

stowa

KWR

RWZI ALS WATERFABRIEK VOOR EEN ROBUUSTE WATERVOORZIENING



RAPPORT

2021

31

RWZI ALS WATERFABRIEK VOOR EEN
ROBUUSTE WATERVOORZIENING

RAPPORT

2021

31

ISBN 978.90.5773.952.1



stowa@stowa.nl www.stowa.nl

TEL 033 460 32 00

Stationsplein 89 3818 LE Amersfoort

POSTBUS 2180 3800 CD AMERSFOORT

Publicaties van de STOWA kunt u bestellen op www.stowa.nl

COLOFON

UITGAVE Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer
Postbus 2180
3800 CD Amersfoort

AUTEURS Dr.ir. Henk Krajenbrink (KWR)
Dr. Sija Stofberg (KWR)
Dr.ir. Ruud Bartholomeus (KWR)
Ir. Duska Disselhoff (Frontier Ventures B.V.) is auteur van paragraaf 3.7.

KWALITEITSBORGERS
Dr. Klaasjan Raat
Dr.ir. Gijsbert Cirkel
gedelegeerd door Dr.ir. Ruud Bartholomeus

BEGELEIDINGSCOMMISSIE
Bob van Es (Waterschap Vechtstromen)
Bas Worm (Waterschap Vechtstromen)
Hans Bousema (Brabant Water)
Ferdinand Kiestra (Waterschap Aa en Maas)
Harald ten Dam (Hoogheemraadschap Delfland)
Peter Ramakers (Provincie Noord Brabant)
Jackie Straathof (RWS/DPZW)
Mark Schaap (Waterbedrijf Groningen en North Water)
Maarten Schaafsma (Waterschap Rijn en IJssel)
Guus Meis (Glastuinbouw Nederland)
Michelle Talsma (STOWA).

OPDRACHTGEVERS
STOWA en BTO in het kader van WiCE – Water in de Circulaire Economie

DRUK Kruyt Grafisch Adviesbureau bv
STOWA STOWA 2021-31
ISBN 978.90.5773.952.1

Copyright Teksten en figuren uit dit rapport mogen alleen worden overgenomen met bronvermelding.
Disclaimer Deze uitgave is met de grootst mogelijke zorg samengesteld. Niettemin aanvaarden de auteurs en de uitgever geen enkele aansprakelijkheid voor mogelijke onjuistheden of eventuele gevolgen door toepassing van de inhoud van dit rapport.

TEN GELEIDE

ZOETWATERVOORZIENING EN WATERHERGEBRUIK: VERBIND VRAAG EN AANBOD

Hergebruik van water kan een belangrijke rol spelen bij het streven naar regionale en lokale zelfvoorziening. Het verbinden van sectoren die water aanbod hebben en sectoren die een watervraag hebben is daarbij van belang. Waterschappen ontwikkelen hun RWZI's steeds meer tot een Waterfabriek. In deze studie staat de RWZI als Waterfabriek voor een robuuste watervoorziening centraal.

Voldoende zoet water voor alle gebruikers en functies is ook in Nederland een steeds grotere uitdaging. Denken in en werken aan een circulair watersysteem kan helpen om zuinig en verantwoord met het beschikbare zoetwater om te gaan en zo, antropogeen zover mogelijk, te voldoen aan de toekomstige watervraag voor alle sectoren. Steeds vaker wordt gekeken naar de inzet van gezuiverd restwater (effluent) als een deel van de oplossing om de balans tussen watervraag en wateraanbod te verbeteren. Vragen die hierbij speken zijn: hoe matchen we periodes met te veel aan water met periodes van watertekort? Hoe kan water verantwoord worden (her)gebruikt voor de zoetwatervoorziening? En wat zijn de voor- en nadelen van een cross-sectorale benadering?

Via zogenaamd 'watersysteemdenken' kan snel inzicht worden verkregen in consequenties van nieuwe verbindingen tussen sectoren, of zuiniger watergebruik in de watercyclus. Belangrijk hierbij is het inzichtelijk maken van de doorwerking van een maatregel op de ene plek / sector, voor andere sectoren (zowel positief als negatief).

In deze studie is dit watersysteemdenken verder ontwikkeld en toegepast voor het verkennen van de kansen en knelpunten van het hergebruik van gezuiverd restwater, waarbij de rwzi gaat dienen als een zogenaamde Waterfabriek.

Deze studie is vormgegeven vanuit een samenwerking tussen STOWA en het programma 'Water in de Circulaire Economie' van het collectieve onderzoek van de drinkwatersector bij KWR.

Ir Joost Buntsma
Directeur STOWA

Prof. Dragan Savic FEng
Directeur KWR Water B.V.

SAMENVATTING

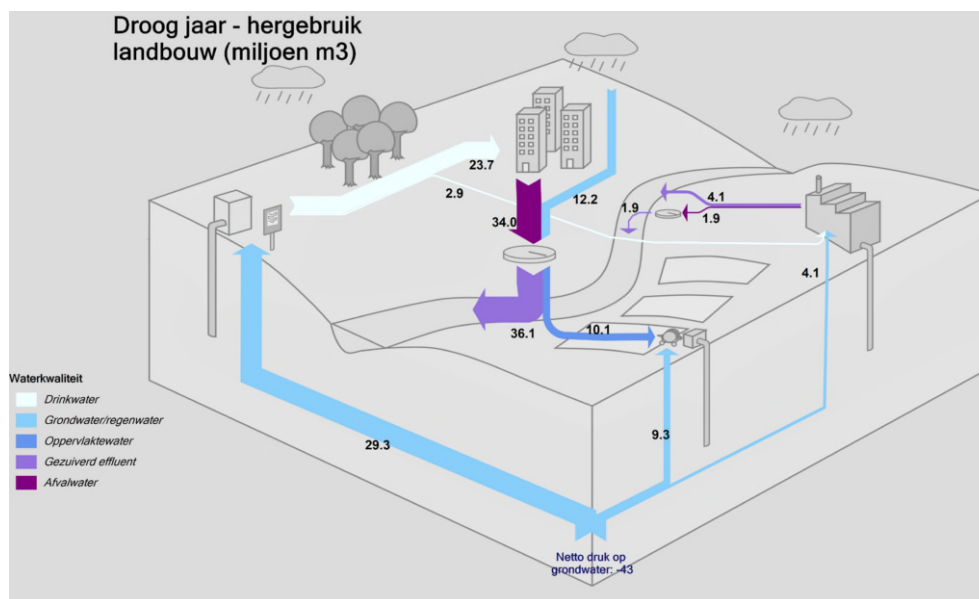
VEILIGSTELLEN VAN DE ZOETWATERVOORZIENING IN DE TOEKOMST

Nederland is in de recente droge jaren geconfronteerd met de beperkte beschikbaarheid van zoetwater. De watervraag als gevolg van menselijk handelen neemt toe, onder andere voor drinkwaterwinning en landbouw. Daarnaast zorgt klimaatverandering voor toenemende droge perioden. De combinatie van beide ontwikkelingen leidt tot toenemende druk op de zoetwaterbeschikbaarheid, zowel voor menselijke toepassingen als voor ecosystemen. Tegelijkertijd kan RWZI-effluent een constante bron van zoetwater vormen, mits het verantwoord wordt benut. Kansrijke opties voor hergebruik van effluent moeten aan verschillende randvoorwaarden voldoen. Naast waterkwaliteit is waterkwantiteit de belangrijkste: zijn watervraag en -aanbod in balans, of kan dit met opslag en/of transport bereikt worden? Daarnaast is de doorwerking van waterhergebruik door het hele watersysteem van belang: geeft de oplossing voor de een, geen problemen voor de ander? Om grootschalig effluenthergebruik verder te brengen, is het nodig om potenties op regionaal niveau te verkennen en de kansen en risico's in kaart te brengen. De nadruk van deze studie ligt daarbij op waterkwantiteit, waarbij we aannemen dat de RWZI als Waterfabriek 'waterkwaliteit op maat' levert.

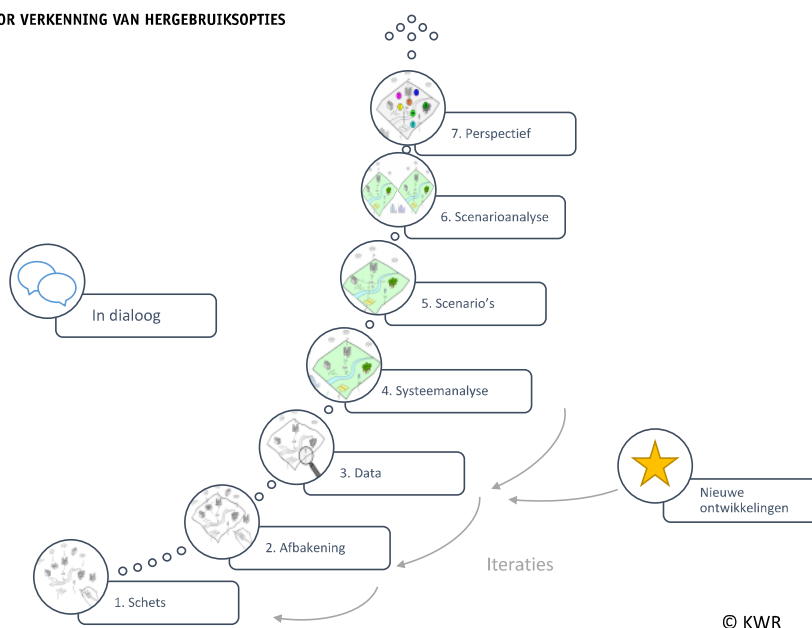
AANPAK: VERKENNING VAN DE POTENTIES VAN GROOTSCHALIG/REGIONAAL HERGEBRUIK VAN EFFLUENT AAN DE HAND VAN CASUSSTUDIES

De eerste stap voor het verkennen van de potenties van effluenthergebruik is het in beeld brengen van watervraag en -aanbod op gebiedsniveau, met de nadruk op kwantiteit (watervolumes). In deze studie is dit gedaan voor twee casussen, in Hoog en Laag Nederland. De casusgebieden hebben uiteenlopende landschappelijke en waterhuishoudkundige kenmerken, met als gevolg verschillende vraagstukken rondom (toekomstig) waterbeheer. In samenwerking met gebiedspartners en beherende instanties zijn recente gegevens verzameld over watervraag en -aanbod, waarmee de referentiesituatie van het watersysteem is vastgesteld in een waterbalansmodel dat is doorgerekend met de software WEAP (Water Evaluation and Planning). Vervolgens zijn verschillende hergebruiksopties verkend, waarbij in de analyse de aandacht is uitgegaan naar de mogelijkheden en beperkingen met betrekking tot waterkwantiteit en de effecten op het watersysteem. Wat betreft waterkwaliteit is het uitgangspunt gehanteerd dat een Waterfabriek door middel van verbeterde zuiveringstechnieken de waterkwaliteit levert die voor de alternatieve toepassing vereist is. Logistieke en economische aspecten rondom opslag en transport van effluent zijn niet in de modellering meegenomen. De resultaten zijn gevisualiseerd middels Sankey-stroomdiagrammen. De resultaten zijn vervolgens in perspectief geplaatst van andere aandachtspunten, zoals waterkwaliteit en natuur. De aanpak en de resultaten uit de casussen zijn gebruikt om een handelingskader op te stellen waarmee hergebruik van effluent in andere gebieden kan worden verkend op een gestandaardiseerde methode. Tot slot zijn de resultaten uit de casussen vertaald naar een landelijk perspectief op effluenthergebruik, waarbij ook het belang van watersysteemanalyse voor zoetwatervraagstukken in bredere zin wordt beschouwd. Tijdens het project zijn de (deel)resultaten van de casussen gepresenteerd in een webinar, waarin de gebruikte methode is getoond aan en besproken met waterbeheerders uit het hele land.

FIGUUR 0.1 SANKEY-STROOMDIAGRAM VAN DE WATERSTROMEN IN EEN DROOG JAAR (2019), WAARBIJ EFFLUENT DEELS WORDT HERGEBRUIKT VOOR LANDBOUWDOELEINDEN



FIGUUR 0.2 HANDELINGSKADER VOOR VERKENNING VAN HERGEBRUIKSOPTIES



RESULTATEN CASUSSTUDIES: VERSCHILLEN IN GEBIEDSKENMERKEN LEIDEN TOT VERSCHILLENDE POTENTIES IN EFFLUENTHERGEBRUIK

De eerste casus, Hoog Nederland, omvat de regio Veghel-Helmond-Asten (Waterschap Aa & Maas) met daarin vier afvalwaterzuiveringsinstallaties (RWZI's), waarvan één industriële zuivering (Bavaria). Het belangrijkste vraagstuk in deze regio is de toenemende druk op het grondwater door menselijk handelen (grondwateronttrekking), die in een droog jaar (2019) ruim 50 miljoen m³ bedraagt. Drie hergebruiksscenario's zijn verkend: 1) effluent naar landbouw; 2) effluent naar industrie; 3) hemelwater naar grondwater (afkoppeling). Een belangrijke bevinding is dat effluenthergebruik voor landbouw binnen 10 km van RWZI's een potentiële reductie van de grondwatervraag van 20% oplevert (Figuur 0.1), maar dat de timing van hergebruik ongunstig kan uitpakken voor de beekecologie, in verband met een verminderd debiet in het droge seizoen. Met afkoppelen van hemelwater lijkt de kans op dergelijke problemen kleiner, en kan de netto druk op het grondwater met eenzelfde percentage worden verminderd.

De tweede casus, Laag Nederland, betreft het beheergebied van het Hoogheemraadschap van Delfland, met daarin vier RWZI's. De regio kent een grote watervraag, veel verhard oppervlak en weinig mogelijkheid tot berging, resulterend in een sterke afhankelijkheid van externe wateraanvoer (ruim 100 miljoen m³ per jaar, inclusief drinkwater), hoewel er in een groot deel van het jaar sprake is van een neerslagoverschot. Op basis van het droge jaar 2018 zijn drie hergebruikscenario's verkend: 1) effluent als aanvullend gietwater voor de glastuinbouw; 2) effluent naar oppervlaktewaterbeheer; 3) effluent als bron voor drinkwaterproductie. Er blijkt voldoende effluent beschikbaar voor de glastuinbouw- en drinkwaterscenario's, zowel op jaarbasis als per maand. Voor het oppervlaktewaterbeheer zou het effluentaanbod echter niet geheel toereikend zijn tijdens droge perioden in het zomerseizoen: op sommige dagen wordt meer extern water voor doorspoeling aangevoerd dan er dagelijks aan effluent beschikbaar is.

In beide casussen is geconcludeerd dat er op jaarbasis vaak ruim voldoende effluent beschikbaar is voor de watervraag van de onderzochte sectoren, maar dat de verdeling over ruimte en tijd een belangrijk knelpunt kan vormen. Daarnaast kan de verwachte impact van grootschalig hergebruik op het hele watersysteem zorgen voor beperkingen voor hergebruiksopties, doordat er watertekorten ontstaan op andere plekken, en zijn er vervolgvragen op andere vlakken zoals over waterkwaliteit, *governance* en maatschappelijke perceptie.

TOEPASSING: NAAR EEN HANDELINGSKADER VOOR VERKENNING HERGEBRUIKOPTIES EN EEN LANDELIJK BEELD

De ervaringen in het uitwerken van de casussen zijn gebruikt om een uniforme methodiek op te stellen, die gebruikt kan worden voor een eerste verkenning naar verschillende opties voor hergebruik. Deze methodiek is samengevat in zeven stappen (Figuur 0.2). Deze methodiek met de benodigde stappen voor een dergelijke studie stelt waterbeheerders en andere organisaties in staat de mogelijkheden voor effluenthergebruik in hun eigen gebied te verkennen.

Extrapolatie van de bevindingen heeft geresulteerd in een landelijk beeld (Figuur 03), waarbij binnen Nederland drie typen gebieden worden onderscheiden op basis van twee waterhuishoudkundige kenmerken: 1) Hoog Nederland (vrij afwaterend); 2) Laag Nederland met externe aanvoer van zoet water; 3) Laag Nederland zonder externe aanvoer van zoet water. Qua volume lijkt hergebruik voor drinkwater relatief kansrijk, hoewel andere vraagstukken (kwaliteit, bescherming, acceptatie) zwaarwegende knelpunten (kunnen) vormen. Ook industriële toepassingen kunnen kansrijk zijn, vooral bij een relatief constante watervraag op een niet al te grote afstand van een RWZI. Voor andere watervragen geldt dat de piekvragen over een korte periode knelpunten kunnen vormen. Voor Hoog Nederland geldt aanvullend dat beekafvoeren (en daarmee ecologie) afhankelijk kunnen zijn van effluent, waardoor hergebruik nadelige gevolgen kan hebben.

De resultaten uit deze studie laten zien dat de potenties van grootschalig effluenthergebruik vanuit het oogpunt van waterkwantiteit hoog zijn. De ontwikkelde methodiek biedt waterbeheerders handvatten om in korte tijd een soortgelijke verkenning op andere locaties uit te voeren. De kansrijke hergebruiksopties kunnen vervolgens verder worden uitgediept, waarbij naast waterkwantiteit ook andere aspecten, waaronder kosten en baten, dienen te worden beschouwd. Daarnaast is de methodiek geschikt om een bredere waterketen-watersysteemvisie te ontwikkelen, waarin naast effluenthergebruik ook andere oplossingsrichtingen voor een duurzaam watersysteem worden verkend.

FIGUUR 0.3 KANSEN EN KNELPUNTEN VAN HERGEBRUIK VAN EFFLUENT VOOR DE VERSCHILLENDE ZOETWATERREGIO'S VAN NEDERLAND

Hergebruik van effluent
Eerste schets van kansen en knelpunten in de zoetwaterregio's op basis van kwantiteit

Laag Nederland zonder aanvoer zoetwater

Industrie: kansrijk indien voldoende dichtbij RWZI

Landbouw: mogelijk kansrijk; uitdaging m.b.t. zomerpiekvraag (transport en/of berging)

Glastuinbouw: mogelijk kansrijk indien voldoende dichtbij RWZI en uitdaging rondom piekvraag (transport en/of berging)

Drinkwaterproductie: mogelijk kansrijk; buffering t.b.v. kwaliteit nodig

Laag Nederland met aanvoer zoetwater

Industrie: kansrijk indien voldoende dichtbij RWZI

Oppervlaktewaterbeheer: mogelijk kansrijk; berging tijdens piekvragen belangrijk aandachtspunt

Landbouw: indirect hergebruik via oppervlaktewaterbeheer

Glastuinbouw: mogelijk kansrijk indien voldoende dichtbij RWZI en uitdaging rondom piekvraag (transport en/of berging)

Drinkwaterproductie: mogelijk kansrijk; buffering t.b.v. kwaliteit nodig

Hoog Nederland

Industrie: kansrijk indien voldoende dichtbij RWZI

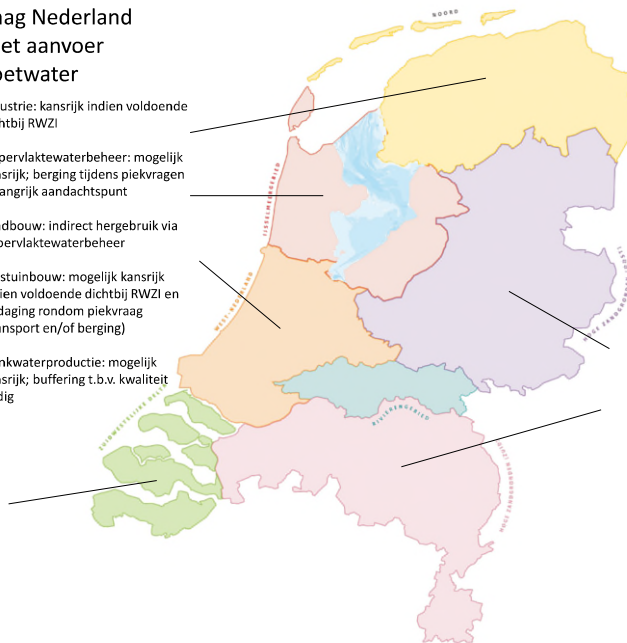
Oppervlaktewaterbeheer: gebeurt reeds onbewust; bewuste inzet kansrijk

Landbouw: mogelijk kansrijk; uitdaging m.b.t. zomerpiekvraag (transport en/of berging); beekafvoer is aandachtspunt

Glastuinbouw: mogelijk kansrijk indien voldoende dichtbij RWZI en uitdaging rondom piekvraag (transport en/of berging)

Grondwateraanvulling: kansrijk in de vorm van afkoppelen, afhankelijk van eigenschappen ondergrond en ontwateringsmaatregelen

Drinkwaterproductie: mogelijk kansrijk; buffering t.b.v. kwaliteit nodig, beekafvoer is aandachtspunt



DE STOWA IN HET KORT

STOWA is het kenniscentrum van de regionale waterbeheerders (veelal de waterschappen) in Nederland. STOWA ontwikkelt, vergaart, verspreidt en implementeert toegepaste kennis die de waterbeheerders nodig hebben om de opgaven waar zij in hun werk voor staan, goed uit te voeren. Deze kennis kan liggen op toegepast technisch, natuurwetenschappelijk, bestuurlijk-juridisch of sociaalwetenschappelijk gebied.

STOWA werkt in hoge mate vraaggestuurd. We inventariseren nauwgezet welke kennisvragen waterschappen hebben en zetten die vragen uit bij de juiste kennisleveranciers. Het initiatief daarvoor ligt veelal bij de kennisvragende waterbeheerders, maar soms ook bij kennisinstellingen en het bedrijfsleven. Dit tweerichtingsverkeer stimuleert vernieuwing en innovatie.

Vraaggestuurd werken betekent ook dat we zelf voortdurend op zoek zijn naar de 'kennisvragen van morgen' – de vragen die we graag op de agenda zetten nog voordat iemand ze gesteld heeft – om optimaal voorbereid te zijn op de toekomst.

STOWA ontzorgt de waterbeheerders. Wij nemen de aanbesteding en begeleiding van de gezamenlijke kennisprojecten op ons. Wij zorgen ervoor dat waterbeheerders verbonden blijven met deze projecten en er ook 'eigenaar' van zijn. Dit om te waarborgen dat de juiste kennisvragen worden beantwoord. De projecten worden begeleid door commissies waar regionale waterbeheerders zelf deel van uitmaken. De grote onderzoekslijnen worden per werkveld uitgezet en verantwoord door speciale programmacommissies. Ook hierin hebben de regionale waterbeheerders zitting.

STOWA verbindt niet alleen kennisvragers en kennisleveranciers, maar ook de regionale waterbeheerders onderling. Door de samenwerking van de waterbeheerders binnen STOWA zijn zij samen verantwoordelijk voor de programmering, zetten zij gezamenlijk de koers uit, worden meerdere waterschappen bij één en het zelfde onderzoek betrokken en komen de resultaten sneller ten goede aan alle waterschappen.

De grondbeginselen van STOWA zijn verwoord in onze missie:

Het samen met regionale waterbeheerders definiëren van hun kennisbehoeften op het gebied van het waterbeheer en het voor én met deze beheerders (laten) ontwikkelen, bijeenbrengen, beschikbaar maken, delen, verankeren en implementeren van de benodigde kennis.

RWZI ALS WATERFABRIEK VOOR EEN ROBUUSTE WATERVOORZIENING

INHOUD

	TEN GELEIDE	
	SAMENVATTING	
	DE STOWA IN HET KORT	
1	INLEIDING	1
	1.1 Aanleiding	1
	1.2 Doel en afbakening	2
	1.3 Aanpak en leeswijzer	3
2	WERKWIJZE	4
	2.1 Inleiding	4
	2.2 Keuze casusstudies	4
	2.3 Dataverzameling en –selectie	5
	2.4 Conceptualisatie en modellering	6
	2.4.1 Modelbeschrijving	6
	2.4.2 Conceptualisatie	7
	2.4.3 Opslag, zuivering en transport	8
	2.5 Opzet en uitwerking casus-studies	9

3	CASUS 1 – HOOG NEDERLAND (AA & MAAS)	10
3.1	Introductie	10
3.1.1	Probleemstelling	11
3.2	Waterstromen in het casusgebied	11
3.2.1	Meteorologie	11
3.2.2	Grond- en oppervlaktewatersysteem	11
3.2.3	Drinkwater	12
3.2.4	Landbouw	12
3.2.5	Industrie	13
3.2.6	Natuur	13
3.2.7	Afvalwater	13
3.3	Modelopzet en -aannames	14
3.4	Referentiesituaties	15
3.4.1	Gemiddelde situatie	15
3.4.2	Droge situatie	17
3.5	Scenario's Waterfabriek	21
3.5.1	Scenario 1 – RWZI naar landbouw	22
3.5.2	Scenario 2 – RWZI naar industrie	27
3.5.3	Scenario 3 – RWA naar grondwater	31
3.6	Discussie	34
3.6.1	Scenario 1 – RWZI naar landbouw	34
3.6.2	Scenario 2 – RWZI naar industrie	37
3.6.3	Scenario 3 – RWA naar grondwater	38
3.6.4	Synthese	40
3.7	Systeemoptimalisatie en kosten-baten analyse casus 1	41
3.7.1	Introductie AquaVest	41
3.7.2	Toepassing AquaVest voor systeemoptimalisatie	42
3.7.3	Uitgangspunten	43
3.7.4	Resultaten	45
3.7.5	Inzichten en discussie	50
4	CASUS 2 – LAAG NEDERLAND (DELFLAND)	51
4.1	Introductie	51
4.1.1	Probleemstelling	52
4.2	Waterstromen in het casusgebied	53
4.2.1	Meteorologie	53
4.2.2	Grond- en oppervlaktewatersysteem	53
4.2.3	Drinkwater	53
4.2.4	Glastuinbouw	54
4.2.5	Industrie	55
4.2.6	Natuur	55
4.2.7	Afvalwater	55
4.3	Modelopzet en -aannames	56
4.4	Referentiesituaties	57
4.4.1	Gemiddelde situatie	57
4.4.2	Droge situatie	59
4.5	Scenario's Waterfabriek	62
4.5.1	Scenario 1 – RWZI naar glastuinbouw	63
4.5.2	Scenario 2 – RWZI naar boezemsysteem	66
4.5.3	Scenario 3 – RWZI naar drinkwater	69

4.6	Discussie	71
4.6.1	Scenario 1 – RWZI naar glastuinbouw	71
4.6.2	Scenario 2 – RWZI voor boezemsysteem	73
4.6.3	Scenario 3 – RWZI naar drinkwater	74
4.6.4	Synthese	76
5	EEN CONCEPTUEEL MODEL VOOR VERKENNING HERGEBRUIKSOPTIES	77
5.1	Stap 1 – Kwalitatieve schets watersysteem en keten	79
5.2	Stap 2 – Afbakening systeem	80
5.3	Stap 3 – Data: kwantitatief in beeld brengen waterstromen	81
5.4	Stap 4 – Systeemanalyse met behulp van een model	83
5.5	Stap 5 – Formuleren en uitwerken scenario's	86
5.6	Stap 6 – Scenarioanalyse en gevolgen voor watersysteem	87
5.7	Stap 7 – Perspectief: een eerste vergelijking van opties, aandachtspunten en kennisleemten	89
6	SYNTHESE: LANDELIJK PERSPECTIEF OP HERGEBRUIK EN ZOETWATERVOORZIENING	92
6.1	Landelijk beeld van de potentie van hergebruik van effluent	92
6.1.1	Vraagstukken in Nederlandse zoetwaterregio's	92
6.1.2	Aanbod van effluent, zoetwatervraag en <i>mismatches</i>	93
6.1.3	Potentie voor effluenthergebruik op basis van kwantiteit	96
6.2	Effluenthergebruik in perspectief	99
7	CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN	102
8	REFERENTIES	104
BIJLAGE I	LITERATUURONDERZOEK	106
BIJLAGE II	CASUS 3: HAAKSBERGEN – EIBERGEN	114
BIJLAGE III	VERSLAG WEBINAR	166
BIJLAGE IV	RESULTATEN AQUAVEST	173

1

INLEIDING

1.1 AANLEIDING

We worden in Nederland meer en meer geconfronteerd met de beperkte beschikbaarheid van zoet water. De watervraag voor menselijke doeleinden, bijvoorbeeld drinkwaterwinning, landbouw en industrie, neemt gestaag toe. We hanteren hiervoor in deze studie de term ‘antropogene watervraag’. Tegelijkertijd hebben we te maken met toenemende perioden van droogte als gevolg van klimaatverandering, waardoor droogteschade aan landbouw en natuur optreedt en de druk op waterbeschikbaarheid voor toepassingen als drinkwaterproductie toeneemt. De afgelopen jaren waren hiervan een goed voorbeeld. Waterbeheerders staan voor de vraag: hoe kunnen we zoetwatervoorraden duurzaam beheren en waar mogelijk vergroten, om zo de zoetwaterbeschikbaarheid voor de toekomst veilig te stellen?

Om risico's van een toenemende druk op het grond- en oppervlaktewater beheersbaar te maken, worden strategieën ontwikkeld om de zoetwatervoorziening op de lange termijn veilig te stellen, onder meer binnen het Deltaprogramma Zoetwater. Een van de pijlers van deze strategieën is het verhogen van de regionale zelfvoorziening in de zoetwatervraag, zodat de beschikbare waterbronnen efficiënter worden benut. Waterhergebruik wordt steeds meer gezien als een kansrijke optie om deze zelfvoorziening te bewerkstelligen. Internationaal wordt gezuiverd effluent in toenemende mate gezien als alternatieve bron van zoet water en recentelijk heeft het Europese Parlement regelgeving aangenomen rondom de regulering van waterhergebruik, met als doel hergebruik van restwater voor de landbouwwatervoorziening verder te stimuleren¹. In Nederland werken waterschappen aan verdergaande zuivering van effluent, waardoor RWZI's² als zogenaamde Waterfabriek³ kunnen gaan dienen: het effluent wordt van een hogere kwaliteit, waardoor het hergebruikt kan worden voor bijvoorbeeld industriële processen, landbouwwatervoorziening of grondwateraanvulling. Hergebruik van huishoudelijk en industrieel restwater wordt momenteel in verschillende lokale proeven en pilots nader onderzocht.

Effluentstromen vormen een significante en constante bron van zoetwater en kunnen de zoetwaterbeschikbaarheid voor verschillende sectoren verhogen (een literatuuroverzicht over effluenthergebruik is opgenomen in Bijlage I). Echter, effluentstromen kunnen niet zonder meer worden benut voor de ene sector, zonder de effecten op andere sectoren te beschouwen. Zo zijn veel waterlopen op de hoge zandgronden afhankelijk van effluent voor hun watervoerendheid in de zomer. Aan de andere kant kan gebruik van effluent als vervanger voor grondwater of drinkwater de druk op het watersysteem verlichten. Dit biedt juist kansen voor natuur en land- en tuinbouw. Ten slotte is de samenstelling van het water van belang: niet elke kwaliteit is geschikt voor elke toepassing en een oplossing voor de waterkwantiteit moet niet leiden tot nieuwe problemen ten aanzien van waterkwaliteit. Het is daarom van belang

1 <https://ec.europa.eu/environment/water/reuse.htm>

2 Riolwaterzuiveringsinstallaties (RWZI's), voor de verwerking van huishoudelijk afvalwater, en Industriële Afvalwaterzuiveringsinstallaties (IAZI's) worden beide geschaard onder Afvalwaterzuiveringsinstallaties (AWZI's), maar de verschillende termen worden in het vakgebied regelmatig door elkaar gebruikt. In dit rapport hanteren we de term RWZI.

3 <https://www.efgf.nl/producten/water/>

waterstromen vanuit de waterketen en in het watersysteem in samenhang te beschouwen en kansen en risico's van de huidige situatie te kwantificeren, evenals de opties die ontstaan als RWZI's gaan fungeren als Waterfabrieken.

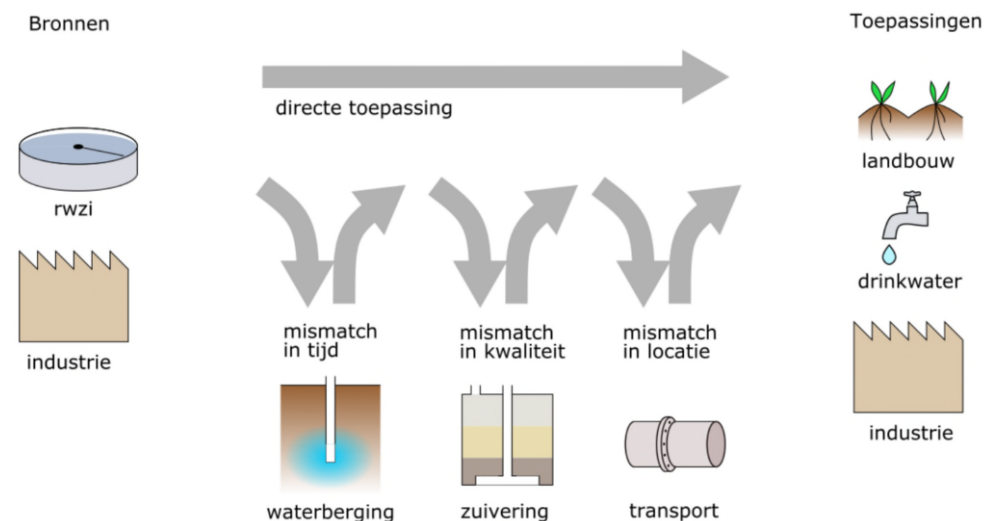
1.2 DOEL EN AFBAKENING

De eerste randvoorwaarde voor hergebruik van restwaterstromen is of vraag en aanbod van restwater met elkaar in overeenstemming zijn. De focus in dit project ligt zodoende op waterkwantiteit: hoe groot is het aanbod van effluent, welk deel van de bestaande watervraag van sectoren kan hiermee worden opgevangen, en wat is het netto effect op de zoetwatervraag en -beschikbaarheid? We ontwikkelen een methodiek om op stroomgebiedsniveau de antropogene waterstromen in kaart te brengen, met als doel de potentie van grootschalig hergebruik van gezuiverd effluent in beeld te brengen. Zo nemen we waterbeheerders mee in het conceptuele denkkader om de kansen en risico's van waterhergebruik voor de zoetwatervoorziening te duiden.

Het doel van het project is nadrukkelijk niet om specifieke ontwerpen te maken voor gedetailleerd hergebruik in de gekozen casusgebieden. Tevens veronderstellen we impliciet dat aan randvoorwaarden van waterkwaliteit, opslag en logistiek, de zogenaamde *mismatches* (zie Figuur 1.1), alsook financiële randvoorwaarden, wordt voldaan om de scenario's van hergebruik mogelijk te maken. Het kwantificeren van de invloed van hergebruik op de waterkwaliteit, of een gedetailleerde financiële analyse, vormt geen onderdeel van dit project. Evenmin is het indirecte effect van een hogere grondwaterstand op het verminderen van de watervraag of op het vergroten van de basisafvoer meegenomen bij het bepalen van effecten op het watersysteem, aangezien geen grondwatermodel is toegepast. Aandachtspunten rondom waterkwaliteit, kosten en transport, alsook een kwalitatieve beschrijving van de invloed van hergebruik op het watersysteem en natuur, vormen uiteraard wel onderdeel van de discussie van de hergebruikscenario's. Op deze wijze draagt het project bij aan de bewustwording van alle sectoren rondom het thema hergebruik van restwater als alternatieve bron, en wordt het belang van de RWZI als Waterfabriek voor verdergaande zuivering van restwater en daarmee een verantwoorde inzet van effluent in het watersysteem inzichtelijk gemaakt.

FIGUUR 1.1

SCHEMATISCHE WEERGAVE VAN MOGELIJKE DIRECTE EN INDIRECTE TOEPASSINGEN VAN RESTWATER EN DE VERSCHILLENDE MISMATCHES DIE KUNNEN OPTREDEN BIJ HERGEBRUIK (BRON:ROEX ET AL., 2017)



1.3 AANPAK EN LEESWIJZER

De mogelijkheden van grootschalig en regionaal hergebruik van RWZI-effluent worden verkend binnen twee casusgebieden met verschillende karakteristieken (o.a. type watersysteem en watervragende sectoren), waarin verschillende opties voor hergebruik met behulp van een watersysteemmodel inzichtelijk worden gemaakt. In Hoofdstuk 2 wordt nader ingegaan op de werkwijze van de casusstudies. We geven een toelichting bij de keuze voor de beide casussen, de verzamelde gegevens over het huidige watersysteem per casus, het toegepaste model (WEAP) en de keuzes ten aanzien van de model-conceptualisatie.

In de daarop volgende hoofdstukken worden de resultaten van de modelstudies per casusgebied beschreven. De eerste casus, Hoog Nederland (omgeving Aarle-Rixtel), komt aan bod in Hoofdstuk 3; de tweede casus, Laag Nederland (Delfland), in Hoofdstuk 4. De opzet van beide hoofdstukken is vergelijkbaar. Na een inleiding op het casusgebied en de verzamelde data, worden twee referentiesituaties (gemiddeld en droog) modelmatig gekwantificeerd en met behulp van grafieken en Sankey-stroomdiagrammen gevisualiseerd. Vervolgens worden per casus drie scenario's voor hergebruik doorgerekend en besproken. In de discussie wordt per hergebruikscenario ingegaan op de invloed op het watersysteem en op de aandachtspunten ten aanzien van bijvoorbeeld natuur, waterkwaliteit, berging en transport. De opgedane kennis uit de casusstudies wordt opgeschaald naar een handelingskader, beschreven in Hoofdstuk 5. Het voorgestelde conceptuele model dient als blauwdruk voor grootschalig effluenthergebruik en geeft handvatten voor de opzet en uitvoering van studies in andere gebieden in Nederland. Hoofdstuk 6 bevat de synthese van de studie, waarin onder andere een landelijk beeld wordt geschetst van de potenties van grootschalig effluenthergebruik. Een overzicht van onderzoeksrichtingen voor vervolgonderzoek is opgenomen in Hoofdstuk 7.

Het rapport bevat enkele bijlagen. Bijlage I bevat een beknopte literatuurstudie met een overzicht van de potenties en recente ontwikkelingen van hergebruik van effluent, maar ook van de aandachtspunten op het gebied van het watersysteem, waterkwaliteit, berging, transport en wet- en regelgeving. In Bijlage II is het stageverslag van Donald Schuurman opgenomen, die een extra casus, Haaksbergen-Eibergen, heeft uitgewerkt in zijn stageperiode bij KWR. Tot slot bevat Bijlage III een verslag van het webinar dat op 28 januari 2021 is gehouden over de Waterfabriek, inclusief de belangrijkste resultaten uit de plenaire sessie.

2

WERKWIJZE

2.1 INLEIDING

De kansen en risico's van grootschalig hergebruik van RWZI-effluent ten behoeve van de zoetwatervoorziening worden uitgewerkt in twee casusstudies. In dit hoofdstuk wordt de globale opzet van beide casusstudies beschreven. Achtereenvolgens komen aan bod de keuze van de casussen, methode van dataverzameling, conceptualisatie/modellering, en de opzet en uitwerking van de casussen.

2.2 KEUZE CASUSSTUDIES

Om de kansen en risico's van grootschalig hergebruik van RWZI-effluent voor verschillende watersystemen zo volledig mogelijk in beeld te krijgen, is gekozen voor twee casussen: één in Hoog Nederland en één in Laag Nederland. De watersystemen in Hoog en Laag Nederland verschillen sterk van elkaar in bijvoorbeeld geologie, afwatering, landgebruiksfuncties, het gebruik van grond- en oppervlaktewater voor zoetwatervoorziening (o.a. drinkwater en landbouw) en de afvoer van effluent. Door een casus uit te werken in elk van de regio's, kan de blauwdruk voor de inzet van effluent als zoetwatervoorziening zo breed mogelijk toepasbaar worden gemaakt.

Bij het selecteren van de casusstudies is gezocht naar gebieden waar zoveel mogelijk gegevens over het watersysteem (vraag en aanbod) beschikbaar zijn en waar reeds initiatieven voor effluenthergebruik op lokale schaal zijn opgestart. Daarbij is het van belang dat het te selecteren casusgebied een homogeen geheel vormt wat betreft geologie, watersysteem en landgebruiksfuncties.

In Hoog Nederland is gekozen voor een casus in het beheergebied van Waterschap Aa & Maas, rondom de RWZI's Aarle-Rixtel, Asten en Dinther (Hoofdstuk 3). Het gebied is karakteristiek voor de hoge zandgronden in het oosten en zuiden van Nederland. Het is een overwegend landelijk gebied met een belangrijke agrarische sector, de ondiepe ondergrond bestaat hoofdzakelijk uit zandige afzettingen, de grondwaterstand zit lokaal diep en het oppervlakte-watersysteem is vrij afwaterend en valt in droge perioden gedeeltelijk droog. Voor de zoetwatervoorziening is het gebied grotendeels afhankelijk van grondwater. In de afgelopen decennia is de afwatering van het gebied sterk vergroot en versneld om agrarische productie te optimaliseren en wateroverlast (o.a. hoge grondwaterstanden) tegen te gaan. De toenemende zoetwatervraag in de verschillende sectoren in combinatie met verwachte klimaatverandering leidt tot zorgen bij waterbeheerders over de zoetwaterbeschikbaarheid voor verschillende sectoren in de nabije toekomst. In het casusgebied zijn daarom in de afgelopen jaren verschillende pilot-studies en initiatieven omtrent waterhergebruik opgestart om de zoetwaterbeschikbaarheid robuuster te maken. Een voorbeeld hiervan is het project Boer Bier Water, waarin restwater van bierbrouwer Bavaria wordt hergebruikt voor landbouwdoeleinden. Daarnaast zijn Waterschap Aa & Maas en Brabant Water recentelijk begonnen met het verkennen van de

haalbaarheid van de inzet van effluent van de RWZI's Asten en Aarle-Rixtel in de nabijgelegen land- en tuinbouw.

In Laag Nederland is gekozen voor een casus in het beheersgebied van Hoogheemraadschap van Delfland (Hoofdstuk 4). Het gebied is karakteristiek voor de in cultuur gebrachte voormalige laagveengebieden in het westen en noorden van Nederland. In het sterk gereguleerde watersysteem heeft het oppervlaktewater een min of meer vast peil en wordt overtollig oppervlaktewater uitgemalen. Het grondwater is op geringe diepte brak tot zout en wordt afgesloten door een slecht doorlatende deklaag. Het gebied is sterk verstedelijkt (hoge bevolkingsdichtheid) en herbergt een belangrijke glastuinbouwsector met een aanzienlijke vraag naar zoet (giet)water. Door de afwezigheid van een voorraad zoet grondwater zijn enkele watervragende sectoren, zoals drinkwatervoorziening, aangewezen op oppervlaktewater dat grotendeels van buiten wordt aangevoerd. Vraagstukken rondom waterkwaliteit raken in dit gebied ook sterk aan waterkwaliteit, met name als het gaat om verzilting. Waterbeheerders hebben zorgen over de zoetwatervoorziening op de lange termijn: bij een toenemende watervraag, gekoppeld aan langere perioden van droogte als gevolg van klimaatverandering, kunnen de beperkte bronnen van zoet water worden bedreigd door verzilting. In recente jaren zijn verschillende pilots opgestart om de potentie van gezuiverd RWZI-effluent in te zetten voor bijvoorbeeld de gietwatervraag in de glastuinbouw of de verbetering van oppervlaktewaterkwaliteit in droge perioden.

2.3 DATAVERZAMELING EN –SELECTIE

Om de potenties van regionaal hergebruik van effluent te kunnen beschrijven, dienen de relevante onderdelen van het watersysteem zo goed mogelijk te worden gekwantificeerd. Hierbij ligt de nadruk op de onderdelen die door menselijk handelen worden veroorzaakt (antropogene watersysteem). Informatie op hoofdlijnen over wateraanbod en de watervraag van verschillende componenten en sectoren is op verschillende plekken verzameld. Het gegevensportaal van het Landelijk Hydrologisch Model (LHM)⁴ is geraadpleegd voor algemene regionale informatie over met name de natuurlijke componenten van het water, zoals actuele verdamping. Bij het desbetreffende waterschap zijn gegevens opgevraagd over de ligging van de RWZI's en effluentvolumes van recente jaren, over bekende/gemelde onttrekkingen in de landbouw en industrie en over aan- en afvoer van oppervlaktewater. Daarnaast is met het waterschap overlegd over de precieze afbakening van het casusgebied en over eventuele aandachtspunten en beperkingen omtrent het watersysteem. Voor grote vergunde onttrekkingen (> 100.000 m³/jaar) is contact opgenomen met de provincie. Voor meer inzicht in de onttrekking en gebruik van drinkwater binnen verschillende sectoren in het casusgebied is informatie ingewonnen bij het drinkwaterbedrijf dat zorgt voor de levering in het gebied.

Gegevens over waterstromen zijn geaggregeerd op maand-niveau voor verschillende referentiesituaties. Indien informatie over een bepaalde component via meerdere bronnen beschikbaar was, is de data vergeleken en waar mogelijk is de meest recente versie gebruikt. In sommige gevallen bleek informatie over een bepaalde waterstroom niet of nauwelijks aanwezig. In dat geval is gebruik gemaakt van onderbouwde schattingen of verkennende modelberekeningen, deels op basis van informatie en onderzoek in aanpalende projecten.

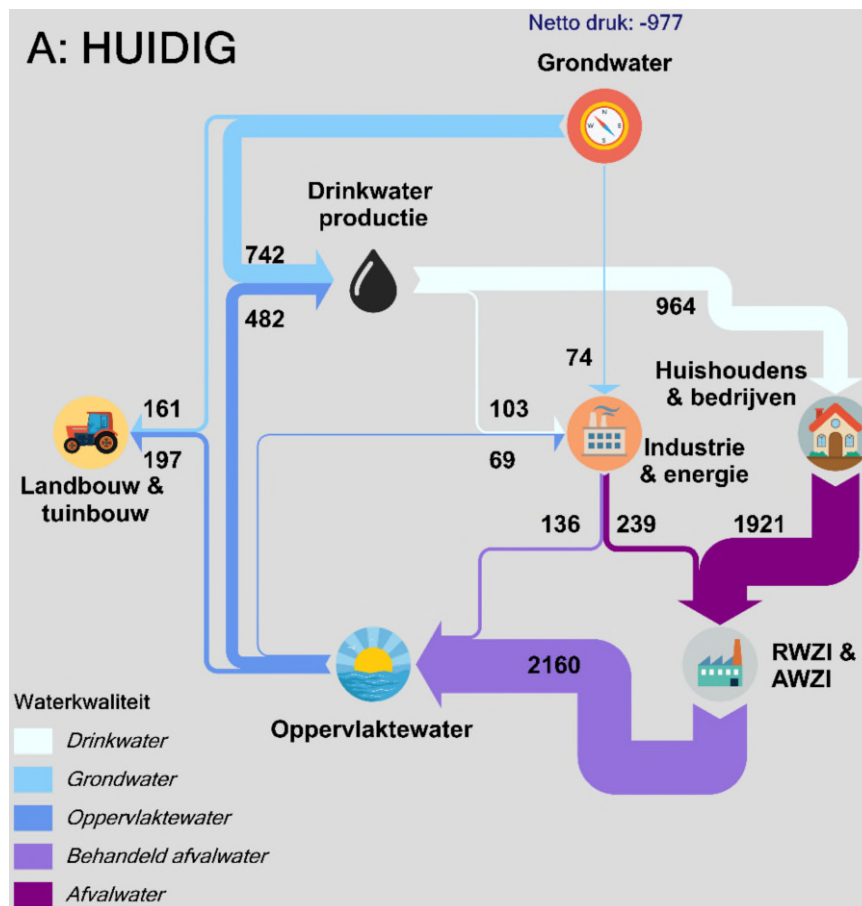
4 <https://data.nhi.nu/>

2.4 CONCEPTUALISATIE EN MODELLERING

2.4.1 MODELBSCHRIJVING

Met de verzamelde gegevens over de relevante waterstromen is voor beide casusgebieden een model opgezet om watervraag en -aanbod met elkaar te koppelen, de knelpunten in kaart te brengen en de potenties van hergebruik van effluent te evalueren. De eerste stap in de conceptualisatie van het watersysteem is het kwantificeren en visualiseren van de grootte van de verschillende antropogene waterstromen (vraag en aanbod) door middel van Sankey-stroomdiagrammen. De dikte van de stroom is afhankelijk van het volume van de waterstroom. Een voorbeeld van een Sankey-diagram is opgenomen in Figuur 2.1. Hoewel een Sankey-diagram in veel gevallen de waterkwantiteit visualiseert, kan ook informatie over andere variabelen zoals waterkwaliteit en prioriteit worden toegevoegd, bijvoorbeeld in de kleurstelling van de pijlen.

FIGUUR 2.1 VOORBEELD VAN EEN SANKEY-DIAGRAM WAARIN DE JAARLIJKS ANTROPOGENE WATERSTROMEN (IN MILJOEN M³/JAAR) EN DRUK OP HET GRONDWATER IN NEDERLAND IN EEN REFERENTIESITUATIE IN BEELD WORDEN GEBRACHT. DE KLEUREN VAN DE STROMEN ZIJN EEN INDICATIE VAN DE WATERKwaliteit (VOORBEELD AFKOMSTIG UIT: (PRONK ET AL., 2020). GETALLEN VOOR LANDBOUW HEBBEN BETREKKING OP DE IRRIGATIE VAN GEWASSEN



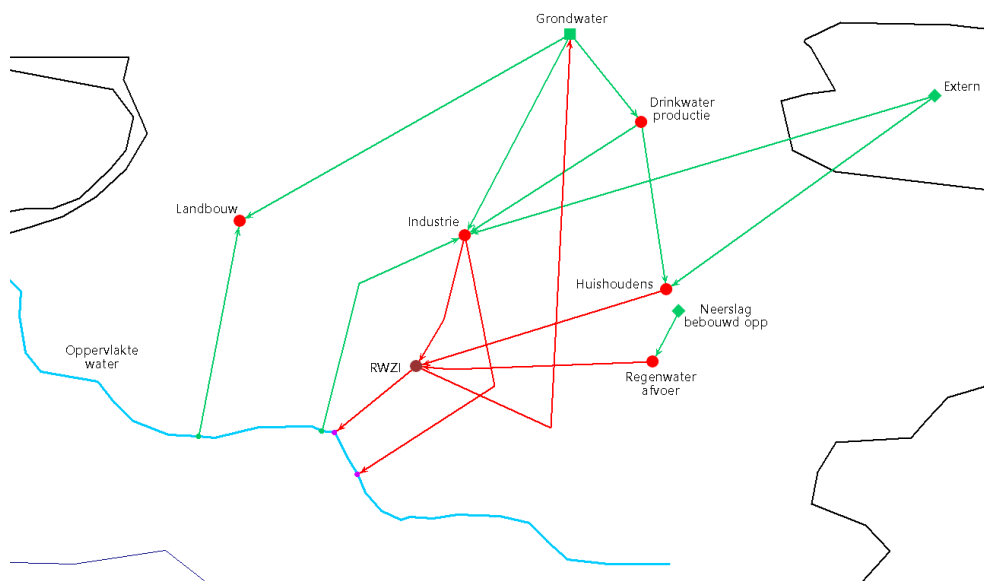
Voor de daadwerkelijke modellering is het modelinstrumentarium WEAP gebruikt: *Water Evaluation And Planning*⁵. WEAP is in de kern een waterbalans-model, waarin de verdeling van beschikbaar water geschiedt op basis van vraag en aanbod. Wanneer de totale vraag het aanbod overstijgt, kunnen watertekorten ontstaan. WEAP is opgezet volgens een structuur van *nodes* ('knopen') en *links* (verbindingen). Water-vragende sectoren, aangeduid als *Demand sites*, en water-leverende sectoren, gevat onder *Supply and Resources*, vormen de knopen, die via

⁵ <https://www.weap21.org/>

links aan elkaar verbonden zijn. Een voorbeeld van een WEAP-model met verschillende *nodes* en *links* is weergegeven in Figuur 2.2.

Tot de *Demand sites* behoren alle sectoren die water verbruiken. Denk hierbij aan stedelijk gebied (huishoudens), landbouw en industrie, maar bijvoorbeeld ook drinkwaterwinning. *Demand sites* zijn de sturende onderdelen in de waterbalans-berekeningen, waarbij het schaalniveau kan worden aangepast op de wensen van de gebruiker en de beschikbare gegevens. Zo kan bijvoorbeeld de huishoudelijke watervraag worden gemodelleerd als één *Demand site*, maar ook per stad of wijk. Daarbij kan de watervraag worden opgegeven als een totaal volume per tijdseenheid, maar ook verder worden onderverdeeld in en berekend over bijvoorbeeld huishoudens, inwoners of industriële sectoren. Tevens kan het waterverbruik tijdsafhankelijk worden gemodelleerd, bijvoorbeeld op maandbasis. Het model biedt opties om waterverlies of -besparing te modelleren, waarbij kan worden gedacht aan lekkage, verdamping of waterhergebruik. De watervraag voor de sector landbouw kan op dezelfde wijze worden gemodelleerd als huishoudens of industrie (puntniveau), maar ook op stroomgebiedsniveau, waarbij kan worden gerekend met verschillende gewassen en met processen als verdamping, afvoer en irrigatie. Het is mogelijk om de verschillende *demand sites* te prioriteren, dat wil zeggen de volgorde van watervoorziening op te geven. Indien waterschaarste optreedt, zullen de sectoren met de hoogste prioriteit (bijvoorbeeld drinkwatervoorziening) eerst worden voorzien, met als gevolg dat eventuele tekorten het eerst optreden in de sectoren met lagere prioriteit.

FIGUUR 2.2 EEN MODEL IN WEAP, MET 'DEMAND SITES' (RODE STIPPEN), 'SUPPLY AND RESOURCES' (GROENE ICONEN EN OPPERVLAKTEWATER), EEN RWZI (BRUINE STIP), 'TRANSMISSION LINKS' (GROENE VERBINDINGEN) EN 'RETURN FLOWS' (RODE VERBINDINGEN)



2.4.2 CONCEPTUALISATIE

De schematische weergave van het watersysteem en de koppelingen tussen de verschillende *nodes* van vraag en aanbod, zoals weergegeven in Figuur 2.1, vormt de basis voor de conceptualisatie van de modellen van de Waterfabriek. Voor beide casussen is een afzonderlijk model in WEAP opgesteld. Hoewel deze modellen zijn toegespitst per casus, is de opzet (conceptualisatie) van de modellen zoveel mogelijk hetzelfde. Eventuele afwijkingen van de standaard conceptualisatie worden per casus toegelicht in de beschrijving van de modelopzet. De verschillende watervragende sectoren en waterbronnen zijn zoveel mogelijk geaggregeerd.

Zo is bijvoorbeeld de gehele watervoorziening voor landbouw of glastuinbouw per (sub)gebied samengevoegd tot één *Demand site* en wordt al het benodigde grondwater onttrokken uit één *node*. In de referentiesituaties, dat wil zeggen de situatie zonder hergebruik van effluent, zijn de waterbronnen en watervragende sectoren actief met elkaar verbonden door middel van *Transmission links*.

Naast één of meerdere referentiesituaties zijn er verschillende Waterfabriek-scenario's voor hergebruik van effluent opgezet in de WEAP-modellen. Hiertoe zijn er koppelingen gelegd tussen RWZI-locaties en verschillende watervragende sectoren of waterbronnen. Deze *links* zijn in de referentiesituatie niet actief, maar worden geactiveerd in het desbetreffende hergebruikscenario. De scenario's per casus zijn afhankelijk van de mogelijkheden en de actuele watervraagstukken in het desbetreffende casusgebied.

De referentiesituaties en hergebruikscenario's zijn voor een periode van een jaar (gemiddeld jaar voor de gekozen referentiesituatie) doorgerekend met tijdstappen van 1 maand. De resultaten van de verschillende modelberekeningen zijn met behulp van een script automatisch uitgelezen om te kunnen worden geanalyseerd en gevisualiseerd. Dit script is dusdanig opgezet, dat het met enkele kleine aanpassingen ook kan worden ingezet voor WEAP-modellen met een vergelijkbare opzet. De modellen en scripts worden na afronding van de studie beschikbaar gemaakt.

2.4.3 OPSLAG, ZUIVERING EN TRANSPORT

In het huidige project ligt de nadruk op het verkennen van de potenties van hergebruik van restwater binnen en tussen verschillende water-vragende sectoren in relatie tot de zoetwatervoorziening, en op het efficiënt (her)benutten van beschikbare waterstromen. De hoeveelheid beschikbaar water en de grootte van de waterstromen (kwantiteit) zijn hierin de belangrijkste onderdelen. Beschikbaar restwater is echter in de meeste gevallen niet direct in te zetten op de locatie van de zuivering; er treden *mismatches* op in tijd, kwaliteit en locatie (zie Figuur 11 en Bijlage I). De potenties van hergebruik zijn zodoende ook sterk afhankelijk van de mogelijkheden voor opslag, zuivering en transport van restwater. Wat betreft waterkwaliteit hanteren we het uitgangspunt dat een Waterfabriek door middel van verbeterde zuiveringstechnieken de waterkwaliteit levert die voor de alternatieve toepassing vereist is. Het in detail modelleren van waterkwaliteit, hetgeen mogelijk is in WEAP, vormt derhalve geen onderdeel van dit project, omdat de hiervoor benodigde waterkwaliteitsgegevens doorgaans niet voorhanden zijn en omdat de omvang van dit project zich daar niet toe leent. Ook logistieke en economische aspecten rondom opslag en transport van restwater worden niet in de modellering meegenomen. De aandachtspunten/beperkingen rondom opslag, zuivering en transport worden wel kwalitatief behandeld in de discussie van de verschillende hergebruikscenario's per casus. Daarbij wordt onder andere gebruik gemaakt van een classificatie van de waterkwaliteit van de verschillende waterstromen, waarbij onderscheid wordt gemaakt tussen (van 'schoon' naar 'vuil'): 1) Drinkwater; 2) Grondwater/ Regenwater; 3) Oppervlaktewater; 4) Gezuiverd afvalwater (effluent); 5) Afvalwater (influent). Deze classificatie wordt bijvoorbeeld gehanteerd in de Sankey-de verschillende scenario's. Ten aanzien van transport wordt in Casus 1 gebruik gemaakt van verschillende afstanden van de RWZI tot de hergebruiklocatie. Het uitgangspunt hierbij is dat hergebruik op kortere afstand tot de RWZI goedkoper is en daarom voorrang krijgt bij de verdeling.

2.5 OPZET EN UITWERKING CASUS-STUDIES

In de volgende twee hoofdstukken worden de casussen voor Hoog en Laag Nederland nader uitgewerkt en geanalyseerd. De uitwerking start met een inleiding op het casusgebied en een beschrijving van de belangrijkste waterstromen, waterbronnen en watervragende sectoren. Waar mogelijk worden de verschillende stromen gekwantificeerd, maar eventuele aannames, onzekerheden en ontbrekende gegevens worden expliciet benoemd. Vervolgens worden de opzet van de WEAP-modellering en daarbij horende keuzes behandeld, inclusief de referentiesituatie(s) en de gekozen scenario's voor effluenthergebruik. De referentiesituatie(s) en hergebruikscenario's worden ten slotte doorgerekend, waarna de modelresultaten in grafieken en Sankey-diagrammen worden gevisualiseerd. De analyses betreffen nadrukkelijk geen detailuitwerkingen voor hergebruik in specifieke praktijktoepassingen. In de analyse van de resultaten wordt wel aandacht besteed aan de potenties en uitdagingen van de gekozen scenario's, waarbij ook aandacht wordt besteed aan onzekerheden, overwegingen voor inpassing van hergebruik in het waterbeheer en suggesties voor benodigd vervolgonderzoek om waterhergebruik verantwoord vorm te geven.

3

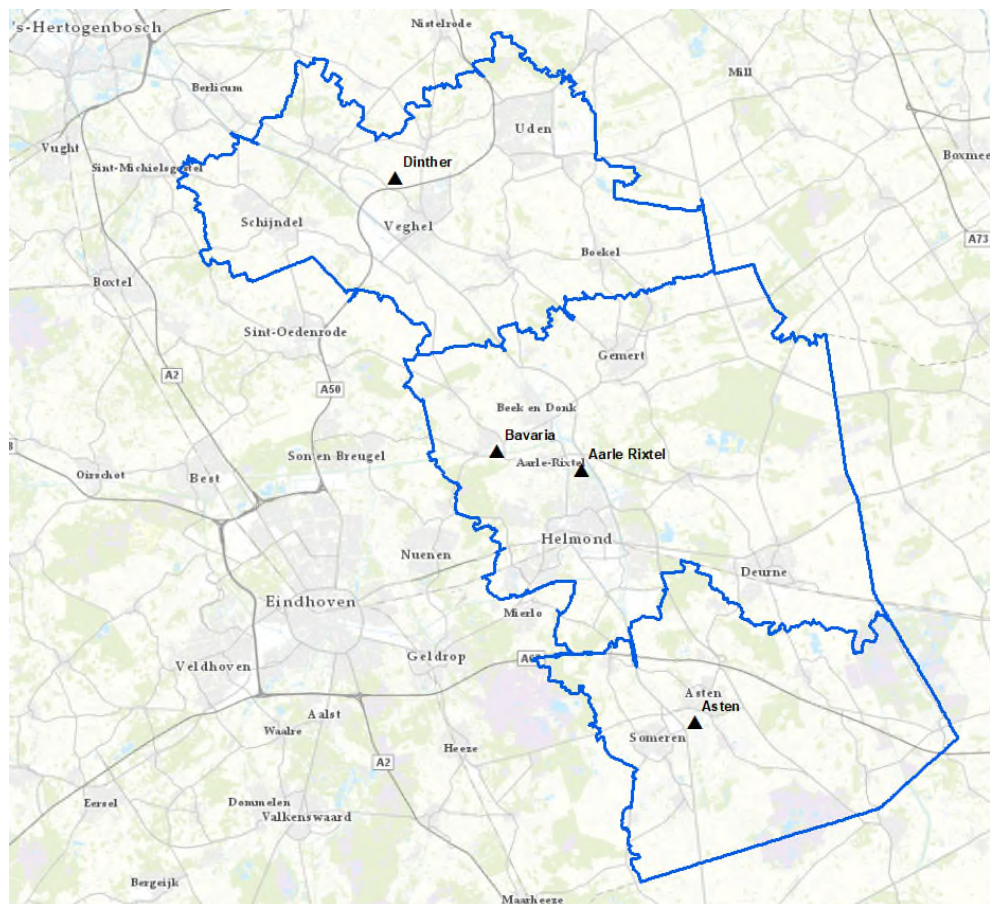
CASUS 1 – HOOG NEDERLAND (AA & MAAS)

3.1 INTRODUCTIE

Casus 1 beslaat een oppervlak van 714 km² en omvat de aanvoergebieden van de RWZI's Asten (180 km²), Aarle-Rixtel (303 km²) en Dinther (231 km²). Tevens ligt de industriële afvalwaterzuivering van Bavaria binnen dit gebied. De begrenzing van het casusgebied en de ligging van de RWZI's is weergegeven in Figuur 3.1. Het is een landelijk gebied met een aanzienlijk areaal landbouw. Het stedelijk gebied bestaat onder andere uit de plaatsen Helmond, Aarle-Rixtel, Asten, Someren, Deurne, Gemert, Veghel, Uden en Schijndel. Met name de plaatsen Helmond, Veghel en Uden hebben een belangrijk aandeel industriegebied. Rondom Helmond en ten noorden van Asten komen grote bosgebieden voor, zoals de Stippelberg. Het gebied wordt doorsneden door de rivier de Aa, die in noordwestelijke richting afwatert. Tevens zijn enkele gegraven kanalen aanwezig, zoals de Zuid-Willemsvaart en het Wilhelminakanaal.

FIGUUR 3.1

BEGRENZING VAN HET CASUSGEBIED MET DE LOCATIE VAN DE RWZI'S



3.1.1 PROBLEEMSTELLING

In het gebied is het grondwater de belangrijkste bron voor de watervoorziening, waar verschillende economische sectoren op zijn aangewezen, zoals industrie, landbouw en drinkwaterwinning. In de afgelopen droge jaren is het totale waterverbruik sterk toegenomen, onder andere door de sterk gestegen beregeningsvraag in de landbouw. De druk op het grondwater neemt toe en er bestaan zorgen over de waterbeschikbaarheid in de nabije toekomst. Daarbij is het oppervlaktewatersysteem gericht op het snel afvoeren van water in natte situaties. Hierdoor wordt het grondwater onvoldoende aangevuld en is het gebied extra droogtegevoelig. Aan de andere kant worden jaarlijks aanzienlijke hoeveelheden huishoudelijk en industrieel effluent geproduceerd, die momenteel grotendeels onbenut via het oppervlaktewater het gebied verlaten.

Het casusgebied kent een aantal ontwikkelingen en projecten omtrent het hergebruik van zoetwater om de vraag naar grondwater te verminderen. Een belangrijk voorbeeld is brouwerij Bavaria in Lieshout, waar sinds enkele jaren een project loopt om industrieel restwater in te zetten voor landbouwwatervoorziening. Tevens werkt Waterschap Aa & Maas, samen met o.a. Brabant Water en Glastuinbouw NL, een pilot uit om effluent van RWZI Asten in te zetten in de land- en tuinbouw rondom Asten. In de pilot wordt een nieuwe technologie verkend (nanofiltratie in combinatie met UV-desinfectie) en de potentie voor hergebruik bij de kassen in de regio.

In deze eerste casus worden een aantal scenario's behandeld waarbij de potenties van grootschalig hergebruik van effluent worden verkend. Hierbij wordt gekeken naar zowel het verminderen van de vraag naar, als naar het vergroten van het aanbod van grondwater.

3.2 WATERSTROMEN IN HET CASUSGEBIED

In deze paragraaf worden de belangrijkste bronnen van water en de watervragende sectoren behandeld en waar mogelijk gekwantificeerd (miljoen m³/jaar, hierna M m³/jaar). De gekwantificeerde waterstromen worden gebruikt voor het opstellen van de Sankey-diagrammen en voor de WEAP-modellering (paragraaf 3.4 en verder).

3.2.1 METEOROLOGIE

De gemiddelde jaarlijkse neerslag is ingeschat op basis van de nabijgelegen KNMI-stations Volkel en Eindhoven over de periode 1981-2010 (klimaatperiode) en bedraagt tussen de 738 en 753 mm per jaar (resp. Volkel en Eindhoven)⁶. Voor het gehele casusgebied gaat het om 526-538M m³ per jaar. De actuele verdamping is ingeschat op basis van LHM-modelberekeningen voor de modelperiode 1998-2006. In die periode is de jaargemiddelde actuele verdamping berekend op 535 mm, oftewel 379M m³. Dit resulteert in een gemiddeld jaarlijks neerslagoverschot van rond de 150M m³.

3.2.2 GROND- EN OPPERVLAKTEWATERSYSTEEM

De ondergrond in een groot deel van het casusgebied bestaat tot op vrij grote diepte uit overwegend zandige afzettingen (DINOloket)⁷. De bovenste 20 m bestaan uit dekzand (formatie van Boxtel) met lokaal een enkele kleilaag. Daaronder bevinden zich hoofdzakelijk zandige afzettingen met enkele dunne kleilagen (formaties van Beegden en Sterksel) tot een diepte van circa 75 m-mv. In het oosten van het casusgebied hebben de zandpakketten een geringere dikte en komt klei ondieper voor. In de beekdalen komen lokaal holocene afzettingen voor.

⁶ <http://www.klimaatatlas.nl/klimaatatlas.php?wel=stationsdata>

⁷ <https://www.dinoloket.nl/ondergrondmodellen>

Door het ontbreken van een afscheidende deklaag zal het neerslagoverschot voor een groot deel infiltreren en deels via het oppervlaktewatersysteem worden afgevoerd. In het grootste deel van het gebied treedt wegzijging op, met uitzondering van de beekdalen. Op basis van het maaiveldverloop (hoogst in het zuidoosten, laagst in het noordwesten) is de verwachting dat de regionale grondwaterstroming noordwestelijk is gericht. Echter, gezien de complexiteit van het systeem worden in deze studie geen verdere schattingen gedaan van de precieze richting en het volume van de regionale grondwaterstroming.

Het casusgebied watert over het algemeen onder vrij verval af richting het noordwesten. De belangrijkste natuurlijke waterloop is de rivier de Aa, die ten noordwesten van Veghel het casusgebied uit stroomt. Daarnaast kent het gebied verschillende gegraven kanalen, waaronder de Zuid-Willemsvaart, die een deel van de oude loop van de Aa volgt. Gedurende de 20^e eeuw is in het kader van de ruilverkaveling het watersysteem uitgebreid en de drainagebasis verlaagd, waardoor in de winter het neerslagoverschot sneller het gebied uit wordt geleid.

3.2.3 DRINKWATER

In het casusgebied zijn verschillende pompstations voor drinkwaterwinning aanwezig. De stations Vlierden, Helmond, Lieshout, Veghel en Schijndel vallen binnen het gebied. In de periode 2018-2019 is door deze stations gemiddeld 35M m³ per jaar onttrokken (gegevens Brabant Water). Niet al het onttrokken drinkwater zal worden geconsumeerd binnen het casusgebied, maar deels ook daarbuiten. Daarnaast is het mogelijk dat een deel van het verbruikte drinkwater wordt gewonnen buiten het gebied. Voor een nauwkeuriger inschatting van het drinkwaterverbruik is gebruik gemaakt van gegevens van Brabant Water over de drinkwaterlevering. Voor de periode 2015-2017 is het totale gebruik ingeschat op 22,1M m³ per jaar. Het verbruik in 2019 bedroeg circa 26,6M m³. Van deze hoeveelheden is circa 2,9M m³/jaar bestemd voor grootindustriële toepassingen (verbruik > 100.000 m³/jaar), de rest is bestemd voor huishoudelijke, klein-zakelijke en overige toepassingen.

Voor de productie van drinkwater wordt meer grondwater onttrokken dan er daadwerkelijk wordt geleverd. Zo gaat een deel verloren in de productie en door lek- en spuiverliezen. De verhouding ‘onttrokken:geleverd’ voor Brabant Water is vastgesteld op 187:170 (Vewin, 2017). De totale hoeveelheid benodigd grondwater voor de levering van de hoeveelheid drinkwater wordt hiermee ingeschat op 24,3M m³/jaar voor de periode 2015-2017 en 29,3M m³ in 2019.

3.2.4 LANDBOUW

In deze studie wordt alleen de irrigatievraag van de landbouw beschouwd, dat wil zeggen de aanvullende watertoevoer door menselijk handelen (beregening), en niet de totale verdamping van het gewas (natuurlijke + antropogene watervraag). Voor beregening ten behoeve van de landbouw wordt in het casusgebied voornamelijk geput uit het grondwater. De onttrokken hoeveelheden zijn ingeschat op basis van recente onttrekkingsgegevens die bekend zijn bij Waterschap Aa & Maas in de vorm van jaaropgaven van gemelde onttrekkingen. Op basis van deze jaaropgaven is voor de periode 2015-2017 een gemiddelde grondwateronttrekking voor beregening berekend van 10,5M m³/jaar. De gemelde onttrokken hoeveelheid in 2019 bedraagt zelfs 19,5M m³. Aangezien deze gemelde jaaropgaven mogelijk niet compleet zijn en kleine onttrekkingen niet hoeven worden gemeld, ligt de daadwerkelijk onttrokken hoeveelheid voor beregening naar verwachting hoger. Een klein deel van de beregening voor landbouw in het casusgebied is afkomstig uit oppervlaktewater. Volgens modelresultaten (1998-2006) uit het LHM⁸ gaat het om circa 380.000 m³/jaar. Bij het waterschap zijn geen onttrekkings-

⁸ <https://data.nhi.nu/>

gegevens beschikbaar over oppervlaktewateronttrekkingen. Echter, het waterschap geeft aan dat in perioden van droogte een beregeningsverbod uit oppervlaktewater wordt afgekondigd. Zodoende is de inschatting dat de hoeveelheden in recente jaren beperkt zijn geweest.

3.2.5 INDUSTRIE

Binnen het casusgebied bevinden zich drie industriële grondwateronttrekkingen die vergunningplichtig zijn krachtens de Waterwet (vergund onttrekkingsdebiet > 150.000 m³/jaar). Gegevens over onttrokken watervolumes zijn opgevraagd bij Provincie Noord-Brabant. Grote onttrekkingen zijn de brouwerij Bavaria in Lieshout, die in de periode 2015-2017 gemiddeld 2,8M m³/jaar heeft onttrokken, en Friesland Campina in Veghel, die gemiddeld 1,1M m³/jaar heeft onttrokken. Daarnaast zijn er diverse kleinere gemelde onttrekkingen in het gebied aanwezig, waarvan de gegevens zijn opgevraagd bij de provincie en het waterschap. In totaal bedraagt de ingeschatte hoeveelheid onttrokken grondwater voor industriële doeleinden voor de periode 2015-2017 circa 4,1M m³/jaar. Tevens zijn er in het casusgebied bedrijven aanwezig die grote hoeveelheden (in deze casus vastgesteld op > 100.000 m³/jaar) drinkwater gebruiken voor hun productie. Op basis van de gegevens over drinkwaterafname, ontvangen van Brabant Water (zie paragraaf 3.2.3), is deze hoeveelheid ingeschat op 2,9M m³/jaar. De totale hoeveelheid water (grondwater + drinkwater) voor grootindustriële doeleinden bedraagt zodoende circa 7M m³/jaar. Er is geen informatie beschikbaar over onttrekkingen uit oppervlaktewater, maar de inschatting is dat dit onderdeel verwaarloosbaar is in het casusgebied. Gebruik van oppervlaktewater als koelwater wordt niet beschouwd in dit project.

3.2.6 NATUUR

In het casusgebied liggen verschillende natuurlijke terreinen en natuurgebieden. In het zuidoosten van het gebied liggen de Natura 2000-gebieden Deurnse Peel en Grootte Peel. Daarnaast zijn er verspreide bosgebieden aanwezig, zoals de Stippelberg ten oosten van Aarle-Rixtel, die voor het grootste gedeelte niet grondwaterafhankelijk zijn. In de beekdalen, onder andere langs de rivier de Aa, zijn een aantal grondwaterafhankelijke natuurterreinen te vinden, bijvoorbeeld bij Aarle-Rixtel (De Biezen) en ten noordoosten van Schijndel. Tot slot is er sprake van aquatische natuur in de verschillende beken en rivieren in het gebied. Hoewel de meeste natuur afhankelijk is van grondwater, is het lastig deze watervraag te kwantificeren in bijvoorbeeld kubieke meters. De watervraag is meer impliciet: de kwaliteit van natuur, met name in de grondwaterafhankelijke gebieden, is sterk afhankelijk van grondwaterstanden. Een toenemende druk op het grondwater, met als gevolg dalende grondwaterstanden, heeft zodoende een belangrijke invloed op natuurgebieden.

3.2.7 AFVALWATER

In het casusgebied zijn drie RWZI's aanwezig voor de verwerking van afvalwater (Figuur 3.1). Gegevens over effluent-debiet in de periode 2015-2017 zijn ontleend aan het waterschap. RWZI Asten loost per jaar 5,0M m³ effluent op de Aa. RWZI Aarle-Rixtel produceert gemiddeld 24,4M m³ effluent per jaar, eveneens geloosd op de Aa. RWZI Dinther produceert gemiddeld 17,5M m³/jaar; dit effluent wordt geloosd op de Beekgraaf, die afwatert op de Aa nabij Veghel. De totale hoeveelheid geloosd effluent uit RWZI's bedraagt zodoende gemiddeld bijna 47M m³/jaar. In het droge jaar 2019 was de hoeveelheid effluent met 46,2M m³ vrijwel gelijk. Waterschap Aa & Maas heeft recentelijk op jaarbasis de verhouding DWA:RWA (Droogweerafvoer versus Regenwaterafvoer) voor de RWZI's berekend. De percentages DWA van de totale influentstroom zijn als volgt: 65% voor Asten, 73% voor Aarle-Rixtel, en 77% voor Dinther. Deze DWA-stroom bestaat hoofdzakelijk uit huishoudelijk afvalwater, maar ook

uit industriële lozingen en 'rioolvreemd water' zoals drainage, inloop van oppervlakte- of grondwater, en grondwatersaneringen.

Naast drie RWZI's die voornamelijk huishoudelijk afvalwater verwerken, is in het casusgebied één industriële afvalwaterzuiveringsinstallatie (IAZI) aanwezig. Hiermee wordt het afvalwater van brouwerij Bavaria gezuiverd. Gemiddeld loost de IAZI 1,86M m³/jaar op de Goorloop. In de verdere beschrijving van de casus zal, wanneer het gaat over de vier installaties tezamen, gesproken worden over RWZI's.

3.3 MODELOPZET EN -AANNAMES

De algemene opzet van het model is beschreven in paragraaf 2.4. De belangrijkste afwijkingen van een aanvulling op de standaard opzet worden hieronder beschreven. In het model is gekozen voor twee referentiesituaties, representatief voor een gemiddelde en een droge situatie, en in totaal drie Waterfabriek-scenario's. In de volgende paragrafen worden deze referentiesituaties en scenario's nader uitgewerkt.

De toenemende druk op het grondwater en het uitwerken van mogelijke scenario's om deze druk in de toekomst te verminderen zijn de belangrijkste vraagstukken in deze casus voor Hoog Nederland. Tevens zijn de gegevens over grondwateronttrekkingen het meest compleet en van recente aard. Over oppervlaktewateronttrekkingen zijn alleen inschattingen uit gedateerde modelresultaten beschikbaar en geen recent overzicht, waarbij is opgemerkt dat het aandeel klein zal zijn. Daarom is voor de modellering van deze casus besloten om geen onttrekkingen uit oppervlaktewater voor landbouw en industrie mee te nemen.

De variatie van de drinkwateronttrekking door het jaar heen is ingeschat op basis van tijdreeksen voor de periode 2018-2019 van enkele pompstations in het casusgebied. De onttrekking kent een kleine piek in de zomermaanden en varieert tussen de 7,1% (februari) en 10,5% (juli) van de totale jaarlijkse onttrekking. Voor de grondwateronttrekkingen voor industriële doeleinden is aangenomen dat de vraag door het jaar heen constant is, aangezien er geen informatie is over de verdeling door het jaar heen, maar alleen over jaartotalen. Een uitzondering is de onttrekking voor Bavaria: hier is aangenomen dat de verdeling door het jaar heen gelijk is aan de verdeling van de IAZI-lozingen, waarvan wel nauwkeurige informatie beschikbaar is. Voor de landbouwsector is aangenomen dat er alleen in het groeiseizoen een watervraag is, waarbij de jaartotalen als volgt zijn verdeeld: april 10% - mei 20% - juni 25% - juli 25% - augustus 20%. Tevens is aangenomen dat er voor landbouwdoeleinden niet meer wordt onttrokken dan nodig is, dus dat er geen irrigatiewater ongebruikt wordt afgevoerd naar grond- of oppervlaktewater ('consumptie' = 100%). Voor de drinkwaterproductie is het verlies (productie-, spui- en lekverliezen) ingeschat op basis van de verhouding tussen onttrekking en levering van Brabant Water (zie paragraaf 3.2.3). Voor industriële onttrekkingen is aangenomen dat de gehele watervraag na gebruik wordt geloosd op het oppervlaktewater, behalve bij Bavaria, waarbij de verhouding tussen onttrekking en de lozing van effluent bekend is. Het is echter ook mogelijk dat een deel van dit water op het riool wordt geloosd en via de RWZI in het oppervlaktewater terecht komt.

Het casusgebied telt in totaal vier RWZI's, waaronder één IAZI (Bavaria). Deze vier installaties zijn afzonderlijk opgenomen in het model. Voor de RWZI's is een inschatting gedaan van de verdeling tussen afvalwater en rioolvreemd water (DWA) en de afvoer van hemelwater (RWA) op maandbasis. Hierbij is aangenomen dat het DWA-volume gedurende het jaar

constant is. Daarbij is de aanname dat de lichte stijging van het drinkwatergebruik in de zomer niet leidt tot een grotere DWA-stroom, doordat het water wordt gebruikt voor bijvoorbeeld het sproeien van de tuin. Het volume op jaarbasis, berekend op basis van de percentages uit paragraaf 3.2.7, is evenredig over de maanden verdeeld. Vervolgens is de hoeveelheid RWA berekend als het verschil tussen het totale effluentvolume per maand en de DWA-afvoer.

Informatie over de natuurlijke afvoer van de waterlopen waarop de RWZI's lozen, dat wil zeggen bovenstrooms van het lozingspunt, is ontleend aan het waterschap. Deze waterlopen zijn als afzonderlijke oppervlaktewateren in het model verwerkt, waarbij de mogelijkheid bestaat om benedenstrooms een minimum afvoer op te leggen (niet standaard ingesteld). Bij de IAZI van Bavaria (Goorloop) is geen informatie over het natuurlijke debiet beschikbaar.

De watervraag van de sectoren landbouw en industrie is verdeeld over verschillende *Demand sites*, afhankelijk van de afstand tot de meest nabijgelegen RWZI. Hiertoe is voor de afzonderlijke onttrekkingen bepaald wat de meest nabijgelegen RWZI is en wat de afstand is. De gebruikte afstandscategorieën zijn 'binnen 5 km', 'tussen 5 en 10 km' en 'meer dan 10 km'. Voor de categorie 'meer dan 10 km' is geen onderscheid gemaakt tussen de RWZI's, maar is per sector (landbouw en industrie) één *Demand site* gemodelleerd.

3.4 REFERENTIESITUATIES

3.4.1 GEMIDDELDE SITUATIE

De gemiddelde situatie is gebaseerd op de periode 2015-2017. Figuur 3.2 bevat een Sankey-diagram waarin de waterstromen voor een gemiddeld jaar zijn weergegeven (bovenste paneel). De totale druk op het grondwater als gevolg van menselijk handelen in een gemiddeld jaar is ingeschat op circa 39M m³/jaar (55 mm/jaar), naar schatting een kwart van het jaarlijkse neerslagoverschot. Hiervan is ruim 24M m³ bestemd voor drinkwaterproductie en 10,5M m³ voor beregening in de landbouw. Het linker paneel in Figuur 3.4 geeft het verloop van de totale grondwateronttrekking door het jaar heen, waarbij de grondwatervraag voor de industrie bestaat uit zowel eigen grondwateronttrekkingen als drinkwatergebruik. Doordat de watervraag voor beregening van de landbouw is geconcentreerd in het groeiseizoen, is de druk op het grondwater in de zomerperiode substantieel hoger dan in de winter: in de maand juli is de druk op het grondwater voor beregening berekend op 5,5M m³ (7,7 mm), ruim twee keer zo hoog als in de maanden buiten het groeiseizoen. In het Sankey-diagram voor de maand juli, het onderste paneel in Figuur 3.2, is te zien dat de verhouding tussen de verschillende grondwater vragen in een zomermaand sterk kan verschillen met de jaarsituatie. De grootste vraag naar grondwater in de maand juli komt uit de landbouw (2,6M m³ voor beregening), en is daarmee vrijwel gelijk aan de totale drinkwateronttrekking voor huishoudelijk en industrie (2,5M m³). Op jaarbasis is de vraag uit de drinkwatersector veruit het grootst. De maandelijkse grondwatervraag voor beregening uit de landbouw wordt in de gemiddelde situatie ingeschat op ruim de helft van de hoeveelheid geloosd effluent (ruim 4M m³ in de maand juli).

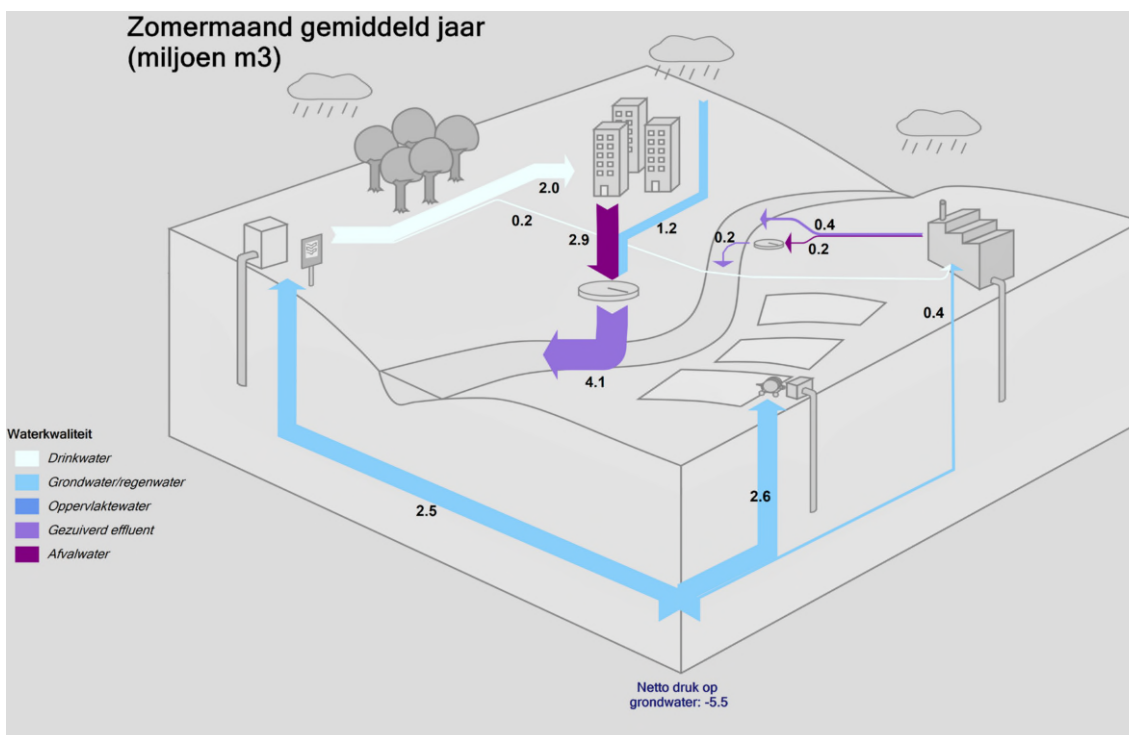
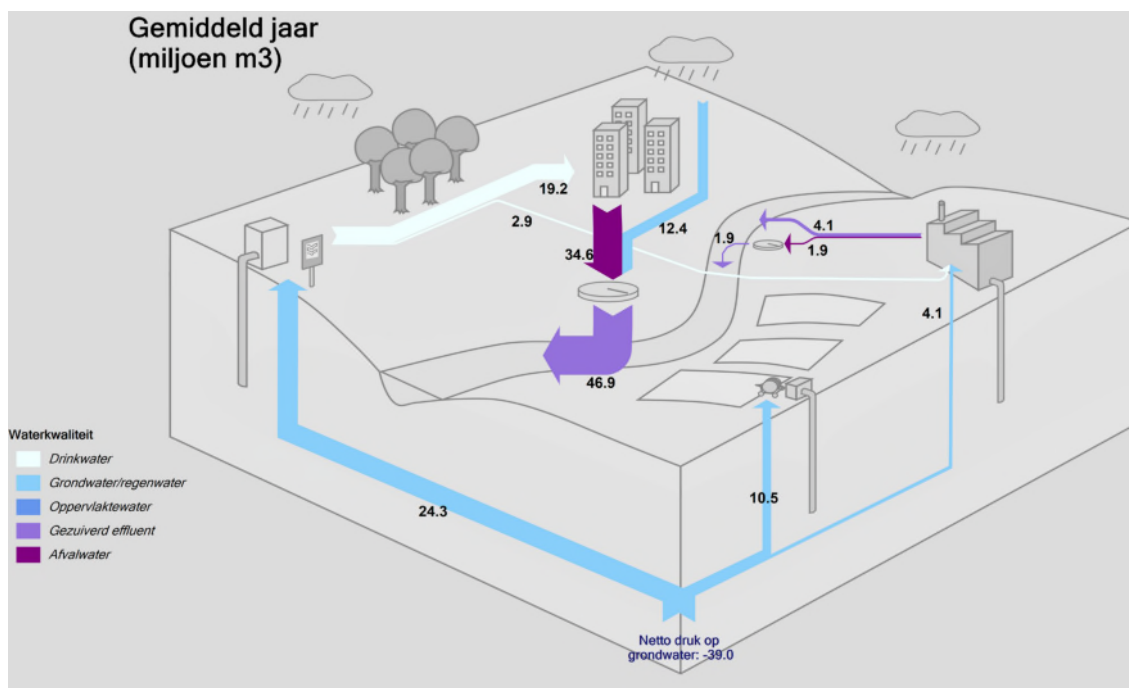
Figuur 3.5 (linker paneel) geeft de verdeling weer van geloosd RWZI-effluent door het jaar heen, verdeeld over de herkomst. In een gemiddelde situatie ligt de afvoer in de wintermaanden iets hoger dan in het voor- en najaar als gevolg van een hogere afvoer van hemelwater. De hogere afvoeren in juni en juli hebben waarschijnlijk te maken met zomerse buien. Hierbij moet worden aangetekend dat de verdeling DWA:RWA per maand een aanname is. De oorzaak

van een hogere afvoer in deze maanden kan ook liggen in een grotere DWA-component als gevolg van een hogere drinkwaterconsumptie in de zomer (douchen etc.), maar er zijn geen nauwkeuriger gegevens beschikbaar voor de huidige studie. In het casusgebied gaat het om een maandelijkse hoeveelheid effluent van circa 4M m³, variërend tussen 3,4M (april) en 4,8M m³/maand (januari).

Om een beeld te krijgen van de potentiële impact van grootschalig hergebruik van effluent op de watervoerendheid van het lokale oppervlaktewater, is informatie ingewonnen over afvoeren in de waterlopen waarop RWZI-effluent wordt geloosd. Bij geen van de RWZI's zijn debietgegevens beschikbaar direct benedenstrooms van de lozingspunten, maar bij de RWZI's Asten, Aarle-Rixtel en Dinther is de afvoer bovenstrooms wel gemeten. Op basis van deze informatie, gecombineerd met de gegevens over effluentlozingen, is een inschatting gemaakt van de benedenstroomse maandafvoer en het aandeel effluent, zie Figuur 3.6. In de deelfiguren is te zien dat het aandeel effluent op maand- en jaarbasis sterk kan verschillen per locatie. De afvoer in de Aa bij Aarle-Rixtel is redelijk constant door het jaar heen, met zelfs een hogere afvoer in de zomer dan in de winter. Dit heeft te maken met de lokale hydrologische situatie: het lozingspunt van RWZI ligt vlakbij het punt waar de Aa de Zuid-Willemsvaart kruist. De inlaat van water wordt actief gestuurd, waardoor de afvoer in de beek sterk kunstmatig is. Het aandeel effluent op deze locatie is het laagst in de zomer en varieert tussen de 58% (augustus) en 90% (februari).

De Aa bij RWZI Asten laat een meer natuurlijk verloop zien, met de hoogste afvoer in de maanden januari en februari. Het aandeel effluent varieert hier tussen de 16% (januari-februari) en 62% (oktober), met de hoogste waarden gedurende het groeiseizoen. Daarnaast is goed te zien dat RWZI Asten, met een gemiddeld effluentvolume van 420.000 m³ per maand, een aanzienlijk kleinere RWZI is dan Aarle-Rixtel, die een gemiddeld effluentvolume heeft van 2M m³ per maand. Ter plaatse van RWZI Dinther heeft de ontvangende waterloop een redelijk natuurlijk verloop van de afvoer, met de hoogste waarden in de winter, hoewel de afvoer gedurende een groot deel van het jaar constant is. Het aandeel effluent is het hoogst in de lente en zomer en varieert tussen de 53% (maart) en 78% (mei).

