A network diagram consisting of various sized light blue circles connected by thin white lines, set against a solid blue background. The circles vary in size, with some being significantly larger than others, and they are interconnected in a complex, non-linear fashion.

Bedrijfstakonderzoek
BTO 2020.055 | oktober 2020

Hergebruik van effluent voor de drinkwatervoorziening, een verkenning van eisen en randvoorwaarden

Bedrijfstakonderzoek

KWR

Bridging Science to Practice

Rapport

Hergebruik van effluent voor de drinkwatervoorziening, een verkenning van eisen en randvoorwaarden

BTO 2020.055 | Oktober 2020

Dit onderzoek is onderdeel van het collectieve Bedrijfstakonderzoek van KWR, de waterbedrijven en Vewin.

Opdrachtnummer

402045-159

Projectmanager

Jos Frijns

Opdrachtgever

BTO - Beleidsonderbouwend onderzoek

Auteur(s)

Dr. ir. Gijsbert Cirkel

Kwaliteitsborger(s)

Dr. ir. Patrick Smeets

Verzonden naar

Dit rapport is verspreid onder BTO-participanten.

Een jaar na publicatie is het openbaar.

Keywords

Hergebruik, RWZI effluent, wet- en regelgeving, drinkwater

Jaar van publicatie
2020

Meer informatie

Dr. ir. Gijsbert Cirkel
T 06-20614497
E Gijsbert.cirkel@kwrwater.nl

PO Box 1072
3430 BB Nieuwegein
The Netherlands

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

KWR

Oktober 2020 ©

Alle rechten voorbehouden aan KWR. Niets uit deze uitgave mag - zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van KWR - 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.

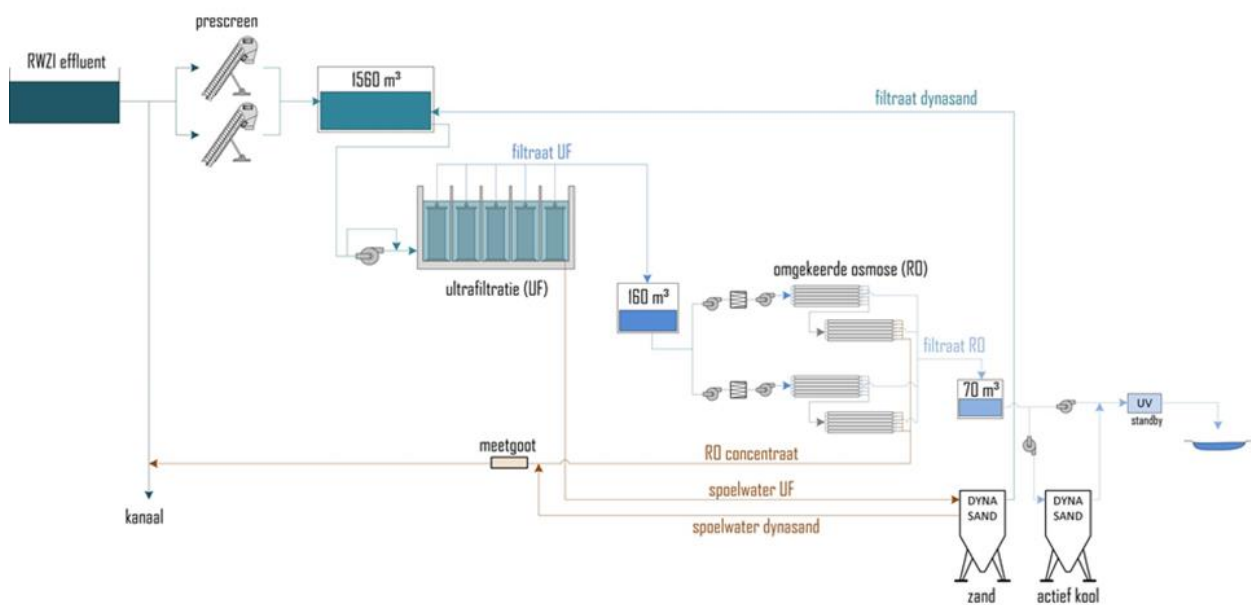
Managementsamenvatting

Hergebruik van effluent als alternatieve bron voor drinkwater

Auteur(s) dr. ir. Gijsbert Cirkel.

Een eerste verkenning van de eisen en randvoorwaarden voor hergebruik van effluent als alternatieve bron voor drinkwater, laat onder meer zien dat dit nog niet is opgenomen in de Nederlandse wet- en regelgeving. Onderzocht is welke situaties zich bij deze vorm van hergebruik voordoen en kunnen voordoen, wat wel en niet is geregeld, welke eisen kunnen worden gesteld en welke lacunes eventueel bestaan in de wet- en regelgeving. De resultaten dragen bij aan het kader van de eisen die bij toepassing van RWZI-effluent gesteld moeten worden aan waterkwaliteit en monitoring.

Aangejaagd door langdurige periodes van droogte en stijgend watergebruik komen nagezuiverd RWZI-effluent of gezuiverd restwater van de industrie meer en meer in beeld als potentiële alternatieve bronnen voor de drinkwatervoorziening. In Nederland is van (in)direct hergebruik van RWZI-effluent en daarmee het verkorten van de humane waterkringloop nog geen sprake. Wel wordt op een aantal plekken gezuiverd industrieel restwater ingezet voor land- en tuinbouwirrigatie, vinden verkenningen plaats van mogelijkheden voor hoogwaardig hergebruik en is er sprake van de-facto hergebruik waarbij de bron voor drinkwater significant is beïnvloed door effluent.



Vergaande zuivering van RWZI-effluent voorafgaand aan duinfiltratie voor drinkwaterproductie, toegepast door de Belgische Intercommunale waterleidingmaatschappij van Veurne Ambacht (IVWA) (bron: IWVA)

Belang: effluent meer en meer in beeld als bron

Aangejaagd door langdurige periodes van droogte en stijgend watergebruik komt effluent meer in beeld als bron voor drinkwater. Ook is het technisch steeds beter mogelijk om van effluent drinkwater te maken. De vraag is echter of de huidige wet- en regelgeving is ingericht op het gebruik van effluent als bron. Er is dan ook behoefte aan een kader voor eisen en randvoorwaarden die hierbij komen kijken.

Aanpak: een eerste verkenning

Deze studie is een eerste verkenning van welke situaties zich voordoen wanneer effluent wordt hergebruikt voor de bereiding van drinkwater, wat wel en niet is geregeld, welke eisen gesteld kunnen worden en welke eventuele lacunes in wet- en regelgeving bestaan.

Resultaten: hergebruik in de Nederlandse context en ontoereikende wet- en regelgeving

De beschikbaarheid van goede zuiverings- en monitoringstechnieken maakt dat het technisch en operationeel haalbaar is om op een veilige manier RWZI-effluent te zuiveren tot drinkwaterkwaliteit. Van de drie vormen van hergebruik die de WHO onderscheidt, komt in Nederland alleen de-facto hergebruik voor. De bronnen waar het hier om gaat zijn rivierwater met een forse component (gezuiverd) industrieel en huishoudelijk afvalwater, maar ook grondwater in gebieden met actieve wateraanvoer en infiltratie vanuit regionaal oppervlaktewater. Ook bij deze laatste categorie kan het aandeel effluent in het opgepompte (oever)grondwater een aanzienlijk percentage bereiken.

Een casus die eveneens voor de Nederlandse situatie representatief is, betreft de drinkwaterproductie uit communaal effluent in het Vlaamse Koksijde. Bij dit voorbeeld van indirect hergebruik wordt effluent vergaand gezuiverd en geïnfiltreerd en teruggewonnen in de duinen. Daarnaast zijn vergaande zuivering van effluent van Wervershoof en levering via de WRK3-leiding als industriewater en duinfiltratiewater momenteel onderwerp van studie binnen een TKI-consortium. In de laatste twee gevallen gaat het om indirect hergebruik met een zogenoemde milieubuffer. Voor direct hergebruik zijn voornamelijk geen initiatieven bij drinkwaterbedrijven. Wel zijn er kleinschalige initiatieven voor direct hergebruik van grijswater

voor de productie van huishoudwater en irrigatiewater.

Gezuiverd RWZI-effluent als bron van drinkwater is nog niet opgenomen in de Nederlandse wet- en regelgeving. Een indirecte ontmoediging vindt plaats door o.a. het uitgangspunt in het AMVD-richtsnoer: "kies de schoonste bron" en de beleidsnota drinkwater 2014: "de schoonste beschikbare bron wordt gebruikt". Wel biedt de bestaande wet- en regelgeving aanknopingspunten voor het reguleren van effluent als bron van drinkwater. Als hergebruik van RWZI-effluent een bron gaat vormen voor de drinkwatervoorziening, is uitbreiding en/of aanscherping van de drinkwaterwetgeving (o.a. artikel 22, Drinkwaterwet en hiermee samenhangende wet- en regelgeving) gewenst. Er moeten duidelijke randvoorwaarden komen, waaronder toegespitste besluiten en regels ten aanzien van waterbehandeling en monitoring, minimaal vergelijkbaar met die voor oppervlaktewater. Voor infiltratie en terugwinning van water anders dan (voorgezuiverd) oppervlaktewater ontbreekt voornamelijk een helder juridisch kader. Gezien de voor de hand liggende keuze voor indirect hergebruik met tijdelijke opslag van het voorgezuiverde water in de ondergrond, is het wenselijk om het Infiltratiebesluit (IB) als wettelijk kader te verbreden en indien noodzakelijk aan te scherpen.

Toepassing: afstemming binnen de waterketen cruciaal

Hergebruik vraagt om vergaande samenwerking binnen de waterketen. Het hele traject – van inzameling via het riool (gemeente) via rioolwaterzuivering (waterschap) tot en met de zuivering tot drinkwater (drinkwaterbedrijf) – moet goed op elkaar worden afgestemd. Het gaat hierbij om het in kaart brengen en mitigeren van risico's en het tijdig signaleren van calamiteiten in de stedelijke waterketen, maar ook om afstemming met functies die afhankelijk zijn van effluent.

Rapport

Dit onderzoek is beschreven in het rapport *Hergebruik effluent voor de drinkwatervoorziening, een verkenning van eisen en randvoorwaarden* (BTO-2020.055).

