR

Alle rechten voorbehouden.

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

# Samenvatting

Drinkwaterbedrijven en industrieën krijgen in de toekomst mogelijk vaker en langer te maken met periodes van droogte, waarin de verdunning van verontreinigingen afneemt. Drinkwaterbedrijven hebben in het verleden al maatregelen genomen om veilig en betrouwbaar drinkwater te leveren in perioden van onvoldoende schoon inname water. Deze maatregelen kunnen bestaan uit innamestops, menging van ruwwaterkwaliteit in ruimte en tijd, alternatieve bronnen, het aanleggen van een nieuwe drinkwaterwinning en/of de inzet van additionele zuiveringsprocessen. Daarnaast wordt continu geïnvesteerd in additionele maatregelen. Industrieën kijken op een kortere termijn vooruit, maar erkennen dat droogte en verzilting van invloed zijn op het gebruik van oppervlaktewater voor demi-, koel- of proceswater.

In deze studie zijn de gevolgen van zoetwatertekorten voor de industrie en drinkwaterproductie onderzocht. De projecties van toekomstig debiet, chloride en stofconcentraties in de Maas en de Rijn onder klimaatscenario's uit het deltaprogramma zijn vergeleken met de huidige waterkwaliteitseisen voor het innemen van oppervlaktewater. Huidige en potentiële toekomstige zoetwatertekorten zijn gerelateerd aan de huidige opvangmogelijkheden van een selectie aan praktijkvoorbeelden van drinkwaterproductielocaties en industriële watergebruikers.

De waterkwaliteitsprojecties maken gebruik van het debiet uit het Nationaal Water Model en de relaties tussen de afvoer en stofconcentraties (Q-C relatie). Toekomstige concentraties van een aantal referentiestoffen in Rijn en Maas zijn berekend voor twee verschillende klimaatscenario's: huidig klimaat en bij snelle klimaatverandering. Bij de projecties gaan we uit van de huidige emissies naar oppervlaktewater en worden geen voorspellingen gedaan van veranderende emissies naar oppervlaktewater. Echter, sociaal- economische of technische ontwikkelingen kunnen bijdragen aan een veranderd stoffengebruik of veranderende emissies, bijvoorbeeld door groeiend gebruik van stoffen of door additionele verwijdering op rioolwaterzuiveringsinstallaties. Daarnaast kijken we naar een selectie van referentiestoffen, omdat het momenteel nog niet mogelijk is projecties te maken voor alle stoffen in het milieu. Stoffen kunnen echter in onbruik raken en nieuwe stoffen kunnen opkomen binnen de termijn van de projecties.

Aan de hand de waterkwaliteitsprojecties kunnen we concluderen dat waterbedrijven WML en Waternet op de productielocaties die hier als praktijkvoorbeeld zijn gebruikt met de huidige beschikbare buffermaatregelen onder de gebruikte klimaatscenario's niet altijd zullen kunnen voorzien in de productie van drinkwater tijdens perioden van een tekort aan schoon zoetwater. Zonder aanvullende maatregelen zoals bronbescherming, zullen beide waterbedrijven genoodzaakt zijn om extra te investeren in maatregelen om in drinkwater te kunnen blijven voorzien tijdens perioden van een tekort aan schoon zoetwater. Drinkwaterbedrijf Oasen krijgt in de toekomst mogelijk te maken met verzilting van het Lekwater dat via oeverfiltratie de drinkwaterproductielocaties bereikt. Het waterbedrijf ziet zich genoodzaakt te investeren in geavanceerde zuiveringstechnieken om schoon drinkwater te garanderen.

De drinkwaterwetgeving stelt in artikel 2 dat "de duurzame veiligstelling van de openbare drinkwatervoorziening als een dwingende reden van groot openbaar belang". Volgens de

Kaderrichtlijn Water (artikel 7) dient de kwaliteit van het inname water niet achteruit te gaan, zodat aanvullende zuivering niet hoeft te worden toegepast. Het inzetten van additionele zuivering is vanuit dit wettelijk kader niet de eerste en meest logische oplossingsrichting, beter is het om de kwaliteit van de bronnen te beschermen nu en in de toekomst. Voor opkomende stoffen is de eerste aanzet gegeven van een strategische aanpak om emissies naar onder andere drinkwaterbronnen te beperken via de brief IENM/BSK-2017/161702 aan de Tweede Kamer 'Structurele aanpak van opkomende stoffen uit puntbronnen in relatie tot bescherming drinkwaterbronnen'.

Aan de hand van de praktijkvoorbeelden kunnen we concluderen dat de industriële sector tot op heden geen voorzorgsmaatregelen heeft genomen ten behoeve van de effecten van zoetwatertekorten. De investeringsafweging voor extra capaciteit of aanpassingen aan het productieproces zal reactief van aard zijn. Bij het vervangen van materieel wordt de benodigde capaciteit op korte termijn gedimensioneerd om een bepaalde beschikbaarheid te garanderen. Industrieën zullen met name schade ondervinden van een toename in watertekorten en verzilting. Een toename van verzilting en toename van het elektrisch geleidingsvermogen hebben effecten op het gebruik van oppervlaktewater als demi-, koel- of proceswater. Bij een toename in het elektrisch geleidingsvermogen van het oppervlaktewater zal grotere capaciteit worden gerealiseerd in demiwater productie en zal er vaker gespuid worden in koelinstallaties, waardoor kosten stijgen voor energie- en chemiegebruik.

Deze studie betreft een eerste verkenning, en doet geen generieke uitspraken over alle Nederlandse drinkwaterproductielocaties en water gebruikende industrieën. Daarnaast zijn ook op de bestudeerde locaties verdere verfijningen in de onderbouwing nog heel goed mogelijk, een voorbeeld is op welke wijzen mengmogelijkheden worden geïntegreerd in de analyse van de kwetsbaarheid.

# Inhoud

<b>1</b>	<b>Inleiding</b>	<b>5</b>
1.1	Zoetwatertekorten	5
1.2	Doel van het onderzoek	5
<b>2</b>	<b>Methodiek</b>	<b>6</b>
<b>3</b>	<b>Drinkwatersector</b>	<b>9</b>
3.1	Inleiding	9
3.2	Drinkwaterproductie	10
3.3	Droogteschade drinkwatersector	12
3.4	Procesbeschrijving, droogtekenmerken en handelingsopties praktijkvoorbeelden	12
3.5	Robuustheid drinkwaterproductie tov projecties tekorten schoon zoetwater	32
3.6	Overzicht maatregelen	37
<b>4</b>	<b>Industriector</b>	<b>40</b>
4.1	Inleiding	40
4.2	Gebruiksdoeleinden van water in de industrie	40
4.3	Zuivering van oppervlaktewater	41
4.4	Droogteschade industriector	41
4.5	Procesbeschrijving, droogtekenmerken en handelingsopties praktijkvoorbeelden	42
4.6	Overzicht investeringen/maatregelen	51
<b>5</b>	<b>Conclusies</b>	<b>52</b>
<b>6</b>	<b>Referenties</b>	<b>54</b>

# 1 Inleiding

## 1.1 Zoetwatertekorten

Klimaatverandering kan leiden tot periodieke verslechtering van de waterkwaliteit van Rijn en Maas door frequenter en langduriger optreden van lage afvoeren (Sjerps et al., 2017; van Bokhoven and Zwolsman, 2007; van Vliet and Zwolsman, 2007; Wuijts et al., 2012; Wuijts et al., 2013). Tijdens lage afvoeren is er minder water beschikbaar voor verdunning van verontreinigingen van rivierwater, waardoor concentraties van stoffen kunnen oplopen.

Het gebruik van oppervlaktewater als bron voor koelwater, proceswater, productiewater of drinkwater wordt hierdoor mogelijk beïnvloed. Verslechterde waterkwaliteit door verzilting of verontreiniging van het oppervlaktewater tijdens perioden van lage afvoeren bemoeilijken de productie van drinkwater, drinkwaterbedrijven worden hierdoor gedwongen hun inname te staken of te investeren in additionele zuiveringstechnieken. Drinkwaterbedrijven die oppervlaktewater gebruiken als bron van drinkwater stoppen momenteel regelmatig en steeds vaker de inname van ruw water (RIWA-Maas, 2017). Dit deels als gevolg van incidenten met chemische stoffen, waarbij lage afvoeren het effect van de incidenten versterken (Baken et al., 2016).

Voor industrieën geldt dat zij een verminderd aanbod van zoetwater op korte termijn niet als probleem ervaren. Als gevolg van droogte hebben verzilting en toename van de het elektrisch geleidingsvermogen in de toekomst waarschijnlijk het grootste effect op het gebruik van oppervlaktewater als koel- of proceswater. Bij hogere concentraties chloride in het water ontstaan bijvoorbeeld problemen bij de productie van demiwater (hoger chemicaliënverbruik bij ionenwisseling en hoger energieverbruik bij omgekeerde osmose installaties), en neemt de corrosiedruk op installaties toe.

## 1.2 Doel van het onderzoek

Dit rapport beschrijft de gevolgen van zoetwatertekort voor industrie en drinkwaterproductie. De analyse beschouwt de effecten van droogte en hieraan gerelateerde verzilting, temperatuurstijging en vervuiling, en de mogelijke maatregelen voor industrie en drinkwaterproductie. Een aantal praktijkvoorbeelden zijn uitgewerkt van bedrijven die oppervlaktewater gebruiken voor de productie van drinkwater, koel- of proceswater. Naast deze rapportage is een tool in Excel bijgevoegd voor het vertalen van afvoerprojecties uit het Nationaal Water Model naar waterkwaliteitsprojecties en het berekenen van de benodigde buffercapaciteit in perioden van droogte in de verschillende klimaatscenario's.

De studie is onderdeel van het Deltaprogramma Zoetwater. De verzamelde effecten van tekort aan schoon zoetwater op industrie en drinkwaterproductie, en de mogelijke maatregelen, worden doorvertaald naar welvaartseffecten in een aanpalende studie (Briene et al., 2017). Met deze studie kunnen overheidspartijen en eindgebruikers de baten van verschillende zoetwatermaatregelen beter kwantificeren en de voorkeursstrategie actualiseren.

## 2 Methodiek

Dit rapport beschrijft een bureaustudie, gebaseerd op aanwezige beschikbare data en aanvullende informatie uit interviews met de sector. De methodiek is onderverdeeld in de volgende stappen:

1. Overzicht huidig oppervlaktewaterverbruik Nederlandse industrieën en drinkwaterbedrijven.

Zowel voor de industrie- als de drinkwatersector is een overzicht opgesteld van de totale omvang van oppervlaktewateronttrekking en de grootste wateronttrekkers.

2. Selectie van relevante praktijkvoorbeelden voor industrie en drinkwater met verwachte zoetwatertekorten.

Aan de hand van de resultaten uit fase 1 is een selectie gemaakt van drinkwaterbedrijven en industrieën die een groot aandeel water onttrekken en mogelijk kwetsbaar zijn voor droogte.

3. Interviews met VEMW, VEWIN en geselecteerde bedrijven

Interviews zijn gehouden met VEMW (VEMW, 2017), VEWIN (VEWIN, 2017) en geselecteerde bedrijven (Oasen, 2017; Tata Steel, 2017; USG, 2017; Waternet, 2017; WML, 2017) voor het benoemen van aan droogte gerelateerde knelpunten, de bijbehorende schade en mogelijk te nemen maatregelen. Daarbij beschouwen we droogte en de gevolgen daarvan voor het zoutgehalte, de temperatuur en de chemische waterkwaliteit. Op basis van wettelijke waterkwaliteitseisen, literatuur en de interviews zijn ook kritische grenswaarden verzameld voor de beschouwde waterkwaliteitsparameters. De gesprekverslagen van de gehouden interviews zijn te vinden in Bijlage I.

4. Opstellen van de lijst met maatregelen die de drinkwater- en industriese sector kunnen nemen bij aanhoudende droogte.

Aan de hand van interviews en literatuur is een lijst opgesteld van mogelijke maatregelen door de drinkwater- en industriese sector. Uitgangspunt en randvoorwaarde in deze studie is dat de drinkwaterbedrijven blijven voldoen aan hun wettelijke verplichtingen, en alle nodige mogelijke additionele adaptatiemaatregelen zullen nemen om de leveringszekerheid veilig te stellen.

Voorbeelden van maatregelen zijn innamestops, buffercapaciteit aanleggen, productiestops, verlies rendement, aantasting infrastructuur etc.. De robuustheid van een systeem is uitgedrukt door middel van de beschikbare buffercapaciteit.

5. Projecties waterbeschikbaarheid en waterkwaliteit

Binnen het Deltaprogramma zijn deltasenario's opgesteld: referentie, rust, druk, warm en stoom (Bruggeman and Dammers, 2013; Wolters et al., 2018, in prep). Aan de hand van de bijbehorende klimaatscenario's zijn door Deltares projecties gemaakt met het Nationaal Water Model van de rivierafvoer, temperatuur en chloride concentraties in het oppervlaktewatersysteem. De projecties bestaan uit reeksen over een 100-jarige periode



voor de klimaatscenario's referentie scenario, matige klimaatverandering (G) en snelle klimaatverandering ( $W_{h,dry}$ ) (Hunnik and Visser, 2014; KNMI, 2014; Lenderink and Beersma, 2015).

De afvoerreeksen voor twee klimaatscenario's (referentie en snelle klimaatverandering ( $W_{h,dry}$ )) zijn gebruikt voor het maken van projecties van de waterkwaliteit. Het klimaatscenario G heeft grote overeenkomsten met het huidige klimaat. In voorgaand onderzoek zijn op basis van huidige meetgegevens relaties vastgesteld tussen het debiet (Q) en de concentratie van organische stoffen (C) (Sjerps et al., 2017). Uit deze relatie is af te leiden wat de huidige constante vracht is van een bepaalde stof op de locaties Eijsden (Maas) en Lobith (Rijn). De QC-relaties zijn gebruikt bij het projecteren van toekomstige concentraties in de Maas te Eijsden en de Rijn te Lobith bij een constante vracht constant, aan de hand van de geprojecteerde afvoer in de klimaatscenario's referentie en  $W_{h,dry}$ . De locatie Eijsden is indicatief voor het ingenomen Maaswater te Heel, 75 km stroomafwaarts. Tussen Eijsden en Heel is echter wel sprake van lozingen, instroom van zijrivieren en omzettingsprocessen. De locatie Lobith is representatief voor het ingenomen Rijnwater te Nieuwegein, 90 km stroomafwaarts. Tussen Lobith en Nieuwegein/Nieuwersluis is maar in beperkte mate sprake van bijmenging met ander water. Sjerps et al. (2016b) lieten in voorgaand onderzoek zien dat de gemeten chloride en carbamazepine concentraties vergelijkbaar zijn op de twee locaties.

De projecties geven inzicht in de mate en duur van tekort aan schoon zoetwater bij klimaatverandering. Vervolgens is voor elke locatie berekend hoeveel extra capaciteit per jaar nodig is om aan de drinkwatervraag te voldoen tijdens perioden van tekort aan schoon zoetwater door het overschrijden van waterkwaliteitseisen van enkele referentiestoffen. De geprojecteerde mate en duur van het tekort aan schoon zoetwater wordt vergeleken met de beschikbare buffercapaciteit. De bijbehorende schadefunctie, bij welke mate aan droogte de sector schade ondervindt, is opgesteld door Ecorys (Briene et al., 2017).

De projecties zijn gebaseerd op de huidige emissies en de mate van verdunning. De projecties houden geen rekening met veranderend stoffengebruik door sociaaleconomische factoren of technische ontwikkelingen zoals additionele zuiveringsstappen bij de zuivering van afvalwater. De emissies van geselecteerde referentiestoffen kunnen in de toekomst af- of toenemen en nieuwe stoffen kunnen op de markt komen. Als voorbeeld kan het gebruik van geneesmiddelen toenemen vanwege een verandering in demografische samenstelling van de bevolking (Sjerps et al., 2016a; van der Aa et al., 2011). Omdat er vele duizenden stoffen in het milieu voorkomen is het niet mogelijk alle stoffen mee te nemen in deze analyse en is een selectie gemaakt van referentiestoffen. De onzekerheden rondom het gebruik van deze methode, door middel van verwachte bandbreedtes worden geadresseerd in Sjerps et al. (2017).

De mate en duur van tekort aan schoon zoetwater hangt af van de geprojecteerde concentraties van de referentiestoffen en de huidige wettelijke waterkwaliteitseisen (Bkmw, 2009; Drinkwaterbesluit, 2011) of signaleringswaarden (Rijksoverheid, 2015), zie Tabel 2-1. Waterkwaliteitseisen kunnen in de toekomst veranderen; met veranderende normen is in deze studie geen rekening gehouden.

Europese eisen gesteld aan oppervlaktewater bestemd voor de bereiding van drinkwater staan in Bijlage II van het besluit kwaliteitseisen monitoring water als implementatie van de Europese Kaderrichtlijn Water (Bkmw, 2009). Voor chloride en glyfosaat zijn de waterkwaliteitseisen uit het Bkmw respectievelijk 150 mg/L en 0,1 µg/L. Volgens de drinkwaterregeling moet een overschrijding worden gemeld aan de inspectie. AMPA, het

omzettingsproduct van glyfosaat heeft geen waterkwaliteitseis binnen het Bkmw, omdat het geen toxicologisch relevant omzettingsproduct is. AMPA heeft wel een drinkwaternorm van 1 µg/L. De natuurlijk stof bromide heeft geen waterkwaliteitseis, maar wordt bij de zuiveringsstap ozonatie omgezet in bromaat, een kankerverwekkende stof met een drinkwaternorm van 5 µg/L. Het ruwe water voor drinkwaterzuivering mag dus niet te hoge concentraties bromide bevatten; in deze studie gaan we uit van een maximale concentratie van 250 µg/L bromide voor het produceren van veilig drinkwater. Deze grens is afgeleid in paragraaf 3.4.3 en is een grove schatting omdat bromaatvorming afhankelijk is van vele factoren. Tot slot worden opkomende stoffen vanuit het voorzorgprincipe getoetst aan de signaleringwaarde uit het Protocol monitoring en toetsing drinkwaterbronnen KRW (Rijksoverheid, 2015). Na een overschrijding van een signaleringswaarde volgt meer onderzoek naar de mogelijke effecten en de verwijdering bij drinkwaterbehandeling van de stof, en wordt uit voorzorg de inname gestopt.

TABEL 2-1 SELECTIE VAN STOFFEN VOOR WATERKWALITEITSPROGNOSES (SJERPS ET AL., 2017) EN BIJBEHORENDE WATERKWALITEITSEISEN GEBRUIKT ALS TOETSWAARDEN.

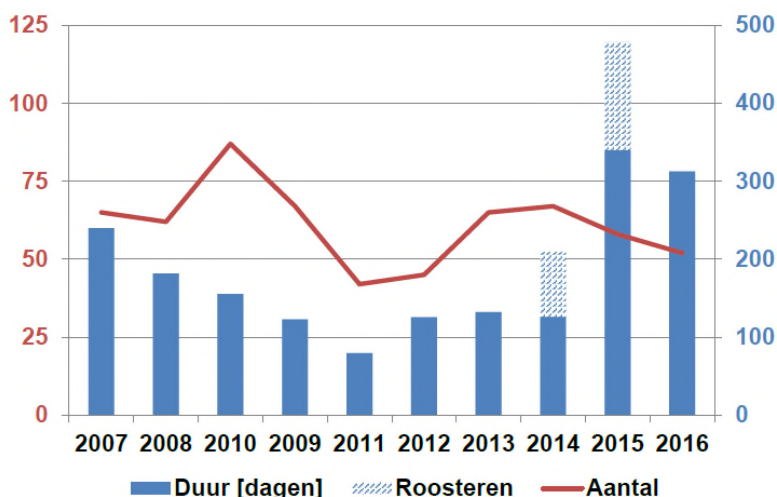
Stof	Type stof	Waterkwaliteitseis
Chloride	Anorganische stof, zout	150 mg/L (Bkmw) en jaargemiddeld 150 mg/L (drinkwaterbesluit)
Bromide	Anorganische stof, ion	Geen waterkwaliteitseis, we hanteren een veilige grenswaarde van 250 µg/L waarbij veilig drinkwater wordt geproduceerd met bromaatconcentraties < drinkwaternorm van 5 µg/L (zie voor meer uitleg paragraaf 3.4.3)
Glyfosaat	Bestrijdingsmiddel	0,1 µg/L (Bkmw)
AMPA	Omzettingsproduct van glyfosaat	1 µg/L (drinkwaterbesluit)
Carbamazepine	Geneesmiddel, via RWZI effluent wordt geloosd	0,1 µg/L (signaleringswaarde)
Amidotrizoïnezuur	Röntgencontrastmiddel	0,1 µg/L (signaleringswaarde)

## 3 Drinkwatersector

### 3.1 Inleiding

Drinkwaterbedrijven hebben een leveringsplicht volgens de Drinkwaterwet (2009). De kwaliteit van het afgeleverde drinkwater moet voldoen aan de eisen zoals gesteld in het drinkwaterbesluit als implementatie van de Europese drinkwaterrichtlijn (Drinkwaterbesluit, 2011). Europese eisen gesteld aan oppervlaktewater bestemd voor de bereiding van drinkwater staan in Bijlage II van het besluit kwaliteitseisen monitoring water als implementatie van de Europese Kaderrichtlijn Water (Bkmw, 2009). Bij kunstmatige filtratie van het oppervlaktewater in een duinsysteem moet de kwaliteit van het infiltrerende water voldoen aan het infiltratiebesluit. Volgens de drinkwaterwet zijn drinkwaterbedrijven verplicht om leveringszekerheid veilig te stellen, daarvoor houden drinkwaterbedrijven een operationele reserve en een niet-operationele reserv capaciteit aan voor respectievelijk onvoorziene omstandigheden en onverwachte groei (Tangena, 2014; van der Aa et al., 2015). Een overzicht van de reserv capaciteit per drinkwaterbedrijf is beschreven in Tangena (2014).

Drinkwaterbedrijven die oppervlaktewater gebruiken als bron van drinkwater hebben regelmatig te kampen met incidenten met chemische stoffen. Figuur 3-1 geeft weer hoe de normale bedrijfsvoering van alle waterbedrijven die Maaswater gebruiken als bron van drinkwater werd beïnvloed als gevolg van waterverontreinigingen (RIWA-Maas, 2017). De Vereniging van Rivierwaterbedrijven (RIWA) stelt dat het aantal innamebeperkingen sinds 2011 redelijk stabiel is, maar dat de lengte ervan de laatste twee jaren sterk toeneemt: van 79 dagen in 2011 tot 340 dagen in 2015 en 312 dagen in 2016, een vrij droog jaar (KNMI, 2016; RIWA-Maas, 2017). Lage afvoeren kunnen het effect van calamiteiten versterken (Baken et al., 2016), maar het samenvallen van innamestops en perioden van lage afvoer is momenteel nog niet onderzocht.