FIGUUR 3.2 SANKEY-DIAGRAMMEN VAN DE WATERSTROMEN IN EEN GEMIDDELD JAAR (BOVEN) EN GEMIDDELDE ZOMERMAAND (ONDER), GEBASEERD OP DE PERIODE 2015-2017. VERLIEZEN IN DE DRINKWATERPRODUCTIE (CIRCA 9% OP JAARBASIS) ZIJN NIET ALS APARTE STROOM GEVISUALISEERD



3.4.2 DROGE SITUATIE

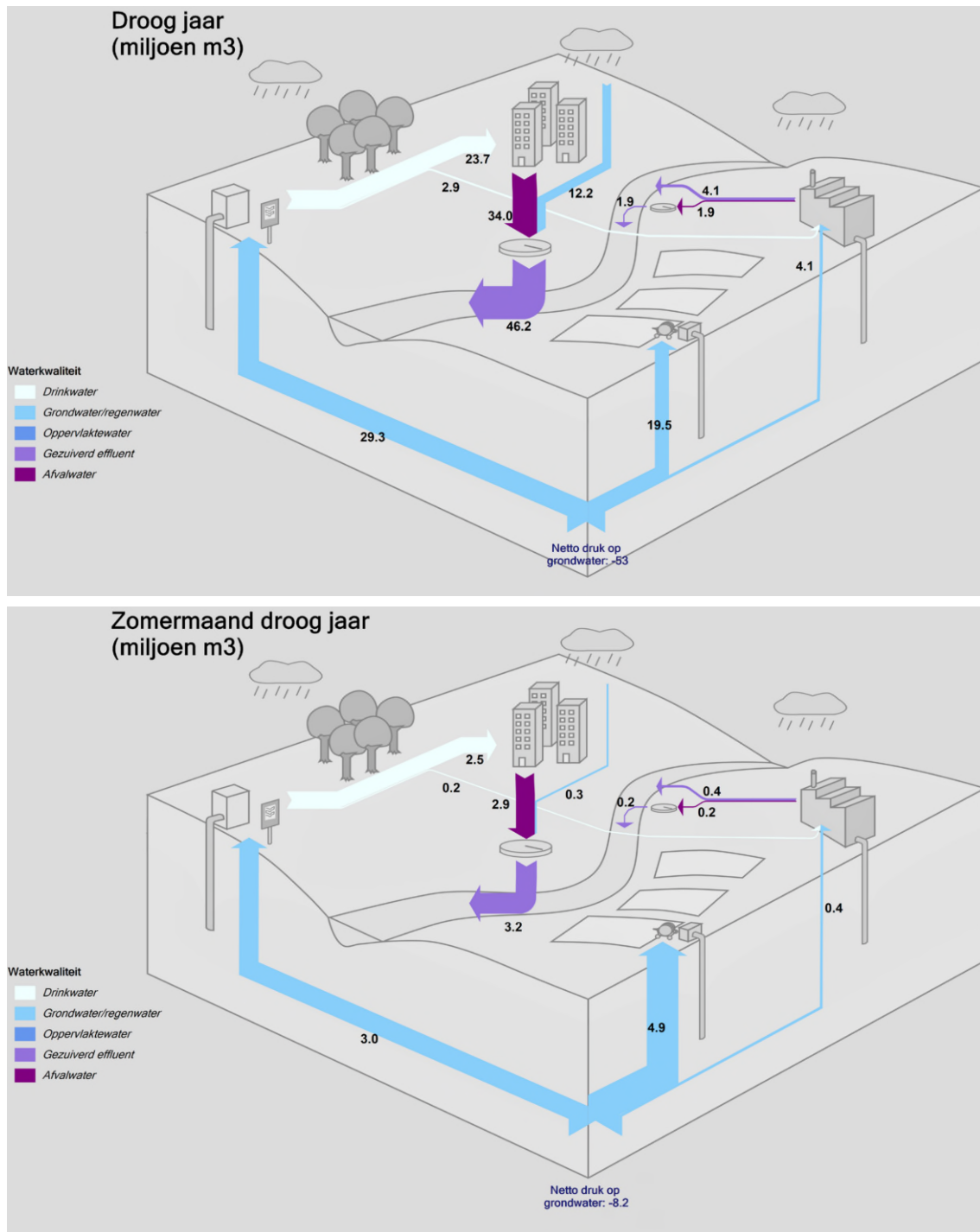
De verwachting is dat onder invloed van klimaatverandering (o.a. drogere zomers) en een toenemende (grond)watervraag, de druk op het grondwater in Hoog Nederland sterk zal toenemen. Om dit toekomstbeeld te schetsen, is een droge referentiesituatie opgesteld die is gebaseerd op het droge jaar 2019. De droge situatie wijkt op een aantal punten af van gemiddelde situatie die hierboven is beschreven: de jaarlijkse watervraag van de landbouw voor beregning is vrijwel verdubbeld (van 10,5M naar 19,5M m³) en de drinkwaterverbruik

is aanzienlijk verhoogd (van 22,1M naar 26,6M m³). Een verdere stijging van het drinkwatergebruik als gevolg van bevolkingsgroei is niet in dit scenario meegenomen. Het totale effluentvolume is vrijwel gelijk aan de gemiddelde situatie, waarbij dezelfde verhouding DWA:RWA op jaarbasis is aangehouden. De watervraag van de industrie is gelijk aan de gemiddelde situatie.

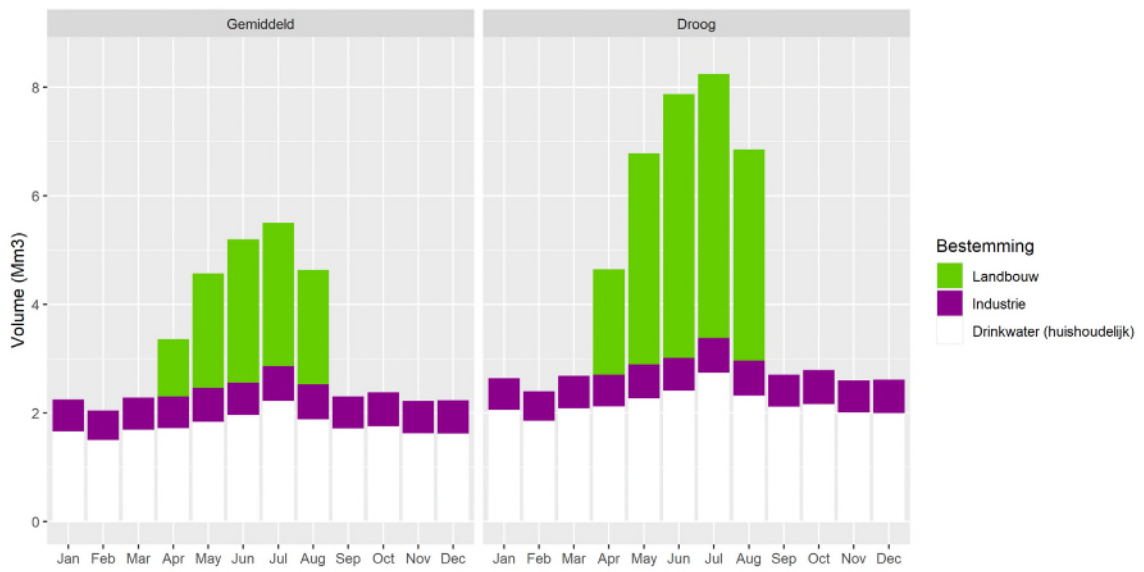
Het Sankey-diagram met een schematische weergave van de waterstromen in een droog jaar is weergegeven in Figuur 3.3 (bovenste paneel). De totale antropogene druk op het grondwater in een droog jaar bedraagt bijna 53M m³ (74 mm), circa 35% hoger dan in de gemiddelde situatie en ongeveer een derde van het jaarlijkse neerslagoverschot. Circa 29M m³ is bestemd voor drinkwaterproductie en circa 19,5M m³ voor beregening in de landbouw. Daarmee is het volume van de landbouwwatervraag ruim twee derde van het volume van drinkwaterproductie, terwijl dit minder dan helft is in de gemiddelde situatie. Het verloop van de grondwateronttrekking gedurende een droog jaar is weergegeven in Figuur 34, rechter grafiek. De maandelijkse druk op het grondwater is buiten het groeiseizoen vrijwel gelijk aan de gemiddelde referentiesituatie, maar neemt sterk toe in de zomermaanden. In de maand juli is de totale grondwateronttrekking berekend op ruim 8M m³ (11,5 mm), bijna drie keer zo hoog als in de wintermaanden. Uit het Sankey-diagram van de maand juli (Figuur 33, onderste paneel) blijkt dat in een zomermaand van een droog jaar de verhouding tussen de waterstromen nog sterker verschilt dan het geval is in de gemiddelde situatie. De landbouwwatervraag voor beregening wordt geschat op bijna 5M m³, ruim 60% van de totale maandelijkse grondwateronttrekking. Merk op dat deze hoeveelheid aanzienlijk hoger is dan de totale hoeveelheid geloosd effluent in de maand (3,4M m³).

De maandelijkse volumes geloosd RWZI-effluent in een droge situatie zijn weergegeven in Figuur 35 (onderste paneel). In vergelijking met de gemiddelde referentiesituatie (bovenste paneel) komt het verschil tussen het zomer- en het winterseizoen duidelijker naar voren als gevolg van het lagere geschatte aandeel RWA. In het casusgebied varieert het maandelijkse effluentvolume van gemiddeld 3,5M m³/maand in de zomer tot 4,5M m³/maand in de winter. Figuur 36 toont de geschatte afvoer in de waterlopen benedenstrooms van de lozingspunten van de RWZI's (droge referentiesituatie aan de rechterkant). Het beeld komt globaal overeen met de gemiddelde referentiesituatie (linkerkant). De bovenstroomse afvoer in de Aa bij Aarle-Rixtel is gemiddeld hoger dan in de gemiddelde situatie, wederom een uitvloeisel van de kunstmatige hydrologische situatie ter plaatse. Hierdoor is het percentage effluent benedenstrooms met gemiddeld 63% lager dan in de gemiddelde referentiesituatie (71%). De natuurlijke afvoer in de Aa bij Asten en de Beekgraaf bij Dinther is in de droge situatie lager dan in de gemiddelde situatie, waardoor het aandeel effluent benedenstrooms hoger is. In de Aa bij Asten varieert dit tussen de 23% (december) en 79% (augustus); in de Beekgraaf bij Dinther varieert dit van 59% (januari) tot 89% (augustus).

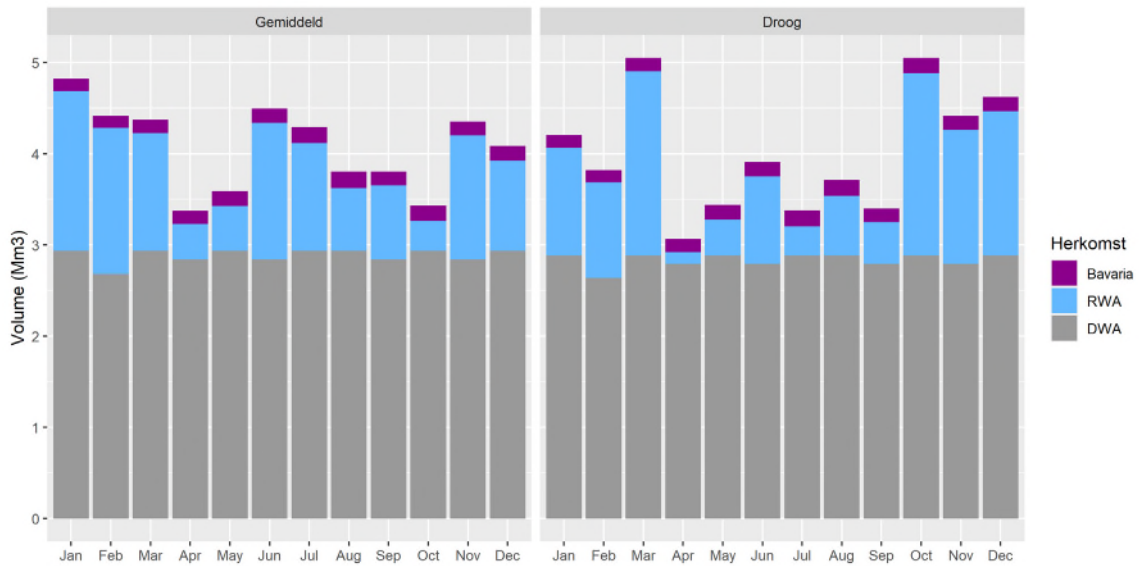
FIGUUR 3.3 SANKEY-DIAGRAMMEN VAN DE WATERSTROMEN IN EEN DROOG JAAR (BOVEN) EN DROGE ZOMERMAAND (ONDER), GEBASEERD OP HET JAAR 2019. VERLIEZEN IN DE DRINKWATERPRODUCTIE (CIRCA 9% OP JAARBASIS) ZIJN NIET ALS APARTE STROOM GEVISUALISEERD



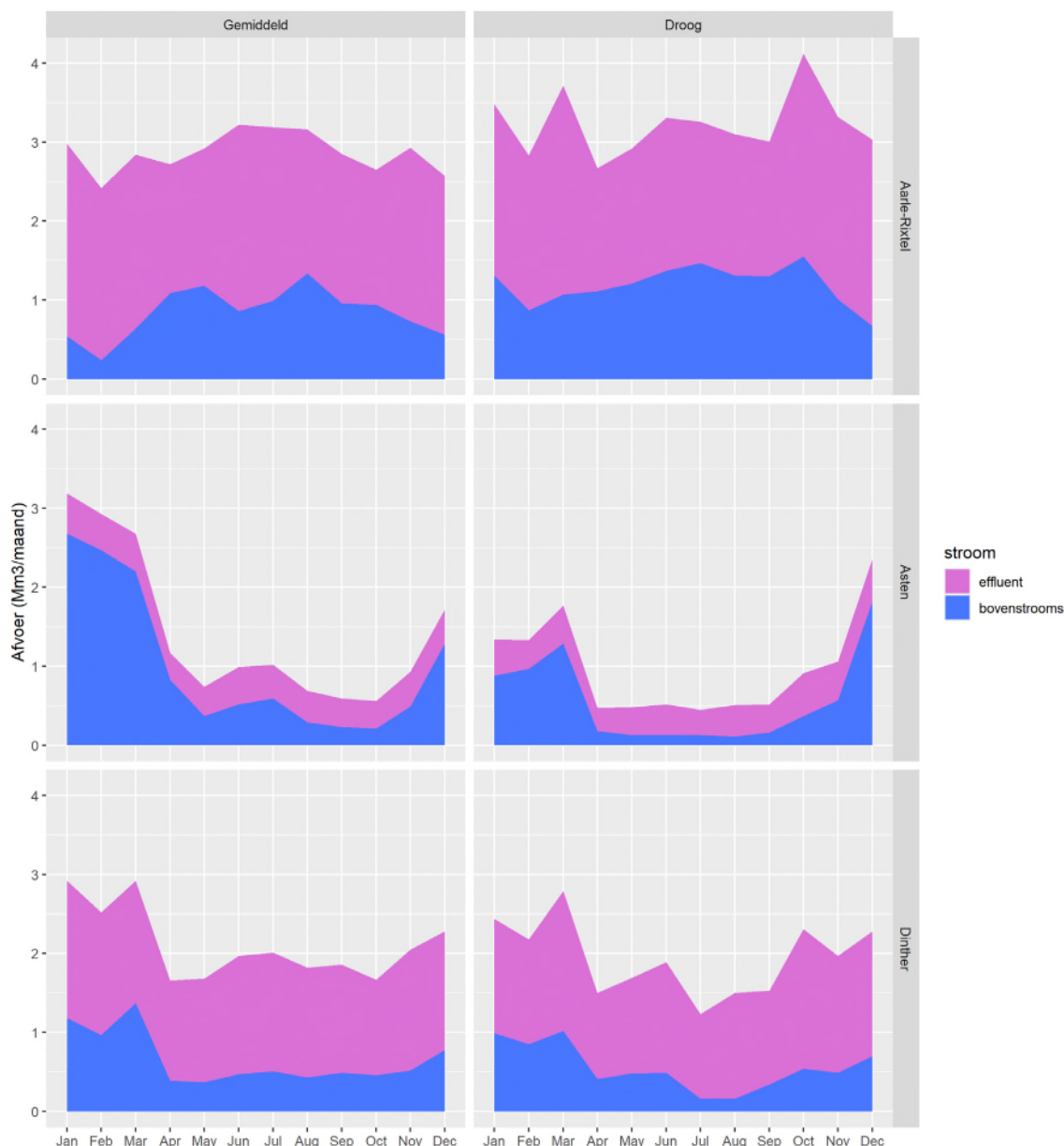
FIGUUR 3.4 BENODIGD GRONDWATER PER SECTOR IN DE GEMIDDELDE (LINKS) EN DROGE REFERENTIESITUATIE (RECHTS). BESTEMMING 'INDUSTRIE' OMVAT ZOWEL GRONDWATER ALS DRINKWATER



FIGUUR 3.5 HERKOMST RWZI-EFFLUENT IN GEMIDDELDE (LINKS) EN DROGE REFERENTIESITUATIE (RECHTS)



FIGUUR 3.6 GESCHAT DEBIET BENEDENSTROOMS VAN DE RWZI-LOZINGSPUNTEN IN EEN GEMIDDELDE (LINKS) EN EEN DROGE REFERENTIESITUATIE (RECHTS), GEBASEERD OP BOVENSTROOMSE DEBIETMETINGEN EN GEMETEN EFFLUENTLOZINGEN



3.5 SCENARIO'S WATERFABRIEK

Uit de resultaten van de referentiesituaties zijn enkele belangrijke conclusies te trekken. Zo is de druk op het grondwater (vanzelfsprekend) het grootst in de zomerperiode, waarbij een aanzienlijk deel van de totale grondwateronttrekking is bestemd voor beregening in de landbouw. Daarnaast is in een droog (toekomstig) jaar de druk in de zomer aanzienlijk groter dan in een gemiddelde (huidige) situatie, vooral als gevolg van de sterk toegenomen vraag uit de landbouw (+9M m³) en ook vanuit drinkwater (+4.5M m³). Tot slot verschilt het aandeel geloosd effluent in de totale waterlopen benedenstrooms van RWZI-lozingspunten per locatie, maar dit aandeel kan aanzienlijk zijn in droge periodes, tot ruim driekwart op sommige locaties in het casusgebied. De vraag naar grondwater neemt dus toe, terwijl de beschikbaarheid van water niet evenredig toeneemt. Dit kan in de toekomst, wanneer de droge situatie naar verwachting vaker voorkomt, tot problemen leiden voor de watervoorziening in de verschillende sectoren en tot toenemende droogte in de natuurlijke omgeving.

Om te onderzoeken hoe de antropogene druk op het grondwater kan worden verminderd, zijn in overleg met Waterschap Aa & Maas drie scenario's uitgewerkt en doorgerekend:

1. Inzet van RWZI-effluent voor de landbouwwatervoorziening ('RWZI naar landbouw');
2. Inzet van effluent voor industriële toepassingen ('RWZI naar industrie');
3. Infiltratie van hemelwaterafvoer voordat het naar de RWZI wordt afgevoerd ('RWA naar grondwater').

De eerste twee scenario's beogen de druk op het grondwater te verminderen door aanpassingen aan de vraagkant door middel van hergebruik van water. Het derde scenario wijkt hierin af doordat het is gericht op het aanbod van water: de aanvoer naar het grondwater wordt vergroot.

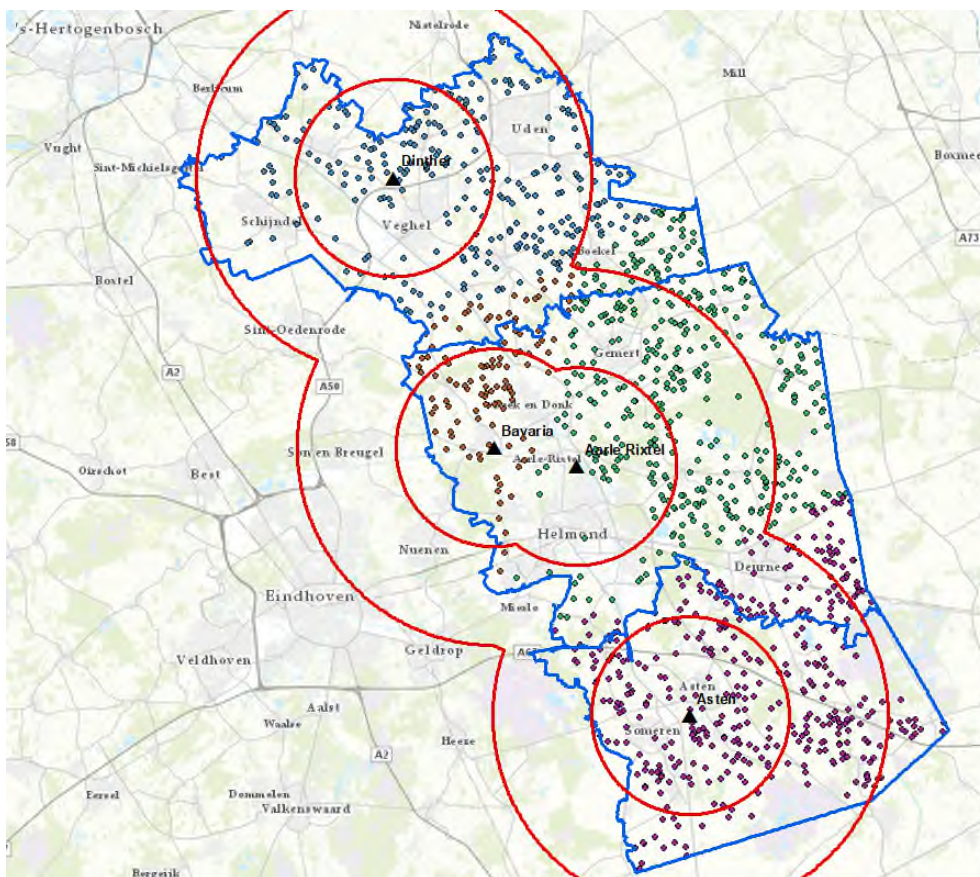
In onderstaande paragrafen worden de drie scenario's nader uitgewerkt. Omdat deze scenario's onderdeel kunnen zijn van een toekomstig pakket aan maatregelen, zijn ze toegepast op de droge referentiesituatie, die in de toekomst naar verwachting vaker zal voorkomen of zelfs de norm zal worden. In de uitwerking ligt de nadruk op de verschillen in grondwateronttrekking tussen het Waterfabriek-scenario en de referentiesituatie. Tevens wordt onderzocht in hoeverre met de inzet van de maatregelen kan worden voldaan aan de watervraag in de desbetreffende sector en tegelijkertijd de druk op het grondwater kan worden verminderd. Tot slot wordt ingegaan op de aandachtspunten en vereisten van het Waterfabriek-scenario met betrekking tot opslag, zuivering, transport en andere aandachtspunten, en op de verwachte invloed op de rest van het watersysteem.

3.5.1 SCENARIO 1 – RWZI NAAR LANDBOUW

De analyses van de referentiesituaties hebben duidelijk gemaakt dat de landbouwwatervraag een substantieel deel van de grondwatervraag uitmaakt in het casusgebied en dat dit deel naar verwachting zal stijgen onder invloed van klimaatverandering. In dit eerste scenario worden de mogelijkheden van hergebruik van RWZI-effluent voor landbouwdoeleinden verkend. In het model in WEAP is de agrarische watervraag gekoppeld aan de afstand tot de meest nabijgelegen RWZI met behulp van drie afstandscategorieën (zie paragraaf 2.4). De koppelingen tussen de landbouw-*nodes* en de desbetreffende RWZI-locaties, die in de modellen van de referentiesituaties al inactief aanwezig waren, zijn voor dit scenario geactiveerd. Gezien de verwachte kosten voor het transport ligt hergebruik van restwater op korte afstand van de bron meer voor de hand. Daarom wordt beschikbaar effluent per RWZI eerst ingezet voor landbouw binnen een straal van 5 km. Effluent dat over is nadat aan die vraag is voldaan, wordt vervolgens ingezet voor de landbouwwraag tussen 5 en 10 km afstand. Indien op een locatie niet aan de volledige watervraag kan worden voldaan, wordt alsnog grondwater onttrokken om het tekort aan te vullen. De aanname is dat transport van restwater over een afstand van meer dan 10 km voorlopig niet rendabel is. In het model is de volledige landbouwwraag op een afstand van meer dan 10 km van alle RWZI-locaties gecombineerd tot één *node*, die voor de watervoorziening geheel afhankelijk is van grondwater. Een illustratie van de ligging van de onttrekkingen, gecombineerd met de RWZI en de afstandscategorie, is gegeven in Figuur 37. Voor het berekenen van de mogelijkheden tot hergebruik is voorlopig geen randvoorwaarde opgelegd voor de maximaal te gebruiken hoeveelheid effluent per RWZI.

FIGUUR 3.7

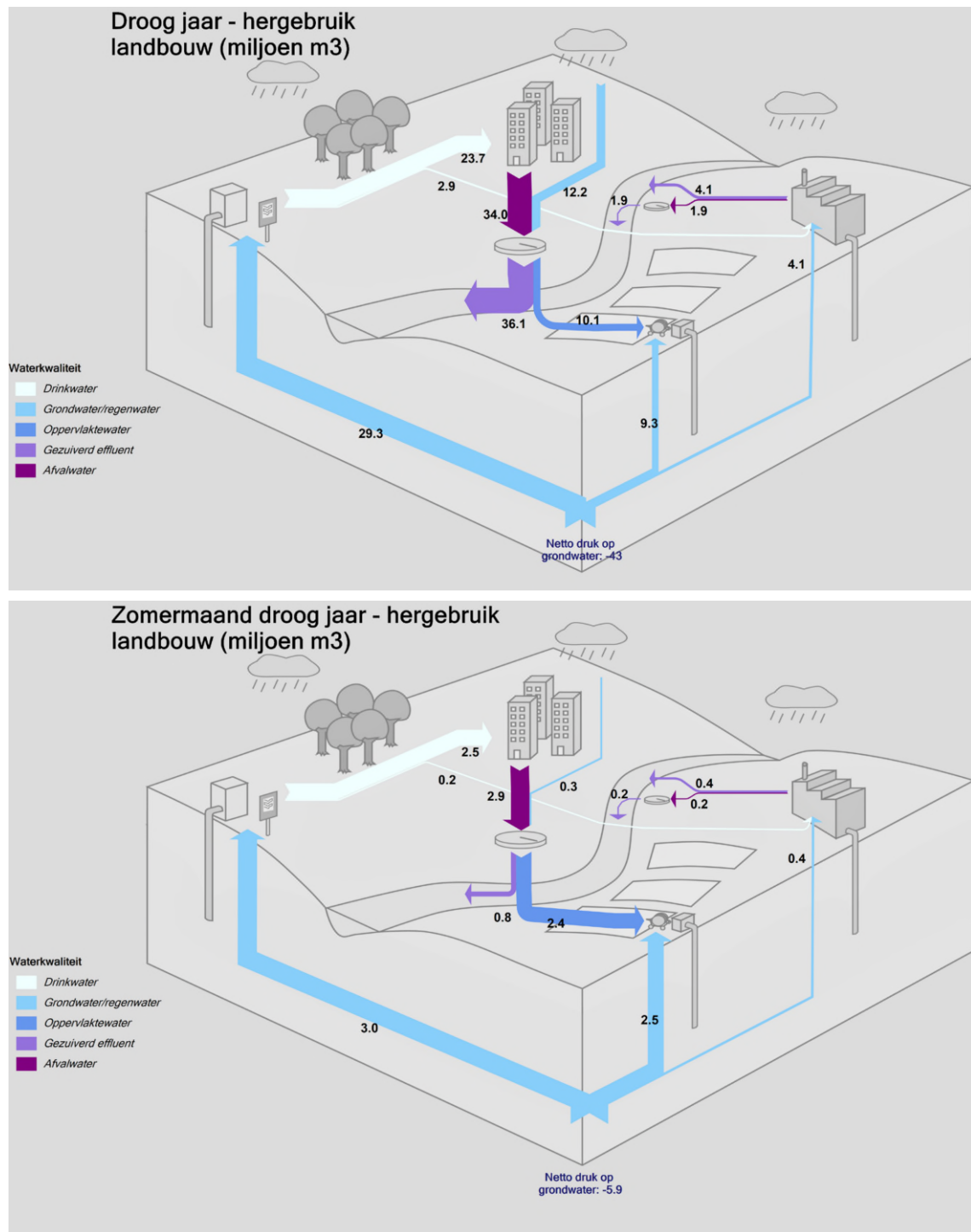
LIGGING VAN DE ONTTREKKINGSLOCATIES VOOR BEREKENING BINNEN DE AFSTANDSCATEGORIE (RODE CIRKELS, 5 EN 10 KM) PER RWZI. DE KLEURSTELLING GEEFT AAN WAT DE DICHTSTBIJZIJNDE RWZI-LOCATIE IS (BLAUW = DINTHER; ROODBRUIN = BAVARIA; GROEN = AARLE-RIXTEL; PAARS = ASTEN)



VERANDERING IN DE GRONDWATERVRAAG: GRONDWATERDRUK DOOR LANDBOUW DAALT MET 50%

De grondwater vraag en de grootte van de waterstromen in dit scenario zijn weergegeven in het bovenste Sankey-diagram in Figuur 3.8. In Figuur 3.9 is de maandelijkse druk op het grondwater weergegeven, verdeeld per sector. In vergelijking met de droge referentiesituatie zonder hergebruik (Figuur 3.4) is de totale druk op het grondwater in het groeiseizoen aanzienlijk afgenomen. De totale grondwater vraag is afgenomen van 52,8M naar 42,7M m³/jaar (74 naar 60 mm), een reductie van bijna 20%. In Figuur 3.10 (links) is te zien dat de totale grondwater vraag van de landbouw in het casusgebied met ruim 50% is afgenomen, op jaarbasis van 19,5M naar 9,3M m³/jaar (vergelijk ook de Sankey-diagrammen in Figuur 3.3 en Figuur 38). In het rechter paneel van Figuur 3.10 is per maand weergegeven waarheen het geproduceerde RWZI-effluent wordt afgevoerd. Hieruit volgt dat in het zomerseizoen een aanzienlijk deel van het effluent in de landbouw wordt hergebruikt. Dit varieert van 39% (april) tot 71% (juli) van het totale effluentvolume (zie ook Figuur 3.8, onderste paneel).

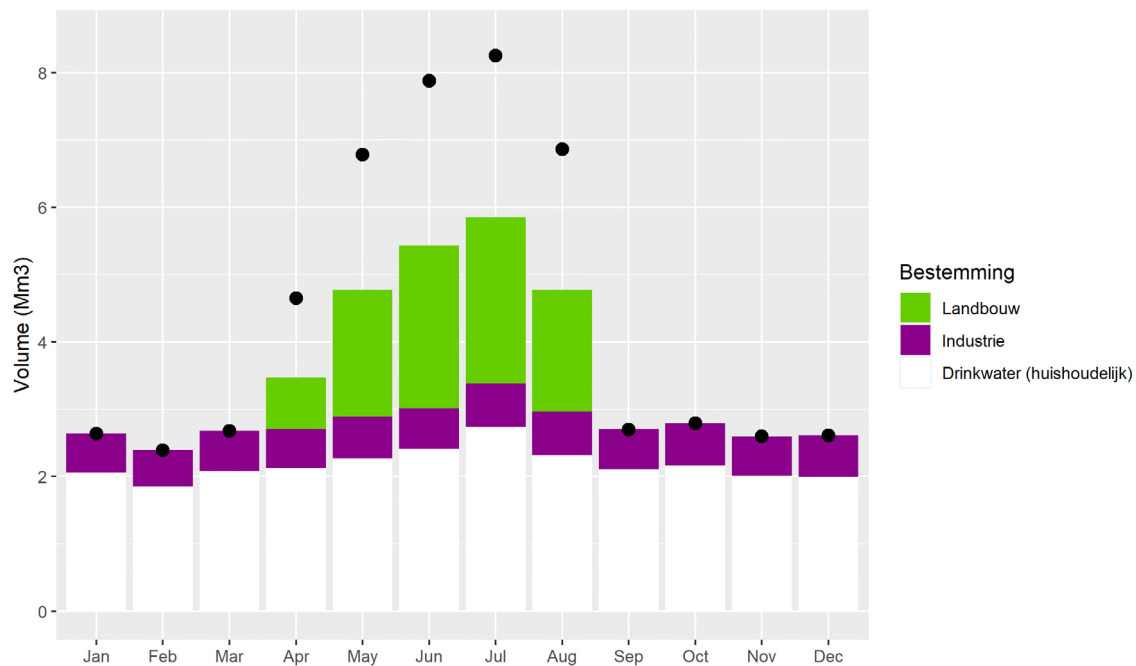
FIGUUR 3.8 SANKEY-DIAGRAMMEN VAN DE WATERSTROMEN IN EEN DROOG JAAR (BOVEN) EN DROGE ZOMERMAAND (ONDER) IN HET EERSTE WATERFABRIEK-SCENARIO (RWZI NAAR LANDBOUW), GEBASEERD OP HET JAAR 2019



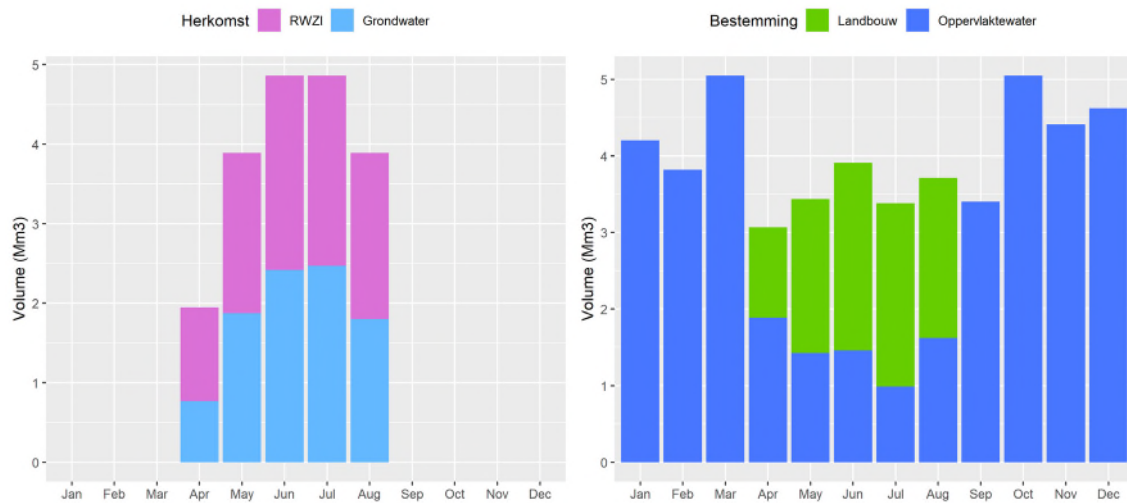
De panelen van Figuur 3.10 tonen gezamenlijk aan dat, hoewel het totale volume effluent in de zomermaanden niet toereikend is voor de gehele landbouwvraag, er toch een substantieel deel van het RWZI-effluent niet wordt hergebruikt. Zo is het 'tekort' in de maand juli ruim 2M m³, maar wordt alsnog circa 1M m³ effluent op het oppervlaktewater geloosd. Uit nadere analyse volgt dat in het casusgebied op jaarbasis circa 4,5M m³ (ruim 1M m³ in de maand juli) landbouwwater nodig is op meer dan 10 km afstand van een RWZI. Doordat op deze afstand geen effluent wordt ingezet, kan de afname van de grondwateraanbod door de landbouw in deze

casus nooit meer dan 15M m³ op jaarbasis zijn (driekwart van de totale vraag in het gebied). Nadere analyse van de modelresultaten leert dat de bijna 5M m³ effluent die ogenschijnlijk ongebruikt wordt geloosd, wordt veroorzaakt door de lokale verschillen in vraag en aanbod per RWZI-locatie. De RWZI's Aarle-Rixtel en Dinther verwerken aanzienlijk meer afvalwater dan de RWZI Asten en IAZI van Bavaria (zie ook paragraaf 3.2.7). Rondom Aarle-Rixtel en Dinther kan in het huidige Waterfabriek-scenario in de volledige landbouw-vraag tot 10 km worden voorzien, waarbij nog effluent overschiet dat vervolgens wordt geloosd. De jaarlijkse landbouwwatervraag rondom RWZI Asten is echter groter dan het jaarlijkse aanbod van effluent op die locatie, zeker wanneer dit wordt beschouwd op maandbasis. Als gevolg hiervan moet voor berekening op 5-10 km afstand, en zelfs voor een deel van de berekening binnen 5 km, gebruik worden gemaakt van grondwater. Eenzelfde situatie treedt op rondom de IAZI van Bavaria, die een relatief klein volume effluent produceert. Voor een deel is deze onbalans ondervangen voorafgaand aan de modellering door landbouwonttrekkingen die binnen 10 km van twee RWZI-locaties liggen, te koppelen aan de RWZI met het grootste volume effluent. Dit heeft de onbalans tussen vraag en aanbod binnen het casusgebied slechts ten dele kunnen opheffen.

FIGUUR 3.9 BENODIGD GRONDWATER PER SECTOR IN HET EERSTE WATERFABRIEK-SCENARIO (RWZI NAAR LANDBOUW), WAARBIJ RWZI-EFFLUENT ZOVEEL MOGELIJK WORDT HERGEBRUIKT VOOR LANDBOUW BINNEN 10 KM VAN DE RWZI-LOCATIES. DE ZWARTE PUNTEN GEVEN DE TOTALE GRONDWATERVRAAG IN DE DROGE REFERENTIESITUATIE ZONDER HERGEBRUIK



FIGUUR 3.10 LINKS: HERKOMST VAN HET BENODIGDE LANDBOUWATER IN HET EERSTE WATERFABRIEK-SCENARIO (RWZI NAAR LANDBOUW) VOOR HET HELE CASUSGEBIED. RECHTS: BESTEMMING VAN HET RWZI-EFFLUENT



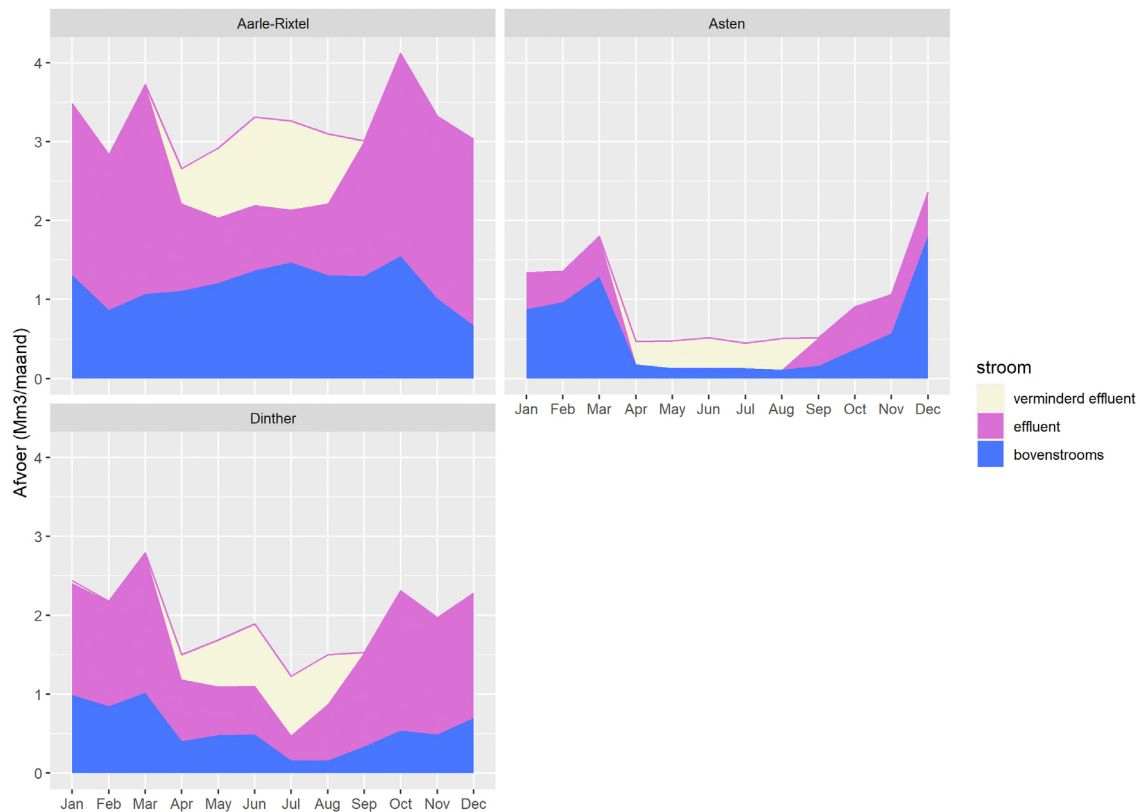
INVLOED OP HET WATERSYSTEEM

Een belangrijk aandachtspunt bij grootschalig hergebruik van effluent is het mogelijke effect ervan op het watersysteem en de omgeving. In hergebruiksscenario's treden substantiële verschuivingen op in de waterstromen, die op andere plekken voor problemen kunnen zorgen. In deze casus, maar dit geldt voor grote delen van Hoog Nederland, wordt in de huidige situatie, zonder maatregelen, al het geproduceerde effluent op het oppervlaktewater geloosd. Deze situatie bestaat vaak al jaren en het lokale watersysteem is inmiddels op het bestaan van deze effluentstroom ingesteld. Bij de behandeling van de referentiescenario's (paragraaf 3.4) is reeds vastgesteld dat de afvoer in waterlopen benedenstrooms van een RWZI voor een groot gedeelte uit effluent bestaat, zeker in een (droge) zomerperiode. In Figuur 3.11 is gevisualiseerd wat het geschatte effect is van de verminderde toevoer van RWZI-effluent op de benedenstroomse afvoer in de waterlopen. Hieruit volgt dat gedurende de zomerperiode de benedenstroomse afvoer naar verwachting lager is, maar dat het effect afhankelijk is van de lokale situatie. Ter plaatse van de RWZI Aarle-Rixtel lijkt het effect van het hergebruik op het watersysteem beperkt: hoewel in de zomermaanden aan de volledige landbouwvraag binnen 10 km van de RWZI wordt voldaan, is de benedenstroomse afvoer nog steeds ongeveer minimaal twee derde van de afvoer (maanden juli en augustus) die optreedt in de situatie zonder hergebruik. Ter plaatse van RWZI Dinther is de benedenstroomse afvoer gedurende het grootste deel van het jaar nog minimaal circa 60% van de afvoer zonder hergebruik. Uitzondering is de maand juli, waarin door hergebruik nog slechts 40% van het oorspronkelijke benedenstroomse debiet overblijft.

Een heel andere situatie treedt op bij RWZI Asten: in de periode april tot augustus wordt de volledige hoeveelheid effluent ingezet voor hergebruik, waardoor het benedenstroomse debiet in de maand augustus afneemt tot iets meer dan 20% van het debiet in de referentiesituatie. Een dusdanig grote verlaging van het debiet heeft waarschijnlijk een negatief effect op het benedenstroomse watersysteem. Dit zou kunnen worden ondervangen door een minimale benedenstroomse afvoer af te spreken: in droge perioden mag alleen effluent worden hergebruikt als het benedenstroomse debiet niet onder deze minimale waarde komt. Als gedachte-experiment is een extra modelrun gedraaid, waarbij dit minimale benedenstroomse debiet bij de drie RWZI's is ingesteld op 50% van het oorspronkelijke benedenstroomse debiet (aangezien geen debietgegevens van de Goorloop bij IAZI Bavaria bekend zijn,

is hier geen minimum afvoer ingesteld). Het gevolg van deze maatregel voor dit casusgebied is dat er ongeveer 680.000 m³/jaar minder effluent kan worden hergebruikt, vrijwel uitsluitend rondom RWZI Asten. De netto druk op het grondwater neemt hierdoor toe van 9,3M naar circa 10M m³/jaar.

FIGUUR 3.11 GESCHATTE AFVOER BENEDENSTROOMS VAN RWZI-LOZINGSPUNT IN HET EERSTE WATERFABRIEK-SCENARIO (RWZI NAAR LANDBOUW), MET HIERIN AANGEGEVEN DE VERMINDERDE AFVOER ALS GEVOLG VAN HERGEBRUIK VAN EFFLUENT, GEBASEERD OP BOVENSTROOMSE DEBIETMETINGEN EN GEMETEN EFFLUENTLOZINGEN



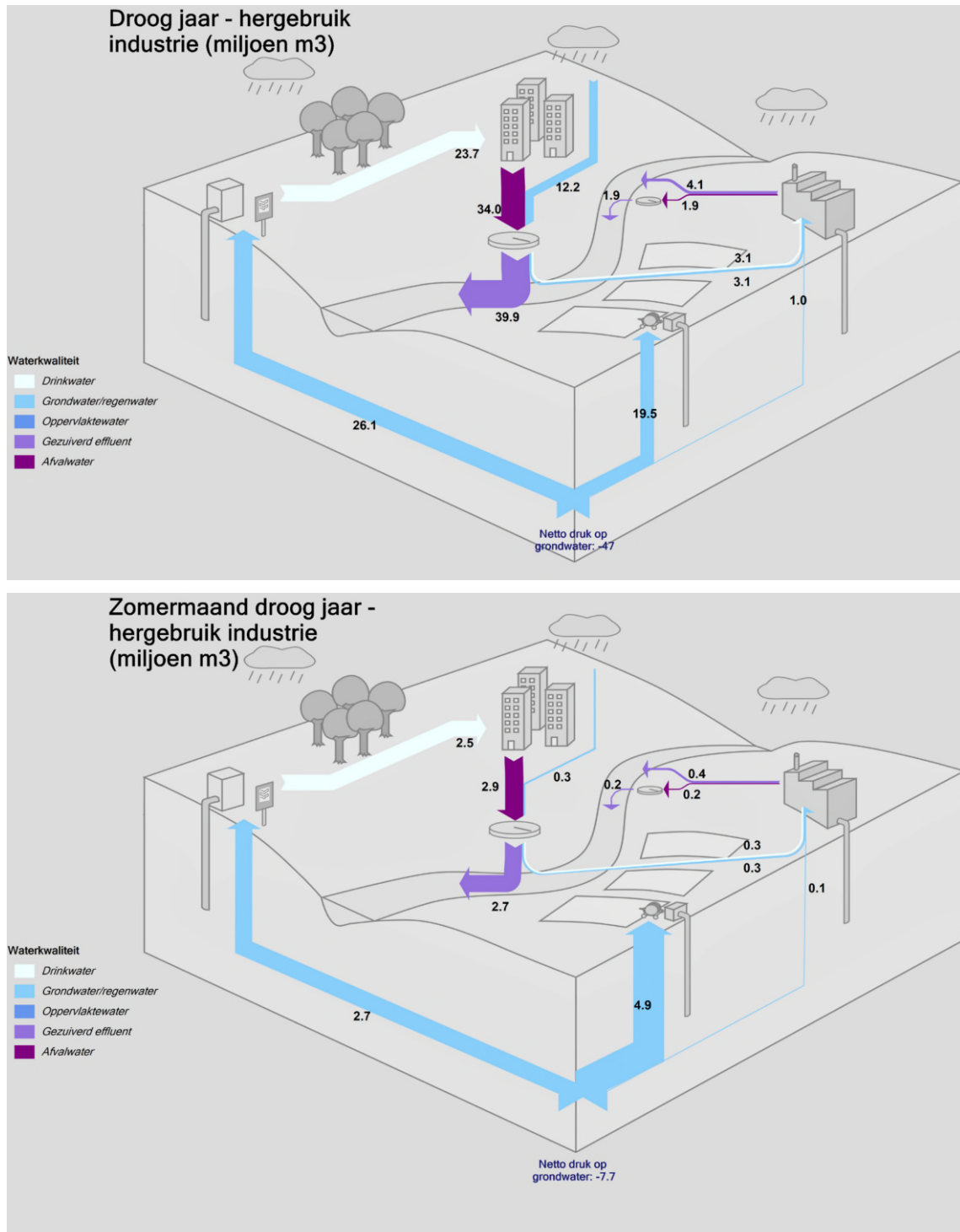
3.5.2 SCENARIO 2 – RWZI NAAR INDUSTRIE

De industriële vraag naar grondwater in het casusgebied bestaat uit twee onderdelen: onttrekking van grondwater op eigen terrein, en verbruik van drinkwater. Deze vraag is vrijwel constant door het jaar heen, evenals de productie van effluent van RWZI's, zodat hergebruik een kansrijke optie is. In dit tweede Waterfabriek-scenario is onderzocht welke afname van de druk op het grondwater mogelijk is in het casusgebied wanneer effluent wordt hergebruikt voor industriële doeleinden. Om de potenties te schetsen, is uitgegaan van een maximaal hergebruikscenario: inzet van effluent voor zowel de grondwater- als de drinkwatervraag. Op dezelfde wijze als in het eerste Waterfabriek-scenario is de industriële watervraag gekoppeld aan de afstand tot de meest nabijgelegen RWZI. Beschikbaar effluent wordt eerst verdeeld over de industriële vraag binnen 5 km van een RWZI en daarna tussen 5 en 10 km. Tevens wordt in dit scenario het effluent van de IAZI van Bavaria hergebruikt op de eigen locatie.

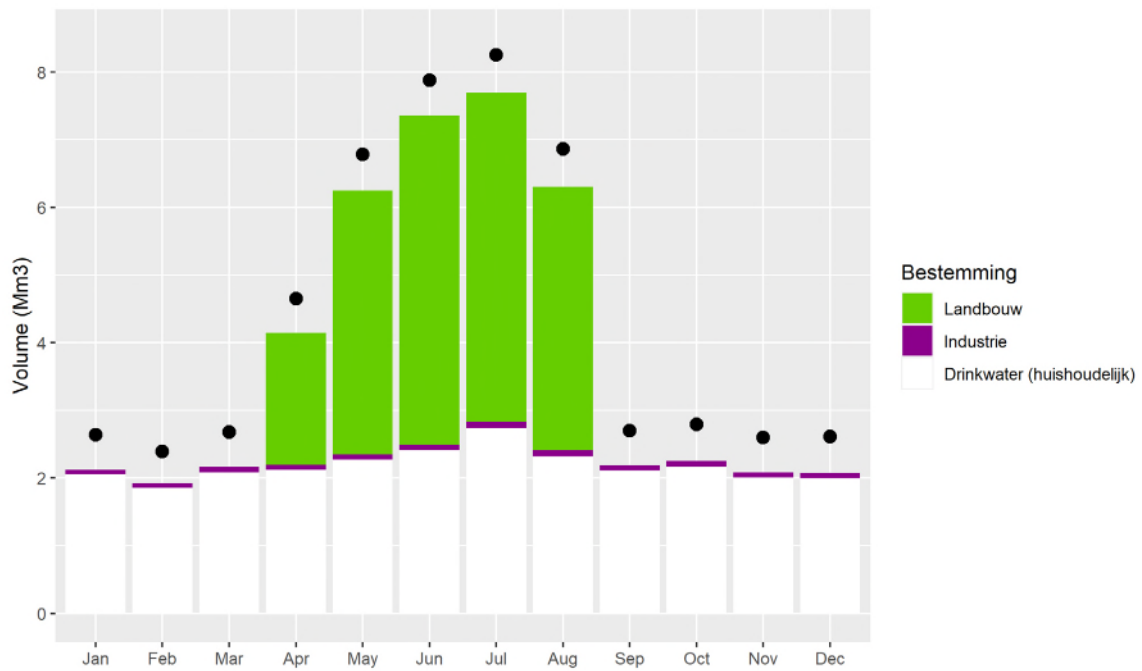
VERANDERING IN DE GRONDWATERVRAAG: DE INDUSTRIËLE GRONDWATERDRUK DAALT MET RUIM 85%

De grondwater vraag en de grootte van de waterstromen in het tweede Waterfabriek-scenario zijn weergegeven in het bovenste Sankey-diagram in Figuur 3.12. In Figuur 3.13 is de maandelijkse druk op het grondwater weergegeven, verdeeld per sector. In vergelijking met de droge referentiesituatie zonder hergebruik (zwarte punten in de grafieken, of zie Figuur 3.4) is de totale druk op het grondwater afgenomen van 52,8M naar 46,5M m³/jaar (74 naar 65 mm), een reductie van bijna 12%. De relatieve afname is het grootst in de winter (19%), maar slechts beperkt in de zomermaand (7% in juli). In Figuur 3.12 en Figuur 3.14 (linker paneel) is te zien dat de totale grondwater vraag van de industrie in het casusgebied sterk is afgenomen, van 7,3M naar bijna 1M m³/jaar, een afname van 87%. De vraag naar drinkwater wordt in het geheel opgevangen door restwater. Het grondwater dat alsnog wordt onttrokken, wordt gebruikt door Bavaria, waar de vraag groter is dan kan worden hergebruikt van de eigen IAZI. In het rechter paneel van Figuur 3.14 is per maand weergegeven waarheen het geproduceerde RWZI-effluent wordt afgevoerd. Hieruit volgt dat gedurende het hele jaar een klein deel van het geloosde effluent (10-16%) wordt hergebruikt, op jaarbasis 13%.

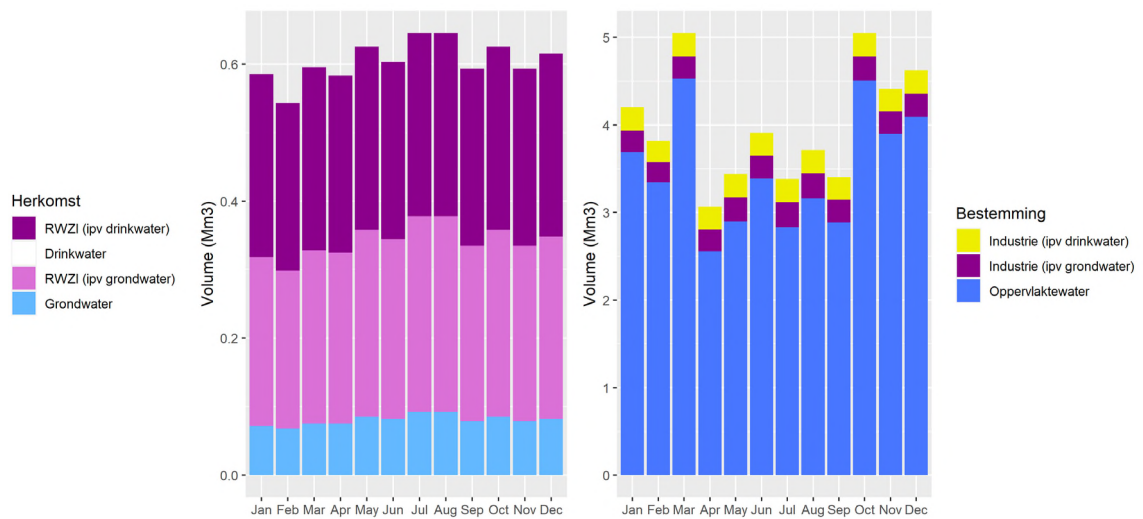
FIGUUR 3.12 SANKEY-DIAGRAMMEN VAN DE WATERSTROMEN IN EEN DROOG JAAR (BOVEN) EN DROGE ZOMERMAAND (ONDER) IN HET TWEEDE WATERFABRIEK-SCENARIO (RWZI NAAR INDUSTRIE), GEBASEERD OP HET JAAR 2019



FIGUUR 3.13 BENODIGD GRONDWATER PER SECTOR IN HET TWEEDE WATERFABRIEK-SCENARIO (RWZI NAAR INDUSTRIE). DE ZWARTE PUNTEN GEVEN DE TOTALE GRONDWATERVRAAG IN DE DROGE REFERENTIESITUATIE ZONDER HERGEBRUIK



FIGUUR 3.14 LINKS: HERKOMST VAN HET BENODIGDE INDUSTRIEWATER IN HET TWEEDE WATERFABRIEK-SCENARIO (RWZI NAAR INDUSTRIE) VOOR HET HELE CASUSGEBIED. RECHTS: BESTEMMING VAN HET RWZI-EFFLUENT



INVLOED OP HET WATERSYSTEEM

Uit bovenstaande analyse is gebleken dat de effluentstroom richting oppervlaktewater grotendeels behouden blijft in het tweede Waterfabriek-scenario: op jaarbasis ruim 85% van de stroom in de droge referentiesituatie (zie ook Figuur 3.14, rechter paneel). De verwachting is dat grootschalig hergebruik van restwater voor industriële doeleinden geen grote negatieve effecten heeft op het lokale watersysteem. Evenals in het scenario 'RWZI naar landbouw' is een extra modelrun gedraaid, met daarin de randvoorwaarde dat 50% van de berekende oorspronkelijke benedenstroomse afvoer behouden moeten blijven. Uit deze extra berekening volgt dat deze voorwaarde niet tot een vermindering van de potentie van hergebruik leidt: het benedenstroomse debiet bij de drie RWZI's bedraagt in alle maanden ruim 50% van het oorspronkelijke debiet.

3.5.3 SCENARIO 3 – RWA NAAR GRONDWATER

De antropogene druk op het grondwater kan op twee manieren worden beperkt: door het reduceren van de grondwatervraag, zoals in de hierboven beschreven scenario's is voorgesteld, of door het vergroten van de toevoer naar het grondwater. Het derde Waterfabriek-scenario wijkt af van bovenstaande hergebruik-scenario's doordat het is gericht op het vergroten van het aanbod van grondwater door infiltratie van RWZI-effluent. In geval van een gemengd rioolstelsel wordt zowel huishoudelijk/kleinzakelijk afvalwater en 'rioolvreemd' water (DWA) als hemelwater van verhard oppervlak (RWA) naar een RWZI afgevoerd. De meeste stedelijke ontwikkelingen worden tegenwoordig voorzien van gescheiden rioolstelsels, waarbij de component hemelwater zo min mogelijk wordt afgevoerd naar een RWZI, maar bijvoorbeeld lokaal wordt geïnfiltreerd als grondwateraanvulling.

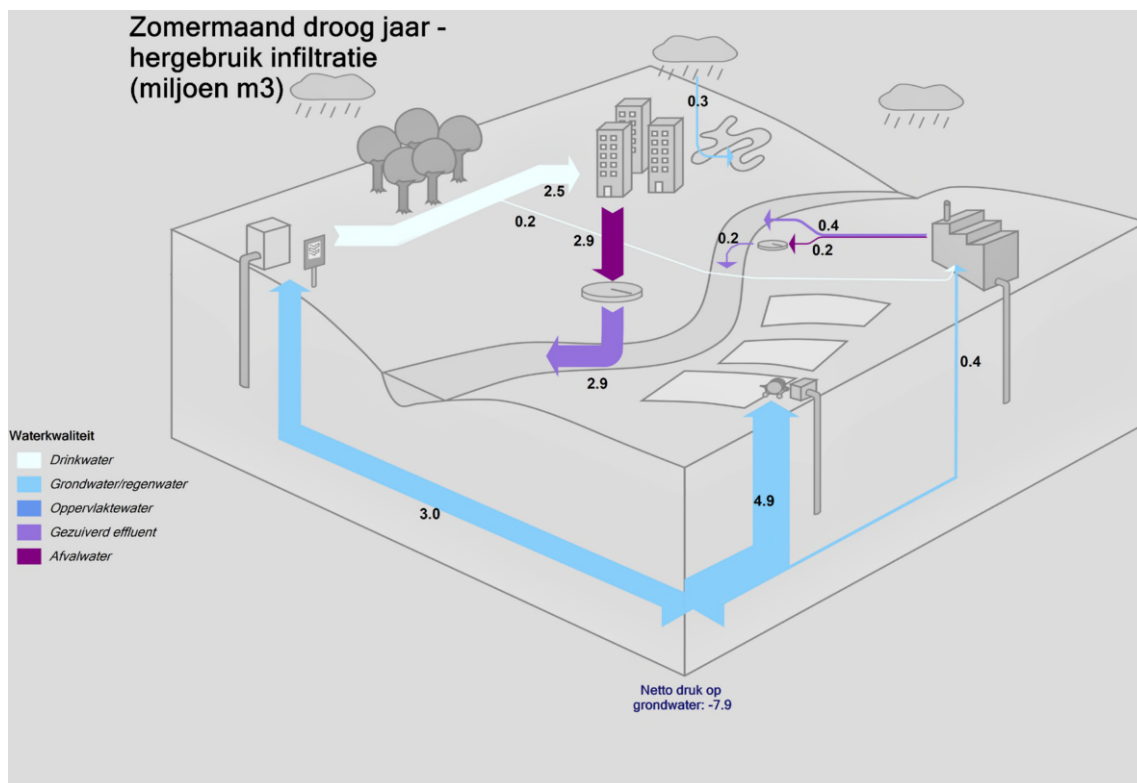
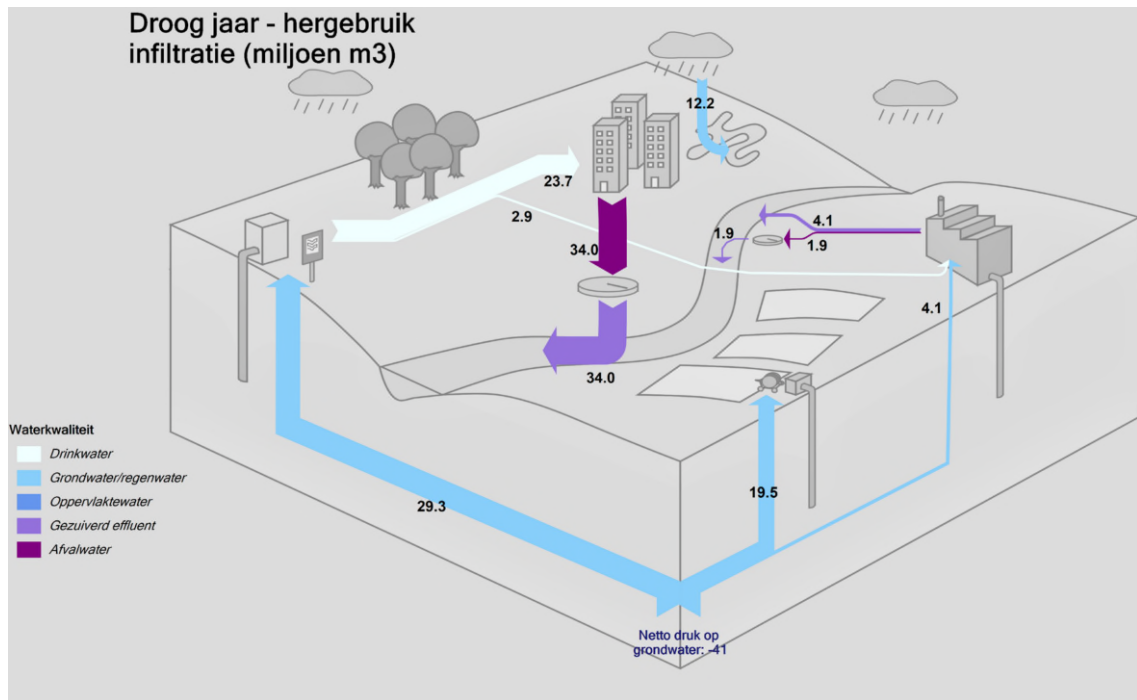
In het derde Waterfabriek-scenario worden de potenties verkend van het volledig infiltreren van de RWA als grondwateraanvulling, om hiermee de druk op het grondwater te compenseren. In het model is hiertoe een *link* toegevoegd die het RWA-deel direct richting het grondwater afvoert en niet naar de RWZI.

VERANDERING IN DE NETTO GRONDWATERDRUK

De totale hoeveelheid RWA die in het casusgebied beschikbaar is in een droge referentiesituatie, wordt ingeschat op 12,2M m³ per jaar. Deze hoeveelheid is ruim 60% van de totale landbouwwatervraag in het casusgebied. De hoeveelheden beschikbaar RWA verschillen door het jaar heen, variërend van 0,13M m³ in april tot 2M m³ in maart en oktober. Daarnaast verschilt de hoeveelheid per RWZI, van 1,8M m³/jaar in Asten tot 6,6M m³/jaar in Aarle-Rixtel.

De netto grondwaterdruk is berekend als de totale grondwatervraag (drinkwater, industrie en landbouw) minus de infiltratie van RWA. De Sankey-diagrammen voor het derde Waterfabriek-scenario zijn opgenomen in Figuur 3.15. In Figuur 3.16 is de maandelijkse netto grondwaterdruk in het scenario 'RWA naar grondwater' vergeleken met de druk in het droge referentiesituatie. Uit de vergelijking volgt dat door het jaar heen de druk op het grondwater met 23% is afgenomen van 52,8M naar 40,6M m³ (74 naar 57 mm). De absolute en relatieve afname is het grootst buiten het zomerseizoen, wanneer de grondwatervraag het kleinst is en het aanbod RWA het grootst. In de maanden maart en oktober is de aanvulling zelfs vrijwel gelijk aan de maandelijkse grondwatervraag. In de zomerperiode is de netto druk rond de 20% afgenomen (zie ook Figuur 315, onderste paneel).

FIGUUR 3.15 SANKEY-DIAGRAMMEN VAN DE WATERSTROMEN IN EEN DROOG JAAR (BOVEN) EN DROGE ZOMERMAAND (ONDER) IN HET DERDE WATERFABRIEK-SCENARIO (RWA NAAR GRONDWATER), GEBASEERD OP HET JAAR 2019



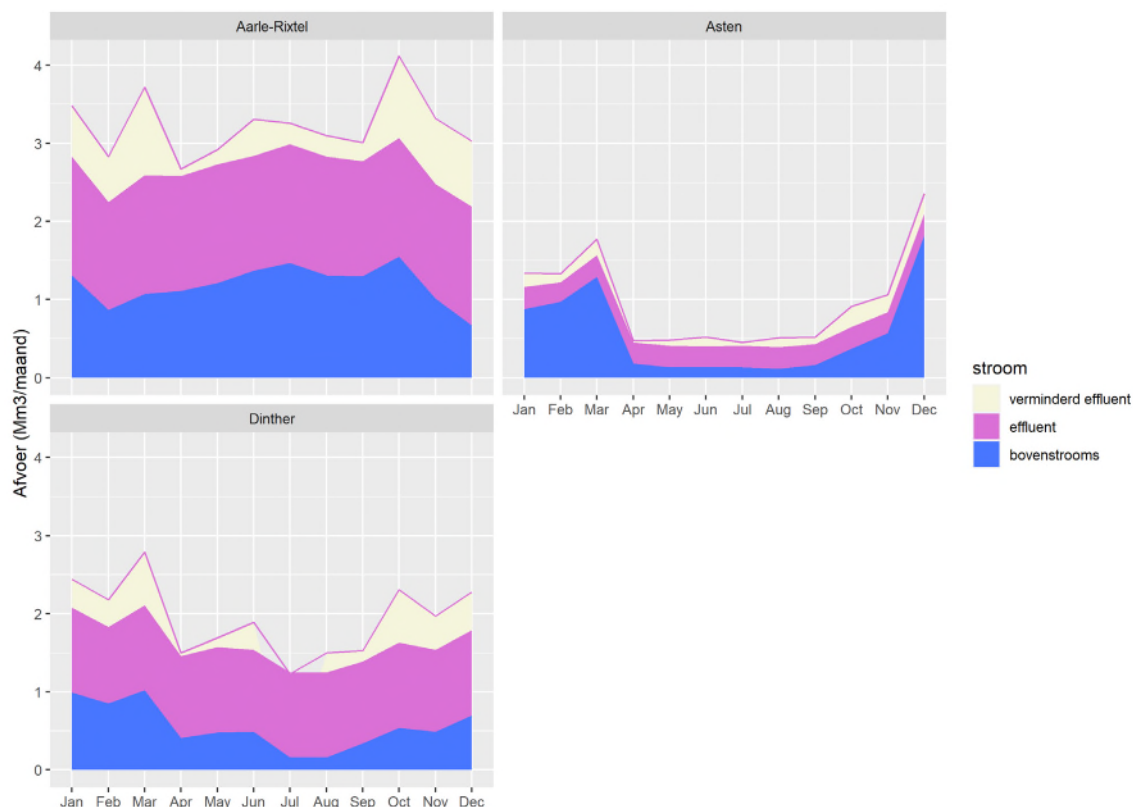
FIGUUR 3.16 TOTALE ANTROPOGENE DRUK OP HET GRONDWATER (DRINKWATER + INDUSTRIE + LANDBOUW) MINUS RWA-INFILTRATIE IN HET DERDE WATERFABRIEK- SCENARIO (RWA NAAR GRONDWATER), VERGELEKEN MET DE DROGE REFERENTIESITUATIE



INVLOED OP HET WATERSYSTEEM

De berekende invloed op de afvoer benedenstrooms van de RWZI-lozingspunten is weergegeven in Figuur 3.17. Hieruit volgt dat de invloed op de benedenstroomse afvoer in het casusgebied, en daarmee op het watersysteem, lijkt mee te vallen. Wanneer net als in de hergebruikscenario's een randvoorwaarde voor de benedenstroomse afvoer van 50% van de oorspronkelijke afvoer wordt ingesteld, dan wordt deze randvoorwaarde in geen enkele maand overschreden. De hoeveelheid geïnfiltererd water is in de meeste maanden aanzienlijk kleiner dan de afvoer van DWA.

FIGUUR 3.17 GESCHATTE AFVOER BENEDENSTROOMS VAN RWZI-LOZINGSPUNT IN HET DERDE WATERFABRIEK-SCENARIO MET HIERIN AANGEGEVEN DE VERMINDERDE AFVOER ALS GEVOLG VAN INFILTRATIE VAN RWA, GEBASEERD OP BOVENSTROOMSE DEBIETMETINGEN EN BEREKENDE EN GEMETEN EFFLUENTLOZINGEN



3.6 DISCUSSIE

Bovenstaande resultaten van de drie hergebruikscenario's illustreren de potenties als het gaat om de hoeveelheid te hergebruiken restwater uit RWZI's. In deze paragraaf worden per scenario de mogelijkheden voor hergebruik puntsgewijs samengevat en wordt ingegaan op de aandachtspunten en eventuele beperkingen.

3.6.1 SCENARIO 1 – RWZI NAAR LANDBOUW

- **Druk op grondwater.** Dit scenario kan op jaarbasis een besparing van circa 50% van de totale grondwatervraag voor beregening door de landbouw opleveren, een reductie van 20% van de totale jaarlijkse druk op het grondwater. In een droge zomermaand, wanneer de landbouwwatervraag naar beregening het grootst is, kan de totale grondwaterdruk zelfs worden verminderd met 32,5%. De reductie verschilt lokaal sterk en hangt af van het verschil tussen vraag naar en aanbod van effluent per RWZI en van de afstand tot de RWZI.
- **Watersysteem.** Het effect op het lokale oppervlaktewatersysteem is sterk afhankelijk van de locatie en de hoeveelheid beschikbaar effluent in vergelijking met de vraag. In het casusgebied is de relatieve afname van geloosd effluent lokaal aanzienlijk (omgeving Asten). Daarbij treedt de afname op in het zomerseizoen, wanneer beekafvoeren doorgaans het laagst zijn. Door geen grondwater te gebruiken voor beregening kunnen grondwaterstanden stijgen ten opzichte van de huidige zomersituatie, hetgeen verdroging als gevolg van lage grondwaterstanden zal verminderen.
- **Natuur.** De invloed op de aquatische natuur is deels afhankelijk van veranderingen in afvoer en zal lokaal verschillen. Een sterke reductie van de watervoerendheid zal een negatief effect hebben op aquatische ecosystemen: de leefruimte wordt beperkt

(minder water), en droogval kan lokaal tot sterfte leiden en de verbinding tussen leefgebieden aantasten of zelfs verbreken. Waterschap Aa & Maas geeft aan dat er momenteel geen concrete richtlijnen zijn met betrekking tot de minimaal benodigde afvoer in waterlopen om de ecologische kwaliteit te behouden (*environmental flows*). Voor grootschalige toepassing van effluenthergebruik op de hoge zandgronden is meer onderzoek vereist naar de wisselwerking tussen aanvoer van effluent, watervoerendheid van beken en ecologische kwaliteit. Tegelijkertijd kan verminderde lozing van effluent een positief effect hebben op de waterkwaliteit van de ontvangende waterlopen door verminderde toevoer van nutriënten. Een goede balans tussen waterkwantiteit en -kwaliteit is belangrijk in de besluitvorming over grootschalig hergebruik. Lagere beekafvoeren kunnen leiden tot lagere grondwaterstanden in het beekdal, wat een negatief effect heeft op grondwaterafhankelijke natuur. Tegelijkertijd kan natuur profiteren van het gebruik van effluent als bron van beregening, doordat de antropogene vraag naar grondwater afneemt en zo de druk op grondwaterafhankelijke natuur vermindert.

- **Kwaliteit.** Effluent moet aan minimale kwaliteitseisen voldoen voordat hergebruik in de landbouw wenselijk is (Cirkel et al., 2017; Dingemans et al., 2020). Momenteel voldoet de kwaliteit van gezuiverd effluent op veel locaties nog niet aan gestelde normen. Aanvullende zuiveringsstappen in het zuiveringsproces moeten zijn gericht op het voorkomen van bodem- en grondwaterverontreiniging en gezondheidsrisico's. Bovengrondse beregening van effluent kan een gezondheidsrisico opleveren voor agrariërs en omwonenden (Cirkel et al., 2017). Het risico van pathogenen kan wellicht worden verminderd door ondergrondse toediening via subirrigatie, waarbij effluent aanvullend wordt gezuiverd via bodempassage; voor subirrigatie is wel meer water nodig dan voor beregening. Het effect en eventuele risico's van bodempassage worden momenteel nader onderzocht in de langjarige proef met subirrigatie in Haaksbergen (Bartholomeus et al., 2017; Narain-Ford et al., 2021; zie ook Bijlage II).
- **Berging.** Bij hergebruik van effluent voor landbouwdoeleinden treedt een *mismatch* van tijd op. De landbouwwatervraag is geconcentreerd in het groeiseizoen, wanneer het aanbod van effluent juist het laagst is, zodat lokaal tekorten optreden. Voor hergebruik op grotere schaal is berging nodig, waarvoor verschillende opties denkbaar zijn. Berging in het oppervlaktewatersysteem is in grote delen van Hoog Nederland niet effectief: het volume van het systeem is ontoereikend en het water wordt onder vrij verval te snel afgevoerd. Opslagbassins kunnen lokaal een uitkomst bieden, maar het benodigde ruimtebeslag is naar verwachting te groot (en daardoor kostbaar) om een substantiële hoeveelheid effluent te kunnen bergen. Daarnaast is bij langdurige bovengrondse opslag de waterkwaliteit (o.a. algengroei) een risico. Ondergrondse opslag lijkt het meest kansrijk gezien de bergingscapaciteit van de ondergrond, hoewel snelle afvoer als gevolg van grondwaterstroming en ontwateringsmaatregelen het terugwinrendement zal beïnvloeden. Daarnaast is het verschil in kwaliteit tussen het infiltratiewater en het grondwater (o.a. nutriënten, ionensamenstelling, microverontreinigingen) een belangrijk aandachtspunt, zodat sterke voorzuivering nodig zal zijn.
- **Transport.** Voor transport van restwater naar de bestemming zou het bestaande oppervlaktewatersysteem kunnen worden gebruikt, eventueel aangevuld met nieuwe waterinfrastructuur. De verwachting is echter dat het oppervlaktewatersysteem in grote delen van Hoog Nederland hier niet geschikt voor is: het netwerk is beperkt en bij afwatering onder vrij verval is bovenstrooms hergebruik van effluent niet mogelijk. Transport via een leidingnetwerk lijkt kansrijk (EFGF, 2019), maar distributie kan complex zijn doordat de landbouwwatervraag sterk diffuus is (niet geconcentreerd op één plek). In Ardoorie, Vlaanderen, zijn echter goede ervaringen opgedaan bij het hergebruik van effluent uit

groenteverwerkend bedrijf Ardo in nabijgelegen landbouwpercelen middels een hogedrukleidingnet⁹.

- **Ruimtegebruik en inpassing.** Dit is afhankelijk van de transportmethode en het tussenliggende landgebruik. Wanneer gebruik kan worden gemaakt van het oppervlaktewater-netwerk, is slechts een beperkte inpassing nodig. Bij de aanleg van extra watergangen is ruimtegebruik wel een aandachtspunt. Gebruik van leidingnetwerken beperkt het ruimtegebruik.
- **Kosten en financiering.** Aanpassingen in het zuiveringsproces zullen kosten met zich meebrengen, naar verwachting tussen de 0,15 en 0,20 €/m³ (EFGF, 2019). De kosten van de distributie van effluent (materiaal, aanleg en het verpompen) zijn een ander belangrijk aandachtspunt (zie ook paragraaf 3.6). In het huidige Waterfabriek-scenario is ervan uitgegaan dat hergebruik binnen een radius van 10 km in de toekomst rendabel kan zijn (EFGF, 2019). Het scenario is nogmaals doorgerekend voor een meer conservatieve verwachting van een maximale afstand van 5 km. In dat geval kan een aanzienlijk kleiner deel van de jaarlijkse landbouwwatervraag worden geleverd door RWZI-effluent, naar verwachting minder dan 25%. De totale grondwaterdruk wordt in dat geval verlaagd met 9% op jaarbasis en 13% in een droge zomermaand in vergelijking met de droge referentiesituatie zonder hergebruik. Uit verkennende casestudies is gebleken dat de kosten tevens afhankelijk zijn van de verpompte hoeveelheid (EFGF, 2019). Een nadere financiële studie (zie ook paragraaf 3.7) kan meer inzicht geven in deze afwegingen. Het is belangrijk te beseffen dat grondwatergebruik voor irrigatie momenteel gratis is, waardoor grootschalig hergebruik door de aanvullende kosten op dit moment niet concurrerend is. De vergelijking zou in de toekomst anders kunnen uitvallen bij veranderingen in het beleid ten aanzien van grondwatergebruik, bijvoorbeeld het instellen van restricties van grondwatergebruik tijdens droogte of een verplichting tot infiltratie als voorwaarde voor onttrekking.
- **Bestuur, beleid en regelgeving.** Direct gebruik van effluent voor bijvoorbeeld beregening is krachtens het Activiteitenbesluit een lozing van een afvalstof en is niet toegestaan (zie ook paragraaf 1.V uit de bijlage). Het bevoegd gezag (in dit geval de gemeente) kan via een maatwerkvoorschrift wel een ontheffing verlenen. Bij de facto hergebruik via oppervlaktewateronttrekking of bij indirect hergebruik via berging in de ondergrond is het Activiteitenbesluit niet van toepassing. Het waterschap is bevoegd gezag voor onttrekking uit grond- en oppervlaktewater en eveneens voor de lozing van gezuiverd effluent op oppervlaktewater. In alle gevallen van hergebruik geldt de zorgplicht om nadelige gevolgen voor milieu zoveel mogelijk te beperken. In mei 2020 is in de EU regelgeving in werking getreden omtrent de minimum vereisten voor waterhergebruik voor landbouwdoeleinden. De indruk is dat kwaliteitseisen niet specifiek genoeg zijn voorgeschreven, maar dat tegelijkertijd vereisten voor monitoring (risicobeheerplan) zwaar en uitgebreid zijn (Dingemans et al., 2018).
- **Maatschappij en perceptie.** Het gebruik van gezuiverd effluent ('rioolwater') voor landbouw (voedselvoorziening) zal voor een deel van de bevolking een negatieve connotatie hebben, zeker bij bovengrondse beregening. Bij subirrigatie speelt dit probleem wellicht minder, zeker als dit met praktijkonderzoek kan worden onderbouwd. Aan de andere kant kunnen mensen positief staan tegenover waterhergebruik (circulariteit) en daarmee gepaard gaande waterbesparing. Goede informatievoorziening, informatie over de toegepaste (aanvullende) zuivering van het effluent, en de vergelijking met de huidige praktijk van gebruik van oppervlaktewater, is raadzaam bij grootschalige toepassing en investeringen.

⁹ <https://www.grensregio.eu/projecten/f2agri-effluent-to-agriculture>

3.6.2 SCENARIO 2 – RWZI NAAR INDUSTRIE

- **Druk op grondwater.** In dit scenario kan de totale jaarlijkse druk op het grondwater met circa 12% worden verminderd, met een reductie in een droge zomermaand van ongeveer 7%. De daling van de industriële grondwatervraag bedraagt ruim 85%. De absolute reductie door het jaar heen is vrij constant door de stabiliteit van vraag en aanbod. In het casusgebied kan de industriële vraag naar drinkwater geheel worden opgevangen met effluent. Uit de berekeningen volgt dat alleen aanvullende grondwateronttrekking nodig is bij Bavaria, aangezien ruim 40% van de onttrokken hoeveelheid niet als effluent wordt geloosd. Aangezien Bavaria op minder dan 5 km afstand van RWZI Aarle-Rixtel ligt, zou dit verschil door deze RWZI kunnen worden opgevangen. In potentie kan dan een vermindering van de grondwaterdruk van ruim 23% worden gerealiseerd. Wanneer wordt gekozen om alleen effluent in te zetten als vervanging voor grondwateronttrekkingen, betekent dit voor het casusgebied dat op jaarbasis ruim 3M m³ effluent minder kan worden hergebruikt (circa 50% minder), waardoor de druk op het grondwater met slechts 6% afneemt.
- **Watersysteem.** De hoeveelheid geloosd effluent neemt maar beperkt af (minder dan 15% afname). In het casusgebied blijft het benedenstroomse debiet ruim boven de 50% van het oorspronkelijke debiet op alle RWZI-locaties. Bij hergebruik in gebieden met veel industrie en navenante watervraag zijn de effecten mogelijk groter.
- **Natuur.** Gezien de relatief geringe maandelijkse afname van het aangevoerde effluentvolume wordt de watervoerendheid maar beperkt beïnvloed. Dit geldt naar verwachting ook voor de aquatische natuur en grondwaterafhankelijke terreinen nabij de waterloop. Wat betreft waterkwaliteit gelden dezelfde overwegingen als voor Scenario 1: een verminderde effluentlozing kan de waterkwaliteit van het ontvangende oppervlaktewater verbeteren. Echter, gezien het relatief kleine percentage hergebruik, is de inschatting dat de effecten op de waterkwaliteit beperkt zullen zijn.
- **Kwaliteit.** De kwaliteit van het beschikbare effluent zal in de meeste gevallen niet voldoen aan de eisen van de ontvangende industrie, hoewel dit sterk afhangt van de beoogde toepassing. Het effluent zal aanvullend gezuiverd moeten worden.
- **Berging.** Naar verwachting is vrijwel geen aanvullende berging nodig, doordat de industriële watervraag en het aanbod van effluent vrij constant zijn door het jaar heen. Tevens overstijgt het aanbod ruimschoots de vraag. Om fluctuaties op dagelijkse basis op te kunnen vangen, zal enige buffering nodig zijn. Dit kan naar verwachting op de industriële locatie worden ingepast, bijvoorbeeld in bassins of opslagtanks. Waterkwaliteit is een aandachtspunt, maar gezien de snelle doorlooptijd zal er geen sprake zijn van langdurig stilstaand effluentwater. Indien het om grotere hoeveelheden gaat, kan worden gedacht aan ondergrondse waterberging met daarbij behorende aanvullende zuivering (zie ook Scenario 3).
- **Transport, ruimtegebruik en inpassing.** Aangezien de industriële watervraag over het algemeen geconcentreerd is op vaste locaties, is meer gericht transport mogelijk dan bijvoorbeeld bij toepassing in de landbouw. Distributie via een buizen- en leidingnet ligt het meest voor de hand. Bij kleinere hoeveelheden kan ook gedacht worden aan transport over de weg.
- **Kosten en financiering.** De kosten voor het produceren van water van proceswaterkwaliteit zijn ingeschat op 0,50-0,60 €/m³ (EFGF, 2019), waarmee het concurreert met de van ultrapuur water wordt gerekend met 0,70-1,00 €/m³, hetgeen eveneens concurreert met huidige toepassingen. Voor beide toepassingen zullen er aanvullende kosten zijn voor het transport van het effluent en eventuele opslag op de locatie (zie ook paragraaf 3.7). Evenals in Scenario 1 geldt dat deze kosten afhankelijk zijn van het verpompt volume, waarbij de prijs per kubieke meter lager zal zijn bij grotere hoeveelheden.

- **Bestuur, beleid en regelgeving.** Direct gebruik van effluent voor beregening of subirrigatie geldt als een lozing en wordt conform het Activiteitenbesluit niet toegestaan (zie ook paragraaf I.V). Het waterschap is bevoegd gezag bij de lozing van effluent op oppervlaktewater (huidige situatie), evenals bij kleinere onttrekkingen uit grond- en oppervlaktewater. Voor grote onttrekkingen ($> 150.000 \text{ m}^3/\text{jaar}$) is een vergunning in het kader van de Waterwet nodig, waarbij de provincie het bevoegd gezag is. Op het water voor de meeste industriële toepassingen is het Drinkwaterbesluit van toepassing, en bij toepassing voor menselijke consumptie ook de Warenwet. Aangezien hergebruik van water in de industrie al regelmatig wordt toegepast, is de benodigde wet- en regelgeving minder complex dan bij toepassing van hergebruik effluent in de landbouw.

3.6.3 SCENARIO 3 – RWA NAAR GRONDWATER

- **Druk op grondwater.** Met het infiltreren van de RWA-component kan in de huidige casus de netto druk op het grondwater als gevolg van menselijk handelen op jaarbasis worden verminderd met ongeveer 22%. Met name in een droog jaar zal het volume RWA in de zomer kleiner zijn dan in de winter; in een droge zomermaand is de berekende reductie circa 4%. Het geïnfilterde volume zal minder zijn wanneer de eerste afvoer (*first flush*) van een regenbui wel naar het riool wordt afgevoerd omwille van de waterkwaliteit (zie 'Waterkwaliteit'). Tevens kan bij extreme buien de infiltratiecapaciteit worden overstegen, waardoor een deel van de bui alsnog via het riool of oppervlaktewater wordt afgevoerd.
- **Watersysteem.** Het effect op het oppervlaktewater lijkt in dit scenario beperkt. In het casusgebied kan bij alle RWZI's gedurende het hele jaar minimaal 50% van de oorspronkelijke benedenstroomse afvoer worden gehandhaafd. De reductie van de effluentstroom is het grootst in het winterseizoen, maar aangezien de natuurlijke afvoer dan doorgaans ook het hoogst is, zal het netto effect beperkt zijn (dit kan anders uitpakken bij een sterk gereguleerde waterloop). Infiltratie van RWA is wel van invloed op het lokale grondwater, met name in en nabij stedelijk gebied, waar de meeste RWA-infiltratie zal plaatsvinden. Grootschalige infiltratie op een beperkt aantal locaties is alleen mogelijk indien de grondwaterstanden op die locatie laag genoeg zijn. Dit geldt met name in de winter, als de te infiltreren hoeveelheid water het hoogst is en het grondwater het minst diep zit. Indien dan te veel water wordt geïnfilterd, kan lokaal vernatting optreden.
- **Natuur.** De invloed op aquatische natuur en grondwaterafhankelijke terreinen in beekdalen wordt beperkt geacht, gezien de beperkte veranderingen in aanvoer naar het oppervlaktewater die bovendien vooral in de winter optreden. Extra grondwateraanvulling kan regionaal tot hogere grondwaterstanden leiden wat een positief effect kan hebben op terrestrische natuur en basisafvoer van beken. Het is daarbij van belang dat de kwaliteit (macrochemie) van het infiltrerende water niet te veel afwijkt van de natuurlijke grondwateraanvulling; de nutriënten en ionensamenstelling van het infiltrerende water werkt namelijk door in de samenstelling van kwelwaterstromen (Van Dooren et al., 2021). Stedelijke natuur zal waarschijnlijk profiteren van de extra toevoer van water en ondiepere grondwaterstanden. Vernatting door te veel infiltratie is een aandachtspunt, bijvoorbeeld voor bomen die slecht gedijen in natte omstandigheden. De aanleg van wadi's en extra oppervlaktewater in steden is goed voor de biodiversiteit in de stad door het ontstaan van extra habitat (oevers, onderwaternatuur).
- **Kwaliteit.** Er zijn geen grote aanpassingen in het zuiveringsproces binnen een RWZI nodig, omdat de RWA-component van het influent al wordt geïnfilterd voor het de RWZI bereikt. Het zuiveringsproces in een RWZI kan worden beïnvloed doordat er minder influent wordt aangevoerd en het aangevoerde afvalwater daardoor sterker geconcentreerd is, waardoor het zuiveringsrendement toeneemt. Een ander aandachtspunt is de kwaliteit

van stedelijk hemelwater dat verontreinigd is door afspoeling van straten. Wanneer dit afstromende hemelwater direct wordt geïnfiltrerd, kunnen deze verontreinigingen in het grondwater terecht komen. Dit kan worden ondervangen door de *first flush* (eerste afvoer na een droge periode) van hemelwater wel via het riool af te voeren naar de RWZI, zoals in de praktijk al op veel plekken wordt toegepast.

- **Berging.** Er is geen grootschalige bovengrondse berging nodig om het infiltrerende hemelwater op te slaan. Wel is het belangrijk dat het watersysteem gericht is op het vasthouden van water in plaats van op snelle afvoer. Bij veel neerslag en piekbuien, zeker op locaties met veel verharding, zal daarom enige vorm van kortstondige berging nodig zijn, maar hiertoe zijn verschillende bewezen oplossingen voorhanden zoals wadi's, infiltratiekragen, waterdaken of *urban waterbuffers* (Zuurbier & Van Dooren, 2019). Bij extreme regenval zal een deel van het te infiltreren water via het oppervlaktewater worden afgevoerd. Het belangrijkste aandachtspunt betreft de ondergrondse waterberging zelf. Dit is alleen mogelijk indien de bodemopbouw geschikt is, dat wil zeggen voldoende doorlatend met weinig tot geen storende kleilagen. Indien de bovengrond/deklaag bestaat uit klei, kan worden gedacht aan verticale zandfiltratie waarbij het te infiltreren water naar grotere diepte wordt geleid (*managed aquifer recharge*).
- **Transport, ruimtegebruik en inpassing.** In veel gevallen zal hemelwater lokaal kunnen worden geïnfiltrerd, zodat geen transport nodig is. Bij de aanleg van bufferende maatregelen zoals infiltratiekragen en wadi's zijn het ruimtegebruik en de inpassing aandachtspunten. In oude stadswijken met weinig openbaar groen zullen de mogelijkheden beperkter zijn dan in nieuwere wijken. Bij nieuwbouwwijken kan in het ontwerp en de aanleg expliciet rekening worden gehouden met ruimte voor infiltratie.
- **Kosten en financiering.** Met de aanleg van een gescheiden rioolstelsel zijn kosten gemoeid. Daarnaast zijn er kosten voor de aanleg van bufferende maatregelen zoals infiltratiekragen en wadi's. Bij nieuwbouw kan worden geïnvesteerd in waterdaken. Infiltratie naar diepere zandlagen kan kostbaarder zijn, doordat moet worden geïnvesteerd in bijvoorbeeld verticale zandfiltratie. Wanneer infiltratie van hemelwater leidt tot minder wateroverlast op straat, kan dit echter ook een besparing opleveren (minder waterschade). Daarnaast kan mogelijk worden bespaard op de dimensionering van het rioolstelsel wanneer dit niet het regenwater hoeft af te voeren. Het afkoppelen van hemelwater van daken is de verantwoordelijkheid van bewoners. Aandachtspunt hierbij is dat de kosten voor particulieren aanzienlijk kunnen zijn.
- **Bestuur, beleid en regelgeving.** Infiltratie van hemelwater wordt op veel plekken al in de praktijk gebracht. De gemeente is de bevoegde instantie rondom riolering. Huiseigenaren zijn verantwoordelijk voor het afkoppelen van regenwater van het dak van hun huis. Afstemmen met de gemeente is hier niettemin een aandachtspunt. Daarnaast is afstemming tussen waterschap en gemeenten nodig indien op grote schaal wordt afgekoppeld en voor tijdelijke berging eventueel oppervlaktewater wordt ingezet. Voor de succesvolle inpassing van hemelwaterinfiltratie in nieuwbouwprojecten kan het belangrijk zijn om beleid te formuleren dat het nemen van dergelijke maatregelen stimuleert.
- **Maatschappij en perceptie.** De maatschappelijke perceptie van hemelwaterinfiltratie zal sterk afhangen van bestaande problemen met water (zowel overlast als droogte). Burgers zullen eerder positief staan tegenover hemelwaterinfiltratie op locaties waar regelmatig wateroverlast of riooloverstorten optreden als gevolg van piekbuien. Tevens kan de aanleg van extra groene ruimte in de vorm van wadi's en vijvers het leefklimaat in stedelijk gebied versterken. De beeldvorming kan negatief worden beïnvloed als maatregelen veel kosten voor particulieren opleveren, of als te veel infiltratie voor problemen met vernatting zorgt.

3.6.4 SYNTHESE

Een samenvatting van de discussie van de drie scenario's is opgenomen in Tabel 31.