Inhoud

Managementsamenvatting **2**

Inhoud5

| | | |
|----------|--|-----------|
| 1 | Inleiding | 7 |
| 1.1 | Aanleiding | 7 |
| 1.2 | Doelstelling en onderzoeksvragen | 7 |
| 1.3 | Leeswijzer | 8 |
| 2 | Hergebruik van RWZI effluent ten behoeve van de drinkwatervoorziening | 9 |
| 2.1 | Definities van hergebruik voor drinkwater | 9 |
| 2.1.1 | Direct hergebruik | 9 |
| 2.1.2 | Indirect hergebruik | 9 |
| 2.1.3 | Onbewust/de-facto hergebruik | 9 |
| 2.2 | Voorbeelden van hergebruik voor drinkwaterproductie | 10 |
| 2.2.1 | Direct hergebruik: Windhoek Namibië | 10 |
| 2.2.1 | Indirect hergebruik: Koksijde België | 10 |
| 2.2.2 | De-facto /onbewust hergebruik: wateraanvoerplan Olden Eibergen | 11 |
| 2.3 | Meervoudige barrières, validatie en operationele monitoring | 12 |
| 2.4 | Implementatie van hergebruik in risicoanalyses en risicomanagement (RA/RM) | 13 |
| 3 | Wet- en regelgeving | 15 |
| 3.1 | Europese regelgeving | 15 |
| 3.2 | Uitwerking in Nationale wetgeving en beleid | 16 |
| 3.2.1 | Algemeen | 16 |
| 3.2.2 | Oppervlaktewater | 16 |
| 3.3 | Grondwater | 18 |
| 3.4 | Implicaties voor effluent als bron | 19 |
| 4 | Conclusies en aanbevelingen | 21 |
| 4.1 | Nederlandse situatie hergebruik van effluent voor drinkwater | 21 |
| 4.2 | Wet en regelgeving | 21 |
| 4.3 | Eisen aan bovenstroomse lozingen i.r.t. effluentkwaliteit | 22 |
| 4.4 | Kwaliteitsbewaking grondstof en geproduceerd drinkwater | 22 |
| 4.5 | Kennislacunes en aanbevelingen | 22 |
| 5 | Referenties | 24 |

1 Inleiding

1.1 Aanleiding

Aangejaagd door langdurige periodes van droogte en stijgend watergebruik komen alternatieve bronnen voor drinkwater meer en meer in beeld. Eén van deze bronnen is RWZI-effluent of gezuiverd restwater van industrie. In Nederland is van actief hergebruik van RWZI-effluent en daarmee het verkorten van de humane waterkringloop nog geen sprake. Wel zijn er enkele initiatieven voor hergebruik van industrieel restwater voor irrigatie in de land- en tuinbouw. Voorbeelden hiervan zijn het vergaand zuiveren en tijdelijk in de ondergrond opslaan van gezuiverd proceswater van Suikerunie ten behoeve van de gietwatervoorziening van glastuinbouwgebied Nieuw Prinsenland te Dinteloord [Zuurbier et al., 2017] en hergebruik van gezuiverd proceswater van de Bavaria brouwerij voor landbouwirrigatie in Lieshout [Bartholomeus et al., 2018]. Ook wordt door de voedingsindustrie restwater gezuiverd naar drinkwaterkwaliteit om toe te passen in het proces.

Ten aanzien van hergebruik van RWZI effluent wordt onderzoek gedaan bij onder andere RWZI Haaksbergen (hergebruik voor landbouwirrigatie) [Bartholomeus et al., 2017] en RWZI Wervershoof (hergebruik voor proces- en drinkwater) [Bertelkamp et al., 2020]. Uit deze en verschillende andere binnen- en buitenlandse studies is de afgelopen jaren duidelijk geworden dat RWZI-effluent een breed palet aan organische microverontreinigingen (OMV's), pathogenen, zouten en zware metalen bevat [Cirkel et al, 2017a]. Huidige RWZI's zijn in de regel ook niet ontworpen om dergelijke stoffen te verwijderen. Hoewel van direct hergebruik nog geen sprake is, wordt RWZI-effluent wel indirect via al dan niet infiltrerend oppervlaktewater gewonnen als bron van drinkwater. Dit resulteert in een verslechterende kwaliteit van de conventionele bronnen van drinkwater.

Verbetering van de kwaliteit van RWZI-effluent door het implementeren van extra zuiveringsstappen voor o.a. OMV's en pathogenen geeft niet alleen een verbetering van de oppervlaktewaterkwaliteit, maar maakt ook andere toepassingen van het effluent dan lozing op oppervlaktewater interessanter. Een van deze toepassingen is het gebruik van vergaand gezuiverd effluent als aanvullende bron voor de drinkwaterbereiding. Dit vraagt dan wel het afstemmen en/of koppelen van normen en methodes voor risicobeheersing ten aanzien van waterkwaliteit die nu nog gescheiden werelden vormen.

1.2 Doelstelling en onderzoeksvragen

Naast het technische spoor (i.e. het ontwikkelen/verbeteren van zuiveringstechnieken ter verbetering van de waterkwaliteit) is er behoefte aan een kader voor de eisen die bij toepassing van RWZI-effluent voor drinkwater gesteld moeten worden aan waterkwaliteit en risicobeheersing waaronder monitoring. Belangrijk hierbij is dat bij hergebruik van effluent verschillende stelsels van wet- en regelgeving en kwaliteitseisen (drinkwater en milieu) samen komen.

Doel van deze studie is het in beeld brengen welke situaties zich voor kunnen doen ten aanzien van hergebruik voor bereiding van drinkwater, wat wel en niet geregeld is, welke eisen gesteld kunnen worden en het in beeld brengen van eventuele lacunes in wet- en regelgeving. De volgende onderzoeksvragen staan hierbij centraal:

- Welke situaties t.a.v. hergebruik kunnen zich voordoen? (direct hergebruik, hergebruik na infiltratie, onbedoeld hergebruik, etc.)
- In hoeverre is huidige wet- en regelgeving toereikend als kader?
- Welke specifieke eisen kunnen gesteld worden aan bovenstroomse lozingen in relatie tot de kwaliteit van het te hergebruiken effluent en hoe die te beheersen?

- Hoe omgaan met risicobeheersing
- Welke 'open eindjes', kennislacunes zijn er ten aanzien van dit onderwerp?

Deze studie richt zich primair op de kwaliteit en hiermee samenhangende risico's van effluent als bron voor (centrale) drinkwaterproductie. Daarnaast spelen er ook punten over rechten en verantwoordelijkheden op het gebied van beschikbaarheid. Dit laatste punt valt buiten de scope van dit onderzoek. Ook klantperceptie speelt een grote rol bij de keuze voor wel of geen gebruik maken van effluent als bron. Ook dit punt valt buiten de scope van het onderzoek.

1.3 Leeswijzer

Allereerst definiëren we verschillende vormen van hergebruik van RWZI-effluent voor de bereiding van drinkwater en bespreken we enkele voorbeelden. Vervolgens gaan we in op de wet en regelgeving ten aanzien van bronnen van drinkwater en hergebruik van effluent. Vervolgens wordt ingegaan op kwaliteitseisen en monitoring. Tenslotte wordt ingegaan op kennisbehoeftes op dit onderwerp.

2 Hergebruik van RWZI effluent ten behoeve van de drinkwatervoorziening

Hergerbruik van RWZI-effluent als bron voor de bereiding van drinkwater kan op verschillende manieren plaatsvinden. In dit hoofdstuk wordt analoog aan [WHO, 2017], een korte uitwerking gegeven van drie vormen van hergerbruik van afvalwater voor drinkwaterproductie.

2.1 Definities van hergerbruik voor drinkwater

2.1.1 Direct hergerbruik

Met direct hergerbruik bedoelen we het direct voeden van de drinkwatervoorziening met gezuiverd afvalwater zonder tussentijdse bergingsstap in het milieu. Het afvalwater wordt gezuiverd tot voldoende kwaliteit om als bron voor drinkwater te dienen of direct tot drinkwaterkwaliteit. Het gezuiverde afvalwater kan worden gemengd met ruwwater uit grond- of oppervlaktewater, gemengd worden met rein water of direct op het drinkwaternet worden geleverd.

2.1.2 Indirect hergerbruik

Bij indirect hergerbruik wordt gezuiverd afvalwater gebruikt om waterlichamen aan te vullen die gebruikt worden als bron voor drinkwater. Deze waterlichamen omvatten rivieren, meren, reservoirs en aquifers die worden beschouwd als milieubuffers. Water wordt vervolgens uit deze buffers ingenomen en verder behandeld tot drinkwater. Voordeel van deze aanpak is de vergroting van reistijden, verdunning en afvlakking pieken, en de gedeeltelijke verdere afbraak van eventuele overgebleven ongewenste stoffen in het milieu.

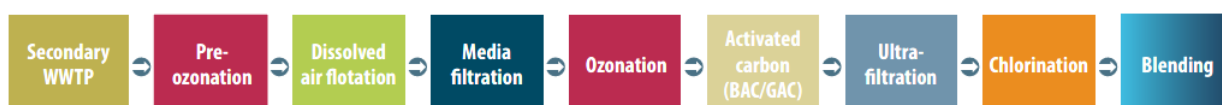
2.1.3 Onbewust/de-facto hergerbruik

Onbewust, of ongepland hergerbruik omvat verschillende vormen van de veel voorkomende praktijk van het produceren van drinkwater uit waterbronnen die zijn beïnvloed door gezuiverd afvalwater. Dit is bijvoorbeeld gebruikelijk bij de productie van drinkwater uit rivieren die door verschillende stedelijke gebieden stromen. RWZI-effluent wat bovenstrooms geloosd wordt op het riviersysteem wordt benedenstrooms (verdund) ingenomen voor de productie van drinkwater. De verdunning van stofconcentraties is hierbij sterk afhankelijk van het afvoer regime van de betreffende rivier en het debiet van de lozing. Tijdens periodes van droogte kan het aandeel effluent sterk oplopen, tegelijkertijd is in deze periodes ook de effluent stroom het meest geconcentreerd. In het geval van de Maas liep het percentage effluent bijvoorbeeld op tot meer dan 35% in de zomer van 2018 [RIWA-maas, 2018]. In regionaal oppervlaktewater kan dit percentage tijdens extreme droogte oplopen tot vrijwel 100% effluent in sommige waterlopen.