FIGUUR 3-1 AANTAL INNAMESTOPS EN -BEPERKINGEN 2007-2016 EN DUUR [DAGEN] ALS GEVOLG VAN WATERVERONTREINIGING. UIT: DE KWALITEIT VAN HET MAASWATER 2017 (RIWA-MAAS, 2017).

Aan de hand van scenario's berekenden Sjerps et al. (2017) dat in de toekomst klimaatverandering zal leiden tot toenemende piekconcentraties van chemische stoffen tijdens lage zomerafvoeren. In perioden van lage afvoer worden de aanwezige verontreinigingen in het oppervlaktewater minder verdund, waardoor stofconcentraties kunnen oplopen. Deze hoge stofconcentraties kunnen niet meer voldoende worden verwijderd tijdens de huidige zuivering, waardoor de drinkwaterwaterkwaliteit niet gewaarborgd kan worden. Om de drinkwaterkwaliteit te waarborgen investeren drinkwaterbedrijven in bronbescherming, de beschikbaarheid van voldoende capaciteit schoon water door middel van buffers, alternatieve bronnen en in additionele zuiveringsstappen. De Kaderrichtlijn Water schrijft op termijn een mogelijke verlaging van zuiveringsinspanning voor; er mag geen achteruitgang van de waterkwaliteit optreden in drinkwaterbronnen (grond- en oppervlaktewater). Desalniettemin investeren drinkwaterbedrijven steeds meer in geavanceerde zuiveringstechnieken.

### 3.2 Drinkwaterproductie

40% van het Nederlandse drinkwater wordt geproduceerd vanuit oppervlaktewater. Het oppervlaktewater wordt ofwel direct gezuiverd tot drinkwater (PWN, WBG), of tijdelijk opgeslagen in bekkens (WML, Evides) of geïnfilteerd in duingebieden waarna het na duinpassage wordt opgepompt en gezuiverd tot drinkwater (PWN, Waternet, Dunea). De hoeveelheid geproduceerd drinkwater uit oppervlaktewater varieert van 5 tot 130 miljoen m<sup>3</sup> per jaar (Tabel 3-1). Een eerdere analyse liet zien met welke waterkwaliteitsontwikkelingen de innamepunten te maken krijgen binnen de klimaatscenario's (Wuijts et al., 2013). In Tabel 3-1 is weergegeven dat de innamepunten in de toekomst te maken krijgen met verzilting en een verslechtering van de waterkwaliteit.

TABEL 3-1 OVERZICHT VAN INNAMEPUNTEN VAN OPPERVLAKTEWATER VOOR DE PRODUCTIE VAN DRINKWATER.

Innamepunt	Water bedrijf	bekken	Productie drinkwater (Mm <sup>3</sup> /jr)	Productie industrie-water (Mm <sup>3</sup> /jr)	Effecten klimaatscenario's bij innamepunten oppervlaktewater voor drinkwater (Wuijts et al., 2013)
Gat vd Kersloot (Amer)	Evides	ja	130	47	te weinig water, kwaliteit onvoldoende, temperatuur
Brakel (Afgedamde Maas)	Dunea	ja	75	-	te weinig water, kwaliteit onvoldoende, verzilting
Nieuwegein (Lekkanaal)	Water-net	nee	65	23	kwaliteit onvoldoende, verzilting (enkel door lage afvoer)
Andijk (Ijsselmeer)	PWN	ja	63	12	temperatuur, verzilting
Loosdrecht (Bethunepolder) <sup>1</sup>	Water-net	ja	25	-	-
Heel (Lateraal-kanaal)	WML	ja	20	-	kwaliteit onvoldoende
Haringvliet (Haringvliet), voorheen Scheelhoek	Evides	nee	6,3	-	kwaliteit onvoldoende, verzilting
De Punt (Drentsche Aa)	Water-bedrijf Groningen	ja	5	-	te weinig water, kwaliteit onvoldoende, temperatuur

1) De waterwinning "Loosdrecht" betreft grotendeels grondwater dat uit de Béthunepolder wordt opgepompt, naar de Waterleidingplas wordt getransporteerd en daar wordt ingenomen t.b.v. verdere zuivering tot drinkwater. Formeel is deze winning dus een oppervlaktewaterwinning (Waterleidingplas), maar de waterbeschikbaarheid wordt hier vooral bepaald door grondwater.

### 3.3 Droogteschade drinkwatersector

Drinkwaterbedrijven krijgen in de toekomst mogelijk vaker en langer te maken met periodes van droogte. Tijdens deze perioden worden verontreinigingen in effluenten van RWZI's (rioolwaterzuiveringsinstallaties) en IAZI's (industriële afvalwaterzuiveringsinstallaties) en diffuse verontreiniging minder verdund, zodat de concentraties in Rijn en Maas toenemen. Vermindering van de verdunning treedt op bij zowel constante verontreinigingen (zoals de emissie van geneesmiddelen uit RWZI's) als bij incidenten zoals een pieklozing uit IAZI's. Voorgaand onderzoek laat zien dat de piekconcentraties van stoffen met constante emissies kunnen toenemen met een factor twee tot vier (Sjerps et al., 2017). Binnen een jaar kunnen stofconcentraties variëren met een factor 10 tot 20 (Coppens et al., 2015; Sjerps et al., 2017).

Drinkwaterbedrijven nemen adaptieve maatregelen om de leveringszekerheid van onberispelijk drinkwater te garanderen. In 2015 zijn diverse maatregelen genomen adaptief voor waterkwaliteitsontwikkelingen gerelateerd aan droogte door onder andere Evides, Brabant Water, Waterleidingmaatschappij Limburg, Drinkwaterbedrijf Oasen en Drinkwaterbedrijf Dunea. Deze zijn opgenomen in de tabel aan het einde van dit hoofdstuk (Tabel 3.5).

Hoewel Europese lidstaten met de Kaderrichtlijn Water achteruitgang van de waterkwaliteit in drinkwaterbronnen (grond- en oppervlaktewater) voorkomen, teneinde te voorkomen dat de zuiveringsinspanning moet worden verhoogd, investeren drinkwaterbedrijven steeds meer in geavanceerde zuiveringstechnieken. Oasen investeert momenteel in de installatie van Reverse Osmosis membranen (RO) en Dunea in de verbetering van de huidige zuivering middels geavanceerde oxidatie. PWN investeert in nieuwe technieken met ionenwisseling en keramische membraanfiltratie op pilot schaal.

### 3.4 Procesbeschrijving, droogtekenmerken en handelingsopties praktijkvoorbeelden

#### 3.4.1 Selectie praktijkvoorbeelden

Voor de drinkwatersector selecteren we drie praktijkvoorbeelden met verschillen in hoeveelheid drinkwaterproductie, geografische verspreiding en kwetsbaarheid voor droogte, verzilting en waterkwaliteitseffecten (Tabel 3-2). De locaties zijn gekozen binnen de stroomgebieden van de Rijn en de Maas. Het is bekend dat de Maas als regenrivier kwetsbaarder is dan de Rijn voor de effecten van klimaatverandering (Sjerps et al., 2017). De Maas wordt enkel gevoed door grondwater en regenwater waardoor de waterafvoer sterk kan wisselen. De Rijn wordt naast regenwater ook gevoed met smeltwater uit de Alpen, waardoor de waterafvoer door het jaar heen stabiel is. Een extra praktijkvoorbeeld is de winning van oeverfiltraat van Oasen. Het deel van de Lek waar deze winningen zijn gelegen is gevoelig voor toekomstige verzilting vanuit de Noordzee (Deltacommissie, 2008; Wuijts et al., 2013).

TABEL 3-2 SELECTIE VAN LOCATIES VOOR PRAKTIJKVOORBEELDEN DRINKWATERSECTOR.

	Innamepunt	Kwetsbaar voor
Oasen	Oeverfiltratiewater uit de Lek (Rijn)	Verzilting
Waternet	Oppervlaktewater uit het Lekkanaal (Rijn)	Verslechterde waterkwaliteit tijdens lage afvoeren
WML	Oeverfiltratiewater te Heel (Maas)	Verslechterde waterkwaliteit tijdens lage afvoeren

#### 3.4.2 De Maas te Heel (WML)

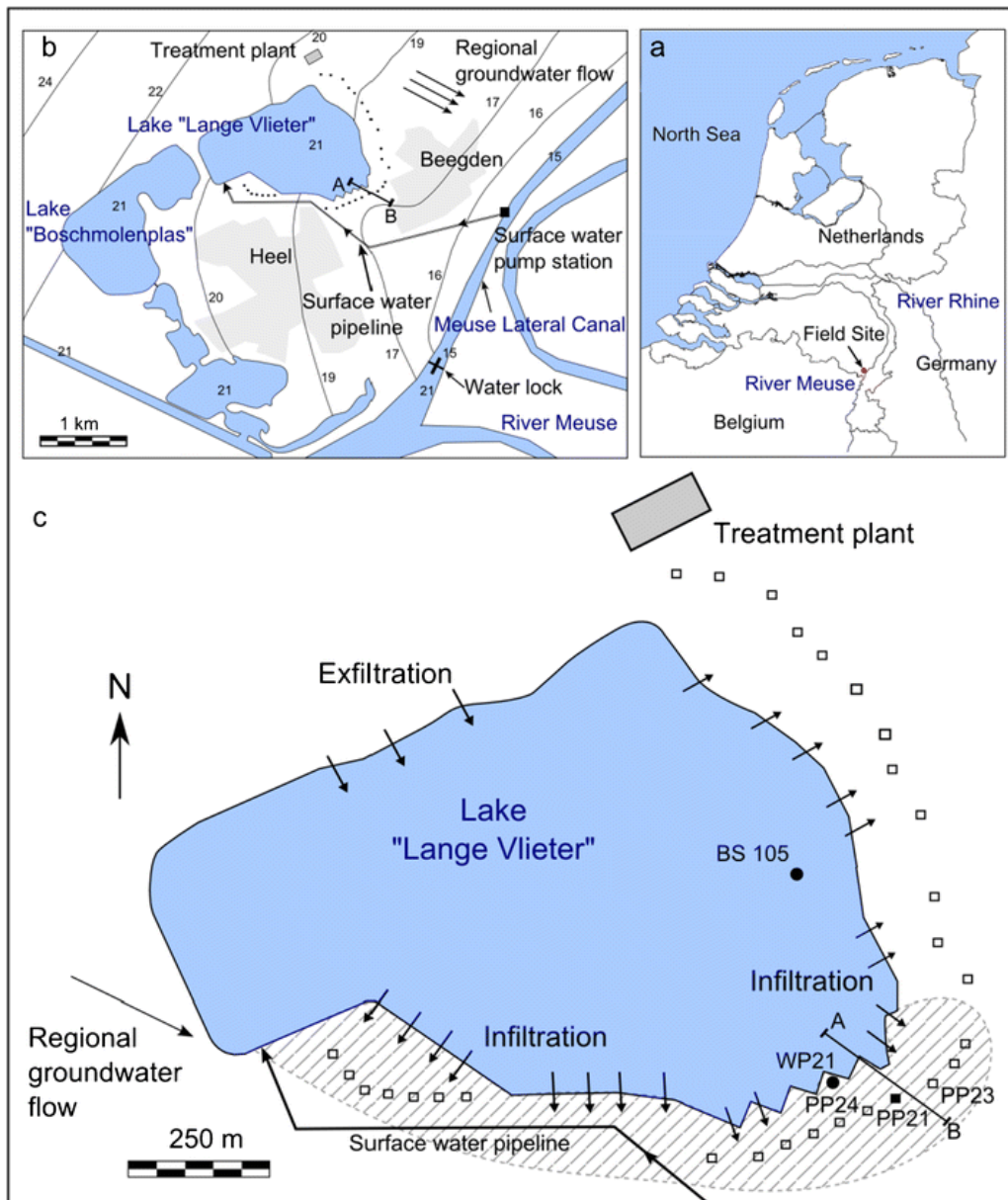
WML produceert circa 76 miljoen m<sup>3</sup> drinkwater per jaar voor de bewoners van de provincie Limburg. Drinkwater wordt geproduceerd uit oppervlaktewater (circa 20 miljoen m<sup>3</sup> per jaar) en uit grondwater (circa 56 miljoen m<sup>3</sup> per jaar) op 25 grondwaterpompstations. Het

oppervlaktewater wordt ingenomen uit het Lateraalkanaal, getransporteerd naar de Lange Vlieter (verblijftijd 1,5-2 jaar) en via pompputten op de oever onttrokken (bodempassage duurt gemiddeld 30 dagen tot enkele jaren) en gezuiverd op productielocatie Heel (zie Figuur 3-2). De zuivering bestaat uit een combinatie van beluchting, snelfiltratie, actief koolfiltratie en UV desinfectie. In de omgeving van Heel staan een aantal grondwaterpompstations (satellietwinningen). Het drinkwater gezuiverd te Heel wordt gemengd met het drinkwater van de grondwaterpompstations, en geleverd aan midden Limburg. Daarnaast zijn in Noord- en Zuid-Limburg freatische -, middeldiepe - en kalksteenwinningen waaruit drinkwater wordt geproduceerd.

De provincie voert momenteel onderzoek uit samen met het waterschap naar de waterbeschikbaarheid in Limburg. Specifiek kijken zij naar de regionale watervraag en het wateraanbod en hoe deze het beste kunnen worden verdeeld. Uit deze studie zijn nog geen resultaten beschikbaar. Door de provincie wordt de Roerdalslenk mogelijk aangewezen als een aanvullende strategische reserve.

### **Droogtekenmerken**

De oppervlaktewaterwinning Heel van WML is met name kwetsbaar voor organische microverontreinigingen. Het waterpeil in het Lateraalkanaal blijft op peil door enerzijds voeding vanuit de Maas en anderzijds benedenstroomse instroming vanuit de Roer. Hierdoor kan het stuwpeil gehandhaafd blijven ten gunste van de scheepvaart en de drinkwatervoorziening. De kwaliteit van de Maas staat onder druk en zal in de toekomst vaker en langduriger te maken krijgen met verontreinigingen tijdens perioden van droogte (Sjerps et al., 2017). Sinds 2015 is de inname uit het lateraalkanaal langdurig gestaakt vanwege calamiteiten met o.a. pyrazool en melamine. De concentraties van deze stoffen konden mede zo hoog oplopen vanwege de lage afvoer van de Maas (Baken et al., 2016).



FIGUUR 3-2 OVERZICHT VAN A) DE LOCATIE VAN WATERWINNING HEEL, B) DE SITE WAAR WATER UIT DE MAAS NAAR DE LANGE VLIETER WORDT GEPOMPT EN C) GEDETAILLEERDE KAART VAN DE LANGE VLIETER, WAAR NAAST MAASWATER OOK LOKAAL GRONDWATER NAARTOE STROOMT (EXFILTRATION) EN WAAR MET POMPPUTTEN IN DE OEVER WATER NA BODEMPASSAGE (INFILTRATION) WORDT ONTTROKKEN EN GEZUIVERD. UIT: Bustos Medina et al. (2013).

### Handelingsopties en bijbehorende kosten

WWL heeft de laatste jaren grootschalig geïnvesteerd in het realiseren van extra capaciteit om drinkwaterlevering te garanderen. Wanneer de waterkwaliteit van de Maas als gevolg van droogte langdurig niet voldoende is voor drinkwaterproductie, zijn de volgende handelingsopties in kaart gebracht:

#### 1. Innamestop

De Lange Vlieter bevat een watervoorraad waaruit geput kan worden tijdens een innamestop



van Maaswater. Op het moment dat de inname van Maaswater moet worden gestaakt, veelal het gevolg van een slechte waterkwaliteit, wordt in eerste instantie de reguliere oeverfiltraatwinning gecontinueerd en wordt ingeteerd op de voorraad in het bekken. In deze fase daalt het bekkenpeil van circa NAP +21,05 naar NAP+20,65 m. Deze periode kan tot maximaal 2-3 weken duren. Een innamestop is altijd het gevolg van een te hoge concentratie van een organische stof. Het identificeren en analyseren van een onbekende stof en risicoanalyse brengt in dit stadium extra kosten met zich mee (kosten circa 80.000 euro).

## 2. Capaciteit freatische satellietwinningen vergroten

Vervolgens, als het bekkenpeil van De Lange Vlieter verder daalt, worden de aanwezige (grondwater)satellietpompstations opgeschaald en de reguliere oeverfiltraatwinning gereduceerd. In deze fase daalt het bekkenpeil van de Lange Vlieter van circa NAP +20,65 tot NAP+20,55 m. De maximale vergunde capaciteit van de freatisch satellietwinningen is 13 miljoen m<sup>3</sup> per jaar, waarvan 10,7 miljoen m<sup>3</sup> per jaar inzetbaar is vanwege kwaliteitseisen. De huidige onttrekking is 9,6 miljoen m<sup>3</sup> per jaar. De omvang van de opschalingscapaciteit van de satellietwinningen is circa 1 miljoen m<sup>3</sup> per jaar (Tabel 3-3). De maatregel leidt niet tot extra kosten; deze kosten vallen binnen de reguliere operationele kosten.

TABEL 3-3 OMVANG OPSCHALINGSCAPACITEIT SATELLIETWINNINGEN VAN WML.

	Capaciteit (Mm <sup>3</sup> /jaar)
Vergund	13
Inzetbaar	10,7
Onttrokken in 2016 (geen innamestops)	9,6
Omvang opschalingscapaciteit satellietwinningen	1,1

## 3. Onttrekken bij diepe winningen

In 2012 is een puttenveld aangelegd met 18 diepe putten die water onttrekken aan de Roerdalslenk. Deze winning is aangelegd als capaciteit bij een noodsituatie en niet bedoeld voor reguliere onttrekking. Daalt het niveau van het bekken verder (<NAP 20,55 m), dan zal de reguliere oeverfiltraatwinning verder worden gereduceerd en de diepe winning geleidelijk worden bijgezet (NAP+20,55 m tot NAP+20,30 m). Als het bekkenpeil NAP+20,30 m nadert zal de reguliere oeverfiltraatwinning volledig uit bedrijf gaan en de diepe winning en de satellietpompstations maximaal worden ingezet. Deze back-up winning kan circa 4-4,5 maanden worden ingezet. De maximale vergunde capaciteit van de diepe winning is 6,7 miljoen m<sup>3</sup> per jaar met een maximum van 59,3 miljoen m<sup>3</sup> in 20 jaar. De inzet van deze maatregel leidt tot inzet van extra personeel en energiekosten (22.000 euro voor 4 maanden tijdens pyrazool casus volgens WML (2017)).

De drinkwaterkwaliteit geproduceerd vanuit de diepe winningen is anders van kwaliteit, het water is harder. Het realiseren van een onthardingsinstallatie is momenteel niet gepland gegeven het feit dat de diepe winningen gelden als noodvoorziening). De kosten ervan worden geschat op 5 miljoen euro voor een capaciteit van 10 miljoen m<sup>3</sup> per jaar. Bij eerdere inzet moesten gebruikers worden geïnformeerd over de hogere hardheid van het geproduceerde water met een mailing (kosten circa 13.000 euro tijdens pyrazool casus volgens WML (2017)).

## Afname levering of overtreding vergunning

In totaal kan de bruikbare voorraad in De Lange Vlieter, de opschaling van de

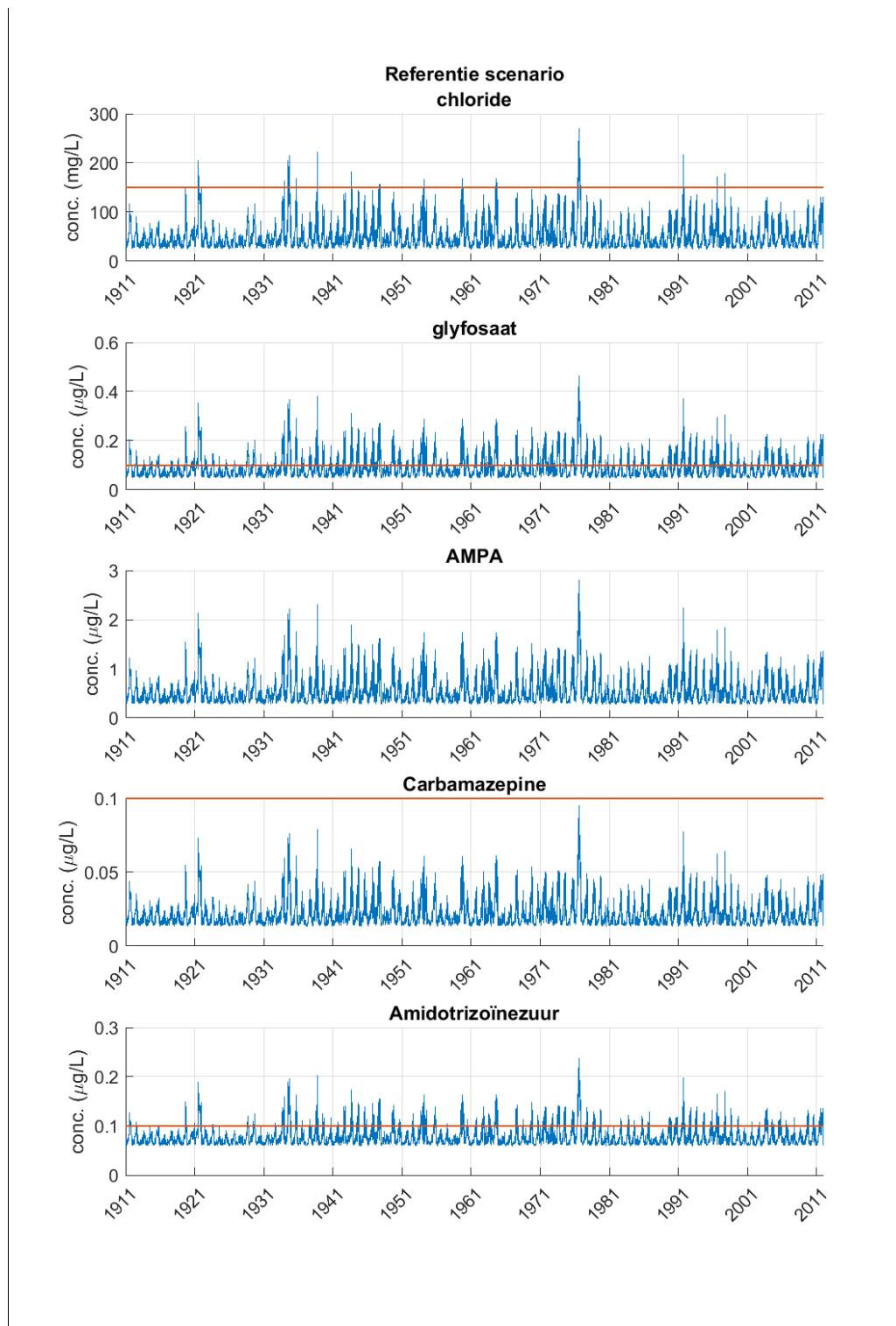
satellietwinningen en diepe winningen voor 4-5 maanden voorzien aan de watervraag. Vervolgens zijn er geen handelingsopties meer en zal een afname van de levering of een overtreding van de vergunning plaats vinden. In het droge jaar 1976 werden klanten gevraagd zuinig om te gaan met drinkwater.