TABEL 3.1 SAMENVATTING VAN DE DRIE WATERFABRIEK-SCENARIO'S

	Referentie – droog	RWZI naar landbouw	RWZI naar industrie	RWA naar grondwater
Verminderde jaarlijkse grondwatervraag door sector in kwestie (%)		-50%	-85%	
Druk op grondwater – jaar (mln m ³)	52,8	42,7 -20%	46,5 -12%	41 -22%
Druk op grondwater – zomermaand (mln m ³)	8,2	5,9 -28%	7,7 -6%	7,9 -4%
Watersysteem		Lokaal sterke afname van beekafvoer in zomer. Positief effect op grondwaterstanden	Beperkt effect vanwege beperkte volumeafname	Beperkte verlaging oppervlaktewater. Lokale verhoging grondwaterstand
Natuur		Negatief effect op aquatische natuur; positief op grondwater-afhankelijke natuur. Verbeterde waterkwaliteit oppervlaktewater	Beperkt effect. Verbeterde waterkwaliteit oppervlaktewater	Beperkt, vooral buiten zomerseizoen. Positief effect op grondwater-afhankelijke natuur. Versterking stedelijke natuur mogelijk
Kwaliteit		Zuivering gericht op voorkomen bodemverontreiniging en risico's gezondheid	Voor meeste toepassingen verdere zuivering vereist.	<i>First flush</i> naar RWZI en influent RWZI's wordt sterker geconcentreerd
Berging		Mismatch in tijd; berging nodig voor groter hergebruik (ondergrond?)	Geen aanvullende berging nodig in watersysteem. Mogelijk wel lokaal bij de industrie voor opvang dagritme	Tijdelijke opslag van piekbuien (wadi's, infiltratiekragen). Voldoende opslagcapaciteit in ondergrond?
Transport		Distributie relatief complex	Gericht transport mogelijk.	Lokale oplossingen mogelijk
Ruimtegebruik/ inpassing		Via buizenstelsel of via oppervlaktewater	Via buizenstelsel	Bij nieuwbouw goed inpasbaar; complexer in oude stadsdelen
Kosten		Kosten voor irrigatiewater. Alleen concurrerend bij restricties grondwatergebruik	Afhankelijk van afstand en zuiveringsbehoefte; in principe concurrerend met drinkwater	Bij nieuwbouw beperkte kosten; besparing mogelijk bij beperking overlast. Kosten voor particulieren?
Beleid en regelgeving		Afvalstof of grondstof? EU-richtlijnen voor hergebruik in landbouw	Drinkwaterwet	Gemeentelijk beleid. Mogelijk afstemming en stimulerende regelingen nodig
Maatschappij en perceptie		Mogelijk negatief i.r.t. voedsel. Voorlichting belangrijk	-	Afhankelijk van bestaande problemen en kosten. Versterking publieke ruimte

3.7 SYSTEEMOPTIMALISATIE EN KOSTEN-BATEN ANALYSE CASUS 1

Dit onderdeel van het rapport is geschreven door Duska Disselhoff, oprichter en directeur van Frontier Ventures BV.

Op basis van de gegevens uit bovenstaande analyse, aangevuld met diverse kosten kentallen, kan inzicht worden gegeven in de beste systeemoplossing voor het betreffende casusgebied. De door het AquaVest model gegenereerde resultaten zijn in onderstaand hoofdstuk weergegeven.

3.7.1 INTRODUCTIE AQUAVEST

AquaVest is een tool dat bijdraagt aan de betaalbaarheid van watertransitiepaden. AquaVest heeft een unieke aanpak: het model wordt gevoed met een doelstelling (bijv. voldoen aan de vraag naar water bij een vooraf gedefinieerde reductie van het totale jaarlijkse volume aan grondwateronttrekking), met alle afhankelijkheden tussen de spelers in de waterketen, en met de investeringsopties om tot een (meer) circulair watersysteem te komen. Het model kan geautomatiseerd alle combinaties en permutaties van maatregelen door de tijd heen (bijvoorbeeld 2020 - 2040) vergelijken en vindt daardoor de best passende systeemoplossing tegen de laagste kosten (de hoogste Net Present Value van de marge). De systeemoplossing, bestaande uit de benodigde infrastructuur voor waterzuivering, watertransport en waterslag, wordt vervolgens vertaald in een lange termijn investeringsstrategie ofwel “transitiepad”. Eerdere toepassingen van het algoritme hebben aangetoond dat het “integraal” meenemen van kosten in de optimalisatie van systeemoplossingen leidt tot hoge CAPEX-besparingen.

AquaVest kan op meerdere “niveaus” worden ingezet:

- *Systeemoptimalisaties*

Hierbij wordt, op basis van het bestaande watersysteem, gekeken welke investeringen gedaan zouden moeten worden om de doelstelling (bijv. voldoen aan de vraag naar water bij een vooraf gedefinieerde reductie van het totale jaarlijkse volume aan grondwateronttrekking) te realiseren. De doelstelling verandert in dit geval niet in de tijd (geen verwachte verandering in vraag en aanbod van water, geen beleidsveranderingen, etc.) en het model genereert een systeemoplossing waarvan de jaarlijks terugkerende kosten (CAPEX + OPEX) constant zijn.

- *Transitieplanning (bijvoorbeeld 2020-2040)*

Hierbij worden meerdere toekomstscenario's verkend, bijvoorbeeld betreffende veranderingen in vraag en aanbod. Ook worden beleidsontwikkelingen vaak meegenomen (het uitzetten van beleid over tijd), waarbij de financiële prikkel op systeemniveau wordt doorgerekend. AquaVest genereert een systeemoplossing per scenario rekening houdend met de verschillende variabelen en onzekerheden die inherent zijn aan transitieplanning. Er wordt een investeringsstrategie in water infrastructuur ontwikkeld die robuust, betaalbaar en adaptief is.

- *Pain-gain sharing*

Hierbij ligt de nadruk op het ontwikkelen van investeringsproposities waarbij de investeringskosten redelijkerwijs over de betrokken sectoren (huishoudens, industrie, natuur, landbouw, etc.) worden verdeeld. AquaVest ondersteunt de ontwikkeling van cross-sectorale business proposities waarbij, per stakeholder en per scenario, wordt gekeken naar de kosten en baten. Met AquaVest kunnen opties voor het verbeteren van de business propositie snel op systeemniveau worden doorgerekend.

3.7.2 TOEPASSING AQUAVEST VOOR SYSTEEMOPTIMALISATIE

AquaVest is binnen dit project toegepast voor de ontwikkeling van een systeemoptimalisatie voor de casus – Hoog Nederland (Aa & Maas). Het topologiekaartje in Figuur 3.18 geeft een overzicht van het casusgebied.

Het doorrekenen van verschillende scenario's, het ontwikkelen van een robuust en adaptief watertransitieplan en het uitvoeren van een pain-gain sharing analyse zijn onderdeel van een mogelijke vervolgstudie.

AquaVest is toegepast om de optimale systeemoplossing (bestaande uit investeringen in waterzuivering en transport) te identificeren ervan uitgaande dat het aanbod van grondwater in de toekomst sterk vermindert.

Er is in deze studie niet gekeken naar mogelijkheden om regenwater af te koppelen en te infiltreren in de bodem voor grondwatertaanvulling (scenario 3 – RWA naar grondwater). Dit kan wel gemodelleerd worden in AquaVest maar deze mogelijkheid was op het moment van de studie nog niet ver genoeg uitgewerkt om naar concrete investeringsopties vertaald te kunnen worden.

De centrale vraag in deze studie was:

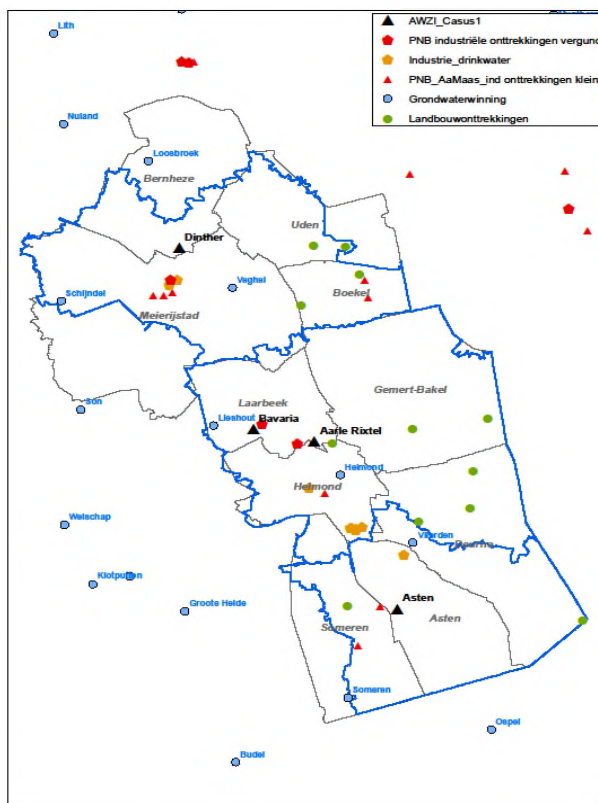
“Hoe kan, bij een vooraf gedefinieerde beperking op het grondwatergebruik, het effluent vanuit vier afvalwaterzuiveringsinstallaties (drie RWZI's en één industriële AWZI) het beste worden ingezet om aan de vraag naar water vanuit de huishoudens, de landbouwgebieden en de industrieën te voldoen? En wat zijn de kosten en baten daarvan?”

DOELSTELLING

Het doel van dit project is om het grondwatergebruik en drinkwatergebruik vanuit de landbouwgebieden en industrieën te reduceren door inzet van effluent met een gelijkwaardige kwaliteit. De studie betreft het slim koppelen van vraag en aanbod, rekening houdend met de transportafstand. Zie Figuur 3.18:

- Het effluent kan geleverd worden door drie RWZI's (Aarle-Rixtel, Dinther, Asten) en één AWZI (Bavaria). De volumes die vrijkomen uit deze zuiveringen zijn zoals eerder in het rapport aangegeven.
- De beregeningsvraag vanuit de landbouw treedt op in de maanden van april tot en met augustus. Buiten deze maanden is er dus geen behoefte aan effluent. De verdeling van de beregeningsvraag over de maanden april tot en met augustus is zoals eerder in het rapport aangegeven.
- De innames van grondwater en drinkwater vanuit de industrie zijn constant door het jaar heen.

FIGUUR 3.18 HET CASUSGEBIED MET LANDBOUWGBIEDEN (GROENE BOLLETJES), MET INDUSTRIEËN MET GRONDWATERGEBRUIK (RODE VIJFHOEKEN) EN MET INDUSTRIEËN MET DRINKWATERGEBRUIK (ORANJE VIJFHOEKEN)



3.7.3 UITGANGSPUNTEN

Hieronder worden de belangrijkste uitgangspunten van de studie beschreven.

OPZET VAN DE STUDIE

Om de centrale vraag zo goed mogelijk te kunnen beantwoorden zijn er 3 cases geformuleerd. De cases corresponderen met de mate waarin de druk op het grondwatersysteem kan worden verlaagd door inzet van effluent ter vervanging van grondwater.

- Case 1: Het reduceren van de totale grondwateronttrekking met 5mln m³ per jaar
- Case 2: Het reduceren van de totale grondwateronttrekking met 10mln m³ per jaar
- Case 3: Het reduceren van de totale grondwateronttrekking met 15mln m³ per jaar

INPUT DATA

Deze studie is uitgevoerd op basis van data afkomstig van Waterschap Aa en Maas en drinkwaterbedrijf Brabant Water. De input data bestaat uit gedetailleerde overzichten van de vraag naar water vanuit de verschillende sectoren (huishoudens, landbouw, industrie) en het aanbod van water vanuit de verschillende RWZI's. Het AquaVest model is gebouwd op basis van data voor het referentiejaar 2019 (de droge referentiesituatie), die in de toekomst naar verwachting vaker zal voorkomen. Er is, waar nodig, gerekend met maandgemiddelden in vraag en aanbod. Bij gebrek aan data zijn er aannames gemaakt op basis van vuistregels.

ALGEMENE AANNAMES

- Het effluent heeft een kwaliteit equivalent aan grondwater (“Eff3”) of drinkwater (“Eff4”); de daadwerkelijke kwaliteitseisen van het effluent hangen erg af van de toepassing. Zeker binnen de industrie zijn er uiteenlopende toepassingen die verschillende eisen stellen aan het effluent. Omdat er geen waterprofielen beschikbaar zijn van de processen binnen de industriële assets is in deze studie uitgegaan dat grondwater vervangen kan worden door “Effluent 3” en drinkwater door “Effluent 4”. Zowel effluent 3 als effluent 4 zijn bedoeld als proceswater (voor niet-consumptieve toepassingen).
- “Effluent 3” (equivalent grondwater) heeft 1 extra zuiveringsstap nodig
- “Effluent 4” (equivalent drinkwater) heeft 2 extra zuiveringsstappen nodig

BELANGRIJKSTE RANDVOORWAARDEN/AANNAMES

- De maximale inzet van effluent door het jaar heen bedraagt 70% voor alle RWZI's; voor het behouden van de watervoerendheid van de waterlopen benedenstrooms van de RWZI's is gekozen voor een maximale inzet van effluent door het jaar heen. Deze randvoorwaarde kan naar wens in het model worden aangepast en kan ook per RWZI en op maandbasis worden ingegeven.
- De maximale vervanging van het drinkwatergebruik door effluent bij de industrie bedraagt 60%; dit percentage reflecteert het niet-consumptieve deel van het drinkwatergebruik. Er is vanuit gegaan dat niet al het drinkwater dat wordt ingenomen door de industrie vervangen kan worden door effluent. Een groot deel van het drinkwater wordt namelijk geconsumeerd (40%).

AANNAMES BETREFFENDE DE KOSTEN

Figuur 3.19 geeft een overzicht van de vuistregels betreffende de investeringskosten (CAPEX) en operationele kosten (OPEX) die ten grondslag liggen aan de berekening van de systeemkosten (CAPEX + OPEX over tijd). Deze vuistregels kunnen naar wens in het model worden aangepast.

FIGUUR 3.19

OVERZICHT AANNAMES KOSTEN

Extra zuiveringsstappen	
CAPEX (1-5mln m ³ per jaar)	
Opwerking naar grondwaterkwaliteit (“Eff3”)	€ 20k per m ³ per uur
Opwerking naar drinkwaterkwaliteit (“Eff4”)	€ 25k per m ³ per uur
<1mln m ³ per jaar: 120%, >5mln m ³ per jaar: 80%	
OPEX	
Opwerken naar grondwaterkwaliteit (“Eff3”)	€ 0,20 per m ³
Opwerken naar drinkwaterkwaliteit (“Eff4”)	€ 0,45 per m ³
Pijpleidingen	
CAPEX	
> 1km	€ 1,1mln per km (+10% pompkosten)
< 1km	€ 1mln per km
OPEX	
Zie boekje waterfabriek	
Overige kostenposten (OPEX)	
Grondwaterheffing	€ 0,019 per m ³
Productie drinkwater uit grondwater	€ 0,25 per m ³
Prijs drinkwater	€ 0,50 per m ³
Lozingsheffing	€ 0,15 per m ³

FINANCIERINGSSTRATEGIE

De investeringskosten (CAPEX) worden over 20 jaren gefinancierd via een annuïteitenlening van 2% met maandelijkse betalingen. De volgende aannames zijn gedaan met betrekking tot de financieringsstrategie:

- Verdisconteringspercentage: 3,5%
- Annuïteiten percentage: 2%
- Looptijd: 20 jaar

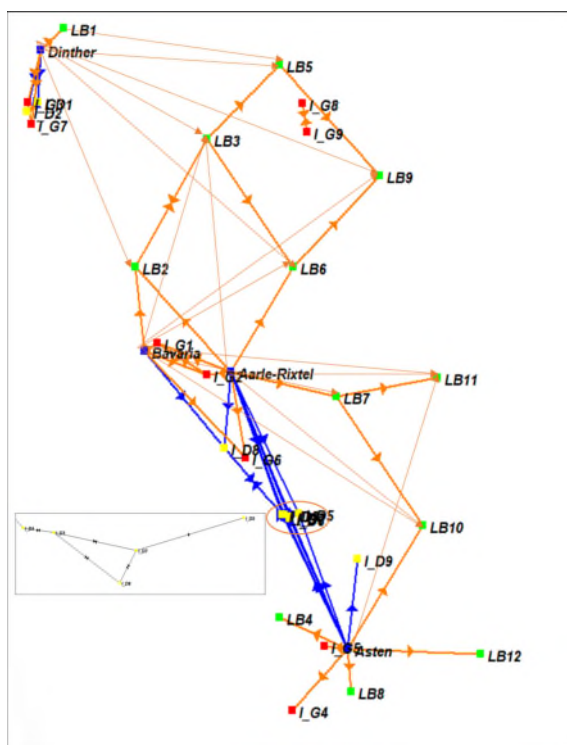
3.7.4 RESULTATEN

AquaVest heeft voor elke case een geoptimaliseerde systeemoplossing, een overzicht van het watergebruik en een overzicht van de totale kosten gegenereerd. Hieronder worden de belangrijkste resultaten van case 3 (reductie van de totale grondwateronttrekking met 15mln m³ per jaar) beschreven. Dit is de case die van toepassing zou zijn in het geval de extreme droogteperiodes, zoals we die in de afgelopen jaren hebben gezien, vaker gaan voorkomen en er daarom een significante verlaging van de druk op het grondwatersysteem gerealiseerd zou moeten worden. De resultaten voor de overige cases zijn terug te vinden in Bijlage IV.

SYSTEEMOPTIMALISATIE CASE 3

Alle investeringsopties (extra zuiveringsstappen en pijpleidingen) zijn aan het model gevoed. Zie Figuur 3.20.1. Er is gerekend met werkelijke afstanden tussen de RWZI's en de landbouwgebieden en industrieën.

FIGUUR 3.20.1 ALLE INVESTERINGSOPTIES

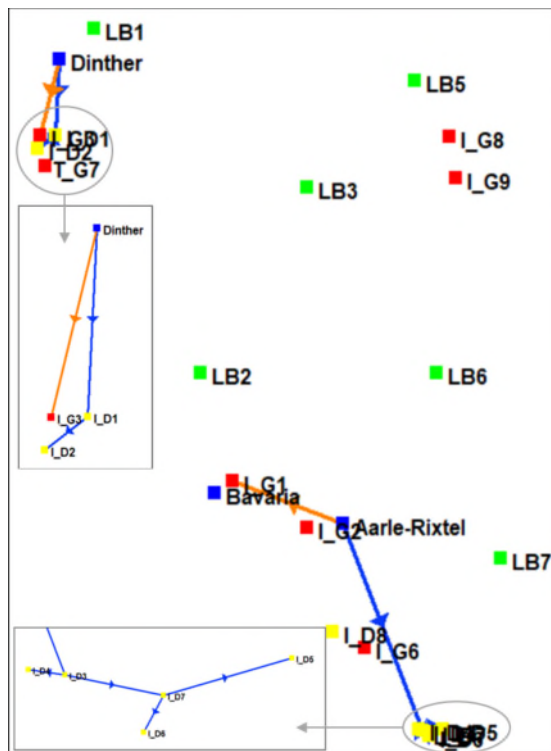


Legenda figuur 3.20.1

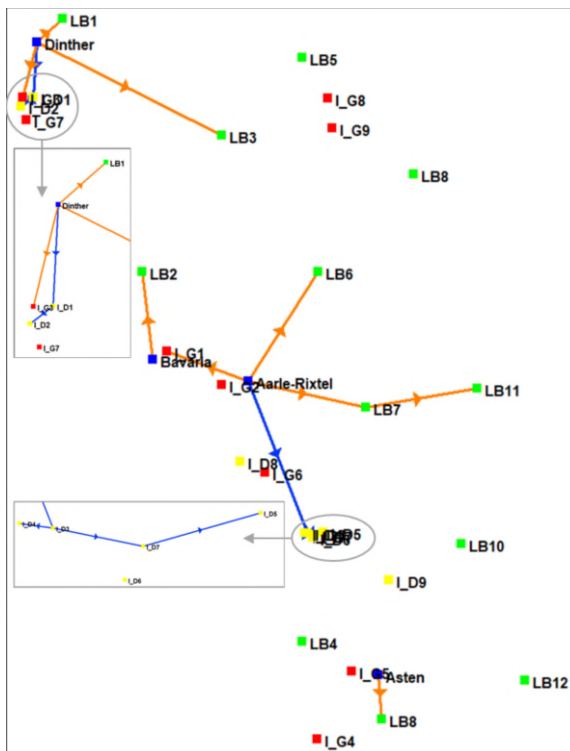
- De groene blokjes gelabeld "LB" geven de landbouwgebieden aan
- De rode blokjes gelabeld "I_G" geven de industrieën aan die grondwater innemen
- De gele blokjes gelabeld "I_D" geven de industrieën aan die drinkwater innemen
- De oranje pijlen geven de mogelijke pijpleidingen weer voor transport van effluent 3 (equivalent grondwater)
- De blauwe pijlen geven de mogelijke pijpleidingen weer voor transport van effluent 4 (equivalent drinkwater)

AquaVest heeft op basis van de doelstelling en de randvoorwaarden een systeemoplossing met investeringen naar voren geschoven voor een optimale inzet van effluent tegen de laagste kosten. Zie Figuur 3.20.2 en 3.20.3

FIGUUR 3.20.2 TRANSPORT VAN EFFLUENT IN FEBRUARI



FIGUUR 3.20.3 TRANSPORT VAN EFFLUENT IN JULI

*Belangrijkste observatie:*

Omdat de vraag naar grondwater vanuit de landbouwgebieden zich concentreert in de maanden van april tot augustus vindt er buiten deze maanden geen effluenttransport plaats. Zie figuur 3.20.2 waarbij het effluenttransport in de maand februari wordt getoond. De pijpleidingen (pijlen) naar de landbouwgebieden (groene blokjes) zijn niet in gebruik terwijl deze pijpleidingen (pijlen) in de maand juli (figuur 3.20.3) wel in gebruik zijn (wel worden getoond). De utilisatie van de investeringen door het jaar heen is dus niet optimaal.

FIGUUR 3.21 OVERZICHT UTILISATIE VAN DE ZUIVERINGEN ZONDER WATEROPSLAG

	1-jan	2-feb	3-mrt	4-apr	5-mei	6-jun	7-jul	8-aug	9-sep	10-okt	11-nov	12-dec
Utilisation Asten	0%	0%	0%	70%	88%	100%	85%	100%	0%	0%	0%	0%
Utilisation Aarle-Rixtel	22%	22%	22%	62%	95%	100%	99%	99%	22%	22%	22%	22%
Utilisation Dinther	18%	18%	18%	70%	91%	100%	81%	100%	18%	18%	18%	18%
Utilisation Bavaria	0%	0%	0%	81%	92%	90%	98%	100%	0%	0%	0%	0%

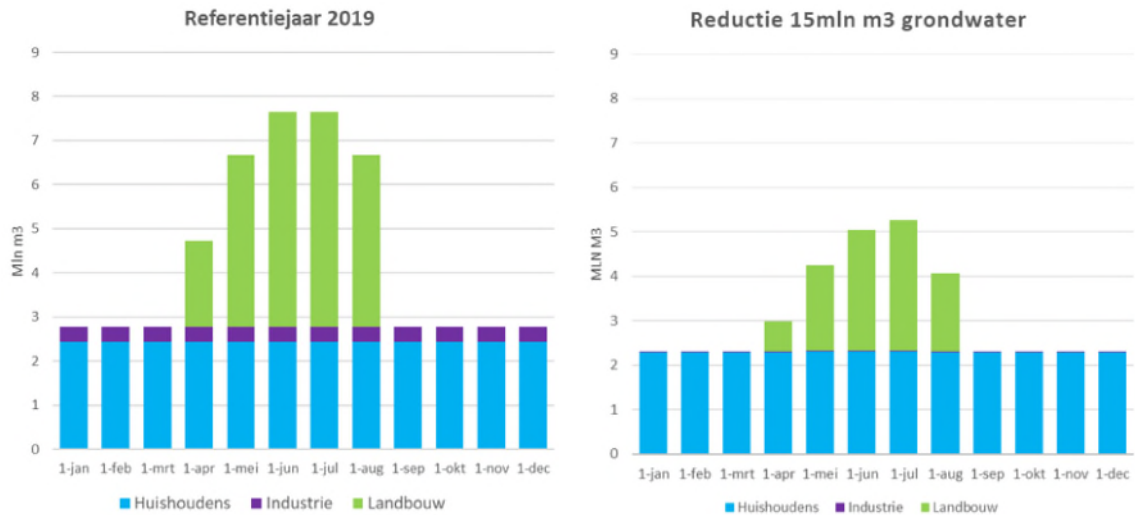
Aanbeveling:

Het is aan te raden om wateropslag (infiltratie of subirrigatie) onderdeel te maken van de systeemoplossing. Dit verhoogt de utilisatie van de investeringen (extra zuiveringsstappen en pijpleidingen) door het jaar heen.

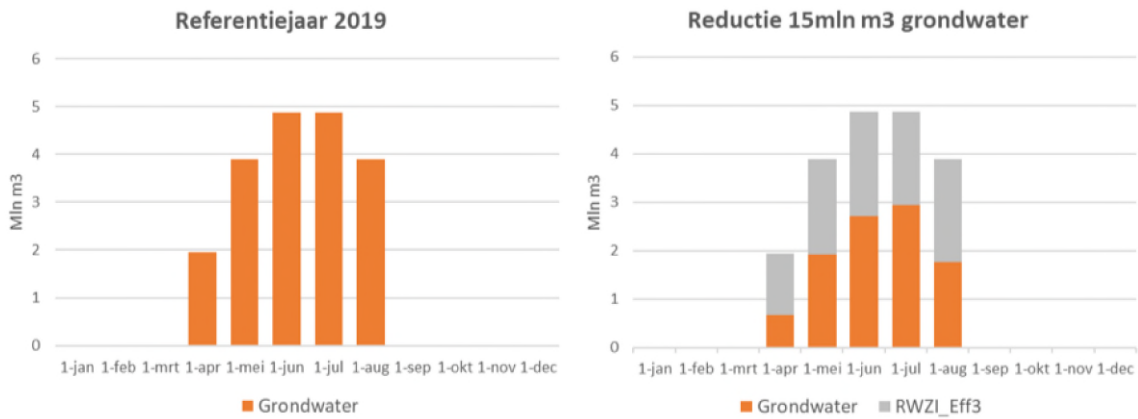
WATERGEBRUIKSPROFIELEN REFERENTIEJAAR 2019 VERSUS CASE 3

De grafieken hieronder zijn door AquaVest gegenereerd en geven inzicht in het totale watergebruik op maandbasis per sector, waarbij het watergebruik van het referentiejaar 2019 wordt vergeleken met het watergebruik in de geoptimaliseerde systeemoplossing van case 3 waarbij effluent wordt ingezet. Zie figuur 3.22, figuur 3.23 en figuur 3.24.

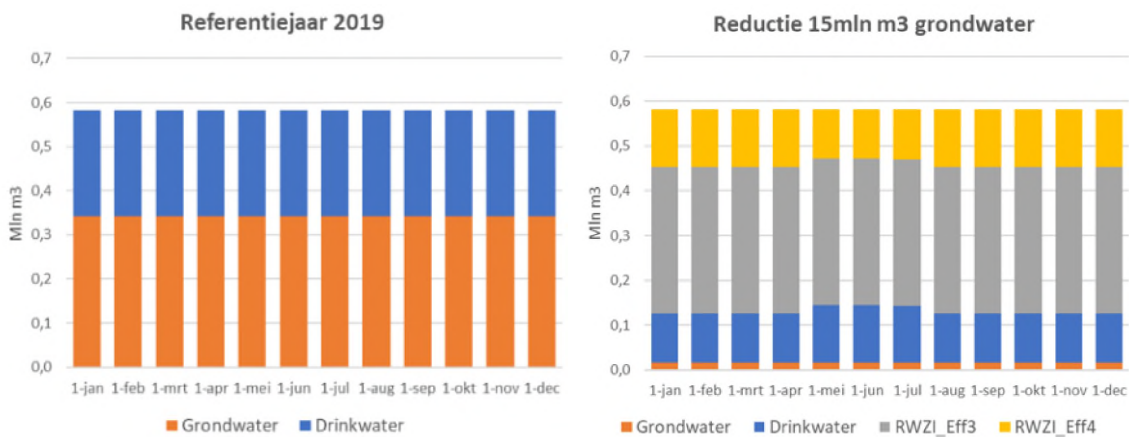
FIGUUR 3.22 OVERZICHT GRONDWATERGEBRUIK PER SECTOR IN REFERENTIEJAAR 2019 (LINKS) EN BIJ INZET VAN EFFLUENT (RECHTS)



FIGUUR 3.23 OVERZICHT WATERGEBRUIK IN DE LANDBOUWGBIEDEN IN REFERENTIEJAAR 2019 (LINKS) EN BIJ INZET VAN EFFLUENT (RECHTS). "EFF3" IS EFFLUENT MET KWALITEIT EQUIVALENT AAN GRONDWATER



FIGUUR 3.24 OVERZICHT WATERGEBRUIK IN DE INDUSTRIEËN IN REFERENTIEJAAR 2019 (LINKS) EN BIJ INZET VAN EFFLUENT (RECHTS). "EFF3" IS EFFLUENT MET KWALITEIT EQUIVALENT AAN GRONDWATER. "EFF4" IS EFFLUENT MET KWALITEIT EQUIVALENT AAN DRINKWATER (NIET-CONSUMPTIEF)



Belangrijkste observaties:

- Zowel bij de landbouw als bij de industrie worden er grote volumes effluent ingenomen ter vervanging van grondwater en drinkwater.
- Evaluatie van de modeluitkomsten heeft aangetoond dat effluent boven de 15mln m3 per jaar niet wordt ingezet omdat de financiële prikkel bij de huidige grondwaterheffing van EUR 0,019 per m3 daarvoor te laag is. Dit verduidelijkt de werking van AquaVest als techno-economisch optimalisatie algoritme; het model zoekt de meest betaalbare oplossing en die bestaat bij de huidige grondwaterheffing dus nog deels uit het oppompen en inzetten van grondwater.

Aanbeveling:

Het is aanbevolen om in een eventuele vervolgfase van het project het (stapsgewijs) verhogen van de grondwaterheffing mee te nemen in de optimalisaties. AquaVest kan het omslagpunt identificeren waarbij een gezonde financiële prikkel ontstaat voor het maximaal inzetten van effluent binnen de landbouw en industrie.

KOSTEN

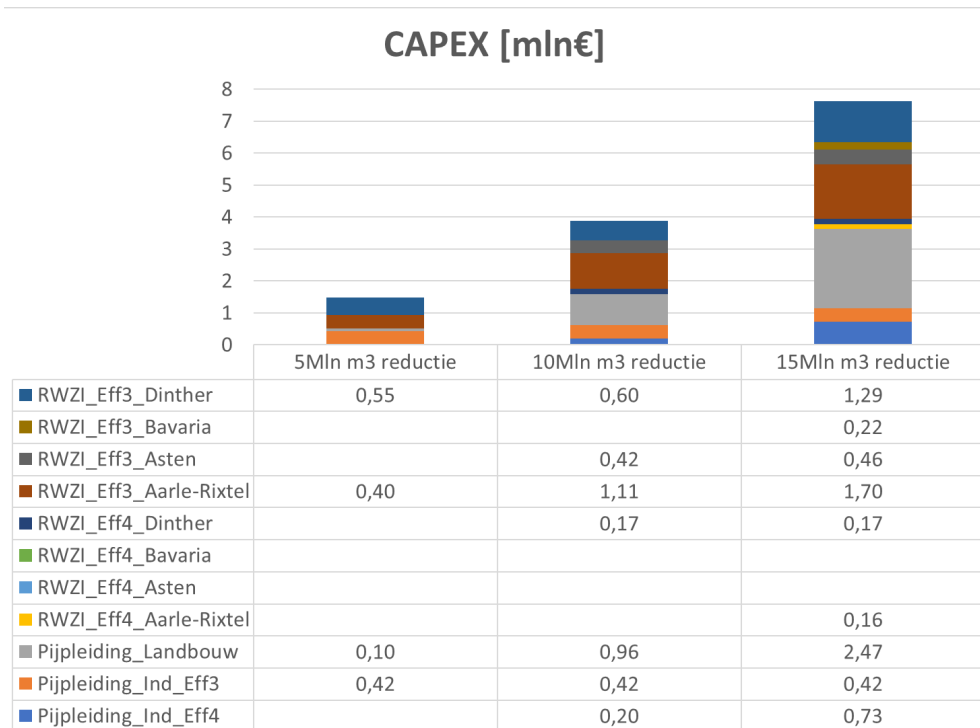
Investeringskosten (CAPEX-onderdelen) behorende bij case 1, 2, 3

Figuur 3.25 toont de benodigde investeringen (CAPEX-onderdelen) per case. Het model heeft de hoogte van de investeringen in de extra zuiveringsstappen en pijpleidingen automatisch geschaald naar benodigde capaciteit.

Voor overzichtelijkheid zijn de benodigde investeringen in pijpleidingen die kwaliteit grondwater ("Eff3") c.q. kwaliteit drinkwater ("Eff4") naar de landbouwgebieden of industrieën transporteren gebundeld. De benodigde investeringen in de extra zuiveringsstappen worden wel per RWZI aangegeven. Zie Figuur 3.25.

FIGUUR 3.25

OVERZICHT VAN DE INVESTERINGEN PER CASE (1, 2, 3)



Belangrijkste observaties:

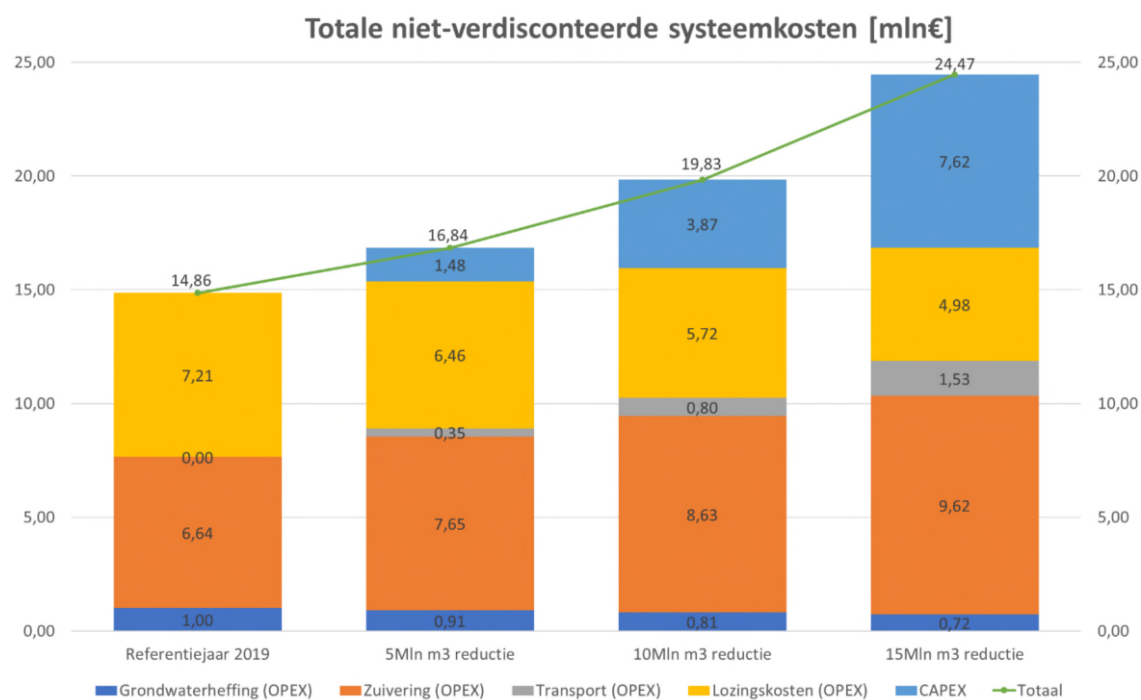
- De totale CAPEX (jaarlijkse annuïteit) voor case 1 bedraagt EUR1,5mln.
- De totale CAPEX (jaarlijkse annuïteit) voor case 2 bedraagt EUR3,9mln.
- De totale CAPEX (jaarlijkse annuïteit) voor case 3 bedraagt EUR7,6mln.
- De totale jaarlijkse investeringskosten voor 1mln m³ per jaar grondwaterbesparing worden hoger naarmate de totale grondwaterbesparing hoger is
- De investeringskosten kunnen worden verlaagd indien wateropslag onderdeel wordt van de systeemoplossing. Het door het jaar heen aanvoeren en opslaan van effluent in de verschillende gebieden verlaagt de benodigde capaciteit van de extra zuiveringstappen en de pijpleidingen.

Jaarlijks terugkerende systeemkosten behorende bij referentiejaar 2019 en case 1, 2, 3

De jaarlijks terugkerende systeemkosten bestaan uit de investeringskosten (CAPEX) en de operationele kosten (OPEX). De operationele kosten bestaan uit de grondwaterheffing, de zuiveringskosten van het effluent, de transportkosten van het effluent en de lozingskosten indien het effluent vanuit de zuiveringen op het oppervlaktewater wordt geloosd.

Figuur 3.26 vergelijkt de jaarlijks terugkerende systeemkosten (CAPEX+OPEX) van het referentiejaar 2019 met de 3 cases (case 1: reductie van 5mln m³ grondwater per jaar; case 2: reductie van 10mln m³ grondwater per jaar; case 3: reductie van 15mln m³ grondwater per jaar). De jaarlijks terugkerende kosten zijn gebaseerd op een verdisconteringspercentage van 3,5%, een annuïteiten percentage van 2% en een looptijd van 20 jaar.

FIGUUR 3.26 OVERZICHT VAN DE JAARLIJKS TERUGKERENDE KOSTEN (CAPEX + OPEX) VAN HET REFERENTIEJAAR 2019 VERSUS CASE 1, 2, 3 (GERAPPOORTEERD IN NIET-VERDISCONTEERDE GETALLEN)



Belangrijkste observaties:

- Vergelijking van de systeemkosten toont aan dat de investeringskosten (CAPEX), de zuiveringskosten en de transportkosten toenemen naarmate er meer effluent wordt ingezet terwijl de grondwaterkosten en lozingskosten dan juist afnemen.
- De jaarlijks terugkerende systeemkosten van case 1 zijn, bij de gehanteerde aannames, EUR2mln hoger dan die van het referentiejaar 2019. Daarmee wordt 5mln m³ per jaar aan grondwater bespaard. De kosten van het effluent zouden, bij de gehanteerde aannames, circa EUR0,40 per m³ zijn.
- De jaarlijks terugkerende systeemkosten van case 2 zijn, bij de gehanteerde aannames, EUR5mln hoger dan die van het referentiejaar 2019. Daarmee wordt 10mln m³ per jaar aan grondwater bespaard. De kosten van het effluent zouden, bij de gehanteerde aannames, circa EUR0,50 per m³ zijn.
- De jaarlijks terugkerende systeemkosten van case 3 zijn, bij de gehanteerde aannames, EUR9,6mln hoger dan die van het referentiejaar 2019. Daarmee wordt 15mln m³ per jaar aan grondwater bespaard. De kosten van het effluent zouden, bij de gehanteerde aannames, circa EUR0,64 per m³ zijn.

3.7.5 INZICHTEN EN DISCUSSIE

Door toepassing van AquaVest is inzicht verkregen in het vraagstuk hoe, bij een beperking op het grondwatergebruik van respectievelijk 5mln m³ per jaar (case 1), 10mln m³ per jaar, (case 2) en 15mln m³ per jaar (case 3), de meest betaalbare watersysteemoplossing eruit zou kunnen zien.

De benodigde investeringen in waterzuiveringstechnologie en pijpleidingen zijn per RWZI uiteengezet. Uit de studie komt naar voren dat, bij de gehanteerde aannames, de kosten om effluent in te zetten ter vervanging van grondwater en drinkwater in de landbouwgebieden en industrieën variëren van circa EUR0,40 per m³ (case 1) tot EUR0,64 per m³ (case 3). Deze kosten liggen hoger dan de huidige heffingskosten (EUR0,019 per m³) en opwerkingskosten (EUR0,10-0,20 euro per m³) van grondwater.

Echter, deze prijs kan worden verlaagd indien wateropslag in het gebied onderdeel wordt van de systeemoplossing. Wateropslag verlaagt de benodigde capaciteit van de extra zuiveringsstappen en pijpleidingen en verlaagt daarmee de investeringskosten en de prijs per m³ van het effluent. Daarnaast wordt aangeraden om nader onderzoek te doen naar de benodigde zuiveringstechnologie om aan de kwaliteitseisen van de landbouwgebieden en industrieën te voldoen. Dit kan resulteren in een lagere CAPEX en dus in een lagere prijs per m³ van het effluent.

De prijs per m³ effluent is de prijs die de landbouwbedrijven en industrieën zouden betalen voor een hogere “waterzekerheid”; de prijs voor een waterstroom die door het jaar heen vrijwel constant is in volume en kwaliteit. Mocht er tijdens een droogteperiode een beperking op het grondwatergebruik worden opgelegd dan kan inname van effluent een optie worden om productieverlies te voorkomen.

4

CASUS 2 – LAAG NEDERLAND (DELFLAND)

4.1 INTRODUCTIE

Casus 2 is het beheergebied van Hoogheemraadschap van Delfland, met een oppervlak van 410 km². Het casusgebied is sterk verstedelijkt en omvat onder meer de plaatsen Den Haag, Delft, Vlaardingen, Schiedam en Hoek van Holland. Het westelijke deel van het gebied, het Westland, bestaat voornamelijk uit glastuinbouw. Daarnaast is er een areaal glastuinbouw aanwezig in het oosten van het gebied, rondom Pijnacker (Oostland). Tussen Delft en Schiedam is een open poldergebied met weilanden aanwezig. Het casusgebied wordt aan de westkant begrensd door de Noordzee en aan de zuidkant door de Nieuwe Maas en Nieuwe Waterweg. Nagenoeg al het afvalwater uit het gebied wordt verwerkt en afgevoerd via vier RWZI's: Houtrust, Harnaschpolder, Nieuwe Waterweg en De Groote Lucht (een klein deel, uit de omgeving Schiedam, verlaat het gebied naar de Dokhaven in Rotterdam, maar dit is niet meegenomen in deze casusstudie). De begrenzing van het casusgebied en de ligging van de RWZI's zijn weergegeven in Figuur 4.1.

FIGUUR 4.1 BEGRENZING VAN HET CASUSGEBIED MET DE LOCATIE VAN DE RWZI'S



4.1.1 PROBLEEMSTELLING

Het casusgebied Delfland is voor de zoetwatervoorziening grotendeels aangewezen op water dat van buiten het gebied wordt aangevoerd. Bovendien ligt het gebied grotendeels onder zeeniveau en kent het veel verhard oppervlak, waardoor weinig ruimte bestaat voor waterberging. De zoetwatervoorziening staat onder druk als gevolg van een combinatie van grote watervragen en weinig berging, waardoor er, ondanks het grote neerslagoverschot, veel extern water moet worden aangevoerd en ook grondwater wordt benut.

In het casusgebied kunnen diverse belangrijke uitdagingen op het gebied van zoetwater worden onderscheiden waarin effluenthergebruik een rol kan spelen. Een van de uitdagingen is de gietwatervoorziening in de glastuinbouw. Voor de productie van gietwater maakt de sector voornamelijk gebruik van hemelwater, dat op eigen terrein wordt opgevangen en tijdelijk wordt opgeslagen in bassins. Wanneer aanvullend water nodig is, wordt vaak gebruikt gemaakt van grondwater (voor enkele typen teelten ook wel oppervlaktewater). Aangezien het grondwater in het gebied brak is, moet dit water eerst worden ontzilt met behulp van omgekeerde osmose (RO, *Reverse Osmosis*), waarna het zoute restproduct (brijn; 2x ingedikt brak grondwater) op grotere diepte wordt geïnfiltrerd. Netto wordt dus water aan de ondergrond onttrokken, terwijl de zouten in de ondergrond worden teruggebracht. Als gevolg hiervan treedt verzilting op van de ondergrond. Deze infiltratie van brijn staat beleidsmatig onder druk; de huidige ontheffing voor infiltratie loopt af op 30 juni 2022. Daarnaast worden de onttrekkingen in enkele gebieden in verband gebracht met versterkte bodemdaling. De huidige praktijk van grondwateronttrekking en brijninfiltratie heeft ongewenste effecten op de ondergrond en vraagt om andere aanvullende gietwaterbronnen. Daarbij is de zorg dat als gevolg van klimaatverandering en daarmee gepaard gaande langere periodes van droogte, een groter beroep zal worden gedaan op het grondwater.

Een andere uitdaging in het gebied is het oppervlaktewatersysteem, dat een sterk gereguleerd karakter heeft. De boezems worden gehandhaafd op een vast peil met een zeer beperkte fluctuatie. Als gevolg hiervan wordt tijdens natte perioden overtollig water afgevoerd via gemalen, terwijl in droge perioden water moet worden ingelaten om de boezem- en polderwatergangen op peil te houden. Met het oog op de waterkwaliteit is het van belang voldoende door te spoelen en ook in droge periode een deel van het water weer af te voeren. Het in te laten water wordt van buiten aangevoerd. In zeer droge perioden is intrusie van zout water nabij het inlaatpunt een aandachtspunt. Dit zal in de toekomst naar verwachting vaker voorkomen. De sterke afhankelijkheid van het inlaatpunt maakt de zoetwatervoorziening kwetsbaar.

Tegelijkertijd is er jaarlijks een enorme hoeveelheid zoetwater beschikbaar die momenteel onbenut blijft. Vanwege het stedelijke karakter produceert het casusgebied jaarlijks een grote hoeveelheid effluent, die momenteel grotendeels naar zee wordt afgevoerd. De afgelopen jaren is in diverse projecten verkend of het restwater kan worden hergebruikt binnen het casusgebied. Zo is rond RWZI Nieuwe Waterweg besloten om restwater uit kassen aanvullend te gaan zuiveren van meststoffen en bestrijdingsmiddelen¹⁰ en te onderzoeken of het effluent kan worden benut in de glastuinbouwsector. Bij RWZI De Groote Lucht in Vlaardingen is de ontwikkeling van een Waterharmonica in volle gang, waarin een deel van het effluent via een natuurlijk systeem wordt gezuiverd om vervolgens te worden ingezet in het oppervlaktewater¹¹. In deze tweede casus worden een aantal scenario's verkend en doorgerekend om de potenties van dergelijke initiatieven op grotere schaal te onderzoeken en het effect op het watersysteem op hoofdlijnen in beeld te brengen.

10 <https://www.hhdelfland.nl/actueel/nieuws/collectie-zuivering-glastuinbouwwater-grote-stap-dichterbij>

11 <https://www.hhdelfland.nl/inwoner/afvalwater-schoonmaken/s-c-h-o-o-n-1>

4.2 WATERSTROMEN IN HET CASUSGEBIED

In deze paragraaf worden de belangrijkste bronnen van water en de watervragende sectoren behandeld en waar mogelijk gekwantificeerd (mln m³/jaar). De gekwantificeerde waterstromen worden gebruikt voor het opstellen van de Sankey-stroomdiagrammen en voor de WEAP-modellering.

4.2.1 METEOROLOGIE

De gemiddelde jaarlijkse neerslag op KNMI-station Rotterdam over de periode 1981-2010 (klimaatperiode) en bedraagt 856 mm per jaar¹². Voor het gehele casusgebied gaat het om ongeveer 351M m³ per jaar. De actuele verdamping is ingeschat op basis van LHM-berekeningen¹³ voor de modelperiode 1998-2006. In die periode is de jaargemiddelde actuele verdamping berekend op 445 mm, oftewel 183M m³. Dit resulteert in een gemiddeld jaarlijks neerslagoverschot van rond de 168M m³.

4.2.2 GROND- EN OPPERVLAKTEWATERSYSTEEM

De deklaag in het gebied (van zo'n 20 m dikte, lokaal en in het oostelijk deel dunner), bestaat uit holocene afzettingen van zand, silt, klei en veen die overwegend slecht doorlatend zijn. Tussen 20 en 40 m beneden maaiveld bevindt zich het eerste watervoerende pakket (formatie van Kreftenheye), dat bestaat uit grofzandige en grindhoudende afzettingen die goed doorlatend zijn. Onder een afsluitende kleilaag bevindt zich het tweede watervoerende pakket, bestaande uit overwegend zandige afzettingen met enkele kleilagen (formaties van Peize en Waalre)¹⁴. Onder invloed van interactie met de zee is het grondwater vanaf de deklaag brak tot zout.

Het oppervlaktewatersysteem in het casusgebied is sterk gereguleerd, bestaande uit een systeem van boezems en polderwatergangen. De boezems worden continu gehandhaafd op 43 cm-NAP, met een maximale variatie van enkele centimeters. Vanwege de geringe variatie van de waterpeilen is er relatief weinig berging mogelijk en wordt overtollige neerslag uitgemalen via zes boezemgemalen langs de Nieuwe Waterweg en de Noordzee. In een gemiddeld jaar (2014-2019) gaat het om circa 172M m³ per jaar, waarvan de grootste hoeveelheid wordt uitgemalen in de winterperiode. In het droge jaar 2018 is deze hoeveelheid lager, circa 142M m³. In perioden van droogte wordt water aangevoerd van buiten het gebied, met name om peilen te kunnen handhaven en tevens om voldoende doorstroming te genereren met het oog op de waterkwaliteit. Dit is grotendeels afkomstig uit het Brielse Meer en wordt aangevoerd via gemaal Winsemius. Daarnaast kan ook water worden ingelaten vanuit het beheergebied van Hoogheemraadschap van Rijnland via gemaal Dolk. In een gemiddeld jaar wordt er tussen de 20M en 40M m³ ingelaten, gemiddeld 29,7M m³ over de jaren 2014-2019. In het droge jaar 2018 werd meer water ingelaten, in totaal 36,9M m³. Het oppervlaktewater is overwegend zoet.

4.2.3 DRINKWATER

In het casusgebied wordt drinkwater geleverd door Dunea (noordelijk deel) en Evides (zuidelijk deel). In beide gevallen is het drinkwater afkomstig uit oppervlaktewater. In geval van Dunea wordt water uit de Afgedamde Maas richting de duinen tussen Katwijk en Monster getransporteerd, waar het wordt geïnfiltreerd en vervolgens weer onttrokken. Voor de periode 2018-2019 is het totale verbruik in het noordelijke deel van Delfland ongeveer 37,5M m³ per jaar (van eerdere jaren waren geen gegevens beschikbaar). Het drinkwater van Evides betreft

¹² <http://www.klimaatatlas.nl/klimaatatlas.php?wel=stationsdata>

¹³ <https://data.nhi.nu/>

¹⁴ <https://www.dinoloket.nl/ondergrondmodellen>

gezuiverd Maaswater dat via spaarbekkenen in de Biesbosch wordt aangevoerd. In de periode 2014-2019 ging het om 32,2M m³ per jaar in het zuidelijke deel van Delfland. In het droge jaar 2018 was het drinkwaterverbruik met 32,8M m³ een fractie hoger. Het totale drinkwaterverbruik in het gehele casusgebied bedraagt in zowel een gemiddelde als een droge periode ongeveer 70M m³ per jaar. De verhouding tussen huishoudelijk en zakelijk gebruik is alleen bekend voor het deel dat valt onder Dunea, waar de zakelijke drinkwatervraag varieert tussen 19 en 43%.

4.2.4 GLASTUINBOUW

In totaal is in Delfland ruim 3500 ha glastuinbouw aanwezig, verdeeld over twee kerngebieden: Westland (omgeving Naaldwijk) en Oostland (omgeving Pijnacker). In deze casusstudie is alleen de glastuinbouw in het Westland beschouwd, aangezien dit kassengebied het grootst is en hiervan modelgegevens in een aanpalend project beschikbaar zijn. De watervraag in het kassengebied Oostland (omgeving Pijnacker) binnen het beheergebied van Delfland wordt geschat op minder dan de helft van de watervraag van het Westland (Stofberg & Zuurbier, 2018).

Het glastuinbouwgebied in het Westland omvat ruim 2400 ha aan kassen (Stofberg & Zuurbier, 2018). Voor het productieproces is gietwater nodig van hoge kwaliteit (o.a. zeer lage natriumgehalten), met de hoogste watervraag in de zomermaanden van droge jaren. Hiervoor wordt met name hemelwater gebruikt, dat door tuinders wordt opgevangen op eigen terrein en tijdelijk opgeslagen in bassins. Bij overvloedige neerslag raken de bassins soms vol en storten ze over naar het lokale oppervlaktewater. Wanneer de hoeveelheid hemelwater in de bassins onvoldoende is, bijvoorbeeld in langdurige droge perioden, wordt water uit andere bronnen gebruikt. Doorgaans gaat het om grondwater uit het eerste watervoerende pakket. Dit grondwater is brak en wordt eerst ontzilt met behulp van omgekeerde osmose (RO; *reverse osmosis*). Na ontziling blijft een twee keer zo brak mengsel over (brijn), dat wordt gefiltreerd op grotere diepte in het tweede watervoerende pakket. Er wordt voor een beperkt deel van de bedrijven ook oppervlaktewater benut, maar hierover ontbreken harde getallen.

Voor het kwantificeren van de benodigde hoeveelheid gietwater en de verschillende bronnen is gebruik gemaakt van modelberekeningen uit het lopende project COASTAR Waterbank Westland (Stofberg et al., 2021, *in voorbereiding*). In het model SWALLOW worden de verschillende processen (o.a. hemelwateropvang, verdamping, overstort, en benodigd grondwater) per glastuinbouwbedrijf op dagbasis berekend voor de periode 1989-2018. De gietwatervraag voor het gehele Westland is geschat op 17,7M m³/jaar (ca 730 mm) op basis van type teelt en literatuurwaarden van de watervraag voor verschillende teelten. Van de totale gietwatervraag kan gemiddeld 14M m³ geleverd worden uit hemelwater en is er 3,7M m³ aanvullend gietwater nodig (Stofberg & Zuurbier, 2018). Aangenomen is dat deze geproduceerd wordt uit grondwater via RO (gebaseerd op de periode 1989-2018, waarbij in het kader van een *worst case*-benadering geen rekening is gehouden met het gebruik van oppervlaktewater en drinkwater). Het grondwater wordt onttrokken in de periode februari tot en met oktober, met de grootste vraag in de maanden juni en juli (netto bijna 1M m³/maand). Voor een droog jaar zijn de berekende hoeveelheden uit 2018 gebruikt. Hierbij geldt de kanttekening dat bij gebrek aan gegevens de gietwatervraag voor de teelten gebaseerd is op die van een gemiddeld jaar; in een droog jaar kan de watervraag echter hoger zijn. In de berekening zijn alleen de gevolgen van de neerslagpatronen meegenomen, en was de benodigde hoeveelheid gietwater uit grondwater met 4,1M m³ slechts beperkt hoger. Deze hoeveelheid was alleen nodig in de maanden juni, juli en augustus, zodat de hoeveelheid per maand sterk hoger was dan

gemiddeld (bijna 2M m³ in juli). Vanwege het ontziltingsproces via RO moet globaal twee keer zoveel grondwater onttrokken worden als nodig is voor de aanvullende gietwatervraag. De berekende onttrokken hoeveelheid grondwater bedraagt zodoende 7,4M m³ in een gemiddeld en 8,2M m³ in een droog jaar.

4.2.5 INDUSTRIE

De belangrijkste industriële grondwateronttrekking in het casusgebied betreft de onttrekking van DSM in Delft, die zich in het eerste watervoerende pakket bevindt. De laatste jaren werd hier rond de 10,5M m³ per jaar onttrokken. Omdat de onttrekking niet meer nodig is, zijn recentelijk zijn afspraken gemaakt om het onttrekkingsdebiet tot circa 2030 jaarlijks af te bouwen (Nelen & Schuurmans, 2017). Het geschatte onttrekkingsdebiet in 2018 bedraagt ongeveer 8M m³. Aanvullend is informatie opgevraagd bij Omgevingsdienst Haaglanden (ODH) over andere industriële onttrekkingen in het casusgebied. Uit de gegevens blijkt dat er behalve grondwateronttrekkingen door tuinders geen grote onttrekkingen in het gebied aanwezig zijn.

4.2.6 NATUUR

Het casusgebied heeft een sterk verstedelijkt karakter, waarin aaneengesloten natuurgebieden schaars zijn. Langs de kust is een smalle duinstrook aanwezig, die in noordelijke richting (voornamelijk buiten het casusgebied) breder wordt. In de lagere delen van de duinen komen lokaal vegetatiegemeenschappen voor die grondwaterafhankelijk zijn en daarom gevoelig zijn voor daling van de grondwaterstand en verdroging. Tussen Delft en Schiedam-Rotterdam ligt het agrarisch veenweidegebied Midden-Delfland. Vanwege de lage ligging en de venige ondergrond is het gebied gevoelig voor sterke schommelingen in de grondwaterstand. Zodoende wordt het polderpeil gedurende het jaar zoveel mogelijk constant gehouden. Bovendien is de hoeveelheid zoet grondwater beperkt en bestaat in perioden van droogte het risico van verzilting. Daarnaast heeft het oppervlaktewatersysteem van boezems en poldersloten een belangrijke natuurwaarde in de vorm van oevervegetatie en aquatische natuur. Waterkwantiteit (peilhandhaving, tegengaan van verdroging) en -kwaliteit (verzilting, eutrofiëring en beschermingsmiddelen uit de glastuinbouw) zijn belangrijke aandachtspunten.

4.2.7 AFVALWATER

In het casusgebied zijn vier RWZI's aanwezig voor de verwerking van afvalwater (Figuur 4.1). Gegevens over effluent-debieten in de periode 2015-2019 zijn ontleend aan het hoogheemraadschap. RWZI De Grootte Lucht (Vlaardingen) en Nieuwe Waterweg (Hoek van Holland) lozen het effluent op de Nieuwe Waterweg. Gemiddeld gaat het om respectievelijk 25,9M en 8,9M m³/jaar. De RWZI's Harnaschpolder en Houtrust voeren hun effluent af richting de Noordzee. Harnaschpolder is een van de grootste RWZI's van Nederland met een gemiddelde effluentproductie van 71M m³/jaar. Houtrust produceert gemiddeld 23,7M m³/jaar. De hoeveelheid effluent voor het hele casusgebied bedraagt gemiddeld 129,5M m³/jaar. In een droog jaar (2018) is de totale hoeveelheid effluent iets lager, 123M m³.

HH Delfland heeft recentelijk met behulp van de DWAAS-systematiek (Droog Weer Afvoer Analyse Systematiek) van STOWA de verhouding tussen droogweerafvoer (DWA) en regenwaterafvoer (RWA) bepaald, zowel voor de afzonderlijke RWZI's als voor het hele beheergebied Delfland. Het percentage DWA voor heel Delfland is berekend op 78%, variërend tussen 76 en 80% voor de afzonderlijke RWZI's (*pers. med.* Hoogheemraadschap van Delfland). Het aandeel rioolvreemd water, bestaande uit o.a. aangesloten drainage en infiltrerend water door lekke

riolering, bedraagt circa 20% van de DWA-stroom (13% van de gehele influentstroom). Het percentage rioolvreemd water verschilt echter sterk per RWZI: bij Harnaschpolder bedraagt het slechts 7% van de DWA-stroom, terwijl dit voor Groote Lucht en Nieuwe Waterweg rond de 50% is.

4.3 MODELOPZET EN -AANNAMES

De algemene opzet van het model is beschreven in paragraaf 2.4. De belangrijkste afwijkingen van een aanvulling op de standaard opzet worden hieronder beschreven. In het model is gekozen voor twee referentiesituaties, representatief voor een gemiddelde en een droge situaties, en in totaal drie Waterfabriekscenari'o's. In de volgende paragrafen worden deze referentiesituaties en scenario's nader uitgewerkt.

Hoogheemraadschap Delfland is geïnteresseerd in het vergroten van de zelfvoorzienendheid van het watersysteem, om hiermee het systeem ook minder kwetsbaar te maken. Dit geldt voor zowel oppervlaktewater als grondwater. De mate van zelfvoorzienendheid kan op jaarbasis worden gekarakteriseerd met een zogenaamde aangepaste *Self Sufficiency Index* (zie kader).

SELF SUFFICIENCY INDEX

Een Self Sufficiency Index (SSI) of zelfvoorzienendheidsindex is een manier om de mate van zelfvoorzienendheid van een systeem (gebied, eenheid of anders) met betrekking tot een hulpbron uit te drukken in een getal. Voor zelfvoorzienendheid bij het gebruik van een hulpbron die gebruikt wordt kan deze berekend worden door de hoeveelheid die in het systeem wordt gebracht te delen door de daadwerkelijke vraag: (Agudelo-Vera et al., 2013) for an average household, self-sufficiency in water supply can be achieved by following the Urban harvest Approach (UHA). In het geval van een uitgaande stroom, zoals het geval is in een watersysteem met neerslagoverschot kan de vergelijking inzichtelijker worden door hem te richten op de uitgaande stromen. In dat geval gaat het om de vergelijking van de som van de uitgaande stromen, gedeeld door de som van de netto uitgaande stromen: . In het meest efficiënte geval zijn beide getallen precies gelijk en is de score '1', in dat geval is er geen aanvoer van buitenaf nodig. Indien er over een tijdsperiode meer water wordt uitgepompt dan strikt noodzakelijk zal er water van buitenaf nodig zijn. De SSI score wordt daardoor hoger, wat een minder goede zelfvoorzienendheid aanduidt.

Aangezien het drinkwater in het gebied afkomstig is van twee drinkwaterbedrijven, Dunea en Evides, zijn hiervoor twee afzonderlijke *nodes* in het WEAP-model opgenomen die water van buiten het gebied aanvoeren. Het stedelijke gebied is geaggregeerd tot één *Demand site*, die drinkwater ontvangt van beide drinkwater-*nodes*. De variatie van de drinkwateronttrekking door het jaar heen is ingeschat op basis van gegevens die zijn gebruikt in casus 1 (Hoofdstuk 3). De vraag kent een kleine piek in de zomermaanden en varieert tussen de 7,1% (februari) en 10,5% (juli). Het casusgebied telt in totaal vier RWZI's. Deze vier installaties zijn afzonderlijk gemodelleerd en ontvangen influent vanuit de *Demand site* die het stedelijk gebied representeert. Gezien complexiteit van de verschillende componenten van de influentstroom, is in het model geen onderscheid gemaakt tussen afvalwater en rioolvreemd water (DWA) en de afvoer van hemelwater water (RWA). Aangezien de hoeveelheid geleverd drinkwater maandelijks lager is dan de totale hoeveelheid effluent vanuit de RWZI's, is in het model een extra externe aanvoer toegevoegd die even groot is als het verschil tussen de maandelijkse volumes effluent en geleverd drinkwater. We benadrukken dat deze extra aanvoer puur een 'restterm' is om de stedelijke waterbalans kloppend te maken.

Voor de sector glastuinbouw Westland is gebruik gemaakt van gegevens en modelresultaten uit het aanpalende project Waterbank Westland (Stofberg et al. 2021, *in voorbereiding*). De watervraag van de glastuinbouw Westland is op globale wijze gemodelleerd, in lijn met de doelstelling van het huidige project. Dit betekent dat de interactie tussen hemelwateraanvoer, retentie, overstort en benodigd grondwater niet actief is gemodelleerd, maar dat gebruik is gemaakt van resultaten (op maandelijks basis) uit het Waterbank-model met betrekking tot benodigd hemelwater en grondwater in een gemiddelde en droge situatie. De aanvoer uit hemelwater en grondwater vormen afzonderlijke *nodes* in het model; de hoeveelheid overstort uit de bassins is niet gemodelleerd. Aangezien onvoldoende gegevens beschikbaar zijn over de glastuinbouw in het Oostland, is deze regio niet in het model meegenomen. Ten aanzien van het oppervlaktewatersysteem (boezems en polders, weergegeven als één *Demand site*) ligt de nadruk in deze casus op de watervraag, dat wil zeggen het volume van de externe aanvoer naar de boezems. Om die reden is de hoeveelheid uitgemalen water niet in het model opgenomen. De externe aanvoer vanuit het Brielse Meer (via gemaal Winsemius) en vanuit Rijnland (gemaal Dolk) is gecombineerd tot één *node*. Tot slot is de (grond)watervraag van de industriële sector niet in het model opgenomen, aangezien de sector geen onderdeel vormt van de scenarioberekeningen.

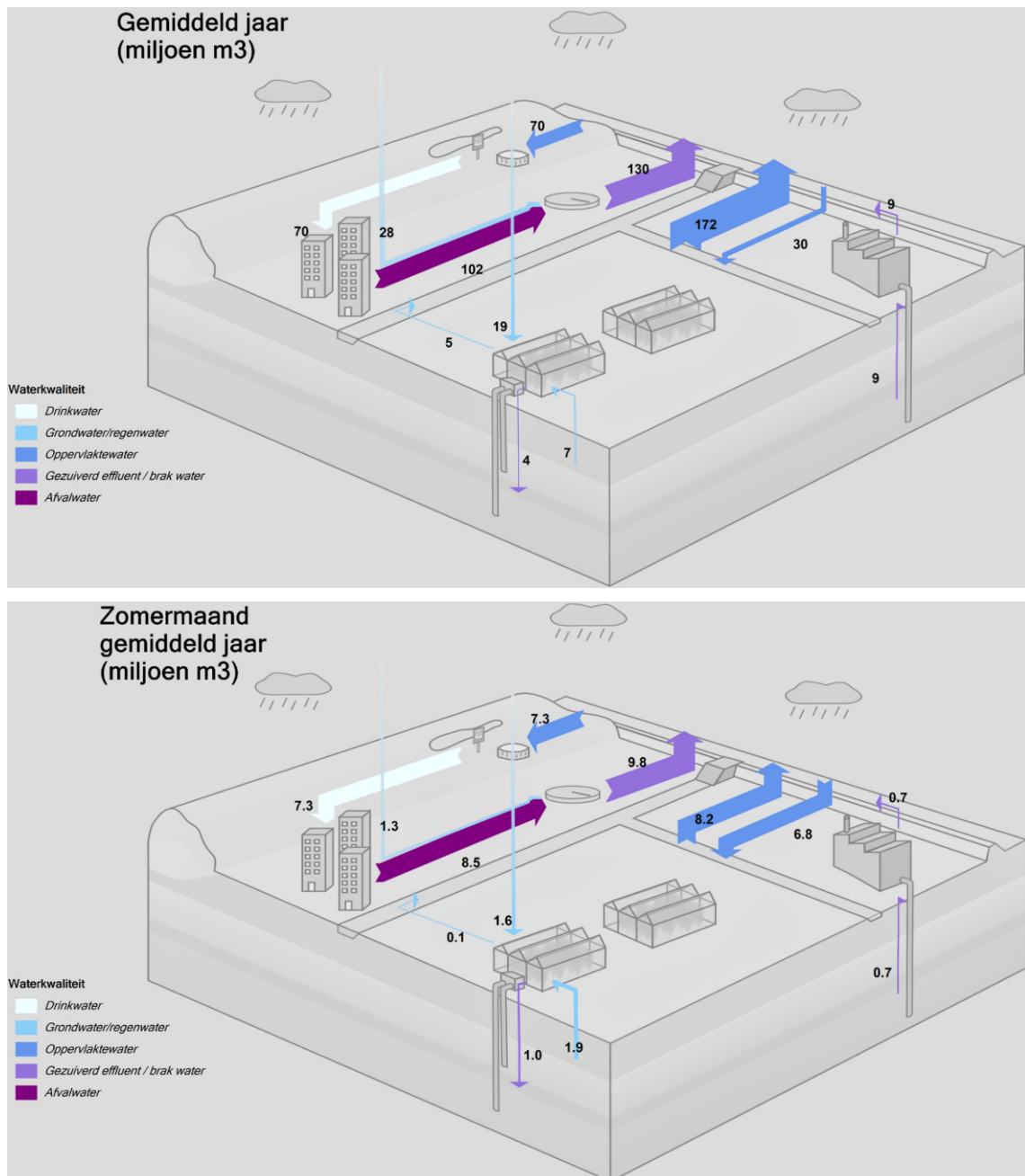
4.4 REFERENTIESITUATIES

4.4.1 GEMIDDELDE SITUATIE

De gemiddelde situatie is gebaseerd op de periode 2015-2019. Figuur 4.2 bevat een Sankey-diagram waarin de waterstromen voor een gemiddeld jaar zijn weergegeven (bovenste paneel). De totale aanvoer van water voor de glastuinbouw Westland, het oppervlaktewatersysteem en de drinkwaterlevering bedraagt iets meer dan 100M m³/jaar (ca 240 mm), naar schatting 60% van het jaarlijkse neerslagoverschot. Hiervan is circa 70M m³ bestemd voor drinkwaterproductie, 30M m³ voor het oppervlaktewatersysteem (vooral peilaanvulling) en nog 3-4M m³ voor de glastuinbouw Westland (netto aangevoerd grondwater). Tegelijkertijd wordt ruim 300M m³/jaar zoetwater afgevoerd, waarvan circa 130M m³ effluent. De *Self Sufficiency Index* (SSI) is berekend op 1,58. Het linker paneel in Figuur 4.4 geeft het verloop van de totale wateraanvoer door het jaar heen, waarbij de extra aanvoer voor de glastuinbouw Westland bestaat uit grondwater en de overige waterstromen uit oppervlaktewater. De benodigde wateraanvoer is in de zomerperiode substantieel hoger dan in de winter. In de maand juli is de totale watervraag berekend op 15M m³ (36 mm), tot drie keer zo hoog als in de maanden buiten het groeiseizoen. In het Sankey-diagram voor de maand juli, het onderste paneel in Figuur 4.2, is te zien dat de verhouding tussen de verschillende waterstromen in een zomermaand sterk kan verschillen van de jaarsituatie. Zo wordt in een gemiddelde zomermaand bijna net zoveel water aangevoerd naar het boezemsysteem (6,8M m³) als dat er wordt uitgemalen (8,2M m³). De hoeveelheid aangevoerd en uitgemalen water is nader gevisualiseerd in Figuur 4.6. Hieruit volgt dat de hoeveelheid uitgemalen water het grootst is in de wintermaanden, ruim 20M m³/maand in december en januari, terwijl deze hoeveelheid het laagst is in de zomermaanden (rond de 10M m³/maand). De hoeveelheid ingelaten water laat een omgekeerd beeld zien: de hoeveelheden zijn in de zomermaanden het hoogst (5-7M m³/maand), terwijl in de winter vrijwel geen water wordt ingelaten. Uit de Sankey-diagrammen in Figuur 4.2 volgt ook dat de aanvullende hoeveelheid grondwater voor de glastuinbouw in het Westland zowel op jaarbasis als in een zomermaand relatief klein is in vergelijking met de waterstromen in de andere sectoren. De maandelijkse gietwatervraag van de glastuinbouw in het Westland is nader gevisualiseerd in Figuur 4.7. Circa 20% (3,7M m³) van de jaarlijkse gietwatervraag is afkomstig uit grondwater. In de zomermaanden juni en juli stijgt dit aandeel tot ongeveer 40%.

Figuur 4.5 (linker paneel) geeft de verdeling weer van geloosd RWZI-effluent door het jaar heen, verdeeld over de herkomst. In een gemiddelde situatie ligt de afvoer in de wintermaanden iets hoger dan in het voor- en najaar als gevolg van een hogere afvoer van hemelwater. De hogere afvoeren in augustus en september hebben waarschijnlijk te maken met (na)zomerse buien. Hierbij moet worden aangetekend dat de verdeling DWA:RWA per maand een aanname is. De oorzaak van een hogere afvoer in deze maanden kan ook liggen in een grotere DWA-component als gevolg van een hogere drinkwaterconsumptie in de zomer (douchen etc.), maar er zijn geen nauwkeuriger gegevens beschikbaar voor de huidige studie. In het casusgebied gaat het om een maandelijkse hoeveelheid effluent van circa 11M m³, variërend tussen 9,4M (mei) en 12,8M m³/maand (januari). Overigens volgt uit Figuur 4.2 dat de hoeveelheid afgevoerd effluent in de maand juli (9,8M m³) lager is dan de totale hoeveelheid aangevoerd grond- en oppervlaktewater (15 m³).

FIGUUR 4.2 SANKEY-DIAGRAMMEN VAN DE WATERSTROMEN VAN HET ANTROPOGENE WATERSYSTEEM IN EEN GEMIDDELD JAAR (BOVEN) EN GEMIDDELD ZOMERMAAND (ONDER) IN CASUS 2, GEBASEERD OP DE PERIODE 2015-2019



4.4.2 DROGE SITUATIE

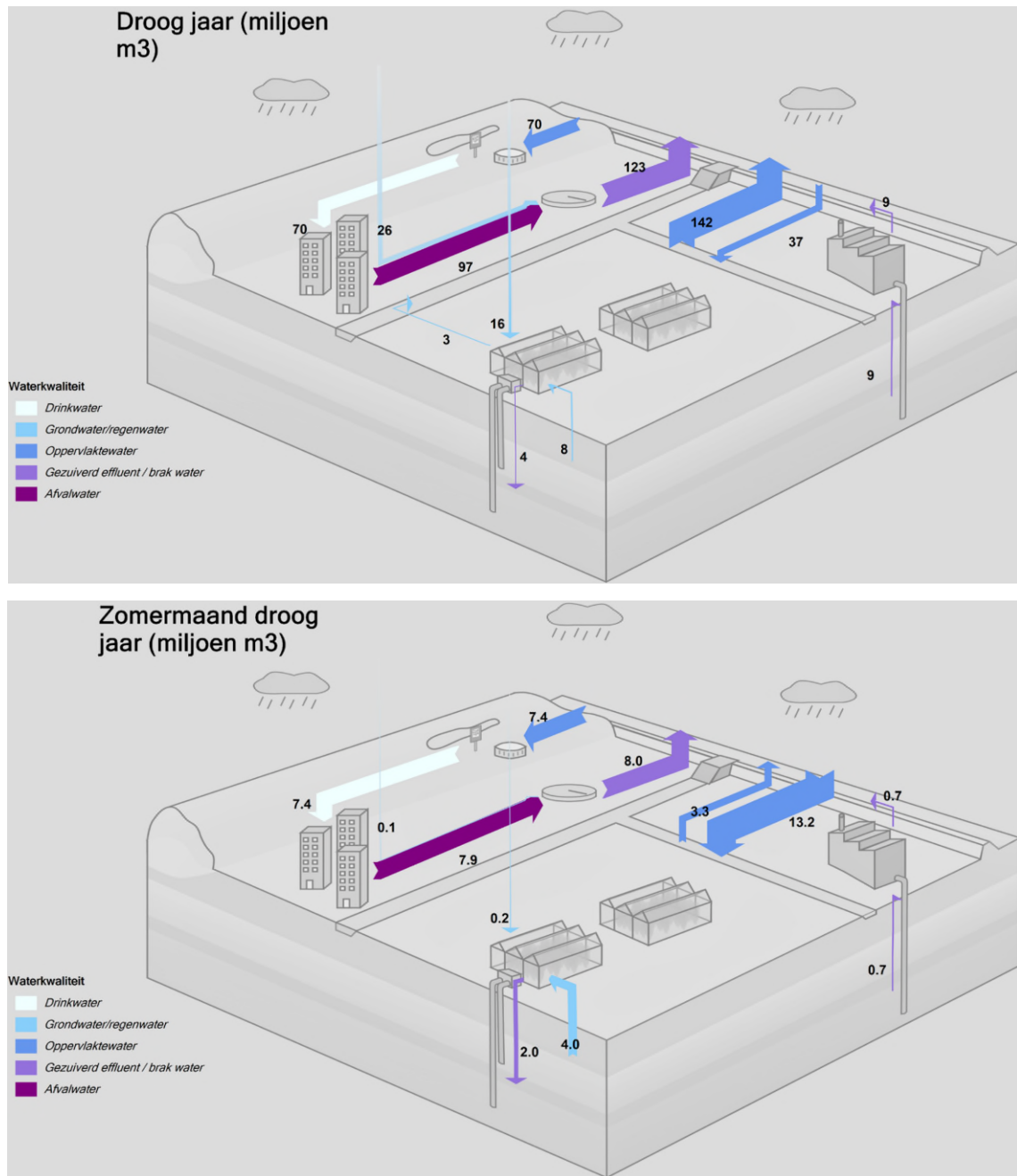
De verwachting is dat onder invloed van klimaatverandering (o.a. drogere zomers en hiermee gepaard gaande verzilting) en een toenemende watervraag de druk op de zoetwatervoorziening in Laag Nederland sterk zal toenemen. Om dit toekomstbeeld te schetsen, is een droge referentiesituatie opgesteld die is gebaseerd op het droge jaar 2018. In dit jaar waren in het gebied met name de zomermaanden (juni en juli) zeer droog, terwijl het voorjaar nog relatief nat was. De droge situatie wijkt op een aantal punten af van gemiddelde situatie die hierboven is beschreven. Zo is de jaarlijkse aanvullende grondwatervraag van de glastuinbouw in het Westland licht gestegen (van 3,7M naar 4,1M m³) en is de aanvoer van water naar het oppervlaktewatersysteem toegenomen van 30M naar 37M m³). Bovendien is beide gevallen de vraag meer geconcentreerd in de zomermaanden. Het drinkwatergebruik is vrijwel gelijk verondersteld wegens het ontbreken van nadere gegevens. Een verdere stijging van het drinkwatergebruik als gevolg van toekomstige bevolkingsgroei is niet in dit scenario meegenomen, maar wordt voor in deze regio de toekomst wel voorzien. Het totale effluentvolume is iets lager dan in de gemiddelde situatie (van 129,5 naar 123M m³/jaar), waarbij dezelfde verhouding DWA:RWA op jaarbasis is aangehouden. De SSI van het droge jaar 2018 is berekend op 1,81.

Figuur 4.3 bevat het Sankey-diagram van de waterstromen voor een droog jaar (bovenste paneel). Over het gehele jaar verschilt de wateraanvoer in een droog jaar niet veel van een gemiddeld jaar. De totale aanvoer van water in een droog jaar bedraagt 111M m³/jaar (270 mm), circa 8% hoger dan in de gemiddelde situatie en ongeveer twee derde van het jaarlijkse neerslagoverschot. Deze stijging wordt hoofdzakelijk veroorzaakt door de toegenomen aanvoer van water voor het op peil houden en doorspoelen van het oppervlaktewatersysteem. De afgevoerde hoeveelheid zoetwater afgevoerd is afgenomen, van circa 300M naar 265M m³/jaar, als gevolg van zowel de lagere hoeveelheid uitgemalen oppervlaktewater als de afname van RWZI-effluent. Het verloopt van de totale wateraanvoer gedurende een droog jaar is weergegeven in het rechterpaneel van Figuur 4.4. Hieruit volgt dat de totale wateraanvoer (grond- en oppervlaktewater) met name in de zomermaanden sterk is gestegen, van 15M naar 22,5M m³ (50%).

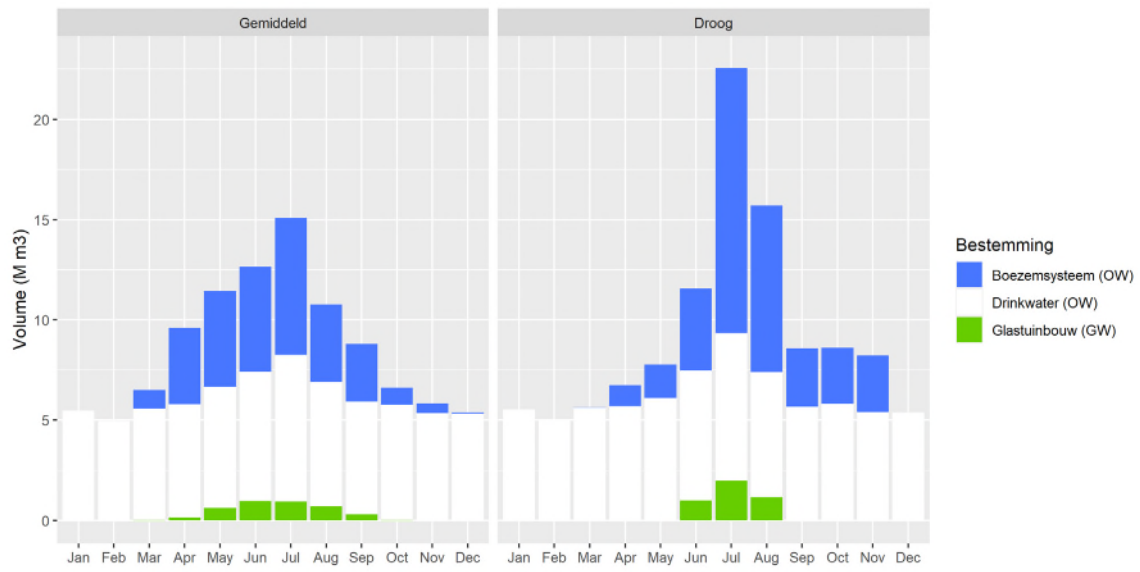
De grootste verschillen met een gemiddelde zomer treden op in de aan- en afvoer van water van/naar het boezemsysteem. Uit Figuur 4.6 (rechterpaneel) volgt dat de aanvoer van extern water in een droge zomermaand (13,2M m³) bijna het dubbele is van een gemiddelde zomermaand (6,8M m³). In het Sankey-diagram voor de maand juli (Figuur 4.3, rechterpaneel) is goed te zien dat de aanvoer van water in een droge zomermaand vele malen hoger is dan de hoeveelheid uitgemalen water (3,3M m³). De netto hoeveelheid grondwater die aanvullend nodig is voor gietwater in de glastuinbouw in het Westland, is in een droog jaar niet veel hoger dan in een gemiddeld jaar, maar blijkt wel sterk geconcentreerd in de zomer (zie Figuur 4.7, rechterpaneel). De benodigde hoeveelheid in een droge julimaand is het dubbele van een gemiddelde julimaand en bedraagt ruim 80% van de totale gietwatervraag in die maand (40% in een gemiddelde maand juli).

De maandelijkse volumes geloosd RWZI-effluent in een droge situatie zijn weergegeven in Figuur 4.5 (onderste paneel). In vergelijking met de gemiddelde referentiesituatie (bovenste paneel) komt het verschil tussen het zomer- en het winterseizoen iets duidelijker naar voren als gevolg van het lagere geschatte aandeel RWA. In het casusgebied varieert het maandelijkse effluentvolume van 8M m³ in juli tot 13,3M m³ in januari. Merk op dat de hoeveelheid afgevoerd effluent in een droge maand juli iets meer dan een derde is van de totale hoeveelheid aangevoerd water.

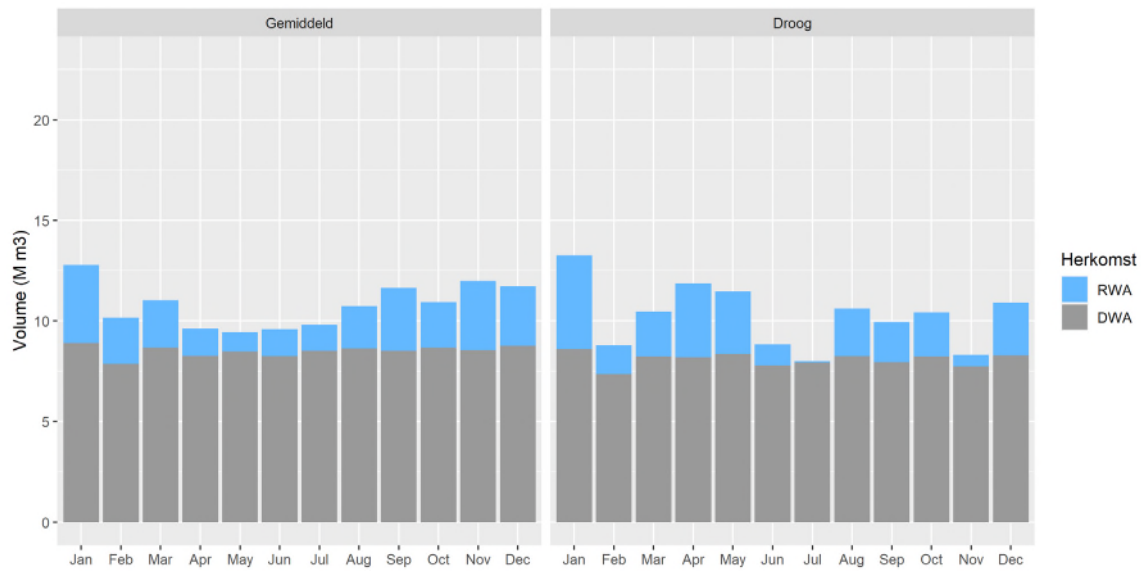
FIGUUR 4.3 SANKEY-DIAGRAMMEN VAN DE WATERSTROMEN IN EEN DROOG JAAR (BOVEN) EN DROGE ZOMERMAAND (ONDER) IN CASUS 2, GEBASEERD OP HET JAAR 2018



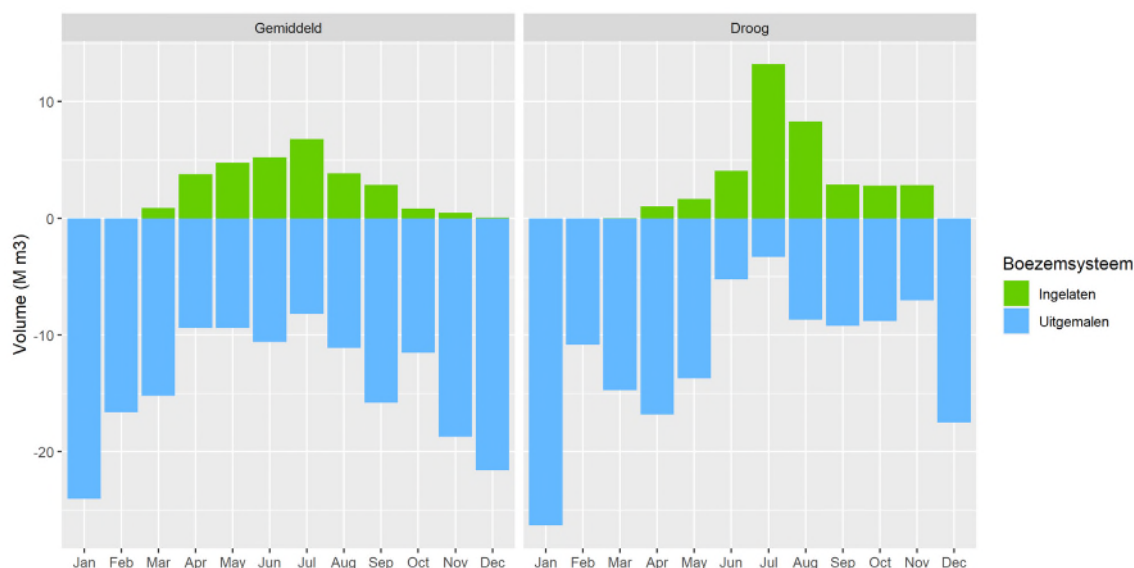
FIGUUR 4.4 BENODIGD GRONDWATER (GW) EN OPPERVLAKTEWATER (OW) PER SECTOR IN EEN GEMIDDELD (2015-2019; LINKS) EN EEN DROOG JAAR (2018; RECHTS) IN CASUS 2. DE INDUSTRIËLE SECTOR IS NIET WEERGEGEVEN IN DEZE GRAFIEK



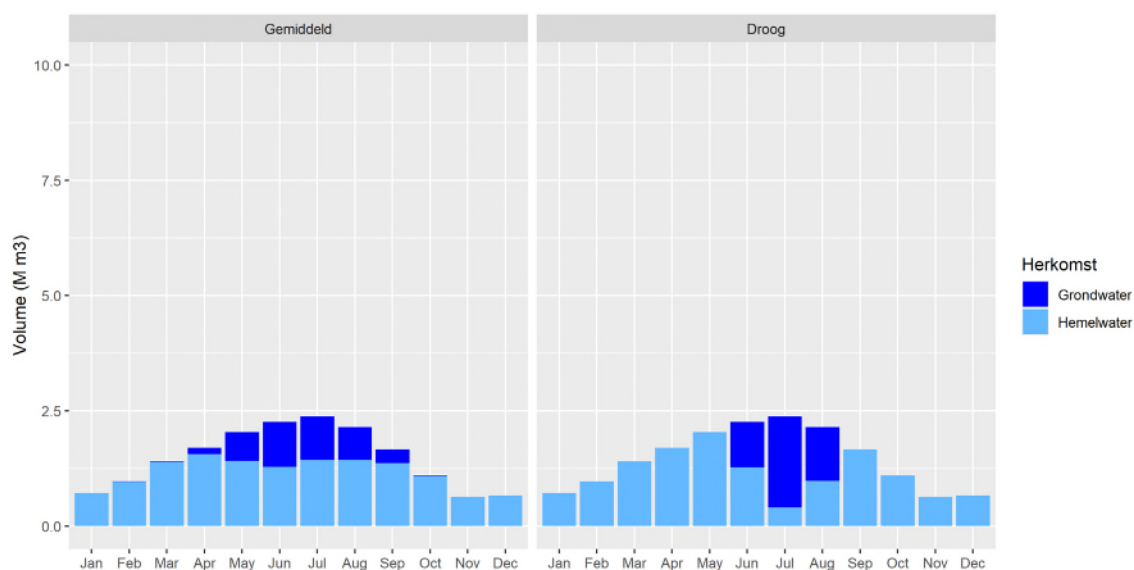
FIGUUR 4.5 HERKOMST RWZI-EFFLUENT IN EEN GEMIDDELD (2015-2019; LINKS) EN EEN DROOG JAAR (2018; RECHTS) IN CASUS 2



FIGUUR 4.6 HOEVEELHEID AANGEVOERD EN UITGEMALEN WATER IN HET CASUSGEBIED, IN EEN GEMIDDELD (2015-2019; LINKS) EN EEN DROOG JAAR (2018; RECHTS)



FIGUUR 4.7 HERKOMST VAN HET BENODIGDE GIETWATER IN DE GLASTUINBOUW IN HET WESTLAND, IN EEN GEMIDDELD (2015-2019; LINKS) EN EEN DROOG JAAR (2018; RECHTS). DE HOEVEELHEID GIETWATER UIT OPPERVLAKTEWATER IS NIET BEKEND EN ZODOENDE NIET WEEERGEGEVEN IN DE GRAFIEK



4.5 SCENARIO'S WATERFABRIEK

Uit de resultaten van de referentiesituaties zijn enkele belangrijke conclusies te trekken. Zo is de aanvoer van water het grootst in de zomerperiode, met name in een droog jaar. Dit komt voornamelijk op het conto van de aanvoer van extern oppervlaktewater voor de peilhandhaving in het boezemsysteem en voor droogtebestrijding. Daarnaast is gebleken dat de hoeveelheid RWZI-effluent op jaarbasis aanzienlijk hoger is dan de totale aangevoerde hoeveelheid water, zowel in een gemiddeld als een droog jaar, maar dat er in de zomer een sterke *mismatch* optreedt. De zelfvoorzienendheid van het gebied is dus het laagst in een zomermaand en dit zal onder invloed van autonome ontwikkelingen (bevolkingsgroei, klimaatverandering) nog lager worden in de toekomst.

Om te onderzoeken of de zelfvoorzienendheid van het gebied en de veerkracht van het watersysteem kan worden verhoogd met de inzet van RWZI-effluent, zijn drie scenario's uitgewerkt en doorgerekend:

1. Inzet van RWZI-effluent voor de gietwatervraag glastuinbouw Westland ('RWZI naar glastuinbouw');
2. Inzet van effluent voor het op peil houden en doorspoelen van het boezemsysteem ('RWZI naar boezemsysteem');
3. Inzet van effluent in de drinkwatervoorziening ('RWZI naar drinkwater').

In onderstaande paragrafen worden de drie scenario's nader uitgewerkt. Omdat deze scenario's onderdeel kunnen zijn van een toekomstig pakket aan maatregelen, zijn ze toegepast op de droge referentiesituatie, die in de toekomst naar verwachting vaker zal voorkomen of zelfs de norm zal worden. In de uitwerking ligt de nadruk op de verschillen in totale wateraanvoer tussen het Waterfabriek-scenario en de referentiesituatie. Tevens wordt onderzocht in hoeverre met de inzet van de maatregelen kan worden voldaan aan de watervraag in de desbetreffende sector en tegelijkertijd de mate van zelfvoorzienendheid van het casusgebied kan worden vergroot. Tot slot wordt ingegaan op de aandachtspunten en vereisten van het Waterfabriek-scenario met betrekking tot opslag, zuivering, transport en andere aandachtspunten.

4.5.1 SCENARIO 1 – RWZI NAAR GLASTUINBOUW

Uit de analyse van de referentiesituatie is gebleken dat de grondwateronttrekking voor gietwater in de glastuinbouw Westland op jaarbasis relatief klein is vergeleken met andere waterstromen in het systeem. De vraag treedt evenwel op in een beperkte periode van het jaar en kan sterk geconcentreerd zijn in de droge zomermaanden. In juli 2018 is de berekende hoeveelheid gietwater uit grondwater ongeveer 2M m³, 80% van de totale gietwatervraag in die maand. Voor de productie moet ongeveer twee keer dit volume worden opgepompt uit het eerste watervoerende pakket, waarna de rest als een sterk verzilte oplossing (brijn) wordt geïnfilteerd in het tweede watervoerende pakket. Als gevolg hiervan treedt netto verzilting op van de ondergrond. Bovendien kan ondiepe grondwateronttrekking in een droge periode in sommige deelgebieden leiden tot bodemdaling als gevolg van de daling in de grondwaterstand.