2.2 Voorbeelden van hergebruik voor drinkwaterproductie

2.2.1 Direct hergebruik: Windhoek Namibië

Het volledig zuiveren van afvalwater naar drinkwaterkwaliteit zonder tussenliggende milieubuffer is technisch mogelijk en wordt op enkele plaatsen in de wereld toegepast. Een bekend voorbeeld is de Goreangab Reclamation plant in Windhoek Namibië. Door de waterschaarste en groeiende bevolking zijn natuurlijke bronnen onvoldoende om aan de watervraag te voldoen. Om deze reden wordt al vanaf 1968 gewerkt aan hergebruik van afvalwater voor de productie van drinkwater. Het tot drinkwater gezuiverde afvalwater wordt gemengd met uit conventionele bronnen (grond- en oppervlaktewater) geproduceerd drinkwater. Het aandeel direct gezuiverd afvalwater bedraagt nu maximaal 35%, maar met de verdergaande bevolkingsgroei en waterschaarste wordt dit percentage mogelijk heroverwogen. De zuiveringsinstallatie is sinds de jaren '60 in ontwikkeling en bestaat inmiddels na de secundaire zuivering uit 7 stappen voordat het gezuiverde water wordt gemengd met drinkwater uit andere bronnen (Figuur 1)



Source: City of Windhoek, Namibia.

Figuur 1 Zuiveringstrein New Goreangab Reclamation plant (uit: WHO, 2017)

Andere voorbeelden van direct hergebruik voor de productie van drinkwater zijn [WHO, 2017]:

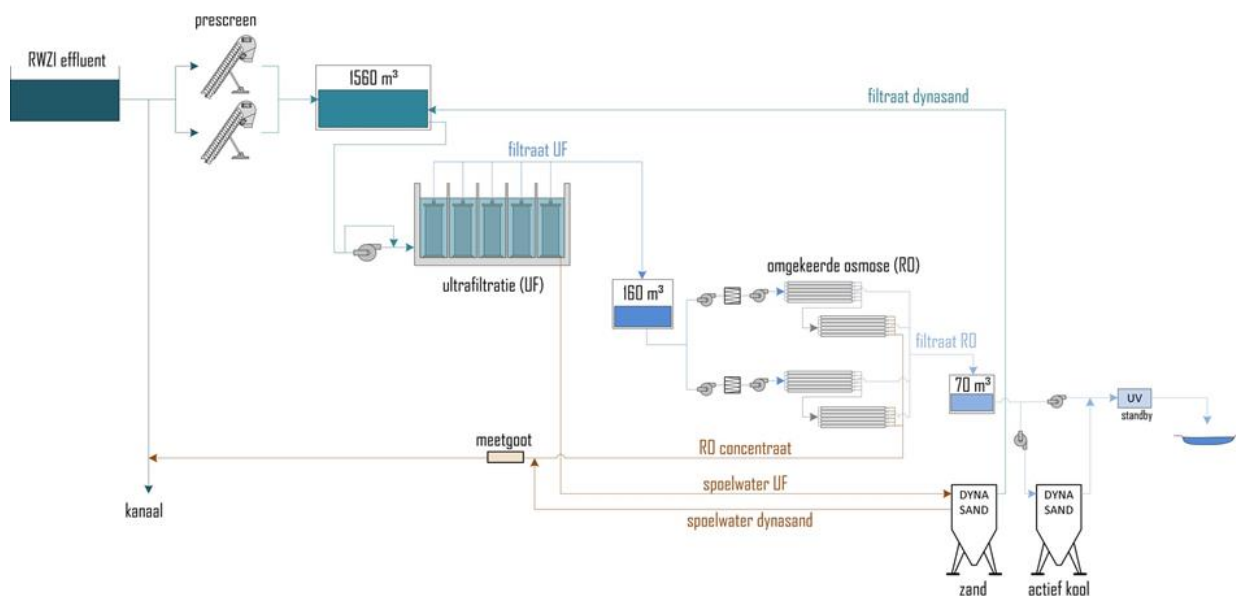
- De Big Spring installatie in Texas USA met de volgende zuiveringstrein: Secundaire zuivering, Microfiltratie, omgekeerde osmose, geavanceerde oxidatie (UV-peroxide), mengen, media filtratie, chloreren.
- De eMalahleni water reclamation plant Zuid Afrika (mijnafvalwater) met de volgende zuiveringstrein: Oxidatie/neutralisatie, klaring, ultrafiltratie, omgekeerde osmose, chloreren.

Opgemerkt dient te worden dat in bovenstaande situaties, anders dan in Nederland, het “echte” drinkwater (i.e. het water dat daadwerkelijk gedronken wordt) veelal uit flessen komt. Dit heeft invloed op de perceptie en acceptatie van effluent als bron van drinkwater.

2.2.1 Indirect hergebruik: Koksijde België

Indirect hergebruik met tijdelijke berging in een natuurlijk reservoir is een veel algemener voorkomend fenomeen dan directe productie van drinkwater uit afvalwater [WHO, 2017; Bertelkamp et al. 2020]. Bekende voorbeelden zijn het NEWater concept in Singapore waarbij oppervlaktewater wordt aangevuld waaruit drinkwater wordt gewonnen en het Groundwater Replenishment System in Orange County California waar een voor drinkwaterwinning gebruikte aquifer actief wordt aangevuld met gezuiverd afvalwater.

Het dichtst bij Nederland gelegen voorbeeld van indirect hergebruik is de infiltratie en terugwinning van gezuiverd effluent door de Intercommunale waterleidingmaatschappij van Veurne Ambacht (IVWA) in Koksijde. Sinds 2002 wordt door IVWA effluent van RWZI Wulpen (Aquafin) gezuiverd tot infiltratiewater voor het MAR systeem in de duinen. Jaarlijks kan hiermee de duinaquifer met ca. 2-2.5 miljoen m³ worden aangevuld [Van Houtte et al. 2019]. De behandeling van het RWZI-effluent bestaat uit zeven, Ultrafiltratie (UF) en omgekeerde osmose (RO) als zuiveringsstappen. Daarnaast staat een UV stand-by en worden testen gedaan met actief kool en UV als extra zuiveringsstap na de RO (Figuur 2) waardoor mogelijk in de toekomst omgeschakeld kan worden naar direct hergebruik. De integriteit van de installatie wordt bewaakt door continue meting van turbiditeit bij de UF en geleidbaarheid bij de RO. Daarnaast vinden wekelijkse bewakingsanalyses plaats op chemische en bacteriologische parameters en driemaandelijks een audit conform de wetgeving zoals verwoord in het *Besluit kwaliteit en levering van water, bestemd voor menselijke consumptie* van de Vlaamse Regering.



Figuur 2 Zuiveringsstappen tussen het effluent van RWZI Wulpen en de infiltratie in de duinen bij Koksijde (bron: IWVA)

2.2.2 De-facto /onbewust hergebruik: wateraanvoerplan Olden Eibergen

Zoals al aangegeven wordt ten behoeve van de drinkwatervoorziening op meerdere plaatsen infiltratie van oppervlaktewater toegepast. Motieven hiervoor zijn het oplossen van kwantiteitsproblemen, maar ook het tegengaan van nadelige effecten van een winning voor de omgeving. In het eerste geval vindt veelal voorzuivering plaats. Voorbeelden hiervan zijn de infiltratiesystemen langs de kust waar gebruik wordt gemaakt van voorgezuiverd rivierwater met een soms forse effluent component. Het gaat hierbij, net als bij directe inname van oppervlaktewater, om de facto hergebruik waarvan met zich terdege bewust is. In het tweede geval (wateraanvoer voor droogtecompensatie) is dit bewustzijn minder aanwezig en is van voorzuivering meestal geen sprake. In Van der Velde [1985] wordt nader ingegaan op droogte compenserende maatregelen en worden zes voorbeelden nader besproken. Eén van deze voorbeelden is het wateraanvoerplan Haarlo-Olden Eibergen. Via een slotenstelsel wordt water uit de Berkel aangevoerd om door de drinkwaterwinning onttrokken grondwater te compenseren.

Bij Olden Eibergen wordt via dit stelsel vanaf 1972 geïnfiltrerd met compensatievijvers op het winveld. Op basis van geïnventariseerde draaiuren en capaciteit van het gemaal (Figuur 3) bedraagt de huidige aanvoer ca. 325.000 m³/jaar (+/- 72.000 m³/jr), wat overeenkomt met 25% (+/- 5%) van de totale onttrekking van het winveld [Cirkel, 2017b]. Van der Velde [1985] laat zien dat de compensatiemaatregelen positieve effecten hebben voor landbouw en natuur (tegengaan verdroging) maar wijst ook op de mogelijk negatieve effecten bij een verslechterende oppervlaktewaterkwaliteit. Het naar Olden Eibergen aangevoerde Berkelwater is belast met effluent van enkele bovenstrooms gelegen Duitse RWZI-installaties. Uit Beard et al. [2019] blijkt dat in droge periodes de afvoer van de Berkel voor meer dan de helft uit RWZI-effluent bestaat (e.g. 52% Q2 2011). In extreem droge periodes zoals de periode 2018-2019 zal dit percentage verder zijn opgelopen.



Figuur 3 Wateraanvoer en infiltratie van Berkelwater bij pompstation Olden Eibergen

2.3 Meervoudige barrières, validatie en operationele monitoring

Huishoudelijk afvalwater kan, ook na secundaire zuivering, nog hoge concentraties pathogenen en een brede range aan industriële en huishoudelijke chemicaliën bevatten. Tevens dient rekening te worden gehouden met illegale lozingen en verkeerde aansluitingen. Om effluent op te kunnen werken tot veilig drinkwater zijn meerdere activiteiten en processen noodzakelijk. Het gaat hierbij ondermeer om het beheer en eventuele uitfasering van industriële lozingen op het rioolsysteem, het installeren van een geavanceerde zuivering al dan niet in combinatie met milieubuffers en systemen voor monitoring en controle om te demonstreren dat het systeem voldoet aan de gestelde eisen.