WML overweegt momenteel niet om te investeren in aanvullende capaciteit of uitbreiding van de drinkwaterzuivering.

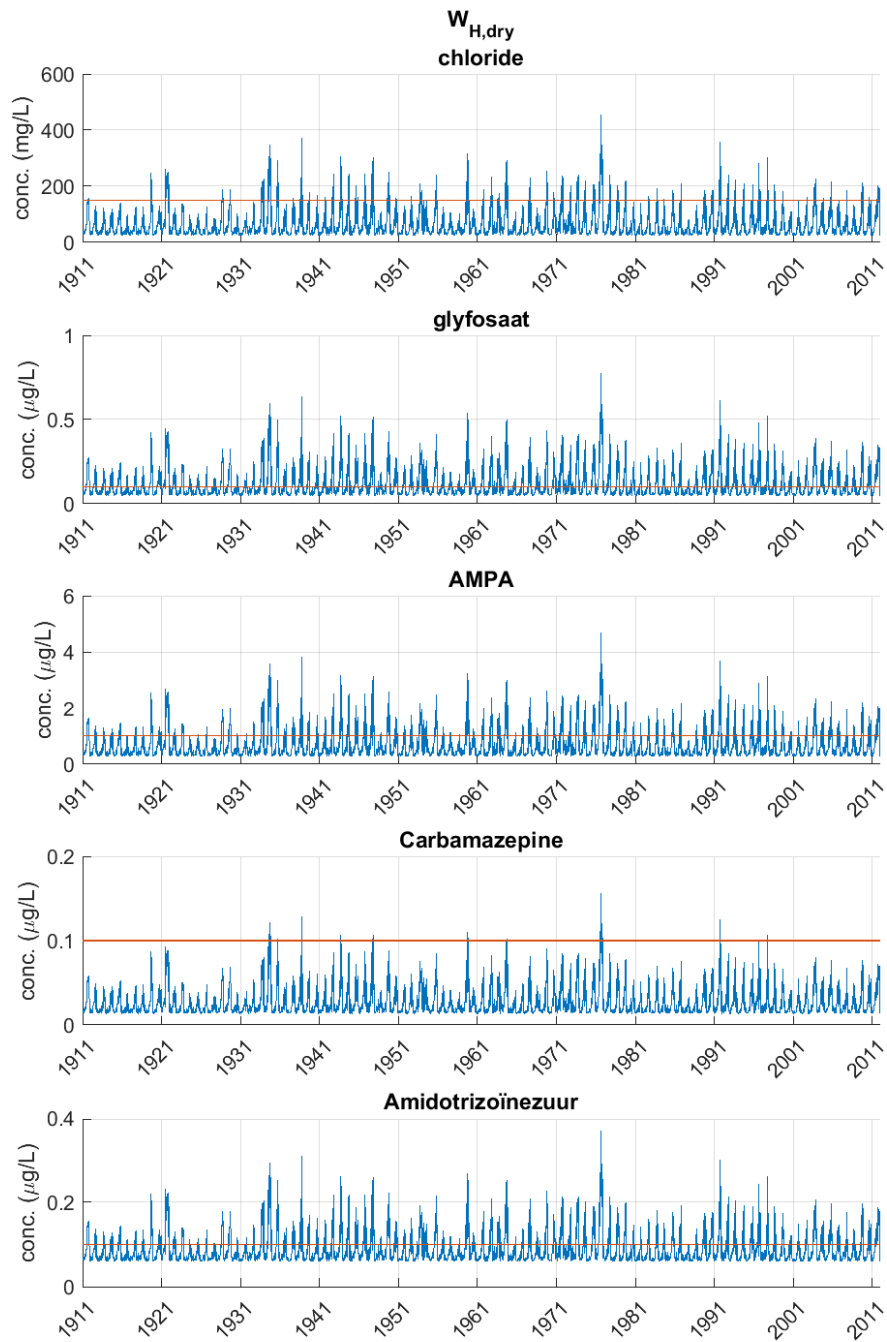
### **Projecties waterkwaliteit Maas**

Op basis van de honderdjarige afvoerreeks voor verschillende klimaatscenario's zijn projecties gemaakt van toekomstige concentraties van chloride en een aantal organische microverontreinigingen in de Maas te Eijsden (Figuur 3-3 en Figuur 3-4). De grootste knelpunten worden verwacht voor toekomstige concentraties van organische microverontreinigingen. Vanwege het onvoorspelbare karakter van piekconcentraties zijn er geen projecties gemaakt voor toekomstige concentraties van industriële stoffen. Chloride, het geneesmiddel carbamazepine dat via RWZI effluent wordt geloosd en het bestrijdingsmiddel glyfosaat zijn gebruikt als referentiestoffen.

Tijdens het verblijf in De Lange Vlieter (1,5-2 jaar) en tijdens bodempassage (30 dagen tot enkele jaren) zullen piekconcentraties in het ruwe water voor drinkwaterzuivering afvlakken. De concentraties van het ruwe water voor drinkwaterzuivering verschillen daarom van de concentraties in het innamewater uit het Lateraalkanaal.

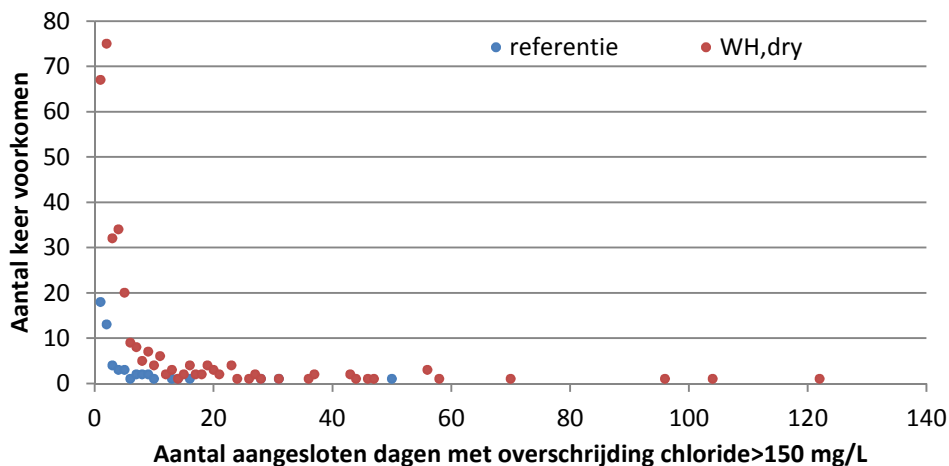


FIGUUR 3-3 PROJECTIES VAN DE CONCENTRATIE CHLORIDE EN ORGANISCHE MICROVERONTREINIGINGEN TE EIJSDEN AAN DE HAND VAN DE HONDERD-JARIGE AFVOERREEKS IN HET REFERENTIE SCENARIO. TOELICHTING OVER DE WATERKWALITEITSEISEN IS TE VINDEN IN HOOFDSTUK 2.



FIGUUR 3-4 PROJECTIES VAN DE CONCENTRATIE CHLORIDE EN ORGANISCHE MICROVERONTREINIGINGEN TE EIJSDEN AAN DE HAND VAN DE HONDERD-JARIGE AFVOERREEKS IN HET SCENARIO  $W_{H,DRY}$ . TOELICHTING OVER DE WATERKWALITEITSEISEN IS TE VINDEN IN HOOFDSTUK 2.

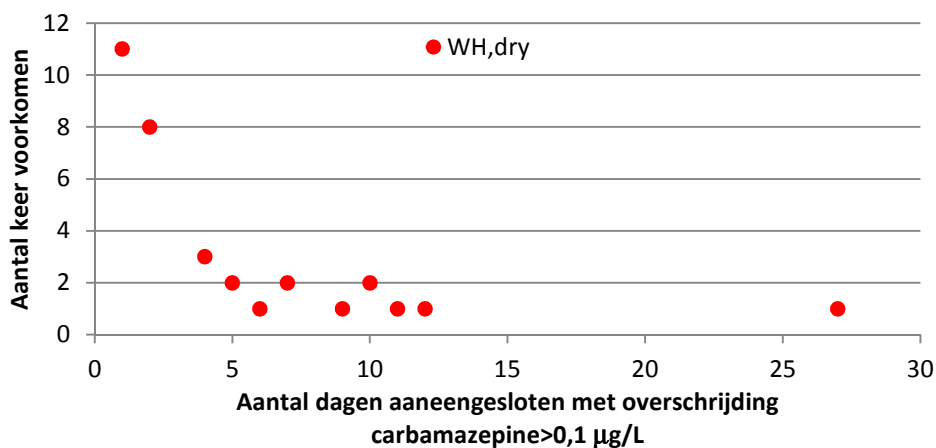
Chloride heeft een wettelijke jaargemiddelde norm van 150 mg/L voor drinkwater en het oppervlaktewater gebruikt voor de productie van drinkwater (Drinkwaterbesluit, 2011; Drinkwaterregeling, 2011) en een waterkwaliteitseis voor de waterbeheerder van 150 mg/L voor oppervlaktewater gebruikt voor de productie van drinkwater in het besluit kwaliteit en monitoring water (Bkmw, 2009). In de gemaakte waterkwaliteitsprojecties binnen de scenario's referentie en  $W_{H,dry}$  overschrijdt de chloride concentratie respectievelijk 0,8% en 6,8% dagen uit de honderdjarige reeks de grens van 150 mg/L. De maximale duur van een periode van normoverschrijding is 122 dagen in het scenario  $W_{H,dry}$  (Figuur 3-5).



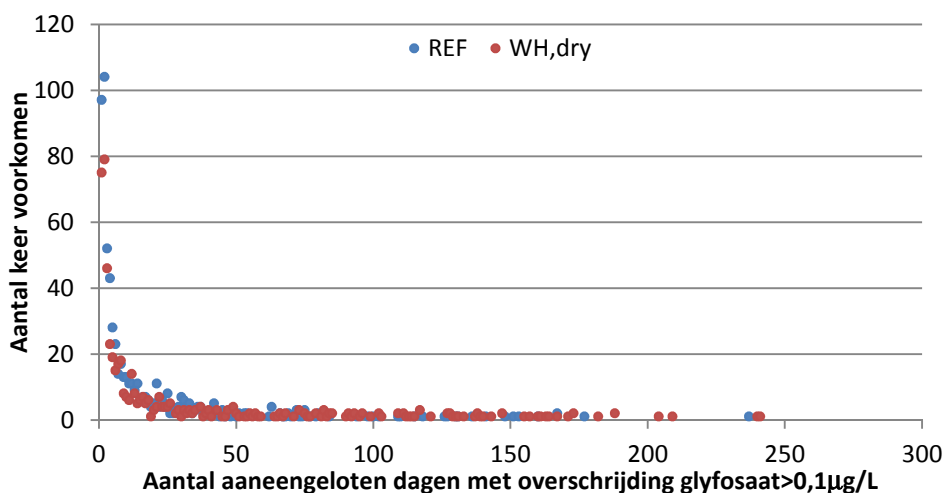
FIGUUR 3-5 FREQUENTIE EN DUUR OVERSCHRIJDINGEN VAN DE WATERKWALITEITSEIS (>150 mg/L) VAN DE GEPROJECTEERDE CHLORIDE CONCENTRATIES IN DE MAAS TE EIJSDEN OVER EEN PERIODE VAN 100 JAAR IN DE SCENARIOS REFERENTIE EN  $W_{H,DRY}$

Carbamazepine is een geneesmiddel en heeft geen wettelijke drinkwaternorm, maar wordt getoetst aan de signaleringswaarde van 0,1  $\mu\text{g/L}$  voor oppervlaktewater dat wordt gebruikt voor de productie van drinkwater (Bkmw, 2009; Rijksoverheid, 2015). In de gemaakte waterkwaliteitsprojecties binnen de scenario's referentie en  $W_{H,dry}$  overschrijdt de carbamazepine concentratie respectievelijk 0% en 0,4% dagen uit de honderdjarige reeks de grens van 0,1  $\mu\text{g/L}$ . De maximale duur van een periode van overschrijding is 27 dagen bij snelle klimaatverandering (Figuur 3-6). Na een overschrijding van een signaleringswaarde volgt meer onderzoek naar de mogelijke effecten en de verwijdering bij drinkwaterbehandeling van de stof, en wordt uit voorzorg de inname gestopt.

Glyfosaat is een bestrijdingsmiddel (herbicide) met een wettelijke drinkwaternorm van 0,1  $\mu\text{g/L}$  (Drinkwaterbesluit, 2011). Daarnaast kent glyfosaat een gelijke waterkwaliteitseis voor oppervlaktewater dat wordt gebruikt voor de productie van drinkwater (Bkmw, 2009). In de gemaakte waterkwaliteitsprojecties binnen het scenario REF 2015 en  $W_{H,dry}$  overschrijdt de concentratie glyfosaat de norm in respectievelijk 29% en 40% dagen van de honderdjarige reeks. De maximale duur van een periode van overschrijding is 237 dagen in het referentie scenario 241 dagen binnen de geprojecteerde 100 jaar bij snelle klimaatverandering (Figuur 3-7/Figuur 3-4). Momenteel overschrijdt glyfosaat ook regelmatig de norm van 0,1  $\mu\text{g/L}$  in de Maas. WML heeft recent een ontheffing aangevraagd om water te blijven innemen in perioden van hoge concentraties en wacht op een reactie van de inspectie (ILT).



FIGUUR 3-6 FREQUENTIE EN DUUR OVERSCHRIJDINGEN VAN DE SIGNALERINGSWAARDE (0,1 µg/L) VAN DE GEPROJECTEERDE CARBAMAZEPINECONCENTRATIES OVER EEN PERIODE VAN 100 JAAR IN DE MAAS TE EIJSDEN IN DE SCENARIO'S REFERENTIE (GEEN OVERSCHRIJDINGEN) EN  $W_{H,DRY}$



FIGUUR 3-7 FREQUENTIE EN DUUR OVERSCHRIJDINGEN VAN DE WATERKWALITEITSEIS (0,1 µg/L) VAN DE GEPROJECTEERDE GLYFOSAATCONCENTRATIES OVER EEN PERIODE VAN 100 JAAR IN DE MAAS TE EIJSDEN IN DE SCENARIOS REFERENTIE EN  $W_{H,DRY}$

### 3.4.3 Lekkanaal (Rijn) te Nieuwegein (Waternet)

Waternet produceert drinkwater voor de inwoners van Amsterdam en omstreken, en voor en gros levering aan PWN en Dunea. Het water is afhankelijk van oppervlaktewater op twee locaties (zie Figuur 3-8):

1. Winning van water uit het Lekkanaal bij het waterwinstation ir. Cornelis Biemond (WCB) te Nieuwegein. Dit WRK<sup>1</sup>-water wordt voorgezuiverd en via de WRK I- en WRK II-leidingen getransporteerd naar de Amsterdamse waterleidingduinen en naar de industrieën Tata Steel en Crown-van Gelder. In totaal wordt te Nieuwegein 100 miljoen m<sup>3</sup> per jaar onttrokken en verdeeld over de genoemde bedrijven. Per dag wordt gemiddeld

<sup>1</sup> WRK (N.V. Watertransportmaatschappij Rijn-Kennemerland) is eigenaar van het waterwinstation ir. C. Biemond

- 0,153 miljoen m<sup>3</sup> van het WRK-water naar de waterleidingduinen getransporteerd; 's zomers rond de 0,18 en 's winters rond 0,13 miljoen m<sup>3</sup> per dag. Bij de Amsterdamse waterleidingduinen wordt het water naar verdeelrovers gebracht en vandaar via een toevoersysteem en infiltratiepanden in de duinen geïnfiltreerd. Tijdens duinpassage zorgen biologische processen en filtratie voor een verdere zuivering. De verblijftijd van het water in de duinen varieert van 8 weken tot 6 maanden. Het duinfiltraat wordt gezuiverd door een combinatie van beluchting, snelfiltratie, ozonisatie, koolfiltratie en langzame zandfiltratie te Leiduin. Hiermee produceert Waternet circa 65 miljoen m<sup>3</sup> drinkwater en 30 miljoen m<sup>3</sup> industriewater per jaar.
2. Winning van kwelwater uit de Bethunepolder. Dit wordt getransporteerd via een open waterleidingkanaal naar de waterleidingplas bij Loenen waar het ongeveer 100 dagen verblijft. Het water wordt gezuiverd te Weesperkarspel met dezelfde technieken als te Leiduin. Hiermee produceert Waternet circa 25 miljoen m<sup>3</sup> per jaar.



FIGUUR 3-8 OVERZICHT VAN WINNING, PRODUCTIE EN TRANSPORTSTELSEL, EN DE DISTRIBUTIE EN LEVERINGSGBIEDEN (BRON: WATERNET). LICHTROZE IS HET LEVERINGSGBIED WAAR WATERNET DRINKWATER LEVERT AAN PWN EN DUNEA.

### Droogtekenmerken

De winning uit het Lekkanaal te Nieuwegein is kwetsbaarder voor droogte dan de winning uit de Bethunepolder. De waterkwaliteit van de Bethunepolder is grotendeels oud kwelwater met een constante waterkwaliteit. Bij droogte wordt meer water uit het Amsterdam-Rijnkanaal ingelaten voor het peilbeheer in de Loosdrechtse Plassen, waardoor er dan meer gebiedsvreemd water in het gebied komt. Het water uit het Amsterdam-Rijnkanaal is van minder goede kwaliteit, en beïnvloedt zo indirect de kwaliteit van het Bethunewater omdat het water daar weer opkwelt.

Het water uit het Lekkanaal wordt geïnfiltreerd in de waterleidingduinen voor drinkwaterproductie en om het grondwater aan te vullen en verzilting te voorkomen. Deze

infiltratie van oppervlaktewater in de duinen is aan waterkwaliteitseisen gebonden (Bijlage 1 uit het infiltratiebesluit<sup>2</sup>).

Het onderzoek richt zich op de effecten droogte op de waterkwaliteit bij de winning te Nieuwegein. De volgende droogtekenmerken van het Lekkanaal zijn geïdentificeerd:

1. **Chloride.** Bij lagere afvoeren wordt het rivierwater zouter doordat er minder verdunning optreedt. Het innamepunt te Nieuwegein heeft geen toekomstige problemen met stroomopwaartse verzilting vanuit zee, in tegenstelling tot de oeverfilteraatswinningen aan de Lek van Oasen. Normen voor de chloride concentratie zijn er voor zowel het innamepunt uit het Lekkanaal (150 mg/L; Bkmw), het water dat wordt geïnfiltreerd in de duinen (200 mg/L; Infiltratiebesluit) en het geproduceerde drinkwater (jaargemiddelde van 150 mg/L; Drinkwaterbesluit).

**Bromide.** Bromide wordt in het zuiveringsproces door ozonisatie (desinfectiestap) omgezet in bromaat. Bromaat is een carcinogene stof met een lange termijn impact op de volksgezondheid (WHO, 2005). Bromaat in drinkwater heeft een wettelijke norm van 5 µg/L (Drinkwaterbesluit, 2011). De hoeveelheid bromaat die wordt gevormd wordt met name bepaald door de ozonconcentratie. Daarnaast is bromaatvorming afhankelijk van de bromide concentratie in het water, maar ook van andere factoren, zoals de hoeveelheid opgeloste koolstof in het water. Concentraties van 100 µg/L bromide in het ruwe water leiden momenteel in de ozon zuivering te Leiduin tot de vorming van 2 µg/L bromaat. Bij veronderstelde lineariteit (von Gunten, 2003) kunnen concentraties van 250 µg/L bromide in het ruwe water leiden tot een concentratie van 5 µg/L bromaat. De concentratie van 250 µg/L is geen wettelijke of bedrijfstechnische norm, maar wordt in deze studie gebruikt als maximale concentratie van bromide in het ruwe water voor drinkwaterzuivering waarbij veilig drinkwater kan worden geproduceerd onder ozonatie. In de praktijk zal Waternet voorkomen dat concentraties bromaat in drinkwater toenemen boven 2 µg/L.

2. **Organische microverontreinigingen.** Bij lagere afvoeren wordt is het rivierwater meer verontreinigd met organische microverontreinigingen doordat er minder verdunning optreedt en het aandeel RWZI effluent toeneemt.
3. **Microbiologische kwaliteit** (o.a. pathogenen). Dit probleem treedt op wanneer het debiet in het Amsterdam-Rijnkanaal te laag is. Hierdoor wordt het aandeel van effluent van bovenstroomse rioolwaterzuiveringen, waarin ook organische microverontreinigingen zitten, erg hoog.

### Handelingsopties

Bij het overschrijden van kritieke grenswaarden door de afnemende waterkwaliteit bij lage afvoeren te Nieuwegein komt de drinkwaterproductie onder te druk te staan. Waternet zal bij de productie de drinkwaterkwaliteit proberen te waarborgen en te blijven voldoen aan de leveringsplicht. Bij aanhoudende droogte zullen uiteindelijk knelpunten ontstaan door de toename van concentraties van organische microverontreinigingen.

De volgende successievelijke reacties van Waternet zijn geïdentificeerd bij een overschrijding van de waterkwaliteitseisen van het oppervlaktewater uit het Lekkanaal:

<sup>2</sup> <http://wetten.overheid.nl/BWBR0005957/2009-12-22#Bijlage1>



1. *Infiltratiestop* (maximaal 1-5 dagen). Met deze maatregel wordt infiltratie van Rijnwater in de Waterleidingduinen teruggebracht, waardoor wordt ingeteerd op de zoetwatervoorraad in de duinen.