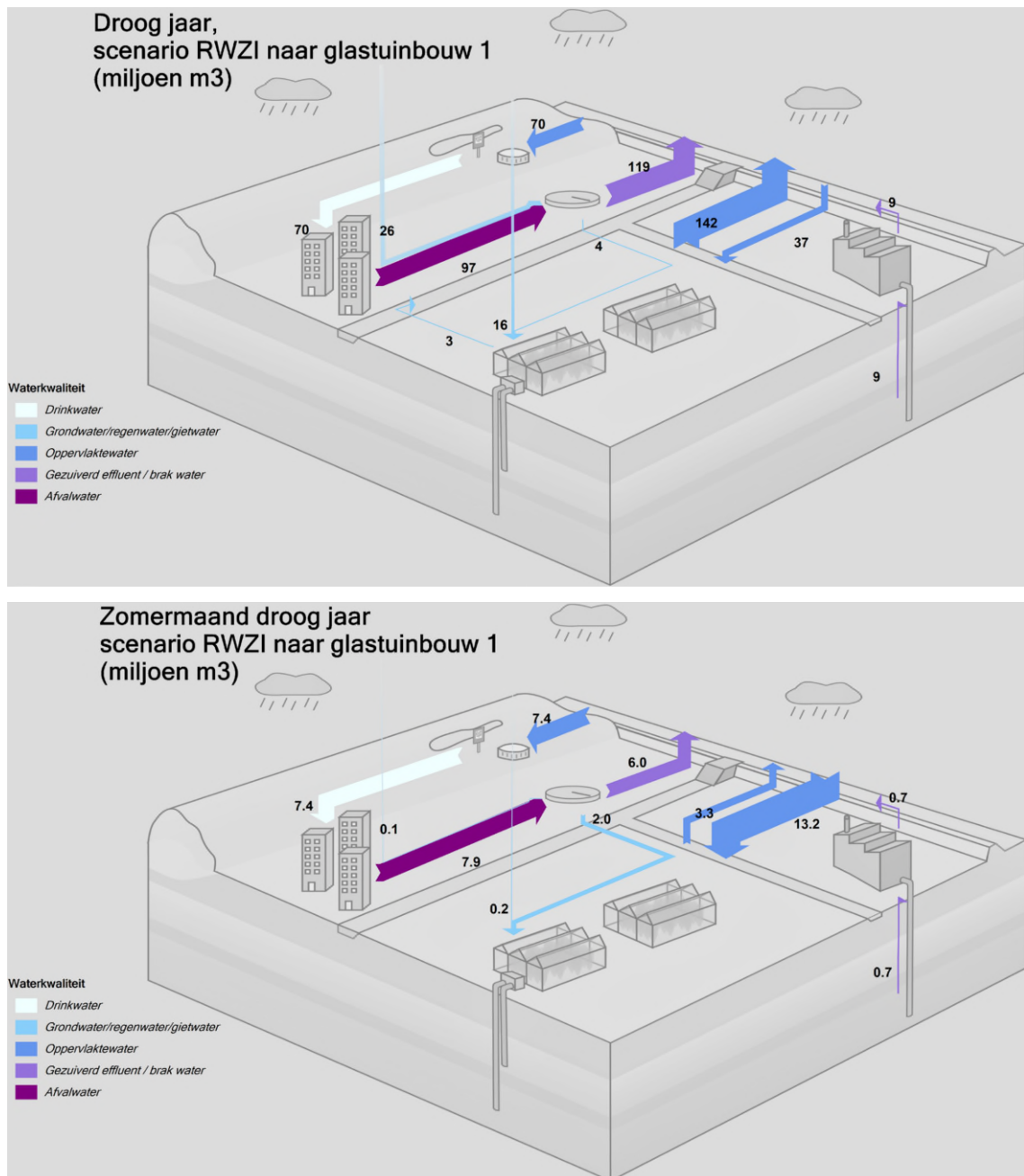
In het eerste Waterfabriek-scenario is onderzocht of RWZI-effluent de vraag naar grondwater kan vervangen. Hiertoe is in het WEAP-model een koppeling gelegd tussen de *Demand site* Glastuinbouw en de twee nabijgelegen RWZI's Nieuwe Waterweg (waar momenteel al een pilot loopt om effluent voor glastuinbouw in te zetten) en Harnaschpolder. Het scenario is doorgerekend in twee varianten. In de eerste variant wordt effluent alleen ingezet ter vervanging van grondwater. Bij het bepalen van de gietwatervraag heeft effluent voorrang boven grondwater, maar indien nodig kan grondwater wel als aanvulling dienen. De vraag naar hemelwater blijft intact. In de tweede variant kan het effluent worden ingezet voor de gehele gietwatervraag, dus ook als vervanging van hemelwater. Deze aanvullende variant is gekozen om te onderzoeken wat de effecten zijn op het watersysteem als tuinders zouden besluiten om volledig over te stappen op effluent en het opgevangen hemelwater naar het oppervlaktewater afvoeren.

VARIANT 1: EFFLUENT TER VERVANGING VAN GRONDWATER VOOR GIETWATER

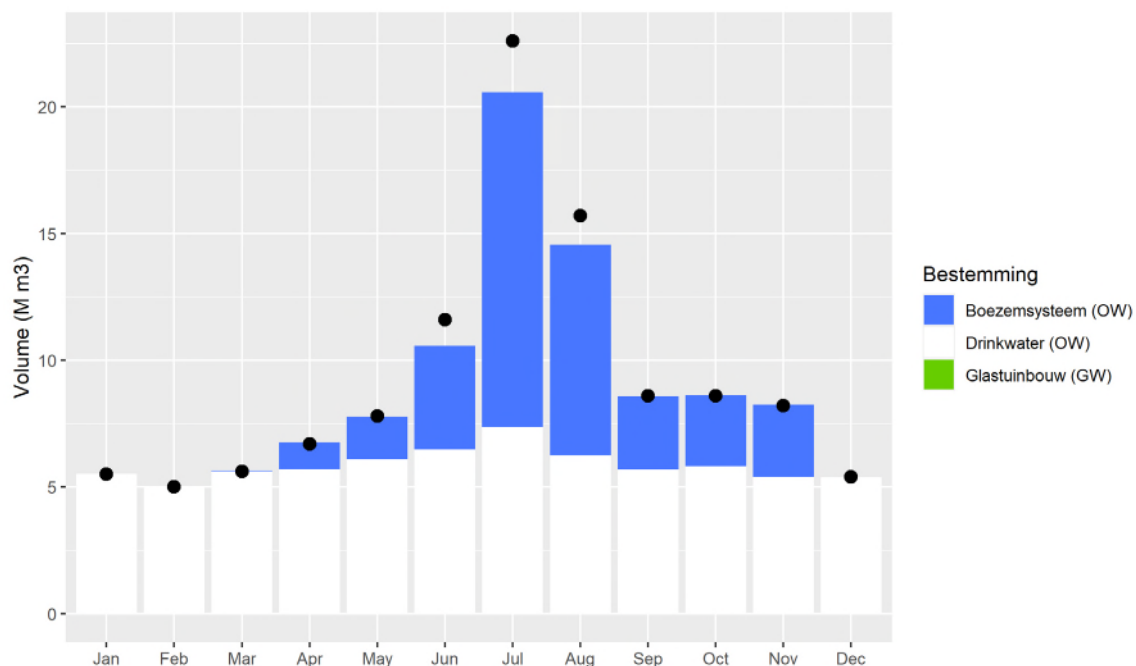
De grootte van de waterstromen in dit scenario op jaarbasis zijn weergegeven in het bovenste Sankey-diagram in Figuur 4.8. In Figuur 4.9 is de maandelijks aanvoer van zoetwater

weergegeven, verdeeld per sector. De totale wateraanvoer (inclusief grondwater) is afgenomen van 111M naar 107M m³/jaar, een afname van circa 4%. De SSI is berekend op 1,75, iets lager dan in de droge referentiesituatie zonder hergebruik (1,81). Wanneer we alleen de maand juli beschouwen, bedraagt de relatieve afname van de wateraanvoer 9% (van 22,5M naar 20,6M m³). De gehele grondwatervraag kan door RWZI-effluent worden ondervangen. In het linker paneel van Figuur 4.10 is de bestemming van het effluent van de RWZI-locaties Nieuwe Waterweg en Harnaschpolder weergegeven in variant 1. Hieruit volgt dat het grootste deel van het effluent nog steeds wordt afgevoerd naar het buitenwater. In totaal wordt op jaarbasis 5% van het beschikbare effluent op de locaties hergebruikt (4,1M van de 78M m³). In de maand juli bedraagt het hergebruik 40% (2M van de beschikbare 5M m³).

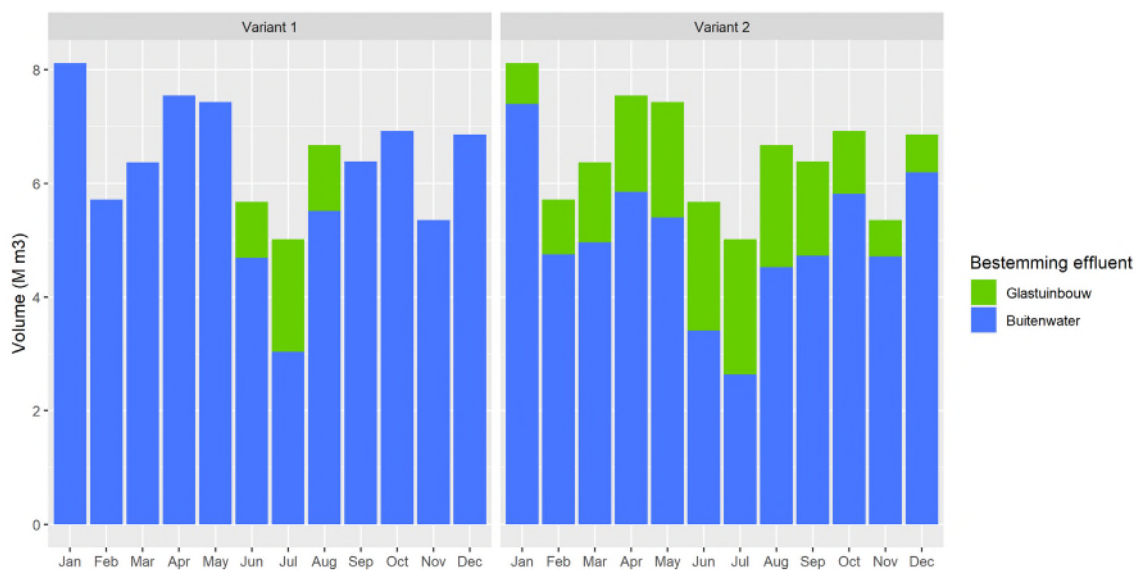
FIGUUR 4.8 SANKEY-DIAGRAMMEN VAN DE WATERSTROMEN IN EEN DROOG JAAR (2018, BOVEN) EN DROGE ZOMERMAAND IN DAT JAAR (ONDER) IN VARIANT 1 VAN HET EERSTE WATERFABRIEK-SCENARIO (RWZI NAAR GLASTUINBOUW) IN CASUS 2. IN DEZE VARIANT WORDT EFFLUENT ALLEEN INGEZET TER VERVANGING VAN GRONDWATER



FIGUUR 4.9 WATERAANVOER PER SECTOR IN HET EERSTE WATERFABRIEK-SCENARIO (RWZI NAAR GLASTUINBOUW), VARIANT 1. DE ZWARTE PUNTEN GEVEN DE TOTALE WATERAANVOER AAN IN DE DROGE REFERENTIESITUATIE ZONDER HERGEBRUIK



FIGUUR 4.10 BESTEMMING VAN HET EFFLUENT VAN RWZI'S NIEUWE WATERWEG EN HARNASCHPOLDER IN BEIDE VARIANTEN VAN HET EERSTE WATERFABRIEK-SCENARIO (RWZI NAAR GLASTUINBOUW) VOOR CASUS 2. LINKS: EFFLUENT TER VERVANGING VAN GRONDWATER VARIANT 1); RECHTS: EFFLUENT VOOR DE GEHELE GIETWATERVRAAG (VARIANT 2)



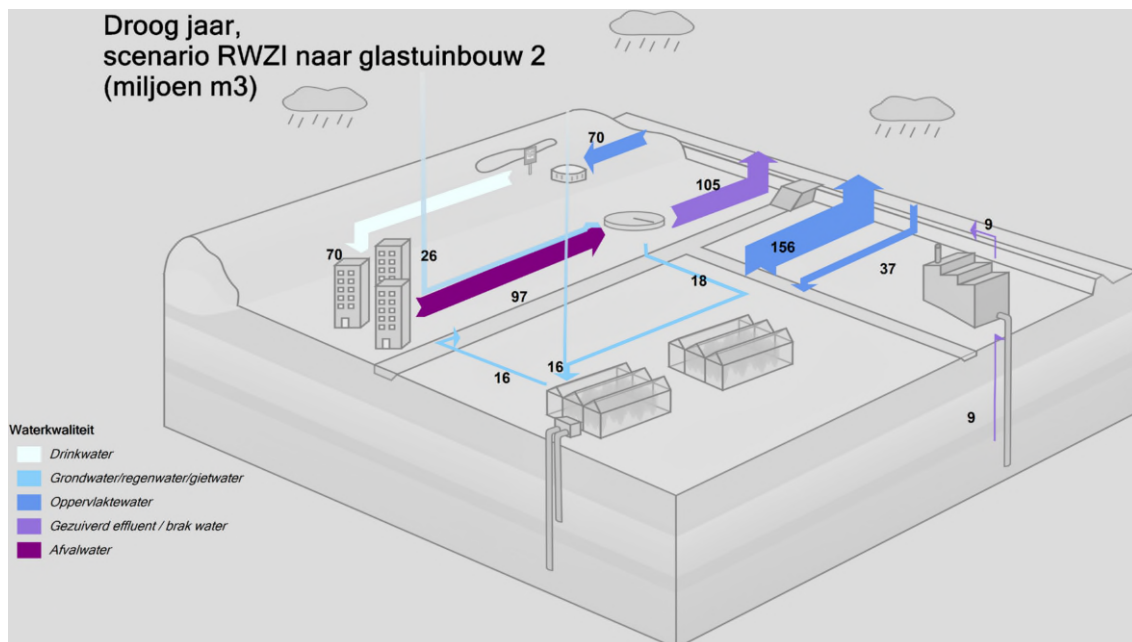
VARIANT 2: EFFLUENT TER VERVANGING VAN GEHELE GIETWATERVRAAG

Indien het gebruik van effluent voor gietwater in de glastuinbouw in het Westland in de toekomst zeer voordelig blijkt te zijn, zou het kunnen gebeuren dat tuinders ervoor kiezen om niet alleen de aanvullende grondwateraanvoer, maar ook een deel van of de gehele vraag naar hemelwater te vervangen door effluent. Het ongebruikte hemelwater zal dan naar het oppervlaktewatersysteem gaan. In variant 2 van het eerste Waterfabriek-scenario is deze situatie nader in beeld gebracht. In het Sankey-diagram in Figuur 4.11 is de variant op jaarbasis gekwantificeerd. De totale wateraanvoer is met $107 \text{ M m}^3/\text{jaar}$ gelijk aan variant 1 (een afname van 4%). De totale hoeveelheid afgevoerd effluent in het casusgebied is met $17,7 \text{ M m}^3$

afgenomen van 123M naar 105M m³. Echter, de hoeveelheid uitgemalen oppervlaktewater is met 14M m³/jaar toegenomen, aangezien het hemelwater uit de glastuinbouw Westland nu via het oppervlaktewatersysteem wordt afgevoerd. Mogelijk dat deze uitgemalen hoeveelheid in werkelijkheid iets minder zou zijn, aangezien de extra aanvoer van hemelwater kan betekenen dat minder extern water hoeft te worden aangevoerd voor doorspoeling. De SSI voor deze variant is 1,75 en daarmee gelijk aan variant 1.

In het rechter paneel van Figuur 410 is de bestemming van het effluent van de RWZI-locaties Nieuwe Waterweg en Harnaschpolder weergegeven in variant 2. Hieruit volgt dat het grootste deel van het effluent nog steeds wordt afgevoerd naar het buitenwater. De hoeveelheid hergebruikt effluent bedraagt op jaarbasis bijna een kwart (17,7M van de 78M m³). In de maand juli bedraagt het hergebruik bijna 50% (2,4M van de beschikbare 5M m³).

FIGUUR 4.11 SANKEY-DIAGRAM VAN DE WATERSTROMEN IN EEN DROOG JAAR IN VARIANT 2 VAN HET EERSTE WATERFABRIEK-SCENARIO (RWZI NAAR GLASTUINBOUW) IN CASUS 2. IN DEZE VARIANT WORDT EFFLUENT INGEZET TER VERVANGING VAN DE GEHELE GIETWATERVRAAG (HEMELWATER EN GRONDWATER)



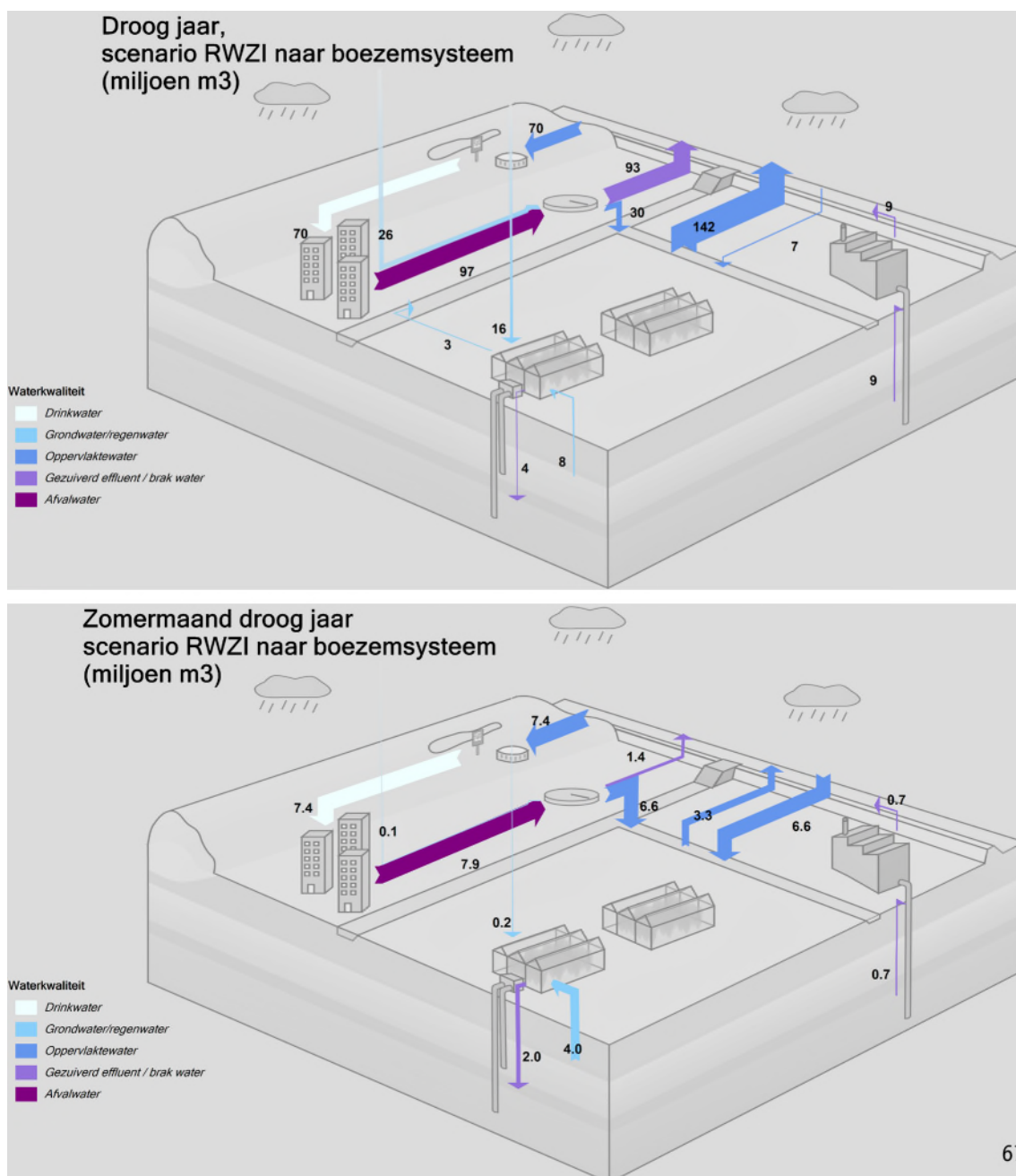
4.5.2 SCENARIO 2 – RWZI NAAR BOEZEMSYSTEEM

In een droge referentiesituatie wordt jaarlijks veel water van buiten het gebied aangevoerd voor droogtebestrijding en de doorspoeling van de boezems, met name in de zomer. Het betreft 37M m³ in een droog jaar, een aanzienlijk deel van de totale externe wateraanvoer. De aanvoer kan in de toekomst onder druk komen te staan als gevolg van klimaatverandering en daarmee gepaard gaande periodes van droogte en verslechterde waterkwaliteit. Mogelijk kan het RWZI-effluent ook voor dit doel worden aangewend. In het tweede Waterfabriekscenario is nader onderzocht wat de potenties zijn van de inzet van effluent afkomstig van de RWZI's Nieuwe Waterweg, Harnaschpolder en Groote Lucht voor aanvoer naar het boezemsysteem (bij RWZI Groote Lucht loopt momenteel al een pilot met een 'waterharmonica' voor deze toepassing). In het model WEAP zijn koppelingen gelegd van deze drie RWZI-nodes naar de Demand site Oppervlaktewater. Benodigd water wordt bij voorkeur door effluent voorzien; bij tekort wordt water extern aangevoerd.

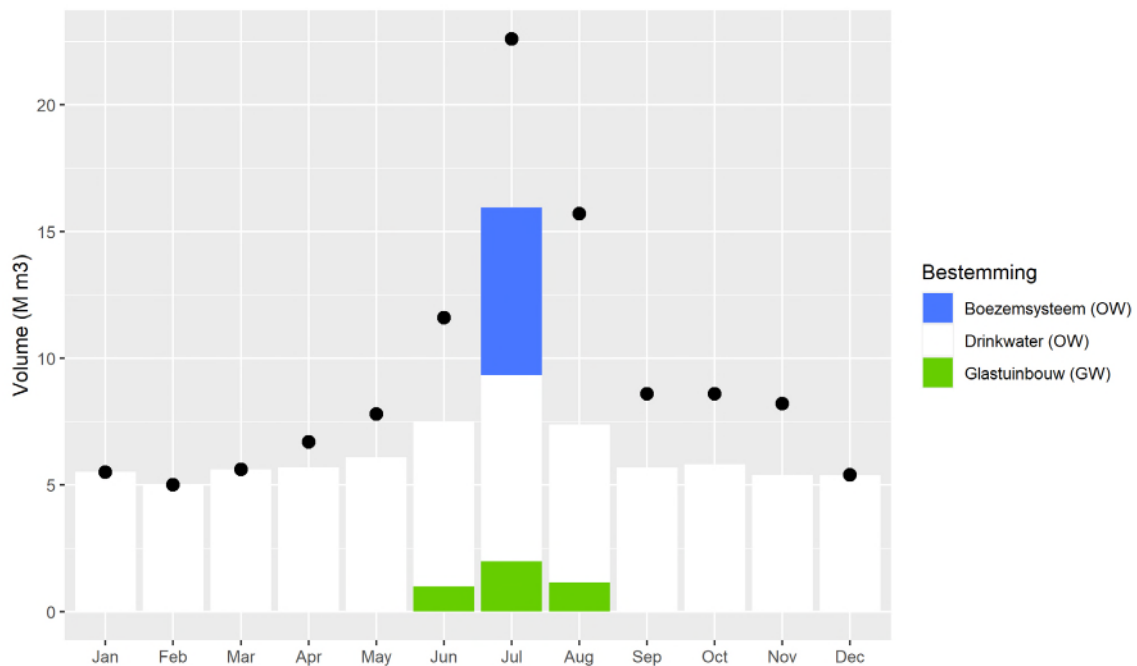
De grootte van de waterstromen in dit scenario op jaarbasis zijn weergegeven in het bovenste Sankey-diagram in Figuur 4.12. In Figuur 4.13 is de maandelijkse aanvoer van zoetwater

weergegeven, verdeeld per sector. In dit hergebruiksscenario kan met name de zomerse piek in wateraanvoer worden verminderd. De totale wateraanvoer is afgenomen van 111M naar 81M m³/jaar, een afname van meer dan een kwart. De SSI is berekend op 1,61, een daling van 0,2 ten opzichte van de referentiesituatie zonder hergebruik (1,81). In de maand juli bedraagt de relatieve afname van de wateraanvoer bijna 30% (van 22,5M naar 16M m³). Op jaarbasis kan ruim 80% van het benodigde water uit effluent worden gehaald: de externe aanvoer voor dit doel daalt van 36,9M naar 6,6M m³/jaar. In Figuur 4.14 is per maand de herkomst van het aangevoerde oppervlaktewater en de bestemming van het effluent uit de drie RWZI-locaties naast elkaar weergegeven. Uit dit maandelijks overzicht wordt duidelijk dat in de maand juli de hoeveelheid effluent niet voldoende is om de totale externe aanvoer op te vangen. In deze maand kan ongeveer de helft van de totale vraag worden opgevangen (6,6M m³); de andere helft moet nog steeds extern worden aangevoerd (zie ook Figuur 4.12, onderste figuur). In augustus is de hoeveelheid effluent net voldoende. Op jaarbasis kan ongeveer 30% van het beschikbare effluent worden hergebruikt (30M van de beschikbare 101M m³).

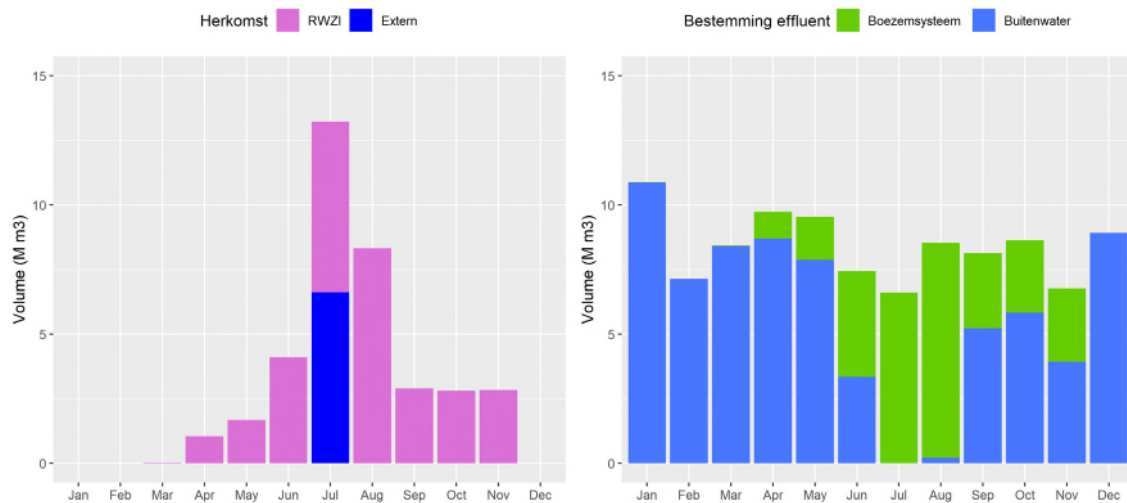
FIGUUR 4.12 SANKEY-DIAGRAMMEN VAN DE WATERSTROMEN IN EEN DROOG JAAR (2018, BOVEN) EN DROGE ZOMERMAAND IN DAT JAAR (ONDER) IN HET TWEDE WATERFABRIEK-SCENARIO (RWZI NAAR BOEZEMSYSTEEM) IN CASUS 2



FIGUUR 4.13 WATERAANVOER PER SECTOR IN HET TWEEDE WATERFABRIEK-SCENARIO (RWZI NAAR BOEZEMSYSTEEM). DE ZWARTE PUNTEN GEVEN DE TOTALE WATERAANVOER AAN IN DE DROGE REFERENTIESITUATIE ZONDER HERGEBRUIK



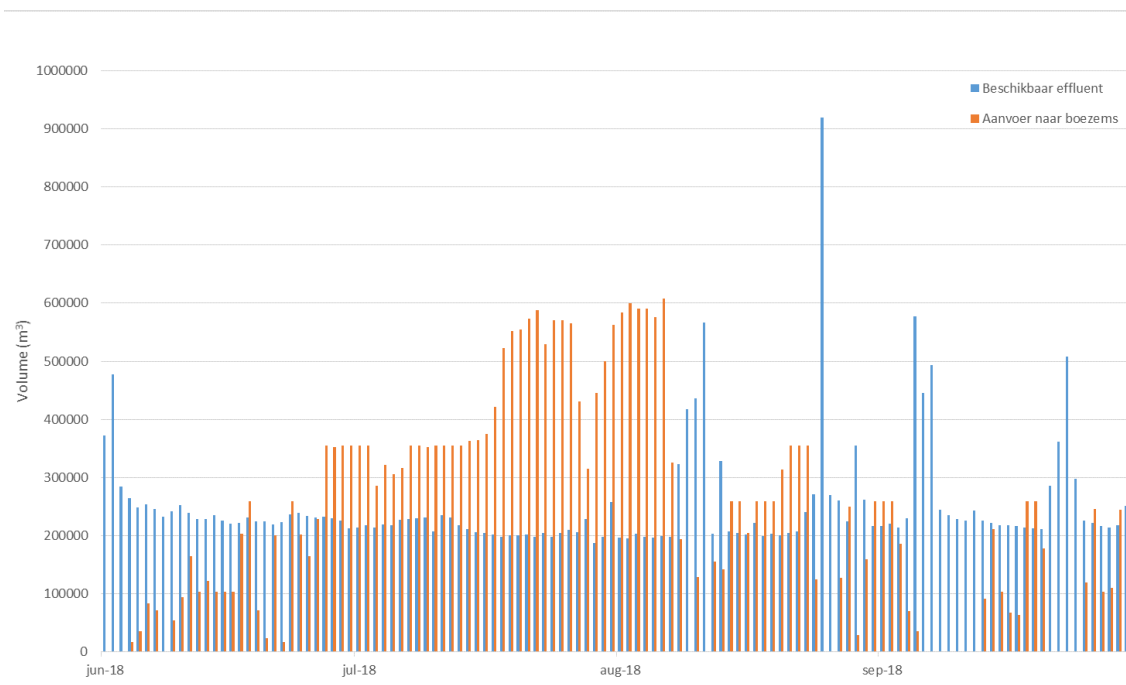
FIGUUR 4.14 LINKS: HERKOMST VAN HET AANGEVOERDE OPPERVLAKEWATER IN HET TWEEDE WATERFABRIEK-SCENARIO (RWZI NAAR BOEZEMSYSTEEM) IN CASUS 2. RECHTS: BESTEMMING VAN HET EFFLUENT VAN RWZI'S GROOTE LUCHT, NIEUWE WATERWEG EN HARNASCHPOLDER



Uit bovenstaande resultaten wordt duidelijk dat er op maandbasis voldoende effluent beschikbaar is voor de benodigde aanvoer naar het boezemsysteem, behalve in de maand juli. Om meer inzicht te krijgen in de verhouding tussen waterbeschikbaarheid en watervraag in dit scenario, is ook gekeken naar watervraag en -aanbod op dagelijkse basis. In Figuur 4.15 zijn deze dagelijkse getallen weergegeven voor de zomerperiode juni t/m september 2018 (deze getallen zijn gebaseerd op ruwe gegevens, geleverd door HH Delfland, en niet op WEAP-modelberekeningen). Hieruit volgt dat in de maand juli op de meeste dagen meer water is aangevoerd naar het boezemsysteem van Delfland dan dat er dagelijks aan effluent beschikbaar is op de drie RWZI-locaties in dit Waterfabriek-scenario, zoals ook was gebleken uit de analyse van maandelijks volumes. Echter, ook in de overige maanden zijn er perioden waarin op dagbasis meer externe aanvoer plaatsvindt dan dat er effluent beschikbaar is,

zoals eind juni, half augustus en enkele dagen verspreid in september. Wanneer er weinig tot geen mogelijkheden zijn tot het tijdelijk vasthouden van beschikbaar effluent, zal het totale beschikbare volume effluent voor hergebruik kleiner zijn dan uit de maandelijkse analyse is geconcludeerd.

FIGUUR 4.15 DAGELIJKSE HOEVEELHEDEN BESCHIKBAAR EFFLUENT OP DE RWZI'S GROOTE LUCHT, NIEUWE WATERWEG EN HARNASCHPOLDER, EN DE EXTERNE AANVOER NAAR HET BOEZEMSYSTEEM IN DE MAANDEN JUNI T/M SEPTEMBER 2018



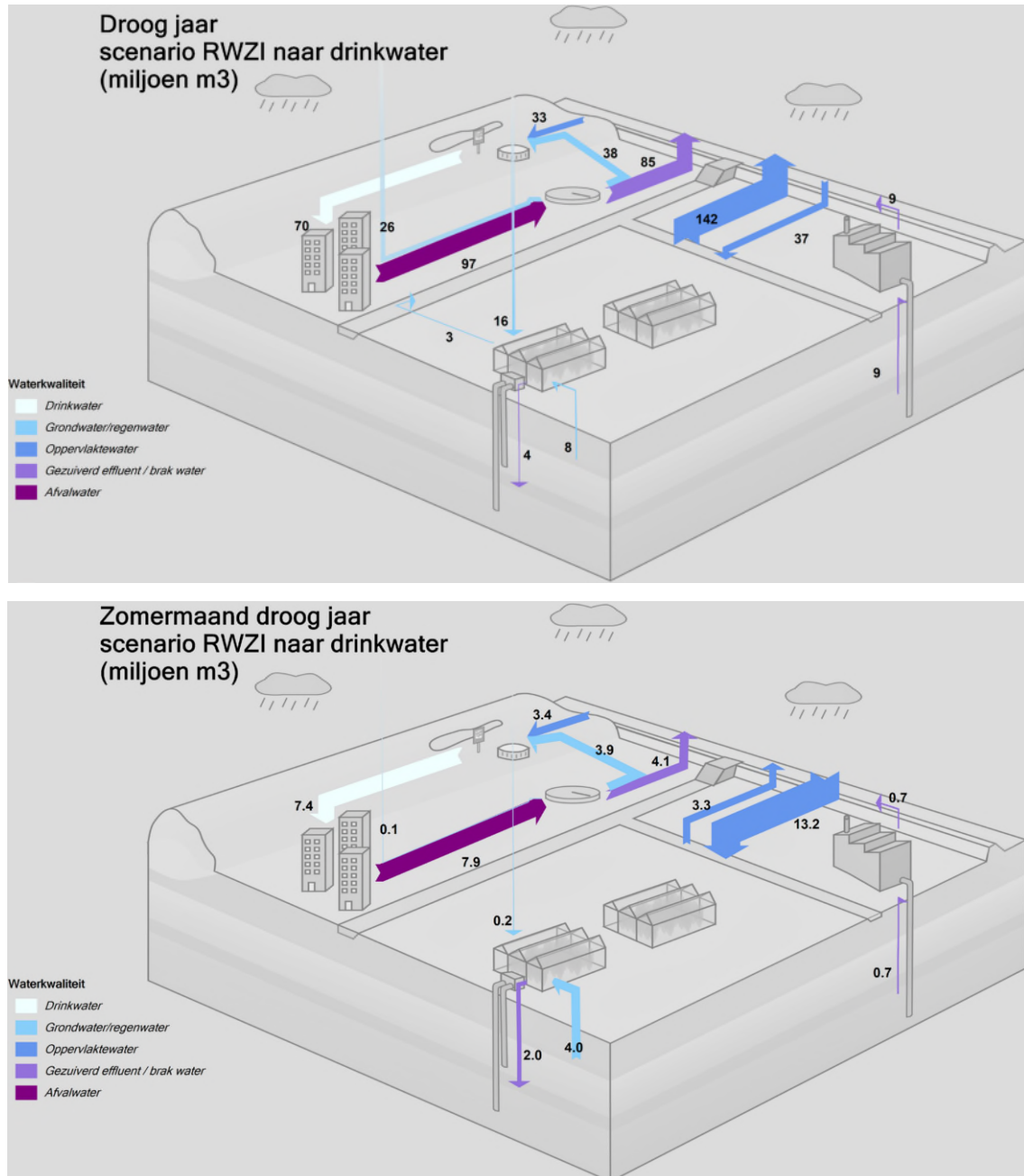
4.5.3 SCENARIO 3 – RWZI NAAR DRINKWATER

In een droge referentiesituatie vindt op jaarbasis de meeste externe aanvoer van zoetwater plaats naar de productie van drinkwater. Bovendien is de verwachting dat het benodigde volume in de toekomst nog verder zal stijgen door klimaatverandering en bevolkingsgroei. In het derde Waterfabriek-scenario is onderzocht welke potenties de inzet van RWZI-effluent heeft om de zelfvoorzienendheid van het casusgebied te verhogen. In dit scenario wordt het effluent van de RWZI-locaties Harnaschpolder en Houtrust ingezet om in de drinkwaterproductie van Dunea binnen Delfland te voorzien. Voor deze afbakening is gekozen omdat het drinkwater van Dunea via duinfiltratie wordt gewonnen en de RWZI's Houtrust en Harnaschpolder hun effluent naar de Noordzee afvoeren, in de buurt van de infiltratiegebieden. In het WEAP-model zijn koppelingen gelegd vanuit de RWZI's naar de *Demand site* Stedelijk gebied. Bij onvoldoende beschikbaarheid effluent wordt alsnog extern water aangevoerd voor Dunea. Het drinkwater van Evides blijft in dit scenario afkomstig van externe aanvoer.

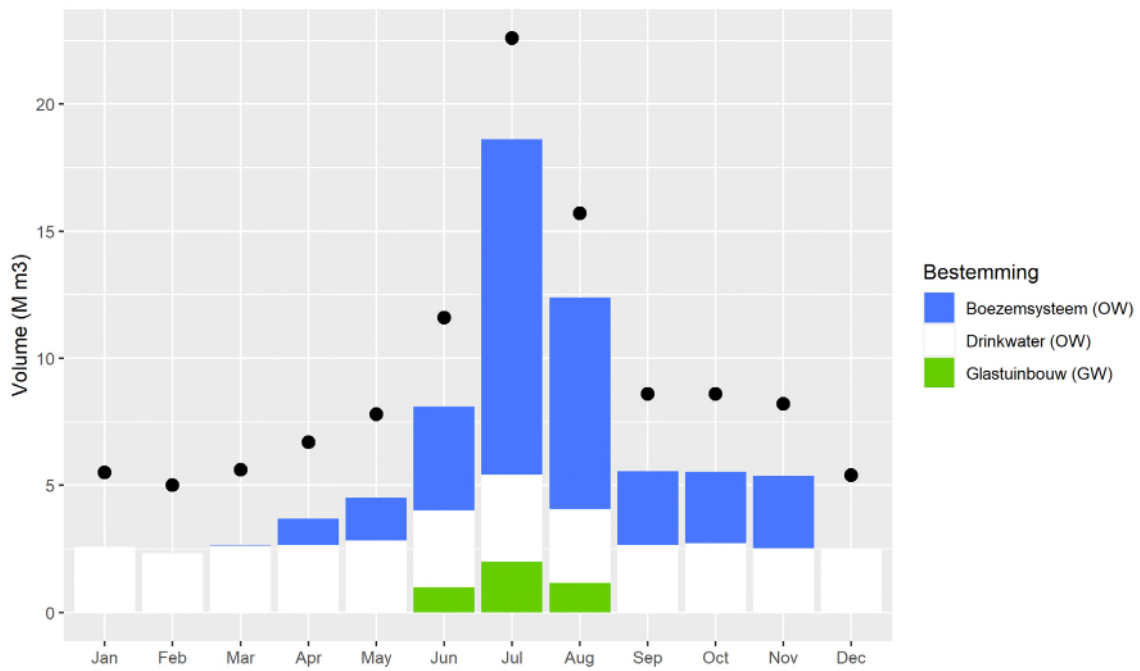
De grootte van de waterstromen in dit scenario op jaarbasis zijn weergegeven in het bovenste Sankey-diagram in Figuur 4.16. In Figuur 4.17 is de maandelijkse aanvoer van zoetwater weergegeven, verdeeld per sector. In dit scenario is de totale externe waterafvoer afgenomen van 111M naar 74M m³/jaar, een afname van een derde. De SSI is berekend op 1,56; dit is 0,25 lager dan in de droge referentiesituatie. In de maand juli bedraagt de relatieve afname van de wateraanvoer 17% (van 22,5M naar 18,6M m³). De relatieve besparing is het grootst in de wintermaanden, waarin de maandelijkse externe aanvoer tot ongeveer de helft kan

worden teruggebracht. In Figuur 4.18 is per maand de herkomst van het aangevoerde water voor drinkwaterproductie weergegeven naast de bestemming van het effluent uit de twee RWZI-locaties. De hoeveelheid beschikbaar effluent op deze locaties is iedere maand voldoende om de externe aanvoer voor drinkwaterproductie door Dunea op te vangen. Op jaarbasis kan ongeveer 40% van het beschikbare effluent worden hergebruikt (37,5M van de beschikbare 91,3M m³). In de maanden juni en juli wordt het grootste deel hergebruikt (twee derde), aangezien de effluentstroom dan het kleinst is.

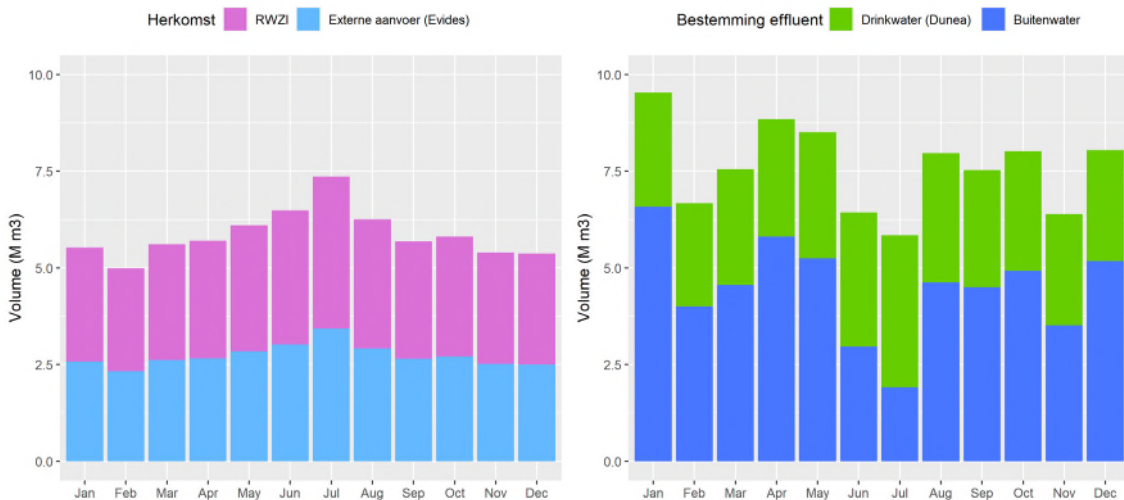
FIGUUR 4.16 SANKEY-DIAGRAMMEN VAN DE WATERSTROMEN IN EEN DROOG JAAR (2018, BOVEN) EN DROGE ZOMERMAAND IN DAT JAAR (ONDER) IN HET DERDE WATERFABRIEK-SCENARIO (RWZI NAAR DRINKWATER) IN CASUS 2



FIGUUR 4.17 WATERAANVOER PER SECTOR IN HET DERDE WATERFABRIEK-SCENARIO (RWZI NAAR DRINKWATER). DE ZWARTE PUNTEN GEVEN DE TOTALE WATERAANVOER AAN IN DE DROGE REFERENTIESITUATIE ZONDER HERGEBRUIK



FIGUUR 4.18 LINKS: HERKOMST VAN HET WATER VOOR DE TOTALE DRINKWATERPRODUCTIE VAN DELFLAND IN HET DERDE WATERFABRIEK-SCENARIO (RWZI NAAR DRINKWATER) IN CASUS 2. RECHTS: BESTEMMING VAN HET EFFLUENT VAN DE RWZI-LOCATIES HOUTRUST EN HARNASCHPOLDER



4.6 DISCUSSIE

Bovenstaande resultaten van de drie hergebruikscenario's illustreren de potenties als het gaat om de hoeveelheid te hergebruiken restwater uit RWZI's. In deze paragraaf worden per scenario de mogelijkheden voor hergebruik puntsgewijs samengevat en wordt ingegaan op de overige aandachtspunten en eventuele beperkingen.

4.6.1 SCENARIO 1 – RWZI NAAR GLASTUINBOUW

- **Zelfvoorzienendheid.** In dit scenario, waarbij de volledige grondwatervraag voor gietwater wordt vervangen door effluent, kan op jaarbasis een reductie van circa 4% van de totale wateraanvoer (grond- en oppervlaktewater) worden behaald. De zelfvoorzienendheidsin-

dex (SSI) daalt licht van 1,81 naar 1,76, wat betekent dat het systeem iets zelfvoorzienender wordt. Het aandeel hergebruikt effluent op jaarbasis bedraagt 5%. In de zomermaand juli bedraagt de reductie van de wateraanvoer circa 9%, mogelijk gemaakt door 40% van het beschikbare effluent in die maand in te zetten.

- **Watersysteem.** Het effect op het watersysteem in dit scenario wordt gering geacht. In variant 1 verandert er niets in de aan- en afvoer van het oppervlaktewater. Het grondwatergebruik wordt geheel vervangen door effluent, waardoor het risico op bodemdaling als gevolg van grondwateronttrekking in kwetsbare gebieden kan worden verminderd. Daarmee neemt ook de verzilting van de ondergrond af. Indien hergebruikt effluent zou worden ingezet om een groter deel van de gietwatervraag op te vangen, dus inclusief een gedeelte van of de gehele vraag naar hemelwater (variant 2), worden wel lokale effecten op het oppervlaktewatersysteem verwacht. Het hemelwater dat momenteel wordt opgevangen en gebruikt als gietwater, zal dan naar het oppervlaktewater worden afgevoerd en moeten worden uitgemalen. Het exacte effect op veranderingen in overstort is lastig te bepalen, omdat dit afhangt van (toekomstige) keuzes van individuele bedrijven over de omvang van het hemelwaterreservoir en gehanteerde sturingsregels voor de gietwatervoorziening (Stofberg et al., 2021, *in voorbereiding*). Tot slot kunnen lokale effecten op het oppervlaktewatersysteem optreden doordat het gebruik van oppervlaktewater wordt vervangen door effluent. Het gebruik van oppervlaktewater voor gietwater is evenwel niet precies bekend, dus dit effect kan hier niet verder worden gekwantificeerd.
- **Kwaliteit.** De kwaliteit van het effluent voldoet momenteel niet aan de eisen die worden gesteld aan gietwater door de glastuinbouw. Aanvullende zuivering is noodzakelijk, met name gericht op het verwijderen van organische microverontreinigingen, pathogenen en opgeloste stoffen (natriumgehalte). In de gietwater-pilot van het project Delft Blue Water is aangetoond dat het goed mogelijk is om de gewenste gietwaterkwaliteit te produceren¹⁵.
- **Berging.** Aangezien op maandelijks basis ruim voldoende effluent beschikbaar is, zal in principe geen grootschalige berging van water nodig zijn. Tuinders beschikken doorgaans al over gietwaterbassins, die ook kunnen worden ingezet om het gezuiverd effluent tijdelijk op te slaan. Wel moet worden onderzocht of tijdens piekvragen in droge perioden (weinig effluent, hoge gietwatervraag) alsnog enige berging noodzakelijk is om het dagritme van vraag en aanbod op te kunnen vangen, en wat het effect is van eventuele opschaling van de bassins op bijvoorbeeld overstorten. Een combinatie met ondergrondse waterberging (ASR-systeem) is denkbaar en wordt binnen het project Waterbank Westland nader verkend (Stofberg et al., 2021, *in voorbereiding*). Indien al het gietwater door effluent zou worden verzorgd en al het hemelwater direct zou worden afgevoerd naar het oppervlaktewater (variant 2), is de bergingscapaciteit van het bestaande oppervlaktewatersysteem een belangrijk aandachtspunt.
- **Transport, ruimtegebruik en inpassing.** Met het oog op de benodigde waterkwaliteit voor de glastuinbouw is transport van het gezuiverde effluent via het bestaande oppervlaktewatersysteem geen optie. Transport via een buizen- en leidingnet lijkt kansrijker, maar distributie kan complex zijn doordat de glastuinbouw in het Westland een groot gebied bestrijkt. Niettemin is waarschijnlijk meer gericht transport mogelijk dan in geval van effluenthergebruik in de grondgebonden landbouw (zie Casus 1). Bij kleinere hoeveelheden kan ook gedacht worden aan transport over de weg.
- **Kosten en financiering.** De kosten voor het produceren van water van gietwaterkwaliteit zijn ingeschat op 0,50-0,60 €/m³ (EFGF, 2019), waarmee het concurreert met de huidige kostprijs van gietwater. Daarnaast zullen er aanvullende kosten zijn voor het transport van het effluent (leidingwerk, pompen, aanleg). Deze kosten zullen deels afhankelijk zijn van het verpompt volume, waarbij de prijs per kubieke meter lager zal zijn bij grotere

¹⁵ http://www.delftbluewater.nl/images/PDF's/2013-12_Eindrapport-demonstratieproject-DBW.PDF

hoeveelheden en langere bedrijfstijd. Vanwege dit principe is nader financieel onderzoek nodig om te onderzoeken bij welk percentage hergebruik de toepassing het meest kosten-efficiënt is. Indien dit ook een gedeelte van het huidige hemelwater omvat, zal minder hemelwateropslag nodig zijn en zal een deel van het opgevangen hemelwater worden afgevoerd naar het oppervlaktewatersysteem (zie ook de kopjes 'Watersysteem' en 'Berging').

- **Bestuur, beleid en regelgeving.** Momenteel is het waterschap/hoogheemraadschap bevoegd gezag voor kleinere onttrekkingen uit grond- en oppervlaktewater, en de gemeente voor de lozing van het concentraat dat bij ontziltiging vrijkomt. De toepassing van gietwater in de kassenteelt kent geen aparte wetgeving (EFGF, 2019), maar gezien de uiteindelijke toepassing (grotendeels voor menselijke consumptie) is mogelijk de Warenwet van toepassing. Direct gebruik van effluent is krachtens het Activiteitenbesluit een lozing en daarom niet toegestaan (zie ook paragraaf I.V), tenzij het bevoegd gezag (gemeente) een ontheffing verleent via een maatwerkvoorschrift. In geval van indirect hergebruik via ASR-systemen voor tijdelijke opslag in de ondergrond geldt waarschijnlijk het Infiltratiebesluit Bodembescherming (Cirkel, 2020), maar dit moet nader worden onderzocht.
- **Maatschappij en perceptie.** Het gebruik van gezuiverd effluent ('rioolwater') in de glastuinbouw (voedselvoorziening) zal voor een deel van de bevolking een negatieve connotatie hebben. Tegelijkertijd kunnen mensen positief staan tegenover waterhergebruik (circulariteit) en daarmee gepaard gaande waterbesparing en toename van zelfvoorzienendheid. Perceptie, zowel onder de bevolking als in de hele keten, is derhalve een belangrijk aandachtspunt. Goede informatievoorziening is belangrijk bij grootschalige toepassing en investeringen.

4.6.2 SCENARIO 2 – RWZI VOOR BOEZEMSYSTEEM

- **Zelfvoorzienendheid.** In dit scenario kan op jaarbasis een reductie van ongeveer 80% van de oppervlaktewateraanvoer naar het boezemsysteem worden behaald, wat neerkomt op circa 25% reductie van de totale wateraanvoer naar het casusgebied. De zelfvoorzienendheidsindex (SSI) daalt van 1,81 naar 1,61. Het aandeel hergebruikt effluent op jaarbasis bedraagt 30%. In de zomermaand juli bedraagt de reductie van de wateraanvoer circa 30%, als gevolg van hergebruik van het volledige beschikbare effluent in die maand. Hiermee kan echter slechts circa 50% van de totale aanvoer naar het boezemsysteem worden opgevangen.
- **Watersysteem en natuur.** De invloed op het oppervlaktewatersysteem van Delfland zal gering zijn, afgezien van lokale effecten nabij de toekomstige inlaatpunten van gezuiverd effluent. De meeste effecten zullen optreden buiten het casusgebied, op de locaties waar de externe aanvoer momenteel vandaan komt. De aanvoer vanuit het Brielse Meer neemt in dit scenario sterk af. Het effect hiervan op het watersysteem van Brielse Meer is waarschijnlijk verwaarloosbaar, maar dit water kan nu wel elders worden benut. Het wegvallen van de inlaat kan een effect hebben op de aquatische ecologie nabij het inlaatpunt (gemaal Westland), maar dit effect wordt gering en lokaal geacht. Indien voor de zuivering voor *nature-based solutions* zoals helofytenfilters (Waterharmonica) wordt gekozen, kan dit extra oppervlak aan natte natuur opleveren.
- **Kwaliteit.** De kwaliteitseisen van het oppervlaktewatersysteem van Delfland zijn waarschijnlijk strenger dan het buitenwater waarop het effluent momenteel wordt geloosd. Voor de inzet in het boezemsysteem zal het effluent aanvullend gezuiverd moeten worden naar oppervlaktewaterkwaliteit. De belangrijkste criteria zijn opgeloste stoffen (met name zoutgehalte), pathogenen en microverontreinigingen. Vervolgens is de toepassing van een helofytenfilter zoals de Waterharmonica wenselijk om het gezuiverde water weer geschikt te maken voor oppervlaktewater (o.a. zuurstofniveau). Hiernaar wordt momenteel onderzoek gedaan in een pilot van Delfland ter plaatse van RWZI De Groote Lucht¹⁶.

16 <https://www.hhddelfland.nl/inwoner/afvalwaterschoonmaken/s-c-h-o-o-n-1>

- **Berging.** De resultaten in dit scenario hebben aangetoond dat vooral op kleinere tijdschaal en in de zomerperiode een *mismatch* in de tijd optreedt, waarvoor berging nodig is. Gezien de beperkte ruimte voor waterberging in het casusgebied, inclusief het oppervlaktewater, is dit een belangrijk aandachtspunt voor dit hergebruiksscenario. Indien toegepast zouden helofytenfilters voor een deel van de berging kunnen zorgen, maar de verwachting is dat dit onvoldoende zal zijn.
- **Transport, ruimtegebruik en inpassing.** De onderzochte RWZI's liggen niet nabij de inlaatgemalen. Mogelijk is enig transport nodig via een leidingnet, hetgeen inpassing in het landschap vergt. Het aanvoer- en doorspoelsysteem zou ook anders kunnen worden ingericht; dit zou met een watersysteemmodel moeten worden doorgerekend. Als gevolg van de sterke afname van externe aanvoer kan de aanvoer vanuit het Brielse Meer wellicht kleiner worden uitgevoerd, of is een toekomstige uitbreiding overbodig. Echter, aangezien dit gemaal op de piekvraag is gedimensioneerd en er in een droge zomermaand alsnog een substantiële hoeveelheid aanvoer nodig lijkt, zijn aanpassingen waarschijnlijk niet gewenst. Het belangrijkste aandachtspunt ten aanzien van de inpassing betreft het ruimtegebruik van *nature-based solutions* zoals helofytenfilters. Uit de huidige pilot bij De Groote Lucht is gebleken dat een flink oppervlak nodig is voor de Waterharmonica om de beschikbare effluentstroom te zuiveren. Bij opschaling zal nog meer oppervlak nodig zijn.
- **Kosten en financiering.** De aanpassingen in het zuiveringsproces brengen kosten met zich mee, hoewel die lager zullen zijn dan in Scenario 1. Tevens zullen er kosten zijn voor de aanleg van een helofytenfilter of Waterharmonica en eventueel benodigde aanpassingen voor transport. Het afschalen van de aanvoer vanuit het Brielse Meer kan een kostenreductie opleveren.
- **Bestuur, beleid en regelgeving.** Het waterschap (Hoogheemraadschap Delfland) is bevoegd gezag bij de lozing van effluent op oppervlaktewater. Daarbij dient de lozing te voldoen aan de gestelde KRW-normen voor het desbetreffende oppervlaktewater. Voor de aanvoerleiding vanuit het Brielse Meer is een akkoord gesloten met Waterschap Hollandse Delta, dat bevoegd gezag ter plaatse is.

4.6.3 SCENARIO 3 – RWZI NAAR DRINKWATER

- **Zelfvoorzienendheid.** In dit scenario, waarbij de volledige externe aanvoer voor de drinkwaterproductie van Dunea kan worden vervangen door effluent, kan op jaarbasis een reductie van circa 33% van de totale wateraanvoer naar het casusgebied worden behaald. De zelfvoorzienendheidsindex (SSI) daalt van 1,81 naar 1,56. Het aandeel hergebruikt effluent op jaarbasis bedraagt 40%. In de zomermaand juli bedraagt de reductie van de wateraanvoer circa 17%, mogelijk gemaakt door twee derde van het beschikbare effluent in de maand in te zetten.
- **Watersysteem en natuur.** De inzet van gezuiverd effluent in plaats van extern aangevoerd oppervlaktewater ten behoeve van drinkwaterproductie zal naar verwachting geen effect hebben op het watersysteem van Delfland. De effecten van verminderde inname van rivierwater door Dunea en de verminderde lozing van effluent door Delfland treden op in het hoofdwatersysteem (rivieren), maar dit effect is waarschijnlijk verwaarloosbaar. Ook de invloed op natuur nabij de infiltratielocaties in de duinen wordt klein geacht; ook gezuiverd effluent zal aan de strenge waterkwaliteitseisen voor infiltratie moeten voldoen zoals nu ook gelden voor het huidige geïnfilterde (voorgezuiverde) rivierwater.
- **Kwaliteit.** Bij de (indirecte) toepassing van effluent als drinkwater is waterkwaliteit een zeer belangrijk aandachtspunt. De huidige kwaliteit van het effluent is onvoldoende voor deze toepassing. Aanvullende zuiveringsstappen zijn nodig, met name gericht op het verwijderen van microverontreinigingen en ziekteverwekkers. Ook wat betreft ionen en nu-

trientensamenstelling zal het water aan de infiltratie-eisen moeten voldoen. Aanvullende zuivering tot drinkwaterkwaliteit is niet nodig, aangezien in het productieproces gebruik wordt gemaakt van bodempassage, maar de kwaliteit zal minimaal die van het huidige aangevoerde water moeten hebben. Op pompstation Torreele nabij Koksijde, Vlaanderen, wordt dit principe momenteel al in de praktijk gebracht¹⁷.

- **Berging.** Variaties in drinkwatervraag en effluentaanbod zijn sterk gerelateerd en spelen op dezelfde tijdschaal, zodat berging voor lange tijd niet nodig lijkt. Door de toepassing van bodempassage is er bovendien enige buffering in de tijd, waarbij de bodem als tijdelijke berging optreedt. Wel is er in het productieproces buffering nodig om kwaliteitsvariaties op te vangen en om te analyseren en waar nodig maatregelen te nemen bij afwijkende kwaliteit. In het huidige systeem wordt deze functie vervuld door de Afgedamde Maas. Bij hergebruik van effluent zal hiervoor een oplossing moeten worden gezocht.
- **Transport, ruimtegebruik en inpassing.** Voor de aanvoer van gezuiverd effluent kan naar verwachting voor een deel dezelfde infrastructuur worden gebruikt. Daarbij is de aanvoerroute van gezuiverd effluent richting de duinen aanzienlijk korter dan de huidige externe aanvoer vanuit de Afgedamde Maas en daarmee zullen de kosten voor verpompen van het water en onderhoud en beheer van de leiding navenant lager zijn. Lokaal zijn enkele aanpassingen nodig om het effluent aan te sluiten op het huidige leidingwerk.
- **Kosten en financiering.** Extra zuiveringsstappen voor het effluent brengen kosten met zich mee. Daarnaast zijn wellicht aanvullende kosten voor monitoring nodig. In het kostenplaatje is het belangrijk de eventuele extra kosten af te wegen tegen de huidige kosten die nodig zijn om het externe water te zuiveren en aan te voeren, alsook de verwachte kostenstijging van externe aanvoer als gevolg van bevolkingsgroei en verslechtering van de waterkwaliteit in droge perioden als gevolg van klimaatverandering. Het onderwerpen van beide opties aan een gedetailleerde financiële analyse is een belangrijk onderdeel van de besluitvorming rondom dit hergebruikscenario.
- **Bestuur, beleid en regelgeving.** Direct gebruik van effluent voor drinkwatervoorziening is krachtens het Activiteitenbesluit een lozing en daarom in principe niet toegestaan (zie ook paragraaf I.V). Duininfiltratie moet voldoen aan het Infiltratiebesluit Bodembescherming, maar dit geldt specifiek voor de infiltratie van oppervlaktewater. Mogelijk zijn aanpassingen nodig bij veranderingen in de herkomst van het infiltratie. Gezien het overstijgende belang van drinkwater is het van belang dat besluiten over eventuele wijzigingen in de productieketen een samenwerking zijn tussen onder andere drinkwaterbedrijven, waterschappen en de provincie.
- **Maatschappij en perceptie.** Het gebruik van gezuiverd effluent ('rioolwater') in de productie van drinkwater zal voor een deel van de bevolking een negatieve connotatie hebben. Vooral bij drinkwater willen mensen de garantie dat het schoon is. Tegelijkertijd kunnen mensen positief staan tegenover waterhergebruik (circulariteit) en daarmee gepaard gaande waterbesparing en toename van zelfvoorzienendheid. Bescherming van de waterkwaliteit en de perceptie daarvan is derhalve een belangrijk aandachtspunt. Goede informatievoorziening is cruciaal bij grootschalige toepassing en investeringen.

17 <https://www.iwva.be/drinkwater/waterwinning/hergebruik>

4.6.4 SYNTHESE

Een samenvatting van de discussie van de drie scenario's is opgenomen in Tabel 4.1.

TABEL 4.1 SAMENVATTING VAN DE DRIE WATERFABRIEK-SCENARIO'S IN CASUS 2

	Referentie – droog	RWZI naar glastuinbouw (variant 1)	RWZI naar boezemsysteem	RWZI naar drinkwater
Verminderde jaarlijkse watervraag door sector in kwestie (%)		100%	80%	100% (van vraag Dunea)
Wateraanvoer – jaar (mln m ³)	111	107 -4%	81 -27%	74 -33%
Wateraanvoer – zomermaand (mln m ³)	22,5	20,6 -9%	16 -29%	18,6 -17%
Zelfvoorzienendheid – SSI	1,81	1,75	1,61	1,56
Watersysteem en natuur		Beperkt effect. Verminder risico op bodemdaling, verzilting. Variant 2: meer overstort op oppervlaktewater	Beperkt effect. Helofytenfilters kunnen natuur-functie hebben	Beperkt effect.
Kwaliteit		Zuivering gericht op pathogenen en microverontreinigingen	Zuivering naar oppervlaktewaterkwaliteit; o.a. zoutgehalte	Aanvullende zuivering nodig i.c.m. bodempassage
Berging		Geen grootschalige berging nodig, behalve bij piekvraag. Via ASR in ondergrond?	<i>Mismatch</i> in tijd op kleinere tijdschaal; extra berging nodig.	Buffering nodig om kwaliteitsvariaties op te vangen.
Transport, ruimtegebruik, inpassing		Distributie en inpassing relatief complex en kostbaar	Inpassing van <i>nature-based solutions</i> (helofytenfilter)	Gebruik van bestaande infrastructuur; lokale aanpassingen
Kosten		Productie concurrerend met gietwater. Afhankelijk van volume	Kosten voor zuiveringsstappen en aanleg helofytenfilter	Kosten voor zuiveringsstappen en evt. monitoring; besparingen door kortere aanvoerroute
Beleid en regelgeving		Geen aparte wetgeving voor gietwater; mogelijk Warenwet van toepassing. Infiltratiebesluit bij ASR?	KRW-normen voor lozingen oppervlaktewater	Infiltratiebesluit? Samenwerking tussen organisaties in waterketen
Maatschappij en perceptie		Mogelijk negatief i.r.t. voedsel. Voorlichting belangrijk	-	Mogelijk negatief i.r.t. drinkwater. Voorlichting belangrijk

5

EEN CONCEPTUEEL MODEL VOOR VERKENNING HERGEBRUIKSOPTIES

Hergebruik van effluent zou kansen kunnen bieden voor verschillende gebieden in Nederland. Hoe groot deze kansen zijn in termen van waterbeschikbaarheid is echter niet direct duidelijk, omdat hiervoor kennis over het watersysteem en de waterketen samengebracht moet worden. Daarnaast moeten niet alleen kansen voor één sector worden bekeken, maar dient ook de doorwerking van maatregelen voor de ene sector door het hele watersysteem inzichtelijk worden gemaakt: kansen en risico's dienen op een gestructureerde manier in beeld te worden gebracht.

Op basis van het onderzoek dat is verricht voor de casussen in Hoofdstuk 3 en 4 is een handreiking ontwikkeld om een eerste aanzet te maken voor dergelijke vraagstukken. Systeemkennis wordt hiertoe gebundeld in een conceptueel model, dat overzicht van de relevante waterstromen biedt, helpt om knelpunten te identificeren en een eerste gestructureerde vergelijking van hergebruiksopties mogelijk maakt. De resultaten van deze methode kunnen gebruikt worden om kansen en risico's te identificeren, stakeholders te betrekken en het gesprek aan te gaan over dit onderwerp en om vragen voor benodigd detailonderzoek te formuleren. Daarbij moet worden benadrukt dat de methode is ontwikkeld om een eerste overzicht te krijgen van de mogelijkheden van effluentgebruik, met een focus op waterkwantiteit. Het conceptueel model is niet bedoeld om bepaalde facetten van het watersysteem in detail door te rekenen of om een complex gebiedsplan op te stellen.

Het startpunt van deze methode wordt gevormd door het hergebruiksschema uit Figuur 1.1: bij hergebruik is de beschikbaarheid van water leidend (we kunnen het immers niet uit het niets 'creëren'). Beschikbaarheid over de tijd, locatie en kwaliteit kunnen meer of minder goed overeenkomen met de beoogde toepassing. Eventuele *mismatches* kunnen vaak worden overbrugd door berging, transport en zuivering, hoewel deze zaken bijdragen aan de complexiteit (en dus ook de kosten) van de oplossing.

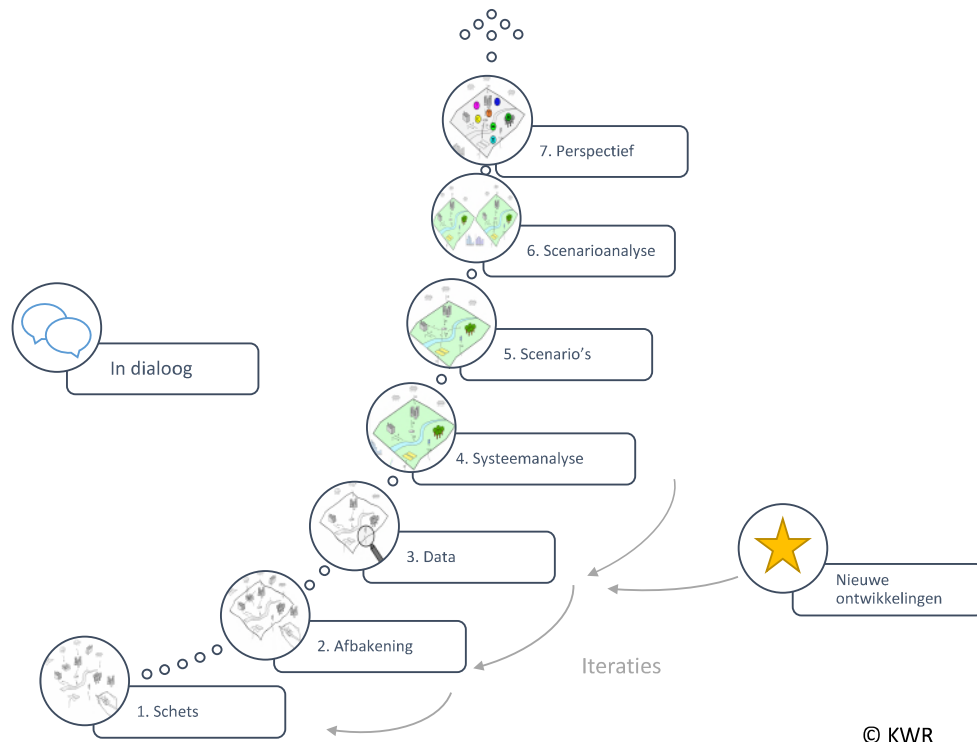
In deze methode en de casussen hebben we er bewust voor gekozen om ons specifiek te richten op het antropogene watersysteem, dat wil zeggen de waterketen en alle door mensen beïnvloede waterstromen die raken aan het natuurlijke watersysteem. Hierdoor worden veel onderdelen van het natuurlijk watersysteem (bijvoorbeeld grondwaterstroming) niet meegenomen, behalve in de vorm van een 'vraagstuk' dat doorgaans op het grensvlak tussen antropogeen en natuurlijk watersysteem speelt. Hierdoor kan een overzichtelijk conceptueel model worden gemaakt (natuurlijke stromen zijn vaak van een andere orde grootte) en de aanpak blijft relatief eenvoudig (geen noodzaak om complexe, fysische modellen te gebruiken). In verdere detailuitwerking kan het echter nodig zijn om de gevolgen van de geselecteerde kansrijke ingrepen verder te onderzoeken met behulp van

fysische modellen (denk aan effecten op kwel, grondwaterkwaliteit en grondwaterstanden in specifieke gebieden).

De methode wordt samengevat in zeven globale stappen, welke in dit hoofdstuk worden toegelicht. In de praktijk zal er soms enkele malen een iteratie plaatsvinden tussen stappen 1, 2, 3 en 4, waardoor de systeemanalyse steeds scherper wordt. Aangeraden wordt om hierbij van grof naar fijn te werken, om het conceptuele model niet ingewikkelder te maken dan nodig. Daarnaast kunnen externe ontwikkelingen en verandering, zoals bijvoorbeeld nieuwe klimaatscenario's, een reden zijn om iteraties van een aantal stappen te doorlopen.

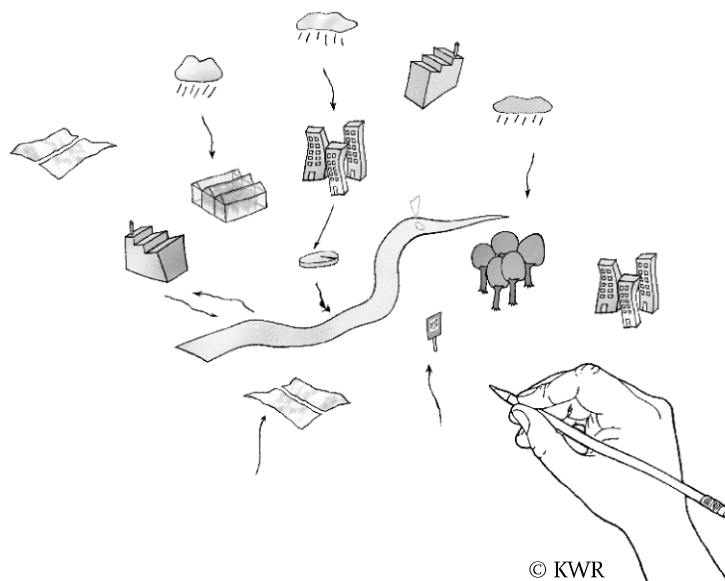
Bij de meeste stappen is het nuttig om samen te werken en/of op de stap te reflecteren met sleutelfiguren die zicht hebben op belangrijke onderdelen van de betreffende waterketen en het watersysteem; dit kunnen bijvoorbeeld experts van het waterschap en provincie zijn. Dit zorgt ervoor dat er geen belangrijke zaken over het hoofd worden gezien en dat er een gedeeld beeld van de werkelijkheid ontstaat dat helpt bij de overbrugging van de eventuele kloof in kennis of jargon tussen experts in het watersysteem en de waterketen. Een overzicht van de stappen is weergegeven in Figuur 5.1.

FIGUUR 5.1 OVERZICHT VAN DE STAPPEN VAN DE METHODIEK



5.1 STAP 1 – KWALITATIEVE SCHETS WATERSYSTEEM EN KETEN

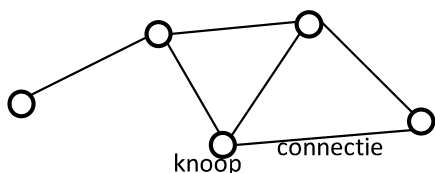
FIGUUR 5.2 STAP 1: MAAK EEN GROVE SCHETS VAN WATERVRAAG EN -AANBOD IN HET WATERSYSTEEM EN GEEF AAN WELKE VRAAGSTUKKEN ER SPELEN



In deze eerste stap wordt grof geschetst welke onderdelen van het watersysteem van belang zijn, hoe deze onderling verbonden zijn en welke vraagstukken er in een gebied spelen. In dit stadium hoeft het gebied nog niet strak afgebakend te zijn. Deze stap is bedoeld om helder te krijgen welke onderdelen en vraagstukken in de analyse van belang kunnen zijn, zodat deze later scherper in beeld gebracht kunnen worden of juist geschrapt kunnen worden.

Deze schets, en ook het conceptuele model dat in de vervolgstappen wordt ontwikkeld, volgen de terminologie van de netwerktheorie, met knopen (*nodes*) en connecties (verbindingen, of *links*). De knopen zijn in dit geval de verschillende sectoren waar waterstromen vandaan komen en/of naartoe gaan, en de connecties geven de waterstromen zelf weer (Figuur 5.3).

FIGUUR 5.3 KNOPEN (NODES) EN CONNECTIES (LINKS) IN EEN NETWERK



Naast de knopen en connecties wordt in deze stap aandacht besteed aan vraagstukken rondom water in het gebied. Deze gaan vaak over waterkwantiteit (te veel of te weinig water op een bepaalde locatie of moment), maar kunnen ook betrekking hebben op waterkwaliteit. In veel gevallen zal het hier gaan om 'impliciete watervragen', zoals watervoerendheid van oppervlaktewateren of te lage grondwaterstanden met mogelijke gevolgen voor natuur. Deze vraagstukken bevinden zich doorgaans op het grensvlak tussen het antropogene en het natuurlijke watersysteem en hoeven niet exclusief voort te komen uit menselijk handelen (denk aan de waterhuishouding in een natuurgebied).

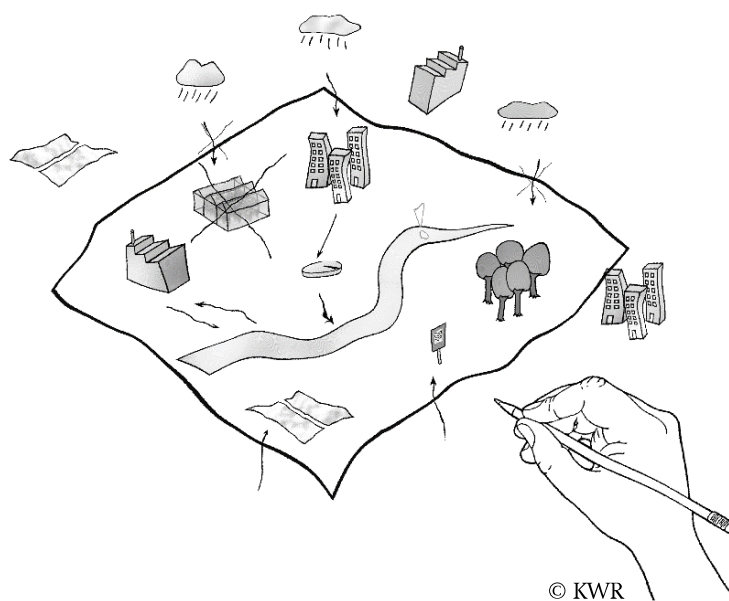
De onderdelen worden kwalitatief in beeld gebracht, met behulp van algemeen toegankelijke informatie zoals kaartmateriaal en in gesprek met één of meerdere sleutelfiguren in het gebied. Tabel 51 biedt een overzicht van de benodigde onderdelen, bijbehorende vragen en voorbeelden van antwoorden.

TABEL 5.1 BENODIGDE ONDERDELEN VOOR STAP 1, MET BIJBEHOORENDE VRAGEN EN VOORBEELDEN OM DEZE ONDERDELEN TE VERKRIJGEN

Onderdeel	Vragen	Voorbeelden
Knopen ('nodes') in het watersysteem	Welke sectoren gebruiken en/of leveren (een significante hoeveelheid) water in dit gebied? Worden hier (significante) veranderingen in verwacht?	Inwoners, bedrijven, landbouw, industrie, bevolkingsgroei.
Connecties ('links') in het watersysteem	Hoe zijn de sectoren met elkaar en met het natuurlijke watersysteem verbonden? Worden hier (significante) veranderingen in verwacht?	Gebruik van grondwater, oppervlaktewater, neerslag, transport, riolering, hergebruik.
Vraagstukken watersysteem en waterketen	Welke vraagstukken rondom water spelen in dit gebied? Worden hier (significante) veranderingen in verwacht?	Dit gaat om (tijdelijk) te veel of te weinig water voor toepassingen of belangen, zoals natuur, droge voeten, landbouw, etc.

5.2 STAP 2 – AFBAKENING SYSTEEM

FIGUUR 5.4 STAP 2: MAAK EEN AFBAKENING VAN RELEVANTE SYSTEEMONDERDELEN, HET GEBIED EN DE TIJDSPERIODE



De schets uit stap 1 geeft een eerste overzicht van de sectoren die water vragen en/of leveren en de natuurlijke en antropogene watervraagstukken die spelen in een gebied. Vervolgens wordt in stap 2 (Figuur 5.4) een afbakening gemaakt, die de basis zal vormen voor het conceptuele model dat wordt ontwikkeld en de zoekactie van de data die hiervoor nodig is.

Het kan helpen om voor deze afbakening expliciete criteria te formuleren (zoals een minimale grootte van een waterstroom), maar soms is het voldoende de afbakening in gesprek met experts uit het gebied te formuleren of om een praktische afbakening te hanteren (waterschapsgrenzen).

Deze afbakening bestaat uit verschillende onderdelen:

- **Conceptuele afbakening:** relevante onderdelen van het watersysteem. Sommige onderdelen zijn erg klein of niet relevant (geen connectie met het watersysteem) en hoeven daarom (in eerste instantie) niet te worden meegenomen. Let er hierbij op dat veel kleine stromen uit een zelfde categorie, samen een significante stroom kunnen vormen.
- **Ruimtelijke afbakening:** het ruimtelijke gebied dat wordt onderzocht. De keuze hiervoor is vaak praktisch van aard, maar kan ook gebaseerd zijn op strategische overwegingen (bepaalde vraag en aanbod samenbrengen).

- **Tijdsschaal:** de tijdsschaal waarop de processen naar verwachting variëren. Worden er seizoenseffecten verwacht, of zullen sommige processen op nog kleinere schaal variëren?
- **Referentiescenario:** De tijdsperiode die in dit geval interessant gevonden wordt, waarover de alternatieven vergeleken worden.

Voor deze stap in het bijzonder geldt dat vaak iteratie nodig is: bij nader inzien blijkt een kleinere tijdsschaal toch relevant, of blijkt het handiger om specifieke onderdelen al dan niet mee te nemen. Daarnaast kunnen externe ontwikkelingen zoals nieuwe klimaatscenario's een reden zijn om een extra iteratie te doen, bijvoorbeeld het opstellen van een ander referentiescenario.

Tabel 5.2 biedt een overzicht van de benodigde onderdelen, bijbehorende vragen en voorbeelden van antwoorden.

TABEL 5.2 BENODIGDE ONDERDELEN VOOR STAP 2, MET BIJBEHORENDE VRAGEN EN VOORBEELDEN OM DEZE ONDERDELEN TE VERKRIJGEN

Onderdeel	Vragen	Voorbeelden
Conceptuele afbakening	Welke onderdelen van het watersysteem worden relevant en significant geacht n.a.v. stap 1?	Grondwatergebruik land- en tuinbouw in beeld brengen; gebruik oppervlaktewater is beperkt, dus niet meenemen. Weglaten van niet-relevante onderdelen voorkomt onnodige complexiteit.
Ruimtelijke afbakening	Welke ruimtelijke afbakening omvat de belangrijkste knopen, connecties en vraagstukken? Bij afwenteling (zoals import van water van elders ten behoeve van een sector binnen het systeem) kan het eerlijker en inzichtelijker zijn om de bijbehorende stroom in de systeemanalyse op te nemen (toevoegen aan het lokale watergebruik).	'Intrekgebied' van de RWZI(s); voorzieningsgebied van drinkwaterbron; ligging watervragende sectoren; orde grootte van realistische transportafstanden; begrenzing waterschap. De ruimtelijke afbakening kan worden ingetekend op een (GIS)kaart.
Tijdsschaal	Op welke temporele niveaus is er significante variatie in de waterstromen (links) en op welke temporele niveaus spelen de vraagstukken zich af?	Zowel een jaargemiddelde situatie als de variatie per maand wordt meegenomen.
Referentiescenario	Welke situatie (periode) vormt het referentiescenario waarvan uit wordt gegaan? Worden er daarnaast één of meerdere toekomstscenario's meegenomen?	Er wordt uitgegaan van een gemiddeld jaar als referentiescenario. Daarnaast wordt gebruik gemaakt van een extreem droog jaar om de hergebruiksscenario's op toe te passen.

Aandachtspunt:

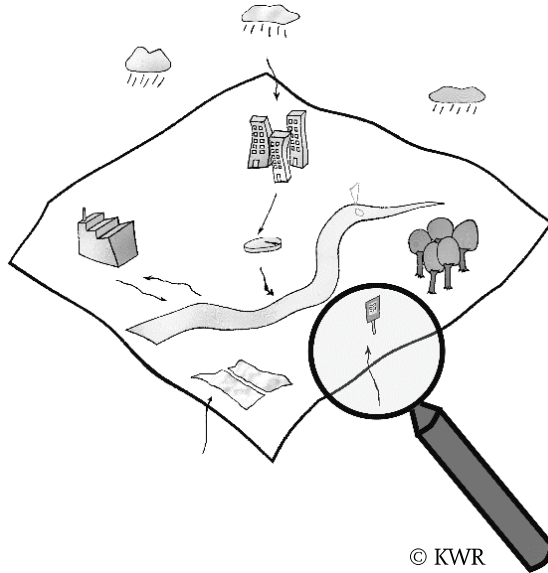
- Voor verschillende systeemonderdelen kunnen verschillende schaalniveaus van toepassing zijn en moet afgewogen worden of deze expliciet in de systeemanalyse (kwantitatief in het model) moeten worden meegenomen of dat deze impliciet behandeld kunnen worden. Bij twijfel kan men beginnen met een grof model, in latere stappen zal duidelijk worden of een fijner schaalniveau gewenst is, en zo nodig enkele onderdelen in meer detail uitwerken.

5.3 STAP 3 – DATA: KWANTITATIEF IN BEELD BRENGEN WATERSTROMEN

Het resultaat van de stappen tot nu toe omvat een overzicht van de knopen, connecties en vraagstukken waarvoor een afbakening geformuleerd is. In deze stap wordt data verzameld voor de waterstromen die onder de afbakening vallen: dit zijn in ieder geval de connecties in het antropogene watersysteem, maar kunnen ook natuurlijke stromen zijn die gerelateerd zijn aan één van de vraagstukken, bijvoorbeeld de afvoer van een beek. In de afbakening is reeds bepaald voor welke periode en gebieden de data moet worden opgezocht of opgevraagd.

In de praktijk zal er soms enkele malen een iteratie plaatsvinden tussen stappen 1, 2 en 3, waarbij de systeemanalyse steeds scherper wordt. In het geval dat data moet worden opgevraagd kan het daarom handig zijn om hier alvast rekening mee te houden. Ook als nieuwe gegevens voor de (toekomstige) referentiesituatie beschikbaar komen, bijvoorbeeld in de vorm van een nieuw klimaatscenario, kan een extra iteratie wenselijk zijn.

FIGUUR 5.5 STAP 3: VERZAMEL DATA VAN DE WATERSTROMEN BINNEN DE AFBAKENING



Iedere significante waterstroom wordt gekwantificeerd binnen de systeembegrenzing die in stap 2 is geformuleerd. Niet alleen de (totale) omvang maar ook de (globale) ligging is hierbij van belang (GIS kaart), vooral wanneer het gaat om de connecties tussen watersysteem en waterketen/antropogeen watersysteem (onttrekkingen en lozingen). Voor ieder van de onderdelen (indien binnen conceptuele afbakening) wordt de omvang van de waterstroom (voor de juiste ruimtelijke en temporele niveaus) en de ruimtelijke ligging bepaald.

Voor een eerste indicatie kan het voldoende zijn om publiek beschikbare data te gebruiken (PDOK, CBS, Nationaal Georegister), maar voor een serieuze uitwerking zal contact met verschillende organisaties nodig zijn. Voor een groot deel van de waterstromen zal het waterschap de juiste data beschikbaar hebben (Tabel 5.3).

In sommige gevallen zal er geen data beschikbaar zijn. In dat geval kan de keuze worden gemaakt om gebruik te maken van een 'proxy' (gerelateerde data die een beeld geeft van de gewenste data, zoals beekafvoer op een andere locatie) of een onderbouwde schatting (zoals modelresultaten uit het LHM), of om de waterstroom alleen kwalitatief te behandelen. Daarnaast kunnen er beperkingen zijn in het gebruik van data. Voor onttrekkingslocaties uit het LGR¹⁸ kunnen er bijvoorbeeld privacybeperkingen zijn. Deze zijn vaak te ondervangen door verschillende onderdelen bij elkaar op te tellen en als één waterstroom voor een bepaald gebied te presenteren.

¹⁸ Het LGR (Landelijk Grondwaterregister) is alleen voor overheidsmedewerkers toegankelijk. Het LGR zal op termijn overgaan in de BRO (Basisregistratie Ondergrond).

TABEL 5.3 MOGELIJKE ONDERDELEN WAARVOOR DATA GEZOCHT WORDT, MOGELIJKE INFORMATIEBRONNEN EN AANDACHTSPUNTEN.

Onderdeel	Mogelijke informatiebronnen	Aandachtspunten
Grondwateronttrekkingen of externe aanvoer t.b.v. drinkwater	Drinkwaterbedrijf	Onttrekkingen die drinkwater leveren voor het gebied kunnen buiten de systeemgrenzen vallen, of leveringsgebieden voor een onttrekking binnen het gebied kunnen buiten de systeemgrenzen vallen. Overweeg of deze onderdelen toch meegenomen moeten worden, of juist niet (terug naar stap 2).
Grondwateronttrekkingen t.b.v. land- en tuinbouw	Waterschap, LGR, WOB-verzoek emissieregistratie (meldingen/ vergunningen) i.c.m. modelresultaten (bijvoorbeeld LHM)	Meldingen en vergunningen geven soms niet een compleet beeld, maar modellen ook niet. Combineren van databronnen is in veel gevallen aan te raden.
Grondwateronttrekkingen t.b.v. industrie	Waterschap, provincie of LGR (meldingen/ vergunningen)	
Oppervlaktewateronttrekkingen t.b.v. drinkwater	Drinkwaterbedrijf	Onttrekkingen die drinkwater leveren voor het gebied kunnen buiten de systeemgrenzen vallen, of leveringsgebieden voor een onttrekking binnen het gebied kunnen buiten de systeemgrenzen vallen. Overweeg of deze onderdelen toch meegenomen moeten worden, of juist niet (terug naar stap 2).
Oppervlaktewateronttrekkingen t.b.v. land- en tuinbouw	Waterschap (meldingen/vergunningen) i.c.m. modelresultaten (bijvoorbeeld LHM)	Meldingen en vergunningen geven soms niet een compleet beeld, maar modellen ook niet. Combineren van databronnen is in veel gevallen aan te raden.
Oppervlaktewateronttrekkingen t.b.v. industrie	Waterschap en/of Rijkswaterstaat (meldingen/ vergunningen)	
Drinkwatergebruik huishoudens en kleinzakelijk	Drinkwaterbedrijf	Leveringsgebieden en onttrekkingen hoeven niet samen te vallen met de systeemgrenzen. Pas zo nodig de afbakening aan (stap 2).
Drinkwatergebruik industrie	Drinkwaterbedrijf	Leveringsgebieden en onttrekkingen hoeven niet samen te vallen met de systeemgrenzen. Pas zo nodig de afbakening aan (stap 2).
RWZI-influent, DWA en RWA	Waterschap	Indien bekend geeft het onderscheid tussen DWA en RWA een indicatie van de hoeveelheid effluent dat vrij constant is in de tijd (DWA) en het deel dat over de tijd kan variëren (RWA).
RWZI-effluent	Waterschap	
Industriële lozing oppervlaktewater	Waterschap en/of Rijkswaterstaat	
IAZI-effluent	Waterschap en/of Rijkswaterstaat of industriële partij	Blijkt in de praktijk niet altijd bekend bij overheden. Het opvragen van dergelijke data bij industriële partijen blijkt niet altijd succesvol.
Aanvoer van oppervlaktewater	Waterschap	Afvoerdata van een locatie nabij een RWZI, zodat kan worden berekend welk deel van de afvoer uit effluent bestaat.

5.4 STAP 4 – SYSTEEMANALYSE MET BEHULP VAN EEN MODEL

In deze stap wordt de systeemanalyse in een model ondergebracht om onderlinge afhankelijkheden, kwetsbaarheden en kansen zichtbaar te maken. De keuze van het model hangt sterk af van de complexiteit van het te analyseren systeem. Hieronder volgt een opsomming van verschillende typen modellen, inclusief een beschrijving van de situatie waarin ze kunnen worden toegepast. Het is raadzaam om zo eenvoudig mogelijk te beginnen, bijvoorbeeld met een model waarvoor geen speciale software is vereist. Indien de systeemanalyse dit vereist, kan altijd worden overgeschakeld op een complexer model.

- **Stroomdiagram.** De meest eenvoudige methode is het weergeven van het systeem in een stroomdiagram met woorden en pijlen, waarbij met getallen de omvang van de stromen wordt weergegeven. Een stroomdiagram is handig als gegevens over verschillende systeemonderdelen beperkt beschikbaar zijn, of indien weinig tot geen variatie van de waterstromen optreedt in ruimte en/of tijd. Daarnaast kan het dienen als simpele schets ter voorbereiding van een meer complexe modellering.
- **Sankey-diagram.** Dit is een meer geavanceerde versie van een stroomdiagram, waarin de connecties tussen de knooppunten in pijlen worden weergegeven en de dikte van de pijlen een maat is voor de grootte van de betreffende stroom. Middels kleurvariatie kan een aanvullende parameter zoals waterkwaliteit worden gevisualiseerd. Deze wijze van presenteren is geschikt om een analyse van één tijdstap of een gemiddelde situatie weer te geven. Daarbij is het han-

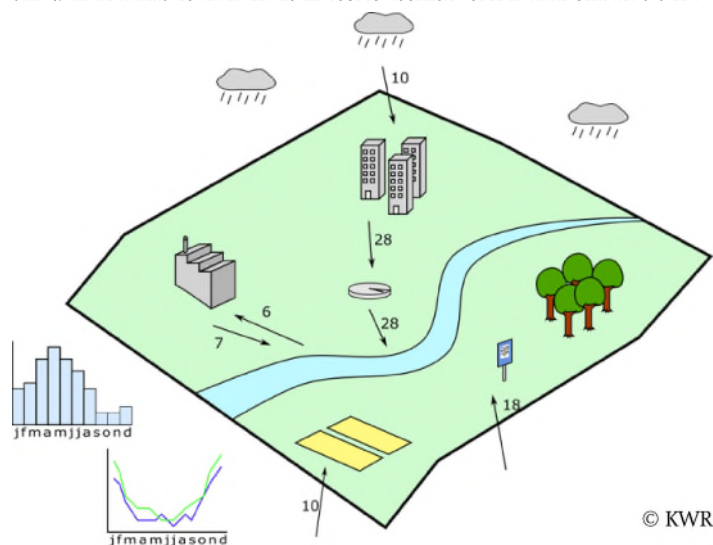
dig als van de meeste waterstromen in het schema voldoende gedetailleerde gegevens van de gekozen tijdstap beschikbaar zijn. Sankey-diagrammen kunnen worden gemaakt met licentiesoftware zoals e!Sankey¹⁹, of *opensource* met behulp van R of python (laatstgenoemde opties zijn vaak minder geschikt voor het visualiseren van circulaire stromen).