Gezien de kwaliteit van de grondstof en het risico op incidenten worden vergaande eisen gesteld aan de zuivering. Het systeem moet betrouwbaar zijn in de zin dat het geproduceerde drinkwater voldoet aan de gestelde eisen voor humane consumptie. Betrouwbaarheid kan worden verkregen door robuustheid, redundantie en veerkrachtigheid. Een robuust systeem is geschikt voor een brede verscheidenheid aan verontreinigingen en is faalbestendig. Een meervoudige barrière zoals toegepast bij de Windhoek en Koksijde systemen maakt een zuiveringstrein meer robuust zelfs als een enkelvoudige zuiveringsstap dezelfde prestatiekenmerken heeft. Een meervoudig systeem met verschillende technieken is, doordat de kans op gelijktijdig falen van individuele barrières klein is, beter bestand tegen falen en daarmee veiliger dan een enkelvoudig systeem of een meervoudig systeem met herhaling van dezelfde technieken. Redundantie is het toepassen van maatregelen boven de minimum vereisten. Dit kan door backup systemen, maar ook door het voorschrijven van een hogere verwijderingsefficiëntie. In het laatste geval neemt de kans af dat het systeem niet aan de minimumeis voldoet af. Veerkracht kan worden verkregen door het inbouwen van mogelijkheden om te reageren op onvoorziene gebeurtenissen. Een voorbeeld is het gebruik van buffers en/of meerdere bronnen waardoor de inname van effluent gestopt kan worden zonder de levering aan klanten in gevaar te brengen. Voorbeelden hiervan zijn de buffer in het duin bij Koksijde en de conventionele bronnen bij Windhoek.

Na installatie van een (multi-barrière) systeem is het van groot belang om te valideren dat de verschillende onderdelen (zuiveringsstappen en controlemechanismen) voldoen aan de vooraf gestelde eisen. Hoewel dit niet anders is bij conventionele systemen is de noodzaak voor validatie bij hergebruik gezien de bronkwaliteit evident. Validatie kan bestaan uit: evaluatie van bestaande data en informatie en testen van fabrikanten, evaluatie van

resultaten van processpecifieke certificeringsschema's en on-site testen op pilot schaal of full-scale toepassing. Voor het valideren van de integriteit van RO membranen kan bijvoorbeeld gebruik worden gemaakt van het doseren van virussen (MS2 als standaard) als tracer. Uit recent onderzoek blijkt echter dat ook van nature in het water aanwezige virussen als proces indicator voor integriteit kunnen worden gebruikt [Hornstra et al. 2019]

Tijdens bedrijf moet de werking van de verschillende componenten worden bewaakt. In de regel gaat dit middels indicatieve parameters die continue worden gemeten in combinatie met steekmonsters waarbij op doelparameters wordt geanalyseerd. Voorbeelden van indicatieve controle metingen zijn gegeven in Tabel 1. Waarbij we ervan bewust moeten zijn dat er duizenden onbekende stoffen in relatief hoge concentraties, en onverwachte pieken in het afvalwater kunnen zitten die niet altijd door indicatieve parameters of doelstof-analyse kunnen worden vastgesteld.

Tabel 1 Voorbeelden van indicatieve controlemetingen [WHO, 2017]

| Controle onderdeel | Indicatieve parameter | meetfrequentie | opmerkingen |
|----------------------------------|---|---|---|
| Controle bronkwaliteit | VOCs, pH, geleidbaarheid, TDS | Online | Abrupte veranderingen triggeren nader onderzoek van de bron |
| Omgekeerde osmose, nanofiltratie | TOC, geleidbaarheid/TDS, DOM met excitatie-emissie matrix fluorescentie, VOCs | Online Online Dagelijks/wekelijks | Geeft een indicatie van de bulk verwijdering |
| Actief kool | Fluorescentie en UV absorptie | Online | Verwijdering organische verbindingen |
| UV/geavanceerde oxidatie | Fluorescentie en UV absorptie | Online | Verwijdering organische verbindingen |

2.4 Implementatie van hergebruik in risicoanalyses en risicomanagement (RA/RM)

Om de levering van veilig drinkwater te garanderen moet voldaan worden aan het raamwerk voor veilige drinkwatervoorziening zoals beschreven in de 'Guidelines for drinking-water quality' (GDWQ) [WHO, 2004]. Dit raamwerk bestaat uit drie componenten: (1) op humane gezondheid gebaseerde kwaliteitsdoelen, (2) het opstellen van zogenaamde 'Water safety plans' (Wsp's) en (3) onafhankelijk toezicht om te verifiëren dat de Wsp's worden toegepast en de doelen worden gehaald. Een Wsp bestaat onder andere uit een beoordeling van het hele systeem waarbij mogelijke bedreigingen en risico's kwantitatief in beeld worden gebracht en beheersingsmaatregelen worden voorgedragen en geïmplementeerd. Verder wordt beschreven hoe wordt gecontroleerd dat de maatregelen ook daadwerkelijk effectief zijn. Daarnaast wordt omschreven hoe incidenten worden geregistreerd en welke acties worden ondernomen als reactie op incidenten. Voor een uitgebreidere beschrijving van WSP's wordt verwezen naar WHO [2017b].

De Nederlandse drinkwatersector maakt gebruik van risicoanalyses en risicomanagement (RA/RM) om het drinkwatersysteem en de levering van schoon drinkwater veilig te stellen. Hoewel niet expliciet als Wsp aangeduid, blijken Nederlandse drinkwaterbedrijven alle stappen uit de WHO Water safety plan systematiek uit te voeren [Van den Berg et al., 2017]. De drinkwaterbedrijven vullen de meeste RA/RM-activiteiten ongeveer op dezelfde manier in. De enkele verschillen die er zijn, zijn gepast omdat de systemen verschillen, bijvoorbeeld wanneer oppervlaktewater dan wel grondwater de bron is. RA/RM is ingericht als een cyclisch proces, zodat continu verbetering mogelijk is. Omdat Wsp generiek is opgezet, onafhankelijk van het type bron, zou de systematiek ook bij gebruik van effluent de kwaliteit van het drinkwater moeten kunnen borgen.

In het geval van hergebruik echter dienen Wsp's (of RA/RM) dan wel de gehele keten van inzamelen van afvalwater tot het leveren van drinkwater aan klanten te omvatten, analoog aan de huidige RA/RM praktijk waarbij

bijvoorbeeld het bovenstroomse oppervlaktewatersysteem in ogenschouw wordt genomen. Inzicht in de eigenschappen van het bovenstroomse systeem (e.g. aanwezigheid van industriële lozingen) en de risico's die hiermee samenhangen zijn hierbij cruciaal voor de risico's bij het produceren van drinkwater uit deze bron. In veel gevallen zijn er bij hergebruik verschillende instanties verantwoordelijk voor het inzamelen en zuiveren van afvalwater tot uiteindelijk drinkwater. In de Nederlandse situatie gaat het hierbij om gemeente (riool), waterschap/RWS (RWZI/oppervlaktewater) en drinkwaterbedrijf (drinkwaterzuivering).

Met uitzondering van Waternet zijn deze instanties in Nederland niet geïntegreerd in één werkorganisatie. Er kan dan gekozen worden voor het opstellen van een Sanitation safety plans (Ssp's) los van het Wsp. In de Ssp wordt een preventieve risicomanagement aanpak beschreven voor het gehele sanitaire systeem van inzameling tot de eindgebruiker maar ook de veilige afvoer en verwerking van afvalstromen. Een Ssp moet vergelijkbare componenten bevatten als een Wsp. In het geval van verschillende instanties en losse plannen voor sanitatie en drinkwatervoorziening is het cruciaal dat het geheel effectief functioneert. Dit vraagt om duidelijkheid over wettelijke verantwoordelijkheid, goede afstemming tussen instanties en opgestelde plannen.

Belangrijke vraag hierbij is wel wie wettelijk verantwoordelijk is voor de kwaliteit op het punt van 'overdracht' van afvalwater naar drinkwaterbron. Juist op deze overgang lijkt de wetgeving 'gaten' te vertonen door de vooralsnog verschillen in doelstelling (beschermen ecologische kwaliteit vs beschermen bronkwaliteit voor drinkwater). Met ingang van 2019 is risico gestuurd monitoren ingevoerd waarmee in samenhang met KRW gebiedsdossiers en monitoring onder de KRW (Protocol voor monitoring en toetsing drinkwaterbronnen KRW) een vangnet wordt gecreëerd voor opkomende stoffen [Staatscourant, 2019]. Deze aanpak is echter nog verre van sluitend zoals blijkt uit uit een rechtelijke uitspraak inzake de lozing van GenX blijkt dat geen beroep gedaan kon worden op de signaleringswaarden uit het Protocol monitoring en toetsing drink-waterbronnen KRW. Dit Protocol is volgens de rechter geen Algemene Maatregel van Bestuur (AMvB) zoals bedoeld in art. 2.14, lid 1 onder de Wabo en bovendien is de signaleringswaarde geen milieukwaliteitseis. Hieruit volgt dat het van belang is ervoor te zorgen dat voor nieuwe opkomende stoffen in algemene zin (voorzorgnorm) of voor stoffen zoals PFAS milieukwaliteitseisen worden vastgesteld in plaats van signaleringswaarden in het Besluit Kwaliteitseisen en Monitoring Water 2009 (straks BKL) (par 3.2), maar ook in de Drinkwaterwetgeving.

3 Wet- en regelgeving

3.1 Europese regelgeving

Europese regelgeving geeft het kader voor de Nederlandse wet en regelgeving ten aanzien van drinkwaterproductie, de keuze van bronnen en de bescherming van deze bronnen. Belangrijke wettelijke kaders bieden de Europese Drinkwaterrichtlijn (98/83/EG) en de Kaderrichtlijn Water (2000/60/EG). De Drinkwaterrichtlijn verplicht tot het stellen van kwaliteitseisen, zorgen voor voldoende monitoring en passende maatregelen bij overschrijdingen van de kwaliteitseisen. In de drinkwaterwet en daaronder vallende regelgeving (zie par 0) is hieraan invulling gegeven. In de Drinkwaterrichtlijn wordt niet nader ingegaan op de keuze van bronnen voor drinkwater. In de Kaderrichtlijn Water wordt deze keuze wel impliciet gemaakt door in artikel 7 te stellen dat de lidstaten waterlichamen moeten aanwijzen waar water wordt onttrokken voor menselijke consumptie (lid 1), daarbij impliciet doelend op grond- en oppervlaktewaterlichamen. Daarbij moeten de lidstaten zorgen dat de kwaliteit van de bronnen zodanig is dat drinkwater kan worden bereid dat voldoet aan de Europese Drinkwaterrichtlijn (98/83/EG) (lid 2) en deze zodanig te beschermen dat de achteruitgang van de kwaliteit daarvan wordt voorkomen, “teneinde het niveau van zuivering dat voor de productie van drinkwater is vereist, te verlagen” (lid 3).