In de regel is een infiltratiestop een acute preventieve actie tot de ernst en noodzakelijk te nemen maatregelen duidelijk zijn. In de praktijk wordt een innamestop niet langer ingezet dan één dag, omdat vervolgens aanvullende maatregelen worden genomen, zoals de inzet van grondwater. Het schadelijk effect voor de natuur van onttrekkingen aan de duinen bij een infiltratiestop is snel merkbaar; en afhankelijk van het seizoen. In deze studie gaan wij uit van een infiltratiestop van maximaal 5 dagen binnen het broedseizoen. Buiten het broedseizoen kan het grondwaterpeil verder weg laten zakken tot een technisch minimaal peil in een plas/dras situatie na circa 20 dagen. De duinen bevatten een zoetwatervoorraad groot genoeg voor maximaal 100 dagen aan productie; wanneer deze hele zoetwatervoorraad in de duinen wordt aangesproken buiten de vergunningverlening wordt maximale natuurschade veroorzaakt.

Bij een infiltratiestop moet Waternet in overleg met het bevoegd gezag, in casu de Provincie. Een infiltratiestop leidt tot beperkte extra financiële kosten (niet gespecificeerd); installaties moeten uitgeschakeld en grondwaterwinning installaties op WCB (zie 2) en in de duinen moeten ingeschakeld worden. Na elke infiltratiestop worden de voorraden weer hersteld, wat een proces is dat enkele maanden kan duren.

2. *Grondwateronttrekking bij Nieuwegein* (maximaal 3 miljoen m<sup>3</sup> per jaar/0,12 miljoen m<sup>3</sup> per dag). Met deze maatregel wordt diep grondwater gewonnen bij Nieuwegein en geïnfilterd in de Waterleidingduinen. Grondwater wordt selectief en effectief ingezet, en wordt vermengd met Rijnwater wanneer de kwaliteit onvoldoende is. Ook hier geldt dat de voorraad niet kan worden aangesproken zonder gevolgen, en dat voorraden weer moeten worden hersteld.

De maximale onttrekking is vastgelegd in een vergunning en betreft circa 3 miljoen m<sup>3</sup> per jaar. De vergunde capaciteit is 1,7 miljoen m<sup>3</sup> per maand en 0,12 miljoen m<sup>3</sup> per dag. Een hoeveelheid van 0,12 miljoen m<sup>3</sup> per dag kan achtereenvolgens 25 dagen worden ingezet (3 miljoen m<sup>3</sup>/0,12 miljoen m<sup>3</sup>). Het oppompen van het grondwater leidt tot extra kosten, alhoewel de verwachting is dat deze beperkt zijn. Kosten worden geschat op: grondwaterheffing 0,01 euro per m<sup>3</sup>, energiekosten 0,02 euro per m<sup>3</sup>, exploitatiekosten: 0,03 euro/m<sup>3</sup>, investeringskosten 0,07 euro per m<sup>3</sup> en onderzoekskosten worden geschat op 0,01 euro per m<sup>3</sup>.

*Diepe grondwaterwinning Waterleidingduinen.* (max 3 miljoen m<sup>3</sup> per jaar). Met deze maatregel wordt grondwater gewonnen uit het tweede watervoerende pakket. Dit is het pakket met origineel duinwater waaruit van oudsher met een lagere productiecapaciteit water werd gewonnen. Dit water bevat veel stikstof en ammonium, waardoor de operationele kosten toenemen tijdens de zuivering omdat filters sneller moeten worden vervangen en gespoeld vanwege een toename in algengroei. Deze winning kan niet structureel worden ingezet, omdat het de zoetwaterbel verkleint en leidt tot verzilting ('upconing') en verdroging. De maximale capaciteit van onttrekking van diep grondwater uit de duinen is 4.200 m<sup>3</sup> per uur. Kosten worden geschat op: grondwaterheffing 0,01 euro per m<sup>3</sup>, energiekosten 0,02 euro per m<sup>3</sup>, exploitatiekosten: 0,03 euro/m<sup>3</sup>, investeringskosten 0,07 euro per m<sup>3</sup> en onderzoekskosten worden geschat op 0,01 euro per m<sup>3</sup>.

3. *Back-up voorziening IJsselmeer* Met deze maatregel wordt oppervlaktewater uit het IJsselmeer via de WRK III-leiding vanuit Andijk naar Waternet getransporteerd. Deze achtervang is echter niet inzetbaar tijdens langdurige droogtegebeurtenissen, omdat het IJsselmeer dan ook te kampen heeft met vervuilingproblemen. Bovendien wordt de WRK III-leiding reeds gebruikt door PWN, waardoor de resterende capaciteit als back-up voorziening beperkt is.

#### *Mogelijke maatregelen na aanvullende investeringen*

Bovenop bovenstaande op dit moment mogelijke handelingsopties bij droogte kan Waternet op termijn aanvullende investeringen doen. De volgende mogelijke maatregel is geïdentificeerd (maar momenteel niet in overweging):

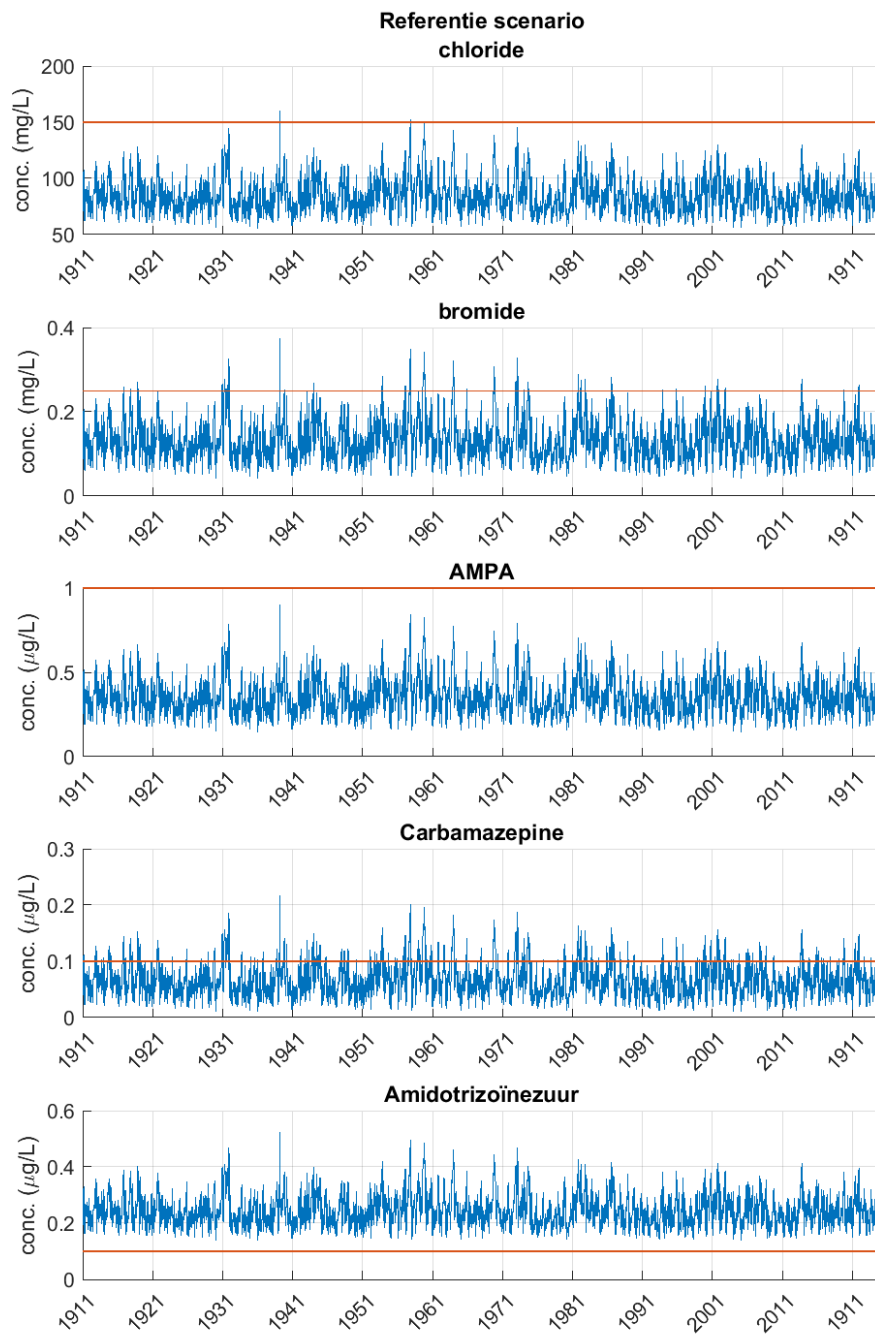
*Voorzuivering bij duininfiltratie.* Het Rijnwater dat geïnfiltreerd wordt in de duinen kan voor infiltratie intensiever gezuiverd worden met geavanceerde oxidatie of reverse osmosis membranen om organische microverontreinigingen te verwijderen. Dit zou een investering vergen van circa 10 miljoen tot 100 miljoen euro, alsmede additionele operationele kosten voor geavanceerde zuiveringstechnieken (Waternet, 2017). Deze optie wordt als onwenselijk en inefficiënt beoordeeld, omdat het geïnfiltreerde duinwater nogmaals wordt gezuiverd vanwege bacteriologische contaminatie in de open winning. Er is onderzoek gedaan naar de mogelijkheid van het sluiten van de winning in de duinen. Het resultaat van dit onderzoek was dat ook dit geen wenselijke optie is, onder andere omdat de kosten daarvan te hoog zijn (€100-200 miljoen).

Het verplaatsen van het innamepunt te Nieuwegein naar elders is geen effectieve maatregel, omdat op het moment dat de waterkwaliteit niet voldoet te Nieuwegein, de waterkwaliteit van de hele Rijnstroomgebied verslechterd zal zijn.

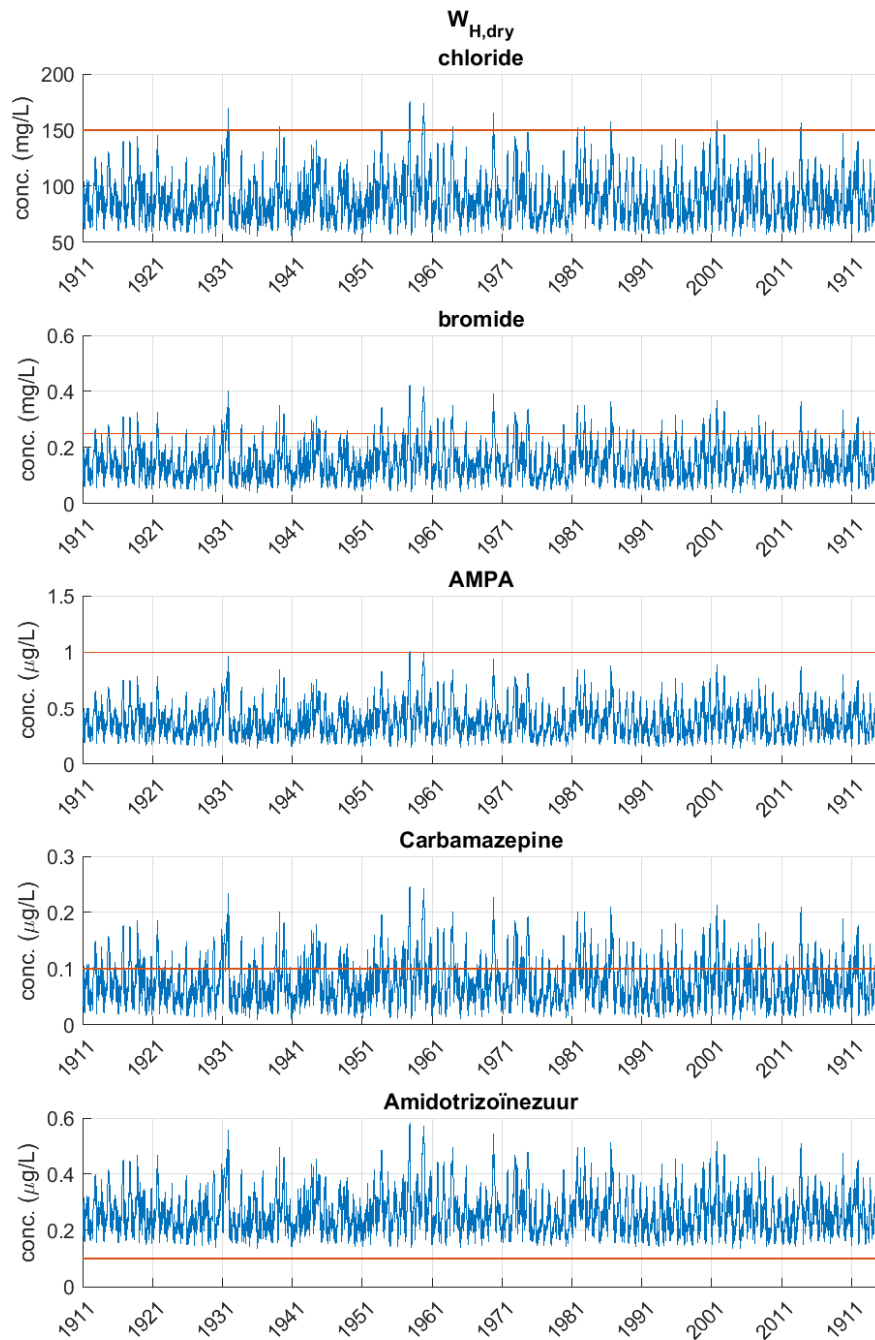
#### **Projecties waterkwaliteit Rijn**

Op basis van de honderdjarige afvoerreeks voor twee klimaatscenario's zijn projecties gemaakt van toekomstige concentraties van chloride, bromide en een aantal organische microverontreinigingen te Lobith (Figuur 3-9 en Figuur 3-10). De grootste knelpunten worden verwacht voor toekomstige concentraties van bromide en organische microverontreinigingen, zoals geneesmiddelen uit RWZI effluent.

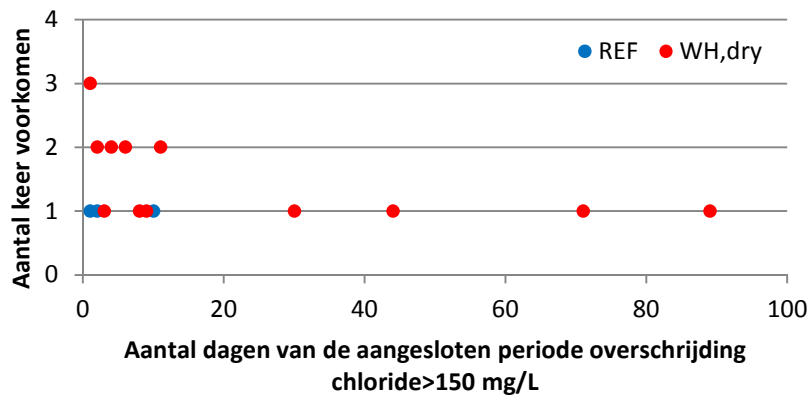
In de gemaakte projecties overschrijdt de chloride concentratie in totaal 0,03% en 0,7% dagen uit de honderdjarige reeks de grens van 150 mg/L, de waterkwaliteitseis van het ingenomen oppervlaktewater uit het Bkmw (besluit kwaliteit en monitoring water). De langste periode waarin chloride de norm overschrijdt is 89 dagen in scenario  $W_{H,dry}$  (Figuur 3-11). De grenswaarde van 200 mg/L uit het infiltratiebesluit wordt in de projecties niet overschreden (Figuur 3-9 en Figuur 3-10).



FIGUUR 3-9 PROJECTIES VAN DE CONCENTRATIE CHLORIDE, BROMIDE EN ORGANISCHE MICROVERONTREINIGINGEN TE LOBITH AAN DE HAND VAN DE HONDERD-JARIGE AFVOERREEKS IN HET REFERENTIE SCENARIO. TOELICHTING OVER DE WATERKWALITEITSEISEN IS TE VINDEN IN HOOFDSTUK 2.

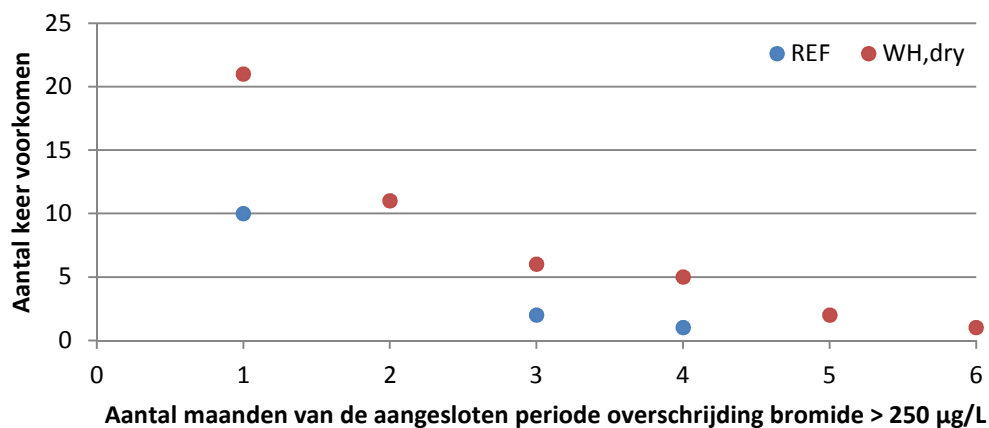


FIGUUR 3-10 PROJECTIES VAN DE CONCENTRATIE CHLORIDE, BROMIDE EN ORGANISCHE MICROVERONTREINIGINGEN TE LOBITH AAN DE HAND VAN DE HONDERD-JARIGE AFVOERREEKS IN HET SCENARIO  $W_{H,DRY}$ . TOELICHTING OVER DE WATERKwalITEITSEISen IS TE VINDEN IN HOOFDSTUK 2.



FIGUUR 3-11 AANTAL EN DUUR OVERSCHRIJDINGEN VAN DE WATERKWALITEITSEIS (>150 mg/L) VAN DE GEPROJECTEERDE CHLORIDE CONCENTRATIES IN DE RIJN TE LOBITH OVER EEN PERIODE VAN 100 JAAR IN DE SCENARIOS REFERENTIE EN  $W_{H,DRY}$ .

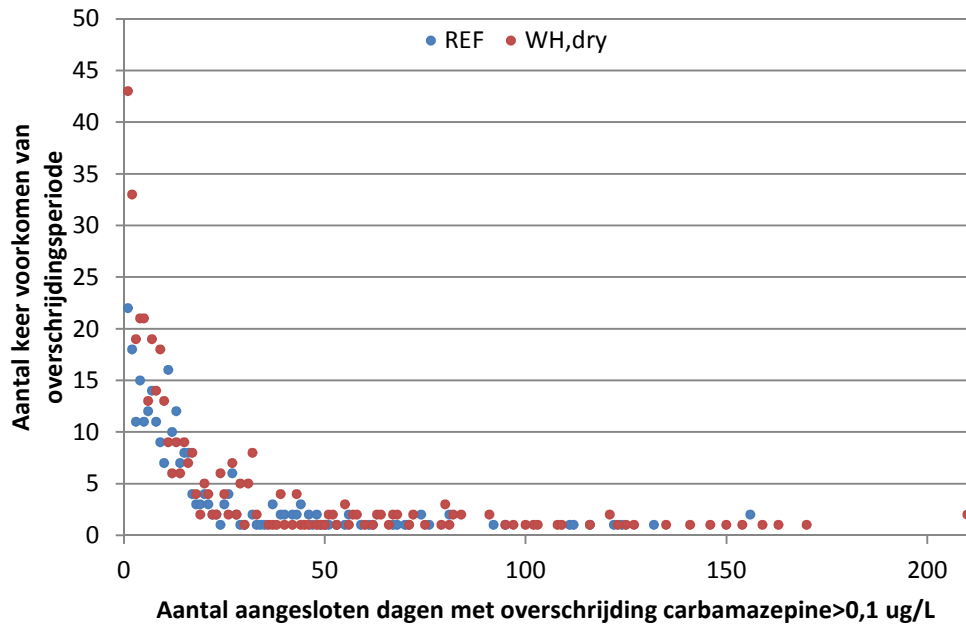
Voor de stof bromide is geen wettelijke waterkwaliteits vastgelegd voor het ingenomen oppervlaktewater. We hanteren een maximale concentratie van 250  $\mu\text{g/L}$  bromide in het ruwe water voor de productie van veilig drinkwater. Tijdens duinpassage zullen piekconcentraties van bromide afvlakken. We nemen daarom aan dat de waterkwaliteit van het ruwe water na duinfiltratie en voor drinkwaterzuivering gelijk is aan de maandgemiddelden bromide concentraties van het innamewater. In de gemaakte projecties overschrijdt de maandgemiddelde bromide concentratie 250  $\mu\text{g/L}$  in respectievelijk 20 maanden (1,5% van de reeks) en 97 maanden (7,1% van de reeks) in de scenario's referentie en  $W_{H,dry}$  in de honderd jarige reeks. In de projecties voor snelle klimaatverandering is de maandgemiddelde concentratie wel 6 maanden lang verhoogd (Figuur 3-12). Bijmengen is waarschijnlijk niet effectief om bromide concentraties te verlagen, omdat bromide concentraties rond 300  $\mu\text{g/L}$  algemeen voorkomen in grondwater. De concentraties bromide in het grondwater te Nieuwegein zijn niet bekend.



FIGUUR 3-12 VOORKOMEN VAN OVERSCHRIJDINGEN VAN DE GRENSWAARDE (>250  $\mu\text{g/L}$ ) VAN DE GEPROJECTEERDE BROMIDE CONCENTRATIES IN DE RIJN TE LOBITH OVER EEN PERIODE VAN 100 JAAR IN DE SCENARIOS REFERENTIE EN  $W_{H,DRY}$ .

Het geneesmiddel carbamazepine uit RWZI effluent kent geen wettelijke norm, en wordt getoetst aan de signaleringswaarde. Carbamazepine overschrijdt de signaleringswaarde in respectievelijk 14% en 24% van de honderd jarige reeks in de scenario's referentie en  $W_{H,dry}$ .

De langste periode waarin carbamazepine achtereenvolgende de signaleringswaarde overschrijdt is 210 dagen in warme scenario (**Error! Reference source not found.**). Na een overschrijding van een signaleringswaarde volgt meer onderzoek naar de mogelijke effecten en de verwijdering bij drinkwaterbehandeling van de stof, en wordt uit voorzorg de inname gestopt.