- **WEAP model.** Voor meer complexe systemen kan de software WEAP²⁰ worden gebruikt, zoals is toegepast in de casussen in Hoofdstuk 3 en 4. WEAP staat voor *Water Evaluation And Planning* en is in de kern een waterbalans-model, waarin de verdeling van beschikbaar water geschiedt op basis van vraag en aanbod. Wanneer de totale vraag het aanbod overstijgt, kunnen watertekorten ontstaan. WEAP is opgezet volgens een structuur van *nodes* ('knopen') en *links* (verbindingen); zie ook Tabel 5.1. In sectie 2.4 wordt de werking van het model WEAP nader toegelicht. Een model wordt toegepast als per watervraag en -aanbod uitgebreide gegevens voorhanden zijn, bijvoorbeeld met variatie in ruimte en tijd. Met WEAP kunnen variaties over de tijd worden gesimuleerd en kunnen eenvoudig verschillende scenario's en doorgerekend. Daarnaast kan het model goed omgaan met beslissingen over voorkeuren tussen beschikbare waterbronnen (bijvoorbeeld grondwater of effluent) of leveringen aan verschillende watervragen (in geval van watertekorten).
- **UWOT model.** UWOT staat voor het Urban Water Optioneering Model²¹. Dit model is vooral geschikt voor gecompliceerde modellen met vooral kleinschalige processen. Denk hierbij aan een modellering in een stedelijke omgeving, waarbij processen van watervraag en -aanbod zich afspelen op kleine tijdschaal (dagen of uren) of ruimtelijke schaal (waterbesparing in huishoudens). Het is in dit project niet toegepast, maar kan van nut zijn bij vervolgstudies, wanneer kansrijke scenario's mogelijkwijs in groter detail worden uitgewerkt.

Nadat de keuze is gemaakt voor het model, zal het moeten worden opgebouwd. De waterstromen uit stap 3 worden in het model gevat, waarbij onderlinge afhankelijkheden goed zichtbaar worden. Zowel bij de keuze als de opbouw van het model wordt geadviseerd om zo eenvoudig mogelijk te beginnen. In de praktijk betekent dit een nettere weergave van de systeemschets, waarbij onderdelen zoveel mogelijk geordend staan, gelijke onderdelen zijn samengevoegd en waarin de verkregen data uit stap 3 is verwerkt. Vanuit dit stroomdiagram kan eventueel verder worden gewerkt naar een Sankey-diagram of een ander model. Voor de uitwerking voor deze modellen wordt verwezen naar de betreffende handleiding.

FIGUUR 5.6

STAP 4: VAT DE WATERSTROMEN IN EEN ZO EENVOUDIG MOGELIJK MODEL EN ANALYSEER HET SYSTEEM



19 <https://www.ifu.com/e-sankey/>

20 <https://www.weap21.org/>

21 <https://www.watershare.eu/tool/urban-water-optioneering-tool/>

Na de opbouw van het model volgt de analyse, waarmee betekenisvolle informatie uit het model wordt verkregen. Hoewel de precieze uitwerking van de stappen kan verschillen tussen modellen en gemodelleerde situaties, zullen in de praktijk (in ieder geval) de volgende stappen worden doorlopen:

- **Vergelijken vraag en aanbod van water.** Het aanbod van water (zoals effluent) en de verschillende watervragen in de regio worden kwantitatief in beeld gebracht voor de gewenste tijdsperiode en –schaal, bijvoorbeeld met staafdiagrammen, om een eerste indruk te geven van de potentie van hergebruik. Soms zal bij deze stap duidelijk worden dat een nieuwe iteratie nodig is (bijvoorbeeld een fijnere tijdsstap).
- **Identificeren van systeemonderdelen waar vraagstukken of knelpunten spelen.** Voor ieder eerder gedefinieerd vraagstuk of knelpunt wordt bepaald in welke systeemonderdelen deze spelen. Doorgaans bevinden deze onderdelen zich op het grensvlak tussen het antropogene watersysteem en het natuurlijke watersysteem.
- **In beeld brengen van vraagstukken, knelpunten en beperkingen in het watersysteem.** De waterbalans van de betreffende systeemonderdelen wordt in beeld gebracht in bijvoorbeeld staaf- of lijndiagrammen. Hierbij kan gedacht worden aan het aandeel effluent aan de afvoer van een beek tijdens verschillende perioden van het jaar, of aan de opgetelde onttrekkingen uit het grondwater, of de bijdrage van overstort van hemelwater van een bepaald oppervlak aan totale bemaling in een poldergebied. De resultaten van deze stap geven weer waar en hoe in het systeem afhankelijkheden liggen op de kwetsbare punten.
- **Vraagstuk(ken) zoveel mogelijk samenvatten in één indicator.** Indien mogelijk is het aan te raden om de vraagstukken die spelen in een gebied zo veel mogelijk in één of enkele indicatoren te vatten. Dit zal in een later stadium het vergelijken van scenario's eenvoudiger maken. Deze stap vereist vaak enig denkwerk of discussie, want er moet bepaald worden wat écht van belang wordt gevonden. Voorbeelden uit de casussen zijn:
 - Totale druk op het grondwater: totaal van onttrekkingen, minus eventuele kunstmatige infiltraties;
 - Mate van zelfvoorzienendheid of circulariteit (Self Sufficiency Index): het totaal van de uitgaande (of ingaande) stromen, gedeeld door de minimaal noodzakelijke uitgaande (of ingaande) stromen.

Daarnaast zijn er diverse andere indicatoren te vinden in de (internationale) literatuur. Van belang is dat een gekozen indicator of index een begrijpelijk beeld geeft van één of meerdere vraagstukken die spelen in het systeem.

Voor het referentiescenario (en eventuele toekomstscenario's) worden de stappen uitgewerkt die staan samengevat in Tabel 5.4.

TABEL 5.4 BENODIGDE ONDERDELEN VOOR STAP 4, MET BIJBEHORENDE VRAGEN EN VOORBEELDEN OM DEZE ONDERDELEN TE VERKRIJGEN

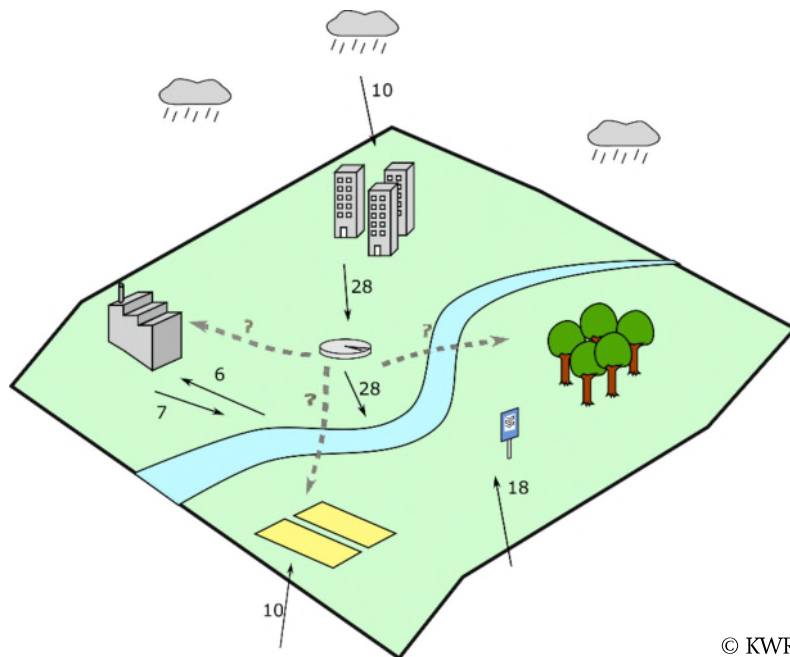
Onderdeel	Vragen/deelstappen	Voorbeelden
Modelkeuze	Welk model is geschikt om de relevante onderdelen goed in op te nemen?	Zie hierboven
Model opbouwen	Relevante nodes en links in model opnemen. Indien van toepassing juiste classificatie, afhankelijkheden en beperkingen toepassen.	In WEAP worden bronnen en zgn. 'demand sites' geïdentificeerd, die worden ingevoerd.
Analyse van resultaten	Vergelijking van vraag en aanbod. Identificeren van knelpunten en in kaart brengen hoe afhankelijkheden liggen. Let hierbij op de grensvlak tussen antropogeen en natuurlijk watersysteem. Indien mogelijk het lokale vraagstuk in een indicator vatten.	In kaart brengen van druk op het grondwater; mate waarin beekafvoer afhankelijk is van effluentlozing; effect van verharding op piekafvoer van oppervlaktewater.

5.5 STAP 5 – FORMULEREN EN UITWERKEN SCENARIO'S

Deze stap is bedoeld om de meest kansrijke mogelijkheden tot hergebruik (of andere aanpassing in het antropogene watersysteem) in beeld te brengen. De hier beschreven onderdelen en stappen staan samengevat in Tabel 5.5. De resultaten uit stap 4 kunnen gebruikt worden om te helpen bij het formuleren van scenario's, namelijk door systeemcomponenten met wateraanbod te koppelen aan componenten met een watervraag. Dit kan bijvoorbeeld in gesprek met experts uit het gebied plaatsvinden. Hierbij wordt aangeraden om opties niet bij voorbaat uit te sluiten, maar om vanuit een neutraal standpunt de beschikbare kennis in kaart te brengen, zodat uiteindelijk vergelijking met andere opties mogelijk wordt en er onderbouwd kan worden waarom bepaalde opties kansrijker zijn dan andere.

Voor ieder geformuleerd scenario kunnen gegevens rondom waterbeschikbaarheid en watervraag uit stap 4 worden gebruikt. Er moet echter ook gekeken worden of er nog extra randvoorwaarden van toepassing zijn, die de beschikbaarheid van water beïnvloeden. Zo kan er sprake zijn van een minimaal debiet van een beek dat gehandhaafd moet blijven of een maximale (geschatte) transportafstand. In veel gevallen zullen deze mogelijke beperkingen (nog) niet duidelijk zijn. In dat geval wordt aangeraden om deze kwalitatief mee te nemen in de interpretatie en uiteindelijke overweging. Indien de betreffende optie met de wél beschikbare gegevens voldoende kansrijk wordt bevonden om verder te onderzoeken, zullen deze zaken in het vervolgonderzoek aan de orde moeten komen.

FIGUUR 5.7 STAP 5: FORMULEER SCENARIO'S VOOR HERGEBRUIK EN VERWERK DEZE IN HET CONCEPTUEEL MODEL



© KWR

Vervolgens kan worden bepaald welk hergebruik mogelijk is voor de betreffende optie, op basis van de watervraag, het aanbod en eventuele aanvullende randvoorwaarden. Dit wordt op ieder relevant schaalniveau gedaan, zodat duidelijk wordt op welke tijdstippen en plaatsen er al dan niet aan de watervraag voldaan kan worden in dit scenario. Soms kan het duidelijk worden dat er toch onzekerheden op fijnere schaalniveaus zijn. Dit kan aanleiding zijn om enkele stappen terug te doen en op een fijner detailniveau te kijken, maar in veel gevallen is het voldoende om dit als aandachtspunt voor vervolgonderzoek mee te nemen (bijvoorbeeld als verwacht wordt dat de onzekerheid relatief klein is). Het argument hierbij is dat *mismatches* van beschikbaarheid in ruimte en tijd (zoals geïllustreerd in Figuur 11) op kleinere ruimtelijke

en temporele schalen veel gemakkelijker te overbruggen zijn door middel van transport en berging dan op grote schalen.

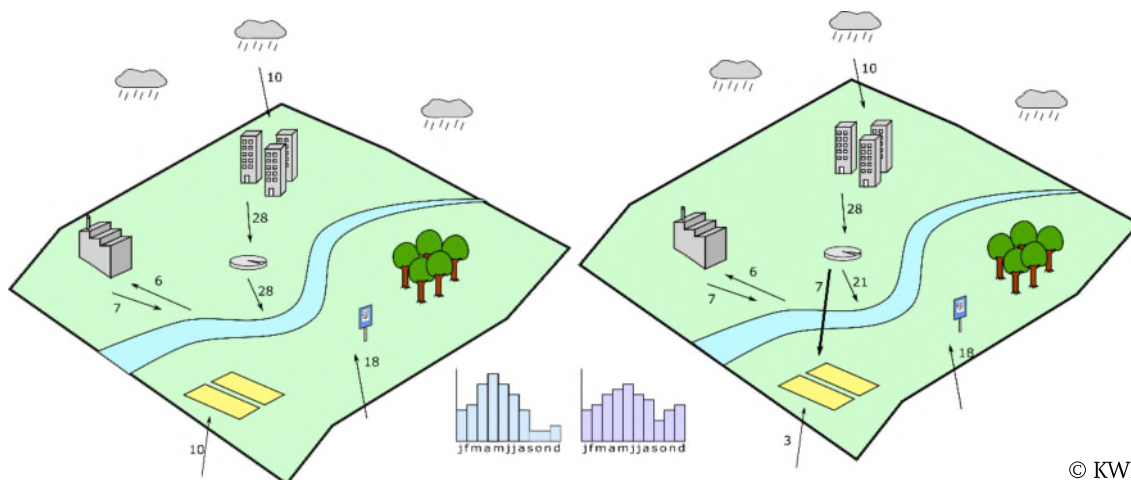
De verkregen getallen worden vervolgens als een nieuw scenario in het model verwerkt. Hiertoe wordt het model van de referentiesituatie aangepast door de hergebruiksoptie er in te bouwen (doorgaans door een extra connectie toe te voegen tussen twee knopen). In modellen waarin de getallen handmatig ingevoerd worden (stroomdiagrammen, Sankey-diagrammen) moet niet worden vergeten dat als gevolg van het hergebruik de afhankelijke waterstromen ook zullen veranderen, zoals beekafvoer die minder wordt als gevolg van minder effluentlozing.

TABEL 5.5 BENODIGDE ONDERDELEN VOOR STAP 5, MET BIJBEHORENDE VRAGEN EN VOORBEELDEN OM DEZE ONDERDELEN TE VERKRIJGEN

Onderdeel	Vragen/deelstappen	Voorbeelden
Formuleren scenario	Welke waterbron en watervraag kunnen aan elkaar gekoppeld worden?	Effluent naar landbouw; RWA naar grondwater; IAZI effluent naar industrie; effluent naar boezemsysteem.
Identificeren randvoorwaarden	Zijn er beperkingen qua transportafstand en/of kwantiteit van de waterstroom?	Voldoende beschikbaar voor de vraag; maximale realistische transportafstand; minimumafvoer die behouden moet blijven in een beek; etc.
Berekenen mogelijk (her)gebruik	Voor ieder relevant temporeel en ruimtelijk niveau wordt vastgesteld hoeveel water er kan worden ingezet.	Vervanging externe aanvoer naar boezemsysteem door effluent uit nabijgelegen RWZI's; Per RWZI de landbouwwatervraag binnen een straal van x km bepalen en maandelijkse vraag leveren uit effluent indien toereikend.
Model van scenario	Een nieuw model voor het scenario wordt gemaakt op basis van het referentiescenario en eventuele toekomstscenario's (stap 4).	

5.6 STAP 6 – SCENARIOANALYSE EN GEVOLGEN VOOR WATERSYSTEEM

FIGUUR 5.8 STAP 6. DE EFFECTEN VAN HET HERGEBRUIKSSCENARIO WORDEN GEANALYSEERD EN VERGELEKEN MET HET REFERENTIESCENARIO



© KWR

Deze stap is bedoeld om in beeld te brengen welke invloed de scenario's in potentie hebben op verschillende onderdelen van het watersysteem, en om deze gevolgen te beoordelen. Hiertoe worden de resultaten uit de modellen van het hergebruiksscenario vergeleken met die van de referentiesituatie. Er wordt gekeken welke stromen wijzigen als gevolg van het hergebruik en dit wordt voor de ruimtelijke en tijdsschalen die van toepassing zijn in beeld gebracht, bijvoorbeeld met behulp van staafdiagrammen. Ook worden hierbij de vraagstukken en

bijbehorende afhankelijkheden in beeld gebracht, op dezelfde manier als het onderdeel 'analyse' uit stap 4. Het wordt bijvoorbeeld inzichtelijk gemaakt hoe de beekafvoer in het hergebruikscenario in een bepaald seizoen afneemt, of dat de druk op het grondwater in de zomer afneemt. Ook wordt de systeemindicator uit stap 4 (indien geformuleerd) berekend voor het scenario. Deze indicator kan een beeld geven van hoeveel de hergebruiksoptie bijdraagt aan de circulariteit van het systeem, en later worden vergeleken met andere hergebruiksopties. Mogelijke effecten op kleinere (ruimtelijke of temporele) schaal dan waarop geanalyseerd is, zoals mogelijke mismatches tussen vraag en aanbod, worden kwalitatief ingeschat.

Vervolgens worden de resultaten van de watersysteemanalyse geïnterpreteerd. In veel gevallen zullen de resultaten mogelijke knelpunten kunnen identificeren die ontstaan of juist gemitigeerd worden en een indicatie geven van het effect, maar zal vervolgonderzoek (bijvoorbeeld met hydraulische of grondwatermodellen) nodig zijn om de gevolgen in detail zichtbaar te maken. Het is daarom aan te raden om deze interpretatiestap uit te voeren in samenwerking met experts uit de betreffende gebieden.

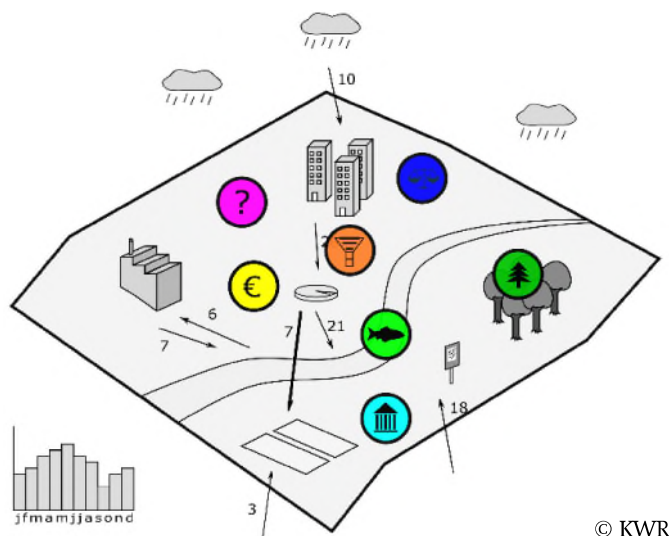
Een overzicht van de benodigde onderdelen in stap 6, bijbehorende vragen en voorbeelden van antwoorden is opgenomen in Tabel 5.6.

TABEL 5.6 BENODIGDE ONDERDELEN VOOR STAP 6, MET BIJBEHORENDE VRAGEN EN VOORBEELDEN OM DEZE ONDERDELEN TE VERKRIJGEN

Onderdeel	Vragen/deelstappen	Voorbeelden
Identificeren effecten watersysteem	Welke pijlen tussen het antropogene en het natuurlijke watersysteem zijn gewijzigd in het scenario?	Minder effluent geloosd op buitenwater; minder grondwater opgepompt.
Kwantificeren van effecten op relevante temporele en ruimtelijke niveaus	De effecten voor ieder onderdeel worden per relevante tijdseenheid vergeleken met het referentiescenario. Indien nodig worden de effecten in context geplaatst met andere (natuurlijke) waterstromen. Leidend hierbij zijn de analyse van de knelpunten en de systeemindicator uit stap 4.	Beekafvoer per maand in scenario vergelijken met beekafvoer in het referentiescenario; gemiddelde (jaarlijkse) druk op grondwater per jaar vergelijken; Self Sufficiency Index (SSI, zie paragraaf 4.3) berekenen per scenario.
Kwalitatieve interpretatie voor lagere temporele en ruimtelijke niveaus	Zijn er (mogelijke) effecten op kleinere schaal dan in het model is gehanteerd? Kunnen mogelijke gevolgen kwalitatief benaderd worden?	Grote variatie dagelijkse aanvoer naar boezemsysteem, waardoor <i>mismatch</i> met aanvoer effluent groter is dan op maandbasis berekend.
Interpretatie	Wat betekenen de effecten mogelijkwijs voor andere sectoren, systeemonderdelen en natuur?	Effecten op (aquatische) ecologie, partijen die water onttrekken, etc.

5.7 STAP 7 – PERSPECTIEF: EEN EERSTE VERGELIJKING VAN OPTIES, AANDACHTSPUNTEN EN KENNISLEEMTEN

FIGUUR 5.9 STAP 7: DE RESULTATEN VAN DE VERSCHILLENDE SCENARIO'S WORDEN MET HET REFERENTIESCENARIO EN ELKAAR VERGELEKEN IN EEN EERSTE OVERZICHT, WAARBIJ OOK KWALITATIEVE AANDACHTSPUNTEN EN KENNISLEEMTEN WORDEN MEEGENOMEN



In deze stap worden de resultaten van de watersysteemanalyses van het referentiescenario en de hergebruiksscenario's naast elkaar gezet in een eerste overzicht, zodat deze vergeleken kunnen worden. Daarnaast wordt geput uit beschikbare kennis om voor verschillende onderwerpen een eerste (kwalitatieve) indruk te krijgen van de mogelijkheden en beperkingen die een rol spelen bij het betreffende scenario. Hierbij worden ook eventuele kennisleemten geïdentificeerd. Dit overzicht kan gebruikt worden als een eerste overzicht van de kansen en beperkingen rondom de verschillende hergebruiksopties, en kan als basis dienen voor verdere gesprekken en het overwegen van eventueel vervolgonderzoek. Een overzicht van de benodigde onderdelen in stap 7, bijbehorende vragen en voorbeelden van antwoorden is opgenomen in Tabel 5.7.

Voor ieder scenario, inclusief het referentiescenario, worden de onderwerpen uit Tabel 58 behandeld (overigens is dit overzicht mogelijk niet voor alle mogelijke situaties volledig, en kan het nodig zijn onderdelen toe te voegen), door ze in te vullen in de tabel op basis van de resultaten van eerdere stappen of (kwalitatief) te benaderen op basis van algemene kennis of *expert judgement*. Ook hier zullen niet gelijk alle details bekend zijn, maar vaak kan al wel heel goed een indruk worden gegeven van eventuele effecten, benodigde ingrepen of belangrijke kennisleemten. Deze onderdelen kunnen in een tabel worden beschreven, of worden samengevat met behulp van een kleurcodering (stoplichtschema).

Een belangrijk onderdeel van het overzicht omvat de benodigde ingrepen om *mismatches* in beschikbaarheid (berging, transport) en kwaliteit (zuivering) te overbruggen. Voor alle drie van deze onderdelen geldt dat het verwachte debiet over de tijd een belangrijk aandachtspunt is: hoe constanter het debiet over de tijd is, des te efficiënter kan de ingreep plaatsvinden. Hierbij geldt ook dat inzet van berging vaak kan bijdragen aan een constanter debiet bij zuivering en transport. De kosten zijn vaak een afgeleide van deze drie onderdelen, in het algemeen geldt: hoe meer / complexer deze ingrepen, hoe hoger de kosten zullen uitvallen.

TABEL 5.7 BENODIGDE ONDERDELEN VOOR STAP 7, MET BIJBEHORENDE VRAGEN EN VOORBEELDEN OM DEZE ONDERDELEN TE VERKRIJGEN

Onderdeel	Vragen	Voorbeeld
Potentiële opbrengst	Hoe verandert de systeemindicator? (voor referentiescenario stap 4 en voor hergebruiksscenario's stap 6). Indien geen indicator gekozen: hoe veranderen waterstromen?	In het hergebruiksscenario verbetert de zelfvoorzienendheidsindex (SSI; paragraaf 4.3) van 1,9 naar 1,5.
Antropogene druk/effecten op het natuurlijke watersysteem	Wat zijn de effecten op het watersysteem? Hoe veranderen vraagstukken en/of knelpunten? (uitkomsten stap 6)	In het scenario vindt minder verzilting plaats ten opzichte van het referentiescenario; in het scenario wordt grondwateronttrekking beperkt wat tot hogere grondwaterstanden kan leiden
Kwaliteit	Hoe verhoudt de kwaliteit van het geleverde water zich ten opzichte van de watervraag? Wat is er qua zuivering nodig om dit te overbruggen?	Om gietwater voor de glastuinbouw te produceren is zuivering met RO nodig. Aandachtspunten hierbij zijn de reststroom en het energieverbruik. Hergebruik voor de landbouw kan tot verontreiniging van het grondwater leiden als niet aanvullend wordt gezuiverd.
Berging	Welke <i>mismatches</i> in de tijd worden gezien bij deze optie? Wat betekent dat voor de eventuele benodigde berging? Is er iets bekend over bergingsmogelijkheden?	Tijdens droge zomermaanden is de watervraag groter dan het aanbod effluent, maar in de andere maanden is er ruim voldoende. Een berging van 10000 m ³ kan deze <i>mismatch</i> overbruggen. Het is niet bekend of hier de ondergrond geschikt is voor een dergelijke waterberging.
Transport	Tussen welke locaties zou transport nodig zijn? Gaat het om constant debiet of om piekvragen? Welke omvang? Zijn leidingen vereist of is transport via oppervlaktewater een optie?	Vanuit de RWZI zou het water naar 2 locaties binnen een straal van 2 km getransporteerd moeten worden. Het debiet is relatief constant. Gezien de hoge kwaliteit zijn leidingen vereist.
Kosten en baten	Kwalitatieve inschatting van de kosten, op basis van de benodigde zuivering, berging en transport. Daarnaast een kwalitatieve inschatting in de baten van waterhergebruik voor (gebruikers van) het watersysteem.	Hoewel meervoudige zuivering gewenst is (hoge kosten), is er slechts zeer beperkt transport en berging nodig. Een lagere druk op het grondwater leidt tot hogere grondwaterstanden en instandhouding of herstel van natuur.
Natuur/ecologie	Welke veranderingen worden verwacht rondom natuur en ecologie?	Verlaging van de beekafvoer kan droogval veroorzaken voor bekeceologie, maar het is niet bekend welke minimumafvoer noodzakelijk is om droogval te voorkomen. Verminderde onttrekkingen voor de landbouw kan gunstig zijn voor grondwaterafhankelijke natuur. De grootte van de effecten zou nader onderzocht moeten worden met een grondwatermodel.
Milieueffecten	Welke aandachtspunten worden verwacht rondom CO ₂ -uitstoot, energieverbruik, reststromen?	In het scenario wordt effluent niet meer op het oppervlaktewater geloosd (minder verontreinigingen op het oppervlaktewater) maar kunnen deze stoffen bij irrigatie voor de landbouw wel in de ondergrond terecht komen, waar ze mogelijk ophopen of terecht komen in het diepere grondwater. Aanvullende zuivering is nodig om negatieve milieueffecten te voorkomen.
Ruimtegebruik/ inpassing	Welke aandachtspunten worden verwacht met betrekking tot het ruimtegebruik en de inpassing van ingrepen?	Voor transport zou een leiding met een omvang van 100 mm nodig zijn over een traject van 3 km van dichtbebouwd gebied.
Beleid en regelgeving	Welke aandachtspunten worden verwacht op het gebied van beleid en regelgeving?	In de huidige situatie wordt effluent gezien als een afvalstof, waardoor knelpunten kunnen ontstaan voor de inzet als grondstof voor drinkwater.
Maatschappij en perceptie	Welke aandachtspunten worden verwacht met betrekking tot maatschappij en de perceptie van inwoners, bedrijven, etc.?	De inzet van effluent voor de productie van gietwater voor groenteteelt wordt mogelijk als zorgwekkend gezien door consumenten.
Koppelkansen	Zijn er andere problemen die mogelijk opgelost worden door dit scenario? Of zijn er ontwikkelingen waardoor nadelen minder nadelig worden?	In het gebied wordt in de toekomst een warmtenet aangelegd. Mogelijk zijn er kansen om de aanleg van de leidingen samen te laten vallen met de aanleg van het warmtenet, dit zou kosten kunnen drukken.
Organisatie/ samenwerkingsvormen	Welke organisaties zouden betrokken kunnen zijn bij de uitvoering van dit scenario? Wat zou het voor hen betekenen?	Inzet van effluent voor de productie van drinkwater zou betekenen dat het drinkwaterbedrijf sterk afhankelijk wordt van het waterschap, waardoor een intensieve samenwerking gewenst is.

TABEL 5.8 VOORBEELD VAN EEN STOPLICHTSCHEMA WAARIN VERSCHILLENDE ONDERDELEN STAAN SAMENGEVAT. DE GENOEMDE ONDERDELEN ZIJN EEN VOORBEELD: VOOR EEN SPECIFIEKE STUDIE KUNNEN ANDERE ONDERDELEN VAN BELANG ZIJN OF ENKELE VAN DE GENOEMDE ONDERDELEN GEEN ROL SPELEN

Onderdeel	Referentie	Scenario 1	Scenario 2
Watersysteem-indicator 1 (duurzaamheid, veerkracht)		+47%	+5%
Watersysteem-indicator 2		+0%	+50%
Milieueffecten			
Natuur		?	?
Kosten en baten			
Bestuur, beleid, regelgeving			
Maatschappelijk			

6

SYNTHESE: LANDELIJK PERSPECTIEF OP HERGEBRUIK EN ZOETWATERVOORZIENING

In dit hoofdstuk presenteren we een synthese van de onderzoeksresultaten. Hiermee bieden we een perspectief op enerzijds de landelijke potentie van het hergebruik van effluent en anderzijds de bredere inzet van de gepresenteerde methode (Hoofdstuk 5) voor de verkenning van verschillende maatregelen voor een duurzame zoetwatervoorziening (wat verder gaat dan alleen hergebruik van effluent).

6.1 LANDELIJK BEELD VAN DE POTENTIE VAN HERGEBRUIK VAN EFFLUENT

In de eerdere hoofdstukken van dit rapport is voor twee casussen (met aanvullend een extra casus in Bijlage II) de potentie van hergebruik van effluent gekwantificeerd op basis van de waterbalans. In deze paragraaf worden de resultaten uit de casussen vertaald naar de rest van Nederland. De nadruk ligt in deze paragraaf op waterkwantiteit. Andere aandachtspunten, zoals regelgeving en maatschappelijke perceptie, komen in paragraaf 6.2 beknopt aan bod.

6.1.1 VRAAGSTUKKEN IN NEDERLANDSE ZOETWATERREGIO'S

In het kader van het Deltaprogramma zijn diverse onderzoeken verricht naar knelpunten rondom zoetwatervoorziening in Nederland binnen vier toekomstscenario's, de zogeheten Deltascenario's, variërend in mate van klimaatverandering en sociaal-economische veranderingen (Deltaprogramma, 2020; Mens et al., 2020). In de scenario's worden veranderingen beschreven die effect hebben op de waterbalans, zoals drinkwatervraag, industriewatervraag en veranderingen in het areaal landbouw, natuur en bebouwing. Met behulp van het Nationaal Water Model zijn analyses uitgevoerd van knelpunten rondom waterbeschikbaarheid, waarbij het land is opgedeeld in zes (voorheen zeven) kenmerkende gebieden (Figuur 61). De resultaten van deze knelpuntenanalyse zijn, samen met enkele belangrijke kenmerken van de regio's, samengevat in Tabel 61. Uit deze analyses blijken grote verschillen tussen de regio's wat betreft zoetwatervoorzieningsvraagstukken als gevolg van verschillen in beschikbaarheid van oppervlaktewater en grondwater. Daarnaast speelt waterkwaliteit in de vorm van verzilting en verontreiniging een belangrijke rol bij de eventuele inzet van beschikbaar restwater voor irrigatie, oppervlaktewaterbeheer of drinkwater.

FIGUUR 6.1 ZOETWATERREGIO'S IN HET DELTAPLAN ZOETWATER (BRON: DELTAPROGRAMMA). IN DE LAATSTE VERSIE ZIJN DE REGIO'S IJSSELMEERGEBIED EN NOORD-NEDERLAND SAMENGEVOEGD TOT REGIO NOORD-NEDERLAND.



TABEL 6.1 KENMERKEN, VRAAGSTUKKEN EN BELANGRIJKE WATERVRAGEN MET BETREKKING TOT OPPERVLAKTEWATER PER ZOETWATERREGIO OP BASIS VAN MENS ET AL., 2020

	Kenmerken en vraagstukken	Belangrijke watervragen m.b.t. oppervlaktewater
Noord-Nederland (inclusief IJsselmeergebied)	IJsselmeer als waterbuffer, polderlandschappen, verzilting IJsselmeer en ondergrond,	Polderwaterbeheer (peil, doorspoeling, tegengaan zouttong), irrigatie
Hoge Zandgronden Oost	Vrij afwaterend, geen/zeer beperkte aanvoer oppervlaktewater, grote druk op het grondwater, beekafvoeren en grondwaterafhankelijke natuur onder druk.	Irrigatie, grondwateraanvulling
Hoge Zandgronden Zuid	Vrij afwaterend, geen/zeer beperkte aanvoer oppervlaktewater, grote druk op het grondwater, beekafvoeren en grondwaterafhankelijke natuur onder druk.	Irrigatie, grondwateraanvulling
Rivierengebied	Aanvoer oppervlaktewater (maar niet overal onbeperkt), overstromingsrisico	Oppervlaktewaterbeheer (peil, doorspoeling), irrigatie
West-Nederland	Polders onder zeespiegel, veel verharding, verzilting, grote (groeiende) drinkwatervraag, beperkte bergingscapaciteit	Oppervlaktewaterbeheer (peil, doorspoeling), irrigatie, externe aanvoer drinkwater
Zuidwestelijke Delta	Geen aanvoer zoet oppervlaktewater, grotendeels zoute ondergrond. Landbouwwaterleiding voor huidige tekorten irrigatie.	Irrigatie

6.1.2 AANBOD VAN EFFLUENT, ZOETWATERVRAAG EN MISMATCHES

In deze paragraaf wordt een landelijk beeld geschetst van het aanbod van effluent, de watervraag van verschillende sectoren en de mogelijkheden om *mismatches* (zoals gedefinieerd in Figuur 11) te overbruggen. Hierbij wordt, indien van toepassing, een onderverdeling gemaakt tussen de verschillende zoetwaterregio's uit het Deltaprogramma. Informatie over (schattingen van) watervolumes per sector is te vinden in het literatuuronderzoek in Bijlage I.

AANBOD VAN EFFLUENT

- **RWZI's.** In Nederland wordt jaarlijks tussen de 1900 en 2000M m³ effluent geproduceerd door ruim 300 RWZI's verspreid over het land (Roex et al., 2017). RWZI's liggen verspreid over heel Nederland, doorgaans in de buurt van de woonkernen vanwaar afvalwater wordt aangevoerd en nabij het oppervlaktewater waarop het effluent wordt geloosd. De hoeveelheid effluent per RWZI hangt af van het aanvoergebied (met huishoudens en bedrijven), oppervlakken waarvan hemelwater wordt afgevoerd en rioolvreemd water. De DWA is relatief constant beschikbaar over de tijd, terwijl er voor de RWA een seizoens-effect zichtbaar is.
- **Industrieel afvalwater en proceswater.** Naast effluent van RWZI's kunnen industriële afvalwaterzuiveringsinstallaties (IAZI's) ook een relatief constante bron van water vormen. Ze liggen eveneens relatief verspreid over heel Nederland, waarbij enkele sectoren bekend staan om het leveren van relatief grote hoeveelheden water. Het gaat hierbij om de verwerking van suiker, aardappelen en zuivel (Stofberg et al., 2019). Deze industrieën liggen vaak in regio's waar deze producten geproduceerd worden. In 2017 werd door IAZI's een hoeveelheid van circa 240M m³ geproduceerd en op het oppervlaktewater geloosd. Daarnaast werd nog circa 135M m³ proceswater geloosd op oppervlaktewater (Van Dooren et al., 2020).

WATERVRAAG

Het onderscheid tussen (antropogene) 'watervraag' en 'watergerelateerd vraagstuk' is niet altijd goed te maken. De watervoerendheid van beken of de waterbeschikbaarheid voor natuur kunnen eveneens gezien worden als watervragen, hoewel er in deze gevallen vaak minder duidelijk sprake is van een partij die een hoeveelheid water vraagt.

- **Landbouw (beregening, irrigatie van gewassen).** De vraag naar beregening van landbouwpercelen speelt in grote delen van Nederland, met name in regio's die droogte kunnen ondervinden (waar grondwaterpeilen laag zijn of te veel kunnen uitzakken) of waar verzilting van de wortelzone vanuit het grondwater een risico is. De zoetwaterregio's Oostelijke en Zuidelijke Hoge Zandgronden en de Zuidwestelijke Delta kennen een grote beregeningsvraag, die in de toekomst waarschijnlijk sterk zal stijgen (Mens et al., 2020; Pronk et al., 2020). Deze watervraag speelt vooral tijdens droge perioden tijdens het groeiseizoen, waarbij gedurende enkele weken of maanden veel water nodig is. Overigens moet opgemerkt worden dat er gebieden zijn met een *potentiële* vraag naar beregeningswater, maar waar in het beregeningsbeleid al beperkingen aan het watergebruik worden opgelegd. In deze gebieden, met name de Hoge Zandgronden, is onvoldoende zoet grond- of oppervlaktewater beschikbaar om ook daadwerkelijk te beregenen.
- **Tuinbouw (gietwater).** De tuinbouwsector bevindt zich in verschillende grotere en kleinere tuinbouwgebieden, redelijk verspreid over het land, hoewel de grootste clusters zich in Laag Nederland bevinden. Hoewel hemelwater doorgaans de belangrijkste bron van gietwater is, is er in veel gevallen een aanvullende gietwatervraag in de zomer waarvoor grond- of oppervlaktewater wordt gebruikt.
- **Industrie.** De zoetwater-gebruikende industrie is een zeer diverse groep, en daardoor lastig in één beeld te vatten. Belangrijke voorbeelden zijn drankproducenten (zoals bierbrouwers of producenten van frisdranken), maar ook wordt bijvoorbeeld veel water gebruikt in de papier- en chemische industrie (Graveland et al., 2017). Het watergebruik is in veel gevallen vrij constant over de tijd, omdat veel industriële processen relatief continu verlopen. Voor de verwerking van producten zoals suiker of aardappelen is dit minder of niet het geval, omdat men afhankelijk is van de oogst van deze producten. Industrie met een

zoetwatervraag kan in geheel Nederland voorkomen, waarbij aangetekend moet worden dat grondwateronttrekkingen door industrie vrijwel alleen voorkomen in gebieden met zoet grondwater.

- **Oppervlaktewaterbeheer (peilbeheer, doorspoelen).** In Laag Nederland (alle zoetwaterregio's behalve de Hoge Zandgronden) liggen veel poldergebieden, waar de peilen worden beheerd en overtollig water wordt uitgemalen. In het grootste deel van deze gebieden (behalve de Zuidwestelijke Delta, omdat deze regio onvoldoende toegang heeft tot zoet water) wordt daarnaast extern water aangevoerd, om het boezemsysteem op peil en van voldoende kwaliteit te houden (doorspoelen). Deze aanvoer vindt met name in de zomer plaats, tijdens droge perioden, en kan snel afgewisseld worden met afvoer wanneer er sprake is van overtollige neerslag. Deze vraag speelt derhalve op kleine tijdschalen (uren, dagen).
- **Lage grondwaterstanden, druk op het grondwater.** Het vraagstuk van verlaagde grondwaterstanden speelt met name in de vrij afwaterende gebieden, met name de zoetwaterregio's Oostelijke en Zuidelijke Hoge Zandgronden. Door verlaagde grondwaterstanden kunnen problemen ontstaan voor grondwaterafhankelijke natuur. Hoewel gebrek aan grondwateraanvulling niet de belangrijkste oorzaak is, kan extra grondwateraanvulling mogelijk mitigatie bieden (in combinatie met vermindering van ontwaterende maatregelen). Hoewel grondwaterstanden met name uitzakken tijdens droge perioden, hoeft extra grondwateraanvulling niet per se in het droge seizoen te worden gerealiseerd, doordat via opslag in de ondergrond tijd kan worden overbrugd. Grondwateraanvulling kan zowel lokaal plaatsvinden, bijvoorbeeld om verlagingen door een winning te compenseren, als meer verspreid, zodat het over een groter gebied ten goede kan komen aan de grondwaterstanden.
- **Watervoerendheid van oppervlaktewater in vrij afwaterende gebieden.** De continue watervoerendheid van beken is van groot belang voor de ecologie. Deze staat in verschillende delen van de Oostelijke en Zuidelijke Hoge Zandgronden onder druk tijdens droge perioden, mede als gevolg van ontwateringsmaatregelen en verlaagde grondwaterstanden. In deze gebieden kan lozing van effluent op een beek bijdragen aan het behouden van de watervoerendheid. Hier is dan reeds sprake van hergebruik (Beard et al., 2019), hoewel dit niet altijd als zodanig onderkend wordt. De watervoerendheid staat doorgaans alleen in de zomer onder druk of slechts tijdens relatief korte droge perioden. Dit betekent dat een combinatie met andere vormen van hergebruik mogelijk is tijdens de overige seizoenen.
- **Grondwaterverzilting.** In een groot deel van de Nederlandse kustregio's is het grondwater brak (Noord-Nederland, West-Nederland) tot zout (Zuidwestelijke Delta). Door de aanwezigheid van polders (kwel) en onttrekkingen kan er extra verzilting plaatsvinden van het grondwater en/of het oppervlaktewater. Hoewel verzilting niet in alle gevallen als probleem wordt gezien, kan hergebruik van effluent deze helpen verminderen doordat grondwateronttrekking wordt vervangen door aanvoer van effluent.
- **Drinkwater.** De vraag naar drinkwater ligt verspreid over heel Nederland, waarbij de grootte van de vraag afhangt van het aantal huishoudens en bedrijven in het voorzieningsgebied. Sterk verstedelijkte regio's, zoals West-Nederland, hebben te maken met een relatief grote drinkwatervraag vergeleken met de rest van Nederland. Naar verwachting zal de drinkwatervraag in deze gebieden als gevolg van bevolkingsgroei in toekomst aanzienlijk toenemen. De drinkwatervraag is relatief constant over het jaar, maar kent pieken tijdens warme, droge dagen. In de delen van Nederland waar zoet grondwater beschikbaar is, wordt dit ingezet voor de drinkwaterproductie. In de kustregio's wordt overwegend oppervlaktewater ingezet (omdat het grondwater brak is), vaak in combinatie met duinfiltratie.

OVERBRUGGING VAN MISMATCHES IN RUIMTE EN TIJD

- **Transport.** Water kan op veel verschillende manieren worden getransporteerd. Gezuiverd water wordt meestal via buizen of leidingen getransporteerd, zodat er geen kwaliteitsverandering plaatsvindt tijdens transport. Deze wijze van transport kan in veel gebieden worden toegepast, maar is vrij kostbaar en wordt duurder naarmate er meer tussenliggende activiteiten (bebouwing, wegen, etc.) zijn. Transport via oppervlaktewater is veel goedkoper, maar is niet overal mogelijk (bebouwd gebied) en heeft als nadeel dat menging met andere watertypen plaatsvindt. Op kleine schaal zijn er wel voorbeelden van oppervlaktewatersystemen die zijn aangelegd om één watertype te transporteren, zoals een gietwatersloot bij een glastuinbouwcluster²². Tot slot is het grondwater ook een medium waarin water kan worden getransporteerd, maar hierbij moet rekening worden gehouden met zeer langzame transportsnelheden, menging met aanwezig grondwater en overige stoffen en beperkte invloed op de stroomrichting.
- **Berging.** Berging van water kan op verschillende manieren: via bovengrondse reeds aanwezige ruimte (flexibel oppervlaktewaterpeil of onder water zetten van lage percelen), bovengrondse aangelegde oplossingen (vaten, containers, vijvers), ondergrondse reeds aanwezige ruimte (opslag in een watervoerend pakket), en ondergrondse aangelegde oplossingen (kratjes, kelders). Aangelegde oplossingen zijn in verhouding kleiner en duurder dan het benutten van reeds aanwezige ruimte, maar hebben als voordeel dat ze op veel plekken toegepast kunnen worden en dat menging kan worden voorkomen. Bovengronds aanwezige ruimte voor waterberging is in grote delen van dichtbevolkt Nederland slechts beperkt beschikbaar, maar wordt soms (voor de benodigde, vaak beperkte tijdsduur) ingezet in gebieden waar het peil van rivieren of beken snel kan stijgen door laaggelegen (begrasde) percelen onder water te laten lopen. Ook wordt in sommige gebieden gekeken naar innovatieve oplossingen die een dergelijke vorm van berging mogelijk maken, zoals drijvende woningen²³. De potentie van berging in de ondergrond verschilt tussen delen van Nederland, omdat deze afhangt van de aanwezigheid van een geschikt watervoerend pakket. Voorbeelden van ondergrondse berging in Nederland zijn de zoetwatervoorraden voor drinkwater in de duinen en de toepassing van Aquifer Storage and Recovery (ASR) waarbij gietwater wordt opgeslagen in pakketten met brak grondwater ten behoeve van de tuinbouwsector²⁴. Momenteel is onderzoek gaande naar de landelijke potentie van ASR²⁵. Voor elke vorm van berging geldt, dat naast aspecten van waterkwantiteit, ook moeten worden gekeken naar waterkwaliteit en gezondheidsrisico's.

6.1.3 POTENTIE VOOR EFFLUENTHERGEBRUIK OP BASIS VAN KWANTITEIT

Op basis van de informatie uit bovenstaande paragrafen beschrijven we hieronder een globaal beeld van de potentie van hergebruik van effluent voor verschillende doeleinden, in verschillende delen van Nederland, volgens de structuur van Figuur 1.1. De resultaten van de analyse voor de verschillende zoetwaterregio's van Nederland zijn vervolgens samengevat in Figuur 6.2.

- **Landbouw.** Qua volume is inzet van effluent voor de landbouw kansrijk voor heel Nederland. Qua locatie en timing zijn voor de inzet van effluent in de landbouw enkele hindernissen te nemen, aangezien de landbouw een piekvraag heeft in de zomer, waarbij de beregeningslocaties nogal verspreid kunnen liggen. Dit zorgt voor ofwel een beperking

22 https://www.planviewer.nl/imro/files/NL.IMRO.0627.bpglasparel-0301/b_NL.IMRO.0627.bpglasparel-0301_tb2.pdf

23 https://www.woerden.nl/sites/default/files/definitief365628_drijvend_bouwen_v8_web.pdf

24 <https://www.alliedwaters.com/project/from-sugar-beets-to-tomatoes-sustainable-water-supply-agro-and-foodcluster-nieuw-prinsenland/>

25 <https://www.coastar.nl/nationale-opschaling-verbinding-coastar-en-het-deltaprogramma-zoetwater/>

in het oppervlak dat geïrrigeerd kan worden, ofwel extra inzet van transportmiddelen en/of bergingscapaciteit. Voor de kansrijkheid geldt een onderscheid tussen enerzijds de Oostelijke en Zuidelijke Hoge Zandgronden en anderzijds de rest van Nederland. Op de Hoge Zandgronden is de vraag naar beregeningswater hoog en staat de winning vanuit het grondwater onder druk. De inzet van effluent in de zomer kan echter problemen voor de beekafvoer opleveren. Technische oplossingen zoals stuwen en subirrigatie kunnen hier deels op inspelen, door grondwaterpeilen al vóór een droge periode hoger te zetten, zodat de ondergrond zelf als tijdelijk opslagmedium wordt gebruikt.

Voor de lager gelegen delen van Nederland (behalve de Zuidwestelijke Delta) geldt dat beregeningswater vaak uit het oppervlaktewater wordt gehaald, en dat inzet van effluent voor polderwaterbeheer dus indirect ook hergebruik voor landbouw betekent. In dit geval zijn de binnenwateren het transportmedium.

Voor enkele gebieden in de Zuidwestelijke Delta geldt dat men reeds landbouwwater via een leiding aanvoert. Voor effluent geldt ook hier dat de piekvraag in de zomer vraagt om een grote dimensionering van een aanvoerleiding en/of lokale opslag van irrigatiewater.

- **Tuinbouw.** Voor tuinbouw geldt net als voor landbouw dat de piekvraag in de zomer een aandachtspunt is, hoewel de watervragende bedrijven in deze sector in het algemeen dicht bij elkaar liggen (tuinbouwclusters). Een combinatie van hergebruik met (ondergrondse) berging ligt daarom voor de hand. Aangezien veel teelten in de tuinbouw een hoge waterkwaliteit nodig hebben, is transport via het oppervlaktewater doorgaans geen optie en worden leidingen of speciale gietwatersloten aangelegd. Op de Hoge Zandgronden geldt net als voor landbouwwatervoorziening dat beekafvoer tijdens droge perioden een aandachtspunt blijft en dat berging hiervoor mogelijk een oplossing is. Overigens lijkt ondergrondse berging vooral kansrijk in Laag Nederland. Op de Hoge Zandgronden is de optie weinig kansrijk, aangezien het terugwinrendement als gevolg van grondwaterstroming op veel plekken beperkt zal zijn.
- **Industrie.** Qua volume en timing is inzet van effluent voor de industriële watervraag kansrijk voor heel Nederland. De hoeveelheid effluent overtreft doorgaans de industriële watervraag in het aanvoergebied van een RWZI, en vraag en aanbod zijn relatief constant over de tijd. De locatie van de watervraag is niet per definitie nabij een RWZI. Het zal daarom sterk afhangen van een lokale situatie of inzet van effluent als industriewater uiteindelijk een optie is. Ook hierbij geldt de kanttekening dat industrieel hergebruik in Hoog Nederland zou kunnen concurreren met watervoerendheid van beken, die in de zomer gedeeltelijk of grotendeels afhankelijk is van effluentaanvoer. Dit hangt sterk af van de grootte van de industriële watervraag.
- **Oppervlaktewaterbeheer.** Inzet van effluent voor oppervlaktewaterbeheer is in principe mogelijk waar nu water wordt aangevoerd in polders in de regio's Noord- en West-Nederland en het Rivierengebied. Door de grote piekvraag die in de zomer kan optreden kan tijdelijke berging echter gewenst zijn, wat in poldergebieden vaak moeilijk te realiseren is. Dit neemt niet weg dat indien het effluent van geschikte kwaliteit is om te lozen op binnenwateren, het een deel van de vraag naar aanvoerwater kan opvangen.

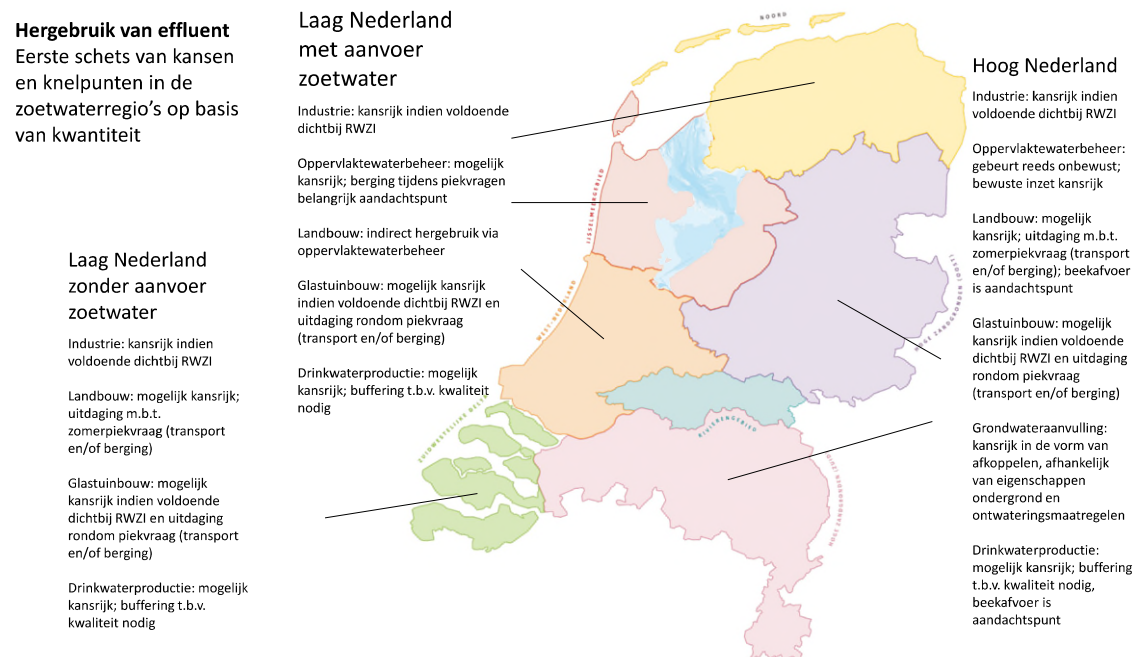
Op de Hoge Zandgronden en in de Zuidwestelijke Delta kan effluent ook worden ingezet voor oppervlaktewaterbeheer, en dit gebeurt reeds op veel plekken, door het effluent te lozen op het oppervlaktewater waardoor waterlopen tijdens droge perioden watervoerend blijven. Het is nuttig om te onderzoeken of berging en transport kunnen bijdragen aan een meer bewuste en betere vorm van hergebruik. Zo zou extra berging in de ondergrond in theorie tot een verhoogde basisafvoer kunnen leiden, maar dit hangt uiteraard af van lokale omstandigheden zoals eigenschappen van de ondergrond en aanwezige ontwateringsmaatregelen.

- **Grondwateraanvulling.** Effluent kan worden gebruikt om het grondwater mee aan te vullen, hoewel grondwateraanvulling met neerslag (afkoppelen van hemelwaterafvoer) in veel gevallen meer voor de hand ligt, zoals reeds is besproken in de casus Aa en Maas (hier meer over in de volgende paragraaf). Op de Hoge Zandgronden, waar het grondwater sterk onder druk staat, zou dit qua volume en timing een optie zijn, en niet in concurrentie met beekafvoer indien dit vooral in de nattere perioden zou plaatsvinden. Het verschil in kwaliteit tussen het infiltratiewater en het grondwater is hierbij een belangrijk aandachtspunt. In Laag Nederland zou grondwateraanvulling mogelijk ingezet kunnen worden tegen verzilting, maar ligt het meer voor de hand om dit als een vorm van opslag te zien (voor later gebruik van het water) dan als doel op zich.
- **Drinkwater.** Qua volume, locatie en timing is inzet van effluent voor de productie van drinkwater in principe kansrijk voor heel Nederland. De hoeveelheid effluent is immers grofweg gelijk of groter dan de drinkwatervraag in het aanvoergebied van een RWZI, en vraag en aanbod zijn relatief constant over de tijd. Wel is er in het huidige productieproces buffering ingebouwd om kwaliteitsvariaties op te kunnen vangen en waar nodig maatregelen te nemen bij afwijkende kwaliteit. Bij hergebruik van effluent zal onder andere hiervoor een oplossing moeten worden gezocht.

Op de Oostelijke en Zuidelijke Hoge Zandgronden is hergebruik van effluent voor de productie van drinkwater mogelijk problematisch aangezien het nadelig kan zijn voor de watervoerendheid van beken. Echter, hergebruik voor drinkwater in deze gebieden zou betekenen dat er minder grondwater onttrokken hoeft te worden, wat ten goede kan komen aan beekafvoer. Daarmee is het niet waarschijnlijk dat hiermee de watervoerendheid van de beek gewaarborgd kan worden, aangezien hier doorgaans meer oorzaken aan ten grondslag liggen zoals ontwateringsmaatregelen.

Hoewel het technisch zeer goed mogelijk is uit effluent drinkwater te maken, is acceptatie door het publiek een zeer belangrijk aandachtspunt (zie ook paragraaf 6.2).

FIGUUR 6.2 SCHETS VAN KWANTITATIEVE POTENTIE EN KNELPUNTEN VAN HERGEBRUIK VAN EFFLUENT VOOR DE VERSCHILLENDE ZOETWATERREGIO'S VAN NEDERLAND



6.2 EFFLUENTHERGEBRUIK IN PERSPECTIEF

In de analyse in paragraaf 6.1 is de kansrijkheid van de inzet van effluent vergeleken tussen toepassingen, waarbij vooral is gekeken naar watervolumes en de beschikbaarheid (in ruimte en tijd). Dit biedt een eerste overzicht voor de kansen van hergebruik van effluent, maar niet een volledig beeld. Waterhergebruik is een onderwerp dat meerdere vakgebieden behelst die ook in samenhang beschouwd dienen te worden, om hergebruik ook op een verantwoorde manier vorm te kunnen geven (zie Dingemans et al., 2020, en Figuur 63 aan het eind van dit hoofdstuk). Voor verdere stappen is het dan ook van belang om andere aspecten dan alleen waterkwantiteit mee te nemen, waarvoor we in de casussen en in stap 7 van het handelingskader (Hoofdstuk 5) een eerste aanzet hebben gegeven. Hieronder volgt een opsomming van een aantal andere aandachtspunten. Ze vormen geen kernonderdelen van de huidige studie, maar dienen in samenhang met waterkwantiteitsaspecten te worden beschouwd in vervolgonderzoek (zie Hoofdstuk 7).

- **Waterkwaliteit (zuivering).** *Mismatches* in kwaliteit kunnen worden overbrugd door behandeling van water zodat het de gewenste kwaliteit krijgt. De verschillende zuiveringstechnieken kunnen grofweg in twee groepen worden onderscheiden: technische oplossingen zoals omgekeerde osmose (RO, *Reverse Osmosis*), UV-behandeling of ultrafiltratie (UF), en natuurlijke oplossing (*nature-based solutions*) zoals helofytenfilters of bodempassage. Op landelijke schaal zijn er in principe geen belangrijke verschillen in mogelijkheden tot zuivering, en in deze studie zijn we ervan uitgegaan dat het geleverde effluent tot de gewenste kwaliteit gezuiverd kan worden. Ruimtelijke aspecten kunnen echter wel een rol spelen. Bij sommige aanvullende zuiveringstechnieken, zoals RO, komt er een reststroom vrij (concentraat), die relatief hoge concentraties aan stoffen bevat. Om dergelijke technieken te kunnen inzetten is het nodig dat deze reststroom op locatie kan en mag worden geloosd. Daarnaast brengen verschillende zuiveringstechnieken extra kosten met zich mee. Voor aanvullende zuivering met behulp van bodempassage is een zandig watervoerend pakket nodig, waarvan de aanwezigheid en dikte regionaal kan verschillen. Een van de vormen hiervan is de duinpassage voor de productie van drinkwater.
- **Kosten.** Theoretisch is het goed mogelijk om de eerder beschreven *mismatches* in tijd, locatie en waterkwaliteit te overbruggen met technologische oplossingen. De verschillende oplossingen hebben evenwel financiële consequenties, die tegen elkaar moeten worden afgewogen bij het bepalen van de meest geschikte inzet van hergebruikt effluent. In een financiële analyse is het van groot belang om ook de kosten van andere alternatieven af te wegen, inclusief aanpassingen aan de huidige watervoorziening en (grond)waterbeheer, en de kosten van als we niets doen. Daarnaast moeten toekomstige ontwikkelingen zoals stijging van watervraag en veranderingen in zuiveringstechnieken, beleid en wellicht het duurder worden van het gebruik van bijvoorbeeld grondwater worden meegenomen. Dergelijke ontwikkelingen kunnen tot kostenstijging of juist –reductie leiden, of de kosten-batenverhouding kan veranderen, waardoor een afweging voor de toekomst anders kan uitvallen. Voor casus 1 is hier in paragraaf 3.7 een eerste aanzet voor gedaan aan de hand van de tool AquaVest.
- **Wetgeving en governance.** Bewust hergebruik van restwaterstromen is een relatief nieuw fenomeen in Nederland. Dit betekent dat het juridisch kader van hergebruik bestaat uit een samenspel van normen en regels, waarbij verantwoordelijkheden en wetgeving zijn verdeeld over verschillende overheidsinstanties. Er bestaat wetgeving rondom verschillende toepassingen voor water, waarbij ook kwaliteitseisen zijn geformuleerd. Een belangrijk gegeven is dat effluent juridisch gezien een afvalstof is, die niet zonder meer kan worden ingezet als grondstof. Daarnaast is de desbetreffende wetgeving afhankelijk van

de uiteindelijke toepassing. Bijlage I bevat een uitgebreider overzicht van de verschillende wetgeving. Bij de verkenning van grootschalig effluenthergebruik voor diverse toepassingen is het belangrijk om een goed beeld te krijgen van de verschillende regelgeving en verantwoordelijkheden.

- **Maatschappelijke acceptatie.** Technologische ontwikkelingen maken het goed mogelijk om hergebruikt effluent in te zetten voor toepassingen voor (indirecte) menselijke consumptie, zoals gietwater of zelfs drinkwater. Niettemin moet men zich realiseren dat dit geen garantie is dat dergelijk hergebruik direct wordt omarmd door de samenleving. Zo wordt in studies naar alternatieve bronnen voor drinkwater gewezen op de onwillekeurige afkeer die effluent bij mensen oproept (de zogenaamde ‘yuck’ factor), waardoor deze bron in de nabije toekomst waarschijnlijk niet snel zal worden ingezet voor de productie van drinkwater (Stofberg et al., 2019). Goede informatievoorziening en bewustwording bij toepassingen voor menselijke consumptie is van cruciaal belang indien deze toepassingen in de toekomst worden overwogen.
- **Toekomstige ontwikkelingen of kantelpunten.** In dit onderzoek is uitgegaan van bestaande watervragen, jaren zijn gebruikt als ‘proxy’ voor een toekomstige situatie. Deze kunnen veranderen door toekomstige ontwikkelingen, zoals bijvoorbeeld in de Deltascenario’s is beschreven. Het toekomstige aanbod van effluent hangt bijvoorbeeld samen met veranderingen in het aantal huishoudens en bedrijven in een gebied, de ontwikkeling van het drinkwaterverbruik (worden we zuiniger, of juist niet?) en klimaatverandering. Zo wordt in het Deltascenario STOOM uitgegaan van een bevolkingsgroei van 12% en een stijging van het jaarlijkse drinkwatergebruik van 35% (invloed op DWA). Tevens wordt een verandering in het neerslagpatroon voorzien, met minder neerslag in de zomer en meer in de winter (invloed op RWA). Aan de vraagkant zullen ook veranderingen optreden: zo wordt bijvoorbeeld in het Deltascenario STOOM een stijging van het beregend landbouwareaal van 55% voorzien, hetgeen zal leiden tot een sterke landbouwwatervraag. Tot slot kunnen door het veranderende aanbod en nieuwe technieken ook nieuwe vragen ontstaan. Zo kan de beschikbaarheid van vergaand gezuiverd effluent ertoe bijdragen dat beregning wordt ingezet op landbouwpercelen waar dit eerst niet gebeurde (door beperkte beschikbaarheid van water) of dat een locatie aantrekkelijk wordt voor glastuinbouw. Dergelijke (onbedoelde) ontwikkelingen kunnen de samenhang tussen watervraag en –aanbod veranderen en dienen dus in de afweging te worden meegenomen.
- **Inzet van watersysteembenadering voor vraagstukken rondom duurzame zoetwatervoorziening.** De inzet van gezuiverd restwater kan een belangrijk middel zijn in de verduurzaming van de zoetwatervoorziening. Niettemin verdient het aanbeveling om effluenthergebruik te vergelijken met andersoortige ingrepen om de meest optimale combinatie van opties te identificeren. De systematiek die is gepresenteerd in Hoofdstuk 5 kan helpen bij het verkrijgen van een eerste inzicht, door te onderzoeken hoe alternatieven scoren op de beschreven criteria. Enkele voorbeelden hiervan zijn reeds in de casussen naar voren gekomen. In de casus Aa en Maas zijn we ervan uitgegaan dat grondwateraanvulling (scenario 3) door middel van afkoppelen van hemelwaterafvoer gerealiseerd kan worden. Vanwege de goede kwaliteit en de ruimtelijke spreiding van het aanbod van hemelwater ligt dit immers meer voor de hand dan bijvoorbeeld directe infiltratie van effluent. In de casus Delfland is de optie van gietwatervoorziening uit effluent kort vergeleken met de optie ‘Waterbank Westland’ (Stofberg et al., 2021), waarbij overtollige neerslag in de ondergrond wordt geïnfilteerd.

In het kader van het Deltaprogramma wordt een breed scala van opties beschouwd ter verbetering van de zoetwatervoorziening, zowel op grote schaal (water aanvoeren) als kleinere schaal (beschikbaar water beter vasthouden en nuttiger inzetten). Tevens worden de

mogelijkheden verkend van aanpassing aan verminderde beschikbaarheid (adaptatie). De effecten van deze opties kunnen zeer verschillend van aard zijn, wat vergelijking complex maakt. De watersysteembenadering uit Hoofdstuk 5 is een geschikte methodiek om de mogelijke effecten in het watersysteem van verschillende opties te verkennen, omdat deze effecten in het hele watersysteem kunnen doorwerken. Indien maatregelen op sterk verschillende schalen worden verkend, moet de methodiek mogelijk iets worden aangepast voor de analyse van 'geneste' systemen. Daarnaast kan de systeembenadering verder worden uitgebouwd, zodat naast waterkwantiteitsaspecten, ook aspecten met betrekking tot waterkwaliteit, regelgeving en kosten/baten kunnen worden meegewogen.

FIGUUR 6.3 WATERHERGEBRUIK IN RELATIE TOT DE ZOETWATERVOORZIENING VEREIST EEN MULTIDISCIPLINAIRE BENADERING; VERSCHILLENDE EXPERTISES KOMEN SAMEN BINNEN DIT THEMA (BRON: DINGEMANS ET AL., 2020)



7

CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN

In deze studie hebben we aangetoond dat de potentie van grootschalig effluenthergebruik vanuit het oogpunt van waterkwantiteit hoog is. In de casus Hoog Nederland kan 50 tot 85% van de jaarlijkse grondwatervraag van respectievelijk de landbouw en de industrie worden opgevangen door effluent, met een maximale reductie van 20% van de jaarlijkse netto druk op het grondwater. In de casus Laag Nederland kan de watervraag van bepaalde sectoren voor 80 tot 100% worden opgevangen door effluent, waarmee de jaarlijkse externe aanvoer van zoet water met circa 30% kan worden verminderd. Wel is het van belang steeds de doorwerking van waterhergebruik door het hele watersysteem inzichtelijk te maken. Het ontwikkelde conceptuele handelingskader, gericht op het ‘verbinden van de waterketen en het watersysteem’, biedt waterbeheerders handvatten om relatief eenvoudig een soortgelijke verkenning voor andere locaties uit te voeren. De kansrijke hergebruiksopties kunnen vervolgens verder worden uitgediept, waarbij naast waterkwantiteit ook andere aspecten als waterkwaliteit, *governance*, kosten/baten en regelgeving moeten worden beschouwd. Daarnaast is de methodiek geschikt om een bredere waterketen-watersysteemvisie te ontwikkelen. Hierin kunnen, naast effluenthergebruik, ook andere oplossingsrichtingen voor een duurzaam watersysteem worden verkend. De RWZI kan als Waterfabriek bijdragen aan een meer robuuste zoetwatervoorziening, met het watersysteem en de waterketen als één systeem, mits het effluent op een verantwoorde manier wordt ingezet.

Op basis van de resultaten hebben we verschillende richtingen voor vervolgonderzoek vastgesteld, die hier kort worden toegelicht.

- **Volgende stap voor casussen: kansrijke opties nader onderzoeken.** Voor de casusgebieden is in beeld gebracht welke opties voor hergebruik van effluent interessant zijn, en welke aandachts- of knelpunten meespelen. Indien de opties ook vanuit het perspectief van de watervraag (zie verderop) interessant blijken te zijn, kunnen opties verder worden uitgewerkt. In vervolgonderzoek kunnen de meest interessante opties verder verkend worden op diverse criteria, zoals berging, transport, kosten, duurzaamheid, *governance* en eventuele koppelkansen (zie Tabel 57 voor een overzicht van mogelijke criteria). Een multicriteria-analyse en/of een maatschappelijke kostenbatenanalyse kunnen hier bijvoorbeeld voor ingezet worden.
- **Juridisch perspectief en *governance*.** Effluenthergebruik is in Nederland nog een relatief nieuw fenomeen, waarvoor momenteel geen eenduidige wet- en regelgeving bestaat. Zeker bij grootschalige inzet van hergebruik is het belangrijk dat duidelijk is waar verantwoordelijkheden liggen en waar knelpunten optreden binnen het huidige juridische kader. Het *governance*-vraagstuk is zodoende een belangrijk onderwerp voor vervolgonderzoek.
- **Invloed op watersysteem en natuur.** Een belangrijk onderdeel van het hierboven benoemd vervolgonderzoek is een meer gedetailleerd onderzoek naar de effecten op het watersysteem. Dit kan bijvoorbeeld middels een modellering van grond- of oppervlakte-waterstroming, waarbij ook het natuurlijke watersysteem nadrukkelijker wordt meege-

nomen. Dit is tegelijkertijd een sleutel naar een beter inzicht in de eventuele knelpunten voor de natuur bij grootschalig hergebruik, met name in Hoog Nederland. In Casus 1 is naar voren gekomen dat de watervoerendheid van beken sterk kan worden beïnvloed door significant hergebruik van effluent. Of dit inderdaad nadelig is voor de natuur en wat de precieze effecten zijn, is momenteel slecht bekend en dient nader te worden onderzocht.

- **Opties vanuit de watervraag.** In de casussen voor dit onderzoek is een eerste overzicht gegeven voor enkele scenario's voor hergebruik van effluent, met een focus op het wateraanbod. Naast het perspectief vanuit de aanbodkant, zal het nodig zijn om de opties vanuit de vraagkant te benaderen. Met andere woorden, is effluent de beste optie om een bepaalde sector mee van water te voorzien, of zijn er andere opties voorhanden die een beter alternatief zijn wat betreft waterbeschikbaarheid, kwaliteit, kosten, etc.?
- **Maatschappelijke perceptie.** Het beeld dat in de maatschappij bestaat van het hergebruik van effluent ('rioolwater') kan een belangrijk struikelblok zijn voor de grootschalige toepassing van effluenthergebruik voor zoetwatervoorziening, zelfs als alle technologische, financiële en juridische knelpunten zijn aangepakt. Dit geldt met name voor toekomstige toepassingen die (indirect) te maken hebben met menselijke consumptie, zoals gietwater in de tuinbouw, irrigatie in de landbouw en zeker drinkwater. Acceptatie in de gehele keten is zodoende een belangrijk onderwerp voor vervolgonderzoek.
- **Zoetwatervoorziening in systeemperspectief.** Zoals toegelicht in paragraaf 6.2, kan de watersysteembenadering uit Hoofdstuk 5 breder worden ingezet in verkenningen om de zoetwatervoorziening te verbeteren, waarbij zeer uiteenlopende opties kunnen worden vergeleken en eventuele knelpunten in het watersysteem kunnen worden geïdentificeerd. Dit geldt niet alleen voor het antropogene, maar ook voor het natuurlijke watersysteem. De in dit onderzoek gepresenteerde systeembenadering is ingestoken vanuit een waterkwantiteitsoogpunt. De systeembenadering biedt de mogelijkheid om ook de andere aspecten die van belang zijn voor waterhergebruik in de afweging mee te nemen. Zo zijn waterkwaliteitsaspecten globaal meegenomen in de huidige analyses, via een kleurstelling van de volumestromen in de Sankey-stroomdiagrammen. In een vervolgstap kunnen deze meer kwantitatief in de systeembenadering worden opgenomen, waarbij bijvoorbeeld zowel de benodigde samenstelling van het restwater voor een toepassing wordt geduïd, als de benodigde zuiveringsstappen om aan deze eisen te voldoen (vanuit regelgeving, of voor het voorkómen van milieu- of gezondheidsrisico's). Ten slotte leent de systeembenadering zich voor het koppelen van de zoetwaterproblematiek aan andere vraagstukken omtrent duurzaamheid, zoals de energietransitie en klimaatadaptatie. De systeembenadering kan worden gezien als kapstok, die meerdere aspecten (de haakjes) integreert.

8

REFERENTIES

Agudelo-Vera, C.M., Keesman, K.J., Mels, A.R., Rijnaarts, H.H.M., 2013. Evaluating the potential of improving residential water balance at building scale. *Water Res.* 47, 7287–7299. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2013.10.040>

Bartholomeus, R., Stofberg, S., Van den Eertwegh, G., Cirkel, G., 2017. Hergebruik restwater voor het landelijk gebied: Monitoring sub-irrigatie met RWZI-effluent Haaksbergen - 2016 (No. BTO 2017.062). Nieuwegein.

Bartholomeus, R., Van Loon, A., Van Huijgevoort, M., 2018. Hergebruik van industrieel restwater voor de watervoorziening van de landbouw (No. KWR 2018.089). Nieuwegein.

Beard, J.E., Bierkens, M.F.P., Bartholomeus, R.P., 2019. Following the water: Characterising de facto wastewater reuse in agriculture in the Netherlands. *Sustainability* 11, 1–20. <https://doi.org/10.3390/su11215936>

Cirkel, G., 2020. Hergebruik van effluent voor de drinkwatervoorziening, een verkenning van eisen en randvoorwaarden (No. BTO 2020.055). Nieuwegein.

Cirkel, G., 2017. Kwantificeren korte reistijden door middel van traceronderzoek: tracerproef Olden Eibergen (No. BTO 2017.010). Nieuwegein.

Cirkel, G., Van den Eertwegh, G., Stofberg, S., Bartholomeus, R., 2017. Kennisdocument Hergebruik van Restwater voor de Landbouwwatervoorziening (No. BTO 2017.009). Nieuwegein.

Deltaprogramma, 2020. Synthesedocument Deltaprogramma Zoetwater. Delft.

Dingemans, M.M.L., Bartholomeus, R., Medema, G., 2018. Evaluation of the proposed EU regulation on minimum requirements for water reuse for irrigation (No. KWR 2018.075). Nieuwegein.

Dingemans, M.M.L., Smeets, P.W.M.H., Medema, G., Frijs, 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, 1264. <https://doi.org/10.3390/W12051264>

EFGF, 2019. Waterfabriek: De nieuwe bron.

Graveland, C., Baas, K., Opperdoes, E., 2017. Physical water flow accounts with Supply and Use and water asset / water balance assessment NL. Den Haag.

Mens, M., Hunink, J.C., Delsman, J.R., Pouwels, J., Schasfoort, F., 2020. Geactualiseerde knelpuntenanalyse voor het Deltaprogramma Zoetwater fase II (No. 11203734- 003- ZWS-0003), Deltares rapport 11203734-003. Delft.

Narain-Ford, D.M., Bartholomeus, R.P., Dekker, S.C., Van Wezel, A.P., 2020. Natural Purification Through Soils: Risks and Opportunities of Sewage Effluent Reuse in Sub-surface Irrigation, in: *Reviews of Environmental Contamination and Toxicology (Continuation of Residue Reviews)*. Springer, pp. 1–33. https://doi.org/10.1007/398_2020_49

Narain-Ford, D.M., Bartholomeus, R.P., Raterman, B., Van Zaanen, I., Ter Laak, T.T., Van Wezel, A.P., Dekker, S.C., 2021. Shifting the imbalance: Intentional reuse of Dutch sewage effluent in sub-surface irrigation. *Sci. Total Environ.* 752, 142214. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.142214>

Nelen & Schuurmans, 2017. Grondwateronttrekking Delft-Noord - resultaten monitoring 2016 (No. S0027). Utrecht.

Pronk, G., Van Dooren, T., Stofberg, S., Bartholomeus, R., 2020. Waterhergebruik en de Zoetwatervoorziening (No. BTO 2020.011). Nieuwegein.

Roex, E.W.M., Stofberg, S., Cirkel, G., Bartholomeus, R., 2017. Deltafact Hergebruik van effluent.

Stofberg, S., Bertelkamp, C., Van Huijgevoort, M., Bäuerlein, P., 2019. Achtergronddocument VO Alternatieve Bronnen voor Drinkwater (No. BTO 2019.017). Nieuwegein.

Stofberg, S., Ros, S., Raat, K.J., Klooster, J.P.G.N., Posma, J., Ruepert, N., Agerbeek, B., Delsman, J., Bootsma, H., op den Kelder, T., van der Veen, B., 2021. COASTAR. Westland. Droge voeten, voldoende gietwater.

Stofberg, S., Zuurbier, K.G., 2018. COASTAR. Verkenning waterbank Westland (No. KWR2018.002).

Van Dooren, T., Raat, K.J., Stofberg, S., 2021. Deltafact Kennisimpuls - Effecten van kunstmatige infiltratie van oppervlaktewater op de grondwaterkwaliteit.

Van Dooren, T., Stofberg, S., Pronk, G., Bartholomeus, R., 2020. Exploratory research on water reuse - Data overview and Sankey-diagrams (No. BTO 2020.014). Nieuwegein.

Van Dooren, T.C.G.W., Zuurbier, K.G., Huiting, H., 2019. Waterhergebruik op de Friese Waddeneilanden (No. KWR 2019.126). Nieuwegein.

Van Houtte, E., Verbauwhede, J., 2021. Environmental benefits from water reuse combined with managed aquifer recharge in the Flemish dunes (Belgium). *Int. J. Water Resour. Dev.* 00, 1-8. <https://doi.org/10.1080/07900627.2020.1858035>

Van Wezel, A.P., Van den Hurk, F., Sjerps, R.M.A., Meijers, E.M., Roex, E.W.M., Ter Laak, T.L., 2018. Impact van industriële afvalwaterzuivering installaties op Nederlands oppervlaktewater en drinkwaterbronnen. H2O online.

Vewin, 2017. Drinkwaterstatistieken 2017. Den Haag.

Zuurbier, K., Ros, S., 2017. Aquifer storage and recovery van gezuiverd effluent Nieuw Prinsenland (Dinteloord) (No. KWR 2016.117). Nieuwegein.

Zuurbier, K., Van Dooren, T., 2019. Urban Waterbuffer Spangen: Resultaten (No. KWR 2019.111). Nieuwegein.

BIJLAGE I

LITERATUURONDERZOEK

Dit hoofdstuk geeft een beknopt overzicht van de potenties en ontwikkelingen op het gebied van hergebruik van restwater binnen de waterketen, gebaseerd op literatuuronderzoek. Naast een overzicht van de definities van hergebruik, de beschikbare hoeveelheid van restwater en de mogelijke afnemers, wordt ook ingegaan op uitdagingen en aandachtspunten voor hergebruik. Hierbij wordt gebruik gemaakt van de structuur van *mismatches* in tijd, kwaliteit en locatie, zoals schematisch weergegeven in Figuur 11. Tot slot wordt aandacht besteed aan wetgeving rondom hergebruik en worden voorbeelden gegeven van toepassingen van hergebruik.

I.I DEFINITIES VAN HERGEBRUIK

Effluenthergebruik kan zowel bewust als onbewust plaatsvinden. Met bewust hergebruik wordt bedoeld dat effluent met vooropgesteld doel wordt ingezet voor zoetwatervoorziening elders. Dit kan zowel direct als indirect plaatsvinden. Daarnaast kan er sprake zijn van onbewust of de-facto hergebruik: zoetwatervoorziening afkomstig uit bronnen die zijn beïnvloed door lozing van effluent. De drie verschillende vormen van hergebruik worden hieronder kort toegelicht (gebaseerd op Cirkel, 2020).

- Bij direct hergebruik is sprake wanneer effluent rechtstreeks wordt aangevoerd naar een watervragende sector, zonder tussentijdse bergingsstap in het milieu. Hierbij kan worden gedacht aan aanvoer via leidingwerk of transport over de weg.
- Bij indirect hergebruik wordt effluent gebruikt om bronnen aan te vullen die worden gebruikt voor zoetwatervoorziening. Dit geldt zowel oppervlaktewater (bijvoorbeeld bassins of rivieren) als grondwater. Deze waterlichamen treden bij indirect hergebruik op als milieubuffers.
- Bij onbewust of de-facto hergebruik wordt gebruik gemaakt van zoetwaterbronnen die in een eerder stadium zijn beïnvloed door gezuiverd afvalwater. Denk hierbij aan irrigatie vanuit beken waarop bovenstrooms ook effluent wordt geloosd, of grondwateraanvulling of drinkwaterproductie met rivierwater dat voor een deel bestaat uit effluent, met name in tijden van lage afvoer.

In dit literatuuroverzicht wordt voornamelijk ingegaan op bewust effluenthergebruik (direct en indirect). Onbewust hergebruik later aan de orde in paragraaf I.IV.

I.II WATERKWANTITEIT

Om de mogelijkheden voor bewust hergebruik van restwater te onderzoeken, is het belangrijk om de grootte van de verschillende antropogene waterstromen (vraag en aanbod) en een systeem te kwantificeren en te visualiseren. Dat kan bijvoorbeeld door middel van Sankey-diagrammen, waarin de verschillende waterstromen tussen vraag en aanbod in beeld worden gebracht. De dikte van de stroom is afhankelijk van het volume van de waterstroom. Een voorbeeld van een Sankey-diagram is opgenomen in Figuur 21. Hoewel een Sankey-diagram in veel gevallen de waterkwantiteit visualiseert, kan ook informatie over andere variabelen zoals waterkwaliteit en prioriteit worden toegevoegd, bijvoorbeeld in de kleurstelling van de pijlen.

BESCHIKBARE BRONNEN VAN RESTWATER

De belangrijkste bron van restwater is gezuiverd effluent uit rioolwaterzuiveringsinstallaties (RWZI's). In Nederland wordt jaarlijks tussen de 1900 en 2000M m³ effluent geproduceerd door ruim 300 RWZI's verspreid over het land (1920M m³ in 2017), dat na het zuiveringsproces op het oppervlaktewater wordt geloosd (Roex et al., 2017). Naar schatting is ruim de helft van het influent dat wordt aangeboden aan RWZI's afkomstig van huishoudens en kleinzakelijk gebruik in bebouwd en gerioleerd gebied (respectievelijk 724M en 353M m³ in 2012). Het overige deel van het influent (circa 900M m³) wordt gevormd door hemelwaterafvoer en 'rioolvreemd water', onder andere drainage van infiltrerend grondwater (Cirkel et al., 2017).

Een andere bron van restwater betreft het effluent uit industriële afvalwaterzuiveringsinstallaties, ofwel IAZI's (Van Wezel et al., 2018). Deze installaties verwerken afvalwater uit grootschalige industrie, doorgaans uit één bedrijf, waarvan het effluent net als bij RWZI's op het oppervlaktewater wordt geloosd. In 2017 ging het om een hoeveelheid van circa 239M m³ (Van Dooren et al., 2020). De grootste reststromen zijn afkomstig uit de voedingsindustrie, zoals de productie van suiker, zuivelproducten (o.a. kaas) of aardappelverwerking. Daarnaast wordt in verschillende industrieën proceswater gebruikt dat in veel gevallen niet aanvullend hoeft te worden gezuiverd en direct op het oppervlaktewater wordt geloosd. In 2017 ging het om een hoeveelheid van circa 136M m³ in heel Nederland (Van Dooren et al., 2020). Het aanbod van industrieel restwater is relatief klein ten opzichte van de hoeveelheid effluent uit RWZI's, maar lokaal kan het om grote volumes gaan.

POTENTIEEL GEBRUIK VOOR MENSELIJKE DOELEINDEN

De meest voor de hand liggende afnemer van hergebruikt restwater is de agrarische sector. In de landbouw wordt in toenemende mate grond- en oppervlaktewater gebruikt voor irrigatie in droge perioden. Daarnaast is in de (glas)tuinbouw water nodig voor o.a. gietwater. Het totale watergebruik in de land- en tuinbouw in 2017 is ingeschat op 358M m³ voor heel Nederland, waarvan 197M m³ uit oppervlaktewater (met name in Laag Nederland) en 161M m³ uit grondwater (met name in Hoog Nederland) (Van Dooren et al., 2020). Deze hoeveelheid is exclusief de verbruikshoeveelheid uit neerslag. De inschatting van de hoeveelheid irrigatiewater is lastig te maken en kan van jaar tot jaar aanzienlijk verschillen, afhankelijk van de weersomstandigheden in het groeiseizoen. Zo kan in een droog jaar de irrigatie uit grondwater in Hoog Nederland een factor 2 tot 4 hoger zijn. Daarnaast overheerst het beeld dat de toepassing van beregening in Hoog Nederland de laatste jaren sterk is toegenomen. Indien al het gezuiverd effluent uit RWZI's zou worden benut voor landbouw, is op jaarbasis een waterschijf van circa 100 mm beschikbaar voor het gehele landbouwareaal (Cirkel et al., 2017). Dit water zou kunnen worden toegediend middels beregening of subirrigatie (Narain-Ford et al., 2021).

Een andere potentiële afnemer is de industriële sector. Voor grootschalige industriële toepassingen wordt naast drinkwater (naar schatting 103M m³ in 2017) gebruikt gemaakt van grondwater en oppervlaktewater (in 2017 geschat op respectievelijk 74M en 69M m³). Dit water wordt gebruikt voor verschillende doeleinden, van spoelwater tot ultrapuur water, afhankelijk van de tak van industrie (EFGF, 2019). Grootverbruikers van water zijn bedrijven in de voedingsindustrie (Stofberg et al., 2019). Afhankelijk van de benodigde kwaliteit zou een deel van het industriële waterverbruik kunnen worden opgevangen met restwaterstromen.

De grootste potentiële bestemming van restwater betreft het huishoudelijk gebruik. Jaarlijks wordt in huishoudens in heel Nederland tussen de 900M en 1000M m³ drinkwater verbruikt.

Een deel hiervan is bestemd voor menselijke consumptie, maar een groot deel wordt gebruikt voor andere toepassingen waarvoor geen drinkwaterkwaliteit is vereist, zoals het doorspoelen van de toilet of besproeiing van de tuin. Voor deze gebruiksvormen zouden andere bronnen kunnen worden aangewend om het drinkwaterverbruik terug te dringen, waarbij onder andere gedacht kan worden aan hemelwater in bebouwd gebied. Het infiltreren van aanvullend gezuiverd RWZI-effluent kan een middel zijn om lokale zelfvoorziening te bevorderen, bijvoorbeeld op de Waddeneilanden (Van Dooren et al., 2019). Bewust hergebruik voor drinkwaterwinning wordt in Nederland nog niet toegepast, maar wel in het buitenland. Nabij het Belgische Koksijde wordt RWZI-effluent gebruikt als duininfiltratiewater dat vervolgens wordt gewonnen op het pompstation Torreele²⁶ (Van Houtte and Verbauwhede, 2021).

I.III UITDAGINGEN EN AANDACHTSPUNTEN VOOR HERGEBRUIK

Restwaterstromen kunnen in de meeste gevallen niet rechtsstreeks worden toegepast voor andere doeleinden. Op verschillende vlakken kan een *mismatch* optreden (zie ook Figuur 1.1):

- *Mismatch* in de tijd: vraag een aanbod van restwater vallen niet op hetzelfde moment, er is berging nodig;
- *Mismatch* in kwaliteit: het restwater heeft een mindere waterkwaliteit dan is vereist voor de nieuwe toepassing;
- *Mismatch* in locatie: vraag een aanbod van restwater liggen op enige afstand van elkaar, zodat transport nodig is.

Bovenstaande *mismatches*, die hieronder nader worden toegelicht, zijn hoofdzakelijk technisch/fysiek van aard. Naast deze technische aspecten zijn er meer factoren om rekening mee te houden, bijvoorbeeld juridische aspecten (zie onder andere paragraaf I.IV). In de discussie van de casussen en in het handelingskader zullen de technische en overige aspecten nader worden belicht.

WATERBERGING

De beschikbaarheid van effluent van RWZI's is vrij constant door het jaar heen. De watervraag in de landbouw is evenwel sterk seizoensgebonden en beperkt zich tot de circa vier maanden van het groeiseizoen (Cirkel et al., 2017). Bij een dergelijke piekvraag kan het voorkomen dat de hoeveelheid beschikbaar water op jaarbasis voldoende is om aan de jaarlijkse vraag te voldoen, maar dat op maandbasis de vraag het aanbod overtreft. Om grootschalig hergebruik van effluent door de landbouw (financieel) interessant te maken, kan het nodig zijn om potentieel beschikbaar restwater tijdelijk op te slaan. De watervraag van andere toepassingen, zoals de industriële sector, is doorgaans constanter, maar ook hier zal enige vorm van berging nodig zijn. Voor kleine hoeveelheden berging kan oppervlaktewater worden gebruikt. Zo wordt bij het hergebruik van restwater uit de Bavaria-fabriek gebruik gemaakt van het nabijgelegen Wilhelminakanaal (Bartholomeus et al., 2018). Voor grote hoeveelheden berging is de ruimte op het oppervlaktewater meestal onvoldoende en is de inzet van de bodem (grondwater) een logischer optie voor buffering. De risico's van infiltratie op het grondwater / grondwaterkwaliteit, met name in geval van drinkwaterwinning, dienen hierbij goed in beeld te worden gebracht.

WATERKwaliteit

De kwaliteit van effluent uit RWZI's is zonder aanvullende zuivering doorgaans niet voldoende voor toepassingen in de land- en tuinbouw, zoals glastuinbouw, vollegrondsteelt en boomkweek (Cirkel et al., 2017). De gehalten van de meeste nutriënten en metalen zijn

²⁶ Zie <https://www.iwva.be/drinkwater/waterwinning/hergebruik>

veelal laag genoeg om veilig te kunnen worden toegepast, hoewel ophoping in de tijd van metalen een aandachtspunt is dat nader onderzoek behoeft. Het grootste risico zijn pathogenen (ziekteverwekkers zoals bacteriën en virussen) en microverontreinigingen (o.a. geneesmiddelen en pesticiden), die met de huidige zuiveringstechnieken nog onvoldoende worden verwijderd. Met name pathogenen vormen een aandachtspunt bij bovengrondse irrigatie (beregening), aangezien ze zo door de lucht kunnen worden verspreid en een risico vormen voor agrariërs en omwonenden. Een kansrijke oplossing is ondergrondse aanvoer van water middels subirrigatie, waarbij het irrigatiewater niet in aanraking komt met de lucht. Een bijkomend voordeel is dat het water aanvullend gezuiverd wordt door bodempassage, hoewel dit nog nader onderzoek behoeft om het daadwerkelijke effect te kwantificeren. Bij de praktijkproef in Haaksbergen, waar effluent wordt hergebruikt op een naastgelegen akker door middel van subirrigatie, wordt sinds enkele jaren het bodemvocht in het grondwater en de wortelzone gemonitord op onder andere microverontreinigingen om de verspreiding in kaart te brengen (Bartholomeus et al., 2017; Narain-Ford et al., 2020).

Bij verschillende RWZI's in Nederland wordt momenteel nagedacht over optimalisatie van het zuiveringsproces, bijvoorbeeld de toepassing van meer geavanceerde zuiveringstechnieken, ook met het oog op de KRW-doelstellingen voor 2027. Het gaat hierbij onder andere om technieken van membraanfiltratie, zoals ultrafiltratie (UF) of omgekeerde osmose (RO), of om oxidatieve technieken zoals UV- of ozon-behandeling; technologieën die momenteel al worden toegepast in de productie van drinkwater. Het aanvullend zuiveren van effluent gaat gepaard met hogere kosten, maar uit verkennende berekeningen is gebleken dat de kostprijs voor verschillende industriële en agrarische toepassingen kan concurreren met de kosten van andere waterbronnen. Naar verwachting zal de financiële haalbaarheid in de nabije toekomst verder verbeteren, onder andere doordat de kosten voor reguliere waterbronnen kunnen stijgen.

LOCATIE EN TRANSPORT

Om restwaterstromen op grote schaal te kunnen toepassen, moet gezuiverd effluent worden getransporteerd van een RWZI naar de bestemming. Hiertoe kan het bestaande oppervlaktewaterennetwerk worden gebruikt. Naar verwachting zal dit netwerk echter met name op de hoge zandgronden niet uitgebreid genoeg zijn, met als bijkomend probleem dat bovenstrooms hergebruik niet mogelijk is in een vrij afwaterend systeem. Bovendien is het verschil in waterkwaliteit tussen effluent en oppervlaktewater een aandachtspunt. Doorgaans wordt uitgegaan van transport via aparte leidingen. Een belangrijk aandachtspunt hierbij zijn de kosten voor bijvoorbeeld het materiaal van de pijpleiding, de aanleg en de pompkosten, waarbij ook het tussenliggende ruimtegebruik (gebouwen, wegen, etc.) van invloed is. Momenteel zijn kosten nog vaak te hoog voor vervoer over grote afstanden, maar vanwege de verwachte stijging van de kosten van reguliere watervoorziening kan deze optie in de toekomst gunstiger worden. Tevens geldt dat de kosten naar verhouding sterker afhankelijk zijn van de hoeveelheid verpompt water dan van de overbrugde afstand: hoe groter de hoeveelheid afgenomen restwater, hoe financieel efficiënter het kan. Uit verkennende case-studies blijkt dat voor de toepassing in open landbouw of gietwater in de tuinbouw de productiekosten voldoende laag kunnen zijn om de transportkosten te kunnen opvangen. Voor gebruik in de industrie, bijvoorbeeld de productie van ultrapuur water, wordt een transportafstand van 10 km als realistisch ingeschat bij grote transportvolumes (EFGF, 2019).