De achterliggende gedachte hierbij is dat kosten voor preventie en opruimen van verontreinigingen primair bij de vervuiler gelegd worden en niet bij de drinkwaterbedrijven als gebruiker van de bronnen. In de Nederlandse beleidsnota drinkwater [Ministerie van Infrastructuur en Milieu, 2014] is dit principe uitgewerkt in het beleidsuitgangspunt dat “– uit oogpunt van een verwaarloosbaar risico voor de volksgezondheid, consumentenvertrouwen en het voorzorgsprincipe – de schoonste beschikbare bron wordt gebruikt en dat preventie alsmede bronbeleid prevaleren.” Dit wordt nader gespecificeerd in een algemene voorkeur voor grondwater als bron en waar dit niet of onvoldoende beschikbaar is wordt ingezet op oevergrondwater of oppervlaktewater. Dit principe is verder uitgewerkt in bijvoorbeeld AMVB’s waar voor wat betreft microbiologische risico’s vanuit RA/RM expliciet gesteld: kies de beste bron.

Bovenstaande lijkt haaks te staan op direct of indirect hergebruik van RWZI-effluent. Toch kan bovenstaande ook worden gezien als oproep om afvalwater verder te zuiveren dan nu gebruikelijk om waterlichamen beter te beschermen. Hoogwaardig hergebruik van (een deel van) de effluentstroom kan daarbij een extra stimulans vormen. In de evaluatie van de Nederlandse beleidsnota drinkwater [Phernambucq, 2019] is aanbevolen om ontwikkelingen op het gebied van circulaire economie/hergebruik in de invloedssfeer van de drinkwaterbedrijven mee te nemen in de Beleidsnota drinkwater 2020 en deze ontwikkelingen te blijven monitoren.

Met betrekking tot hergebruik van effluent heeft de EU recent een voorlopige richtlijn aangenomen met minimum eisen aan effluent voor direct hergebruik voor landbouwirrigatie [EC, 2019]. Deze richtlijn is echter enkel gericht op hergebruik voor landbouwirrigatietoepassingen. Voor meer informatie over deze richtlijn wordt verwezen naar Dingemans et al. [2018, 2020]. Hiernaast is een voorzichtige beweging naar het opstellen van een algemene richtlijn inzake Managed Aquifer Recharge.

3.2 Uitwerking in Nationale wetgeving en beleid

3.2.1 Algemeen

De kwaliteit en beschikbaarheid van drinkwater en de bescherming van bronnen (grondwater en oppervlaktewater) is gereguleerd middels specifieke drinkwaterwetgeving en meer algemene milieuwetgeving. Bij hergebruik van RWZI-effluent als bron van drinkwater moet rekening worden gehouden met de volgende wet- en regelgeving

- De Drinkwaterwet
- Het Drinkwaterbesluit
- Drinkwaterregeling.
- Beleidsnota drinkwater
- De Waterwet*
- Het Waterbesluit*
- Activiteitenbesluit
- Het infiltratiebesluit wet bodembescherming*
- Provinciale Omgevingsverordening (en onderliggende wet en regelgeving in o.a. de wet Milieubeheer, de wet Bodembescherming, Besluit Kwaliteitseisen en Monitoring Water 2009 en het activiteitenbesluit*)
- Keur en legger (Waterschap)

*) In 2021 gaan een aantal van in bovenstaande opgenomen wetten en besluiten op in de nieuwe Omgevingswet

Deze notitie richt zich op het kader voor hergebruik van vergaand gezuiverd effluent voor de bereiding van drinkwater. Er wordt niet nader ingegaan op zaken zoals de afvalstoffenwetgeving. Uit eerdere studies blijkt dat een einde afval status voor RWZI-effluent niet kansrijk is. Met een einde afval status wordt iets gezien als een grondstof of product dat kan worden ingezet en (her)gebruikt zonder onaanvaardbare risico's voor de menselijke gezondheid en het milieu. Voor het geproduceerde water na innemen en verder zuiveren van dit effluent is een einde afval status echter wel haalbaar. Het geproduceerde water kan daarmee worden gezien als grondstof (bron) voor drinkwaterbereiding. Voor meer informatie over einde afvalstatus wordt verwezen naar De Jong [2018]

De Drinkwaterwet is een zogenaamde raamwet waarin onder meer de organisatie van de openbare drinkwatervoorziening, de drinkwaterkwaliteit en leveringszekerheid en continuïteit, doelmatigheid en handhaving worden geregeld. Voorop staat hierbij steeds het belang van de volksgezondheid. In het Drinkwaterbesluit zijn de regels uit de Drinkwaterwet nader uitgewerkt met onder andere normen waaraan het Nederlandse drinkwater moet voldoen. De Drinkwaterregeling bevat een groot aantal uitvoeringsregels over o.a. monitoring, tariefstelling en analysemethoden.

Volgens de drinkwaterwet artikel 1 wordt onder de bereiding van drinkwater iedere behandeling van grondwater, oppervlaktewater, zeewater of een andere grondstof met het oog op de productie van drinkwater verstaan. Het drinkwaterbedrijf dient zorg te dragen voor een goede kwaliteit van het geleverde drinkwater (artikel 21). Onderdeel hiervan is de verplichting (artikel 22 Drinkwaterwet, eerste lid) om onderzoek te doen naar de hoedanigheid van de beoogde bron voor de bereiding van drinkwater. Conform het 5^e lid geldt dit ook voor door een andere partij aan het drinkwaterbedrijf geleverde water om er drinkwater van de bereiden. Dit onderzoek is nader uitgewerkt (parameters en minimale meetfrequenties) in artikel 10 en 11 en bijlage 3 van de Drinkwaterregeling.

3.2.2 Oppervlaktewater

In artikel 22 2^e lid van de *Drinkwaterwet* wordt expliciet ingegaan op de bereiding van drinkwater uit oppervlaktewater. Hiervoor geldt een verbod als niet wordt voldaan aan nadere besluiten en regels ten aanzien van waterbehandeling en monitoring. Deze regels zijn nader uitgewerkt in het Drinkwaterbesluit (artikel 30) en de Drinkwaterregeling (artikel 16). In bijlage 5 van de Drinkwaterregeling zijn normen en signaleringswaarden opgenomen voor oppervlaktewater als bron van drinkwater. De in deze bijlage opgenomen normen zijn gelijk aan,

of vormen een uitbreiding op, Europese normen voor oppervlaktewater als bron van drinkwater. Voor Nederland zijn deze Europese normen uitgewerkt in het Besluit kwaliteitseisen en monitoring water 2009, bijlage III. Deze komen na de herziening in 2015 overeen met de kwaliteitseisen voor ingenomen water in de Drinkwaterregeling 2011. De wijze waarop de milieukwaliteitseisen worden getoetst (middels een 90 percentiel waarde van een meetreeks van drie jaar) wijkt echter af van de wijze van toetsen volgens de Drinkwaterregeling (toetsing van individuele meetwaarden aan de kwaliteitseis). Dit verschil in toetsing leidt ertoe dat de waterbeheerder die kijkt naar de lange termijn kwaliteit, chemische en microbiologische problemen met de oppervlaktewaterkwaliteit anders kan ervaren dan het drinkwaterbedrijf dat ook kijkt naar piekverontreinigingen.

Omdat het voor bepaalde micro-organismen niet mogelijk is om concentraties te meten op een voor de gezondheid relevant zeer laag niveau moet op basis van metingen in de grondstof en gegevens over verwijderingscapaciteiten een kwantitatieve risicoanalyse op worden gesteld. Hiervoor moet gebruik worden gemaakt van de Inspectierichtlijn voor analyse microbiologische veiligheid drinkwater (IR 5318). Voor een meer eenduidige en volledige aanpak is de richtlijn recent herschreven naar een Richtsnoer Analyse Microbiologische Veiligheid Drinkwater [RIVM, *in prep*]. Op hergebruik wordt echter in dit nieuwe richtsnoer niet ingegaan.

Gezien het toenemende aantal chemische stoffen zijn er bewegingen om van stoflijsten over te gaan op “effect based monitoring” met bijvoorbeeld bioassays [Baken & Dingemans, 2017] en is met ingang van 2019 overgegaan op risicogestuurd monitoren waarbij opgemerkt moet worden dat de bio-assays nog verre van volledig zijn, en risico-gestuurd monitoren natuurlijk vooral goed werkt als je de bron goed kent en strikt-bewaakt.

Aanvullend op normen, signaleringswaarden en eisen ten aanzien van monitoringsparameters en –frequentie en risicoanalyses, stelt de Beleidsnota drinkwater dat met het oog op risico’s vanwege calamiteiten voorraadvorming nodig is bij gebruik van oppervlaktewater als bron. Een voorbeeld van een dergelijke calamiteit is de pyrazool-affaire. Gezien de risico’s is ook bij gebruik van effluent voorraadvorming nodig.

Zout- en brak oppervlaktewater en oppervlaktewater wat alvorens drinkwaterbehandeling eerst in de bodem wordt geïnfiltreerd zijn uitgezonderd van het verbod in de Drinkwaterwet (Art. 22, 6^e lid). Voor andere bronnen zijn geen expliciete regels opgenomen, wel biedt het 7^e lid de mogelijkheid om bij algemene maatregel van bestuur het gebruik van een bepaalde bron die niet aan nader te omschrijven normen voldoet te verbieden, danwel te reguleren. Voor direct hergebruik van effluent geldt dus nog geen expliciet verbod, maar zijn er ook nog geen regels in de wetgeving opgenomen.