FIGUUR 3-13 VOORKOMEN VAN Overschrijdingen van de signaleringswaarde (>0,1 µg/L) van de geprojecteerde carbamazepine concentraties in de Rijn te Lobith over een periode van 100 jaar in de scenario's referentie en W<sub>H,DRY</sub>.

#### 3.4.4 De Lek te Lekkerkerk (Oasen)

Het verzorgingsgebied van Oasen ligt in het groene hart (Alphen, Gouda) en Oasen produceert 43,7 miljoen m<sup>3</sup> drinkwater per jaar. Zes pompstations van Oasen zijn gelegen aan de Lek (Figuur 3-14 en Tabel 3-4). De winningen pompen rivierwater op na bodempassage van verschillende ouderdom op, gemengd met een beperkte hoeveelheid (<20%) lokaal grondwater.

De locatie Bergambacht is tevens een innamepunt van oppervlaktewater voor de productie van drinkwater van drinkwaterbedrijf Dunea. Dit innamepunt wordt ingezet als 'tweede anker' op het moment dat de waterkwaliteit in de Afgedamde Maas niet voldoet.



FIGUUR 3-14 OVERZICHTKAART VAN DE POMPSTATIONS VAN OASEN LANGS DE LEK.

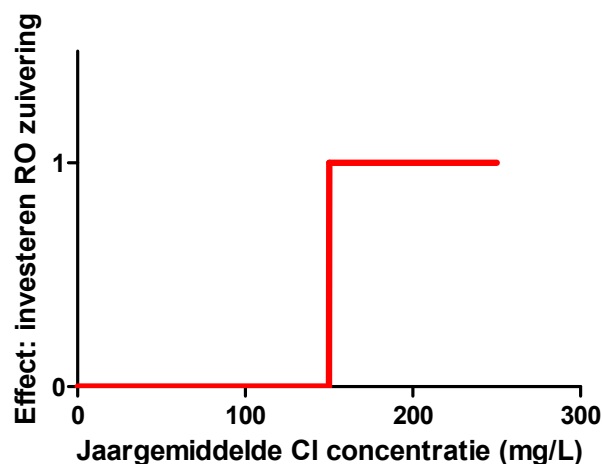
TABEL 3-4 OVERZICHT EN KENMERKEN ZUIVERINGSLOCATIES DRINKWATERBEDRIJF OASEN.

Locatiennaam (levering in Mm <sup>3</sup> /jr, 2016)	Aangesloten winvelden	Type winveld	Rivier	Verblijftijd Rivier-Bron 10/50/90 percentiel in jaren	Verwijdering OMV
<b>Zuiveringsstations Oasen stroomafwaarts van Chemours</b>					
<b>Ridderkerk</b> (3,1)	Crez�epolder (HIA) Ridderkerk	Mix: diep & oevergrond- water	Noord & Nieuwe Maas	Crez�epolder: 2/7/30 Ridderkerk: 5/35/900	Actieve kool
<b>Lekkerkerk</b> (2,4)	Schuwacht Tiendweg	Oevergrond- water	Lek	Schuwacht (1/2/5) Tiendweg (8/11/300)	Actieve kool & Reverse Osmose (50%, eind 2017)
<b>Nieuw- Lekkerland</b> (2,3)	Nieuw- Lekkerland	Oevergrond- water	Lek	4/8/69	Actieve kool
<b>Overige Zuiveringsstations Oasen</b>					
<b>Lexmond</b> (11,1)	Lexmond Vianen	Diep	Lek	32/200/2.600	Actieve kool
<b>Langerak</b> (8,5)	Diep Ondiep	Mix: diep & Oevergrond water	Lek	Diep: 40/450/1.200 Ondiep: 2/550	Actieve kool
<b>Bergambacht</b> (13,5)	Provinciale weg, Dijklaan en Schoonhoven	Oevergrond water	Lek	2/9/200	Actieve kool
<b>Kamerik</b> (2,7)	Kamerik	Oevergrond water / grondwater	Oude Rijn	8/25/105	Actieve kool

### Droogtekenmerken en handelingsopties

De winningen van Oasen zullen in de toekomst te maken krijgen met verzilting (hogere chlorideconcentraties) van de rivier de Lek, en Oasen neemt reeds adaptieve maatregelen om schoon drinkwater te kunnen leveren. Voor de andere droogtekenmerken zoals verontreiniging met organische microverontreinigingen geldt dat vermenging tijdens bodempassage het probleem aanzienlijk beperkt (zie variatie in reistijden in Tabel 3-4). Daarom wordt in de casus verder enkel rekening gehouden met de gevolgen van een toename in chlorideconcentraties in de rivier de Lek. We nemen aan dat de jaargemiddelde chloride concentraties in de Lek representatief zijn voor de jaargemiddelde chloride concentraties in drinkwater, omdat chloride verdunt door vermenging, maar niet wordt verwijderd tijdens bodempassage en bij conventionele zuivering.

De jaargemiddelde chlorideconcentratie in drinkwater moet voldoen aan de norm van 150 mg/L. Onlangs is de motie Geurts ingediend waarbij de waterbeheerder wordt opgeroepen een maximale concentratie van 150 mg/L chloride te handhaven bij de innamepunten van oppervlaktewater bestemd voor de productie van drinkwater. Chloride wordt niet verwijderd tijdens bodempassage of conventionele drinkwaterzuivering, i.e. flocculatie, zandfiltratie, ontharding en actief kool. Een techniek die wel effectief is in het verwijderen van chloride is Reverse Osmosis (RO) membranen. Projecties waarbij het jaargemiddelde boven de 150 mg/L uitkomst leiden bij Oasen tot investering van RO (Figuur 3-15). Momenteel is deze techniek voor een deelstroom (50%) op productielocatie Lekkerkerk geïnstalleerd. Voor het jaar 2025 wordt RO geïnstalleerd op drie productielocaties voor 100% van de productiestroom (Ridderkerk, Lekkerkerk en Nieuw Lekkerland). Oasen kan geen gebruik maken van back-up voorzieningen.



FIGUUR 3-15 DOSIS-EFFECT RELATIE VOOR JAARGEMIDDELTE CHLORIDE CONCENTRATIE IN HET LEKWATER EN DE BIJBEHORENDE HANDELINGSOPTIES. 0=GEEN MAATREGELEN; 1=INSTALLATIE REVERSE OSMOSIS (RO).

RO is naast het verwijderen van chloride ook effectief voor het ontharden van water, het biologisch stabiel maken van water om nagroei in het leidingnet te voorkomen, en het verwijderen van organische microverontreinigingen.



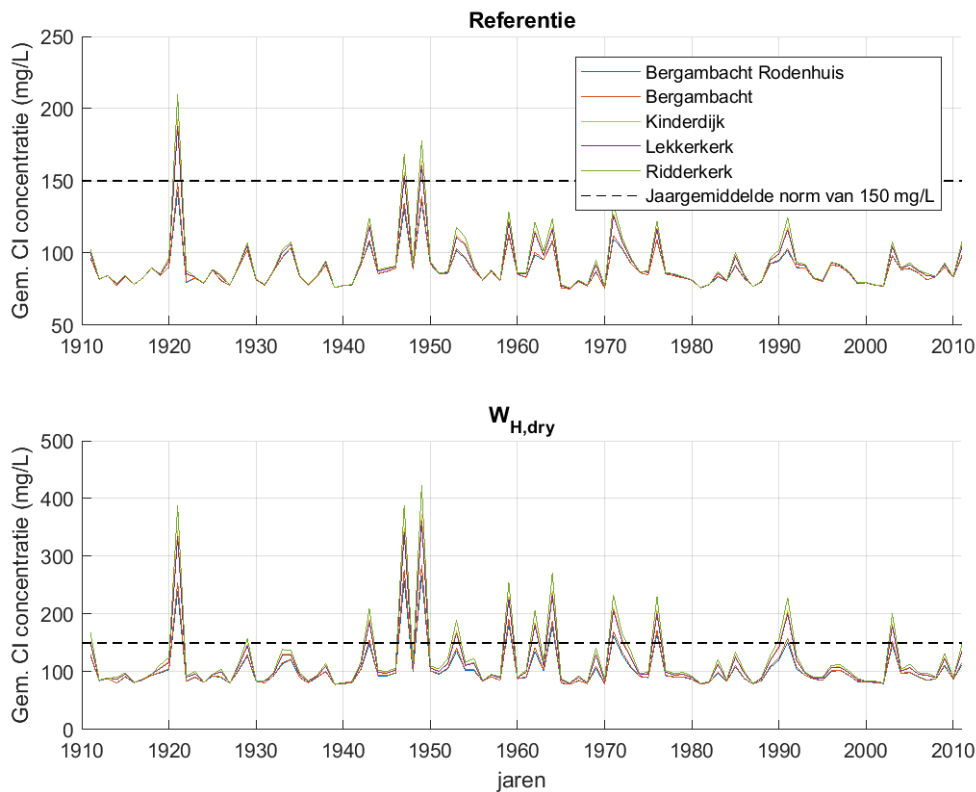
## Handelingsopties en bijbehorende kosten

- De investeringskosten voor de installatie van RO (7 miljoen euro per miljoen m<sup>3</sup> per jaar opgepompte capaciteit) zijn iets lager dan de kosten voor het vervangen van een conventionele zuivering (8 miljoen euro per miljoen m<sup>3</sup> per jaar opgepompte capaciteit). De kosten voor RO installatie op een pompstation met een capaciteit van 3-5 miljoen m<sup>3</sup> per jaar is dus ca. 21-35 miljoen euro.
- De voorafgaande onderzoekskosten liggen rond de 1 miljoen euro.
- RO zuivering leidt tot een rendementsverlies van 15%. Bij een conventionele zuivering is het rendement 95% (van elke 100 m<sup>3</sup> ruwwater wordt 95 m<sup>3</sup> drinkwater geproduceerd) en bij RO geldt een rendement van 80%.
- Bij RO komt een reststroom vrij dat wordt getransporteerd naar een rioolwaterzuiveringsinstallatie (RWZI). De aanleg van een leidingnetwerk naar de RWZI bedraagt 400.000 euro per km. De verwerkingskosten van de RWZI bedragen 0,1 euro per m<sup>3</sup>.
- De locaties Lexmond, Langerak en Bergambacht zijn gelegen in landelijk gebied, waar de RWZI's in de nabije omgeving geen capaciteit hebben om de RO reststroom te verwerken. De investeringskosten voor de infrastructuur en de bouw van een in-situ zuiveringsinstallatie van de reststroom bedraagt 800.000 euro voor capaciteit van circa 800.000 m<sup>3</sup> per jaar concentraat.
- De exploitatiekosten van RO zijn hoger dan de exploitatiekosten van een conventionele zuivering door de hogere energiekosten: 200.000 euro per jaar per miljoen m<sup>3</sup> gebaseerd op recente ramingen voor een pompstation van ca. 3 miljoen m<sup>3</sup> per jaar. Betreft alle kosten, exclusief personeel.

Het verplaatsen van een pompstation/productielocatie is vele male duurder dan het installeren van een RO installatie. Het investeren in grond, de vergunning en de aanleg van putten, pompen, leiding netwerk, bekabeling, transformatorhuisje en beveiliging zal meer dan 8.000.000 euro aan meerkosten bedragen voor een puntenveld van 3-5 miljoen m<sup>3</sup> per jaar.

## Projecties

Voor verschillende locaties de Lek projecteert het Nationaal Water Model chloride concentraties voor scenario's REF 2015 en  $W_{H,dry}$ . De modelresultaten zijn te beschouwen als mogelijke toekomstige chloride concentraties onder de verschillende klimaatscenario's en zijn omringd door vele onzekerheden. De jaargemiddelde norm van 150 mg/L chloride wordt in het referentie scenario op drie locaties overschreden: Ridderkerk, Lekkerkerk en Kinderdijk (Figuur 3-16). In het scenario  $W_{H,dry}$  overschrijdt de gemiddelde chloride concentratie de norm in de geprojecteerde honderdjarige reeks, naast de drie genoemde locaties, op nog twee locaties aan de Lek, Langerak en Bergambacht (Figuur 3-16). Momenteel is het nog niet voorgekomen dat de jaargemiddelde chloride concentratie in de Lek groter is dan 150 mg/L.



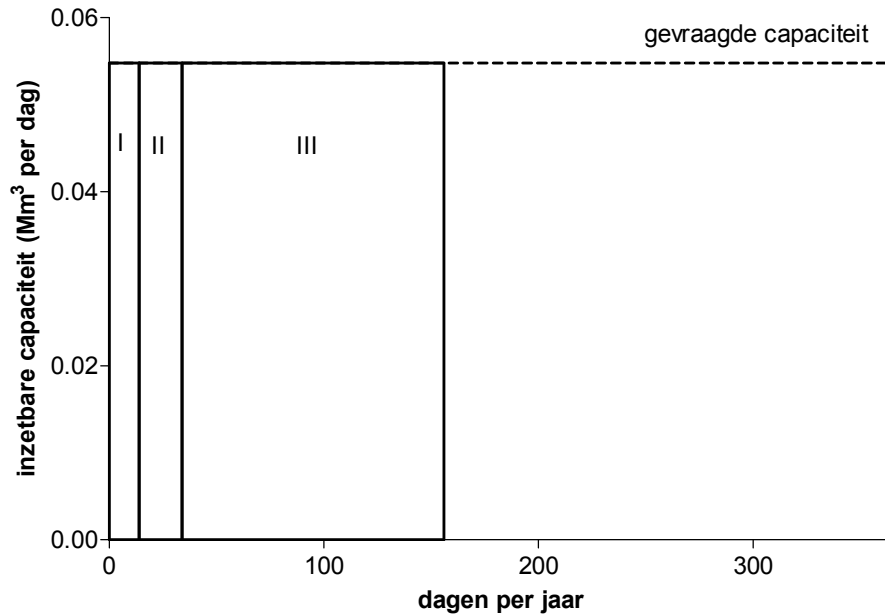
FIGUUR 3-16 UITGEVOERDE JAARGEMIDDELTE CHLORIDE CONCENTRATIES IN DE RIVIER DE LEK UIT HET NATIONAAL WATER MODEL OVER EEN PERIODE VAN 100 JAAR IN DE SCENARIOS REFERENTIE EN  $W_{H,dry}$

### 3.5 Robuustheid drinkwaterproductie tov projecties tekorten schoon zoetwater

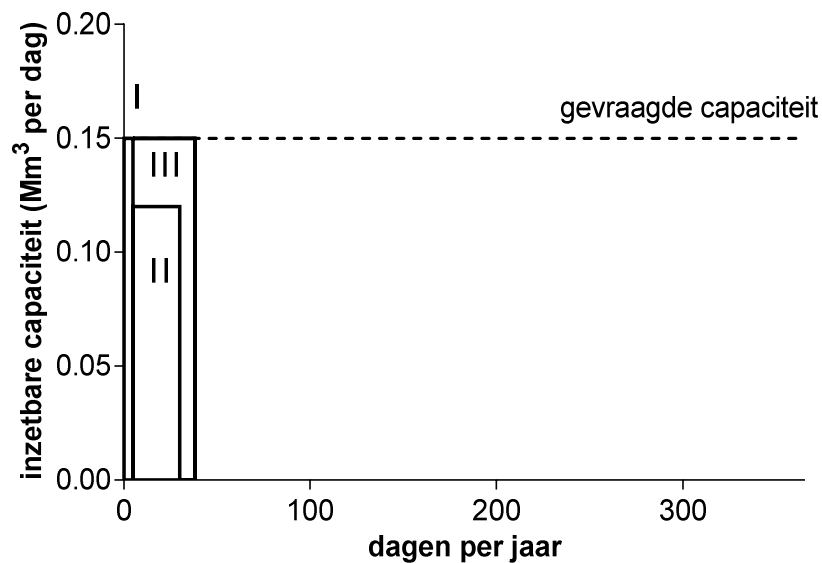
De robuustheid van het productiesysteem van Waternet en WML is uitgedrukt als de beschikbare buffercapaciteit inzetbaar in periode van een tekort aan inname water van voldoende kwaliteit. Waterbedrijf Oasen beschikt niet over een back-up buffercapaciteit, waardoor onvoldoende schoon water dat natuurlijk in het systeem infiltreert, leidt tot de installatie van additionele zuivering (Figuur 3-15).

De robuustheid van WML en Waternet is uitgedrukt als de beschikbare buffercapaciteit die kan worden ingezet in perioden van droogte (Figuur 3-17 en Figuur 3-18). Deze buffercapaciteit kan zowel worden ingezet bij calamiteiten met waterkwaliteit als bij droogte. De voorbije jaren hebben laten zien dat deze situaties ook in de praktijk met regelmaat voorkomen. Bij onvoldoende schoon zoetwater voor de productie van drinkwater kan WML voor 156 dagen in drinkwaterproductie voorzien met de huidige back-up voorzieningen als een combinatie van een inname stop en buffercapaciteit van 7,8 miljoen  $m^3$  per jaar. De buffercapaciteit is in werkelijk niet zo accuraat, omdat de mate en duur van een inname stop (maatregel I) in werkelijkheid varieert afhankelijk van het seizoen en de tevens de overbruggingsperiode afhankelijk is van meerdere factoren zoals de grondwaterstand of het bekkenpeil aan het begin van de langdurige calamiteit, de drinkwatervraag, neerslag en verdamping. Waternet kan buffercapaciteit inzetten voor 38 dagen als een combinatie van een infiltratiestop en een buffercapaciteit van 6 miljoen  $m^3$  per jaar. In principe is in de Waterleidingduinen een zoetwatervoorraad aanwezig voor onttrekking van 100 dagen. Het aanspreken van de totale voorraad valt buiten de vergunningverlening en leidt tot maximale natuurschade. Voor Waternet is het wel mogelijk om buiten het broedseizoen infiltratie

langer te stoppen, waardoor de overbruggingsperiode gerekt wordt tot 53 dagen. Bij langdurige droogte kan mogelijk een tijdelijke ontheffing worden aangevraagd om meer grondwater te onttrekken dan vergund voor het voorzien in infiltratie voor in totaal 60 tot 90 dagen met een beperkte impact op de natuur en de bodem. Een innamestop kan meerdere keren per jaar worden ingezet, na herstel van de waterkwaliteit kan het tekort worden aangevuld.



FIGUUR 3-17 BESCHIKBARE BUFFERCAPACITEIT TE WML EN MOGELIJKE DUUR TIJDENS PERIODEN VAN TEKORT AAN WATER VAN VOLDOENDE KWALITEIT. GEIDENTIFICEERDE MAATREGELEN: I: INNAMESTOP, II: CAPACITEIT VERGROTEN SATELLIETWINNINGEN, III: INZET DIEPE WINNINGEN. DE GEVRAAGDE CAPACITEIT PER DAG IS DE TOTALE DRINKWATERPRODUCTIE TE HEEL (20 MILJOEN m<sup>3</sup>) GEDEELD DOOR 365 DAGEN.



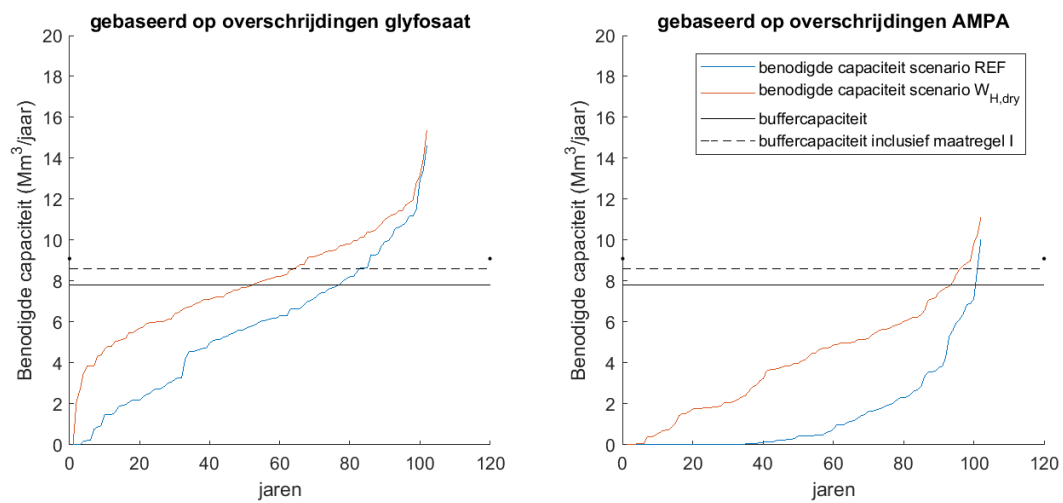
FIGUUR 3-18 BESCHIKBARE BUFFERCAPACITEIT TE WATERNET EN MOGELIJKE DUUR TIJDENS PERIODEN VAN TEKORT AAN WATER VAN VOLDOENDE KWALITEIT. GEIDENTIFICEERDE MAATREGELEN: I: INNAMESTOP, II: CAPACITEIT INZETTEN DIEPE WINNING NIEUWEGEIN, III: DIEPE GRONDWATERWINNING WATERLEIDINGDUINEN. BUITEN HET BROEDSEIZOEN KAN MAATREGEL I WORDEN VERLENGD TOT 20 DAGEN. DE GEVRAAGDE CAPACITEIT PER DAG IS 0,15 MILJOEN  $m^3$  (WATERNET, 2017).

Figuur 3-19 en 3-20 laten voor Waternet en WML zien wat de toekomstige benodigde capaciteit is per jaar (gerangschikt van laag naar hoog) bij een tekort aan schoon zoetwater in de twee scenario's: REF 2015 en  $W_{H,dry}$ . De duur van het tekort aan schoon zoetwater is gebaseerd op normoverschrijdingen van de vaakst overschrijdende stoffen. We baseren ons hier op de genoemde waterkwaliteitseisen uit Tabel 2-1. In de Maas zijn dit het bestrijdingsmiddel glyfosaat en het omzettingsproduct AMPA. In de Rijn zijn dit het ion bromide en het geneesmiddel carbamazepine. Het verschil tussen de benodigde capaciteit in het referentie scenario en de benodigde capaciteit in het warme klimaatscenario is toe te schrijven aan het effect van toenemende droogte.