I.IV EFFECT OP WATERSYSTEEM EN ONBEWUST HERGEBRUIK

In voorgaande paragrafen is ingegaan op bewust hergebruik voor menselijke doeleinden en de technische aspecten hiervan. Restwaterstromen kunnen echter ook worden ingezet voor

niet-menselijke doeleinden, in het watersysteem. Hierbij kan worden gedacht aan de aanvoer van gezuiverd effluent naar natte natuurgebieden die last hebben van verdroging. Een zeer belangrijk aandachtspunt hierbij is de kwaliteit van dit water: aanvoer van ‘gebiedsvreemd’ water met een andere chemische samenstelling, die niet aansluit bij de vereisten van de aanwezige vegetatie, kan de kwaliteit van het natuurgebied onder druk zetten. Daarnaast kan restwater geïnfilteerd in de bodem ter aanvulling van het grondwater. Hiermee kan het deels ook een menselijke toepassing vervullen: zo wordt in Eibergen in het kader van de droogtebestrijding actief oppervlaktewater aangevoerd en geïnfilteerd nabij drinkwaterwinningen om het grondwater aan te vullen (Cirkel, 2017). Bij de infiltratie van effluent is regenwaterafvoer (RWA) via het riool de meest voor de hand liggende reststroom. Infiltratie van hemelwater in stedelijk gebied wordt in toenemende mate toegepast op locaties waar RWA is afgekoppeld.

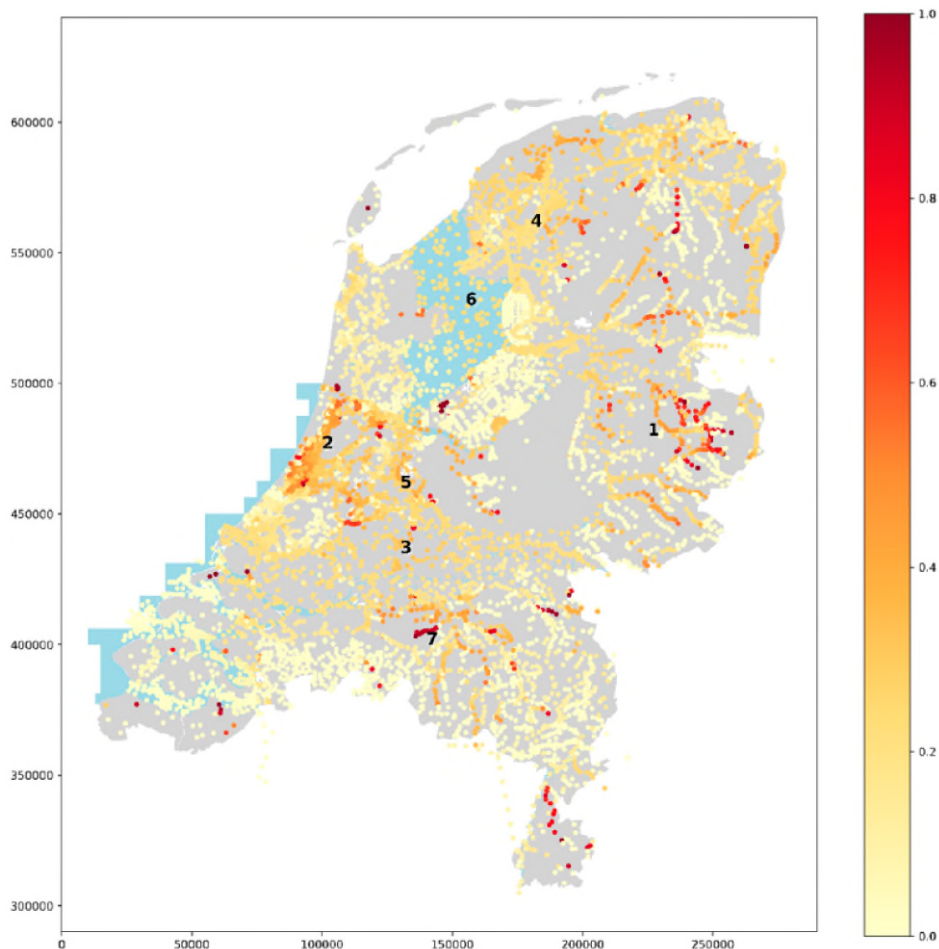
De belangrijkste vorm van hergebruik is het gebruik van effluent voor de aanvulling van oppervlaktewater. Dit type hergebruik wordt momenteel in feite al grootschalig in praktijk gebracht, grotendeels onbewust: nagenoeg al het gezuiverd effluent wordt geloosd op oppervlaktewater, waarmee het oppervlaktewatersysteem op dit moment de belangrijkste afnemer is. Met name in droge perioden vormt effluent een belangrijk aandeel van het oppervlaktewater in bepaalde regio's in Nederland (Beard et al., 2019). In Figuur I.2 is af te leiden dat een aanzienlijk aantal waterlopen in Hoog Nederland voor de watervoerendheid in droge perioden grotendeels of volledig afhankelijk is van de aanvoer van RWZI-effluent. Deze aanvoer heeft een positieve invloed op de natuurwaarde, zeker in droge perioden in de zomer, doordat de constante aanvoer van effluent zorgt voor een permanente watervoerendheid. Het restwater wordt als het ware ingezet om de ecologie van een waterloop te verbeteren. Grootschalig direct hergebruik van effluent leidt daardoor direct tot een grote uitdaging: wanneer de hoeveelheid geloosd effluent in een beek sterk afneemt door hergebruik elders, kan dit nadelige gevolgen voor de aquatische ecologie hebben. Tegelijkertijd staat de waterkwaliteit van veel van deze waterlopen door de lozing van effluent juist onder druk. Een afname van de lozing kan het aquatisch systeem daarom ook positief beïnvloeden. Het integraal beschouwen van de doorwerking van een maatregel voor de ene sector in het hele watersysteem is daarom van belang.

Bewust hergebruik vindt momenteel nog slechts op een klein aantal locaties in Nederland plaats. Door de gangbare praktijk rondom het lozen van effluent, en deels ook door natuurlijke processen zoals infiltratie, is er echter ook sprake van onbewust of de-facto hergebruik: effluent dat via een omweg alsnog in het antropogene watersysteem terecht komt (zie ook paragraaf I.I). In het eerder benoemde voorbeeld van aanvoer en infiltratie van oppervlaktewater in Eibergen, wordt via het oppervlaktewater onbewust ook effluent geïnfilteerd, dat afkomstig is uit RWZI's over de grens in Duitsland (Cirkel, 2017). Door de ondiepe ligging van de drinkwaterwinning is het infiltrerende water relatief kort onderweg in de bodem voor het de winning bereikt. Uitspoeling van organische microverontreinigingen is hierbij een belangrijk aandachtspunt.

De meest grootschalige vorm van onbewust hergebruik vindt plaats via de onttrekking van oppervlaktewater waarop eerder effluent is geloosd. Een modelstudie heeft uitgewezen dat met name in droge perioden circa 35% van de waterlopen in Nederland wordt beïnvloed door effluent (Beard et al., 2019). Van de-facto hergebruik is vervolgens sprake als voor industriële of agrarische doeleinden, of zelfs voor drinkwaterwinning uit rivierwater, dit oppervlaktewater wordt onttrokken. De aandachtspunten die gelden ten aanzien van de waterkwaliteit van bewust hergebruik zijn ook op onbewust hergebruik van toepassing: bij beregening van

landbouwpercelen uit oppervlaktewater kunnen pathogenen op het gewas en via de lucht in de omgeving worden verspreid. Echter, hiervoor geldt dat de effecten nog maar beperkt zijn onderzocht.

FIGUUR I.2 PERCENTAGE VAN HET OPPERVLAKEWATER DAT BESTAAT UIT GELOOSD EFFLUENT, GEDURENDE EEN DROGE PERIODE. HOE RODER DE KLEUR, HOE GROTER HET AANDEEL (BRON: BEARD ET AL., 2019)



I.V WETGEVING

Hergebruik van restwaterstromen is een relatief nieuw fenomeen. Dit betekent dat er in de meeste landen nog geen specifieke wetgeving voor is, maar dat het juridisch kader van hergebruik bestaat uit een samenspel van wetten en regels. Wel bestaat er wetgeving rondom verschillende toepassingen voor water, waarbij ook kwaliteitseisen zijn geformuleerd. Een belangrijk gegeven is dat effluent juridisch gezien een afvalstof is. Om effluent direct te kunnen inzetten is een zogeheten ‘einde-afvalstatus’ nodig zoals omschreven in de Kaderrichtlijn Afvalstoffen²⁷. Met deze status zou effluent kunnen worden gezien als een grondstof of product zonder onaanvaardbare risico’s voor mens en milieu. Uit eerdere studies is gebleken dat een einde-afvalstatus voor RWZI-effluent niet kansrijk is. Voor inname van effluent voor verdere zuivering lijkt een einde-afvalstatus wel haalbaar (Cirkel, 2020).

Voor verschillende mogelijkheden van bewust effluenthergebruik geldt dat de juridische vraagstukken verschillen tussen de verschillende vormen van hergebruik. In geval van direct hergebruik voor landbouwdoeleinden (in meer detail beschreven in Cirkel et al., 2017), zowel

²⁷ <https://www.afvalcirculair.nl/onderwerpen/afval/>

voor beregening als voor subirrigatie, geldt dat de aanvoer van effluent wordt gezien als een lozing. Hierop is het Activiteitenbesluit van toepassing, dat stelt dat lozing van effluent op of in de bodem verboden is. Het bevoegd gezag kan wel een ontheffing verlenen in de vorm van een maatwerkvoorschrift. Daarnaast geldt er vanuit het Activiteitenbesluit een zorgplicht om nadelige gevolgen voor milieu zoveel mogelijk te beperken. Indien voor beregening of subirrigatie gebruik wordt gemaakt van oppervlaktewater waarop effluent is geloosd (de-facto hergebruik), is het Activiteitenbesluit niet van toepassing. Voor onttrekking uit oppervlaktewater is het waterschap bevoegd gezag. Wel is het van belang dat de kwaliteit van het te gebruiken water in orde is; hierop is de zorgplicht uit de Wet Bodembescherming van toepassing. Bij hergebruik via buffering in de ondergrond ontbreekt een duidelijk juridisch kader, maar dient waarschijnlijk het Infiltratiebesluit Bodembescherming te worden gevolgd (Cirkel, 2020). Daarnaast is het infiltreren van grote hoeveelheden water in de ondergrond vergunningplichtig krachtens de Waterwet.

Direct en indirect effluethergebruik voor de drinkwatervoorziening is in Nederland nog niet opgenomen in specifieke wetgeving, maar de optie wordt indirect wel opengehouden (Cirkel, 2020). Bij direct hergebruik is sprake van een lozing conform het Activiteitenbesluit, dat in principe verboden is. Bij indirect hergebruik via buffering in oppervlaktewater gelden regels uit het Drinkwaterbesluit en de Drinkwaterregeling ten aanzien van de bewaking van de grondstof. Het effluent zal van dusdanige kwaliteit moeten zijn dat het voldoet aan de normen uit de Drinkwaterregeling. Bij hergebruik via buffering in de ondergrond geldt waarschijnlijk het Infiltratiebesluit Bodembescherming, zoals hierboven beschreven bij hergebruik voor landbouwdoeleinden.

Op EU-niveau zijn verschillende soorten wetgeving van toepassing, zoals de Kaderrichtlijn Water (KRW) of de REACH-verordening (voor gebruik van chemische stoffen). In mei 2020 is in de EU regelgeving²⁸ in werking getreden omtrent de minimum vereisten voor waterhergebruik voor landbouwdoeleinden, teneinde hergebruik te bevorderen. KWR heeft in opdracht van het Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat het voorstel tegen het licht gehouden (Dingemans et al., 2020, 2018). Geconcludeerd is dat de voorgestelde regelgeving een aantal onvolkomenheden heeft en in zijn totaliteit moeilijk uitvoerbaar zal zijn. De belangrijkste kritiek is dat de vereiste voor een uitgebreid beheer- en monitoringsplan en een risicoanalyse voor iedere hergebruikslocatie te zwaar is. De benodigde verantwoordelijkheid voor monitoring en risicobeheersing gaan in veel gevallen voorbij de bevoegdheden en mogelijkheden van de aanbieder van restwater. Zo wordt waterkwaliteit, met name als het gaat om pathogenen, nog weinig systematisch gemeten door waterschappen, zodat de benodigde gegevens niet voorhanden zijn. Tegelijkertijd is vastgesteld dat de richtlijnen voor monitoring te algemeen zijn, dat er weinig tot geen vereisten zijn voor o.a. opkomende stoffen en antibiotica, en dat niet de meest geschikte indicatoren zijn gekozen. Het risico bestaat dat de voorgestelde EU-richtlijn een averechts effect heeft op hergebruiksinitiatieven en dat het indirect hergebruik zelfs in de hand werkt. Ten slotte heeft de verordening alleen betrekking op direct hergebruik van RWZI-effluent voor de landbouwwatervoorziening. Andere toepassingen voor hergebruik, zoals voor de industrie of grondwateraanvulling, zijn geen onderdeel van de verordening.

I.VI PRAKTIJKVOORBEELDEN VAN HERGEBRUIK

Tot in de jaren '70 was hergebruik van afvalwater lokaal niet ongewoon, bijvoorbeeld bij de bevloeiing van landbouwpercelen (Cirkel et al., 2017), maar sindsdien is het in onbruik geraakt. Hoewel hergebruik van gezuiverd effluent internationaal al veel toepassingen kent

²⁸ <https://www.europarl.europa.eu/news/en/press-room/20200512IPR78921/parliament-approves-increased-water-reuse>

(zie o.a. Cirkel et al., 2017), is dit in Nederland een relatief recent fenomeen, dat tot nog toe op een beperkt aantal locaties in de praktijk wordt gebracht. In deze paragraaf ligt de nadruk op toepassingen in Nederland, met aan het eind nog een beknopt overzicht van internationale voorbeelden.

Een groot deel van de toepassingen, deels pilots, betreft het opwerken van effluent tot water voor industriële toepassingen, waarvan hieronder enkele voorbeelden worden genoemd (EFGF, 2019):

- Puurwaterfabriek Emmen – In een samenwerking van Waterschap Vechtstromen en WMD Water wordt RWZI-effluent opgewerkt tot ultrapuur water voor de NAM;
- DOW Terneuzen – effluent van de RWZI wordt aanvullend gezuiverd tot voedingswater voor de stoomproductie bij DOW; een samenwerking van Waterschap Scheldestromen en Evides Industriewater;
- Ge(o)zond Water – een pilot van PWN en Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier om effluent met behulp van ozonisatie op te werken tot hoogwaardig industriewater.

In andere pilots wordt aanvullend gezuiverd restwater, uit de industrie of RWZI, hergebruikt ten behoeve van de land- en tuinbouw:

- Haaksbergen – RWZI-effluent wordt geïrrigeerd (subirrigatie) in naastgelegen landbouwpercelen met behulp van klimaatadaptieve drainage, waarbij tevens de kwaliteit van het grondwater en bodemvocht wordt gemonitord (Bartholomeus et al., 2017);
- Boer Bier Water – gezuiverd restwater uit de Bavaria-fabriek in Lieshout wordt geïrrigeerd in nabijgelegen landbouwpercelen door middel van peilgestuurde drainage (Bartholomeus et al., 2018);
- Nieuw Prinsenland – effluent uit de nabijgelegen suikerindustrie wordt opgewerkt in een gietwaterfabriek en toegepast in de glastuinbouw in Dinteloord, gekoppeld met ondergrondse berging (Zuurbier & Ros, 2017).

Ook buiten Nederland wordt hergebruik van restwater in de praktijk gebracht. Zo zijn er voorbeelden van grootschalig hergebruik van RWZI-effluent voor irrigatiewater in onder andere Duitsland (Braunschweig) en Frankrijk (Clermont-Ferrand). Deze initiatieven zijn voor een deel ingegeven door de wens om de kwaliteit van het lokale oppervlaktewater te verbeteren. Verder zijn er voorbeelden uit andere delen van de wereld, veelal aride gebieden, om afvalwater her te gebruiken, zoals Florida (citrusteelt) en Zuid-Australië.

VIII SAMENVATTING

Uit bovenstaand overzicht van de literatuur blijkt dat op landelijke schaal een aanzienlijke hoeveelheid restwater potentieel beschikbaar is voor hergebruik. Tegelijkertijd is de watervraag in verschillende sectoren groot, en deze zal in de toekomst naar verwachting verder stijgen. De potenties van grootschalig hergebruik zijn duidelijk aanwezig, maar ze worden op dit moment nog nauwelijks benut. Dit komt onder meer door de verschillende technische uitdagingen ('mismatches') die komen kijken bij hergebruik van effluent. Daarnaast is het effect op de omgeving, het watersysteem en natuur een belangrijk aandachtspunt, evenals het nog ontbreken van eenduidige wetgeving rondom hergebruik.

BIJLAGE II

CASUS 3: HAAKSBERGEN – EIBERGEN

Een derde casus is uitgewerkt in het kader van de stage-opdracht van Donald Schuurman.

RWZI als waterfabriek voor een robuuste watervoorziening

Case-study 3: Eibergen – Haaksbergen

Donald Schuurman^{a, b} (4135792)

Supervision: Dr. Sija Stofberg^b, Dr. Ir. Ruud Bartholomeus^{b, c}, Dr. Ir. Niko Wanders^a

^a Faculty of Geosciences, Utrecht University, Utrecht, The Netherlands

^b KWR, Watercycle Research Institute, Nieuwegein, The Netherlands

^c Wageningen University and Research

Samenvatting

Schade door droogte in de landbouw en aan natuur neemt de laatste jaren toe in Nederland. De verwachting is dat met het veranderende klimaat deze trend zich zal voortzetten. De gevolgen hiervan in Nederland zullen het grootste zijn op de hoge zandgronden, vanwege hun gelimiteerde toegang tot oppervlaktewater. Eén van de belangrijkste pijlers uit het Deltaplan Zoetwater om de negatieve gevolgen van droogte tegen te gaan is het verhogen van de regionale zelfvoorziening in de zoetwatervraag.

Het hergebruik van RWZI/IAZI-effluent kan potentieel een belangrijke schakel vormen in een zelfvoorzienend zoetwatersysteem. Op dit moment wordt effluent nog geloosd op het oppervlaktewater en daardoor snel afgevoerd. Per jaar wordt tot 2,0 miljard m³ water verwerkt in Nederlandse RWZI's en afgevoerd. Het idee van effluent-hergebruik is niet nieuw, maar door de meteorologische droogte van de jaren 2018-2019 en verschillende proeven met veelbelovende resultaten op dit gebied, lijkt de tijd nu rijp voor nieuwe initiatieven.

In dit rapport is een casus uitgewerkt voor de regio Eibergen-Haaksbergen, gelegen in het Oosten van Nederland op de hoge zandgronden. Deze casus maakt, met twee andere casus, deel uit van het project 'de RWZI als waterfabriek' van STOWA en KWR. In dit rapport is vooral uitgegaan van de kwantitatieve mogelijkheden die het hergebruik van effluent bieden in een gebied dat in droge zomers vaak te lijden heeft onder de gevolgen van (meteorologische) droogte. Droogteproblematiek in het casusgebied houden vooral verband met de netto druk op het grondwater. Druk op het grondwater wordt veroorzaakt door drinkwaterproductie, landbouwonttrekkingen en industriële onttrekkingen. Voor het casusgebied zijn vier waterhergebruik scenario's uitgewerkt die inzicht verschaffen in de kwantitatieve mogelijkheden van lokaal water hergebruik.

[Stageverslag Donald Schuurman](#)

Oktober 2020-December 2020

d.j.k.schuurman@students.uu.nl

+31614331227



Universiteit Utrecht

Inhoud

1. Inleiding	3
1.1 Waterschaarste in Hoog-Nederland	3
1.2 Toekomstvisie en wetgeving	3
1.3 Circulaire zoetwatervoorziening en de 'RWZI als Waterfabriek'	3
1.4 Waterhergebruikopties	4
1.5 Afbakening en Doel van dit rapport	5
1.6 Onderzoeksvragen.....	5
1.7 Hypothese	6
2. Literatuur studie.....	7
2.1 Grondwater en oppervlaktewater	7
2.2 Grondwaterdroogte.....	8
2.3 Rioolwaterzuiveringsinstallaties, influentstromen en effluentstromen	8
2.4 Maatregelen voor een robuustere zoetwatervoorziening	9
2.5 Mismatches bij hergebruik RWZI-effluent	11
2.6 Regelgeving en perceptie omtrent hergebruik RWZI-effluent	12
3. Methode.....	13
3.1 Casusgebied Eibergen-Haaksbergen	13
3.1.1 Ruimtelijke afbakening casusgebied	13
3.1.2 Oppervlakte, landgebruik en bevolking casusgebied	14
3.1.3 Klimaat en droogte in het casusgebied	14
3.1.4 Drinkwater in het casusgebied	14
3.1.5 Hoge zandgronden en ondergrond	15
3.1.6 Oppervlaktewater in casusgebied: Berkel, Bolscherbeek en Buursebeek	17
3.1.7 Ecologisch relevante afvoer, basisafvoer of minimumafvoer	18
3.1.8 Landbouw in het casusgebied	19
3.1.9 Industrie in het casusgebied	19
3.2 Data-acquisitie en verwerking	20
3.3 Huidige situatie en scenario's	20
4. Resultaten	21
4.1 Actuele situatie: menselijke stromen in een gemiddeld jaar	21
4.2 Actuele situatie: menselijke stromen in een droog jaar.....	26
4.3 Waterhergebruik scenario's.....	27
4.3.1 Scenario 1	27
4.3.2 Scenario 2	30
4.3.3 Scenario 3	34
4.3.4 Scenario 4	35
5. Discussie	37
5.1 Kansen en combineren scenario's	37
5.2 Kwalitatieve aspecten waterhergebruik	38
5.3 Multicriteria analyse.....	41
5.4 Beperkingen en vervolgonderzoek	41
6. Conclusie	43
Referenties.....	44
Appendices.....	46

1. Inleiding

1.1 Waterschaarste in hoog-Nederland

In Nederland wordt men steeds vaker geconfronteerd met toenemende gevolgen van droogte. Meteorologische droogte manifesteert zich op den duur ook in zoetwaterbronnen waar de landbouw en natuur van afhankelijk zijn, zoals oppervlaktewater en grondwater. De verwachting is dat de druk op de zoetwaterbronnen in de toekomst alleen maar zal toenemen door de effecten van klimaatverandering (Bartholomeus et al., 2017). De watertekorten in Nederland zullen naar verwachting het grootst zijn op de hoge zandgronden, gelegen in zuiden en oosten van het land. Deze gebieden zijn extra kwetsbaar voor droogte door gelimiteerde toegang tot het hoofdwatersysteem, hoge watervraag en afhankelijkheid van grondwater voor het voorzien in de drinkwatervoorziening (Wing, 2015; Cirkel et al., 2017b). De droge zomers van 2018 en 2019 hebben de moeilijkheden in de zoetwatervoorziening in Nederland, en op de hoge zandgronden in het speciaal, goed zichtbaar gemaakt (Phernambucq et al., 2020). De meteorologische droogte van 2018 en 2019 heeft niet alleen effect op de zoetwatervoorziening, maar heeft lokaal doorgewerkt in het hele systeem, getuige de verlaagde grondwaterstanden, bodemvocht en afvoeren (Van den Eertwegh et al., 2020).

1.2 Toekomstvisie en wetgeving

Om in toekomstige situaties de knelpunten in de zoetwatervoorziening in Oost-Nederland beter het hoofd te kunnen bieden, zijn de Bestuursvereenkomst Zoetwatervoorziening Hoge Zandgronden Regio Oost en het bijbehorende werkprogramma opgesteld (Wing, 2015; Phernambucq et al., 2019). In dit werkplan committeren de deelnemende partijen (zoals waterschappen, provincies, gemeenten) zich aan het nemen van zoetwatermaatregelen om de negatieve gevolgen van droogte, als gevolg van klimaatverandering te beperken. De eerste fase van het plan loopt van 2016 tot en met 2021 en in de praktijk wordt er op de uitvoering van het plan in Oost-Nederland toegezien door werkgroep ZON (Zoetwatervoorziening Oost-Nederland).

De bestuursovereenkomst is een lokale uitwerking van de deltabeslissing Zoetwater en het bijbehorende Deltaplan Zoetwater en genomen maatregelen door deelnemende partijen worden bekostigd uit het Deltafonds. Eén van pijlers van de strategieën binnen het Deltaprogramma Zoetwater is het verhogen van de regionale zelfvoorziening in de zoetwatervraag (Deltacommissaris, 2020). Met het leveren van waterkwaliteit op maat, kan de 1-dimensionale waterketen van aanbieder naar vragende partij op den duur mogelijk twee kanten op werken, waarin waterzuiveringsinstallaties niet alleen als eindstation, maar ook als beginpunt kunnen werken. Met verhogen van de regionale zelfvoorziening in de zoetwatervraag komt het uiteindelijke streven naar een circulaire zoetwatervoorziening een stap dichterbij.

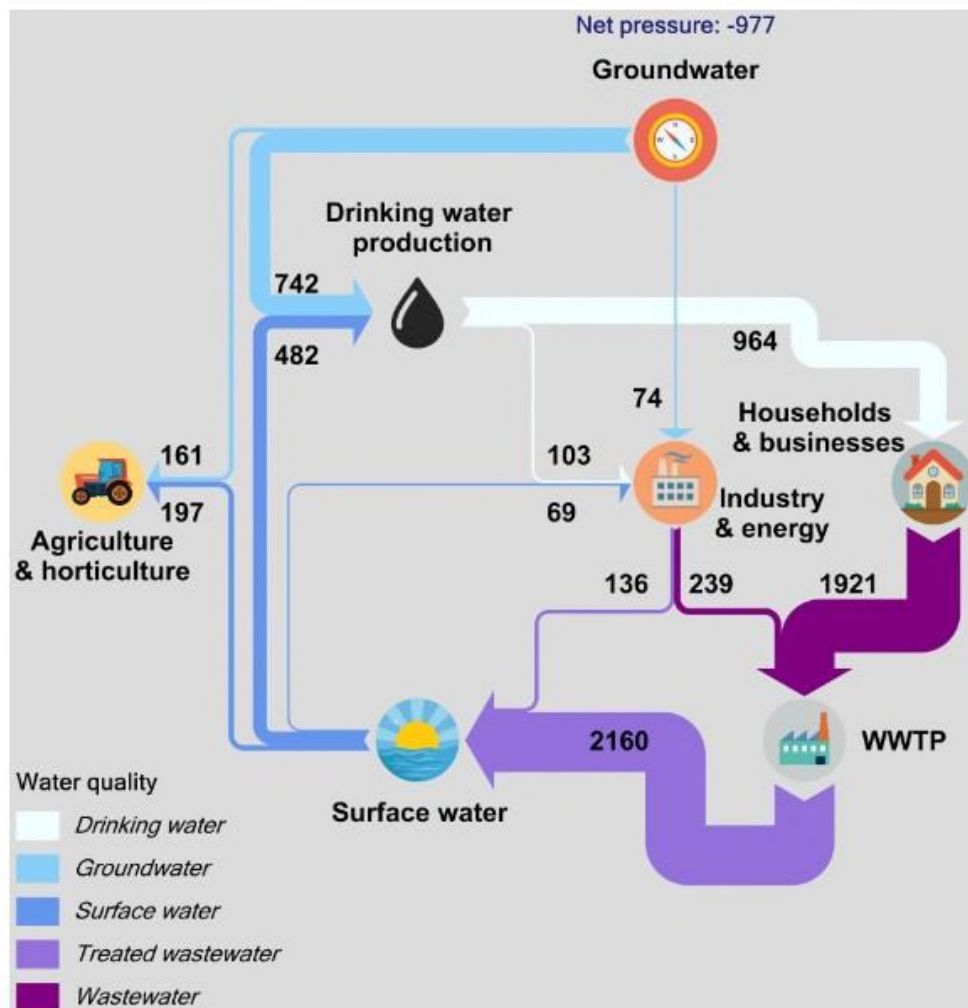
1.3 Circulaire zoetwatervoorziening en ‘de RWZI als Zoetwaterfabriek’

Een belangrijke schakel in een mogelijke circulaire zoetwatervoorziening is weggelegd voor de ‘de RWZI als Zoetwaterfabriek voor een robuuste zoetwatervoorziening’ (Talsma & Bartholomeus, 2020). Het idee van achter project is gebaseerd op het gebruik van restwater afkomstig uit afvalwaterzuiveringen in landbouw, industrie of ter aanvulling van grondwater. Hierbij verandert de afvalwaterzuivering, die normaal zijn restwater op het oppervlaktewater zou lozen, in een producent

van bruikbaar zoetwater. Dit project is ontstaan uit een samenwerking tussen STOWA en KWR en heeft als doel de kansen en risico's van nieuwe waterstromen tussen verschillende sectoren in kaart te brengen, ter vergroting van de zelfvoorziening in de zoetwatervraag. Door hergebruik van water kan de lokale waterkringloop beter gesloten worden en het weerbaarheid van de waterkringloop tegen droogte vergroot worden (Cirkel et al., 2017b).

1.4 Waterhergebruik opties

Dagelijks wordt er door rioolwaterzuiveringen (RWZI's) en industrieën (IAZI) een nagenoeg constante hoeveelheid gezuiverd afvalwater geloosd op het oppervlaktewater (Bartholomeus et al., 2017). Waar dit water nu geloosd wordt, zou het ook direct of na zuivering (her)gebruikt kunnen worden voor irrigatie in de landbouw, of in de industrie. Gebruikt water dat naar een RWZI toe gaat is oorspronkelijk afkomstig uit oppervlaktewater of uit grondwater (figuur 1). Terwijl in de droge zomermaanden RWZI-effluent lokaal een groot deel van het oppervlaktewater representeren (Bartholomeus et al., 2017). Op deze manier vindt lokaal, onbewust hergebruik van gezuiverd restwater eigenlijk vaak al plaats (Beard et al., 2019).



Figuur 1, Sankey-diagram van het waterhergebruik in Nederland in huidige situatie, exclusief koelwater. Mogelijke waterhergebruik opties behelzen extra stromen in het figuur van de waterzuivering (WWTP=RWZI) naar de landbouw (1), van waterzuivering naar industrie (2), van industrie naar landbouw (3) en van waterzuivering naar grondwater (4). Getallen representeren watervolumes in miljoen m³ per jaar. Bron: Pronk et al., 2020.

Het kwantitatieve potentieel van het hergebruik van RWZI-effluent blijkt groot: wanneer al het Nederlandse RWZI-effluent gebruikt zou worden voor irrigatie, zou het gehele Nederlandse landbouwareaal met 100 mm/jaar bevoeid kunnen worden (Cirkel et al., 2017b). Echter verschilt de beschikbare hoeveelheid sterk door het jaar heen en per locatie. Daarbij komt dat, voordat effluent op grote schaal gebruikt kan worden in de landbouw of in bepaalde industrieën er nog wel enkele kwaliteitskwetsies zijn die opgelost moeten worden, of waarvoor eenduidige regelgeving opgesteld moet worden. Zo moeten voor landbouwirrigatie de samenstelling van het irrigatiewater en eventuele samenhangende gezondheids- en ecotoxicologische effecten bekend zijn. Risico's met betrekking tot kwaliteit van effluent voor irrigatie (of milieu) hangen vooral samen met de aanwezigheid van nutriënten, zware metalen, organische microverontreinigingen, (hoge) chloride- en ijzerconcentraties en ziekteverwekkers.

1.5 Afbakening en doel van dit rapport

Het doel van deze case-study is het in kaart brengen van de belangrijkste, lokale waterstromen, met in acht neming van mogelijke waterhergebruik scenario's. Effectief zal dit neerkomen op het opzetten van een conceptueel model van het (niet-natuurlijke deel van het) watersysteem in het casusgebied met de belangrijkste componenten, stromen en functies binnen het watersysteem. In dit conceptueel model moeten duidelijk samenhang/wisselwerking tussen watervraag en wateraanbod naar voren komen, alsmede de effecten van de gewijzigde benutting van waterstromen. De focus zal vooral liggen op de menselijke waterstromen, al zullen de natuurlijke waterstromen ook veelvuldig aan bod komen aangezien beide groepen stromen niet los van elkaar beschouwd kunnen worden.

Om vooral uit te gaan van het potentieel die waterhergebruikopties met zich meebrengen, zal de analyse in deze rapportage in eerste instantie uitgaan van het kwantificeren van mogelijkheden over het kwalificeren ervan. Om het volledige potentieel van het lokale waterhergebruik te onderzoeken is eerst een gedetailleerde schatting van de lokale mogelijkheden gemaakt. Uiteindelijk heeft dit geleid tot de uitwerking van vier scenario's van waterhergebruik met groot lokaal potentieel. Hierin vormen de mogelijkheden op het gebied van kwantiteit de kern (resultaten) van het rapport. In de discussie sectie zal meer worden ingegaan op de kwalitatieve aspecten van elk scenario.

1.6 Onderzoeksvragen

Om het doel te bereiken dat gesteld is voor dit rapport in voorgaande paragraaf zijn enkele onderzoeksvragen geconcretiseerd. Deze vragen hebben vooral betrekking op de case-study en verbinding met de grotere vraagstukken zal voornamelijk in de discussie sectie gelegd worden. De belangrijkste vragen die terugkomen bij proeven met waterhergebruik van effluent en die moeten worden beantwoord om inzicht te krijgen de mogelijkheden van waterhergebruik op grotere schaal zijn:

1. Wat en hoe groot zijn de belangrijkste (menselijke) waterstromen in het casusgebied?
2. Wat zijn de mogelijkheden van de verschillende waterhergebruikopties in het casusgebied?
3. Wat zijn de gevolgen van de verschillende waterhergebruikopties op de andere actoren en het watersysteem van het casusgebied?

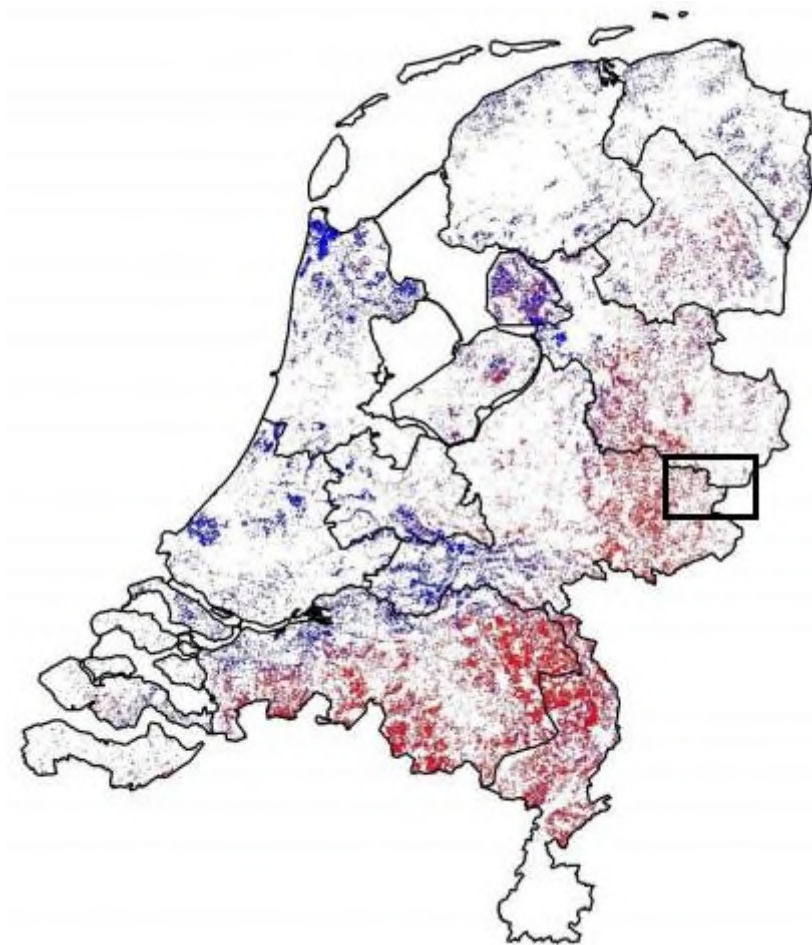
1.7 Hypothese

De verwachting is dat door gebruik te maken van waterhergebruik opties, nieuwe verbindingen kunnen worden gelegd in het huidige watersysteem. Hierdoor is de verwachting dat potentieel de netto druk op het grondwater zal afnemen.

2. Literatuurstudie

2.1 Grondwater en oppervlaktewater

Met de toenemende gevolgen van droogte in Nederland wordt de druk op zoetwaterbronnen steeds groter. In Nederland wordt zoetwater gewonnen uit het oppervlaktewater, waar dit beschikbaar is, en grondwater (figuur 2). Het zoetwatergebruik kan grofweg worden opgedeeld in drie delen: industriële toepassingen (waarbij koelwater buiten beschouwing wordt gelaten), drinkwaterproductie en landbouw (Pronk et al., 2020). Het drinkwater wordt grotendeels gewonnen uit grondwater, aangezien dit voordelen heeft met betrekking tot waterkwaliteit en hoeveelheid ziekteverwekkers ten opzichte van oppervlaktewater (Cirkel et al., 2017b). Voor water in de landbouw zijn de kwaliteitseisen lager en hiervoor kan dus ook makkelijker gebruik worden gemaakt van oppervlaktewater. Echter blijkt beschikbaarheid vaak de doorslaggevende factor in de te gebruiken zoetwaterbron.



Figuur 2, potentiële beregeningslocaties vanuit grondwater (rood) en oppervlaktewater (blauw), met locatie case-study-gebied in zwart vak, waar hoofdzakelijk wordt beregend uit grondwater, doordat er geen oppervlaktewater ingelaten kan worden vanuit het hoofdsysteem. Lokale (casusgebied) problemen zijn dan ook voornamelijk gerelateerd aan de druk op het grondwater. Bron: Nationaal Hydrologisch Instrumentarium - NHI Modelrapportage, Deelrapport Beregening, 2008.

Een schatting van de verhoudingen tussen grondwater en oppervlaktewater waaruit drinkwater, irrigatiewater en industrieel water bestaan zijn terug te vinden in figuur 1. Uit figuur 2 blijkt de duidelijke tweedeling in Nederland, waarbij de lagere delen van het land het water voor beregening vooral halen uit het oppervlaktewater en de hogere delen op grondwater zijn aangewezen. Uit

schattingen van het LHM blijkt dat grondwater op iets meer plekken wordt gebruikt voor beregening (52%) ten opzicht van oppervlaktewater (48%) (NHI, 2008).

2.2 Grondwaterdroogte

De combinatie van natuurlijke droogte en toegenomen grondwateronttrekking vergroot de reeds bestaande druk op het grondwater, doordat vraag en beschikbaarheid verder uit elkaar groeien. Wanneer de grondwateronttrekking en grondwateraanvulling uit balans raken, zakt het grondwaterpeil steeds verder, met als resultaat grondwaterdroogte. Grondwaterdroogte en bijbehorende effecten ijlen na op de bodemdroogte en meteorologische droogte (Van den Eertwegh et al., 2020). De effecten van grondwaterdroogte zijn ook merkbaar aan het aardoppervlak aangezien het grondwaterpeil in veel gevallen gerelateerd is aan het bodemvocht in de wortelzone en afvoeren van oppervlaktewater. Om deze reden wordt er in droogstudies veel aandacht besteedt aan de netto druk op grondwater (Kuijper et al., 2012; Van den Eertwegh et al., 2019; Van den Eertwegh et al., 2020; Pronk et al., 2020).

In gebieden waar weinig oppervlaktewater aangevoerd wordt, zoals in het casusgebied (figuur 2), zal de druk op het grondwater automatisch hoger zijn, aangezien mensen voor water eerder aangewezen zijn op grondwater. Maatregelen om de druk op het grondwater te verlagen in gebieden met weinig aanvoer van natuurlijk oppervlaktewater, kunnen daardoor ook gericht zijn op het langer vasthouden van dat oppervlaktewater (Phernambucq et al., 2020; Van den Eertwegh et al., 2020). Waar droogteproblematiek in Laag-Nederland vooral gaat over kwel, verzilting en een hogere concentratie van de vuillast (Bertelkamp et al., 2020), hangt in het casusgebied droogteproblematiek vooral samen met druk op het grondwater en verminderde beekafvoeren.

Grondwaterdroogte manifesteert zich het duidelijkst door diep wegzakkende grondwaterstanden in het topsysteem. Het topsysteem kan in dit rapport worden opgevat als de slecht doorlatende afzettingen, die vanaf het maaiveld aanwezig zijn tot aan het eerste watervoerende pakket, of tot aan de eerste scheidende laag (Van der Gaast et al., 2015). Naarmate veranderingen in het grondwater dieper plaatsvinden, wordt de reactie van het systeem langzamer. Aanvulling van grondwater in diepere watervoerende pakketten kost dus veel meer tijd dan aanvulling van het grondwater in het topsysteem/freatisch pakket.

2.3 Rioolwaterzuiveringsinstallaties, influent- en effluentstromen

In de huidige situatie wordt gezuiverd restwater dat uit rioolwaterzuiveringsinstallaties (RWZI's) en uit integrale afvalwater zuiveringsinstallatie (IAZI's) van industrie komt, op het oppervlaktewater geloosd. Het water dat in de RWZI's behandeld en gezuiverd wordt, bestaat gemiddeld in Nederland voor 50% uit afvalwater van huishoudens en bedrijven, ook wel droogweer afvoer (DWA). Het overige deel wordt opgemaakt door hemelwater afvoer met 29% en rioolvreemd water met 21% (samen RWA=regenwaterafvoer). Rioolvreemd water is het deel van het ongezuiverde water dat aangevoerd wordt naar de RWZI (influent), wat niet verklaart kan worden als gevolg van afstromend hemelwater of afvalwater van huishoudens en bedrijven (Liefthing & De Man, 2017). Het bestaat voornamelijk uit infiltrerend grondwater in het rioolstelsel, permanent aangesloten drainagemaatregelen en bronneringen (Van de Kerk, 2005).

In het vervolg van dit rapport zullen hemelwater en rioolvreemd water samengenomen worden in de analyse van de menselijke waterstromen in het casusgebied. Daardoor zal de totale influentstroom gescheiden worden één deel afvalwater van huishoudens en bedrijven (DWA), en één deel hemelwater en rioolvreemd water (RWA).

Water dat in het casusgebied naar de zuiveringsinstallaties toe gaat (influent) om gezuiverd te worden, komt oorspronkelijk voornamelijk uit het grondwater. In droge periodes kan de grondwateronttrekking niet worden bijgebeend door grondwateraanvulling. Naarmate de kwaliteit van effluent door verbeterde zuiveringsmethodes toeneemt en de kosten hiervan lager worden, wordt het steeds interessanter om dit effluent te hergebruiken in plaats van dit af te voeren (Bertelkamp et al., 2020). Hiermee kan de niet-duurzame druk op het grondwater worden verminderd. Dit gezuiverde restwater biedt vele kansen, aangezien het qua kwaliteit geschikt kan zijn voor toepassing in irrigatie, industrie of weer ter aanvulling van datzelfde grondwater (Bartholomeus et al., 2019; Cirkel et al., 2017b).

2.4 Maatregelen voor een robuustere zoetwatervoorziening

Tabel 1, Zoetwatermaatregelen gericht op het verbeteren van de balans in het grondwatersysteem. Voor dit rapport zullen de mogelijkheden van de maatregelen, die in blokje 2.6c gepresenteerd worden, verder worden verkend voor het casusgebied. Dit rapport focust zich op een klein deel van een groter probleem met een breed pallet aan mogelijke oplossingen.

1 Optimalisatie watersysteem en waterbeheer (klimaat-robust watersysteem) <i>doel: aanvullen grondwatervoorraad</i>	
1.1	optimalisatie operationeel peilbeheer in hoofdsysteem van regionale waterbeheerders
1.2	klimaat-robuste inrichting in hoofdsysteem van regionale waterbeheerders (beekherstel, herprofilering leggerwaterlopen)
1.3	a) aanleg regelbare / peilgestuurde drainage b) aanleg onderwaterdrainage in veengebieden
1.4	conservering op perceelsniveau: a) sloten dempen b) sloten of greppels verondiepen of afdammen c) greppels afsluitbaar maken d) duikers verhogen e) plaatsen van stuwen in detailwaterlopen f) aanleg infiltratiegreppels g) beperken oppervlakkige afstroming
1.5	herinrichting stedelijk gebied: a) afkoppelen verhard oppervlak naar bergings- of infiltratievoorziening b) groenblauwe structuren c) waterpartijen omvormen tot wadi's d) ontsteden van publiek verhard oppervlak
2 Efficiënter waterverbruik of verminderen watervraag <i>doel: verminderen watervraag</i>	
2.1	verbeteren bodemstructuur
2.2	investerings in gerichte watergeefsystemen a) druppelirrigatie b) subirrigatie
2.3	water (lokaal) opvangen en opslaan als voorraad voor droge periodes
2.4	bedrijfsgerichte stimuleringsplannen voor waterbeschikbaarheid
2.5	besparen drinkwater
2.6	hergebruik water: a) hergebruik regenwater b) hergebruik proceswater c) hergebruik RWZI-effluent
3 Ruimtelijke adaptatie <i>doel: grondgebruik afstemmen op water vasthouden en zoetwatermaatregelen mogelijk maken</i>	
3.1	functie veranderen en ruimte voor water
3.2	grondgebruik permanent aanpassen gericht op vergroten waterbeschikbaarheid: naaldbos omzetten in heide of loofbos

Bij lokale maatregelen die op de lange termijn kunnen helpen bij een robuustere zoetwatervoorziening in droge periodes en goede afvoer in natte periodes, moet gedacht worden aan de zoetwatermaatregelen zoals gepresenteerd in de onderbouwing van het uitvoeringsprogramma zoetwater Oost-Nederland (Phernambucq et al. 2020) (tabel 1). Grofweg vallen deze maatregelen uiteen in drie delen: Optimalisatie van het watersysteem en waterbeheer, efficiënter waterverbruik of verminderen watervraag, en ruimtelijke adaptatie (tabel 1).

Door het hergebruik van verwerkt water hoeft er minder (drink)water geproduceerd of onttrokken te worden, wat op zijn beurt de druk op het grondwater vermindert. Zowel de industrie als agrarische sector zouden in hun watervraag qua volume volledig kunnen worden voorzien door hergebruik van RWZI-effluent (Pronk et al., 2020). Echter spelen hierbij enkele belemmeringen, die in sectie 2.5 in meer detail behandeld zullen worden.

Naast waterhergebruik opties bestaan er nog veel meer mogelijke maatregelen die genomen kunnen worden, ter ondersteuning van een robuuster en op den duur meer zelfvoorzienend zoetwatersysteem. Uiteindelijk zal een optimaal maatregelenpakket ter verbetering van de balans in het grondwatersysteem bestaan uit een mix van maatregelen uit elk van de drie delen uit tabel 1. De exacte mix verschilt per locatie en hangt af van lokale omstandigheden.

2.4.1 Voorbeelden van waterhergebruik (1): RWZI-/IAZI-effluent voor irrigatie

Een relevant voorbeeld van het hergebruik van RWZI-effluent voor irrigatie voor dit casusgebied is een pilot, ook als deel van het ZON-programma, die hiermee gedaan is ten westen van Haaksbergen. In deze pilot werden twee waterbesparende maatregelen gecombineerd: (1) hergebruik van RWZI-effluent voor irrigatie en (2) sub-irrigatie (Bartholomeus et al., 2017). Het RWZI-effluent van RWZI Haaksbergen werd normaal gesproken geloosd op het oppervlaktewater van de Bolscherbeek, maar nu via een ondergronds irrigatiesysteem gebruikt om een akkerbouwperceel nabij de RWZI te voorzien van sub-irrigatiewater. De proef was effectief in het minder diep laten wegzakken van de grondwaterspiegel, met als resultaat minder schade door droogte aan gewassen. Toch is deze techniek niet zonder risico's aangezien op deze manier effluent met mogelijke verontreinigingen gemakkelijker de wortelzone kan bereiken. Effluent kan namelijk nog altijd concentraties stoffen bevatten die schadelijk kunnen zijn voor ecologie en volksgezondheid, zoals medicijnresten, zware metalen, ziekteverwekkers, nutriënten, zouten en meer (Cirkel et al., 2017b). Een voordeel is dat mogelijke concentraties van deze stoffen niet zoals bij beregening door de lucht worden verspreid via aerosolen.

Een andere mogelijkheid voor hergebruik van effluent ligt in de industrie. Grote industrie heeft vaak een eigen industriële afvalwaterzuiveringsinstallatie (IAZI). Water gebruikt voor industriële toepassingen, zoals proceswater of spoelwater, wordt lokaal verwerkt in een IAZI en vervolgens geloosd op het oppervlaktewater. Dit water zou ook hergebruikt kunnen worden als irrigatiewater. Een goed voorbeeld van een succesvol project waar dit al gebeurd is 'Boer, Bier, Water'. In dit project wordt (nagezuiverd) IAZI-effluent van Bavaria in Lieshout opgeslagen op nabij gelegen oppervlaktewater en wanneer nodig gebruikt voor irrigatie van landbouwpercelen in de directe omgeving (Bartholomeus et al., 2019).

Voor zowel het gebruik van RWZI-effluent als het gebruik van IAZI-effluent geldt dat beide tot in zekere mate al onbewust voorkomen. Aangezien irrigatie of beregening van gewassen in grote delen van Nederland gebeurt met oppervlaktewater waarop RWZI- en IAZI-effluent geloosd worden (Beard et al., 2019). Het (kwantitatieve) potentieel van het gebruik van de volledige RWZI- en IAZI-effluentstromen in Nederland kan teruggevonden worden in figuur 1 .

2.4.2 Voorbeelden van waterhergebruik (2): gebruik van RWZI-effluent in industrie

Een voorbeeld van het hergebruik van RWZI-effluent voor de inzet in industrie is de puurwaterfabriek in Emmen. De zuivering werkt RWZI-effluent op tot ultrapuur water dat nodig is voor de winning van olie door de NAM met behulp van stoom. Het effluent is afkomstig van RWZI Emmen en de puurwaterfabriek heeft een capaciteit van maximaal 8200 m³/dag. De fabriek is in 2010 geopend. Grond- of oppervlaktewater worden niet gebruikt om de bestaande druk op deze waterbronnen niet te vergroten. Deze toepassing van effluent is uiteraard zeer kostbaar en lang niet overal toepasbaar (H2O magazine, 10-2018).

Een voorbeeld op een andere schaal is reeds aanwezig in het casusgebied. Bij Campina in Borculo wordt om de watervoetafdruk te verkleinen condensaatwater opgewerkt tot drinkwaterkwaliteit om opnieuw te gebruiken als proceswater. Hierdoor wordt het gezuiverd condensaatwater niet geloosd op het oppervlaktewater maar hergebruikt. De maximale capaciteit van de zuivering is 1200 m³/dag. Het doel van de bedrijfslocatie Borculo is om jaarlijks zo'n 300.000 kubieke meter water te besparen ten opzichte van 2010 (Watervisie.com).

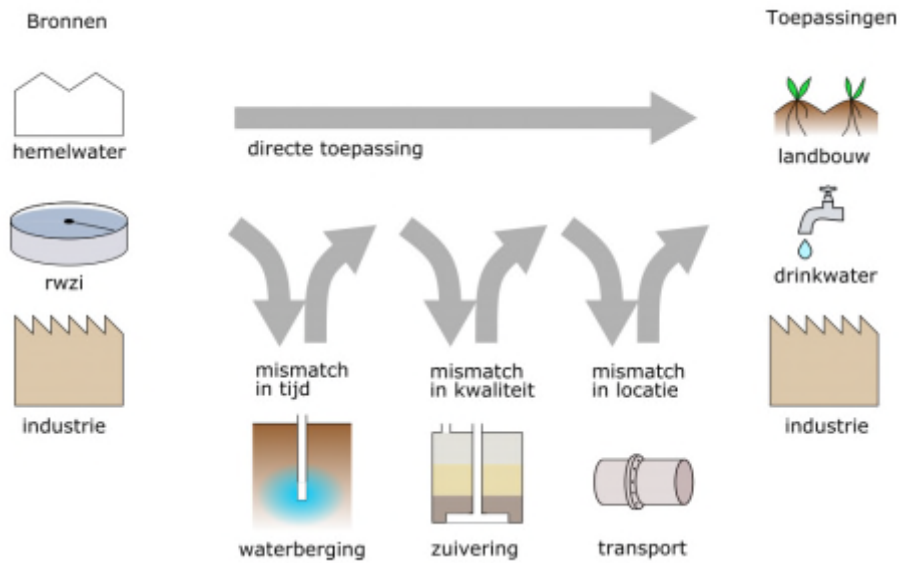
2.4.3 Voorbeelden van waterhergebruik (3): gebruik van effluent ter aanvulling van het grondwater

In Orange County, Zuid-Californië wordt al sinds 1976 gebruik gemaakt van RWZI-effluent voor het op peil houden van het grondwater en voor de bescherming van drinkwaterputten tegen de intrusie van zeewater. Hier wordt secundair effluent (biologisch gezuiverd) gebruikt voor het produceren van infiltratiewater. De huidige capaciteit van het project in Orange County bedraagt 3.8*10⁵ m³/dag. Hiervan wordt 30% gebruikt in injectieputten om zeewater intrusie tegen te gaan en de andere 70% wordt naar grote infiltratievijvers geleid (Bertelkamp et al., 2020).

Het aanvullen van grondwater via infiltratievijvers gebeurt ook in het casusgebied. In waterwingebied Olden Eibergen ten westen van Eibergen wordt water uit de rivier de Berkel (250.000-300.000 m³/jaar) door drinkwaterbedrijf Vitens naar sloten en een vijver geleid ter infiltratie en grondwateraanvulling (Vergouwen et al., 2016). Op de Berkel wordt jaarlijks ongeveer 23 miljoen m³ aan effluent geloosd door 5 Duitse RWZI's bovenstrooms van het waterwingebied. Dit, in combinatie met lokale ondergrond, maakt waterwingebied Olden Eibergen als kwetsbaar kan worden bestempeld. De verblijftijd van het opgepompte grondwater voor drinkwaterproductie blijkt niet altijd lang genoeg en af en toe worden er normoverschrijdingen van bepaalde stofgroepen geconstateerd (Cirkel, 2017a).

2.5 Mismatches bij hergebruik RWZI-effluent

Bij het hergebruik van effluent worden 3 mismatches herkend: timing, kwaliteit en locatie (figuur 3) (STOWA, 2017). Deze mismatches kunnen in sommige gevallen de toepassing van effluent hergebruik bemoeilijken. Ten eerste, komt de kwaliteit van het geleverd effluent niet altijd direct overeen met de gevraagde kwaliteit, bijvoorbeeld bij drinkwaterwinning. Ten tweede, wordt het effluent niet aangeboden op de locatie waar het gevraagd wordt. Vervoer van het effluent naar de juiste plek vraagt investeringen in infrastructuur en deze groeien met de afstand die overbrugd moeten worden. Ten derde, doordat de watervraag gedurende het jaar varieert, komt het moment dat het effluent wordt aangeboden vaak niet overeen met het moment waarop het gevraagd wordt. Effluent zal in dat geval toch geloosd moeten worden of tijdelijk opgeslagen.



Figuur 3, Mismatches bij waterhergebruik. Deze drie mismatches en mogelijke oplossingen zullen in dit rapport vaak aan bod komen. Bron: STOWA (2017).

2.6 Regelgeving en perceptie omtrent hergebruik RWZI-effluent

Er zijn vele aspecten van wet- en regelgeving op verschillende niveaus (nationaal, Europees) die betrokken zijn bij het hergebruik van RWZI-effluent. Deels wordt dit veroorzaakt doordat hergebruik van effluent een nog redelijk onconventionele techniek is, en er nog niet altijd homogene wetgeving bestaat die de verschillende niveaus beslaat. Hierbij speelt ook dat effluent, afhankelijk van de toepassing en toediening, geïnterpreteerd kan worden als afvalstof en als grondstof. Voor afvalstoffen en grondstoffen geldt verschillende wet- en regelgeving (Cirkel et al., 2017b). Kortgezegd, hangt het beleid ten aanzien van effluentgebruik samen met schaarste van zoetwater, het vermogen om tekorten op te vangen, kosten-baten analyse en maatschappelijk draagvlak/perceptie (STOWA, 2017).

Perceptie is zeer belangrijk in de wet- en regelgeving en wordt bepaald door: beleving, kennisniveau, motivatie, kosten en baten, techniek en afbreukrisico (STOWA, 2001). Zeker op het gebied van hergebruik van effluent als grondstof voor drinkwater is de perceptie nog vrij negatief (Stofberg et al., 2019).

Per mei 2020 is nieuwe regelgeving aangenomen op Europees niveau met betrekking tot minimumstandaarden waaraan effluent moet voldoen om hergebruikt te worden als irrigatiewater in de landbouw. Deze regelgeving draagt bij aan het toewerken naar een circulaire economie voor waterbronnen en het terugdringen van niet duurzaam gebruik van grondwater (Halleux et al., 2020).

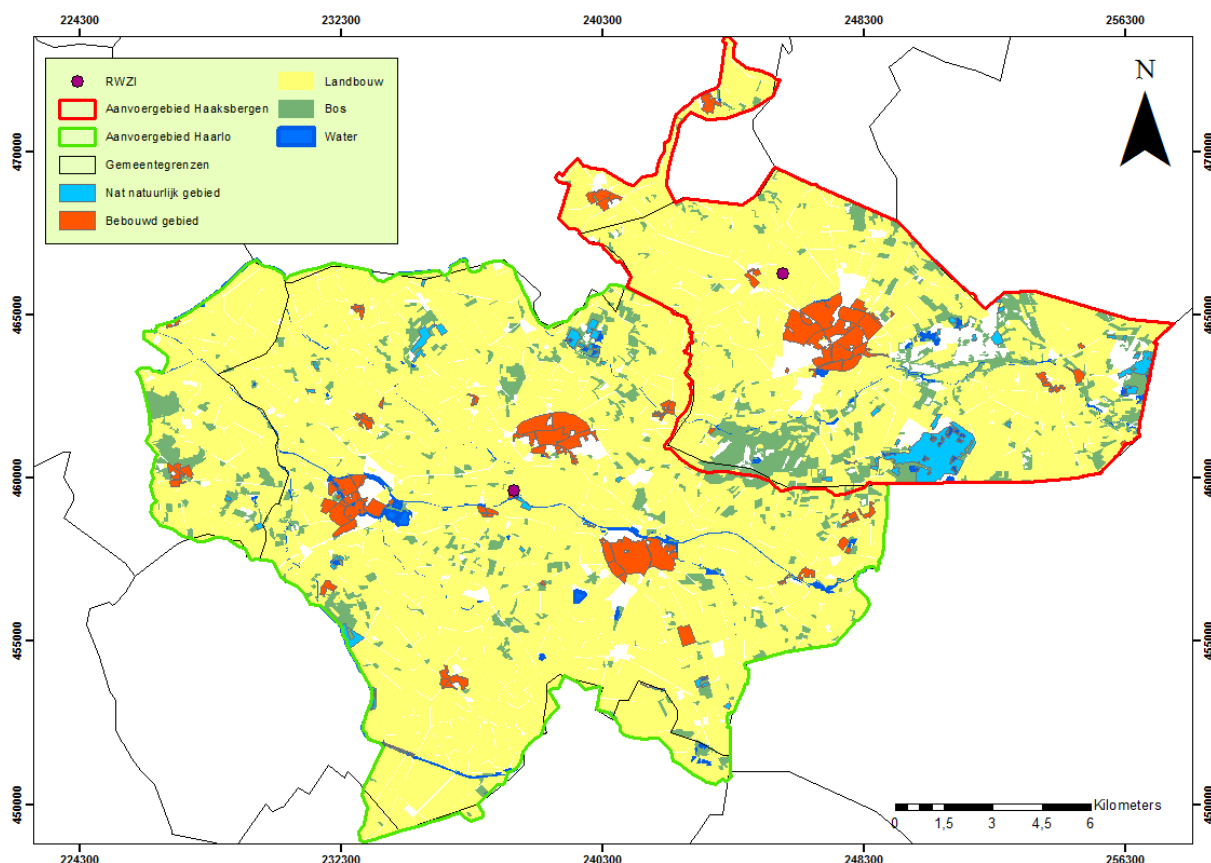
3. Methoden

3.1 Casusgebied Eibergen-Haaksbergen

3.1.1 Ruimtelijke afbakening casusgebied

Het gebied beschreven in dit rapport omvat grofweg het gebied van gemeente Haaksbergen en een groot deel van gemeente Berkelland (figuur 4). De grenzen van het casusgebied zijn bepaald op basis van de ligging en de omvang van de gebieden die afwateren naar lokale rioolwaterzuiveringsinstallaties (kortweg RWZI's). De twee RWZI's die hiervoor zijn aangemerkt zijn RWZI Haaksbergen en RWZI Haarlo (figuur 4). De belangrijkste reden om de grenzen van afwatering naar de RWZI's als buitengrenzen voor het casusgebied te nemen is, omdat dit een duidelijk kwantificeerbare afbakening vormt van het gebied met betrekking tot menselijke watervraag.

Daarnaast is de afbakening op basis van RWZI's logisch aangezien hergebruik opties, die veelal betrekking hebben op RWZI-effluent, behandeld gaan worden in dit rapport. Er is aangenomen dat het aanbieden van gezuiverd effluent in hetzelfde gebied zal plaatsvinden als de inzameling van onbehandeld restwater van huishoudens, bedrijven of industrie (influent). Het gebied dat voor het afvalwater is aangewezen op de gekozen RWZI's komt niet volledig overeen met het gebied dat door Vitens vanuit Eibergen van drinkwater wordt voorzien (figuur 5). De RWZI afbakening zal hierin leidend zijn, aangezien in dit rapport in eerste instantie uitgegaan wordt van de mogelijkheden die RWZI-effluent biedt voor waterhergebruik.



Figuur 4, landgebruik kaart casusgebied. Afbakening casusgebied op basis van aanvoergebieden RWZI's Haarlo (groen) en Haaksbergen (rood). Ruwweg omvat het casus gebied de gemeentes Berkelland en Haaksbergen.

3.1.2 Oppervlakte, landgebruik en bevolking casusgebied

Het totale oppervlak van het casusgebied, bestaande uit de gemeente Haaksbergen (105,5), een groot deel van de gemeente Berkelland (205,6), een deel van de gemeente Lochem (26,8), en kleine delen van gemeenten Hof van Twente en Oost Gelre (14,7), bedraagt ongeveer 352 vierkante kilometer (CBS, 2011). Het gebied bevindt zich in het oosten van Nederland tegen de Duitse grens aan. De hoogte van het casusgebied varieert van 11 tot 49 (Lochemse Berg) meter boven NAP (AHN3, 2019) (appendix 1).

Het landgebruik in het casusgebied wordt gedomineerd door landbouw. Van het totale oppervlak van het casusgebied, bestaat zo'n 75% procent uit agrarisch terrein (CBS, 2011a; CBS, 2011b) (figuur 4). Dit agrarisch terrein kan worden opgedeeld in 70% landbouw met permanente gewassen en 30% met wisselende gewastypes, voornamelijk snijmaïs (Querner, 1997). Ongeveer 15% van het oppervlak bestaat uit bos en open natuurlijk gebied, voornamelijk kruiden- en fauna-rijk grasland en dennen-, eiken- en beukenbos, maar op enkele plekken ook hoog-/laagveengebied (Van den Eertwegh et al., 2020). De overige 10 procent van het oppervlak worden ingenomen door bebouwd terrein, semi-bebouwd terrein en recreatieterrein (9,5%) en oppervlaktewater (0,5%) (CBS, 2011a; CBS, 2011b). Gebaseerd op bovenstaande gegevens is het te verwachten dat de landbouw een belangrijke rol speelt in de waterbalans van het casusgebied.

De totale bevolking van het casusgebied bedraagt ongeveer 60.600 (CBS, 2011a; CBS, 2011b), en is geconcentreerd in de plaatsen Haaksbergen, Borculo, Neede, Eibergen, St. Isidorushoeve en Buurse.

3.1.3 Klimaat en droogte in het casusgebied

Het klimaat in Nederland wordt beschreven als zijnde een gematigd zeeklimaat en wordt gekenmerkt door lange periodes van bewolking, kou en regen door de nabijheid van Noordzee en Atlantische Oceaan (CBS, 2011b). De gemiddelde jaartemperatuur (afgelopen 30 jaar) in het gebied bedraagt 10,0 graden Celsius en er valt gemiddeld 788 millimeter neerslag (tabel 2) (KNMI, 2014). In de resultaten is ook de huidige situatie uitgewerkt onder de (extreem) droge omstandigheden van de zomers van 2018-2019. Hiervoor zijn de klimaatcondities aangegeven met "droog" gebruikt (tabel 2). Het is aangenomen dat het neerslagoverschot (201 mm in gemiddeld jaar en 27 mm in droog jaar) ten goede komt aan aanvulling van het topsysteem.

Tabel 2, neerslag-, temperatuur- en verdampings-data uit het casusgebied gemiddeld over een periode van 30 jaar en voor een droge periode (2018-2019). In het groene kader is groeiseizoen aangegeven. Data van neerslag en temperatuur en verdamping zijn afkomstig van KNMI station Hupsel, centraal gelegen in het casusgebied.

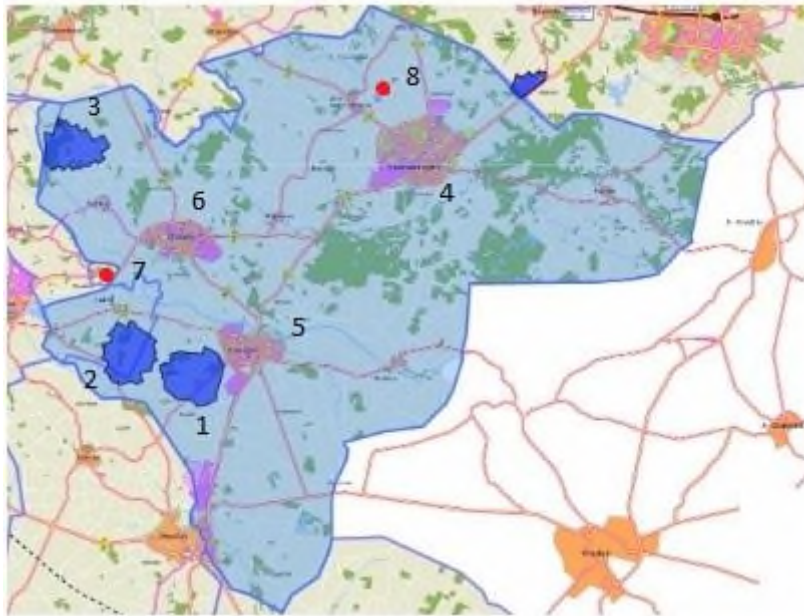
Klimaat variabele	JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC	JAARSOM
Gem. neerslag(mm)	71	58	58	45	57	65	77	79	68	67	68	75	788
Gem. neerslag droog (mm)	90	41	85	36	34	36	30	66	71	76	52	77	694
Gem. temperatuur (°C)	2,8	3,2	5,9	9,6	13,2	16,0	18,1	17,6	14,2	10,3	6,3	3,5	10,0
Gem. temperatuur droog (°C)	3,7	2,6	5,8	11,6	14,2	18,4	20,1	18,9	14,4	11,5	6,1	5,5	11,1
Gem. verdamping (mm)	15	35	62	88	96	100	84	53	28	11	6,4	8,2	587
Gem. verdamping droog (mm)	21	35	72	100	112	117	93	57	32	13	7,2	7,7	667

3.1.4 Drinkwater in het casusgebied

Drinkwater in deze regio wordt geleverd door één drinkwaterbedrijf: Vitens. Het water is grotendeels afkomstig uit 3 waterwingebieden binnen het casusgebied, namelijk Haarlo, Noordijkerveld, Olden Eibergen (figuur 5; appendices 3,4 en 5). Alle drie de waterwinningen zijn semi-spanningsvelden, waarbij een semi-permeabele laag zich boven het eerste watervoerend pakket, waar water uit gewonnen wordt, bevindt. Dit maakt de winningen matig tot zeer kwetsbaar maakt voor verontreinigen vanaf het maaiveld (RIVM, 2003; Cirkel, 2017b). In totaal wordt er in het pompstation van Vitens ten westen van Eibergen jaarlijks voor 3,4 tot 3,8 miljoen m³ aan water geproduceerd uitsluitend uit grondwater (Van Meeteren, 2017). De totale drinkwaterwinning binnen het casusgebied blijkt op dit moment kleiner dan de totale gevraagde hoeveelheid vanuit huishoudens en

bedrijven. Het water wordt aangevuld met water vanuit waterwingebied Hengelo 't Klooster en van productiebedrijf Lochem met bijbehorende waterwingebieden (appendices 3,4 en 5).

De grondwateronttrekking wordt op sommige plekken actief gecompenseerd door Berkelwater in te laten in infiltratievijvers, zoals bij Olden Eibergen en Noordijkerveld. Het brongebied van de Berkel ligt ten oosten van het casusgebied bij Billerbeck in Duitsland. Hierdoor is de lokale drinkwaterproductie deels afhankelijk van oppervlaktewater uit Duitsland dat op zijn beurt weer gevoed wordt door 5 RWZI's (Vergouwen et al., 2016).

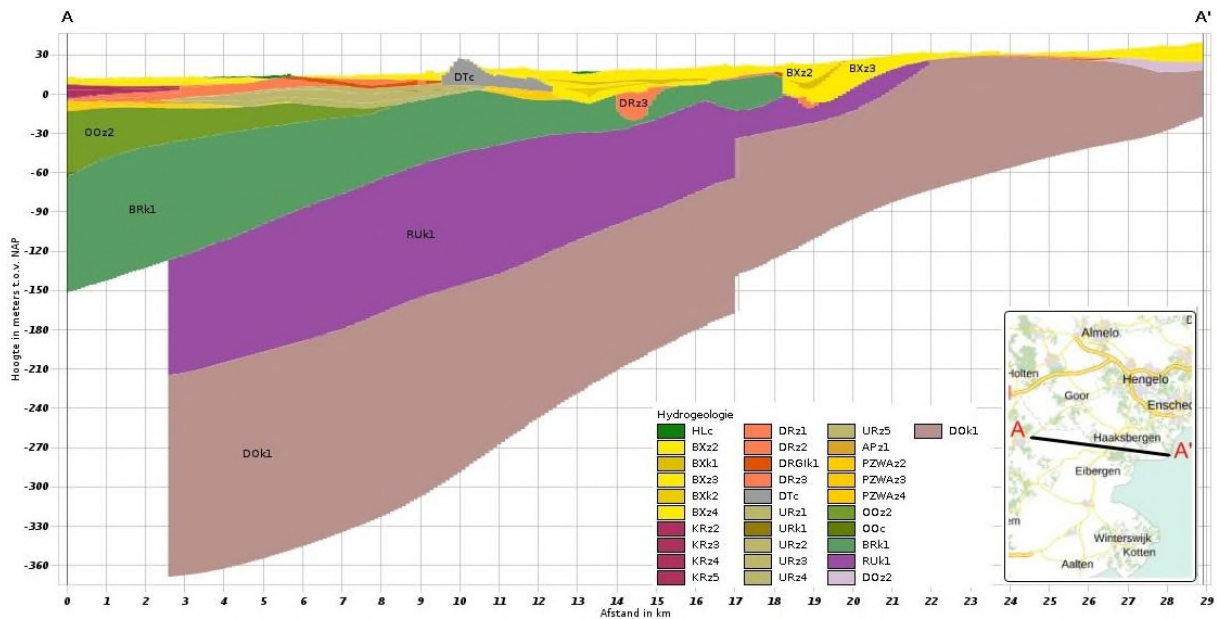


Figuur 5, Overzichtskartaal omgeving Haaksbergen, met in lichtblauw aangegeven het gebied waaraan drinkwater geleverd wordt vanuit Eibergen, en in donkerblauw waterwingebieden. Er is aangenomen dat dit gebied precies overeenkomt het casusgebied. 1=(waterwingebied) Olden Eibergen, 2=Haarlo, 3=Noordijkerveld, 4=Haaksbergen, 5=Eibergen, 6=Neede, 7=RWZI Haarlo, 8=RWZI Haaksbergen. Bron = Van Meeteren, 2017.

3.1.5 Hoge zandgronden en ondergrond

De ondergrond van het casusgebied wordt, net als een groot deel van Oost-Nederland, aangeduid als hoge zandgronden: omdat ze ruim boven zeeniveau liggen en gedomineerd zijn door zandige afzettingen (Phernambucq et al., 2019). De winning van grondwater vindt plaats vanuit het eerste watervoerend pakket dat wordt gevormd door de grofzandige afzettingen van de formatie van Drenthe. Hier bovenop ligt een fijnzandige deklaag van de formatie van Twente (Cirkel et al., 2017a). Uit hoogte van het gebied, de oriëntatie van riviertjes en beken, en puntobservaties beschreven in literatuur (Bartholomeus et al., 2017; Cirkel et al., 2017a); blijkt dat de globale grondwaterstroom in het gebied richting het noordwesten voert.

De dunne watervoerende pakketten in Oost-Overijssel en Gelderland laten alleen kleinschalige drinkwaterproductiegebieden toe. De totale dikte van het geschikte pakket (zandige delen van formatie Drenthe, Urk en Scheemde, figuur 6) voor grondwaterwinning bedraagt in het casusgebied minder dan 25 meter. De gebieden met dunne pakketten voor grondwaterwinning worden aangemerkt als gebieden met mogelijke tekorten in de toekomstige drinkwatervoorziening (Van der Aa et al, 2015). De watervoerende pakketten zijn zo dun door de aanwezigheid van de aanwezigheid van kleiige afzettingen in de ondergrond waarin het water maar moeilijk infiltreert. De hydrologische basis ligt lokaal al op een diepte van 10 tot 20 meter (Kuijper et al., 2012) De watervoerende pakketten worden dikker richting het westen (figuur 6).



Figuur 6, West-Oost REGIS II profiel van casusgebied. Het casusgebied wordt gekenmerkt door dunne zandafzettingen aan het oppervlak (formatie van Boxtel, geel) en een zeer ondiepe geohydrologische basis in het oosten. Zeer dunne watervoerende pakketten in het oosten zijn ongeschikt voor drinkwaterproductie en daardoor ook voor berging van veel grondwater. Waterwingebieden bevinden zich in het westen van het casusgebied en water wordt gewonnen uit laagpakket van Drenthe (oranje). Paarse lagen representeren mariene kleien van formaties van Dongen en Rupel.

In grote delen van de hoge zandgronden is wateraanvoer vanuit het hoofdwatersysteem niet mogelijk (Bartholomeus, 2017). Hierdoor is de lokale afhankelijkheid van een neerslagovershot en grondwater als bron van zoetwater erg groot (Phernambucq et al., 2020). Het casusgebied loopt daardoor risico voor het ontstaan van problemen grondwater voor landbouw, ecologie en op den duur drinkwaterproductie, bij langdurig, niet-duurzaam gebruik van het grondwater.

Afbakening van het casusgebied in de ondergrond is voornamelijk gebaseerd op de positie van de eerste scheidende laag. Deze afbakening is af en toe problematisch door heterogeniteit in de ondergrond en hoogteverschillen van het oppervlak. Naar alles boven de eerste scheidende laag zal gerefereerd worden als topsysteem, naar alles daaronder als dieper grondwater of watervoerend pakket. Wegzijing vanuit het topsysteem naar het diepere grondwater in gemiddeld jaar wordt geschat op 15 mm (Alterra 2014a; 2014b). Van de laterale in en uitstroom kan geen goede schatting gemaakt worden door grote lokale verschillen tussen databronnen.

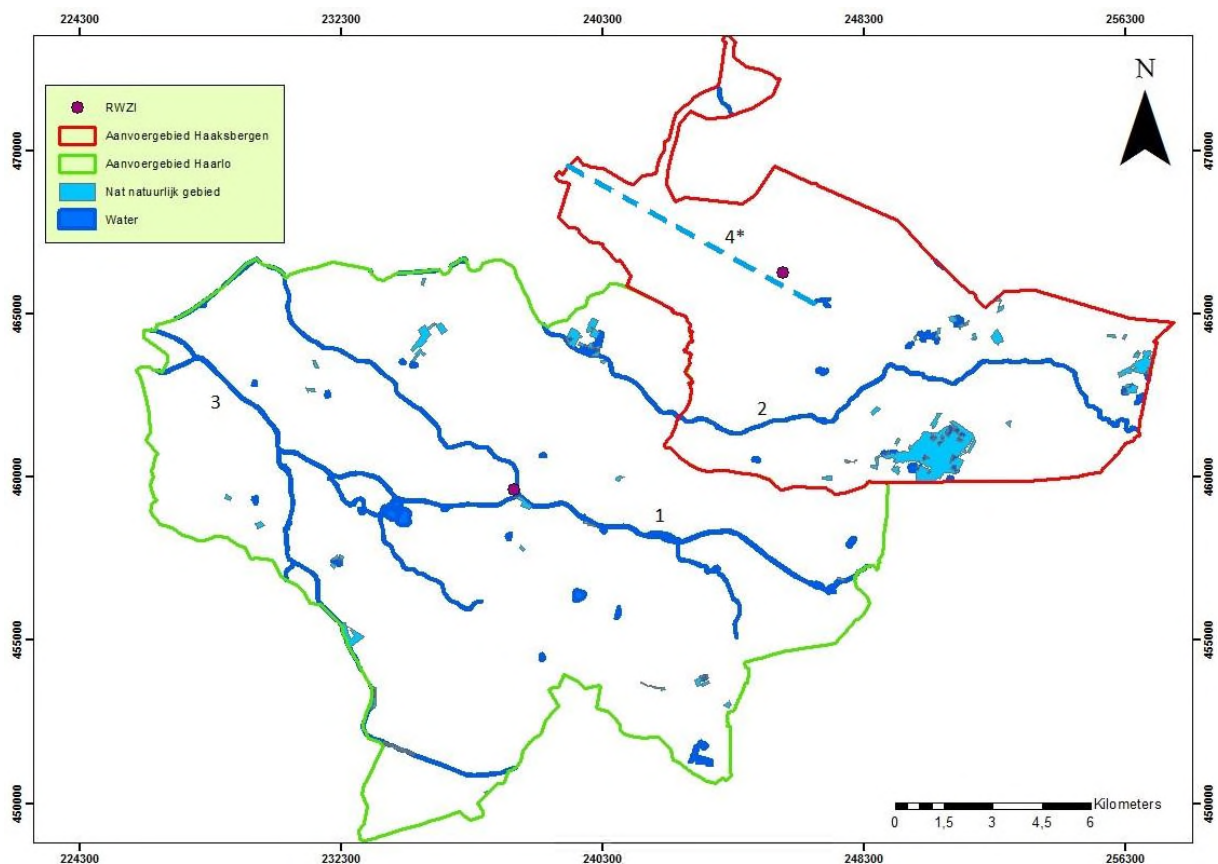
3.1.6 Oppervlaktewater in casusgebied: Berkel, Bolscherbeek en Buursebeek

Oppervlaktewater is schaars in het casusgebied Eibergen-Haaksbergen. Afwatering van oppervlaktewater vindt over het algemeen plaats van oost naar west en verloopt via netwerken van kleine beekjes. Deze beken hebben over het algemeen een stroomgebied van enkele tientallen vierkante kilometers. Het hoogteverschil over de loop van de beken, met lengtes van enkele tientallen kilometers, bedraagt tot 20 meter (Querner, 1997).

Vele beken treden bij hevige regenval in de winterperiode wel eens buiten hun oevers. Om wateroverlast tegen te gaan zijn in het verleden veel drainerende maatregelen genomen om het water snel af te kunnen voeren. Om al te snelle afvoer van het water naar het Twentekanaal en de IJssel tegen te gaan en water beter vast te kunnen houden in de zomermaanden, zijn recentelijk maatregelen genomen zoals het aanleggen van dammetjes in de Buursebeek, en het herstellen van

meanders in de Berkel. Daarnaast zijn er ook maatregelen genomen ter bevordering van grondwateraanvulling, zoals: verondieping van de Buursebeek en de aanleg van vloeiweddes. De beken in het casusgebied zijn voor een belangrijk deel van afhankelijk van ontwatering van het freatisch pakket voor hun water, vooral in drogere periodes (Kuijper et al., 2012).

Twee waterlopen zijn extra van belang omdat op deze beken RWZI-effluent wordt geloosd: de Berkel en de Bolscherbeek (figuur 7). In alle grotere waterlopen in het casusgebied wordt de waterstand gereguleerd met stuwen, deels om te voorkomen dat deze droogvallen in de droge zomermaanden (Waterschap Rijn en IJssel, 2020).



Figuur 7, Belangrijkste oppervlakte water(stromen) in het casusgebied, met 1= Berkel, 2= Buursebeek, 3= Slinge. De Bolscherbeek is te klein om op de kaart als oppervlaktewater herkend te worden en de positie van de waterloop is daarom geschat met de blauwe stippellijn (4*). Oppervlaktewater/Natuurlijke natte gebieden rond de Buursebeek geven in indicatie van de locatie van veengebieden in het oosten van het casusgebied. Het rood-omkaderde gebied levert influent aan RWZI Haaksbergen, terwijl het groen-omkaderde gebied aangesloten is op RWZI Haarlo.

Naast een mogelijkheid voor de inname van water voor de productie van drinkwater, is de Berkel, ook het oppervlaktewater waarop RWZI Haarlo het effluent weer loost. Via de Berkel stroomt het water verder in westelijke richting naar het Twentekanaal, waar het bij Eefde in uitstroomt. De Berkel stroomt bij Rekken Nederland binnen en laat typische debietwaarden zien van gemiddeld 5 tot maximaal 30 m³/s.

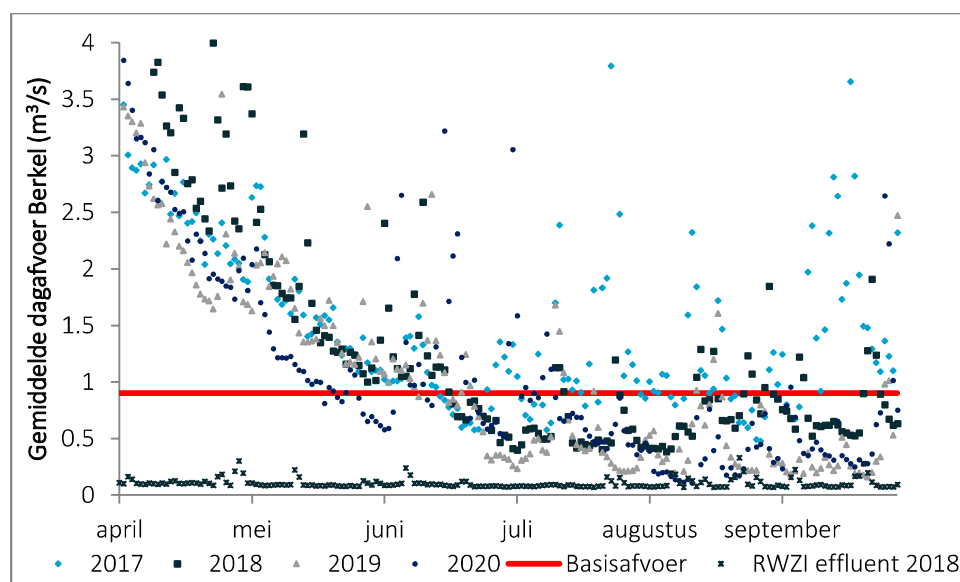
De Bolscherbeek is het oppervlaktewater waarop RWZI Haaksbergen het effluent op loost. De Bolscherbeek ontspringt in de omgeving Haaksbergen en stroomt richting het noordwesten. Deze beek watert net als de Berkel af op het Twentekanaal. De natuurlijke afvoer van de Bolscherbeek ligt tussen de 0,3 en 0,6 m³/s in natte perioden, en reduceert tot 0 in droge zomermaanden (Querner, 1997). In de zomermaanden verzorgt de lozing van RWZI-effluent op de Bolscherbeek de gehele afvoer. De maximale afvoer van effluent dat op het oppervlakte geloosd wordt is 0.5 m³/s en is grote

delen van het jaar dus groter dan de natuurlijke afvoer van de beek (Bartholomeus et al., 2017). Sinds 2010 zijn er maatregelen genomen om de beek minder snel het water te laten afvoeren naar het Twentekanaal. Zo zijn oevers aangepast, stuwen vernieuwd en de beek lokaal verondiept. De Bolscherbeek is door het waterschap aangewezen als beek die permanent watervoerend moet zijn (Kuijper et al., 2012). Dit kan mogelijk het hergebruik van effluent uit RWZI Haaksbergen gedurende de droge zomermaanden belemmeren.

3.1.7 Ecologisch relevante afvoer, basisafvoer of minimumafvoer

Om enige houvast te scheppen wat betreft watervoerendheid van de beken in het casusgebied wordt in dit rapport gebruikt gemaakt van een ecologisch relevante afvoer of basisafvoer als minimumafvoer. Dit is een voorgestelde, minimale hoeveelheid water die gehandhaafd dient te worden in de beken. Deze is vastgesteld op basis van een gemiddelde afvoer waar de beken slechts 5% van het jaar beneden mogen komen. De minimumafvoer zal in figuren met betrekking tot het oppervlaktewater ook worden weergegeven (figuur 13). Dit principe is niet nieuw in het casusgebied en motivatie en richtlijnen hiervoor zijn reeds beschreven door Kuijper et al. (2012). Kortgezegd wordt de minimumafvoer, die is gebaseerd op de basisafvoer, voornamelijk bepaald door de hoeveelheid ontwatering van het freatisch pakket. Beekafvoeren lager dan de basisafvoer zijn dan ook een indicatie voor bodemdroogte (Kuijper et al., 2012). De minimumafvoer voor de Berkel, gebaseerd op meetstation RWZI Haarlo (Waterschap Rijn en IJssel, 2020), is vastgesteld op 0,9 m³/s. Voor de minimumafvoer van de Bolscherbeek is een schatting gemaakt op basis van data van andere beken in het casusgebied in combinatie met data van Querner (1997). Hier is een minimumafvoer van 0,14 m³/s uit gekomen.

De minimumafvoer in dit rapport is eigenlijk geen ecologisch relevante afvoer. Om de waterafhankelijke natuur geen schade te laten ondervinden door kleine beekafvoeren zou meer water dan de hier voorgestelde minimumafvoer door de beken moeten stromen. Echter blijkt er voor zowel de Berkel als de Bolscherbeek (nog) geen minimumafvoer te zijn gedefinieerd die gebruikt kan worden als graadmeter. Om deze reden is gekozen om vast te houden aan de basisafvoer zoals gedefinieerd in het casusgebied door Kuijper et al. (2012).



Figuur 8, Daggemiddelde van Berkel afvoeren gedurende groeiseizoen (april – september). In rood is basisafvoer of minimumafvoer aangegeven (langjarig gemiddelde grens 10% kleinste zomerafvoeren). Aan de positie van de rode lijn ten opzichte van de afvoergegevens blijkt dat er in droge jaren niet veel RWZI effluent over is om in te zetten voor waterhergebruik. De minimumafvoer van de Berkel bestaat voor ongeveer 1/9^e deel uit RWZI-effluent in droge jaren.

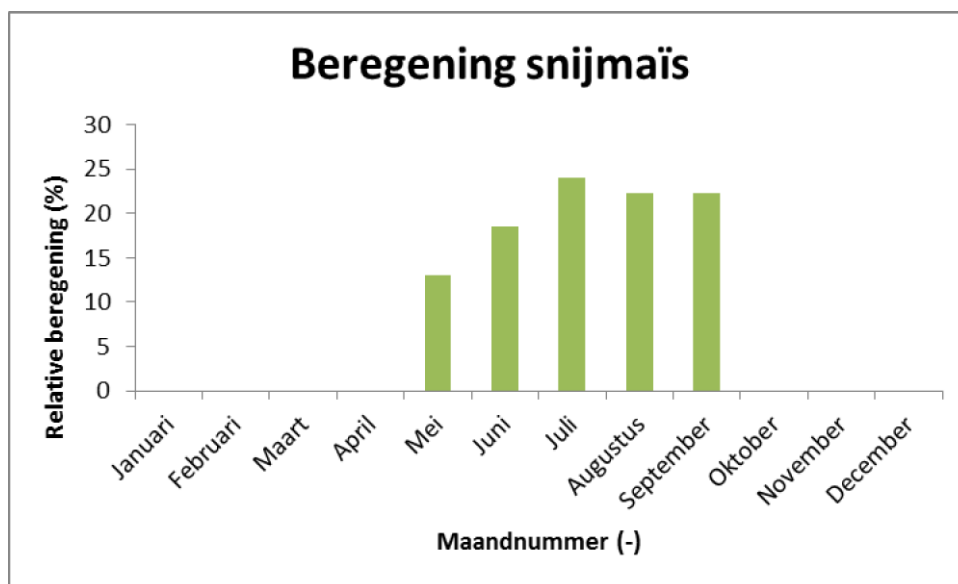
Basisafvoer is bepaald op basis van afvoeren over periode 2000-2019, (Waterschap Rijn en IJssel, 2020). Basisafvoer is locatie afhankelijk. Afvoergegevens zijn afkomstig van RWZI Haarlo, een paar tiental meters bovenstrooms van punt waar effluent op de Berkel wordt geloosd.

In figuur 8 is te zien dat de gemiddelde dagelijkse afvoeren van de Berkel in de droge zomers van 2018 en 2019 voor ongeveer de helft van de tijd lager liggen dan de minimumafvoer. De lage afvoeren in deze jaren zijn ook terug te zien in afvoergemiddeldes en in totale jaarafvoer (appendix 7).

3.1.8 Landbouw in het casusgebied

Voor het groeiseizoen wordt in dit rapport de periode van april tot en met september gehanteerd. In deze periode heeft de landbouw extra water nodig voor het verbouwen van gewassen. Deze periode valt ook samen met hogere temperaturen en verhoogde actuele/potentiele verdamping vanuit de bodem en gewassen (tabel 2), in combinatie met minder neerslag. Hierdoor is er in deze periode minder water beschikbaar voor plantengroei. Als logisch gevolg hiervan wordt in de landbouw in deze periode extra irrigatie of beregening van gewassen toegepast.

Aangezien het primair verbouwde landbouwproduct in het casusgebied snijmaïs is, zal de beregeningsintensiteit gedurende het jaar worden gebaseerd op dit gewas. Een schatting van de beregeningsintensiteit voor snijmaïs is gebaseerd op Beregeningswijzer Wageningen Universiteit (Dekkers, 2000), en is te vinden in figuur 9. De totale, jaarlijks beregende hoeveelheid water (uit oppervlaktewater en grondwater) is geschat uit LHM-data en zal naar verhouding opgedeeld worden over de maanden van het groeiseizoen.



Figuur 9, relatieve beregeningsgift landbouw in casusgebied. De totale hoeveelheid beregening hangt af van het neerslagtekort en verschilt van jaar tot jaar. April wordt ook gerekend tot het groeiseizoen, maar voor snijmaïs (het primaire gewas in het casusgebied) wordt geen extra beregening voorgeschreven in die maand.

3.1.9 Industrie in het casusgebied

De hoeveelheid (grote) industrie in het casusgebied is beperkt. Wanneer onderscheid gemaakt wordt op basis van hoeveelheid onttrokken grondwater, is er slechts een enkele ontrekkingsvergunning binnen het casusgebied die wordt aangemerkt als industrieel: Friesland Campina Domo in Borculo. De hoeveelheden gebruikt water in deze vestiging zijn achterhaald via stukken van provincie en waterschap Rijn en IJssel. Kleinere bedrijven zijn met huishoudens opgenomen onder een ander kopje.

3.2 Data-acquisitie en verwerking

De data gepresenteerd in de resultaten sectie is geheel verkregen door literatuurstudie of opvraag bij verantwoordelijke instantie (drinkwaterbedrijf, waterschap of provincie). De cijfers van de menselijke waterstromen zullen gegeven worden in miljoen kubieke meters per jaar. Berekeningen met de getallen zijn uitgevoerd door waterbalansen op te stellen in Excel voor de menselijke waterstromen. Hoeveelheden onttrokken grondwater zijn aangenomen evenwijdig verspreid te zijn over oppervlak van het casusgebied, aangezien locatie gebonden data niet compleet bleek te zijn (LGR). Natuurlijke waterstromen worden gegeven ter ondersteuning van de menselijke stromen en zijn gebaseerd op LHM-data, Alterra waterbalansen (Alterra, 2014; 2014b) of data van waterschappen (Waterschap Rijn en IJssel, 2020). Alle data voor de menselijke waterstromen zullen gepresenteerd worden in de vorm van Sankey-diagrammen.