Voor lozing van RWZI-effluent (behandeld stedelijk afvalwater) op oppervlaktewater is geen Waterwet vergunning verplicht omdat in het Activiteitenbesluit (§3.1.4a) algemene regels zijn opgenomen. Het gaat hierbij om minimale grenswaarden voor het op oppervlaktewater te lozen effluent (Tabel 2). RWZI's zijn ontworpen voor het verwerken van biologisch goed afbreekbare stoffen afkomstig van huishoudens wat zichtbaar is in de parameters in Tabel 2. Voor andere stoffen en bronnen moeten in de procedures van acceptatie en controle maximale hoeveelheden zijn opgenomen. Deze maximale hoeveelheden moeten waarborgen dat de lozing vanuit de RWZI vanuit waterkwaliteitsoogpunt toelaatbaar is. De kwaliteitseisen aan effluent van RWZI-installaties zijn dus zeer beperkt, wel dient het lozingspunt zo te zijn ingericht dat nadelige gevolgen voor de kwaliteit van het ontvangende oppervlaktewater worden voorkomen of zoveel mogelijk beperkt (Activiteitenbesluit artikel 3.5, 3^e lid) en kan het bevoegd gezag bij maatwerkvoorschrift lagere grenswaarden vaststellen indien de kwaliteit van het oppervlaktewaterlichaam daartoe noodzaakt (Activiteitenbesluit artikel 3.5, 6^e lid). Er zijn voor zover bekend geen RWZI's die lozingsnormen op stoffenniveau opgelegd hebben gekregen, bijvoorbeeld door middel van een maatwerkvoorschrift. Dit geldt ook voor de RWZI's die externe afvalstoffen of slib verwerken en daardoor onder de RIE-richtlijn vallen [Bouman et al., 2019]. Overigens is juridisch onduidelijk wanneer effluent oppervlaktewater is geworden. Voor de effectbeoordeling wordt uitgegaan van mengzones. Of deze systematiek ook toepasbaar is in het geval van hergebruik is onduidelijk.

Of een industriële lozing op oppervlaktewater, riool of RWZI vergund wordt, wordt na doorlopen van de Algemene BeoordelingsMethodiek (ABM) [Rijkswaterstaat, 2016a] beoordeeld aan de hand van de immissietoets [Rijkswaterstaat, 2016b]. Met de immissietoets wordt beoordeeld of in de nabijheid van de lozing (op de grens van de mengzone) en voor benedenstrooms gelegen beschermde gebieden wordt voldaan aan de geldende waterkwaliteitsdoelstellingen. Drinkwaterinname is één van deze beschermde functies. In geval van oppervlaktewater als milieubuffer bij effluent hergebruik is hiermee een wettelijk kader voor beoordeling en eventueel benodigde reductie van immissies beschikbaar. In de praktijk blijkt echter het drinkwaterbelang niet altijd goed in beeld bij vergunningverleners, zeker als het gaat om een indirecte industriële lozing via een RWZI., Daarnaast is, zoals eerder aangegeven, de normering niet op orde. Hierdoor kon geen beroep gedaan worden op de signaleringswaarden omdat het Protocol monitoring en toetsing drinkwaterbronnen KRW voor onbekende antropogene stoffen 2015 volgens de rechter niet gezien kan worden als Algemene Maatregel van Bestuur en signaleringswaarden niet gezien kunnen worden als milieukwaliteitseis. Een voorbeeld hiervan is de vergunde lozing van GenX via RWZI Dordrecht op de Beneden Merwede waardoor vijf oevergrondwaterwinningen zijn beïnvloed door de lozing [Timmer et al., 2018]

Tabel 2 Minimale kwaliteitseisen behandeld stedelijk afvalwater

| Parameters | Grenswaarde in etmaalmonster | Grenswaarde als voortschrijdend jaargemiddelde |
|--|------------------------------|--|
| Biochemisch zuurstofverbruik (BZV5 bij 20°C) zonder nitrificatie | 20 mg/l O ₂ | |
| Chemisch zuurstofverbruik (CZV) | 125 mg/l O ₂ | |
| Totale hoeveelheid onopgeloste stoffen | 30 mg/l | |
| Totaal P (ontwerpcapaciteit van meer dan 100.000 i.e.) | | 1.0 mg/l |
| Totaal P (ontwerpcapaciteit van 2.000 tot en met 100.000 i.e.) | | 2.0 mg/l |
| Totaal N (ontwerpcapaciteit van 20.000 i.e. of meer) | | 10 mg/l |
| Totaal stikstof (ontwerpcapaciteit van 2.000 tot 20.000 i.e.) | | 15 mg/l |

3.3 Grondwater

Zoals in bovenstaande aangegeven, is oppervlaktewater dat in de bodem wordt geïnfiltreerd alvorens te worden behandeld tot drinkwater uitgezonderd van het verbod en de ontheffingsgronden zoals beschreven in de drinkwaterwetgeving. Infiltratie is volgens de begripsbepalingen in de Waterwet het *“in de bodem brengen van water, ter aanvulling van het grondwater, in samenhang met het onttrekken van grondwater”* en is vergunningplichtig. Een Waterwet vergunning mag alleen worden verleend als er geen gevaar is voor verontreiniging van het grondwater (Waterwet artikel 6.26, 2^e lid). Dit gevaar wordt beoordeeld aan de hand van de regels in artikel 12 van de Wet bodembescherming. Hierbij wordt direct verwezen naar het Infiltratiebesluit bodembescherming (IB). Volgens dit besluit is er sprake van gevaar conform art. 6.26, 2^e lid als in het te infiltreren water stoffen voorkomen in hogere concentraties dan in bijlage 1 van het Infiltratiebesluit voor die stoffen is aangegeven. Opvallend is dat hoewel in de Waterwet gesproken wordt over *“water”* in brede zin, het Infiltratiebesluit alleen van toepassing is op infiltratie vanuit oppervlaktewater. De IB-eisen gelden dus officieel niet wanneer gezuiverd effluent of hemelwater direct wordt geïnfiltreerd en niet tijdelijk wordt geborgen in een oppervlaktewaterlichaam. Infiltreren van gezuiverd effluent kan hierdoor worden gezien als lozing naar de bodem. Conform het Activiteitenbesluit artikel 2.2 is dit nadrukkelijk verboden, tenzij dit uitdrukkelijk via algemene regels of een vergunning is toegestaan.

Daarbij moet te allen tijde worden voldaan aan het KRW-beginsel van 'voorkomen en beperken' van achteruitgang van grondwaterlichamen en de hiermee samenhangende zorgplicht uit de Wet Bodembescherming (Wbb) artikel 13. [Zuurbier et al., 2015]. Een goede chemische toestand van grondwaterlichamen is uitgewerkt in een set Europese normen en drempelwaarden per lidstaat. Deze zijn voor Nederland opgenomen in het Besluit kwaliteitseisen en monitoring water 2009, bijlage III. Het gaat hierbij om normen voor Nitraat (50 mg/l) en voor werkzame stoffen gewasbeschermingsmiddelen en biociden per stof (0.1 µg/l) en als som (0.5 µg/l). Verder zijn er drempelwaarden voor Chloride, Nikkel, Arseen, Cadmium, Lood en Totaal-fosfor (P-tot). De stoffenlijst binnen de KRW en het Besluit kwaliteitseisen en monitoring water 2009 is hiermee relatief beperkt voor grondwater. Vele (prioritaire) stoffen zijn hierin niet opgenomen, met name organische microverontreinigingen die voorkomen in relatief lage concentraties (<µg/l), zoals resten van medicijnen en cosmetica.

Bij gebrek aan een helder juridisch kader wordt daarom in de praktijk bij risicobeoordelingen voor infiltratie van alle watertypen de systematiek en de normering van het lb aangehouden [Zuurbier et al., 2015]. Voorbeelden hiervan zijn het ondergronds bergen en terugwinnen van hemelwater (diverse systemen in Nederland) en ondergrondse berging en terugwinning van gezuiverd industrieel effluent (Casus Nieuw prinsenland). Aanvullend moet ook voor de microbiologische risico's van infiltratiewinningen op basis van metingen in de grondstof en gegevens over verwijderingscapaciteiten van bodempassage en eventuele volgende zuiveringsstappen een Analyse Microbiologische Veiligheid Drinkwater (AMVD) op worden gesteld.

3.4 Implicaties voor effluent als bron

Voor de productie van drinkwater is een uitgebreid stelsel van Europese en nationale wetgeving van toepassing. Uitgangspunt in deze wetgeving is dat drinkwater wordt geproduceerd met zo minimaal mogelijke zuivering uit de best beschikbare bron. Dit resulteert in een algemene voorkeur voor het relatief schone en zoete grondwater (of oevergrondwater) als bron. Indien niet in voldoende mate voorhanden, kan volgens de wet- en regelgeving worden uitgeweken naar oppervlaktewater, waarvoor dan wel specifieke regels gelden voor het monitoren van de grondstof. Door de wetgever wordt de mogelijkheid van andere bronnen (zoals effluent) open gehouden. Er zijn echter nog geen regels uitgewerkt voor de bewaking van de kwaliteit bij gebruik van deze bronnen als grondstof. Zoals aangegeven in paragraaf 2.1 zijn er een drietal gangbare opties ten aanzien van doelbewust hergebruik van effluent: direct hergebruik, indirect hergebruik via buffering in een oppervlaktewater reservoir en indirect hergebruik via infiltratie in de bodem.