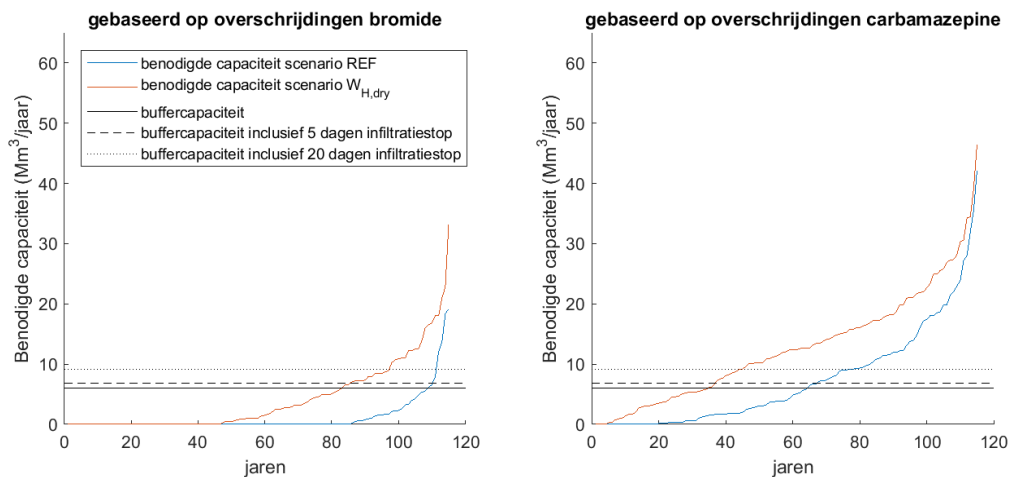
Met de huidige beschikbare buffercapaciteit van 7,8 miljoen  $m^3$  per jaar kan WML grotendeels voorzien in de productie van drinkwater tijdens geprojecteerde perioden van een tekort aan schoon zoetwater. Vanwege het kwetsbare Maaswatersysteem heeft WML geïnvesteerd in extra buffercapaciteit die kan worden ingezet in perioden van droogte. De beschikbare buffercapaciteit is niet altijd voldoende om in drinkwaterproductie te voorzien in de geprojecteerde jaren met langdurige droge perioden, zowel het referentie scenario als bij snelle klimaatverandering. De benodigde capaciteit bij een overschrijding van de stof glyfosaat die exclusief is toe te schrijven aan droogte is maximaal 220 miljoen  $m^3$  over de hele geprojecteerde reeks; dit is de som van het verschil in benodigde capaciteit per jaar tussen het referentie (blauwe lijn in Figuur 3-19) en het warme scenario (rode lijn in Figuur 3-19) in hetzelfde jaar. Gemiddeld is het verschil in benodigde capaciteit per jaar tussen de twee scenario's 2,2 miljoen  $m^3$  per jaar met een maximum van 4,8 miljoen  $m^3$  per jaar (bij een overschrijding van de stof glyfosaat). Deze berekeningen kunnen zelf worden gemaakt met behulp de bijgeleverde Excel tool in Bijlage II (zie Excel sheet 'Delta capaciteit per jaar').

Met de huidige beschikbare buffercapaciteit van 6 miljoen  $m^3$  per jaar kan Waternet niet altijd voorzien in de productie van drinkwater tijdens geprojecteerde perioden van een tekort

aan schoon zoetwater in de scenario's. In Figuur 3-20 is weergegeven dat beschikbare buffercapaciteit onvoldoende is om aan de vraag te voldoen in projecties van zowel het referentie scenario als bij snelle klimaatverandering. Waternet zal dus genoodzaakt zijn extra te investeren in maatregelen om voldoende schoon drinkwater te kunnen blijven leveren tijdens perioden van een tekort aan schoon zoetwater zoals in de doorgerkende scenario's. De benodigde capaciteit die is toe te schrijven aan droogte is maximaal 542 miljoen m<sup>3</sup> over de hele geprojecteerde reeks (bij overschrijdingen carbamazepine); dit is de som van het verschil in benodigde capaciteit per jaar tussen het referentie (blauwe lijn in Figuur 3-20) en het warme scenario (rode lijn in Figuur 3-20) in hetzelfde jaar. Gemiddeld is het verschil in benodigde capaciteit tussen de twee scenario's 5,3 miljoen m<sup>3</sup> per jaar met een maximum van 13,3 miljoen m<sup>3</sup> per jaar (bij een overschrijding van de stof carbamazepine). Deze berekeningen kunnen zelf worden gemaakt met behulp de bijgeleverde Excel tool (zie Excel sheet 'Delta capaciteit per jaar').



FIGUUR 3-19 GERANGSCHIKTE BENODIGDE CAPACITEIT PER JAAR TE HEEL (WML) BIJ EEN OVERSCHRIJDING VAN DE WATERKWALITEITSEISEN VAN GLYFOSAAT (LINKS) EN AMPA (RECHTS).

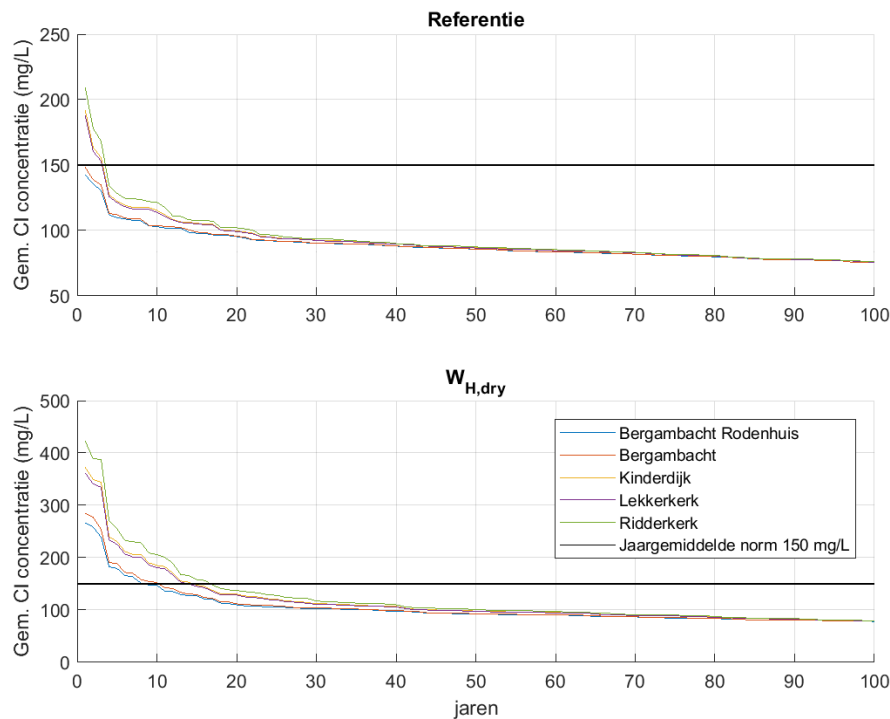


FIGUUR 3-20 GERANGSCHIKTE BENODIGDE CAPACITEIT PER JAAR TE LEIDUIN (WATERNET) BIJ EEN OVERSCHRIJDING VAN DE WATERKWALITEITSEISEN VAN BROMIDE (LINKS) EN CARBAMAZEPINE (RECHTS).

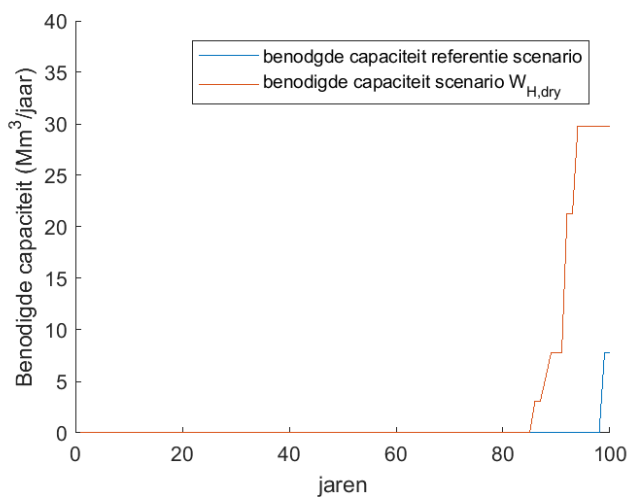
De situatie voorwaterbedrijf Oasen is anders dan de situatie bij Waternet en WML, omdat inname niet kan worden gestaakt en Oasen niet beschikt over een buffervoorraad. Binnen het watersysteem van de oeverfilteraatswinningen van Oasen, worden piekconcentraties tijdens bodempassage echter afgevlakt. Ook kan desgewenst het oevergrondwater gemengd worden vanuit putten met oeverfilteraat van verschillende reistijden, variërend van enkele tot honderden jaren (zie Tabel 3-4). De geprojecteerde jaargemiddelde chlorideconcentraties in de honderdjarige reeks zijn gerangschikt van hoog naar laag in Figuur 3-21. In deze figuur is duidelijk te zien dat de jaargemiddelde norm van 150 mg/L chloride op drie locaties wordt overschreden in het referentie scenario: Ridderkerk, Lekkerkerk en Kinderdijk. In het scenario Warm overschrijdt de gemiddelde chloride concentratie op alle locaties aan de Lek, inclusief Bergambacht, de norm in de geprojecteerde honderdjarige reeks (Figuur 3-21). Afhankelijk van de locatie komt dit van de 100 jaar 10 tot 17 keer voor.

De benodigde capaciteit per jaar bij een overschrijding van de gemiddelde chloride norm van alle zes winningen aan de Lek uit Tabel 3-4 is weergegeven in Figuur 3-22. Het verschil tussen de twee scenario's resulteert in een gemiddelde benodigde capaciteit van 2,9 Mm<sup>3</sup> per jaar met een maximum van 29,8 Mm<sup>3</sup> per jaar. Deze berekeningen kunnen zelf worden gemaakt met behulp de bijgeleverde Excel tool (zie Excel sheet 'Delta capaciteit per jaar').

Het vooruitzicht op een overschrijding zal leiden tot vervanging van de conventionele zuivering met RO membranen. De noodzaak voor het installeren van RO membranen is dus in beide scenario's aanwezig. In het referentie scenario RO membraaninstallatie nodig op de pompstations aan de Lek te Ridderkerk, Lekkerkerk en Nieuw Lekkerland. In het scenario W<sub>H,dry</sub> is dit nodig op nog twee pompstations aan de Lek, Langerak en Bergambacht.



FIGUUR 3-21 UITGEVOERDE JAARGEMIDDELTE CHLORIDE CONCENTRATIES IN DE RIVIER DE LEK UIT HET NATIONAAL WATER MODEL: GERANGSCHIJKT VAN HOGE NAAR LAGE CONCENTRATIE.



FIGUUR 3-22 GERANGSCHIJKTE BENODIGDE CAPACITEIT PER JAAR VOOR DE ZES WINNINGEN AAN DE RIVIER DE LEK BIJ EEN OVERSCHRIJDING VAN DE JAARGEMIDDELTE CHLORIDE NORM AAN DE HAND VAN DE CONCENTRATIES UIT HET NATIONAAL WATER MODEL.

### 3.6 Overzicht maatregelen

Aan de hand van interviews en beschikbare gegevens (Ministerie van Infrastructuur en Milieu, 2016) is een lijst opgesteld van mogelijk te nemen maatregelen van de drinkwatersector bij een tekort aan schoon zoetwater voor de productie van drinkwater (Tabel 3-5).

Waterbedrijven kunnen drie typen maatregelen nemen: een tijdelijke innamestop, inzetten van back-up capaciteit grondwater en oppervlaktewater, en extra zuivering installeren. De beschikbare buffercapaciteit verschilt sterk tussen de waterbedrijven. De Kaderrichtlijn Water schrijft op termijn een mogelijke verlaging van zuiveringsinspanning voor; er mag geen achteruitgang van de waterkwaliteit optreden in drinkwaterbronnen (grond- en oppervlaktewater). Desalniettemin investeren drinkwaterbedrijven steeds meer in geavanceerde zuiveringstechnieken, dit geldt vooral de drinkwaterbedrijven die uit oppervlaktewater produceren. Met bijvoorbeeld geavanceerde oxidatie en Reverse Osmosis (RO) membranen kan een belangrijk deel van de organische microverontreinigingen verwijderd worden. Geavanceerde oxidatie heeft echter als nadeel dat er ongewenste bijproducten kunnen ontstaan. RO membranen hebben als nadeel dat de kleine polaire stoffen de RO membranen wel kunnen passeren, waardoor stoffen als NDMA, 1,4-dioxaan, di- en triglymes nooit helemaal worden verwijderd (persoonlijke communicatie Vitens).

Daarnaast zijn er vele maatregelen te bedenken die gericht zijn op een aanpak aan de bron. Een voorbeeld van een dergelijke maatregel is een strikter vergunningsbeleid voor lozingen van (gezuiverd) afvalwater. Bij het lozen van afvalwater kan bijvoorbeeld rekening gehouden worden met perioden van hoog- en laagwater, zodat tijdens laagwaterperioden lozingsrestricties strikter zijn om piekconcentraties in oppervlaktewater te voorkomen (geen huidige praktijk).



TABEL 3-5 GEIDENTIFICEERDE MAATREGELEN DRINKWATERSECTOR BIJ EEN TEKORT AAN VOLDOENDE SCHOON OPPERVLAKTEWATER.

Handelingsopties	Voorbeeld	max capaciteit	schade/kosten
innamestop / infiltratiestop	WML	2 weken	Natuurschade, analysekosten van verontreiniging € 80.000
	Evides	3 maanden	onbekend
	Dunea	onbekend	onbekend
	Waternet	5 dagen	Natuurschade
<b>Inzet grondwater</b>			
Productie vergroten grondwaterwinningen	Satellietwinningen Heel	1,1 miljoen m <sup>3</sup> per jaar	Kosten vallen binnen de reguliere operationele kosten
Verplaatsen van grondwaterwinningspunt – inclusief benodigde transportleiding	Brabant Water	onbekend	€ 30 miljoen (Deltacomissie, 2008)
Back-up: diep grondwater onttrekken	Waternet	3 miljoen m <sup>3</sup> per jaar	Kosten worden geschat op: grondwaterheffing 0,01 euro /m <sup>3</sup> , energiekosten 0,02 euro/m <sup>3</sup> , exploitatiekosten: 0,03 euro/m <sup>3</sup> , investeringskosten 0,07 euro/m <sup>3</sup> en onderzoekskosten worden geschat op 0,01 euro/m <sup>3</sup> . Eventueel veroorzaken upconing (verziltning)
	WML	6,7 miljoen m <sup>3</sup> per jaar	Operationele kosten van € 20.000 voor 4 maanden.
<b>Inzet oppervlaktewater</b>			
Morfologische aanpassingen waterbekkens	Evides	onbekend	€ 5 miljoen (Deltacomissie, 2008)
Verplaatsen innamepunt oppervlaktewater	Evides	onbekend	€ 50 miljoen (Deltacomissie, 2008)
Verplaatsen/extra innamepunt	Dunea	3-5 miljoen m <sup>3</sup> per jaar	€ 8 miljoen (Deltacomissie, 2008)
<b>Extra zuivering installeren</b>			
Additionele zuivering	Oasen		rendementsverlies van 15%; verwerking reststroom € 400.000 per km leiding; verwerking RWZI € 0,1 per m <sup>3</sup> ; nieuwe aanleg zuivering reststroom € 8 per m <sup>3</sup> concentraat; Opex € 200.000 per miljoen m <sup>3</sup> per jaar

## 4 Industriesector

### 4.1 Inleiding

Het totale watergebruik<sup>3</sup> in Nederland in 2014 was circa 15,8 miljard m<sup>3</sup> (CBS 2017). De drinkwatersector gebruikt daarvan circa 1,1 miljard m<sup>3</sup>, en de industriesector circa 14,7 miljard m<sup>3</sup> (Tabel 4-1). Veruit de grootste industriële gebruiker van water zijn de elektriciteitsbedrijven. In 2014 nam deze sector ruim drie kwart van het totale watergebruik voor haar rekening. Andere industriële sectoren gebruikten circa 3,3 miljard m<sup>3</sup> water. Daarnaast wordt er door een aantal utility bedrijven o.a. gedemineraliseerd water geleverd aan de industrie (aangeduid met “ander water”).

TABEL 4-1 WATERGEBRUIK (MILJOEN m<sup>3</sup>) IN 2014 DOOR DE INDUSTRIE (BRON CBS).

Industriesector	Grondwater	Oppervlakte- water	Leidingwater <sup>1)</sup>	Totaal gebruik <sup>1)</sup>
Elektriciteitscentrales	4	10.359 <sup>2)</sup>	3	10.366
Voedings- en genotmiddelenindustrie	54	166	57	278
Hout, papier- en grafische industrie	14	56	7	77
Raffinaderijen	0	668	10	678
Chemische en farmaceutische industrie	20	1.904	35	1.959
Basismetalenindustrie	17	197	1	215
Overige industrie	28	14	20	62
“Ander water” <sup>1)</sup>	-			~1.100
Totaal	138	13.364	136	~14.700

1) Het gebruik van zogenaamd “ander water”, zoals industriewater en gedemineraliseerd water, is niet in deze cijfers inbegrepen.

2) Waaronder 5.266 miljoen m<sup>3</sup> zout water

Oppervlaktewater vormt de belangrijkste bron voor de industrie en energiebedrijven. Het gebruik van grondwater en leidingwater door de industrie is de laatste jaren afgenomen, onder andere door gebruik van alternatieve bronnen zoals overstap naar oppervlaktewater en implementatie van hergebruik (CBS, 2017).

### 4.2 Gebruiksdoeleinden van water in de industrie

In de industrie wordt water voornamelijk gebruikt als koelwater, proceswater en productwater. Voor productwater (water dat in het eindproduct komt, zoals frisdranken) wordt met name gebruik gemaakt van drinkwater en/of grondwater.

Het gebruik bij de energiebedrijven bestaat voornamelijk (95%) uit gebruik van oppervlaktewater voor “once through” koeling, waarvan circa de helft zoet water en de andere helft zout water. In dit type koeltoren wordt de koeling bereikt door opwarming van het gebruikte oppervlaktewater. In de andere industriële sectoren wordt naar schatting tachtig tot negentig procent van het watergebruik ingezet voor koeling in open

<sup>3</sup> Onder watergebruik wordt doorgaans verstaan het aanwenden van water voor een bepaald doel, zonder dat de beschikbare hoeveelheid water vermindert. Een voorbeeld is het gebruik van oppervlaktewater voor “once through” koeling; na toepassing wordt dit water met een hogere temperatuur weer teruggegeven aan het systeem. Waterverbruik, bijvoorbeeld wanneer water als grondstof wordt aangewend, leidt tot een vermindering van de beschikbare hoeveelheid water binnen het beschouwde systeem. In dit hoofdstuk wordt de term watergebruik gehanteerd voor zowel het gebruik van water als het verbruik ervan.

recirculerende koeltorens, voornamelijk bestaande uit gebruik van zoet oppervlaktewater. In dit type koeltorens wordt de koeling gerealiseerd door verdamping van een deel van het gebruikte oppervlaktewater. Door de jaarlijks wisselende koelwaterbehoefte fluctueert het gebruik van oppervlaktewater.

Onder proceswater wordt verstaan al het water (leidingwater, grondwater of oppervlaktewater) dat gebruikt wordt in een fabrieksproces waarbij producten worden gemaakt. Dit kan zijn:

- spoelwater, om een product te spoelen of te koelen,
- water voor reiniging van installaties,
- ketelvoedingswater (vergaand gezuiverd demiwater)
- als oplosmiddel (bij bijvoorbeeld elektrolytische baden) of,
- als transportmiddel in industriële processen.

Met productwater wordt over het algemeen hoogwaardig water (meestal drinkwater) bedoeld dat als grondstof wordt gebruikt om een product te maken. Voorbeelden hiervan zijn de frisdrankindustrie en bierbrouwerijen waarbij het water in het eindproduct terecht komt.

### 4.3 Zuivering van oppervlaktewater

De kwaliteit van oppervlaktewater fluctueert. Afhankelijk van de toepassing en het seizoen, moet het water behandeld worden voor gebruik. Dit gebeurt meestal in de fabriek zelf. Het water wordt onttrokken aan een lokale bron. Grotere levende organismen, zoals vissen, worden direct geweerd door middel van roosters. Zwevende stoffen en algen kunnen leiden tot verstoppingen in fabrieksinstallaties, zij worden verwijderd door middel van filters.

Of het water nog verder behandeld moet worden hangt af van de uiteindelijke functie. Veelvuldig toegepaste zuiveringstechnieken zijn micro- en ultrafiltratie, nanofiltratie, omgekeerde osmose, ontharding met behulp van kalkprecipitatie of ionenwisseling, demiwaterproductie met volledige ionenwisseling, mengbed ionenwisseling, destillatie, etc.

Inzicht in de mogelijke kosten van waterzuiveringstechnieken of waterbesparingstechnieken en richtlijnen voor watergebruik kunnen worden gevonden in BREF-documenten. Dit zijn referentie documenten van de Europese Commissie over 'best available technique' voor specifieke industriële activiteiten. Deze documenten bevatten ook minimale kwaliteitseisen. De BREF's worden met enige regelmaat gereviseerd, afhankelijk van de sector. De organisaties die de technieken gebruiken die Europees tot de slechtste 20% behoren zijn verplicht te moderniseren.

### 4.4 Droogteschade industrieseCTOR

De industrie heeft van de aan droogte gerelateerde effecten met name last van de verzilting en van de temperatuurstijging.

Ten gevolge van de verzilting van oppervlaktewater zullen de volgende problemen bij de industriële installaties optreden (Huiting, 2014):

- Versnelde corrosie van installatieonderdelen, bijvoorbeeld warmtewisselaars en koelsystemen. Hierdoor wordt de levensduur van installaties korter en dient een installatie versneld te worden afgeschreven;
- Verlaging van haalbare indikkingsfactor bij open recirculerende koeltorens, met als gevolg een hoger koelwaterverbruik en een hoger verbruik van koelwaterconditioneringschemicaliën;

- Hogere operationele kosten van bestaande zuiveringsinstallaties, onder andere hoger energieverbruik bij omgekeerde osmose en/of hoger chemicaliënverbruik bij ionenwisseling);
- Verminderde productie van omgekeerde osmose installaties als gevolg van de hogere osmotische druk van het ruwe water.

In mindere mate speelt ook de vervuiling van het oppervlaktewater bij lage waterafvoeren een rol. Als gevolg van de hogere vervuiling kunnen bepaalde zuiveringsprocessen, bijvoorbeeld flocculatie/coagulatie en/of filtratietechnieken, de hoeveelheid vervuiling niet meer voldoende verwijderen. Hierdoor kunnen navolgende zuiveringsprocessen (bijvoorbeeld reverse osmosis of ionenwisseling) maar ook industriële processen (warmtewisselaars, koeltorens) versneld vervuilen.