3.3 Opbouw resultaten sectie en scenario's

In de resultaten sectie van dit rapport zal eerst de **actuele situatie in een gemiddeld (droog) jaar** gepresenteerd worden. De menselijke waterstromen zullen hierin leidend zijn. Deze situatie is gebaseerd op de gemiddelde klimatologische waarden gegeven in tabel 2 en de gemiddelde (jaar)data van drinkwaterbedrijven, waterschappen en provincies. Veel van deze data kan worden teruggevonden in de appendices. De beschrijving van de huidige situatie (menselijke waterstromen) is gescheiden van de andere data over het casusgebied omdat het kwantificeren van de belangrijkste menselijke waterstromen de uitwerking van de eerste onderzoeksvraag representeert.

Het tweede deel van de resultaten sectie zal bestaan uit de **actuele situatie in een zeer droog jaar**. Er is gekozen deze situatie ook te laten zien aangezien het waterhergebruik moet helpen in de strijd tegen dit soort droogte. De actuele situatie in een zeer droog jaar is alleen gebaseerd op de data voor jaren 2018 en 2019, die erg droog waren.

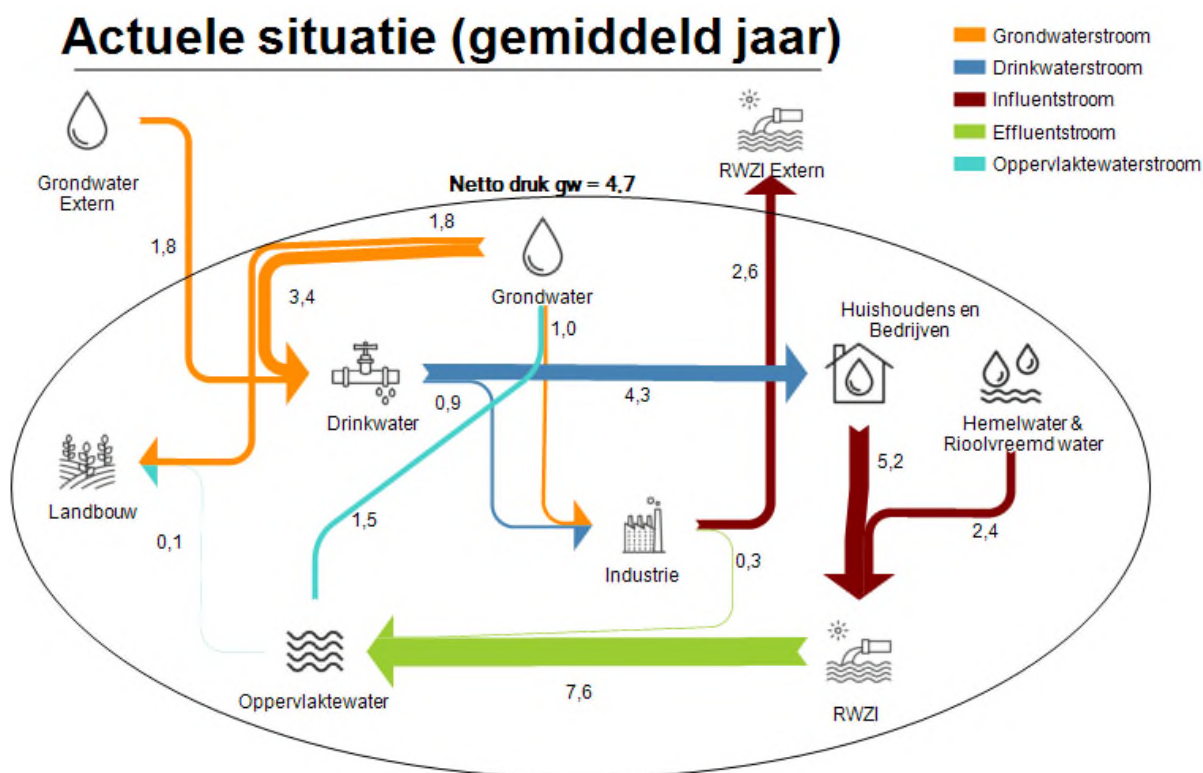
In het derde deel van de resultaten sectie zullen de volgende **vier scenario's** voor waterhergebruik verder uitgewerkt worden:

1. Hergebruik van gezuiverd restwater uit rioolwaterzuiveringsinstallaties (**RWZI**) in de **landbouw**
2. Hergebruik van gezuiverd restwater uit **industrie** in de **landbouw**
3. Hergebruik van gezuiverd restwater uit **RWZI** in de **industrie**
4. **Afkoppelen**

Deze scenario's leken het meest relevant op basis van analyse van de actuele situatie in een gemiddeld jaar en in een droog jaar. Scenario's 1, 2, 3 zullen worden gepresenteerd als zijnde een droog jaar om het effect van de waterhergebruik maatregelen beter tot zijn recht te laten komen. Scenario 4 is meer een extra maatregel en heeft betrekking op de lange termijn. Om deze reden zal dit scenario uitgewerkt worden voor een gemiddeld jaar.

4. Resultaten

4.1 Actuele situatie: Menselijke stromen in een gemiddeld jaar



Figuur 10, Actuele gemiddelde jaarsituatie in het casusgebied met hoeveelheden in miljoenen kubieke meters water per jaar. RWZI Zutphen is apart aangegeven, omdat deze zich bevindt buiten het casusgebied. Netto druk op het grondwater bedraagt 4,7 miljoen m³ per jaar, oftewel 13 mm.

4.1.1 Landbouw

De landbouw in het gebied put voornamelijk uit grondwater voor beregening. Uit LHM-data komt naar voren dat 10,6 vierkant kilometer wordt beregend uit grondwater in recente jaren. Gekoppeld aan een gemiddelde, lokale beregening van 173 mm per jaar (Van den Eertwegh et al., 2020) resulteert dit in een totaal van 1,8 miljoen m³ per jaar. Dit getal komt vrij goed overeen met de totale onttrokken hoeveelheid grondwater, zoals gerapporteerd in het Landelijk Grondwater Register (1,4 miljoen m³ voor gemeente Berkelland).

Voor de beregening uit oppervlaktewater wordt ook data uit het LHM gebruikt. Deze data schat in dat jaarlijks uit het oppervlaktewater voor beregening ongeveer 100.000 m³ gehaald wordt. Echter is deze hoeveelheid discutabel aangezien in recente jaren verboden voor onttrekkingen vanuit oppervlaktewater zijn afgekondigd in de droge zomermaanden (Waterschap Rijn en IJssel, 2020).

4.1.2 Drinkwaterproductie

De gemiddelde onttrekking van grondwater voor drinkwaterproductie binnen het casusgebied bedraagt 3,4 miljoen m³. Al het drinkwater geleverd aan het casusgebied is geproduceerd uit grondwater. Het drinkwater in het casusgebied is afkomstig van productiebedrijven Eibergen en

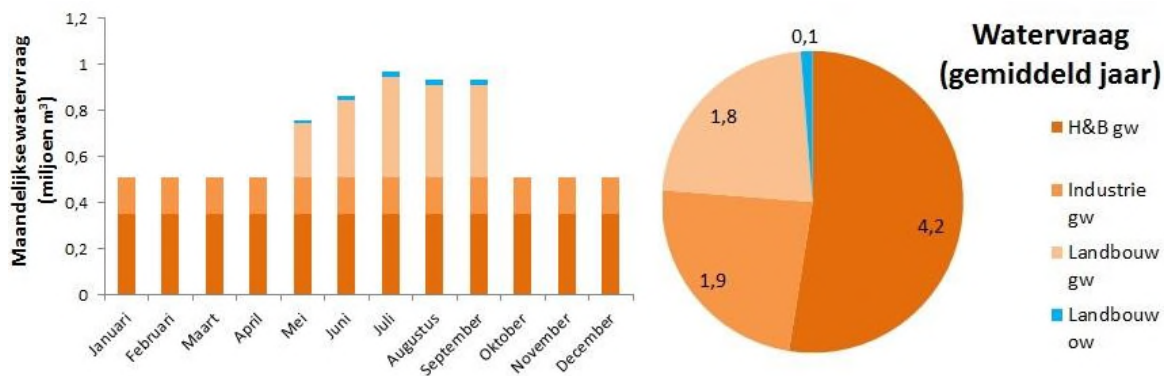
Noordijk die worden beheerd door Vitens (figuur 5). De waterwingebieden binnen het casusgebied waaruit het drinkwater gewonnen wordt zijn Olden Eibergen (1,4-1,8), Haarlo (0,9-1,4) en Noordijkerveld (0,8-1,0). De onttrokken hoeveelheden water uit alle drie de velden is bekend vanaf 2010 (LGR). Voor het hele bedrijf Vitens blijkt de drinkwatervraag vanaf 2015 tot 2020 met bijna 10% te zijn gegroeid. Deze tendens is ook terug te zien in het casusgebied. De hoeveelheden onttrokken grondwater en geleverd drinkwater door Vitens zijn terug te vinden in appendices 3 en 4.

4.1.3 Industrie

De enige industriële watergebruiker in het casusgebied is Friesland Campina Domo in Borculo. Hier worden uit melk de volgende producten geproduceerd: lactose, wei concentraat, GOS, weipoeder, ondermelkconcentraat en melkpoeder. Friesland Campina Domo beschikt over een eigen zuiveringsinstallatie voor afvalwater (aerobe zuivering). Een deel van het condensaatwater, dat vroeger na zuivering geheel werd geloosd op de Berkel, wordt nu hergebruikt als proceswater. Dit condensaatwater wordt gefilterd door gebruik te maken van een combinatie van biologische filters, keramische membranen en 'reverse osmosis' (FrieslandCampina, correspondentie). Het gaat hierbij om maximaal 300.000 m³ condensaatwater per jaar. Na hergebruik wordt het proceswater afgevoerd via het schoonwaterriool of geloosd op de Berkel. In deze analyse wordt er vanuit gegaan dat dit water vroeg of laat weer in het oppervlaktewater terecht komt. Voor een deel van het proceswater hoeft nu echter niet zoals eerder, apart water ingenomen te worden uit oppervlaktewater of grondwater (FrieslandCampina, 2017).

Friesland Campina Domo is ook een belangrijk gebruiker van grondwater en drinkwater in het casusgebied. De huidige vergunning voor grondwateronttrekking heeft een maximum van 1.5 miljoen m³. Op dit moment wordt er jaarlijks zo'n 1.0 miljoen m³ uit het eerste watervoerend pakket (Formatie van Drenthe) onttrokken. Naast de onttrekking van grondwater voor proceswater, wordt er jaarlijks ook 0,9 miljoen m³ aan drinkwater aangevoerd voor gebruik als bedrijfswater en huishoudelijk water (Kaal, 2020).

De jaarlijkse afvalwaterstroom bedraagt maximaal 2.6 miljoen m³ en wordt afgevoerd naar RWZI Zutphen (buiten het casusgebied) (Vollenbroek, 2017). Het verschil in aangevoerde en afgevoerde hoeveelheden water bij Friesland Campina Domo kan verklaard worden door de grote hoeveelheden water die deel uit maken van de aangevoerde basisproducten voor productie, zoals melk. Water van Campina Borculo wordt samen met dat van Campina Lochem afgevoerd naar RWZI Zutphen om er daar door het waterschap Rijn en IJssel via een special zuivering (NEREDA), basisstoffen voor verdikkings-/lijmmiddelen, coatings en stabilisatoren (neo-alginaat) uit te winnen. Dit is mogelijk door de speciale aard van het afvalwater van Campina.



Figuur 11, Watervraag van huishoudens en bedrijven (H&B), landbouw en industrie gedurende een gemiddeld jaar op basis van de verschillende beschikbare waterbronnen. Ongeveer al het gebruikte water in het casusgebied wordt gewonnen uit grondwater (oranje). Dit onderstreept dat de droogteproblematiek in het casusgebied nauw verbonden is met de druk op het grondwater. De landbouw is de enige sector die gebruik maakt van oppervlaktewater (blauw). Jaartotaal van de vraag in het casusgebied is gemiddeld 8,0 miljoen m³, oftewel 23 mm.

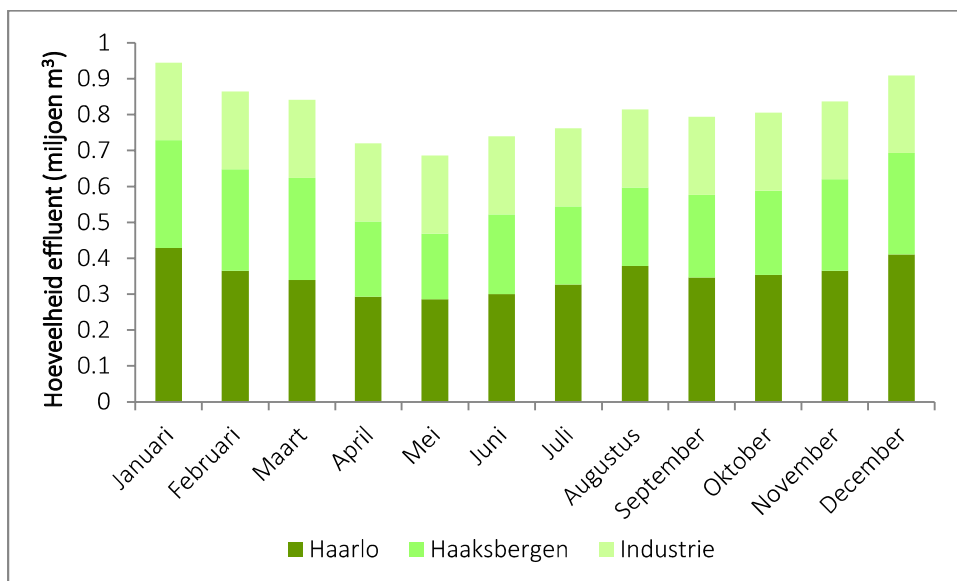
4.1.4 RWZI water

RWZI influent in casusgebied bestaat gemiddeld voor ongeveer 68% uit afvalwater van huishoudens en bedrijven (DWA), voor ongeveer 32% uit hemelwater en voor minder dan 1% uit rioolvreemd water. Van het afvalwater van huishoudens en bedrijven is 17% afkomstig van bedrijven (12% van totaal) en rest van huishoudens (57% van totaal) (Waterschap Vechtstromen, 2018) (Appendix 13).

De totale, gemiddelde hoeveelheid influent verwerkt in de twee RWZI's in het casusgebied is 7,5 miljoen m³ per jaar (periode 2015-2019). Een verloop van de gemiddelde maandelijks verwerkte hoeveelheden is te zien in figuur 12. Opvallend is dat tijdens de extreem droge jaren 2018 en 2019 de totale verwerkte hoeveelheid water kleiner is (appendix 6). Hier blijkt de belangrijke contributie van hemelwater aan het effluent uit.

Uit bestudering van de dagelijkse effluentstromen voor beide RWZI's en uit analyses van waterschap Vechtstromen blijkt dat er vanuit gegaan kan worden dat er een redelijk constante effluent stroom is van afvalwater oftewel DWA (appendix 13). Deze stroom afvalwater zou voor het casusgebied neerkomen op 0,38 miljoen m³ per maand. De hoeveelheid hemelwater en rioolvreemd water (RWA) fluctueert meer gedurende het jaar. De manier waarop de verhouding DWA/RWA geschat wordt blijkt te verschillen tussen de twee RWZI's. Deze verhouding is vooral van belang voor scenario 4 en zal in sectie 4.3.4 verder uitgewerkt worden.

Voor de voortzetting van dit rapport zal voor maandelijkse hoeveelheden gebruik gemaakt worden van gegevens het RWZI effluent, zoals aangeleverd door de waterschappen. Hierin zitten dus ook de maandelijkse fluctuaties verwerkt.

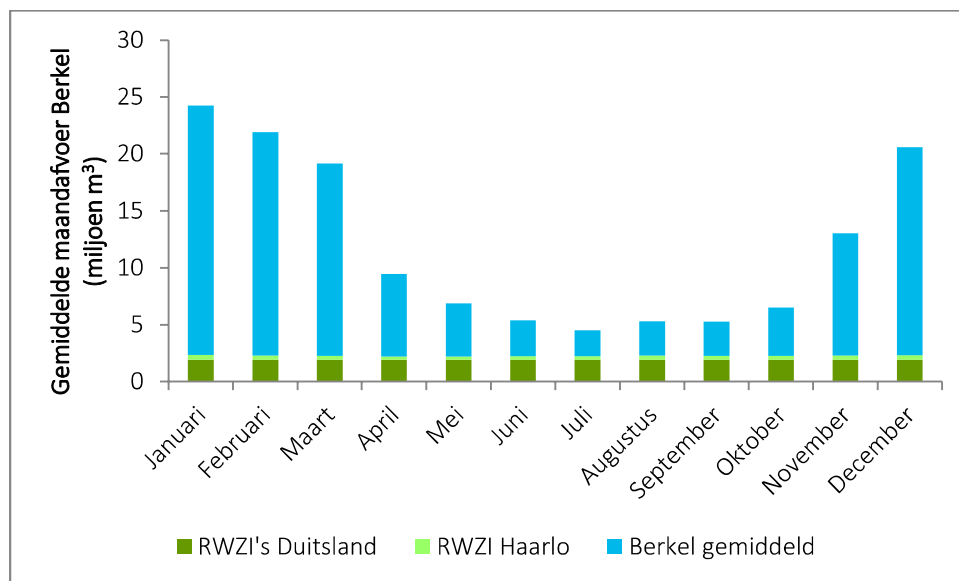


Figuur 12, gemiddelde maandhoeveelheden verwerkt water in RWZI's Haaksbergen en Haarlo en maandelijke hoeveelheden Friesland Campina Domo afvalwater. De gecombineerde, gemiddelde, jaarlijkse hoeveelheid van beide RWZI's bedraagt 7,5 miljoen m³. Gecombineerd met het industrieel afvalwater bedraagt het jaarlijks aanbod 10,1 miljoen m³, oftewel 29 mm. Aangenomen wordt dat fluctuaties in RWZI-effluent veroorzaakt worden door afname van hemelwater en rioolvreemd water (RWA) in de zomermaanden. De hoeveelheid DWA blijft nagenoeg constant. Op jaarbasis zou de aangeboden hoeveelheid effluent voldoende zijn om de jaarlijkse watervraag te compenseren.

4.1.5 Menselijke invloed oppervlaktewater

De Berkel is naast de grootste, ook de belangrijkste waterloop in het casusgebied vanwege de rol in het afvoeren van water, zowel natuurlijk als effluent, en bijdrage aan grondwateraanvulling en drinkwaterproductie. In een gemiddelde jaarsituatie komt de minimumafvoer van de Berkel 5% van de tijd in het geding (Kuijper et al., 2012). Op dagen waarop de dagafvoer onder de gedefinieerde minimumafvoer komt, zou er geen hergebruik van RWZI-effluent moeten plaatsvinden (zie discussie).

Van het water uit de Berkel dat via sloten wordt ingelaten in waterwingebied Olden Eibergen, draagt jaarlijks ongeveer 0,28 miljoen m³ daadwerkelijk bij aan grondwateraanvulling (Cirkel, 2017a). Daarnaast vindt er ook, al dan niet actief gestuurd, infiltratie plaats van oppervlaktewater in waterwingebied Haarlo (1,00 miljoen m³) en Noordijkerveld plaats (0,13 miljoen m³) via sloten en infiltratievijvers, deels met Berkel water (data uit correspondentie Vitens). Door Berkelwater te gebruiken voor infiltratie vindt, net zoals veel andere plekken in Nederland (Beard et al., 2019), al indirect hergebruik van RWZI-effluent uit Duitsland op. Van het Berkel water is jaarlijks een geschatte 23 miljoen m³ afkomstig uit Duitse RWZI's (Vergouwen et al., 2016) en nog eens 4,3 miljoen m³ van RWZI Haarlo (figuur 13).

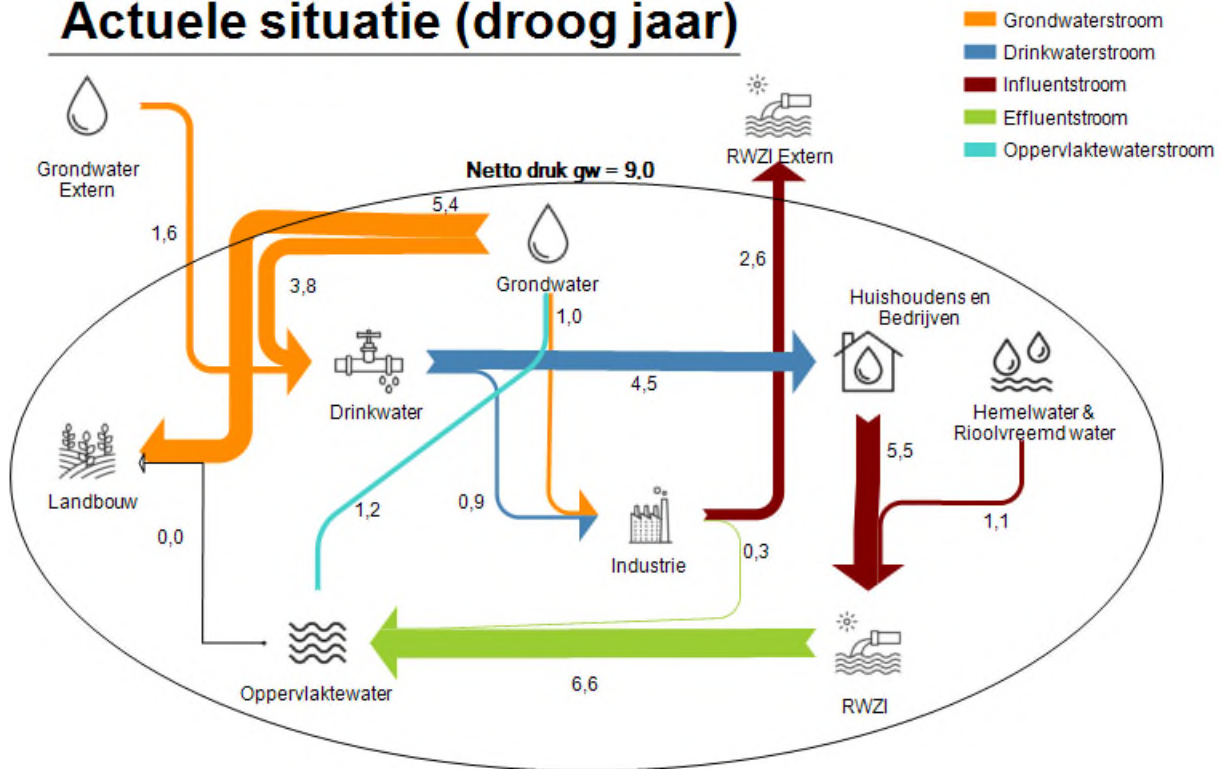


Figuur 13, Gemiddelde maandafvoer van de rivier de Berkel. De Berkel is de belangrijkste rivier in het casusgebied en speelt een belangrijke rol in de lokale drinkwatervoorziening. Een deel van het Berkel water wordt opgemaakt door Duits RWZI water. Daarnaast loost ook RWZI Haarlo effluent op de Berkel. Op maandbasis vormt het aandeel effluent al bijna de helft van de totale afvoer in de zomer. Voor inzicht in de dagafvoer en basisafvoer, zie figuur 12.

De Bolscherbeek zal in een gemiddelde situatie al geheel afhankelijk zijn RWZI-effluent van RWZI Haaksbergen gedurende de droogste perioden van de zomer. De totale jaarlijkse afvoer zal enkele miljoenen kubieke meters per jaar bedragen. Afgelopen jaren (2015-2019) verwerkte RWZI Haaksbergen jaarlijks zo'n 3,4 miljoen m³ effluent, bijna evenveel als RWZI Haarlo (4,3 miljoen). Dit jaarlijkse totaal van RWZI Haaksbergen komt neer op een constante RWZI-afvoer van 0,09 m³/s, wat wordt geloosd op de Bolscherbeek. Dit is een aanzienlijk deel van de minimumafvoer van 0,14 m³/s van de beek, geschat op basis van afvoeren van omringende beken en data van Querner (1997) bij gebrek aan meetdata.

4.2 Actuele situatie: Menselijke stromen in een droog jaar

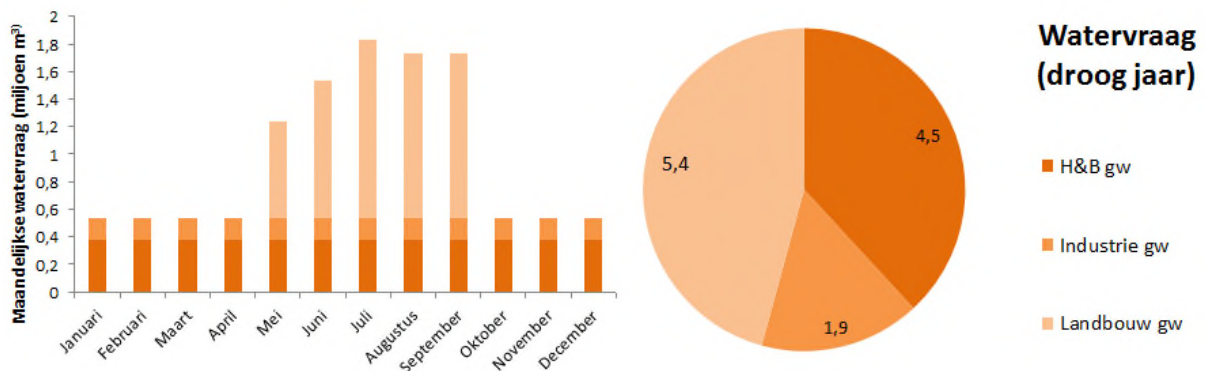
Actuele situatie (droog jaar)



Figuur 14, Sankey-diagram voor watervraag en wateraanbod in een droog jaar (gebaseerd op jaren 2018-2019). Netto druk op het grondwater is 9,0 miljoen m³ per jaar (26 mm) ten opzichte van 4,7 miljoen m³ (13 mm) per jaar in een gemiddeld jaar. Deels is dit te wijten aan de grotere vraag vanuit landbouw en drinkwater, maar ook deels door minder grote infiltratie vanuit infiltratievijvers en sloten.

4.2.1 Landbouw

Voor de landbouw in droge jaren is aangenomen dat de onttrekking van grondwater voor beregening met een factor 3 is toegenomen (Van Eertwegh et al., 2020). Daarentegen is aangenomen dat beregening uit oppervlaktewater verwaarloosbaar klein is, aangezien er voor het gehele groeiseizoen een beregeningsverbod uit oppervlaktewater zal gelden. Dit brengt de onttrekking uit grondwater op een jaartotaal aan 5,4 miljoen m³. Het jaartotaal wordt echter alleen onttrokken in het groeiseizoen van snijmaïs (mei – september).



Figuur 15, Watervraag van huishoudens en bedrijven (H&B), landbouw en industrie gedurende een droog jaar op basis van de verschillende beschikbare waterbronnen. Ongeveer al het gebruikte water in het casusgebied wordt gewonnen uit grondwater (oranje). Jaartotaal van de vraag in het casusgebied in een droog jaar is 11,8 miljoen m³, oftewel 34 mm.

4.2.2 Drinkwaterproductie

Uit gegevens van Van Eertwegh et al (2020) blijkt dat de drinkwatervraag in de droge jaren van 2018 en 2019 met ongeveer 5% procent toenam. Dit is ook de toename die geobserveerd is uit data van Vitens (appendices 3,4 en 5). Uit data van Vitens en RIVM, (Van der Aa et al., 2015) blijkt dat de drinkwatervoorziening nooit in het geding komt. De waterwinning uit waterwingebieden in het casusgebied kan worden opgeschroefd en is in staat de vergrote vraag (0,3 miljoen m³) op te vangen en hiermee zelfs waterwingebieden buiten het casusgebied niet extra te belasten (figuur 14). De druk op het lokale grondwater neemt hierdoor wel toe en dit is ook terug te zien in de netto druk (figuur 14).

4.2.3 Industrie

Voor de industrie zijn geen aanwijzingen gevonden voor grote veranderingen met betrekking tot watergebruik. Een 5% toename in de drinkwatervraag leidt hier niet tot een significante verandering. Aangezien alleen de gemiddelde, jaarlijkse onttrokken hoeveelheid grondwater bekend is van Campina Borculo (Kaal, 2020), kan hier geen conclusie aan verbonden worden. De effluentstroom die geloosd wordt op de Berkel is daarom ook aangenomen als zijnde constant, aangezien deze stroom intern gegenereerd wordt.

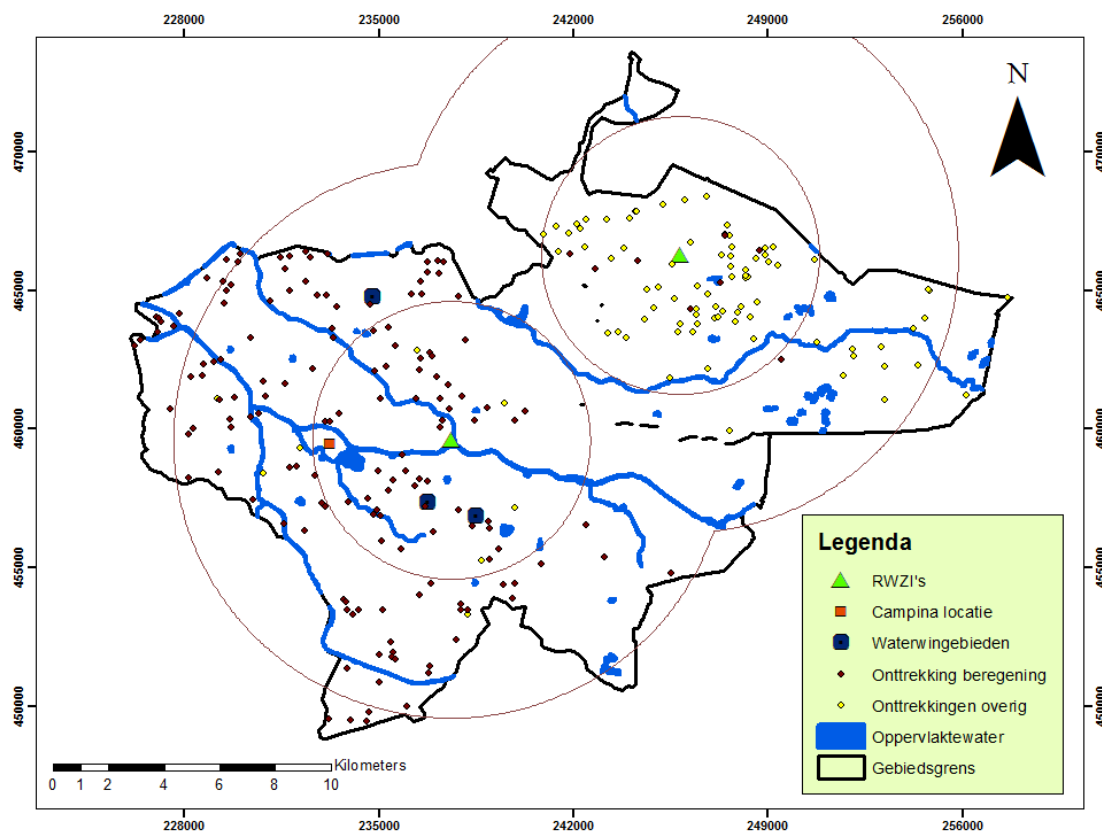
4.2.4 RWZI water

De effluent stroom neemt met 1 miljoen kubieke meter af ten opzichte van een gemiddeld jaar. Dit is volledig te wijten aan een afname in hemelwater en in mindere mate rioolvreemd water, aangezien de hoeveelheid afvalwater afkomstig van huishoudens en bedrijven evenredig toeneemt met de watervraag. Op jaarbasis wordt de RWZI effluentstroom verkleind van 7,6 miljoen m³ (21,6 mm) naar 6,6 miljoen m³ (18,8 mm) (figuur 14).

4.3 Waterhergebruik scenario's

4.3.1 Scenario 1: Landbouw irrigatie met RWZI water

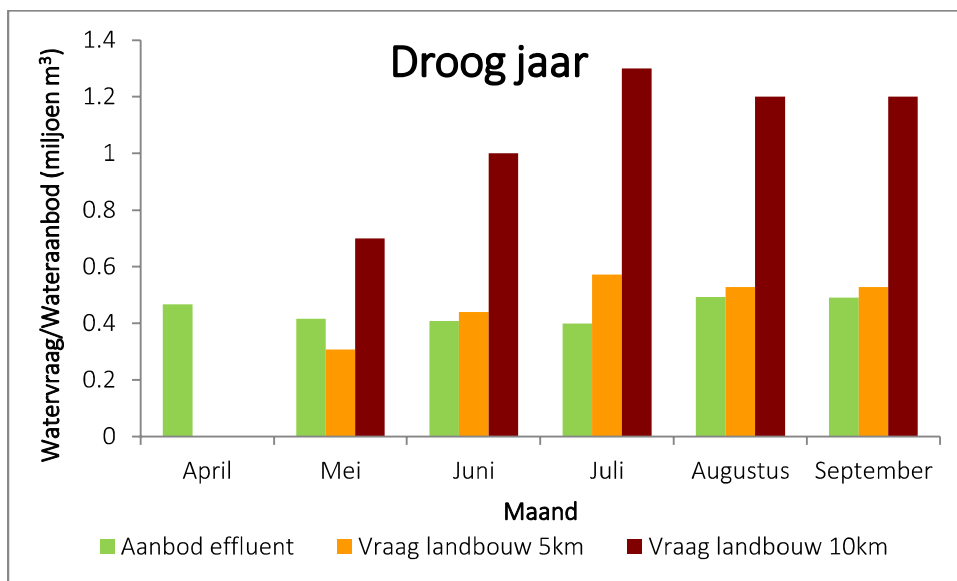
Scenario 1 betreft het hergebruikscenario waarbij RWZI water wordt ingezet voor irrigatie in de landbouw. In een gemiddeld jaar is de aangeboden hoeveelheid RWZI-effluent in staat de volledige vraag vanuit de landbouw te compenseren (Appendix 8). In een droog jaar blijkt alleen aan de gevraagde hoeveelheid beregeningswater binnen een straal van 5 kilometer voldaan te kunnen worden (figuur 17).



Figuur 16, overzichtkaart van casusgebied met daarin aangegeven posities RWZI's Haarlo (zuid) en Haaksbergen (noord) en beregeningslocaties zoals geregistreerd in Landelijk Grondwater Register (LGR). Beregening lijkt vooral in de gemeente Berkelland (zuid) voor te komen, terwijl in de gemeente Haaksbergen (noord) vooral grondwater onttrokken worden voor de drenking van vee. Discrepancie zou ook voort kunnen komen uit verschil in documentatie tussen waterschappen Rijn en IJssel en Vechtstromen.

Dit scenario is gebaseerd op 2 zones rondom de twee RWZI-locaties. Door een gebrek aan accurate grondwateronttrekkingsgegevens is in dit scenario uitgegaan van een homogene spreiding van vragende partijen over het casusgebied. Er wordt aangenomen dat inzet van RWZI effluent voor irrigatie binnen een straal van 10 km (grote cirkels) rond de locatie waar het effluent aangeboden wordt, rendabel is (STOWA, 2017). Echter werd al snel duidelijk dat bij een straal van 10 kilometer rond de RWZI's nagenoeg het hele casusgebied bestreken zou worden en het wateraanbod niet zou voldoen aan de vraag. Daarom is er ook met een straal van 5 kilometer gerekend (kleine cirkels) (figuur 16). Daarnaast is vervoer over minder lange afstanden goedkoper.

In dit scenario is voor de beschikbaarheid van RWZI-effluent in het groeiseizoen (april – september) van belang. Aangezien RWZI-effluentstroom in de zomerperiode kleiner wordt terwijl de vraag sterk groeit is het niet onverwachts dat het aanbod de vraag niet altijd bij kan benen. Binnen een straal van 5 kilometer is er echter bijna altijd genoeg water voor irrigatie, ook in een droger jaar. Binnen een straal van 10 kilometer is er altijd een tekort aan aangeboden RWZI-effluent om aan de totale vraag uit de landbouw te voldoen (figuur 17 & appendix 8).

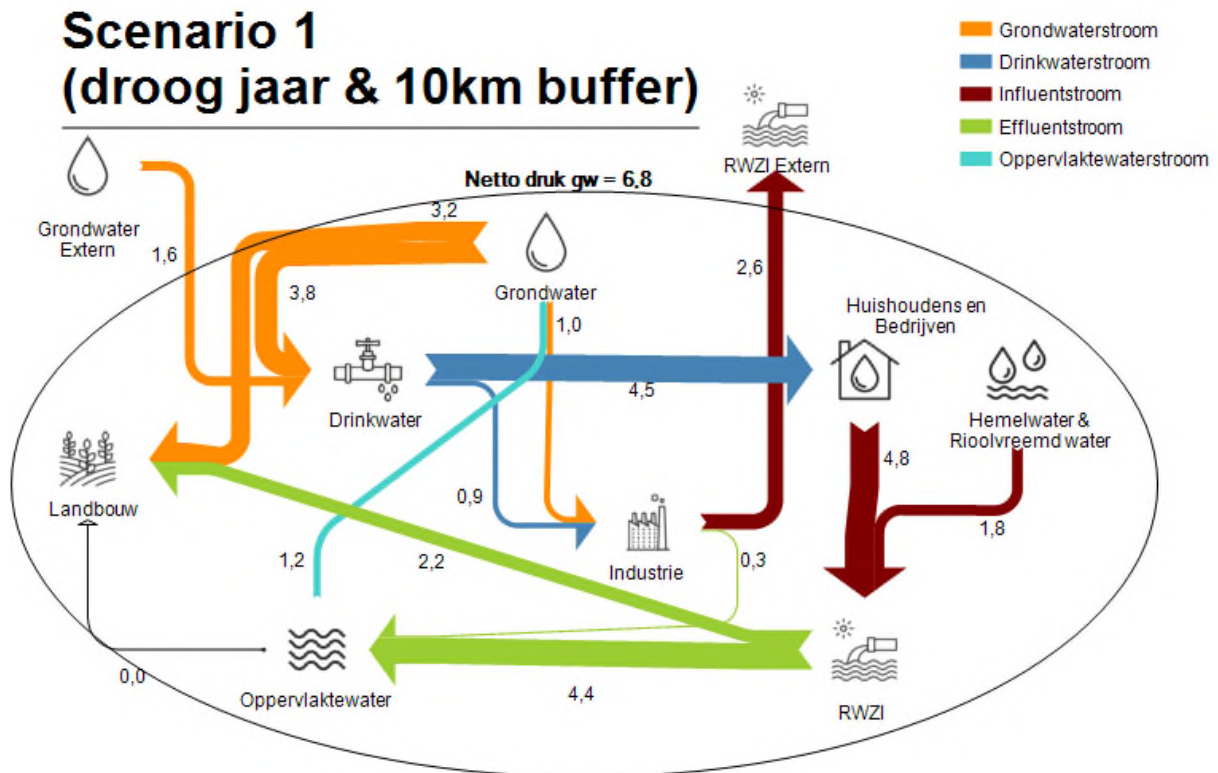


Figuur 17, Wateraanbod van RWZI's en watervraag van de landbouw gedurende het groeiseizoen voor een droog jaar. In een droog jaar is de vraag 3x zo groot als in een gemiddeld jaar, terwijl het totale aanbod 17% kleiner is. Vandaar dat in een droog jaar niet voldaan kan worden aan de volledige vraag van de landbouw.

Het Sankey-diagram uitgewerkt in figuur 18 gaat uit van het meest extreme geteste scenario met aangeboden RWZI effluent tot een afstand van 10 kilometer van de RWZI's. Dit scenario is uitgewerkt voor de droge situatie, om het duidelijkst inzichtelijk te maken hoe het effluent kan ondersteunen in de strijd tegen droogte. De inzet van al het beschikbare effluent in de landbouw houdt ook in dat het RWZI-effluent in dit scenario niet geloosd kan worden op Berkel en Bolscherbeek, wat in droge jaren problemen oplevert met de watervoerendheid van beide waterlopen (figuur 8 en sectie 4.1.5). In de huidige situatie, zonder effluent hergebruik, kampen beide beken vaak met watertekort richting het einde van het groeiseizoen, ondanks lozing van RWZI-effluent. Irrigatie met RWZI-effluent, met in acht neming van de minimumafvoeren van beide beken, zou mogelijk alleen plaats kunnen vinden in het begin van het groeiseizoen (figuur 8).

De effecten van dit hergebruikscenario voor de rest van het watersysteem zijn aanzienlijk. De druk op het grondwater neemt af van 9,9 (28 mm) naar 7,7 miljoen m³ (22 mm) in een droog jaar (figuur 18). Daarbij moet wel opgemerkt worden dat op dagbasis de watervoerendheid van Berkel en Bolscherbeek gedurende het groeiseizoen goed in de gaten gehouden moeten worden om de minimum afvoer niet in gevaar te brengen. Dit geldt vooral voor de Bolscherbeek, voor welke de aanvulling met RWZI-effluent een significant deel van de minimumafvoer representeert.

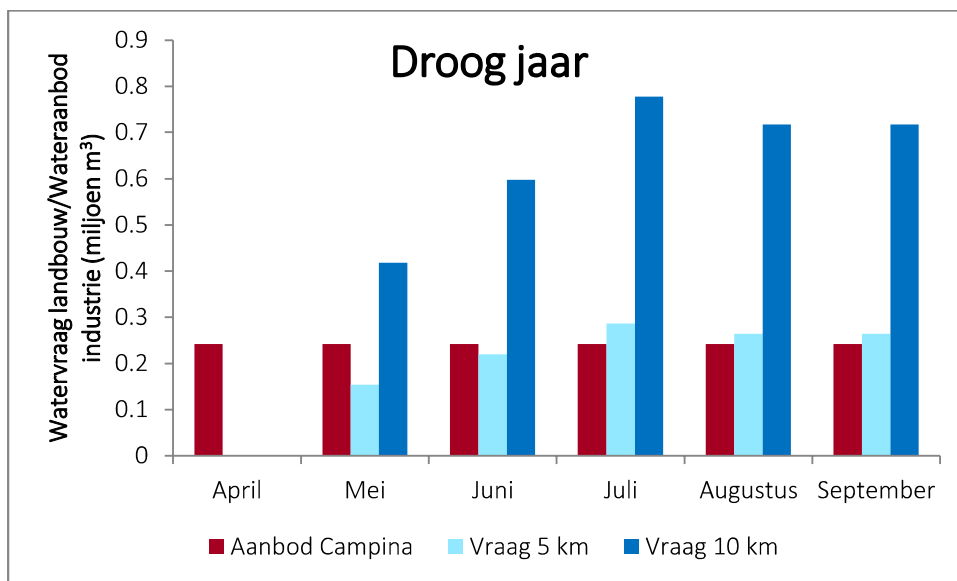
In een gemiddeld jaar kan er wel gewoon op grote schaal RWZI-effluent worden ingezet in de directe omgeving van de RWZI's. Door dit te doen kan de landbouwvraag van nagenoeg het hele casusgebied gecompenseerd worden. Hierin is vooral van belang dat het grondwater in de droge zomerperiodes ontlast wordt (appendix 8).



Figuur 18, Sankey-diagram van waterhergebruik scenario 1, waarbij RWZI effluent wordt ingezet als irrigatiewater in de landbouw dichtbij de RWZI's van Haaksbergen en Haarlo. In een droog jaar kan er door RWZI effluent in te zetten tot 40% van de watervraag van de landbouw gecompenseerd worden. Hierdoor neemt de druk op het grondwater af van 9,0 (26 mm) naar 6,8 miljoen m³ (19 mm). In dit diagram is uitgegaan van een droog jaar aangezien vooral in een droog jaar de druk op het grondwater, veroorzaakt door de landbouw, groot is.

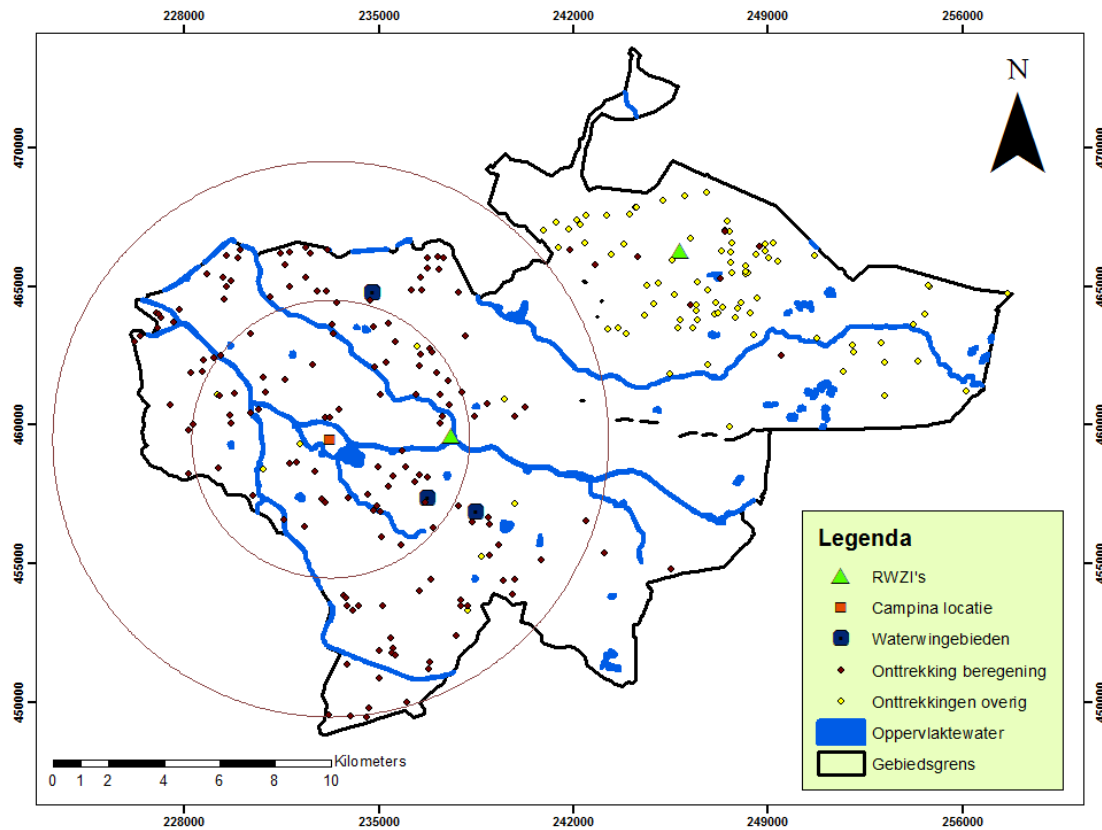
4.3.2 Scenario 2: Industrieel afvalwater in casusgebied houden

In dit scenario wordt een hergebruikoptie uitgewerkt waarbij afvalwater van Friesland Campina Domo in Borculo in het casusgebied wordt gehouden en wordt gebruikt om de druk op het grondwater door beregening in de landbouw te verminderen. Ook in dit scenario is uitgegaan van een droge situatie, om het effect van het waterhergebruik in de strijd tegen droogte te laten zien. In de huidige situatie wordt het afvalwater afgevoerd naar RWZI Zutphen gelegen buiten het casusgebied. De maximale stroom bedraagt 2,6 miljoen m³ per jaar (Vollenbroek, 2017). Dit is ook de hoeveelheid waar in dit rapport mee gewerkt wordt. Daarnaast is er ook aangenomen dat de stroom door het jaar heen constant is.



Figuur 19, Watervraag van landbouw en waaraanbod van Campina in scenario 2. In dit scenario is gebruik gemaakt van 2 zones rondom de Campina locatie. Een tot 5 km vanaf de vestiging van Friesland Campina Domo in Borculo en eentje tot 10 km vanaf de vestiging (figuur 20). In dit scenario is aangenomen dat de vraag evenwijdig verdeeld is over het casusgebied omdat niet alle gegevens van grondwater onttrekkers uit het LGR compleet bleken.

Uit een vergelijking van de watervraag en aanbod blijkt er voor een gemiddeld jaar bijna genoeg afvalwater beschikbaar voor irrigatie in de landbouw tot een afstand van 10 km van de Campina-locatie (appendix 9). In drogere jaren is er niet genoeg water beschikbaar om aan de landbouwvraag binnen in straal van 10 km te voldoen, maar kan de druk op het grondwater toch met 1,2 miljoen m³ per jaar verminderd worden (figuur 21). Door gebruik te maken van het afvalwater van Campina in de landbouw, zou in een droog jaar tot 20% van al het door de landbouw onttrokken grondwater in het casusgebied gecompenseerd kunnen worden (figuur 21).

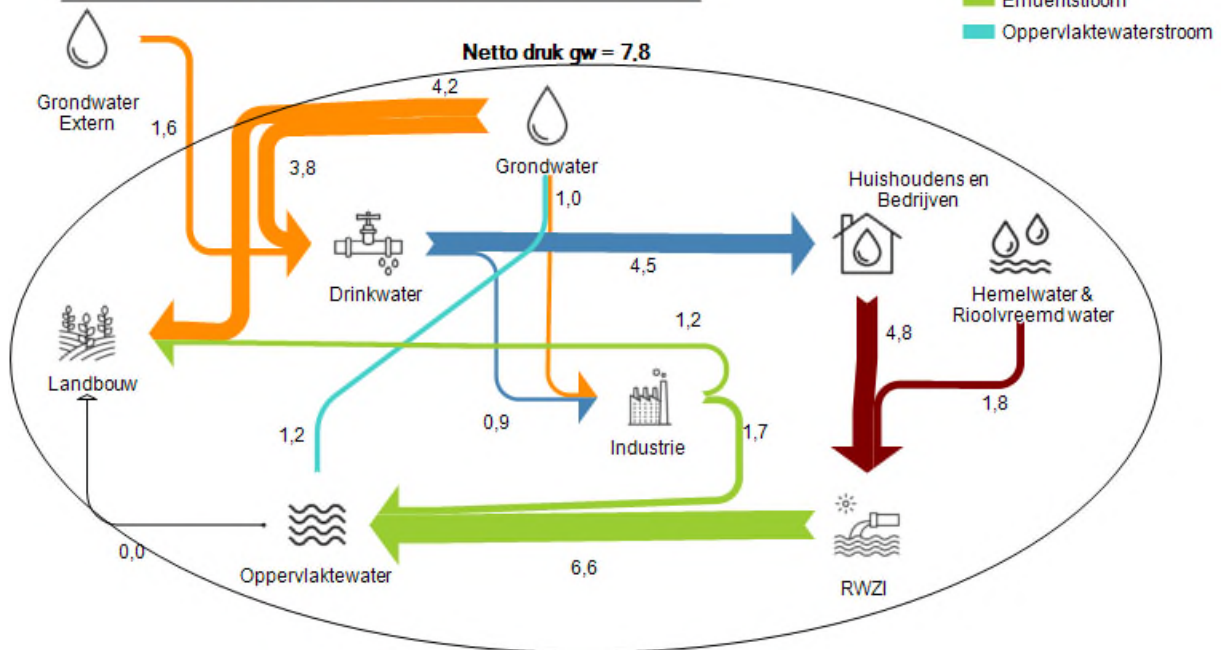


Figuur 20, Locatie van Friesland Campina Domo nabij Borculo. Beregening lijkt vooral in de gemeente Berkelland (zuid) voor te komen, terwijl in de gemeente Haaksbergen (noord) vooral grondwater onttrokken worden voor de drenking van vee. Discrepancie zou ook voort kunnen komen uit verschil in documentatie tussen waterschappen Rijn en IJssel en Vechtstromen.

Naast bovenstaande verlichting van de druk op het grondwater is het binnen het casusgebied verwerken van het Campina afvalwater een stap in de goede richting voor de lokale waterbalans. Wanneer het water namelijk lokaal verwerkt of hergebruikt kan worden, komt het weer ten goede aan de lokale grondwateraanvulling of aan het oppervlaktewater. Door het water, zoals nu, in het casusgebied te onttrekken aan het grondwater of oppervlaktewater en later versneld benedenstrooms (Zutphen/IJssel) via persleiding af te voeren, blijft het casusgebied zitten met een tekort aan water. Terwijl het in droge periodes in het casusgebied juist van belang is om water langer vast te houden in plaats van snel af te voeren. Buiten de verlichting van de netto druk op het grondwater en de aanvulling van het lokale oppervlaktewater heeft dit scenario weinig effect op de rest van het watersysteem. De bijdrage van deze waterstroom bij constante afvoer aan piekafvoeren in de Berkel gedurende de wintermaanden is gering ($0,08 \text{ m}^3/\text{s}$ t.o.v. $30 \text{ m}^3/\text{s}$).

Over de haalbaarheid van deze maatregel met betrekking tot zuivering van het afvalwater in de IAZI of in RWZI Haarlo zal meer aandacht besteed in de discussie sectie (5.2) van dit rapport.

Scenario 2 (droog jaar & 10km buffer)



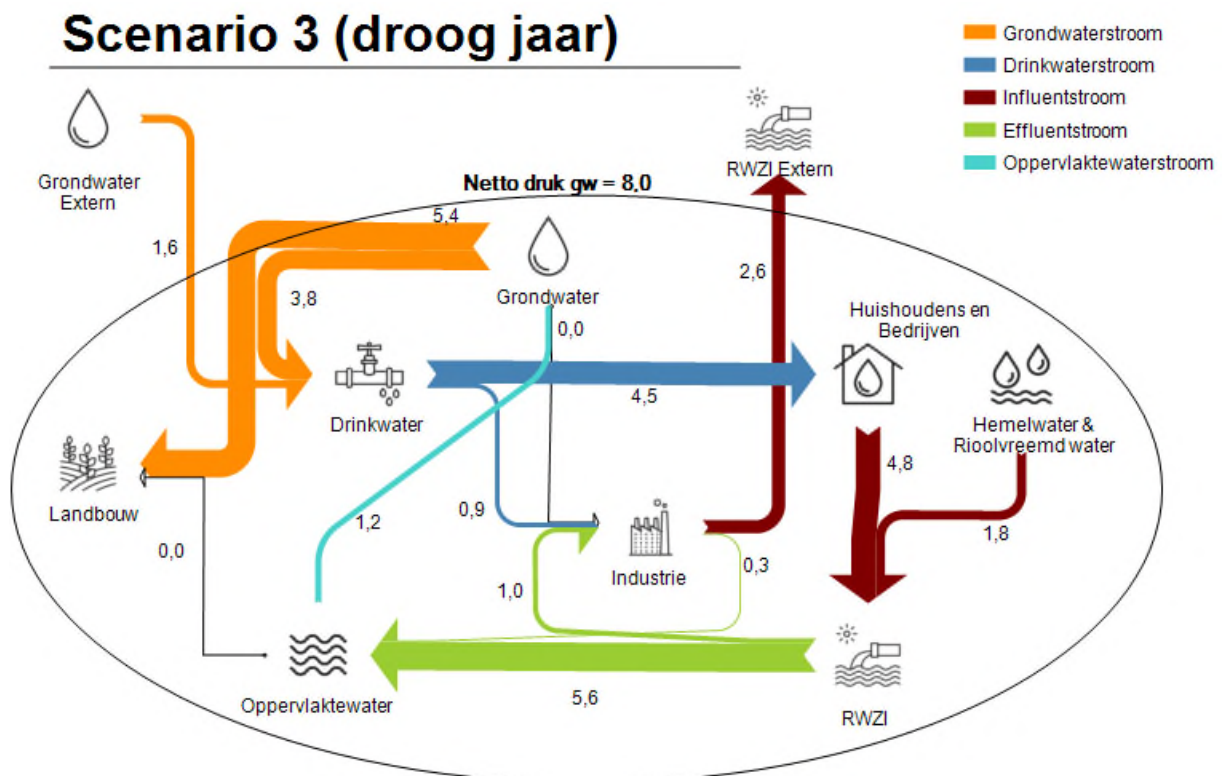
Figuur 21, Sankey-diagram van waterhergebruik scenario 2, waarbij Campina afvalwater wordt ingezet als irrigatiewater in de landbouw dichtbij de vestiging van Friesland Campina Domo in Borculo. Hierdoor is de netto druk op het grondwater verminderd van 9,0 naar 7,8 miljoen m³ per jaar. In dit diagram is uitgegaan van een droog jaar aangezien vooral in een droog jaar de druk op het grondwater, veroorzaakt door de landbouw, groot is.

4.3.3 Scenario 3: RWZI effluent naar industrie

In dit hergebruik scenario wordt een situatie uitgewerkt waarin effluent van RWZI Haarlo wordt ingezet voor industriële doeleinden bij Friesland Campina Domo in Borculo. Ook dit scenario is in detail uitgewerkt voor een droog jaar. Dit scenario is vooral kansrijk door de ligging van Friesland Campina Domo nabij RWZI Haarlo (figuur 20). Daarnaast is het aanbod van effluent redelijk constant door de tijd net zoals de aangenomen vraag vanuit de industrie (appendix 10).

De gevolgen van dit scenario voor de andere menselijke waterstromen zijn gering. Er is slechts verandering in de hoeveelheid onttrokken grondwater door de industrie zelf. Deze neemt van 1 miljoen kubieke meter per jaar af naar 0, aangezien aan de hele grondwatervraag van de industrie voldaan kan worden door gebruik te maken van RWZI-effluent (figuur 22). De omvang van de afvalstroom verandert niet in dit scenario en zal nog altijd naar RWZI Zutphen worden afgevoerd (figuur 22).

Dit scenario is uitgewerkt voor een droog jaar om de effecten van de hergebruikoptie in de strijd tegen droogte beter inzichtelijk te kunnen maken. Zowel voor een gemiddeld als voor een droog jaar is wel genoeg aanvoer vanuit RWZI Haarlo om volledig te voorzien in de vraag van de industrie. In het Sankey diagram is in eerste instantie uitgegaan van RWZI-effluent dat opgewerkt wordt tot grondwaterkwaliteit (figuur 22). Kwantitatief is echter ook de mogelijkheid om ook al het drinkwater door nagezuiverd effluent te vervangen. Er is echter voor gekozen deze optie niet mee te nemen in de uitwerking van dit scenario, gezien de verwachte negatieve perceptie jegens het gebruik van gezuiverd effluent als drinkwater. Dit scenario biedt mogelijkheden om gecombineerd te worden met scenario 2, waarover in de discussie sectie verder uitgeweid zal worden.



Figuur 22, Sankey-diagram van waterhergebruik scenario 3, waarbij effluent van RWZI Haarlo wordt ingezet in de vestiging van Friesland Campina Domo in Borculo. Hierdoor is de netto druk op het grondwater verminderd van 9,0 (26 mm) naar 8,0 miljoen m³ per jaar (23 mm). In dit diagram is uitgegaan van een droog jaar aangezien vooral in een droog jaar de druk op het grondwater, veroorzaakt door de landbouw, groot is.

4.3.4 Scenario 4: Afkoppelen

Het stopzetten van transport van hemelwater naar de RWZI, oftewel afkoppelen, is een techniek die wegens de vele voordelen die het biedt al breed wordt toegepast. Het hemelwater wordt in dit geval via buizen of leidingstelsels afgevoerd naar hiervoor aangewezen opvanglocaties. Hier kan het gebruikt worden voor een betere vochtvoorziening van stedelijk groen en kan het verder infiltreren naar het grondwater. Het afkoppelen heeft ook als voordeel dat RWZI's niet langer grote piekafvoeren als gevolg van regenbuien hoeven te verwerken (Phernambucq et al., 2020). Deze maatregel is ook opgenomen in de lange termijn visie van de gemeente Berkelland. In de komende 30 jaar moeten er waar toepasbaar in stedelijk gebied zoveel mogelijk afgekoppeld worden, en infiltratie in de hand worden gewerkt door aanleg van wadi's en infiltratiekolken (Vergouwen et al., 2016).

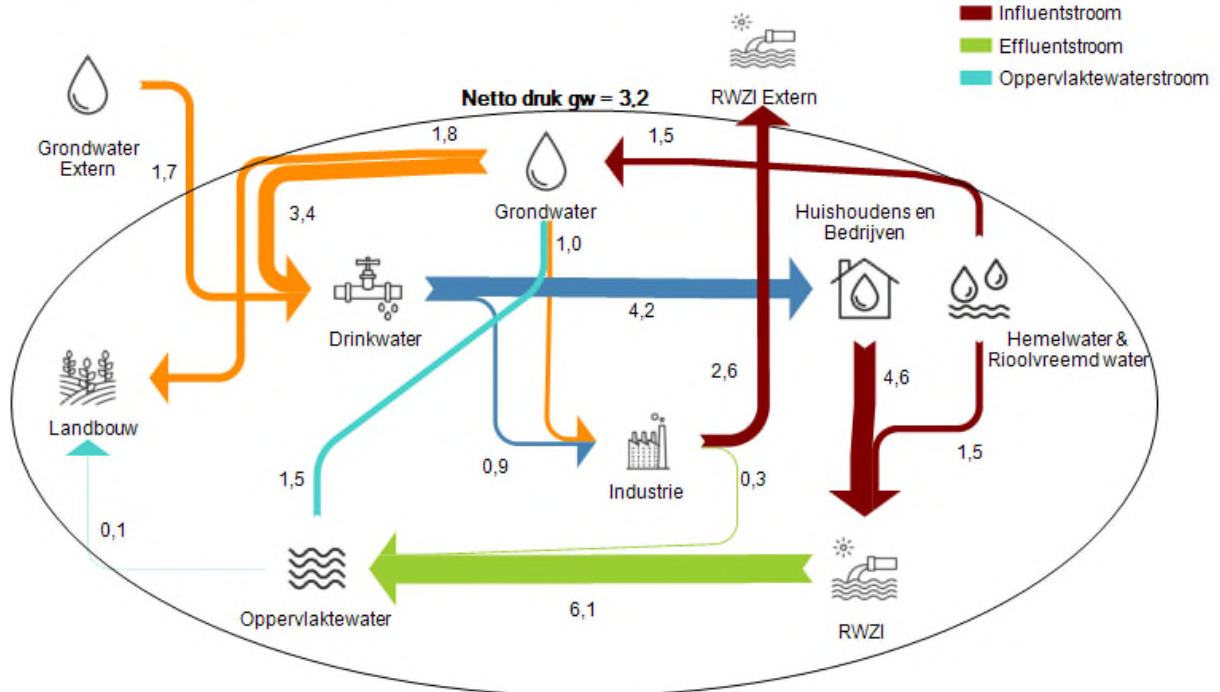
Gezien de actuele waterstromen voor een gemiddeld jaar zou het geheel afkoppelen een erg effectieve methode kunnen zijn om grondwateraanvulling te vergroten (figuur 10). Echter is het geheel afkoppelen en het vervangen van het gehele gemengde rioolstelsel niet geheel realistisch. In dit rapport is uitgegaan van de mogelijkheden zoals ze ook gepresenteerd zijn in het rapport van Phernambucq et al. (2020) over maatregelen voor betere zoetwatervoorziening in Oost-Nederland.

Uit schattingen van Phernambucq et al. (2020), blijkt dat er met afkoppeling grote winst te behalen valt. Voor gemeenten Berkelland en Haaksbergen is een gecombineerd verhard areaal van 450 ha geschat dat aangesloten is op een gemengd riool (67% van het totaal) (Liefthing & de Man, 2017). Gebaseerd op deze gegevens en schattingen van Phernambucq et al. (2020) over de effectiviteit van deze maatregel zou afkoppelen zelfs kunnen leiden tot een grondwateraanvulling van 1,4 miljoen m³ in een gemiddeld jaar. Hierbij werd uitgegaan van 50% afgekoppeld verhard terrein in 2050 en is er vanuit gegaan dat het hele neerslagoverschot (300 mm) ten goede komt aan de grondwateraanvulling.

Echter baseert dit rapport zich op de cijfers van de RWZI's met daarin de geschatte samenstelling van het influent. Op basis van de geschatte samenstelling van het influent en een afkoppelingsgraad van 50% zou de druk op het grondwater in dit scenario met 1,5 miljoen m³ per jaar kunnen worden verlicht. Hierbij wordt ook uitgegaan van geen waterverlies vanuit het riool plaatsvindt, en een precieze tweedeling van de oorspronkelijke influent-stroom. De geschatte hoeveelheden hemelwater en rioolvreemd water die zijn verwerkt bij RWZI Haaksbergen in het droge jaar 2018, kunnen worden teruggevonden in appendix 13.

Een moeilijkheid bij dit scenario is de speciale rol die de ondergrond hierin speelt. Zoals beschreven in sectie 3.1.5 en te zien in figuur 6, zijn de zandige afzettingen van de Bortel formatie aan het oppervlak vooral in het oosten van het casusgebied zeer dun. Rondom Haaksbergen blijkt de dikte van de zandige pakketten maar enkele meters (appendix 12). Dit maakt dat bij ongecontroleerde infiltratie vanuit infiltratievijvers in natte periodes er snel wateroverlast op kan treden, doordat de bufferende capaciteit van de ondergrond gering is. Richting het westen worden de watervoerende pakketten snel dikker en kan er mogelijk meer infiltratie plaatsvinden zonder snelle wateroverlast tot gevolg. Knelpunt in dit scenario is dat deze maatregel betrekking heeft op verhard gebied/stedelijk gebied. Wateroverlast zal in stedelijk gebied sneller gevoeld worden en mogelijk meer schade tot gevolg hebben dan in het buitengebied.

Scenario 4 (gemiddeld jaar)



Figuur 23, Sankey-diagram van waterhergebruik scenario 4, waarbij het hemelwater niet wordt afgevoerd naar de RWZI maar wordt ingezet ter infiltratie en als aanvulling van het grondwater. Op de langere termijn zou dit de druk op het grondwater kunnen verlagen van 4,7 (13 mm) naar 3,2 miljoen m³ (9 mm) in een gemiddeld jaar. In dit scenario is een gemiddeld jaar gebruikt als referentie aangezien dit een lange-termijn maatregel betreft, die niet perse direct verbinding houdt met acute droogte.

5. Discussie

Het opstellen van een conceptueel model en de weergave van waterstromen in Sankey-diagrammen maakt voor het casusgebied inzichtelijk wat de belangrijkste waterstromen zijn en hoe verschillende hergebruikopties deze waterstromen beïnvloeden. Uit de geraadpleegde literatuur (Van den Eertwegh et al., 2019; Van den Eertwegh et al., 2020; Phernambucq et al., 2020) en uit de resultaten van dit rapport komt naar voren dat de lokale droogteproblematiek nauw verbonden is met de niet-duurzame druk op het grondwater en de vele drainerende maatregelen. De afzonderlijke hergebruikopties zijn allen in staat om de druk op het grondwater te verminderen, maar zijn afzonderlijk niet in staat de volledige vraag naar zoetwater te compenseren. Om grote droogte, zoals in de jaren 2018 en 2019, het hoofd te kunnen bieden zal naast waterhergebruik ook meer aandacht moeten komen voor de optimalisatie van het watersysteem. Hierdoor kan water langer vastgehouden worden en het grondwater, waar mogelijk, beter worden aangevuld.

De netto druk op het grondwater zal in het discussie veelvuldig terugkomen en gebruikt worden als een graadmeter voor de effectiviteit van een maatregel. In dit rapport is tot nog toe slechts gefocust op de mogelijkheden met betrekking tot de hoeveelheden water, maar in deze sectie zal ook worden ingegaan op enkele andere praktische/kwalitatieve zaken die meegewogen moeten worden om de mogelijkheden voor waterhergebruik in het casusgebied goed in kaart te brengen.

5.1 Kansen en combineren scenario's

Wanneer puur uitgegaan wordt van de druk op het grondwater als maat van de effectiviteit van een hergebruikoptie, lijkt de inzet van effluent in de landbouw het meest effectieve manier te zijn om de druk op het grondwater te verlagen (tabel 3). In het groeiseizoen van een droog jaar is, zonder opslag, al het beschikbare effluent niet afdoende om te voldoen aan de totale vraag vanuit de landbouw. In dit geval kan 70% van de totale vraag worden gecompenseerd (figuren 12 en 15). Dat de landbouw een grote invloed heeft op het grondwater is niet verassend, aangezien de landbouw ook de sector is in het conceptueel model met een hoge gevoeligheid voor droogte, en daarmee groot potentieel grondwatergebruik. Scenario 2 is minder effectief in het verlagen van de druk op het grondwater door de landbouw doordat er minder effluent beschikbaar is in dit scenario dan in scenario 1 (tabel 3).

Het valt daarnaast op dat elk waterhergebruik scenario effectiever is in een gemiddeld jaar dan in een droog jaar. Dit komt doordat het aanbod in een droog jaar niet mee kan groeien met de vergrote vraag, het aanbod afneemt in een droog jaar en de aanvulling van het grondwater afneemt. Scenario (4) (afkoppelen) is erg effectief in een gemiddelde jaar (tabel 3) ten opzichte van een droog jaar. Dit kan verklaard worden door de relatief grotere contributie van het hemelwater ter verlichting van de druk op het grondwater in een gemiddeld jaar (1,5/4,7) ten opzichte van een droog jaar (0,9/9,0).

Tabel 3, Verwachte druk op het grondwater (miljoen m³) in de huidige situatie en in de 4 uitgewerkte scenario's onder gemiddelde en droge omstandigheden. Waarbij scenario 1: RWZI naar landbouw, scenario 2: industrie naar landbouw, scenario 3: RWZI naar industrie, scenario 4: afkoppelen.

	Huidig	Scenario 1	Scenario 2	Scenario 3	Scenario 4
Gemiddeld	4,7	2,9 (-38%)	3,5 (-26%)	3,7 (-21%)	3,2 (-32%)
Droog	9,0	6,8 (-24%)	7,8 (-13%)	8,0 (-11%)	8,1 (-10%)

Scenario 4 lijkt geschikt om gecombineerd te worden met elk van de andere maatregelen voor een groter effect. Echter kan water dat ten goede komt aan grondwateraanvulling op korte termijn niet gebruikt worden om de watervoerendheid van de beken te handhaven of te hergebruiken in de

landbouw of industrie. Zeker voor de Bolscherbeek kan de lozing van RWZI-effluent een significant verschil in afvoer betekenen. Scenario's 1 en 3 kunnen niet het hele jaar gecombineerd worden aangezien zij dezelfde effluentstroom benutten. Een combinatie van scenario's 2 en 3 kan zeer interessant zijn. In dit geval zou RWZI-effluent uit Haarlo hergebruikt worden in de industrie (scenario 3) waarna dit industrieel afvalwater/IAZI-effluent weer hergebruikt zou worden in de landbouw (scenario 2). Wat betreft locatie matchen deze twee scenario's ook goed (figuur 20). Combinatie van deze twee scenario's zou in een gemiddeld jaar 47% reductie van de druk op het grondwater kunnen opleveren (tabel 3).

Om een maatregel effectief te laten zijn hoeft de druk op het grondwater niet teruggebracht te worden naar 0. Er moet slechts gezorgd worden dat de balans tussen onttrokken grondwater en aangevuld grondwater niet teveel verstoord wordt. Doordat de locaties en timing van onttrekkingen en aanvulling in vele gevallen niet overeen komen, is het moeilijk te kwantificeren wat een duurzame hoeveelheid onttrokken grondwater is. Duidelijk is wel dat er voor gezorgd moeten worden dat de balans tussen onttrekking en aanvulling niet te scheef groeit. In droge jaren zal de grondwaterbalans nog steeds scheef groeien, maar met verminderde druk op het grondwater zal de balans zich sneller weer kunnen herstellen in daaropvolgende jaren (Van den Eertwegh, 2020). Verlaagde grondwaterstanden zijn namelijk nadelig voor de landbouw en watervoerendheid van de beken (en daarmee voor de watergebonden ecologie).

5.2 Kwalitatieve aspecten waterhergebruik

5.2.1 Mismatch in timing

De mismatch in timing is de belangrijkste mismatch in het casusgebied door de belangrijke rol van de landbouw in het menselijke watersysteem. Deze mismatch hangt samen met het periodieke karakter van de landbouwvraag en het constante (kleinere) aanbod van effluent.

Met de geschatte hoeveelheid effluent van 3,9 miljoen m³ (RWZI's en industrie) die beschikbaar is in de groeiseizoenen zou in een gemiddeld jaar voldaan kunnen worden aan de vraag vanuit de landbouw (1,8 miljoen m³). In een droog jaar zou hiermee tot 70% van de vraag kunnen worden voldaan (5,4 miljoen m³), onafhankelijk van locatie. In een droog jaar zal er dus nooit genoeg effluent beschikbaar zijn in het gebied om het grondwater volledig te ontlasten. Daar komt bij dat in droge jaren er maar weinig water beschikbaar is voor hergebruik als de basisafvoer/minimumafvoer in acht genomen wordt. Voor de Berkel geldt dat in droge jaren 2018-2019 slechts voor de helft van de tijd water over was (afvoer groter dan minimumafvoer) (figuur 8). Voor de Bolscherbeek is deze periode nog korter. Om waterhergebruik toch mogelijk te maken zonder de watervoerendheid van de beken in gevaar te brengen zou er voor de loop van de beken een ecologisch relevante afvoer gedefinieerd moeten worden en daarop gestuurd moeten worden (Kuijper et al., 2012).

Een oplossing voor de mismatch in timing wordt meestal gezocht in tijdelijke opslag van effluent, voor later gebruik. Hierbij kan gedacht worden aan een meer natuurlijke vorm, zoals afkoppelen. Maar ook aan een extremer voorbeeld zoals beschreven in het voorbeeld van Orange County, California (sectie 2.4.3) (Bertelkamp et al., 2020). Opslag op oppervlaktewater zoals bij Bavaria in Lieshout (Bartholomeus et al., 2019) lijkt vanwege de afwezigheid van kanalen/meren in het casusgebied geen voor de hand liggende optie.

5.2.2 Mismatch in kwaliteit

RWZI effluent moet aan een aantal eisen, met betrekking tot biologisch zuurstofverbruik, chemisch zuurstofverbruik, concentratie opgeloste stoffen, fosfor- en stikstofgehalten, voldoen voordat het oppervlaktewater geloosd mag worden. Voor het opwerken van afvalwater naar drinkwater gelden

extra eisen met betrekking tot bacteriën, virussen, pathogenen en organische microverontreinigingen en zouden zeer robuuste zuiveringstechnieken nodig zijn (Stofberg et al., 2019). Grootste probleem bij hergebruik van effluent in de landbouw is dat precieze lange-termijn effecten van conservatieve bestandsdelen van het hergebruikte effluent, zoals enkele antibiotica, voor volksgezondheid en milieu vooralsnog onduidelijk blijven (Cirkel et al., 2017b). Ook hiervoor zal dus aanvullende zuivering nodig zijn. Bij inzet van effluent in de landbouw heeft sub-irrigatie de voorkeur over beregening vanwege de aanwezigheid van een bodempassage en omdat bij deze methode geen mogelijke verspreiding van pathogenen via aërosolen plaatsvindt (STOWA, 2017).

Voor hergebruik van Campina IAZI-effluent in de landbouw zal ook extra zuivering nodig zijn. Het water gewonnen uit condensaat dat vrijkomt bij de productie van melkpoeder is rijk in ammonium, en is door de hogere temperatuur waarop de productie van melkpoeder plaatsvindt zeer geschikt voor bacteriegroei (Stofberg et al., 2019). Een deel van het water dat vrijkomt bij dit proces wordt reeds hergebruikt na zuivering in de fabriek van Friesland Campina Domo in Borculo en later op het oppervlaktewater van de Berkel geloosd. Dit geeft een indicatie dat dit water van voldoende kwaliteit zou zijn om in te zetten in de landbouw (300.000 m³ per jaar).

Het leeuwendeel van het afvalwater wordt echter sinds 2017 afgevoerd naar RWZI Zutphen, gelegen buiten het casusgebied (Vollenbroek, 2017). De reden dat het afvalwater naar RWZI Zutphen getransporteerd wordt is dat er hier neo-alginaat (lijmstof, bio-stimulant, coating) uit wordt gewonnen (Kaamera, 2019). Zuivering van afvalwater tot oppervlaktewater kwaliteit (emissiegrenswaardes) is in het verleden toegepast in de IAZI en is dus mogelijk bij Campina in Borculo, maar dit zou de nieuwe Nereda installatie in Zutphen buiten werking stellen.

5.2.3 Mismatch in locatie

Figuren 16 en 20 geven duidelijk weer dat de plek waar het effluent wordt aangeboden niet altijd overeen komt met de plek waar het ingezet kan worden. Wanneer aangenomen wordt dat effluent inzet binnen een straal van 10 km van de plaats van aanbod rendabel is, is hergebruik optie 1 zeer interessant voor het casusgebied. In dit scenario kan nagenoeg het hele casusgebied voorzien worden van effluent. Dit hangt samen met het feit dat de RWZI's in het casusgebied vrij centraal liggen, ook ten opzicht van de landbouw (figuur 16). Er kan gesteld worden dat met de spreiding van RWZI's in Nederland een groot deel van het land voorzien zou kunnen worden van effluent voor waterhergebruik (STOWA, 2017).

Aangezien er niet altijd genoeg effluent beschikbaar is om te voldoen aan de vraag vanuit de landbouw, zou Campina in het zuidwestelijke deel van het casusgebied ook een bijdrage kunnen leveren om de vraag te compenseren (figuur 20). Daarnaast biedt de ligging van Campina vlakbij RWZI Haarlo kansen voor het hergebruik van RWZI effluent als proceswater (scenario 3). Ook afkoppelen (scenario 4) is strikt genomen locatie gebonden, maar kan wel overal worden toegepast waar verhard oppervlak afwatert op een gemengd rioleringsstelsel (Phernambucq et al., 2020).

5.2.4 Perceptie

Perceptie kan sterk verschillen tussen verschillende bronnen van waterhergebruik. De perceptie bepaalt mede hoe haalbaar de implementatie van een mogelijke maatregel zal zijn. Het hergebruik van effluent voor irrigatie en industriële doeleinden worden makkelijk geaccepteerd dan het hergebruik voor de productie van drinkwater. Het is de verwachting dat acceptatie van hergebruikt water zal groeien met noodzaak en kennis van het huidige watersysteem (Stofberg et al., 2019). Het is dan ook te verwachten dat, gezien de aard van de scenario's en de groeiende noodzaak in het casusgebied, de perceptie jegens de voorgestelde scenario's niet uitgesproken negatief zal zijn. Interessant hierbij is het feit dat indirect, onbewust hergebruik van Duits RWZI effluent in de drinkwaterproductie van Olden Eibergen feitelijk al plaatsvindt.

5.2.5 Oppervlaktewaterkwantiteit

Door de waterschappen waar het casusgebied uit bestaat zijn zorgen geuit met betrekking tot de watervoerendheid van de beken in de zomer. De beekafvoeren kunnen verder onder druk komen te staan door waterhergebruik. In de huidige situatie wordt effluent namelijk geloosd op het oppervlaktewater. Een inschatting van schadelijk lage watervoerendheid is gemaakt op basis van basisafvoeren/minimumafvoeren voor de Berkel en Bolscherbeek.

Watervoerendheid is een van de belangrijkste sturende parameters voor het verkrijgen van een goede ecologische kwaliteit. Door diverse ingrepen is de aanvulling van het oppervlaktewater vanuit het grondwater met 20 - 50% afgenomen. Onttrekkingen in het grondwatersysteem voor beregening en drinkwaterwinning zijn hier belangrijke onderdelen van. Hierdoor zijn veel beeksystemen in droge jaren geheel afhankelijk geworden van RWZI-effluent, zoals de Bolscherbeek (Kuijper et al., 2012). Ook de Berkel kampt in de nasleep van extreem droge jaren 2018 en 2019 met verlaagde afvoeren die de RWZI-afvoer benaderen (figuur 8).

Om deze reden is het noodzakelijk dat voor alle RWZI's, niet alleen binnen het casusgebied, apart een afweging wordt gemaakt wanneer en hoeveel effluent beschikbaar kan worden gesteld voor hergebruik. Dit moet gedaan worden zonder dat watervoerendheid teveel onder druk komt te staan, bijvoorbeeld op basis een ecologisch relevante afvoer die gedefinieerd wordt voor de waterlopen (Kuijper, et al., 2012). In het geval van het casusgebied, blijkt RWZI Haarlo een stuk geschikter met betrekking tot oppervlaktewaterkwantiteit en watervoerendheid.

Verlaagde afvoeren hebben vooral een negatief effect op de waterafhankelijke ecologie in het casusgebied, zoals de hoogveen-/laagveengebieden langs de Buursebeek. De schade opgelopen in de droge jaren 2018-2019 aan deze waterafhankelijke vegetatie en fauna zal zich waarschijnlijk niet binnen 5 jaar kunnen herstellen (Van den Eertwegh et al., 2020).

5.2.6 Oppervlaktewaterkwaliteit

Waterkwaliteit in de beken is nauw verbonden met de waterkwantiteit. Onvoldoende waterkwantiteit uit zich ook in een achteruitgang in waterkwaliteit door verminderde stroomsnelheden en gedeeltelijke droogval, met als mogelijk gevolg het optreden van blauwalgen, botulisme, vissterfte en sterfte van watergebonden macrofauna (Kuijper et al., 2012). Effluent is gemiddeld gezien van mindere kwaliteit dan grondwater, maar heeft door aanvulling van waterkwantiteit toch vaak een positieve uitwerking op de kwaliteit. Lozing van RWZI effluent op de Berkel zal geen groot verschil in kwaliteit teweeg brengen, aangezien Berkel water reeds onder invloed beïnvloedt wordt door 5 Duitse RWZI's die hier effluent op lozen. Duits effluent komt qua samenstelling aardig overeen met effluent van Nederlandse RWZI's (Cirkel, 2017a). Wanneer de Duitse RWZI's echter ook zouden besluiten hun effluent niet meer te lozen op de Berkel zou dit wel een verkleining van de waterkwantiteit, en daarmee indirect waarschijnlijk ook de kwaliteit betekenen.

In het casusgebied kan verminderde oppervlaktewaterkwaliteit op den duur de drinkwatervoorziening beïnvloeden, doordat er innamestops voor infiltratievijvers afgekondigd moeten worden bij verminderde kwaliteit van Berkelwater (Vergouwen et al., 2016).

5.3 Multicriteria analyse

Tabel 4, multicriteria analyse van de vier uitgewerkte scenario's. Waardering van criteria is gebaseerd op doeleinde van toepassing. Zo heeft bijvoorbeeld kwaliteit in scenario 4 (RWA -> grondwater) een +, terwijl de toepassing van hemelwater voor andere doeleinden niet geschikt zou zijn zonder extra zuiveringstap

Scenario	Volume	Kwaliteit	Tijdstip	Locatie	Perceptie	Oppervlakte-waterkwantiteit	Oppervlakte-waterkwaliteit
RWZI -> landbouw	+	+/-	+/-	+	+/-	-	-
Industrie -> landbouw	+/-	+/-	+/-	+/-	+/-	+	+
RWZI -> industrie	+	-	+	+	+/-	+/-	+/-
RWA -> grondwater	+/-	+	+/-	+	+	+/-	+/-

In tabel 4 worden zowel het kwantitatieve potentieel als enkele kwalitatieve aspecten van de uitgewerkte scenario's meegewogen. Scenario 1 heeft de grootste kwantitatieve potentie, maar wordt vooral gehinderd door de watervoerendheid van de beken. Scenario 2 heeft geen grote nadelen, maar is in droge jaren maar in beperkte mate (figuur 21) in staat de landbouw van water te voorzien. Daarnaast moet in dit scenario de speciale zuivering in RWZI Zutphen worden stopgezet.

Scenario 3 (RWZI effluent naar industrie) lijkt interessant omdat vraag en aanbod gedurende het jaar redelijk constant zijn en het aanbod altijd de vraag kan compenseren. Daarnaast liggen RWZI Haarlo en Friesland Campina Borculo zeer dicht bij elkaar. Een nadeel van dit scenario is dat vergaande zuivering van het RWZI effluent nodig is om dit te kunnen inzetten in de voedselindustrie.

Scenario 4 blijkt uit deze analyse erg kansrijk. Dit scenario is dan ook al opgenomen in de lange-termijn visie van gemeente Berkelland (Phernambucq et al., 2020). Hierbij moet wel opgemerkt worden dat scenario 4 door heterogeniteit van de ondergrond niet overal even goed toepasbaar is (sectie 4.3.4). Daarnaast kan elk van de andere scenario's gecombineerd worden met scenario 4 met een klein verlies in effectiviteit.

5.4 Beperkingen en vervolgonderzoek

Beperkingen in de mogelijkheden van dit rapport hangen vooral samen met de geringe kennis van de ondergrond. Vele aannames zijn gedaan met betrekking tot de onttrokken hoeveelheden water uit de ondergrond, kwel/inzijing en grondwateraanvulling. Weliswaar moeten vanaf 2010 de grondwateronttrekkingen vanaf 25.000 m³ per kwartaal jaarlijks gerapporteerd worden, maar data hiervan blijkt niet altijd 'up to date' of moeilijk te achterhalen (Van den Eertwegh et al., 2019; Van den Eertwegh et al., 2020). Door gebruik te maken van het LHM data/NHI-waterbalansen in combinatie met LGR-gegevens is een aardig beeld te vormen van de huidige situatie. Maar alsnog zijn verschillen tussen verschillende bronnen aanzienlijk.

Om echt een goed beeld te kunnen geven van de menselijke waterstromen in het gebied, en hoe deze en de natuurlijke waterstromen op elkaar inwerken, zou meer modellerwerk naar de waterstromen

in de ondergrond verricht moeten worden. Daarnaast zou het onderzoek verbeterd kunnen worden door de aanscherping van de onttrekkingsdata uit het LGR. Deze data was nu incompleet, maar zou nog veel meer inzicht kunnen geven in de menselijke waterstromen.

Ook op het gebied van waterhergebruik in het algemeen valt er nog veel winst te behalen. Het hergebruik van water wordt al tijden geopperd als middel in de strijd tegen droogte (STOWA, 2001), maar brede toepassing blijft vooralsnog uit. De inzet van effluent als irrigatiewater kan een belangrijke bijdrage leveren aan het resistenter maken van het watersysteem tegen droogte, maar lijkt vooral gehinderd te worden door vragen omtrent lange-termijn effecten voor milieu en gezondheid (Cirkel, 2017a; Bartholomeus et al., 2017; Cirkel et al., 2017b) en de kosten.

6. Conclusie

De combinatie van de ligging ver van het hoofdwatersysteem met dunne watervoerende pakketten in de ondergrond, maken het casusgebied zeer gevoelig voor de effecten van droogte. Het casusgebied is hierdoor als bron van zoetwater bijna uitsluitend aangewezen op grondwater, terwijl de geringe dikte van de watervoerende pakketten het gebied slechts matig geschikt maken voor grootschalige drinkwaterproductie. Daarbij komen de vele drainerende maatregelen, die genomen zijn om wateroverlast in de winter tegen te gaan, waardoor het casusgebied in de huidige situatie niet goed in staat is water vast te houden. De effecten van meteorologische droogte worden daardoor snel gevoeld in het casusgebied. Deze uitten zich vooral in diep wegzakkende grondwaterstanden en verminderde beekafvoeren.

Uit literatuur komt naar voren dat grondwateronttrekkingen op de hoge zandgronden niet in balans zijn met grondwateraanvulling. De situatie groeit veel schever in jaren van meteorologische droogte, waarin symptomen van de droogte zich duidelijk uitten aan het oppervlak. De druk op het grondwater kan verminderd worden door de inzet van effluent (RWZI en IAZI) in de landbouw en industrie. Echter vergroot dit ook de druk op het oppervlaktewater in de zomer.

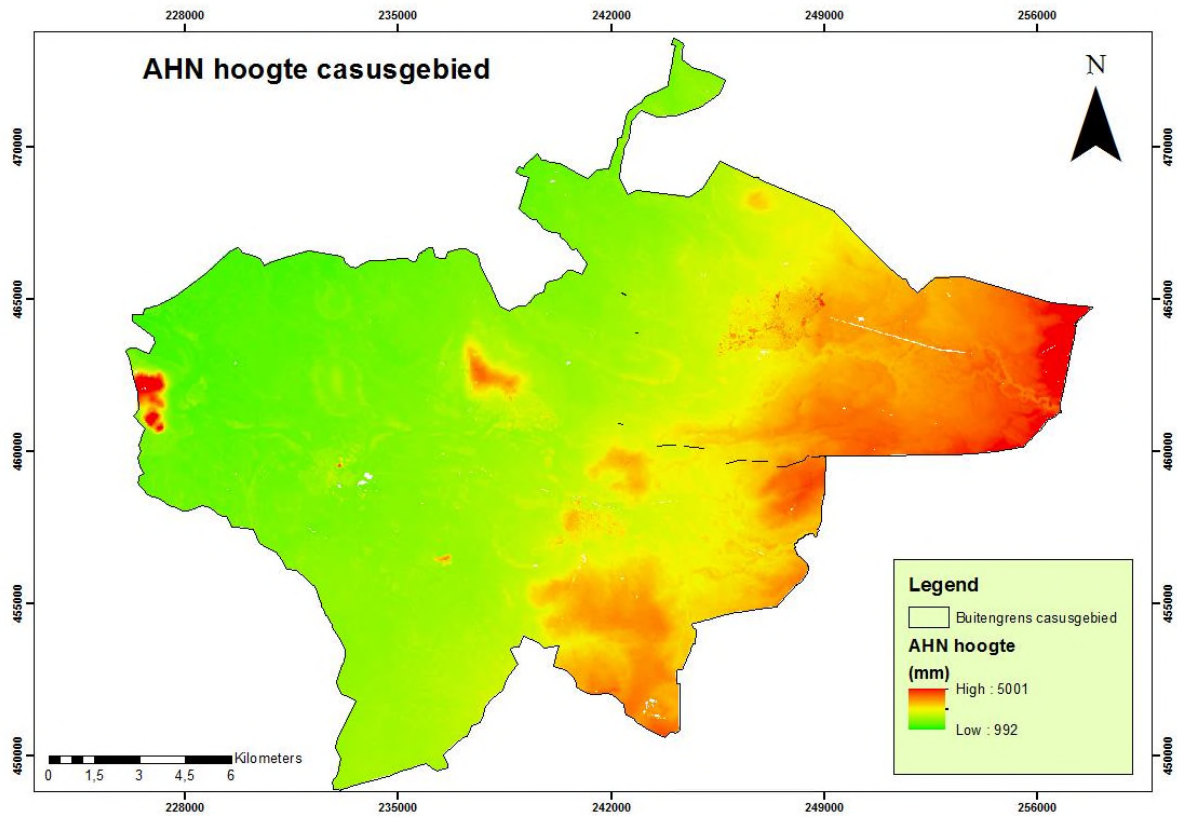
Hergebruik van effluent biedt veel mogelijkheden voor de ontlasting van het grondwater en daarmee ook voor droogtebestrijding. Een combinatie van verschillende hergebruik scenario's lijkt hierbij het meest effectief, aangezien in veel van de voorgestelde scenario's een mismatch bestaat tussen vraag en aanbod van water. Bij mismatches moet vooral gedacht worden aan een mismatch in timing, kwaliteit of locatie.

Een groot deel van het watersysteem in het casusgebied zou profiteren van het implementeren van een combinatie van hergebruikopties. In eerste plaats het grondwater, maar via het grondwater ook het bodemvocht en het oppervlaktewater. Zeker in droge jaren blijken vergrote grondwateronttrekkingen bij te dragen aan het verergeren van de droogte-effecten. Waterhergebruik, met in acht neming van basisafvoeren voor de waterlopen, zou een van de middelen in de strijd tegen de effecten van droogte kunnen worden. Verminderde druk op het grondwater zal het gebied resistenter maken tegen droogte-effecten, zoals diep wegzakkende grondwaterstanden en verminderde beekafvoeren.