- Als buffering plaatsvindt in oppervlaktewater dan is de regelgeving ten aanzien van bewaking van de grondstof zoals beschreven in het Drinkwaterbesluit (artikel 30) en de Drinkwaterregeling (artikel 16) van toepassing. Het gezuiverde effluent wat in deze buffer wordt gebracht moet een dusdanige kwaliteit hebben dat het water in de oppervlaktewaterbuffer voldoet aan de normen in bijlage 5 van de Drinkwaterregeling. Naast deze normen moet echter ook worden voldaan aan de principes van risicobeheersing zoals het opstellen van een AMVD
- Voor buffering in de ondergrond (infiltratie in de zin van de Waterwet) is het passend om aan te sluiten bij de regels zoals beschreven in het infiltratiebesluit. Hiermee wordt verontreiniging van het grondwater zoals omschreven in Waterwet *artikel 6.26*, voorkomen. Daarnaast dient in veel gevallen een AMVD te worden opgesteld
- Voor direct hergebruik (dus zonder buffering) voor de productie van drinkwater is ten aanzien van de effluent kwaliteit nog geen regelgeving van kracht, anders dan de regels voor RWZI's en het eventueel lozen van afvalstromen per as of op het riool zoals beschreven in het activiteitenbesluit. Bij gebruik van effluent als bron van drinkwater is aanvullende regelgeving noodzakelijk ten aanzien van kwaliteitsmonitoring en zuivering die minimaal vergelijkbaar is met de eisen ten aanzien van gebruik van oppervlaktewater als bron. Daarnaast is duidelijkheid nodig over wettelijke verantwoordelijkheid/aansprakelijkheid in de keten. Ook voor direct hergebruik geldt dat een chemische en kwantitatieve microbiologische risicoanalyse noodzakelijk is om de risico's in beeld te krijgen

In het geval van hergebruik voor drinkwaterproductie is inzicht in de eigenschappen van en risico's voor de gehele keten van inzamelen van afvalwater tot het leveren van drinkwater aan klanten nodig. Dit vraagt om goede afstemming tussen verschillende beherende instanties in de humane waterketen (gemeente, waterschap en drinkwaterbedrijf).

4 Conclusies en aanbevelingen

4.1 Nederlandse situatie hergebruik van effluent voor drinkwater

Tot drinkwaterkwaliteit zuiveren van RWZI-effluent is technisch goed mogelijk. Van de drie door de WHO onderscheiden vormen van hergebruik komt momenteel echter alleen de-facto (indirect) hergebruik voor in Nederland. Het gaat hierbij om rivierwater met een forse effluent component als bron, maar ook om grondwater als bron in gebieden met actieve wateraanvoer vanuit regionaal oppervlaktewater. Vooral bij deze laatste categorie kan het aandeel effluent een aanzienlijk percentage bereiken. Intentioneel direct en indirect hergebruik van effluent voor drinkwater komt nog niet voor. Wel zijn er enkele toepassingen waar relatief hoge kwaliteit industrieel afvalwater wordt opgewerkt naar giet- en irrigatiewater (o.a. bij Suikerunie en Bavaria). Verder is vergaande zuivering van effluent van Wervershoof en levering via de WRK3 leiding als industriewater en infiltratiewater voor drinkwaterproductie momenteel onderwerp van studie binnen een consortium van hoogheemraadschap, industrie en waterbedrijven. Een voor de Nederlandse situatie representatieve casus is de drinkwaterproductie uit communaal effluent in het Vlaamse Koksijde. Bij dit voorbeeld van indirect hergebruik wordt effluent vergaand gezuiverd en geïnfiltreerd en teruggewonnen in de duinen. In de laatste twee gevallen gaat het om indirect hergebruik met een zogenaamde milieubuffer. Voor direct hergebruik zijn vooralsnog geen initiatieven.

4.2 Wet en regelgeving

Voor de productie van drinkwater is een uitgebreid stelsel van Europese en nationale wetgeving van toepassing. Uitgangspunt in deze wetgeving is dat drinkwater wordt geproduceerd met zo minimaal mogelijke zuivering uit de best beschikbare bron. Dit resulteert in een algemene voorkeur voor het relatief schone grondwater (of oevergrondwater) als bron. Indien niet in voldoende mate voorhanden, kan volgens de wet- en regelgeving worden uitgeweken naar oppervlaktewater, waarvoor dan wel specifieke regels gelden voor het monitoren van de grondstof. Door de wetgever wordt de mogelijkheid van andere bronnen (zoals effluent) open gehouden

Er zijn een drietal gangbare opties ten aanzien van doelbewust hergebruik van effluent: direct hergebruik, indirect hergebruik via buffering in een oppervlaktewater reservoir en indirect hergebruik via infiltratie in de bodem.

- Als buffering plaatsvindt in oppervlaktewater dan is de regelgeving ten aanzien van bewaking van de grondstof zoals beschreven in het Drinkwaterbesluit (artikel 30) en de Drinkwaterregeling (artikel 16) van toepassing. Het gezuiverde effluent wat in deze buffer wordt gebracht moet een dusdanige kwaliteit hebben dat het water in de oppervlaktewaterbuffer voldoet aan de normen in bijlage 5 van de Drinkwaterregeling en aan de principes voor risicobeheersing.
- Voor buffering in de ondergrond (infiltratie in de zin van de Waterwet) van gezuiverd effluent met een einde afval status ontbreekt een helder juridisch kader, maar is het passend om aan te sluiten bij de regels zoals beschreven in het infiltratiebesluit. Hiermee wordt verontreiniging van het grondwater zoals omschreven in Waterwet artikel 6.26, voorkomen.
- Voor direct hergebruik (dus zonder buffering) voor de productie van drinkwater is ten aanzien van de ingenomen effluent kwaliteit nog geen regelgeving van kracht, anders dan de regels voor RWZI's en het eventueel lozen van afvalstromen per as of op het riool zoals beschreven in het activiteitenbesluit. Bij direct gebruik van effluent als bron van drinkwater is aanvullende regelgeving gewenst ten aanzien van kwaliteitsmonitoring en zuivering die minimaal vergelijkbaar is met de eisen ten aanzien van gebruik van oppervlaktewater als bron incl. de noodzaak voor kwantitatieve microbiologische risicoanalyse. De Drinkwaterwet biedt in artikel 22 ruimte om andere bronnen, zoals gezuiverd effluent, te reguleren, danwel te verbieden.

4.3 Eisen aan bovenstroomse lozingen i.r.t. effluentkwaliteit

RWZI's hebben als primaire functie het verwerken van biologisch goed afbreekbaar huishoudelijk afvalwater. De kwaliteitseisen voor effluent zijn dan ook beperkt en gericht op deze biologische afbraak van een beperkt aantal nutriënten. In de praktijk wordt echter via het toilet ook vele huishoudelijke cosmetische producten, wasmiddelen, resten van schoonmaak- en geneesmiddelen, afstromend regenwater, drainagewater en in sommige gevallen industrieel afvalwater verwerkt. In het geval van hergebruik voor drinkwaterproductie is daarom inzicht in de eigenschappen en risico's van de gehele keten van inzamelen van afvalwater via zuivering tot het leveren van drinkwater aan klanten nodig. Dit vraagt om goede afstemming tussen verschillende beherende instanties (gemeente, waterschap en drinkwaterbedrijf). Bij het wel of niet vergunnen van lozingen anders dan huishoudelijk afvalwater op riool of RWZI wordt gebruik gemaakt van de ABM en Immissietoets. Deze toetsing is nu gericht op beschermde functies in ontvangend oppervlaktewater. Drinkwaterinname is een van deze beschermde functies. In geval van oppervlaktewater als milieubuffer is hiermee een wettelijk kader voor beoordeling beschikbaar. Bij directe bereiding van drinkwater uit effluent of infiltratie in de bodem als milieubuffer is dit kader nog niet aanwezig.

4.4 Kwaliteitsbewaking grondstof en geproduceerd drinkwater

Huishoudelijk afvalwater bevat, ook na secundaire zuivering, nog hoge concentraties pathogenen en een brede range aan industriële en huishoudelijke chemicaliën en medicijnresten. Bereiding van drinkwater uit RWZI-effluent vraagt dan ook een betrouwbare zuivering met altijd meerdere barrières. Technisch is dit zeer goed mogelijk. De werking van de verschillende barrières dient echter continue geverifieerd te worden. Dit vraagt om eenvoudig continue meetbare indicatoren om veranderingen in de waterkwaliteit te volgen. In WHO [2017] is een overzicht gegeven van veel gebruikte indicatoren. Abrupte veranderingen in de waarden van deze indicatorparameters kunnen in het geval van meting in het effluent wijzen op een onverwachte lozing en in de waterkwaliteit na verschillende zuiveringsstappen op het falen van (een deel) van de zuivering. Hierdoor kan in geval van een calamiteit de productie vrijwel instantaan gestaakt moeten worden. Om de drinkwaterlevering niet in gevaar te brengen vraagt dit vervolgens nog meer dan bij oppervlaktewater als bron om buffering of back-up voorzieningen in de vorm van andere bronnen.

4.5 Kennislacunes en aanbevelingen

- **Breng de-facto hergebruik en de implicaties voor de drinkwaterkwaliteit beter in beeld**
Op meerdere plaatsen is (gedeeltelijk) indirect hergebruik van RWZI effluent al aan de orde. De risico's daarvan, ook op de langere termijn, zijn op dit moment nog niet duidelijk. Door Beard et al. [2019] is voortbouwend op Coppens et al. [2015] en Van Wezel et al. [2018] het aandeel effluent in oppervlaktewater modelmatig in beeld gebracht. Een gewenste aanvulling hierop is het goed in beeld brengen van het aandeel effluent wat de winningen bereikt vanuit regionaal oppervlaktewater, welke risico's bovenstrooms (dus inclusief de rioolstelsels en lozende RWZI) aanwezig zijn en hoe robuust bodempassage en zuivering zijn.
- **Expliciete wet- en regelgeving ten aanzien van effluent als bron voor drinkwater nodig**
Zoals in paragraaf 3.2.2 beschreven wordt in de Drinkwaterwet expliciet ingegaan op grond- en oppervlaktewater als bron. Waarbij voor dat laatste een verbod geldt als niet wordt voldaan aan nadere besluiten en regels. Als intentioneel hergebruik van effluent een bron gaat vormen voor de drinkwatervoorziening is uitbreiding van de wet gewenst met, analoog aan oppervlaktewater als bron, een "verbod tenzij" met een set randvoorwaarden waaronder toegespitste besluiten en regels ten aanzien van waterbehandeling en monitoring die minimaal vergelijkbaar zijn met die voor oppervlaktewater. Ook in onderliggende regelgeving en beleidsuitgangspunten is het wenselijk om in te gaan op de mogelijkheid/wenselijkheid van gezuiverd effluent als bron. Een voorbeeld is het concept richtsnoer AMVD waarin hergebruik nog niet als bron voorkomt en expliciet wordt gestuurd op het kiezen van de meest veilige bron. In de kamerbrief van 15 april over de evaluatie van de Beleidsnota Drinkwater 2014 en nieuwe

Beleidsnota Drinkwater 2020 [van Nieuwenhuizen Wijbenga, 2020] is aangegeven dat in de nieuwe nota het gebruik van alternatieve bronnen nader zal worden uitgewerkt.