#### 4.5 Procesbeschrijving, droogtekenmerken en handelingsopties praktijkvoorbeelden

##### 4.5.1 Selectie

In Tabel 4-2 is een overzicht gegeven van de 10 grootste gebruikers van oppervlaktewater in Nederland in 2013. Deze tabel is gebaseerd op door de Vereniging voor Energie, Milieu en Water (VEMW) beschikbaar gestelde geanonimiseerde gegevens van hun leden. In de tabel zijn de elektriciteitscentrales niet meegenomen.

TABEL 4-2 TOP 10 INDUSTRIËLE GEBRUIKERS (LEDEN VAN VEMW) VAN OPPERVLAKTEWATER.

Bedrijf	Vestigingsplaats	Branchecodering	Inname oppervlaktewater in 2013 (m <sup>3</sup> /jr)
1	MOERDIJK	2411 Vervaardiging van industriële gassen	684.000.000
2	VELSEN-NOORD	2700 Vervaardiging van metalen in primaire vorm	208.500.000
3	BOTLEK ROTTERDAM	2412 Vervaardiging van kleur- en verfstoffen	201.000.000
4	ROTTERDAM	2400 Vervaardiging van chemische producten	110.000.000
5	FARMSUM	1440 Zoutwinning	89.773.000
6	GELEEN	2411 Vervaardiging van industriële gassen	53.000.000
7	ROZENBURG	2411 Vervaardiging van industriële gassen	42.100.637
8	RENKUM	2112 Vervaardiging van papier en karton	37.367.774
9	HENGELO	2400 Vervaardiging van chemische producten	21.877.000
10	AMSTERDAM	1541 Vervaardiging van ruwe plantaardige en dierlijke oliën en vetten	14.262.780

De top 10 VEMW leden, industriële gebruikers van oppervlaktewater, gebruiken samen 87% van het totale ingenomen water door de leden van VEMW. In de top 10 staan de hier als praktijkvoorbeeld gebruikte Tata Steel (plaats 2, Tabel 4-2) en USG (plaats 6, Tabel 4-2). Plaats één wordt bezet door Shell Moerdijk (vervaardiging industriële gassen). Shell is hier niet als case studie gebruikt vanwege zijn gunstige locatie ten opzichte van verwachte zoetwatertekorten. Tata Steel, de enige staalproducent van Nederland, gebruikt grote hoeveelheden zoetwater en is relevant voor de Nederlandse economie. USG voorziet het cluster aan chemische industrieën op het Chemelot terrein (Geleen) van zoetwater uit de Maaswatersysteem, dat gevoelig is voor zoetwatertekorten. Tata Steel en USG gebruiken beiden oppervlaktewater voor zowel koelwater als proceswater, en ook voor de productie van demiwater, zodat de gevolgen voor de verschillende water types goed in beeld komen.

Het oppervlaktewatergebruik van de chemische industrie op het Chemelot terrein is vergelijkbaar met het watergebruik op andere industrieterreinen in Nederland, zoals Pernis, de Botlek, Terneuzen, Delfzijl en Emmtec Industry & Businesspark. De voor USG vastgestelde aan droogte gerelateerde effecten zijn ook van toepassing op andere industriële complexen.



FIGUUR 4-1 INDUSTRIËLE INNAMEPUNTEN OPPERVLAKTEWATER VOOR GEBRUIK PROCESWATER (HUITING, 2014).

#### 4.5.2 Tata Steel

Tata Steel (voormalig Corus) te IJmuiden is een grootschalige producent van hoge kwaliteit staal. Op het terrein van Tata Steel in Nederland staan onder andere twee cokesfabrieken, een pellets- en sinterfabriek, twee hoogovens, een (oxi)staalfabriek, een warmband- en twee koudbandwalsenrijen en diverse fabrieken waar het staal gecoat of geleverd wordt.

De productie van staal heeft een grote hoeveelheid water met name voor de koeling. Tata Steel maakt gebruik van verschillende typen water:

- Zeewater voor koeling van ovens waarin ijzererts gesmolten wordt.
- Zout grondwater. Dit wordt gebruikt als koelwater. Dit is bruikbaar omdat de temperatuur ervan heel constant is. Het zoute grondwater is afkomstig van de zee, en wordt dicht bij de kust opgepompt.
- Brakwater om te granuleren.
- Zoetwater (WRK) voor directe koeling bij cokesproductie en staal.
- Zoetwater (WRK) voor gaswassen.
- Zoetwater (WRK) voor productie van demiwater.
- Drinkwater, voor niet-industrieel gebruik (kantoren).

Het zoetwater is afkomstig van het IJsselmeer en/of Lekkanaal, dat via de WRK-leidingen naar de productielocatie wordt getransporteerd. De WRK levert naast Tata Steel ook water aan de papierfabriek Crown-van Gelder en Waternet.

Voor sommige processen, waar het water in direct contact staat met product, is zoetwater noodzakelijk. Een van de belangrijkste watervragers zijn de cokesfabrieken. Cokes wordt door pyrolyse geproduceerd uit steenkool. Bij pyrolyse vervluchtigen de aanwezige gassen waardoor de cokes een poreuze structuur krijgen geschikt voor gebruik in hoogovens. De geproduceerde cokes moeten snel worden afgekoeld om het verbrandingsproces te stoppen. Hiervoor worden grote hoeveelheden zoetwater gebruikt, wat grotendeels verdampt.

Proceswater wordt tevens gebruikt voor gaswassing, waarbij de uitgestoten gassen worden ontdaan van schadelijke stoffen.

De afvalwaterstromen worden gezuiverd en gedeeltelijk gerecycled op de locatie. Het niet-gerecyclede deel wordt na zuivering geloosd op het Noordzeekanaal. Hiervoor heeft elke individuele fabriek een vergunning. De zuiveringen bestaan uit biologische en mechanische zuiveringen. Het effluent is gebonden aan lozingsnormen voor chemisch zuurstof verbruik (CZV) en stikstof (N)-Kjeldahl. Aanpassing van de zuivering is opgenomen in het normale vervangingsregime.

### **Droogtekenmerken**

Tata Steel gebruikt in verhouding met concurrenten veel water. Concurrenten zijn genoodzaakt om te investeren in technologie om het watergebruik te verminderen, terwijl op de locatie van Tata Steel altijd voldoende water beschikbaar is (Tata Steel, 2017). In de toekomst zal er geen knelpunt ontstaan wat betreft watertekorten.

Tata Steel denkt dat Tata mogelijk schade kan ondervinden aan de verontreiniging van IJsselmeerwater als gevolg van droogte. Verontreiniging van het IJsselmeerwater levert geen problemen op tijdens het productieproces, maar beïnvloed de kwaliteit van het geloosde afvalwater. Tijdens het productieproces van Tata Steel komen er vooral zware metalen vrij. In de vergunningverlening worden geen specifieke stoffen genoemd, maar enkel generieke parameters als chemisch zuurstof verbruik (CZV) en stikstof (N)-Kjeldahl. Toch is het niet gewenst dat verontreinigd IJsselmeerwater, ingedikt tijdens recirculerende koelingsprocessen, vervolgens wordt geloosd op het Noordzeekanaal.

Tata Steel ziet verzilting van WRK-water niet als een knelpunt (Tata Steel, 2017).

## Handelingsopties

Tata Steel geeft aan dat de benodigde aanpassingen aan het productieproces veroorzaakt door verslechterde waterkwaliteit van het WRK-water, onderdeel zijn van het reguliere vervangingsregime. Voorbeelden zijn het inbouwen van extra zuiveringscapaciteit, zowel voor demiwater productie als aanpassingen aan afvalwaterzuiveringsinstallaties.

Er zijn geen back-up voorzieningen omdat het IJsselmeer/Lekkanaal altijd over voldoende water beschikt.

## Projecties

Omdat Tata Steel geen knelpunten heeft benoemd met zoetwatertekorten, kunnen we geen optredende effecten voorspellen aan de hand van projecties.

### 4.5.3 USG

USG levert utilities voor het bedrijventerrein Chemelot waar 64 chemische fabrieken, voor o.a. de productie van ammoniak en nafta, zijn gevestigd (Geleen, Limburg). Onder deze utilities vallen onder andere de water- en energievoorziening. USG levert elk uur 5.000 m<sup>3</sup> aan water aan vrijwel alle fabrieken op het terrein, afkomstig van het Julianakanaal (Maas). Het water wordt, na de voorzuiveringsstap flocculatie, voor meerdere doeleinden gebruikt:

- Koeling (50%). Op Chemelot wordt alleen recirculerende koeling gebruikt. De indikkingsfactor ligt tussen de 3 en 5. Dit betekent dat circa 1.000 tot 1.700 m<sup>3</sup> water per uur verdampt, en dus niet wordt teruggevoerd richting de Maas.
- Productie van demiwater (35%). Demiwater wordt onder andere gebruikt voor productie van hoge druk stoom.
- Direct gebruik (10%). Direct gebruik bestaat onder andere uit directe koeling en gas wassen.
- Doorspoelen blusfaciliteiten (3%). De blusfaciliteiten moeten periodiek worden getest.
- Verliezen (2%).

## Droogtekenmerken en kritieke grenswaarden

USG is nog op zoek naar waar het knelpunt voor droogte precies ligt, met name het gevoel voor de intensiteit van droogteproblemen. De volgende potentieel problematische droogtekenmerken zijn geïdentificeerd:

- Waterbeschikbaarheid
- Het elektrisch geleidingsvermogen (= te relateren aan het chloridegehalte)
- Algengroei
- Mogelijk temperatuur

### *Waterbeschikbaarheid / debiet*

Betrouwbare watervoorziening is een belangrijke vestigingsplaatsfactor. De gevolgen van een innamestop zouden heel groot zijn voor de fabrieken te Chemelot. Bij een tekort aan water moeten fabrieken via afschakelprogramma's gedwongen worden stilgezet met grote financiële gevolgen. Tot op heden is een tekort aan water nog nooit voorgekomen.

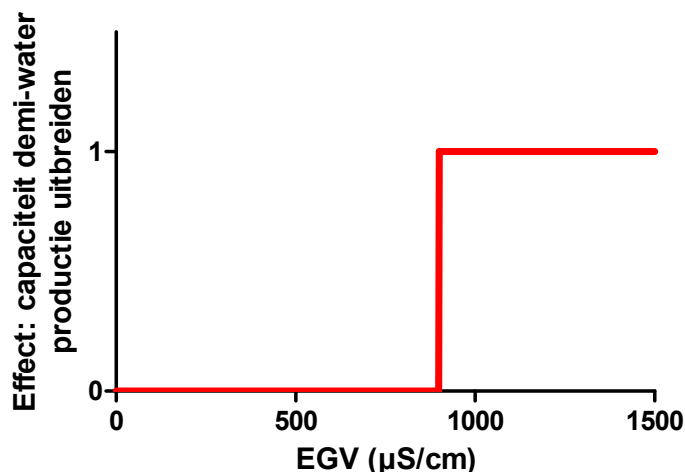
Chemelot heeft afschakelprogramma's voor kortstondige tekorten aan utilities, waaronder koelwater, demiwater, direct watergebruik, stroom, stikstof, etc. In algemene zin kan gesteld worden dat Chemelot circa 3 uur zonder inlaat van nieuw water kan voor zowel koelwater (buffer in recirculerend systeem) als demiwater (buffer opgeslagen in tanks). De functie koeling wordt in de verdringingsreeks voor watergebruik al snel afgeschakeld. Vanwege

veiligheidsredenen zijn buffers aan chemische stoffen niet gewenst en zijn voor nafta maximaal 4 dagen beschikbaar.

#### *Het elektrisch geleidingsvermogen*

Een toename van het elektrisch geleidingsvermogen van het ingenomen oppervlaktewater beïnvloedt de productie van demiwater. De productie-units, die gebruik maken van membraantechnologie, vervuilen dan sneller. Daardoor moet meer worden teruggespoeld, wat de productiecapaciteitsfactor verlaagt. De gemiddelde geleidbaarheid in het Julianakanaal is momenteel 400  $\mu\text{S}/\text{cm}$  met piekwaarden van 700  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . De specificatiegrens van de ingebouwde membranen bedraagt 900  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . USG schat in dat een toename van het elektrisch geleidingsvermogen boven 900  $\mu\text{S}/\text{cm}$  leidt tot een afname van de productiecapaciteit van demiwater van circa 10-15%; dit wordt momenteel getoetst bij de leverancier van de membranen.

USG geeft aan dat de gevolgen van productieverminderingen of productiestops dusdanig groot zijn dat een tekort aan demiwaterproductie niet zal worden geaccepteerd. Dit heeft mogelijk als gevolg dat er op termijn meer zuiveringscapaciteit nodig is voor de productie van demiwater. Voor een capaciteitsvergroting van de zuiveringsinstallatie van 10 tot 20% (ten opzichte van de 1.750  $\text{m}^3$  per uur aan demiwaterproductie) is een indicatieve investering nodig van 7 tot 10 miljoen euro capex en 0,5 miljoen euro per jaar opex (onderhoud, bemensing, reiniging, energie).



FIGUUR 4-2 DOSIS-EFFECT RELATIE VOOR HET ELEKTRISCH GELEIDINGSVERMOGEN (EGV) IN HET JULIANAKANAAL EN DE BIJBEHORENDE HANDELINGSOPTIES. 0=GEEN MAATREGELEN; 1=INSTALLATIE EXTRA CAPACITEIT DEMI-WATER PRODUCTIE.

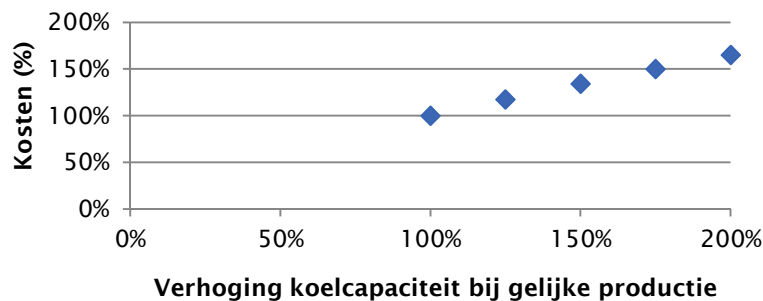
Het elektrisch geleidingsvermogen (chloride) beïnvloedt tevens de koelingseffectiviteit, omdat er vaker moet worden gespuid om de waterkwaliteit op peil te houden voor het koelingsmechanisme. De inschatting is dat dit niet of nauwelijks tot additionele kosten leidt. Het corrosierisico wordt vermeden doordat er vaker wordt gespuid. Vaker spuien zal leiden tot meer pompenergie, het innamewater voor de productie van koelwater is nagenoeg gratis, maar de verwerking van het spuiwater zal echter toenemen. Het grootste probleem is volgens USG dat de watervraag toeneemt wanneer er vaker gespuid wordt in een situatie dat er al droogte is. Bij Chemelot leidt een toename van het elektrisch geleidingsvermogen niet tot een capaciteitsafname van de koelunits.



### Temperatuur

De mate waarin temperatuur een probleem is hangt af van meerdere factoren. Een belangrijke factor is de omgevingstemperatuur en de luchtvochtigheid. In het verleden is temperatuur nooit een issue geweest. Als er onvoldoende koelcapaciteit is, dan kunnen fabrieken de productie tijdelijk terugdraaien, en later bijvoorbeeld 's nachts en in de winterperiode weer compenseren. Temperatuurschommelingen zijn een geaccepteerd fenomeen en productie wordt zodanig aangepast in de tijd. In het worst-case scenario moet worden geïnvesteerd in extra koelcapaciteit.

De levensduur van koelcapaciteit is ruwweg 30 jaar. De investeringsafweging voor aanvullende koelcapaciteit zal reactief van aard zijn. Bij nieuwe fabrieken en bij herinvesteringen wordt de koelcapaciteit gedimensioneerd om een bepaalde beschikbaarheid te garanderen. De verwachting is dat bij opschaling de kosten per eenheid koelcapaciteit omlaag gaan. De vuistregel voor deze kostenverlaging is  $P2 = P1 * \sqrt[0.6]{1.1}$  bij een opschaling van 10% (zie Figuur 4-3).



FIGUUR 4-3 VERLOOP VAN KOSTENINVESTERING VOOR EXTRA KOELCAPACITEIT BIJ GELIJKE PRODUCTIE.

### Algengroei

De mate van algengroei in het Julianakanaal hangt af van verschillende factoren, zoals de verblijftijd, de hoeveelheid nutriënten en temperatuur. In hoeverre een toename aan algengroei gerelateerd aan klimaatverandering een probleem zal vormen voor USG is momenteel nog onduidelijk. Mocht het probleem voordoen, dan spelen de volgende schademechanismen:

- Vervuiling van de flocculator. Een inschatting van mogelijk toenemende reinigingskosten voor de flocculator is onbekend. Een mogelijk bruikbare ordegrootte-inschatting is de kosten van een tweede flocculator: 30 miljoen euro.
- Verstopping membraan voor demiwater productie. De mogelijke schade door algengroei is vergelijkbaar met het elektrisch geleidingsvermogen: bij een toename van de algengroei moet je meer investeren in de productiecapaciteit voor demiwater. USG schat in dat bij een toename van de algengroei de productiecapaciteit circa 10-15% lager is.
- Schade tijdens koelwaterproductie is minimaal. Gelijk aan een verhoging van het elektrisch geleidingsvermogen zal bij een toename aan algengroei (en een verlaging van de pH) vaker moeten worden gespuid om de waterkwaliteit op peil te houden.
- Microbiologische corrosie van de bluswaterinstallatie. In de bluswaterinstallatie is er een lage doorstroming, waardoor corrosie kan ontstaan door overmatige algengroei. Er ligt zo'n 60km aan leidingen, en vervanging kost zo'n 10.000 euro per meter. De levensduur van leidingwerk is circa 20 jaar. Momenteel wordt al veel leidingwerk vervangen, waarbij beter materiaal wordt toegepast. In de praktijk zal blijken of daarmee het probleem is opgelost.

## Back-up maatregelen

Back-up via drinkwatersysteem, grondwater of gerecycled afvalwater is volgens USG niet reëel omdat het om zulke grote hoeveelheden gaat (5.000 m<sup>3</sup> per uur). Het recyclen van afvalwater is niet efficiënt omdat de helft van het ingenomen water onderweg verdampt. Daarnaast maakt drinkwater grotendeels gebruik van de zelfde bronnen die als back-up systeem kunnen dienen.

## Projecties

Voor het Julianakanaal, waaruit USG water inneemt, zijn projecties beschikbaar van het debiet en de watertemperatuur uit het Nationaal water model (Tabel 4-3). De waterkwaliteitsprojecties voor chloride en het elektrisch geleidingsvermogen zijn afgeleid op de locatie Eijsden in de Maas en zijn representatief voor het innamewater (Tabel 4-3). Het is niet mogelijk projecties te maken van algengroei, omdat de parameter van vele factoren afhankelijk is (zoals verblijftijd, temperatuur, nutriënten).

TABEL 4-3 GEPROJECTEERDE WAARDEN IN DE SCENARIO'S REFERENTIE EN  $W_{H,DRY}$  VOOR HET DEBIET EN DE TEMPERATUUR IN HET JULIANAKANAAL EN WATERKwalITEITSPARAMETERS CHLORIDE EN HET ELEKTRISCH GELEIDINGSVERMOGEN IN DE MAAS TE EIJSDEN.

Kneipunt	Eenheid	Referentie scenario 2015			$W_{H,DRY}$ scenario 2050		
		Minimale waarde (P10)	Gemiddeld waarde (mediaan)	Maximale waarde (P90)	Minimale waarde (P10)	Gemiddeld waarde (mediaan)	Maximale waarde (P90)
Debiet	m <sup>3</sup> /s	9 (22)	226 (130)	2.948 (557)	7 (11)	210 (100)	3.234 (562)
Temperatuur	°C	0 (5)	13 (12)	29 (22)	1 (7)	15 (14)	33 (24)
Algen	-	-	-	-	-	-	-
Chloride	mg/L	25 (29)	51 (42)	270 (86)	25 (29)	66 (47)	454 (135)
Elektrisch geleidingsvermogen	µS/cm	360 (380)	510 (460)	180 (720)	350 (380)	600 (480)	2.900 (1.000)

De projecties van de chloride concentraties zijn berekend volgens de QC-relatie (Sjerps et al., 2017). Het elektrisch geleidingsvermogen is afgeleid van de chloride concentratie: geleidbaarheid en de chloride concentratie zijn gecorreleerd volgens de vergelijking  $EGV = 0,59 * [Cl^-] + 20,95$ , zie

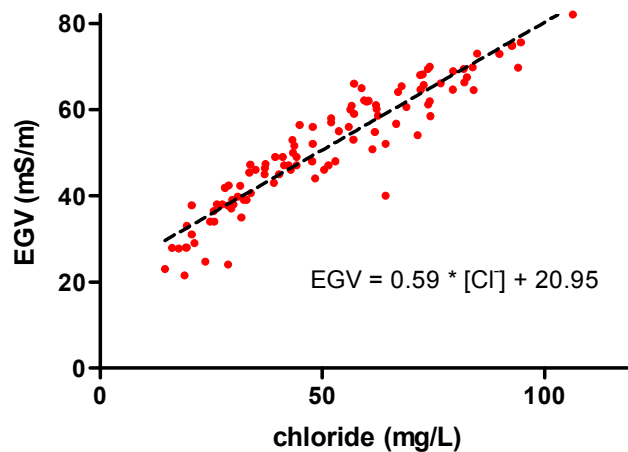
Figuur 4-4. Omgerekend vanuit de geprojecteerde chloride concentraties neemt de gemiddelde geleidbaarheid toe van 510 µS/cm in het referentie scenario naar 600 µS/cm in het scenario  $W_{H,DRY}$  (+20%). De piekwaarden voor de geleidbaarheid (90 percentiel honderdjarige reeks) nemen toe van 720 µS/cm naar 1.000 µS/cm (+40%), zie Tabel 4-3.

De specificatiegrens van de ingebouwde membranen voor demiwater productie van 900 µS/cm wordt in het referentie scenario gedurende 3% van de dagen in de reeks en in het scenario  $W_{H,DRY}$  is dit gedurende 14% van de dagen in de reeks (Figuur 4-5).

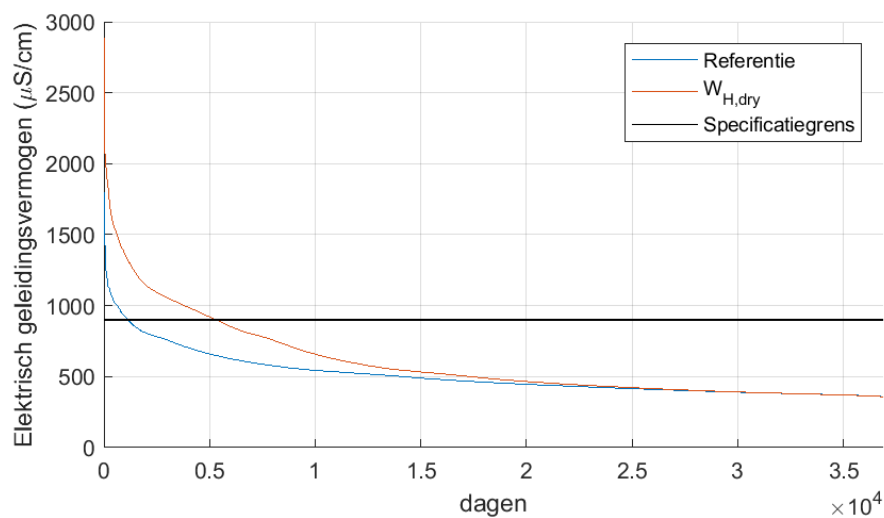
Wanneer we kijken naar het voorkomen van een hoge geleidbaarheid per jaar komt het in het referentie scenario in 44 van de 100 jaar voor dat de geleidbaarheid minstens 1 dag te hoog is; in het scenario  $W_{H,DRY}$  komt dit in 89 jaren voor. Het verschil tussen deze twee scenario's geeft aan welk effect is toe te schrijven aan droogte. De benodigde capaciteit per jaar bij een te hoge geleidbaarheid is weergegeven in Figuur 4-6. Het verschil tussen de twee scenario's

resulteert in een gemiddelde benodigde capaciteit van 4,9 Mm<sup>3</sup> per jaar met een maximum van 14,9 Mm<sup>3</sup> per jaar. Deze berekeningen kunnen zelf worden gemaakt met behulp de bijgeleverde Excel tool (zie Excel sheet 'Delta capaciteit per jaar').

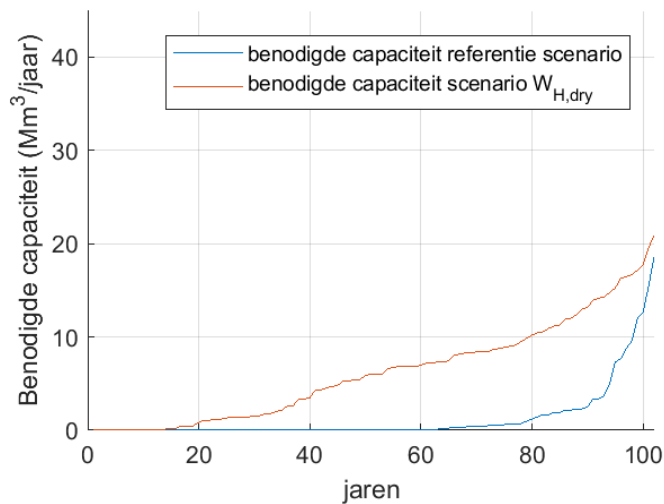
USG geeft aan dat de gevolgen van productieverminderingen of productiestops dusdanig groot zijn dat een tekort aan demiwaterproductie niet zal worden geaccepteerd. Voor beide scenario's zal er dus worden geïnvesteerd in extra capaciteit voor demiwater productie.



FIGUUR 4-4 RELATIE TUSSEN CHLORIDE CONCENTRATIE EN HET ELEKTRISCH GELEIDINGSVERMOGEN IN DE MAAS TE EIJSDEN (MEETDATA 2010-2011).

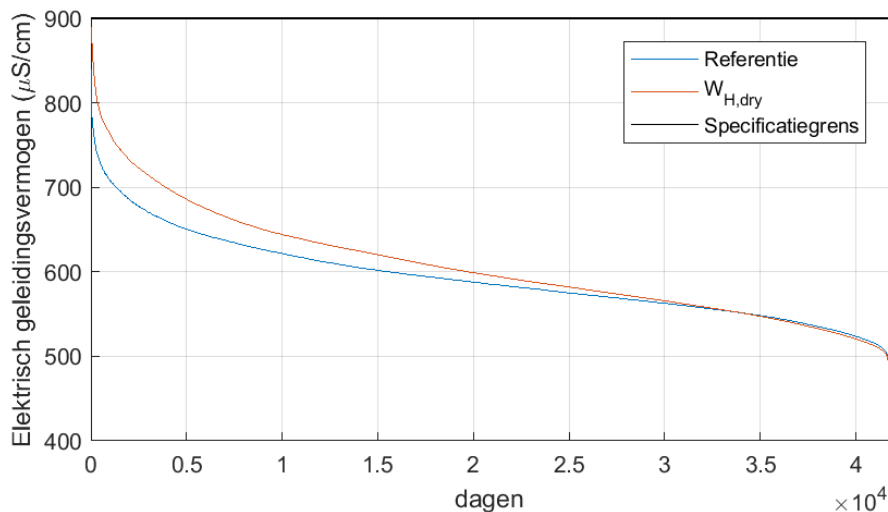


FIGUUR 4-5 PROJECTIES VAN EGV TE EIJSDEN IN DE MAAS IN DE HONDERDJARIGE REEKS VOOR DE SCENARIO'S REFERENTIE EN  $W_{H,DRY}$ , GERANGSCHIJKT VAN HOOG NAAR LAAG, MET DAARBIJ DE SPECIFICATIEGRENSEN VAN 900  $\mu\text{S}/\text{cm}$  GEPLD.



FIGUUR 4-6 GERANGSCHIKTE BENODIGDE CAPACITEIT USG OP BASIS VAN TE HOGE GELEIDBAARHEID IN DE MAAS TE EIJSDEN IN DE HONDERDJARIGE REEKS VOOR DE SCENARIO'S REFERENTIE EN  $W_{H,DRY}$ .

In het hypothetische geval dat USG aan de rivier de Rijn was gevestigd, wordt de specificatiegrens van  $900 \mu\text{S}/\text{cm}$  niet overschreden (Figuur 4-7).



FIGUUR 4-7 PROJECTIES VAN EGV TE LOBITH IN DE RIJN IN DE HONDERDJARIGE REEKS VOOR DE SCENARIO'S REFERENTIE EN  $W_{H,DRY}$ , GERANGSCHIKT VAN HOOG NAAR LAAG, MET DAARBIJ DE SPECIFICATIEGRENSEN VAN  $900 \mu\text{S}/\text{cm}$  GEPLLOT.

Voor USG is het op dit moment niet mogelijk om aan te geven bij welke temperatuurstijging een knelpunt ontstaat. De prognoses wijzen uit dat de gemiddelde temperatuur met 10% zal toenemen en dat het aantal dagen met temperaturen groter dan 20 graden bijna zal verdubbelen. De geprojecteerde toename van de watertemperatuur heeft voor de koelwerken te USG nauwelijks thermisch effect (USG, 2017). Wel zal een hogere watertemperatuur invloed hebben op de mate van algengroei in leidingen en koelwerken. Bij een toename van de algengroei neemt de kans op bepaalde vormen van corrosie (under deposit corrosie en microbiologisch geïnduceerde corrosie) in leidingen toe en zal de reinigings- en desinfectiefrequentie van koelwerken toenemen.

#### 4.5.4 Energiesector

In de energiesector wordt veel oppervlaktewater gebruikt als koelwater voor once through koeling. Als gevolg van de droogte zal de temperatuur van het ingenomen oppervlaktewater stijgen, waardoor problemen kunnen ontstaan bij de lozing van het opgewarmde koelwater. Dit zou kunnen leiden tot beperking in de elektriciteitsproductie, echter dit is geen groot probleem aangezien er in Nederland en daarbuiten voldoende back up mogelijkheden zijn voor doorlevering van elektriciteit door andere producenten. Binnen de aanpalende studie van Ecorys is een praktijkvoorbeeld uit de energiesector verder toegelicht (Briene et al., 2017).

#### 4.6 Overzicht investeringen/maatregelen

Aan de hand van interviews en beschikbare gegevens (Ministerie van Infrastructuur en Milieu, 2016) is een lijst opgesteld van te nemen maatregelen van de industriesector (Tabel 4-4).

TABEL 4-4 GEÏDENTIFICEERDE MAATREGELN INDUSTRIESECTOR.

Maatregelen	Oorzaak	Kosten
Productie tijdelijk terugschroeven	Zoetwatertekorten en hogere temperatuur	Geen kosten als dit opgevangen wordt in reguliere productie
Verhoogd spuien koelwater	Hogere geleidbaarheid en toename algengroei	Beperkte extra kosten, watervraag neemt toe
Vergroten capaciteit demiwater productie	Hogere geleidbaarheid en toename algengroei	€ 7-10 miljoen capex en € 0,5 miljoen opex per jaar voor een toename van 10-20% capaciteit
Toename reinigen flocculator	Toename algengroei	Onbekend
Verdubbelen flocculator of installatie DAF	Toename algengroei	€ 30 miljoen
Vervangen bluswaternetwerk	Corrosie van netwerk door algengroei en hogere geleidbaarheid	€ 10.000 euro per meter (60 km aan leidingen bij USG)

## 5 Conclusies

Drinkwaterbedrijven krijgen in de toekomst vaker en langer te maken met periodes van droogte. Tijdens deze periodes worden verontreinigingen van RWZI's (rioolwaterzuiveringsinstallaties) en IAZI's (industriële afvalwaterzuiveringsinstallaties) minder verdund, zodat concentraties van allerlei geëmitteerde stoffen in Rijn en Maas toenemen. Vermindering van verdunning treedt op bij zowel constante verontreinigingen, zoals de emissie van geneesmiddelen uit RWZI's, als bij incidenten, zoals de incidentele lozing van industriële stoffen bij een tijdelijk minder functionerende IAZI. Voorgaand onderzoek laat zien dat de piekconcentraties van stoffen met constante emissies kunnen toenemen met een factor twee tot vier door klimaatverandering. Drinkwaterbedrijven zijn hebben in het verleden maatregelen genomen om met zekerheid betrouwbaar drinkwater te leveren in perioden van een tekort aan schoon innamewater. Deze maatregelen kunnen bestaan uit regulering van de inname bij mindere waterkwaliteit, menging van ruwwaterkwaliteit in ruimte en tijd, alternatieve bronnen waar tijdelijk naar kan worden uitgeweken, het aanleggen van een nieuwe drinkwaterwinning en/of de inzet van additionele zuiveringsprocessen. Daarnaast wordt continu geïnvesteerd in additionele maatregelen. Uit de bestudeerde praktijkvoorbeelden blijkt dat de drinkwaterbedrijven Waternet en WML back-upvoorzieningen kunnen inzetten tijdens perioden dat het oppervlaktewater niet voldoet aan de kwaliteit. Het derde praktijkvoorbeeld, waterbedrijf Oasen, zet tijdig additionele zuiveringscapaciteit in om bij de geprojecteerde verziltingsproblematiek voldoende schoon drinkwater te leveren.

Alle drinkwaterbedrijven benadrukken het maatschappelijke belang van voldoende schoon drinkwater, zoals de drinkwaterwetgeving in haar artikel 2 stelt "de duurzame veiligstelling van de openbare drinkwatervoorziening als een dwingende reden van groot openbaar belang". Een monetaire waardering van dit belang in euro's (of welvaart) wordt om deze reden met terughoudendheid bezien.

Volgens de Kaderrichtlijn Water (artikel 7) dient de kwaliteit van het innamewater niet achteruit te gaan, zodat aanvullende zuivering niet hoeft te worden toegepast. Het inzetten van additionele zuivering is vanuit dit wettelijk kader niet de eerste en meest logische oplossingsrichting, beter is het om de kwaliteit van de bronnen te beschermen nu en in de toekomst. Voor opkomende stoffen is de eerste aanzet gegeven van een strategische aanpak om emissies naar onder andere drinkwaterbronnen te beperken via de brief IENM/BSK-2017/161702 aan de Tweede Kamer 'Structurele aanpak van opkomende stoffen uit puntbronnen in relatie tot bescherming drinkwaterbronnen'.

Daarnaast is geavanceerde zuivering zoals membraan technologie of geavanceerde oxidatie effectief in het verwijderen van organische microverontreinigingen, maar kunnen deze methoden nooit voor 100% alle stoffen volledig verwijderen. Ook met geavanceerde zuiveringstechnieken is er een klein percentage stoffen dat niet goed verwijderd wordt dat wel grote problemen kan veroorzaken voor de drinkwatervoorziening. Het gaat dan vooral om de relatief kleine, goed wateroplosbare, persistente stoffen zoals pyrazool, melamine, glyfosaat of GenX.

Aan de hand van de doorrekeningen van de klimaatscenario's kunnen we concluderen dat waterbedrijven WML en Waternet op de productielocaties die hier als praktijkvoorbeeld zijn

gebruikt met de huidige beschikbare buffercapaciteit niet altijd zullen kunnen voorzien in de productie van drinkwater tijdens perioden van een tekort aan schoon zoetwater. Zonder aanvullende maatregelen zoals bronbescherming zullen beide waterbedrijven genooddaakt zijn om extra te investeren in maatregelen om in drinkwaterproductie te kunnen blijven voorzien tijdens perioden van een tekort aan schoon zoetwater in de scenario's. Oasen voorkomt dat toekomstige chloride concentraties de drinkwaternorm zullen overschrijden door tijdig in geavanceerde zuiveringstechnieken te investeren om schoon drinkwater te garanderen.

De projecties voor het debiet, de chlorideconcentraties en de waterkwaliteit zijn omringd door onzekerheden. De mate van betrouwbaarheid van projecties wordt momenteel verder uitgewerkt.

Deze studie betreft een eerste verkenning, doet geen generieke uitspraken over alle Nederlandse drinkwaterproductielocaties. Verschillende waterbedrijven die oppervlaktewater innemen voor de productie van drinkwater zijn in deze studie niet benaderd, waaronder PWN, Dunea, Evides en Waterbedrijf Groningen. Voor een complete analyse van de gevolgen van zoetwatertekorten voor de drinkwatersector zouden deze ook de praktijkvoorbeelden van deze bedrijven moeten worden uitgewerkt. Daarnaast zijn ook op de bestudeerde locaties verdere verfijningen in de onderbouwing nog heel goed mogelijk, een voorbeeld is op welke wijzen mengmogelijkheden worden geïntegreerd in de analyse van de kwetsbaarheid.

Aan de hand van de praktijkvoorbeelden kunnen we concluderen dat de industrie tot op heden geen voorzorgsmaatregelen heeft genomen ten behoeve van de effecten van zoetwatertekorten. Het is aan te bevelen dit te toetsen bij industrieën die niet in deze studie zijn ondervraagd. De investeringsafweging voor extra capaciteit of aanpassingen aan het productieproces zal reactief van aard zijn. Bij het vervangen van materieel wordt de benodigde capaciteit op korte termijn gedimensioneerd om een bepaalde beschikbaarheid te garanderen. Industrieën zullen met name gevolgen ondervinden van schade door watertekorten en verzilting. Een toename van verzilting en toename van het elektrisch geleidingsvermogen hebben effecten op het gebruik van oppervlaktewater als demi-, koel- of proceswater. Bij hogere concentraties chloride zal grotere capaciteit worden gerealiseerd in demiwater productie en zal er vaker gespuid worden in koelinstallaties, waarbij ook meer kosten worden gemaakt voor energie en chemie.

Industrieën langs de Maas zullen vaker en langduriger te maken kunnen krijgen met de effecten van droogte. Het is daarom aan te raden met name de industrieën gesitueerd langs de Maas goed in beeld te brengen d.m.v. vervolginterviews met VEMW en specifieke industrieën. Specifieke industrieën zijn bijvoorbeeld de industrieën in het Botlek gebied terrein en omgeving of Evides Industriewater als leverancier van industriewater in die regio. Daarnaast is het interessant om de sectoren te onderzoeken die niet aan bod zijn gekomen in deze inventarisatie, zoals raffinaderijen, de papierindustrie en de voedings- en genotmiddelenindustrie.

## 6 Referenties

- Baken K, Kolkman A, Van Diepenbeek P, Ketelaars H, Van Wezel AP. Signalering van 'overige antropogene stoffen', en dan? De pyrazool-casus. H2O online 2016.
- Bkmw. Besluit kwaliteitseisen en monitoring water, 2009.
- Briene M, van Hussen K, van Til H, Oei A. Welvaartseffecten waterbeschikbaarheid op de sectoren drinkwater, energie en (overige) industrie. Ecorys, Rotterdam, 2017.
- Bruggeman W, Dammers E. Deltascenario's voor 2050 en 2100. Nadere uitwerking 2012-2013. Deltares, PBL, KNMI, LEI Wageningen UR, CPB, I&M, RWS, 2013, pp. 65.
- Bustos Medina DA, van den Berg GA, van Breukelen BM, Juhasz-Holterman M, Stuyfzand PJ. Iron-hydroxide clogging of public supply wells receiving artificial recharge: near-well and in-well hydrological and hydrochemical observations. *Hydrogeology Journal* 2013; 21: 1393-1412.
- Coppens LJC, van Gils JAG, ter Laak TL, Raterman BW, van Wezel AP. Towards spatially smart abatement of human pharmaceuticals in surface waters: Defining impact of sewage treatment plants on susceptible functions. *Water Research* 2015; 81: 356-365.
- Deltacommissie. Samen werken met water. Een land dat leeft, bouwt aan zijn toekomst. Bevindingen van de Deltacommissie 2008, 2008.
- Drinkwaterbesluit. 2011.
- Drinkwaterregeling. 2011.
- Drinkwaterwet. 2009.
- Huiting H. Kosten Industriesector als gevolg van verzilting Brielse meer. KWR, Nieuwegein, 2014, pp. 33.
- Hunnik J, Visser M. Modelrapportage berekeningen KNMI'14 scenario met het NHI. Deltares, 2014.
- KNMI. KNMI'14 klimaatscenario's voor Nederland. KNMI, De Bilt, 2014.
- KNMI. Jaar 2016. Zeer warm, zeer zonnig en aan de droge kant, 2016.
- Lenderink G, Beersma JJ. The KNMI'14 WH,dry scenario for the Rhine and Meuse basins. KNMI, 2015.
- Ministerie van Infrastructuur en Milieu. Werken aan zoet water in de Delta. Deltaprogramma Zoetwater. Terugblik 2015 en vooruitblik 2016-2017, Den Haag, 2016.
- Oasen. Interview 25-09-2017 te Gouda met Harrie Timmer, gehouden door Rosa Sjerps en Karel van Hussen, 2017.
- Rijksoverheid. Protocol monitoring en toetsing drinkwaterbronnen KRW, 2015.
- RIWA-Maas. De kwaliteit van het Maaswater in 2016. RIWA - Vereniging van Rivierwaterbedrijven, 2017, pp. 55.
- Sjerps R, ter Laak T, Zwolsman GJ. Effect van klimaatverandering en vergrijzing op waterkwaliteit en drinkwaterfunctie van Maas en Rijn. H2O-Online, 2016a.
- Sjerps RMA, ter Laak TL, Zwolsman GJG. Projected impact of climate change and chemical emissions on the water quality of the European rivers Rhine and Meuse: A drinking water perspective. *Science of The Total Environment* 2017; 601-602: 1682-1694.
- Sjerps RMA, ter Laak TL, Zwolsman JG. Ontwikkeling waterkwaliteit bij innamepunten van oppervlaktewater voor de drinkwatervoorziening. KWR Watercycle Research Institute, Nieuwegein, The Netherlands, 2016b, pp. 107.
- Tangena BH. Behoeftedekking Nederlandse drinkwatervoorziening 2015-2040 : Rapport t.b.v. Verkenning grondwatervoorraden voor drinkwater RIVM, De Bilt, 2014, pp. 64.
- Tata Steel. Interview 18-10-2017 te IJmuiden met Ruud Busink, gehouden door Rosa Sjerps en Karel van Hussen, 2017.
- USG. Interview 12-10-2017 te Geleen met Albert Noteborn & Fre Didden, gehouden door Rosa Sjerps en Karel van Hussen. 2017.
- van Bokhoven AJ, Zwolsman JG. Klimaatverandering en de waterkwaliteit van de Rijn. *H2O* 2007; 40: 34-37.



- van der Aa NGFM, Kommer GJ, Van Montfoort JE, Versteegh JFM. Demographic projections of future pharmaceutical consumption in the Netherlands. *Water Science and Technology* 2011; 63: 825-831.
- van der Aa NGFM, Tangena BH, Wuijts S, de Nijs ACM. Scenario's drinkwatervraag 2040 en beschikbaarheid bronnen : Verkenning grondwatervoorraden voor drinkwater. RIVM, De Bilt, 2015, pp. 70.
- van Vliet MTH, Zwolsman JJG. Klimaatverandering en de waterkwaliteit van de Maas. *H2O* 2007; 40: 29-33.
- VEMW. Interview 18-08-2017 te KWR met Roy Tummers, gehouden door Hans Huiting en Karel van Hussen, 2017.
- VEWIN. Interview 16-08-2017 te KWR met Job Rook, gehouden door Rosa Sjerps, Michiel Briene en Karel van Hussen, 2017.
- von Gunten U. Ozonation of drinking water: Part I. Oxidation kinetics and product formation. *Water Research* 2003; 37: 1443-1467.
- Waternet. Interview 10-10-2017 te Amsterdam met Job Rok & Jan Peter van den Hoek, gehouden door Rosa Sjerps en Karel van Hussen, 2017.
- WHO. Bromate in Drinking-water. Background document for development WHO Guidelines for Drinking-water Quality. 2005.
- WML. Interview 12-10-2017 te Heel met Peter van Diepenbeek & Lianne van Oord, gehouden door Rosa Sjerps en Karel van Hussen, 2017.
- Wolters HA, Van den Born CJ, Dammers E. Verhaallijnen van de Deltascenario's voor 2050 - Actualisering 2017. . Deltares en PBL, 2018, in prep.
- Wuijts S, Bak-Eijsberg CI, van Velzen EH, Van der Aa NGFM. Effecten klimaatontwikkeling op de waterkwaliteit bij innamepunten voor drinkwater: Analyse van stofberekeningen. Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM), Bilthoven, 2012, pp. 53.
- Wuijts S, van der Grinten E, Meijers E, Bak-Eijsberg CI, Zwolsman JJG. Impact klimaat op oppervlaktewater. Van knelpunten naar maatregelen. Rijksinstituut voor volksgezondheid en milieu, 2013.

# Bijlage I

Gespreksverslagen interviews in  
Bijlage I-pdf.zip

## Bijlage II

Excel Tool berekeningen delta  
capaciteit in Excel file 'Bijlage II  
Delta capaciteit.xlsx'