- Het infiltratiebesluit (IB) als wettelijk kader voor infiltratie en terugwinning onafhankelijk van de bron
Voor infiltratie en terugwinning van water anders dan (voorgezuiverd) oppervlaktewater ontbreekt vooralsnog een helder juridisch kader. In de praktijk wordt bij vergunningverlening van ASR projecten met gezuiverd hemelwater toch gebruik gemaakt van het IB als kader. Gezien de toenemende behoefte aan tijdelijke opslag van water in de ondergrond en diversificatie van bronnen is het wenselijk om het IB als wettelijk kader te verbreden en indien noodzakelijk aan te scherpen.
- Afstemming binnen de (humane) waterketen noodzakelijk
In het geval van hergebruik voor drinkwaterproductie is inzicht in de eigenschappen en risico's van de gehele keten van inzamelen van afvalwater tot het leveren van drinkwater aan klanten nodig. Dit vraagt om goede afstemming tussen verschillende beherende instanties (gemeente (riool), waterschap (RWZI) en drinkwaterbedrijf (voorzuivering/drinkwaterzuivering)) en duidelijkheid over de verantwoordelijkheden. In het geval van groot oppervlaktewater als milieubuffer moet deze afstemming mogelijk verder worden verruimd naar Rijkswaterstaat. Modellen hiervoor moeten nog ontwikkeld worden. Daarnaast is er nog een kwantitatief aspect: oppervlaktewater is vooral in hoog Nederland soms afhankelijk van de effluent stroom. Bij hergebruik kunnen hierdoor benedenstreams in het oppervlaktewatersysteem tekorten ontstaan voor ecologische waarden en landbouwirrigatie. Inzicht is nodig hoe deze belangen afgewogen kunnen worden om te komen tot duurzame oplossingen.
- Aanpassing/uitbreiding van de RA/RM praktijk van drinkwaterbedrijven
Drinkwaterbedrijven ondernemen een scala aan (bovenwettelijke) activiteiten voor RA/RM van drinkwater en de bescherming van hun bronnen. Bij gebruik van effluent als bron zal een deel van deze activiteiten moeten worden aangepast en mogelijk nieuwe activiteiten, richtlijnen en procedures moeten worden ontwikkeld. Daarbij speelt nauwe samenwerking met bovenstroomse partijen zoals de waterschappen en gemeenten een belangrijke rol.
- Hergebruik en draagvlak bronbescherming
Schoon en veilig drinkwater is een belangrijk argument bij inspanningen om grond- en oppervlaktewater schoon te houden. Deze filosofie is ook terug te vinden in de KRW en nationale wetgeving die uitgaan van de schoonst beschikbare bron en drinkwaterbereiding met zo minimaal mogelijke zuivering. De keuze voor een zeker niet schone bron en uitgebreide zuivering lijkt hier haaks op te staan en kan het draagvlak voor bronbescherming bij grond- en oppervlaktewaterwinning ondermijnen. Inzicht in wanneer en onder welke randvoorwaarden effluent als bron een toevoeging kan vormen en wat het effect is op draagvlak voor bronbescherming is dan ook van groot belang.

5 Referenties

- Baken, K.A. Dingemans, M. (2017) Effect-based monitoring with bioassays-a roadmap. KWR Nieuwegein, BTO 2017.008
- Bartholomeus, R.P. Loon, A.H van Huijgevoort, M.H.J. van (2018) Hergebruik van industrieel restwater voor de watervoorziening van de landbouw. KWR Nieuwegein, KWR 2018.089
- Bartholomeus, R. P., Stofberg, S.F., van den Eertwegh, G.A.P.H., Cirkel, D.G. (2017). Hergebruik restwater voor zoetwatervoorziening in het landelijk gebied: Monitoring sub-irrigatie met RWZI-effluent Haaksbergen - 2016. KWR Nieuwegein, BTO 2016.050
- Beard, J. E., Bierkens, M. F., & Bartholomeus, R. P. (2019). Following the water: Characterising de facto wastewater reuse in agriculture in the Netherlands. *Sustainability*, 11(21), 5936.
- Bertelkamp, C., Dingemans, M.M.L., Roest, K., Hornstra, L., Hofman-Caris, C.H.M., Reus, A.A. (2020). TKI Sluiten watercyclus Noord-Holland. KWR Nieuwegein, KWR 2020.027
- Bouman, J.G.M.A., Schakel, A.M.J., Steens, L.F.C. (2019), Pilot bezien watervergunning. Eindrapport onderzoek en resultaten, Rijkswaterstaat WVL, Witteveen+Bos, RoyalHaskoningDHV.
- Cirkel, D. G., van den Eertwegh, G., Stofberg, S. F., Bartholomeus, R.P.et al. (2017a). Kennisdocument Hergebruik van Restwater voor de Landbouwwatervoorziening. KWR Nieuwegein, BTO 2017.009
- Cirkel, D. G. (2017b). Kwantificeren korte reistijden door middel van traceronderzoek: tracerproef Olden Eibergen. KWR Nieuwegein, BTO 2017.010
- Coppens, L.J.C.; van Gils, J.A.G.; ter Laak, T.L.; Raterman, B.W.; van Wezel, A.P. Towards spatially smart abatement of human pharmaceuticals in surface waters: Defining impact of sewage treatment plants on susceptible functions. *Water Res.* 2015, 81, 356–365.
- De Jong, A.L. (2018) Memo Afvalregelgeving bij project Wervershoof. Aquaminerals 2018
- Dingemans, M.M.L. Bartholomeus, R.P. Medema, G.J. (2018) Evaluation of the proposed EU regulation on minimum requirements for water reuse for irrigation. KWR Nieuwegein, KWR 2018.075
- Dingemans, M. M., Smeets, P. W., Medema, G., Frijns, J., Raat, K. J., van Wezel, A. P., & Bartholomeus, R. P. (2020). Responsible Water Reuse Needs an Interdisciplinary Approach to Balance Risks and Benefits. *Water*, 12(5), 1264.
- EC (2019) Provisional Regulation of the European Parliament and of the Council on minimum requirements for water reuse. <https://www.consilium.europa.eu/en/press/press-releases/2019/12/18/water-reuse-for-agricultural-irrigation-council-approves-provisional-deal/> accessed 22-06-2020
- Ministerie van Infrastructuur en Milieu (2014) Beleidsnota Drinkwater, Schoon drinkwater voor nu en later
- Hornstra, L. M., da Silva, T. R., Blankert, B., Heijnen, L., Beerendonk, E., Cornelissen, E. R., & Medema, G. (2019). Monitoring the integrity of reverse osmosis membranes using novel indigenous freshwater viruses and bacteriophages. *Environmental Science: Water Research & Technology*, 5(9), 1535-1544.

Phernambucq, I.H. (2019) Evaluatie Beleidsnota Drinkwater 2014, Eindrapport, Ministerie van Infrastructuur & Waterstaat 30 september 2019

Rijkswaterstaat (2016a) Algemene BeoordelingsMethodiek (ABM) 2016, Methode ter bepaling van de benodigde saneringsinspanning bij lozingen op basis van stoffeigenschappen, Ministerie van Infrastructuur en Milieu

Rijkswaterstaat (2016b) Handboek Immissietoets 2016, Ministerie van Infrastructuur en Milieu

RIVM (in prep) Concept Richtsnoer Analyse Microbiologische Veiligheid drinkwater

RIWA-maas (2018) Jaarrapport 2018, De Maas. RIWA, Vereniging voor Rivierwaterbedrijven

Staatscourant (2019) Regeling van de Minister van Infrastructuur en Waterstaat, van 25 juni 2019, nr. IENW/BSK-2019/136409, tot wijziging van de Drinkwaterregeling in verband met vereenvoudiging van de regeling van signaleringsparameters voor oppervlaktewater bestemd voor de bereiding van drinkwater

Timmer, H., Versteegh, A., & Roelandse, A. (2019). Risico's lozingen op oppervlaktewater voor drinkwatervoorziening: ervaringen met PFOA en GenX. H2O 28 juni 2018

Van den Berg, H. H. J. L., Friederichs, L., Versteegh, J. F. M., Smeets, P., & de Roda Husman, A. M. (2017). Risicoanalyse en risicomangement van drinkwaterproductie in Nederland. RIVM rapport 2017-0036

Van der Velde, G. (1985) Compensatie bij grondwaterwinning. KIWA mededeling nr. 88

Van Houtte, E., Lebbe, L., Sayantan, S. Zhuping, S. Munster, C., Verbauwhede, J. (2019) Infiltration of reclaimed wastewater for drinking-water production: experience of Europe's first project of this kind. Proceedings of the International Symposium on Managed Aquifer Recharge (ISMAR 10) Madrid Spain 20-24 may 2019

Van Nieuwenhuizen Wijbenga (2020) Evaluatie Beleidsnota Drinkwater 2014 en Hoofdlijnen Beleidsnota Drinkwater 2020. Brief aan de Tweede kamer, Den Haag, IENW/BSK-2020/51147

Van Wezel, A.P.; van den Hurk, F.; Sjerps, R.M.A.; Meijers, E.M.; Roex, E.W.M.; ter Laak, T.L. Impact of industrial waste water treatment plants on Dutch surface waters and drinking water sources. *Sci. Total Environ.* 2018, 640–641, 1489–1499.

World Health Organization. (2004). Guidelines for drinking-water 427 quality (GDWQ) (pp. 1-17). WHO/SDE/WSH/03.04/96.

World Health Organization. (2017b). Potable reuse: Guidance for producing safe drinking-water. Geneva: World Health Organization; 2017. Licence: CC BY-NC-SA 3.0 IGO

Zuurbier, K. G., Janmaat, P., Raat, K.J., Ros, K., ter Mors, G. (2017). Waterhergebruik en -berging met aquifer storage and recovery (ASR) op tuinbouwlocatie Nieuw-Prinsenland. H2O-Online.

Zuurbier, K., van der Schans, M., Paalman, M., de Putter, P., te Winkel, T., Velstra, J., & Essink, G. O. (2015). Technisch-juridische handreiking risicobeoordeling'ondergrondse waterberging'. Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer.