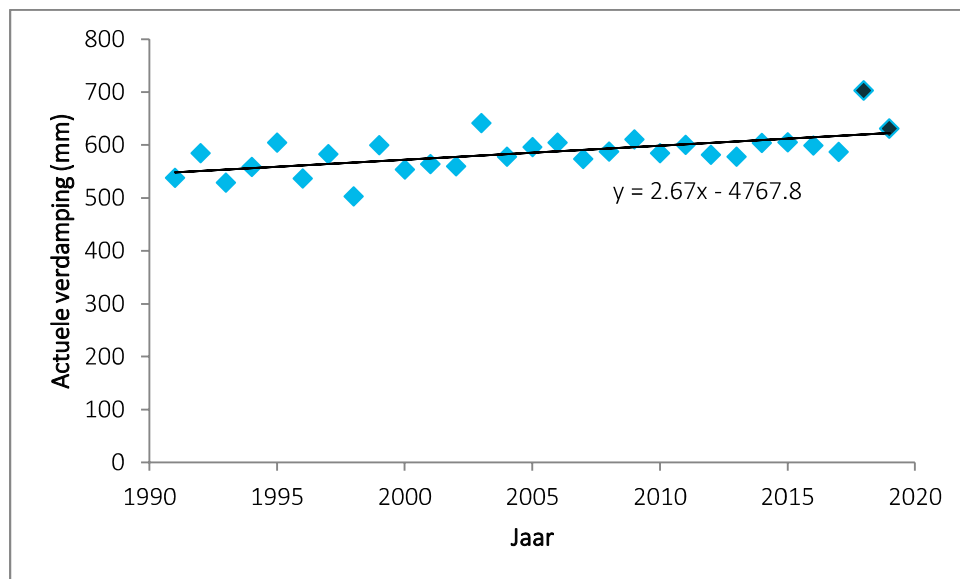
7. Referenties

1. Alterra, 2014a. NHI waterbalansen; Waterschap Rijn en IJssel. Alterra, onderdeel van Wageningen UR.
2. Alterra, 2014b. NHI waterbalansen; Waterschap Regge en Dinkel. Alterra, onderdeel van Wageningen UR.
3. Bartholomeus, R.P., Stofberg, S.F., Eertwegh, G.A.P.H. van den, Cirkel, D.G., 2017. Hergebruik restwater voor zoetwatervoorziening in landelijk gebied: Monitoring sub-irrigatie met RWZI-effluent Haaksbergen. BTO 2017.062 KWR, Nieuwegein.
4. Bartholomeus, R., Van Huijgevoort, M. H., Rozema, J., & van Loon, A. (2019). Watertekorten in landbouw terugdringen met hergebruik industrieel restwater. Water Matters: Kenniskatern voor Waterprofessionals-Dutch edition, 20-23. Beard JE, Bierkens MF, Bartholomeus RP (2019) Following the Water: Characterising de facto Wastewater Reuse in Agriculture in the Netherlands. Sustainability 11 doi: <https://doi.org/10.3390/su11215936>.
5. 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 2020.027 , Nieuwegein.
6. CBS. (2011a). Gemeente Op Maat Berkelland.
7. CBS. (2011b). Gemeente Op Maat Haaksbergen.
8. Cirkel, D.G., 2017a. Kwantificeren korte reistijden doormiddel van traceronderzoek: tracerproef Olden Eibergen. BTO2017.010 KWR, Nieuwegein.
9. Cirkel, D.G., Eertwegh, G.A.P.H. van den, Stofberg, S.F., Bartholomeus, R.P., 2017b. Kennisdocument hergebruik van restwater voor de landbouw-watervoorziening. BTO 2017.009 KWR, Nieuwegein.
10. Dekkers, 2000. Beregenen van akkerbouwen vollegrondsgroentegewassen. Praktijkonderzoek voor de Akkerbouw en de Vollegrondsgroenteteelt, publicatie nummer 99.
11. H2O magazine (2010). De puurwaterfabriek in Emmen: rioolwater gezuiverd tot ultrapuur water. H2O magazine, 18-2010.
12. Halleux, V., Bonafé, S., Weiss, P., Huitema, J., Limmer, S., O’Sullivan, G., Fiocchi, P., Villanueva Ruiz, I., 2020. Water Reuse, Setting Minimum Requirements. EPRS, PE 625.171 – April 2020.
13. Kaal, M., 2020. Ontwerpbesluit grondwateronttrekking ten behoeve van industriële toepassing Friesland Campina Borculo. Provincie Gelderland.
14. Kaamera grondstoffenfabriek, 2019. URL: <https://kaamera.com/grondstoffenfabriek/>.
15. KNMI, 2020. Waarnemingen weestation Hupsel. URL= <https://www.knmi.nl/nederland-nu/klimatologie-metingen-en-waarnemingen>.
16. Kuijper, M. J. M., Hendriks, D. M. D., van Dongen, R. J. J., Hommes, S., Waaijenberg, J., & Worm, B. (2012). Sturen op Basisafvoer. Een analyse van zomerafvoeren in het beheergebied van waterschap Regge en Dinkel en hoe daar in de toekomst mee om te gaan. Rapport Deltares, 1202530-000.
17. Liefing, E., de Man, H., 2017. Emissie Registratie Afvalwaterketen. Achtergrondrapport bij de in 2017 geactualiseerde factsheet ‘Effluenten RWZI’s, regenwaterriolen, niet aangesloten riolen, overstorten en IBA’s’. Deltares02_R_170615.
18. Meeteren van, M., 2017. Gebiedsdossier Haarlo - Olden Eibergen. Gebiedsdossier, Waterschap Rijn en IJssel en Provincie Gelderland.
19. NHI, 2008. Nationaal Hydrologisch Instrumentarium – NHI Modelrapportage, Deelrapport berekening. Versie : NHI\FASE_1+\2008\DR10\v1.
20. Querner, E. P. (1997). A model to estimate timing of aquatic weed control in drainage canals. Irrigation and Drainage Systems, 11(2), 157-169.
21. RIVM, 2003. DE KWALITEIT VAN HET DRINKWATER IN NEDERLAND, IN 2003. RIVM rapport 703719007.
22. Phernambucq, I.H., Abas, I., Spruijt, Z., Hoch, J.M., 2019. Onderbouwing uitvoeringsprogramma Zoetwater Oost-Nederland. 114764, Witteveen + Bos, Deventer.
23. Pronk, G.J., van Dooren, T.C.G.W., Stofberg, S.F., Bartholomeus, R.P., 2020. Waterhergebruik en de zoetwatervoorziening (Managementsamenvatting en dataoverzicht op dia’s). BTO 2020.011 KWR, Nieuwegein.
24. Stofberg, S.F., C. Bertelkamp, M. van Huijgevoort en P.S. Bäuerlein (2019). Achtergronddocument VO Alternatieve bronnen voor Drinkwater. BTO 2019.017.
25. STOWA, 2001. Compendium rwzi-effluent als bron voor “ander water”. Stichting onderzoek toegepast waterbeheer, 14-2001.

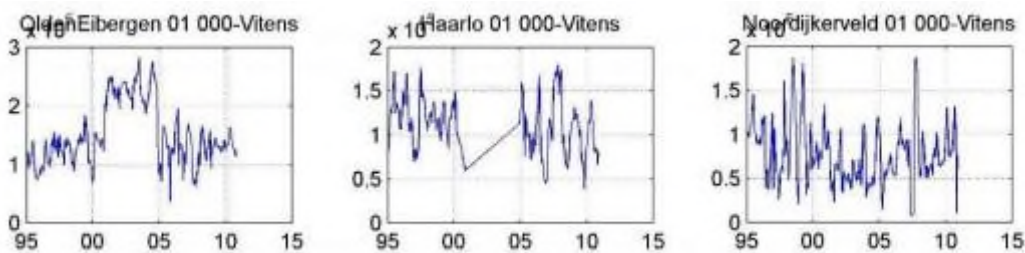
26. STOWA, 2017. Deltafact Hergebruik van effluent. URL: <https://www.stowa.nl/deltafacts/zoetwatervoorziening/droogte/hergebruik-van-effluent>
27. Van den Eertwegh, G., Bartholomeus, R., de Louw, P., Witte, F., van Dam, J., van Deijl, D., Hoefsloot, P., Clevers, S., Hendriks, D., van Huijgevoort, M., Hunink, J., Mulder, N., Pouwels, J., de Wit, J., 2019. Droogte in zandgebieden van Zuid-, Midden-en Oost-Nederland. Rapportage Fase 1: ontwikkeling van uniforme werkwijze voor analyse van droogte en tussentijdse bevindingen.
28. Van den Eertwegh, G., Bartholomeus, R., de Louw, P., Witte, F., van Dam, J., van Deijl, D., Hoefsloot, P., van Huijgevoort, M., Hunink, J., America, I., Pouwels, J., de Wit, J., 2020. Droogte van zandgebieden Zuid-, Midden- en Oost-Nederland: het verhaal – analyse droogte van 2019 en 2019 en tussentijdse bevindingen.
29. Van der Gaast, J.W.J., Vroon, H.R.J., Massop, H.Th.L., Wesseling, J.G., 2015. Landsdekkende schematisering en parameterisatie van het topsysteem ten behoeve van hydrologische modellering. Alterra-rapport 2686, Alterra Wageningen UR.
30. Van de Kerk, A.J., Van Wieringen, H., Stapel, W., Krijgsman, J., 2005. DWAAS, Vervolgonderzoek rioolvreemd water. STOWA rapportnummer 2005-20.
31. Vergouwen L., Vissers M., Wolthuis S., Dik P., 2016. Samenwerken aan het drinkwater van de toekomst, Woningen Haarlo en Olden Eibergen: analyse oorzaken verontreinigingen en oplossings- en beschermingsmaatregelen. 347205 Grontmij Nederland B.V..
32. Vollenbroek, 2017. Ontwerp Watervergunning Friesland Campina Domo Borculo. Zaaknummer: WRIJVERG-2-63128, kenmerk: OLO 2740983. Waterschap Rijn en IJssel.
33. Waterschap Rijn en IJssel, 2020. Waterdata, Waterschap Rijn en IJssel. URL=waterdata.wrij.nl.
34. Waterschappen, Provincies, Rijkswaterstaat, AHN3, 2019. Actueel hoogtebestand Nederland, gehaald van: *ahn.nl*.
35. Waterschap Vechtstromen, 2018. Discrepantie en Rioolvreemd water, AWZI Haaksbergen 2018.
36. Wing, in samenwerking met Kernteam Zoetwatervoorziening Oost Nederland (ZON) en Kernteam Deltaplan Hoge Zandgronden (DHZ), (2015). Werkprogramma Zoetwatervoorziening Hoge Zandgronden. Wel goed water geven!



Appendix 1., AHN uitdraai casusgebied met hoogte gegeven in millimeters. Hoogste punt binnen het casusgebied ligt op de Lochemse Berg in het westen. Over het algemeen wordt het gebied lager richting het noordwesten, en dit is ook de oriëntatie van de waterlopen in het gebied.



Appendix 2, Jaartotalen actuele verdamping gemeten bij KNMI meetstation Hupsel, centraal gelegen in het casusgebied. Extreem droge jaren 2018 en 2019 aangegeven in rood.



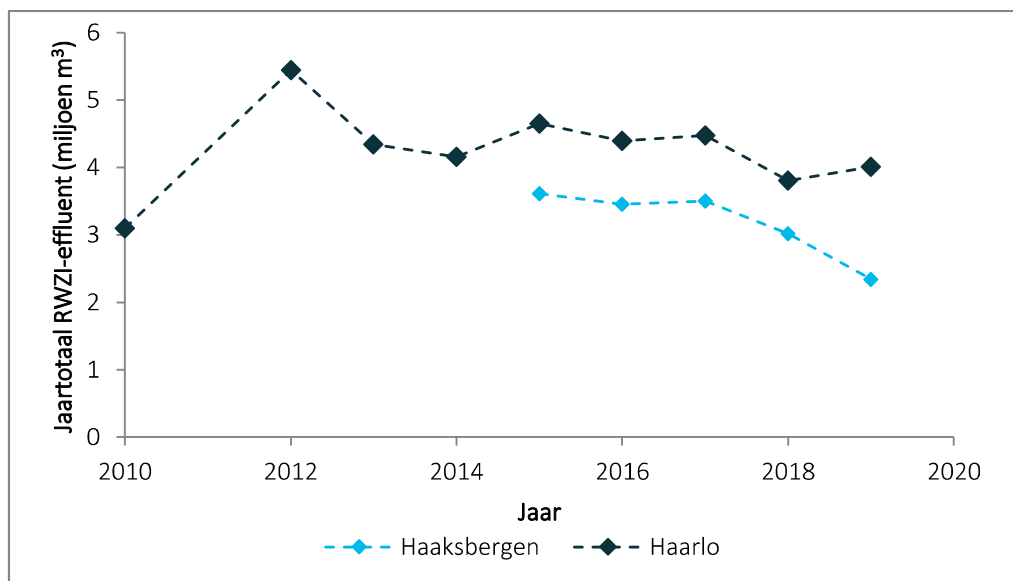
Appendix 3, Waterwingebieden binnen het casusgebied met jaarlijkse waterproductie tot 2012. Bron: KWR (2012).

Waterwingeb	2018	2017	2016	2015	2014	2013	2012	2011	2010
Goor	1557342	1659318	1569891	1564102	1399079	1552968	1677942	1801418	1715404
Olden Eibergen	1530763	1357563	1838504	1562537	1374417	1176409	1533102	1593141	1612762
Haarlo	1293415	1298563	940230	1120635	1312848	1373309	1152976	1008079	1164186
Noordijkerveld	980023	929695	945683	893172	998768	899116	906972	0	0
SOM	3804201	3585821	3724417	3576344	3686033	3448834	3593050	2601220	2776948

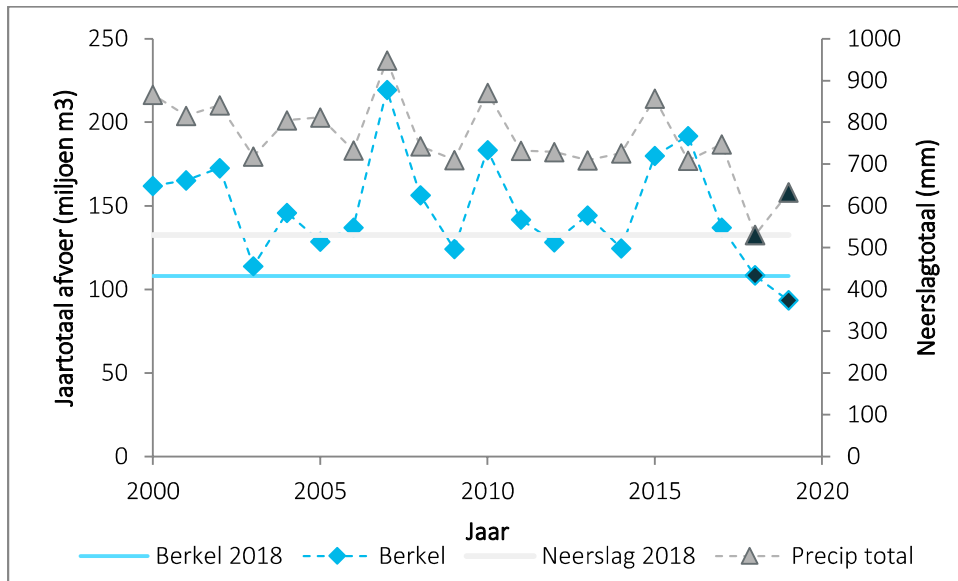
Appendix 4, Gewonnen hoeveelheden grondwater in kubieke meters per jaar voor drinkwaterproductie in het casusgebied. Waterwingebied Goor ligt net buiten het casusgebied maar levert ook grote hoeveelheden water die gebruikt worden binnen het casusgebied. Voor 2019 is nog geen data beschikbaar.

Data Vitens PB Eibergen	Noordijk	Hengelo Klooster	Uitgaand
2017	2556233	430867	5076086
2018	2541958	455257	5758238
2019	2526955	479297	5159454

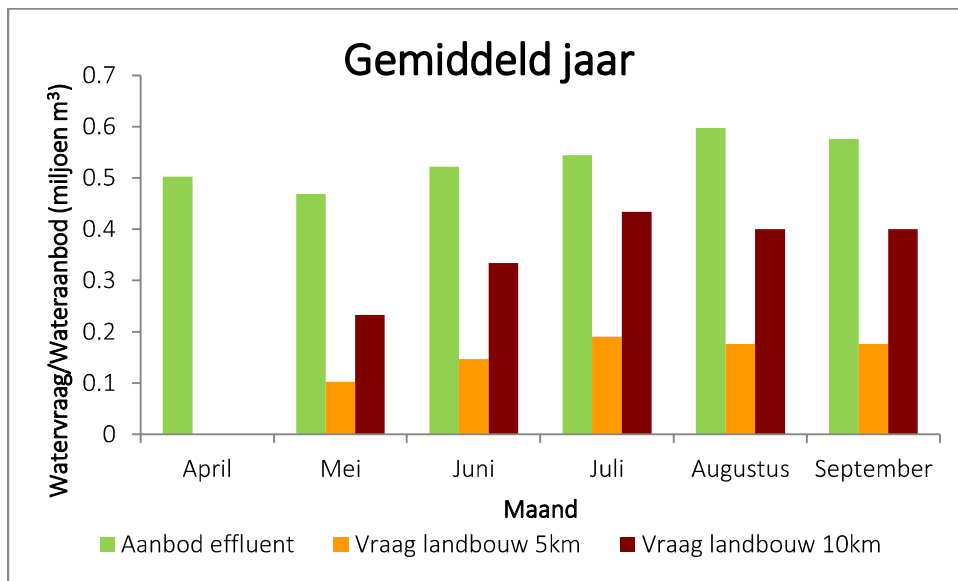
Appendix 5, uitgaande drinkwaterlevering vanuit Productiebedrijf (PB) Eibergen in kubieke meter per jaar. Water in productiebedrijf Eibergen komt vanuit pompstation Noordijk, pompstation Hengelo Klooster en uit de 2 eigen waterwingebieden: Haarlo en Olden Eibergen. Het water geproduceerd bij productiebedrijf Eibergen voorziet het casusgebied van water. Een deel van het geproduceerde water wordt ook doorgepompt naar Enschede, maar de hoeveelheid is onbekend.



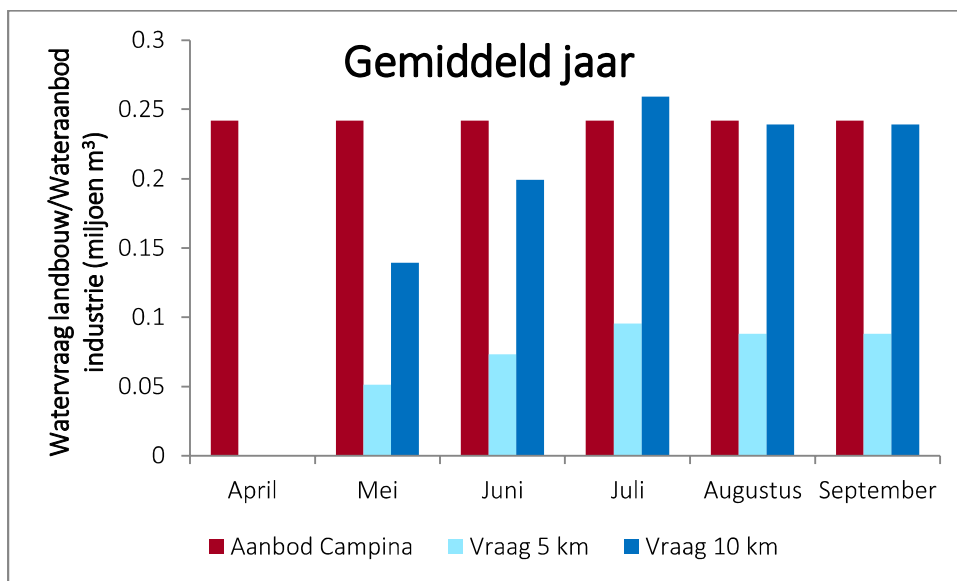
Appendix 6, jaartotalen van RWZI's Haarlo en Haaksbergen. Droge jaren 2018 en 2019 uiten zich in het geval van RWZI effluent in verminderde afvoer. Dit is waarschijnlijk vooral te wijten aan de afgenomen contributie van het hemelwater.



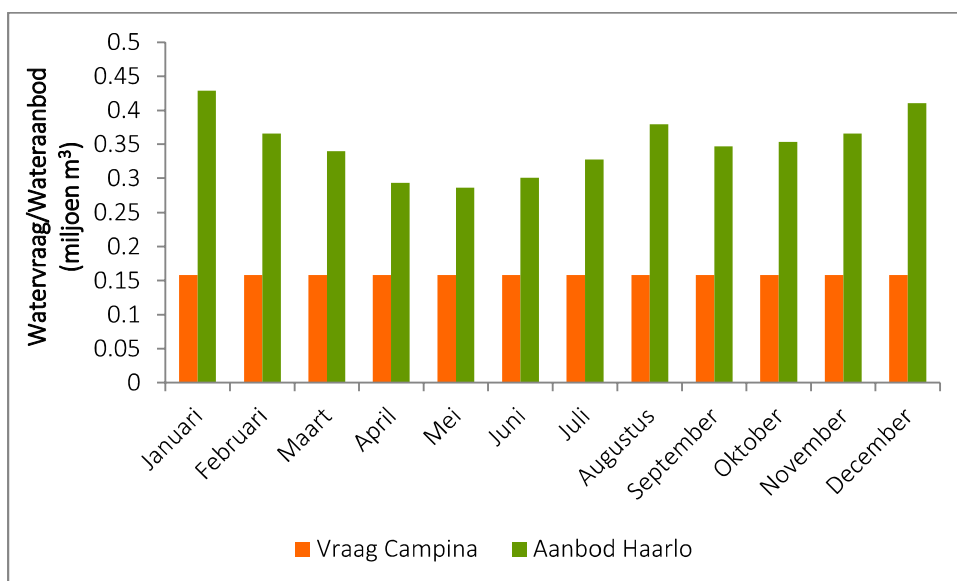
Appendix 7, Berkel afvoer jaartotalen. Opvallend is het feit dat 2019 in afvoertotalen nog droger blijkt dan 2018. Hieruit blijkt dat het bodemvocht en het grondwater nog niet zijn aangevuld in het iets nattere jaar 2019 en de droogte na-ijlt in de afvoeren. Horizontale lijnen geven niveaus van 2018 weer. Tot en met 8 december wordt de totale jaarafvoer van de Berkel in 2020 geschat op 108 miljoen m³ en de neerslag op 580 mm. Rode punten geven droge periode weer zoals gehanteerd in rapport. Afvoeren en neerslagdata op minder dan 5 km van elkaar gemeten bij RWZI Haarlo en KNMI meetstation Hupsel.



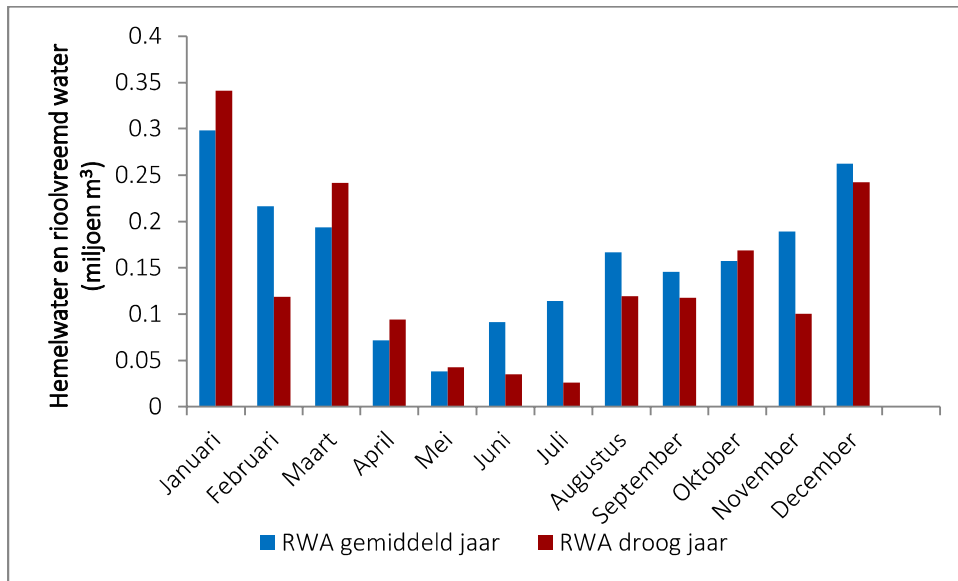
Appendix 8, Wateraanbod van RWZI's en watervraag van de landbouw gedurende het groeiseizoen voor een gemiddeld jaar. In een gemiddeld jaar is de vraag 3x zo klein als in een droog jaar, terwijl het aanbod iets groter is. Vandaar dat er in een droog jaar de volledige vraag tot 10 kilometer van de RWZI's gecompenseerd kan worden met RWZI effluent.



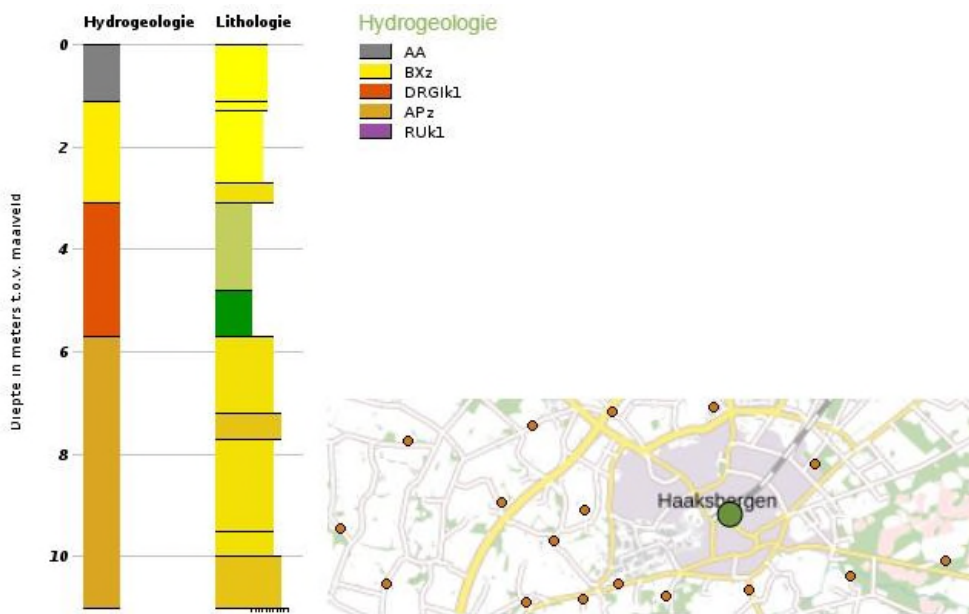
Appendix 9, Watervraag van landbouw en wateraanbod van Campina in scenario 2. In dit scenario is gebruik gemaakt van 2 buffers. Een tot 5 km vanaf de vestiging van Friesland Campina Domo in Borculo en eentje tot 10 km vanaf de vestiging. In dit scenario is aangenomen dat de vraag evenwijdig verdeeld is over het casusgebied omdat niet alle gegevens van grondwater onttrekkers uit het LGR compleet blijken.



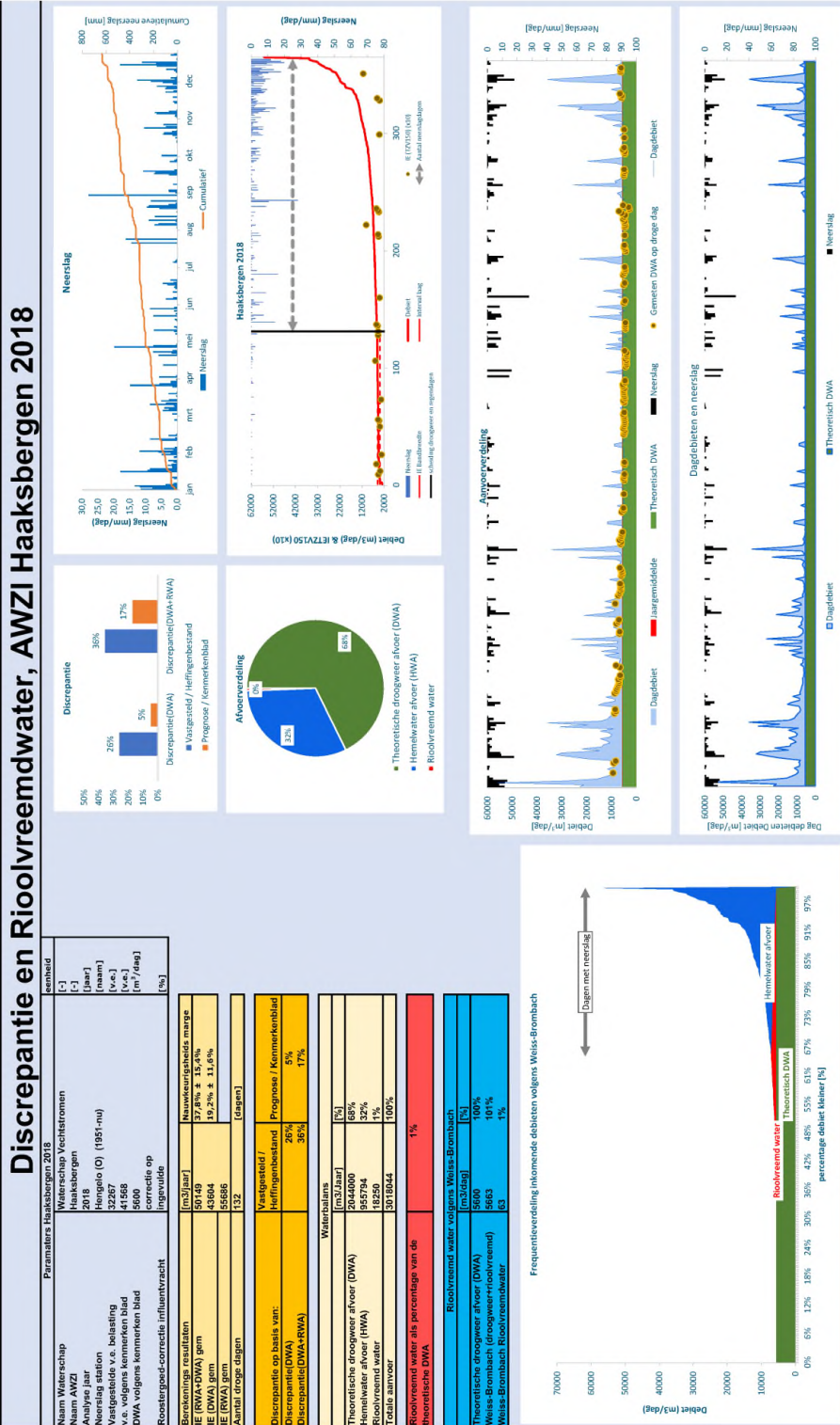
Appendix 10, Watervraag Campina, zowel grondwater (1,0 miljoen m³) als drinkwater (0,9 miljoen m³). En aanbod RWZI effluent afkomstig van RWZI Haarlo, gebaseerd op periode 2010-2019. Watervraag van Campina is aangenomen constant te zijn gedurende het jaar.



Appendix 11, Hoeveelheden hemelwater en rioolvreemd water (RWA) geschat door RWZI's Haarlo en Haaksbergen. Influent hoeveelheden van beide RWZI's geregistreerd over periode 2015-2019. Droog jaar situatie is gebaseerd op influent hoeveelheden van jaren 2018-2019.



Appendix 12, REGIS II boormonsterprofiel B34E0109, centraal gelegen in Haaksbergen. De Drenthe formatie wordt hier gekenmerkt door een leem- en kleilaag. De kleilaag ligt op 5 meter beneden maaiveld. En de zandige pakketten zijn lokaal zelfs maar 3 meter dik. Bij extra gestuurde infiltratie vanuit infiltratievijvers en wadi's in scenario 4 (afkoppelen) is er risico op wateroverlast. In het westen van het casusgebied is dit probleem minder aan de orde (figuur 6).



BIJLAGE III

VERSLAG WEBINAR

III.I VERSLAG VAN HET WEBINAR 'RWZI ALS WATERFABRIEK VOOR EEN ROBUUSTE ZOETWATERVOORZIENING'

Op 28 januari 2021 organiseerden KWR en STOWA het webinar 'RWZI als waterfabriek voor een robuuste zoetwatervoorziening'. In dit webinar zijn resultaten van het gelijknamige STOWA/WiCE²⁹ onderzoeksproject gedeeld, met de focus op een onderzoeksmethodiek die ingezet kan worden voor een eerste verkenning van hergebruiksopties. Zo'n tachtig professionals uit verschillende werkvelden, waaronder waterschappen, gemeenten, adviesbureaus en drinkwaterbedrijven uit Nederland en Vlaanderen, luisterden naar de presentaties en namen enthousiast deel aan de discussies, chats en mentimeter vragen.

Nadat dagvoorzitter Klaasjan Raat (KWR) iedereen welkom had geheten, introduceerde Ferdinand Kiestra (Waterschap Aa en Maas) het concept RWZI als Waterfabriek met als achtergrond het circulaire initiatief 'Energie- en grondstoffenfabriek'³⁰. Op verschillende locaties in Nederland wordt effluent extra nagezuiverd met als doel een betere waterkwaliteit en de mogelijkheid om effluent als 'nieuw water' in te zetten. Hiermee kan hergebruik van effluent een bijdrage leveren aan een betere watervoorziening en bijvoorbeeld droogte bestrijding.

ONDERZOEKSPROJECT

Vervolgens lichtte Ruud Bartholomeus (KWR) de achtergrond van het onderzoeksproject toe. Voor hergebruik van effluent is een integrale blik onontbeerlijk: de waterketen en het watersysteem komen hier namelijk samen. Daarnaast zijn er implicaties op verschillende niveaus, van technische aspecten (zuivering, transport, opslag) en milieu-effecten tot aan juridische en maatschappelijke vraagstukken. In dit onderzoek is een methodiek ontwikkeld om een eerste aanzet te geven voor een dergelijk vraagstuk, met de waterbalans als startpunt. In het webinar werd deze methodiek gepresenteerd, alsmede de uitwerking voor twee regionale casussen in Nederland (Aa en Maas en Delfland).

METHODIEK

De methodiek werd door Henk Krajenbrink (KWR) gepresenteerd in de vorm van een stappenplan, dat door deelnemers zelf in een regio toegepast kan gaan worden. Dit stappenplan helpt om een conceptueel model te ontwikkelen van het *antropogene watersysteem* (de waterketen en alle door mensen beïnvloede waterstromen die raken aan het natuurlijke watersysteem), waarin zowel de huidige situatie als scenario's kunnen worden uitgewerkt. Met het model kunnen systeemeffecten worden vergeleken (bijvoorbeeld vermindering van de druk op het grondwater of mate van zelfvoorzienendheid en knelpunten in de interactie met het watersysteem worden geïdentificeerd. De methodiek wordt uitgebreid beschreven in het eindrapport van het onderzoeksproject, dat in het voorjaar r beschikbaar komt. In de chat en de discussie die volgde werd vaak de link gelegd tussen waterketen en watersysteem: effluent dat schijnbaar 'ongebruikt' wegstroomt kan heel belangrijk zijn voor het watersysteem, bijvoorbeeld om beken watervoerend te houden. Daarnaast deelden deelnemers verschillende hergebruikscasussen in de chat.

29 Het programma 'Water in de Circulaire Economie' van de Nederlandse drinkwaterbedrijven en de Vlaamse De Watergroep

30 <https://www.efgf.nl/>

CASUSSEN

De uitwerking van de methodiek voor twee regio's werd in twee parallele sessies gepresenteerd. In deze sessies presenteerden onderzoekers de resultaten van het onderzoek naar het betreffende gebied, waarna de 'casushouder' (medewerker van het betreffende waterschap) reflecteerde op de resultaten en er ruimte was voor vragen en discussie.

In de casus 'Aa en Maas' richtten onderzoeker Henk Krajenbrink en Ferdinand Kiestra zich op hergebruik in de landbouw en de industrie, maar werd ook een optie voor extra grondwateraanvulling belicht. Op de hoge zandgronden zijn echter niet alleen de problemen rondom droogte en lage grondwaterstanden een belangrijk aandachtspunt. De effecten van hergebruik op de watervoerendheid van de beken mag niet uit het oog worden verloren. Dit laatste is vooral bij hergebruik in de landbouw een cruciaal aandachtspunt, omdat daarbij het debiet van het effluent op de beek tijdens droge perioden afneemt. In deze sessie werd tevens kort het aanverwante onderzoek naar de kosten van hergebruiksopties gepresenteerd door Duska Disselhoff (FrontierVentures). Hierin werd onder andere aandacht besteed aan hoe de kosten en de baten van maatregelen een rol hebben in systeemoplossingen.

In de casus 'Delfland' vertelde onderzoeker Sija Stofberg (KWR) over mogelijkheden voor het gebruik van effluent ten behoeve van de glastuinbouw, het oppervlaktewaterbeheer en drinkwatervoorziening, waarna Harald ten Dam (Hoogheemraadschap van Delfland) hierop reflecteerde. Hergebruik kan de zelfvoorzienendheid van Delfland vergroten. Het aanbod van effluent is dermate groot dat hergebruiksopties elkaar niet hoeven uit te sluiten. Aandachtspunt in deze regio is het gebrek aan bergingsruimte, waardoor mismatches in de tijd tussen vraag en aanbod lastig overbrugbaar zijn.

REACTIE VAN DE DEELNEMERS

Terug in de plenaire sessie leidde Klaasjan Raat de discussie aan de hand van vragen via Mentimeter. Uit de reacties op de deelsessies viel op dat de cases met interesse waren gevolgd. De grote potentie van effluent, de aanbodgestuurde aanpak en de mogelijkheid om effluent in te zetten voor de drinkwaterproductie werden onder andere) opvallend gevonden. Daarnaast noemden verschillende deelnemers het belang om meer actie te ondernemen rondom dit onderwerp.

Op de vraag wat voor de deelnemers de belangrijkste drivers waren om hergebruik te onderzoeken, was het meest genoemde antwoord 'droogte', maar ook kosten, duurzaamheid, circulariteit en waterzekerheid kwamen meerdere malen aan bod. De hergebruiksopties die men graag zelf zou willen onderzoeken waren met name landbouw en grondwateraanvulling. De gepresenteerde methodiek werd door de deelnemers over het algemeen helder, overzichtelijk en interessant gevonden, waarbij men beseft dat deze methodiek een eerste aanzet/overzicht geeft door de werkelijkheid in vereenvoudigde vorm in beeld te brengen.

Tot slot kwam de discussie op een breder perspectief: voor verduurzaming en droogtebestrijding is hergebruik van effluent één van de oplossingen, naast bijvoorbeeld vasthouden en bergen van beschikbaar water.

III.II MENTIMETER SLIDES MET REACTIES

Wat vond je opvallend in de deelsessie?

KWR

Aanbod gestuurd en niet vraaggestuurd	!#*%&!\$	Mooie voorbeelden
Beschouwing integrale watercyclus nodig	!#*%&!\$	Grote potentie van effluent
Heldere en illustratieve casus op hoge zandgrond	Alle kwaliteiten zijn haalbaar, debiet is bepalend in hergebruik	De interesse



Wat vond je opvallend in de deelsessie?

KWR

Veel theorie, nu de praktijk nog	Overzicht basis voor samenwerking provincie waterschap drinkwaterbedrijf	Mooie sankeys
Niet lullen maar poetsen! ;)	Interessante link tussen hoeveelheid effluent en potentie tot verschillende soorten hergebruik	Grote potentie en mogelijkheden blijkt uit de verschillende scenario's
Vraag me wel af wat de hoeveelheid stoffen die nog in het effluent aanwezig zijn doen met de grondwaterkwaliteit	mooi overzicht, next step is de (economische) waarde toekennen en daardoor het in de praktijk verder krijgen	Riolvreemdwater meenemen in plaats van regenwater



Wat vond je opvallend in de deelsessie?

KWR

Geen regenwater hergebruik meegenomen

Nog weinig opgeschoten in 10jaar

Vroeg me af of de waterkwaliteit ook wordt afgestemd op het gebruik

Verbanden

Veel neerslag niet benut

Haalbaar ook in kosten

Interessante materie, maar er wordt te weinig ingegaan op de implicaties voor de toekomst van het watersysteem

Duidelijk verhaal van het doorlopen van de 7 stappen

Compleet overzicht (A&M)



Wat vond je opvallend in de deelsessie?

KWR

Veel deelnemers!

Wet en regelgeving is ook een belemmering.

Wat vragen wij in dit kader van een nieuw kabinet?



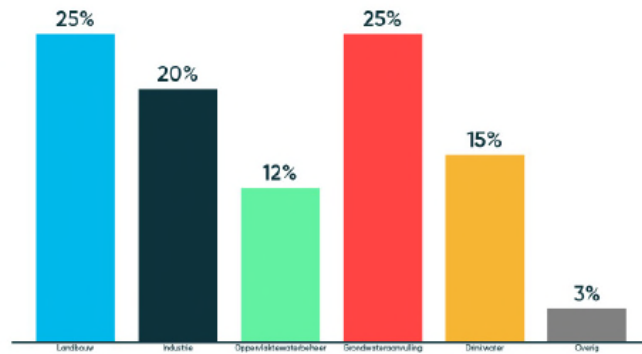
Wat zijn voor jou de belangrijkste drivers om hergebruiksopties te onderzoeken?

KWR



Welke (hergebruik)opties zou je willen onderzoeken voor jouw (werk/interesse) gebied?

KWR



Wat vind je van de gepresenteerde methodiek om dit vraagstuk aan te pakken?

KWR



Wat vertel je je collega (of huisgenoot/kat/hond) bij de koffie morgen over dit webinar?

KWR

Was leerzaam	Goed overzicht wat lopende is	Kort douchen
de wereld verandert	Nieuwe inzichten	De methodiek
Inzicht verschaft! 😊	!#* &!\$	"Al eens van Aquavest gehoord?"



Wat vertel je je collega (of huisgenoot/kat/hond) bij de koffie morgen over dit webinar? KWR

Papa heeft weer eens de hele middag over water gepraat	Weet je waar die koffie mee gezet is?	Dit onderwerp krijgt serieus de aandacht
!#*&!\$	Goed om eens na te denken over de opties rondom hergebruik	Er kan al veel
Ik denk dat er vooral haast moet worden gemaakt met het implementeren van oplossingen	!#*&!\$	Dat het goed verliep 😊



Wat vertel je je collega (of huisgenoot/kat/hond) bij de koffie morgen over dit webinar? KWR

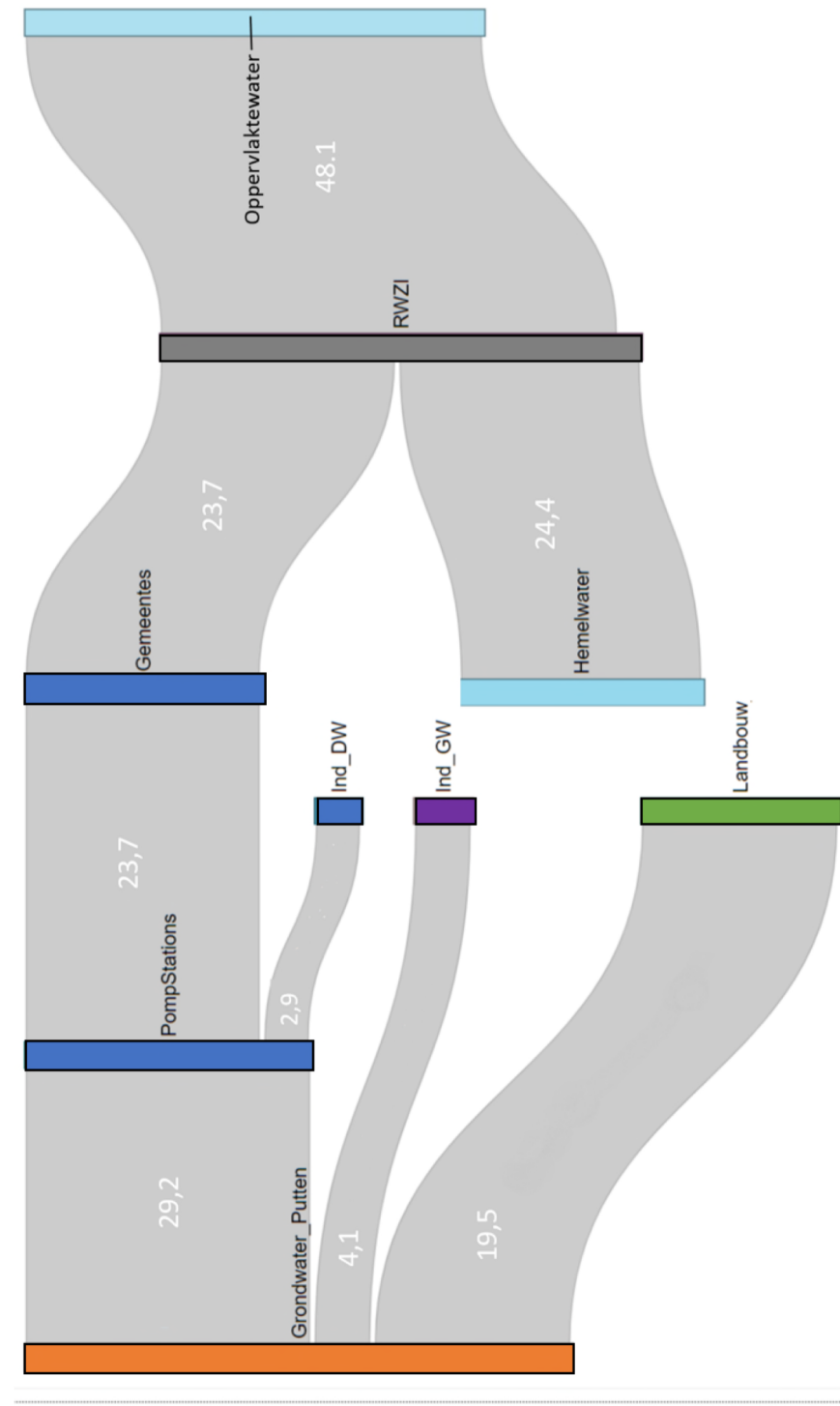
Op weg naar een circulair systeem & samenwerking!	De toekomst is anders met water omgaan. Wees zuinig, ook nu al.	Water vasthouden moet ook
De waterschaarste blijft een latent probleem	Interesse is groot, praktijk nog (ver) weg	helaas zitten we allen coronagewijs thuis !
Opvallend hoog gebruik van grondwater	De er meer mogelijkheden zijn, dan we momenteel toepassen, als we een goed beeld hebben vd omgeving	Hopelijk snel weer in een zaal!



BIJLAGE IV

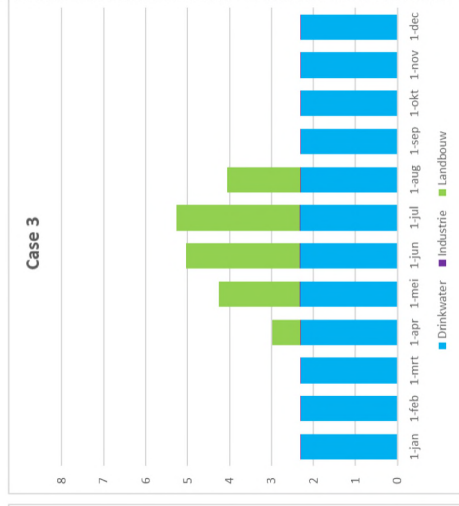
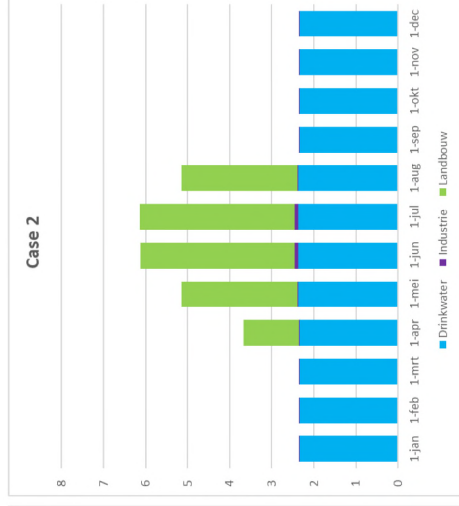
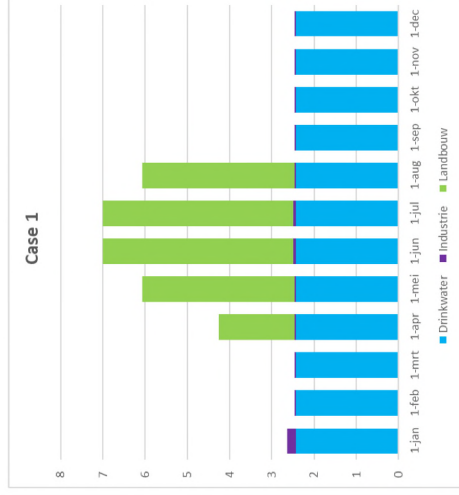
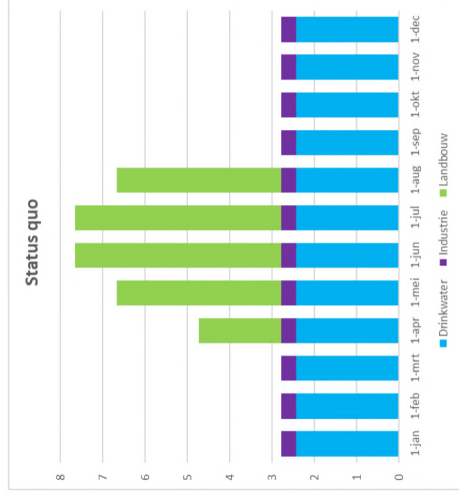
RESULTATEN AQUAVEST

Overzicht waterstromen – status quo (2019)



Overzicht van resultaten: watergebruik

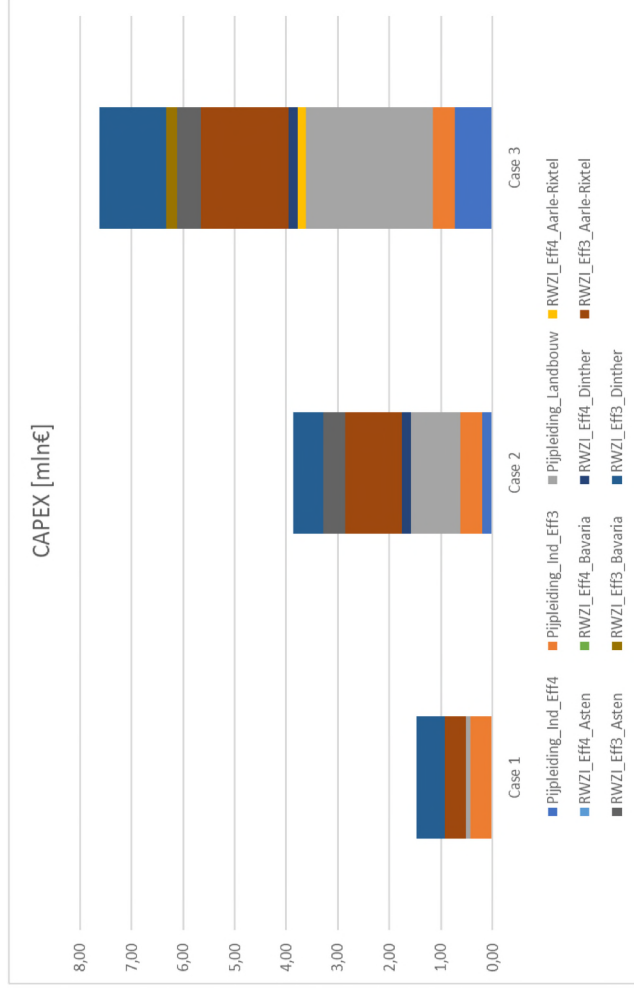
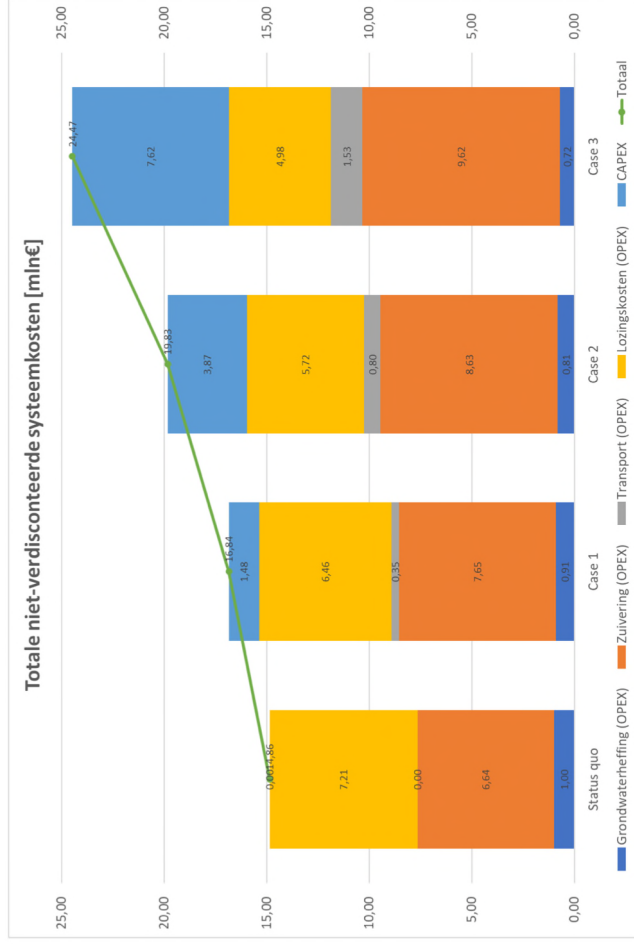
Grondwaterinname per maand, per sector (referentiejaar: 2019)



- Reduceren totale grondwateronttrekking met:
- 5M m3 per jaar (case 1)
 - 10M m3 per jaar (case 2)
 - 15M m3 per jaar (case 3)

	Status Quo	Case 1	Case 2	Case 3
Grondwatergebruik per jaar	52,8	47,8	42,8	37,8
Gebruik maand juli	7,6	7,0	6,1	5,3
Grondwater naar pompstations	29,2	29,2	28,3	27,6
Drinkwater naar gemeentes (via pompstations)	23,7	23,7	23,7	23,7
Drinkwater naar industrie (via pompstations)	2,9	2,9	2,0	1,4
Grondwater naar landbouw	19,5	18,0	14,2	10,0
Grondwater naar industrie	4,11	0,51	0,33	0,19
Totale CAPEX [mln €]	0,0	1,5	3,9	7,6
Totale systeemkosten 2019 [mln €]	14,9	16,8	19,8	24,5

Overzicht van resultaten: kosten



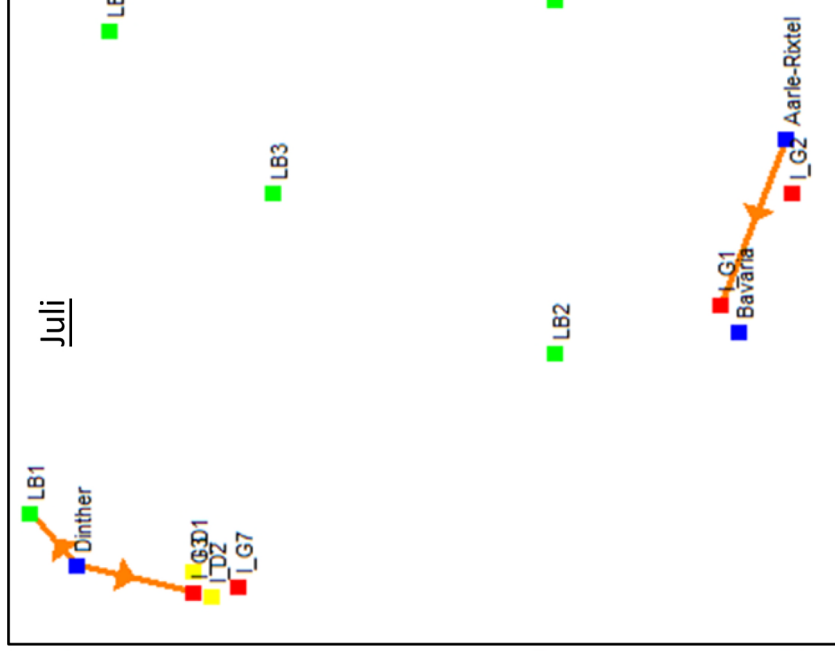
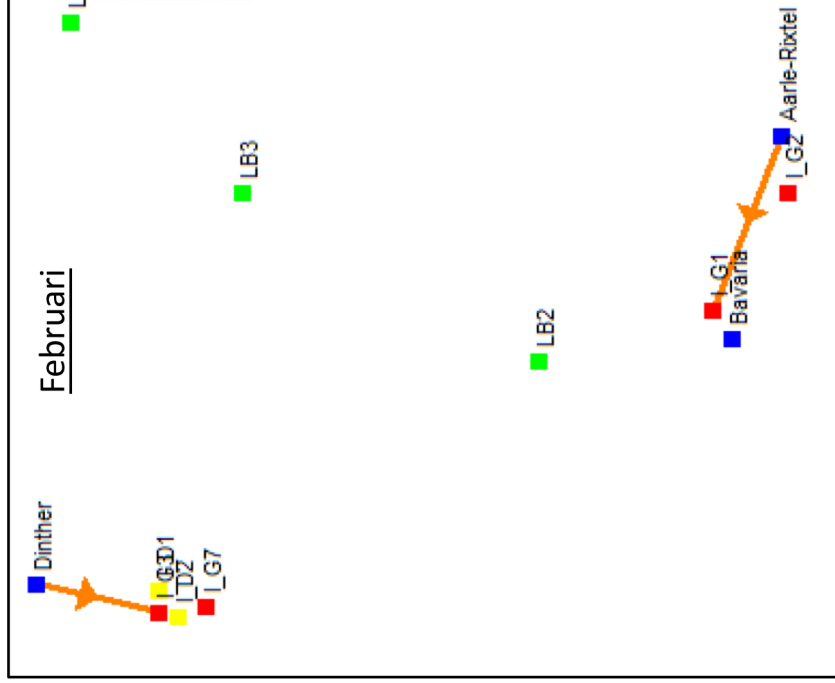
Belangrijkste observaties jaarlijks terugkerende kosten:

- De zuiveringskosten, de transportkosten en de investeringskosten (CAPEX) nemen toe naarmate er meer effluënten worden ingezet
- De lozingskosten nemen af naarmate er meer effluënten moeten worden ingezet ter vervanging van grondwater

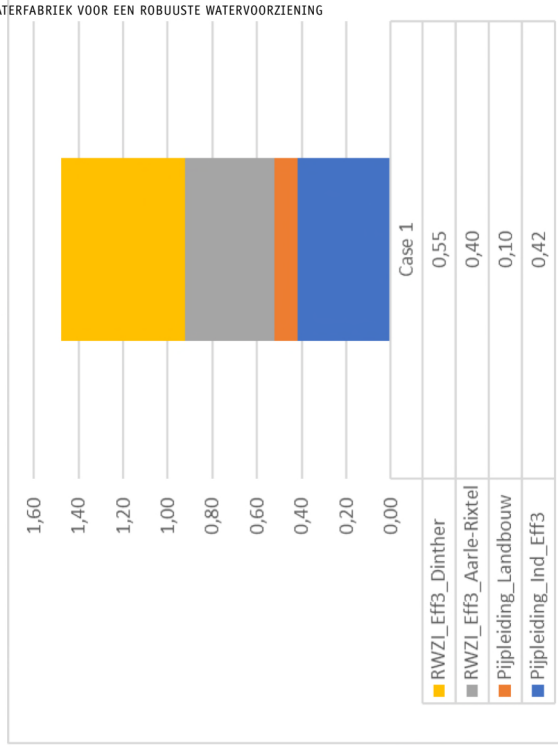
Belangrijkste observatie CAPEX onderdelen:

- De investeringskosten per 1M m3 per jaar grondwaterbesparing worden hoger naarmate de totale grondwaterbesparing hoger is
- Het meenemen van opslag verlaagt de investeringskosten in de zuiveringen en pijpleidingen door verlaagde capaciteit

Case 1 – Systeemoplossing



Total CAPEX required: EUR1,48M



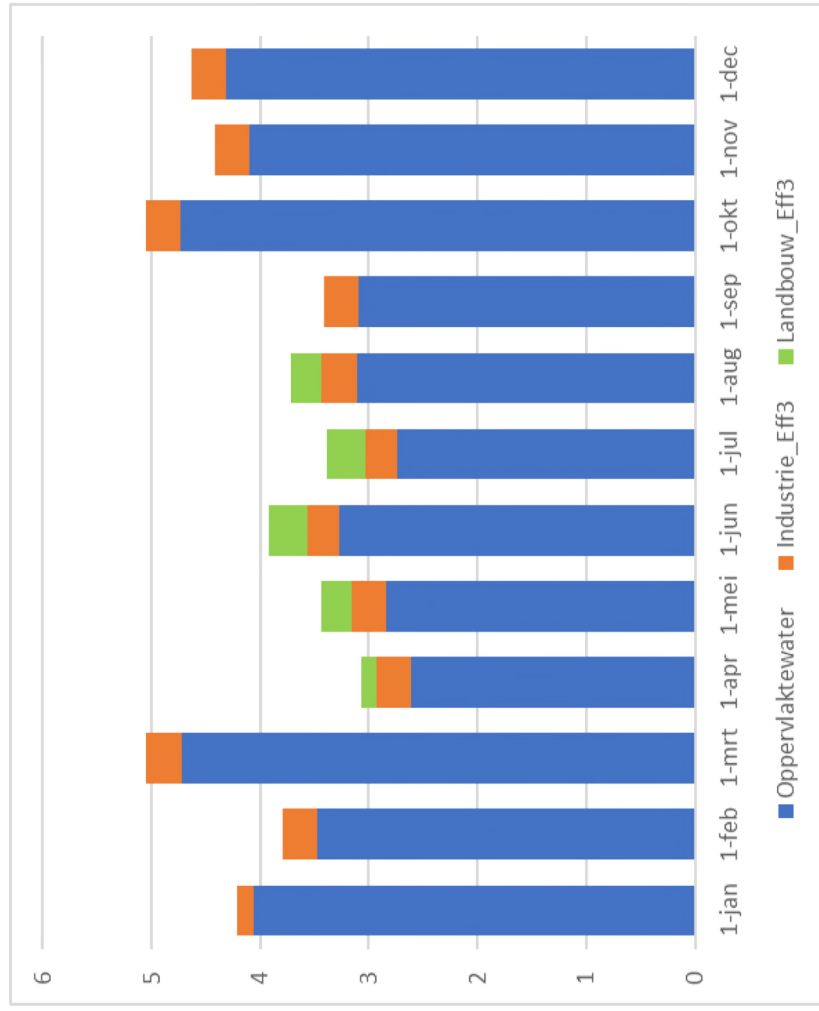
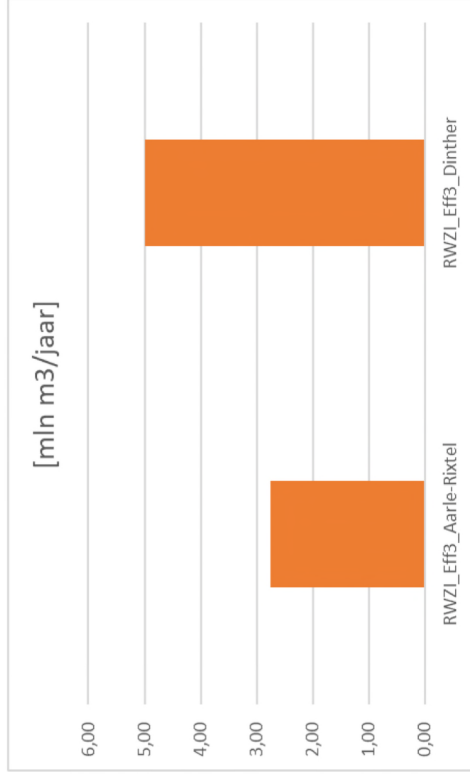
Case 1 – bestemming RWZI effluenten

Vraag

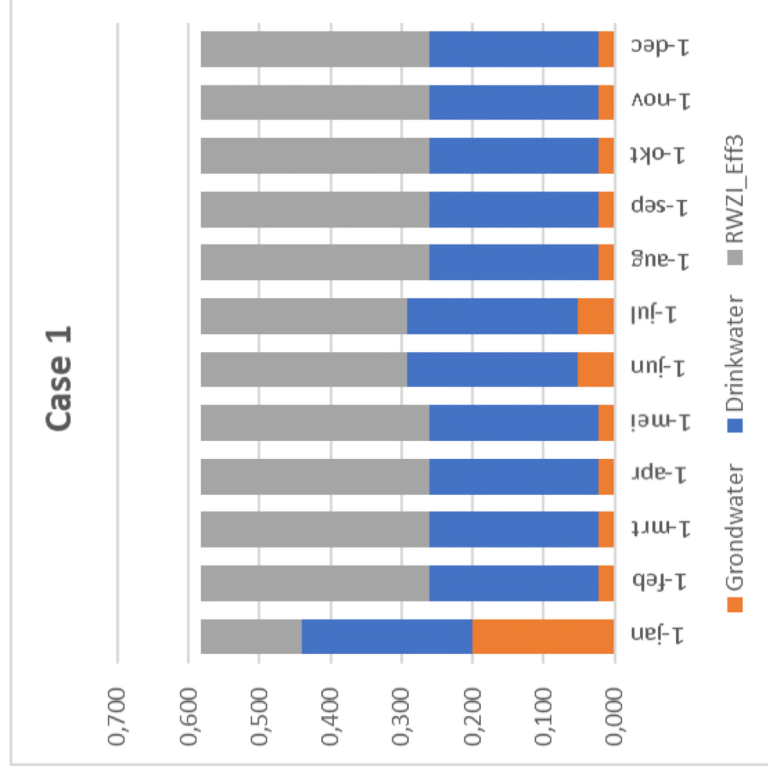
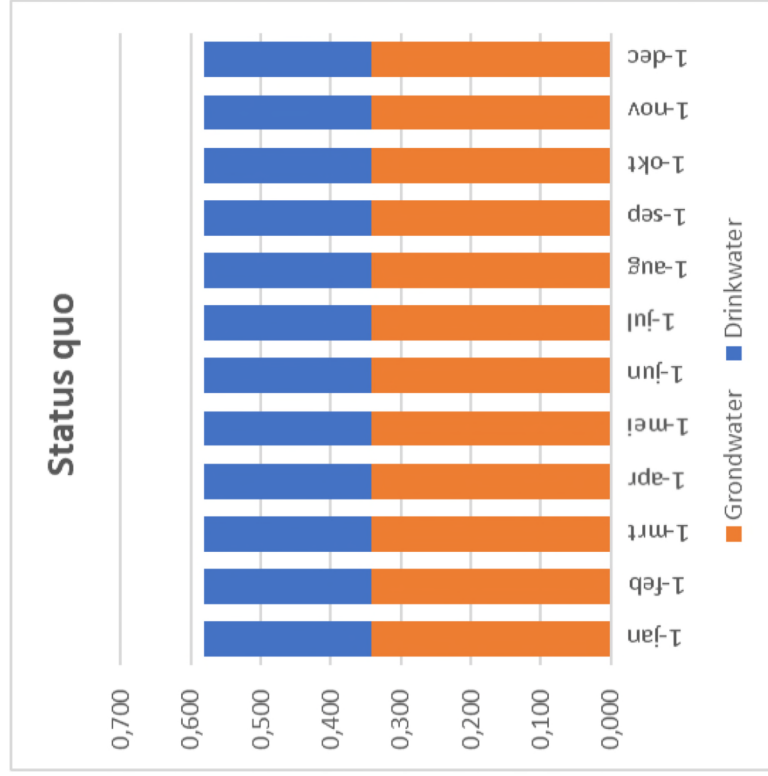
Waarom wordt het deel eff3 dat in de zomer naar de landbouw gaat in de overige maanden van het jaar niet naar de industrie getransporteerd, zeker als de pijpleidingen er al liggen?

Antwoord

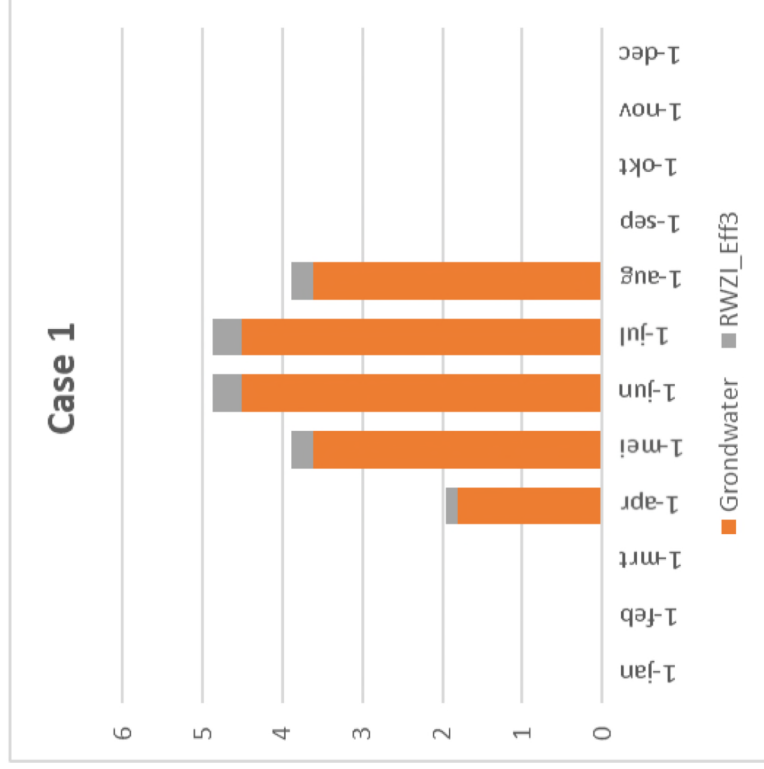
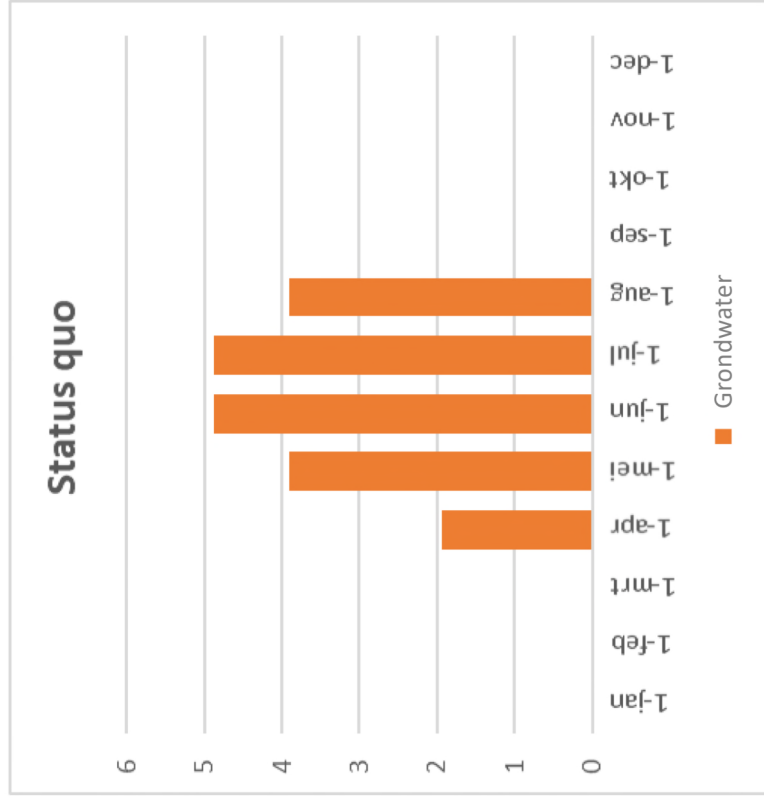
Hoewel CAPEX al gespendeerd is, is op basis van variabele kosten de inname van grondwater nog steeds goedkoper dan de inname van effluent....



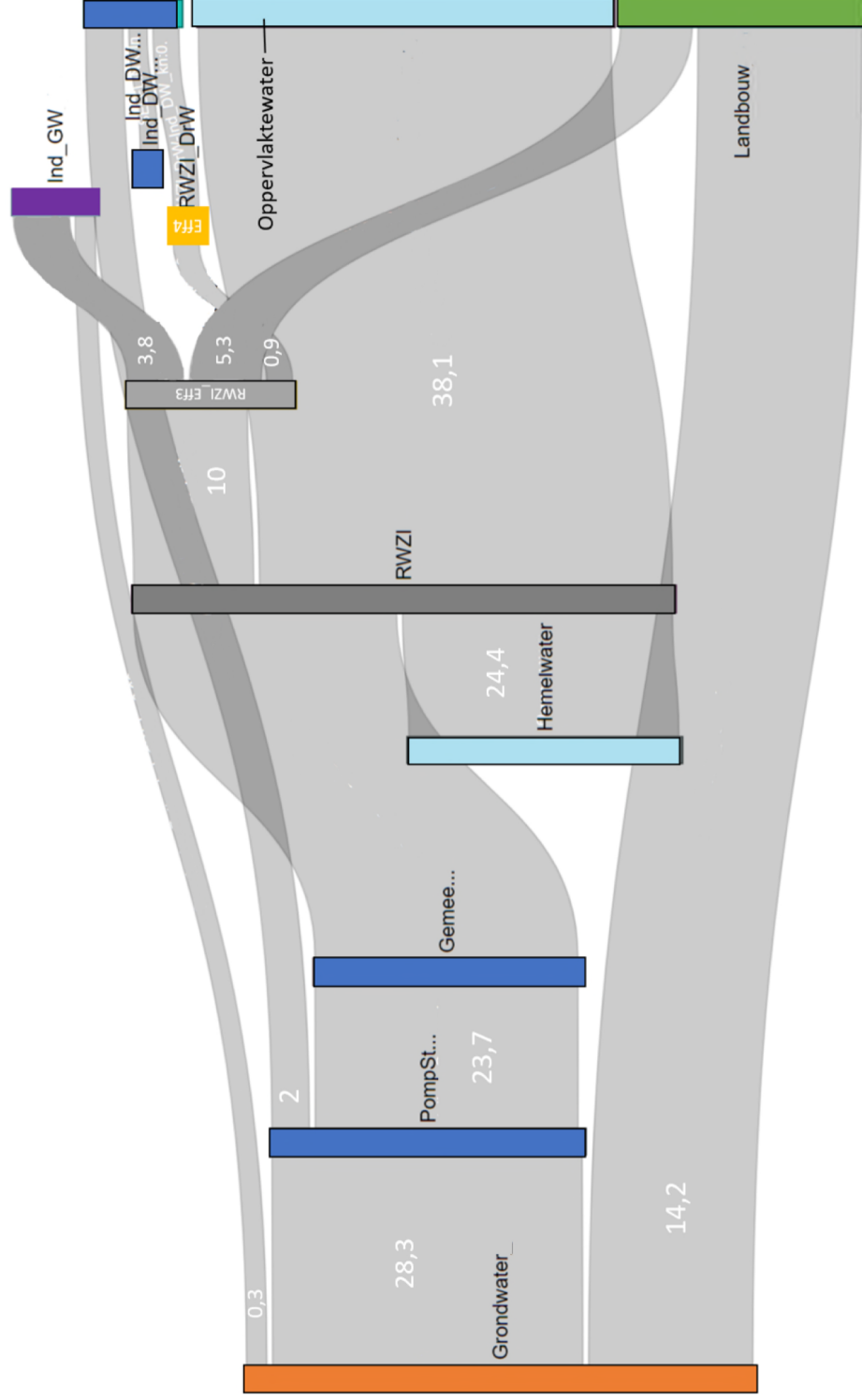
Case 1 – Overzicht inname industrie



Case 1 – Overzicht inname landbouw



Case 2 - Overzicht waterstromen (2019)



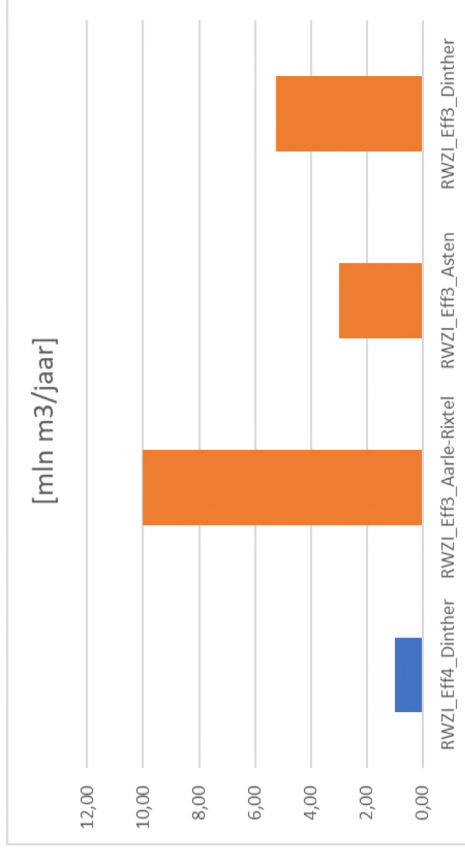
Case 2 – bestemming RWZI effluenten

Vraag

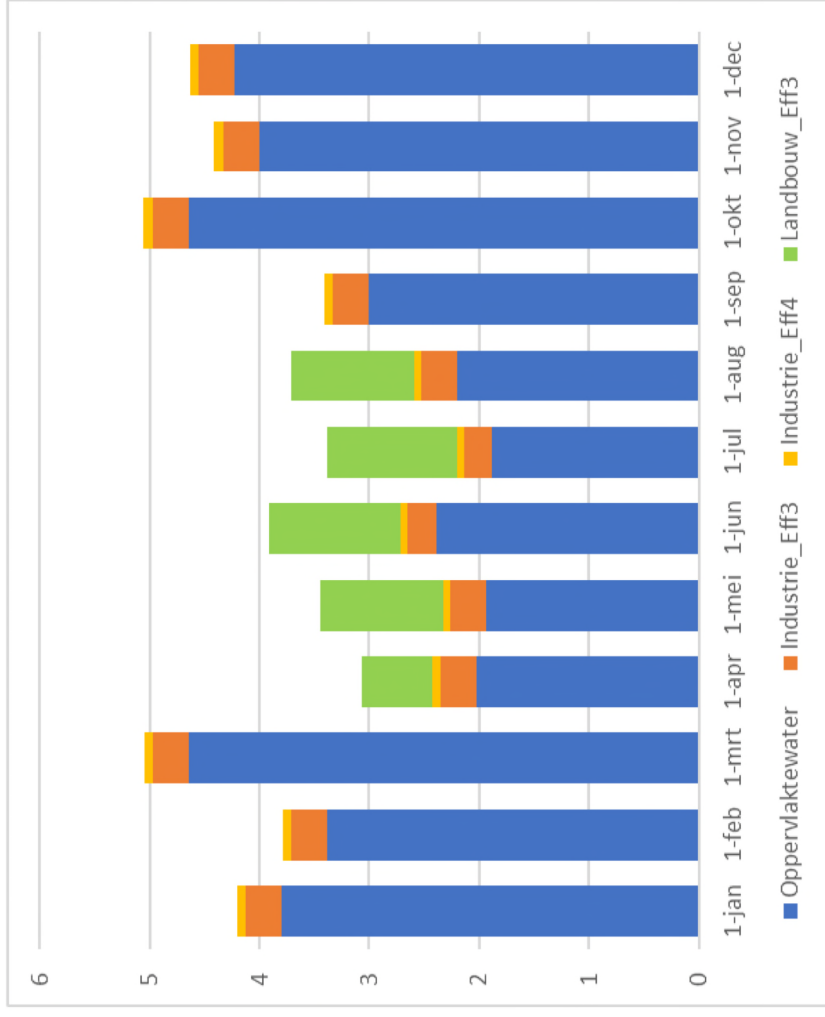
Waarom wordt het deel eff3 dat in de zomer naar de landbouw gaat in de overige maanden van het jaar niet naar de industrie getransporteerd, zeker als de pijpleidingen er al liggen?

Antwoord

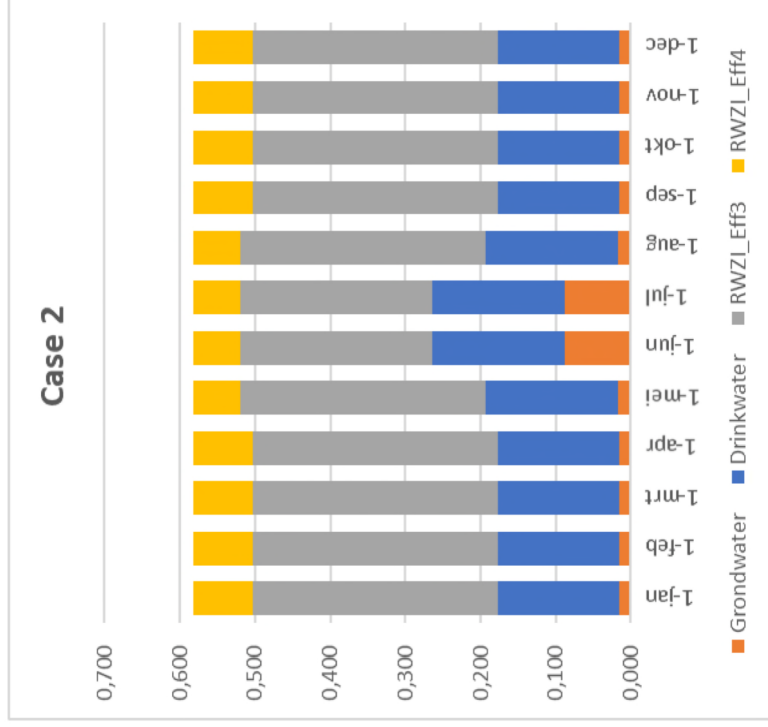
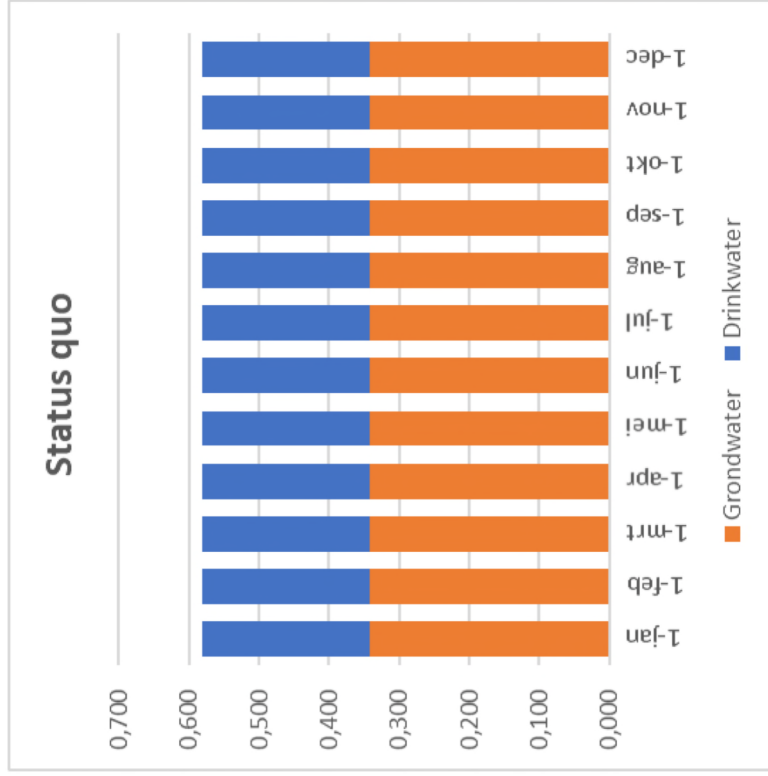
Hoewel CAPEX al gespendeerd is, is op basis van variabele kosten de inname van grondwater nog steeds goedkoper dan de inname van effluent....



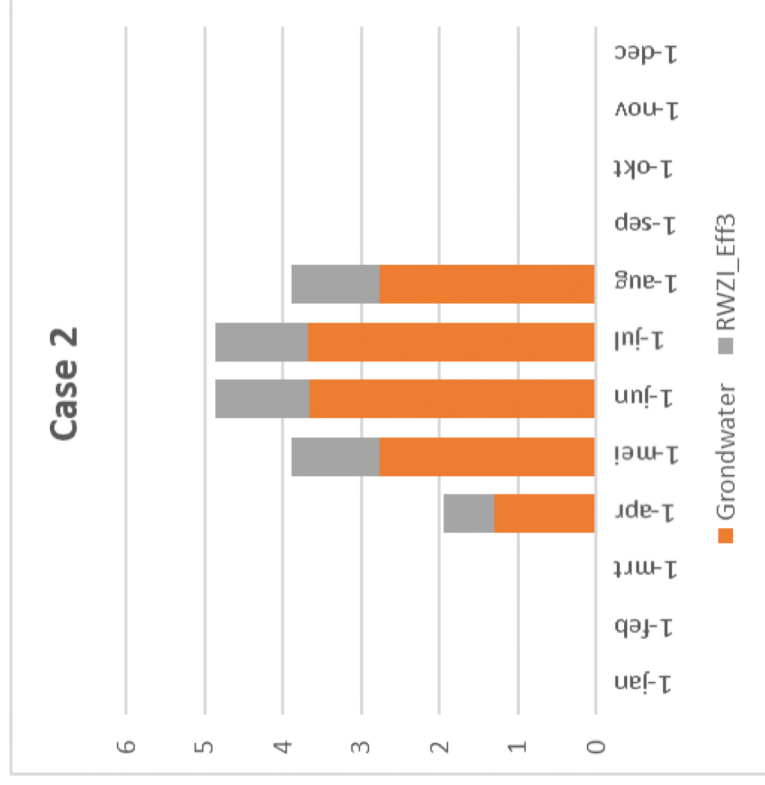
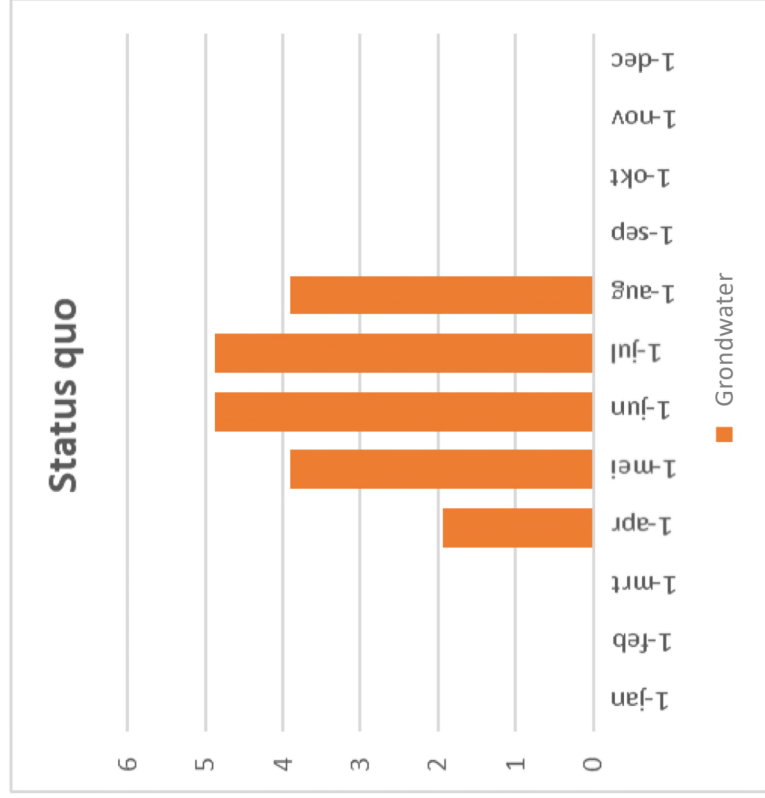
Grootte van de zuiveringen



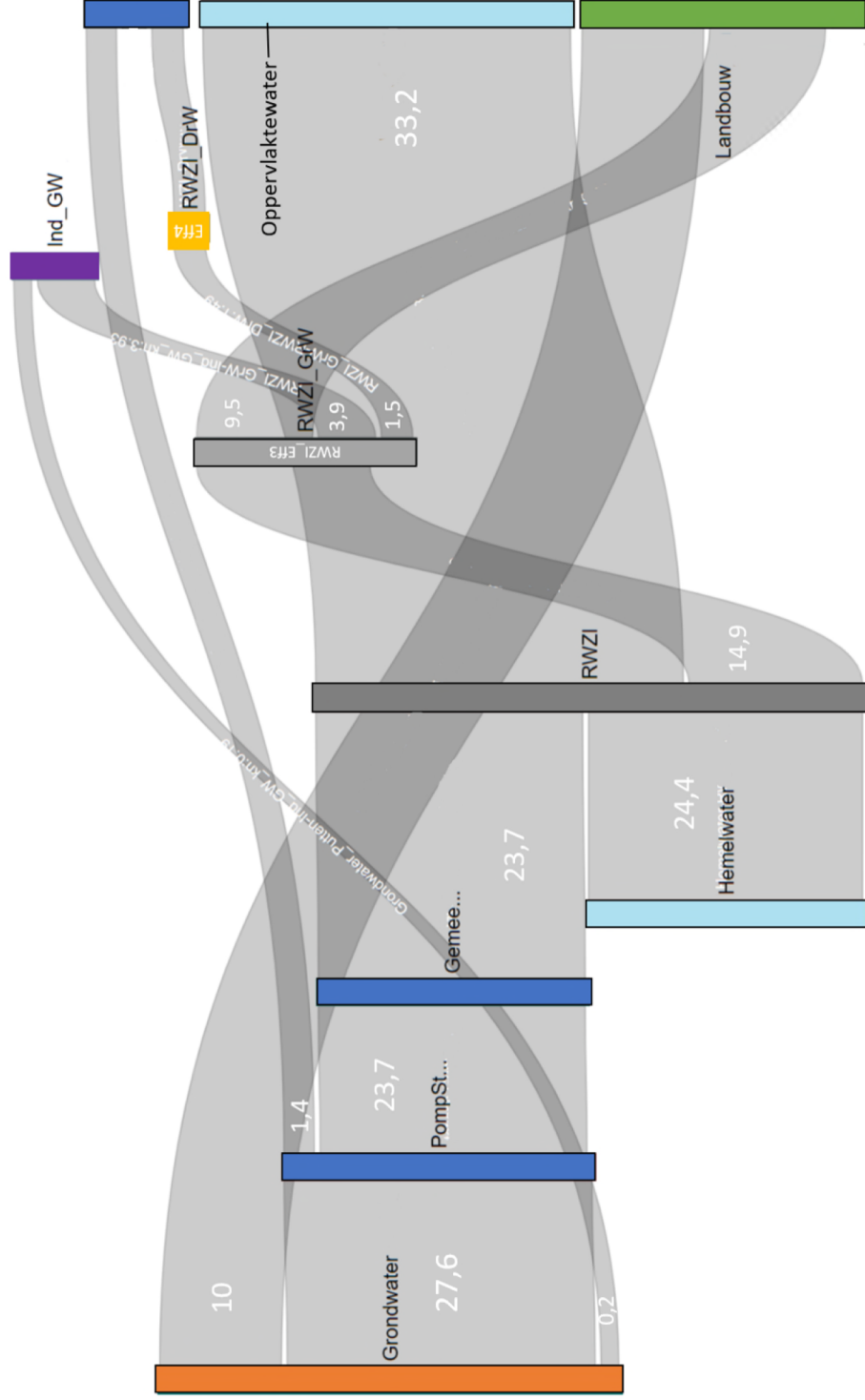
Case 2 – Overzicht inname industrie



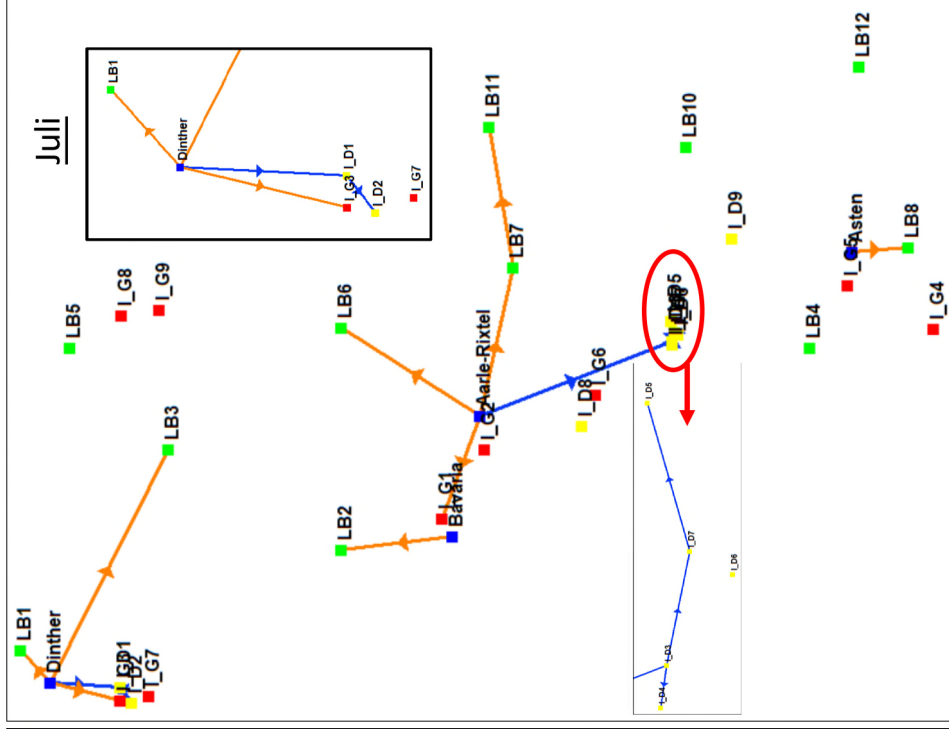
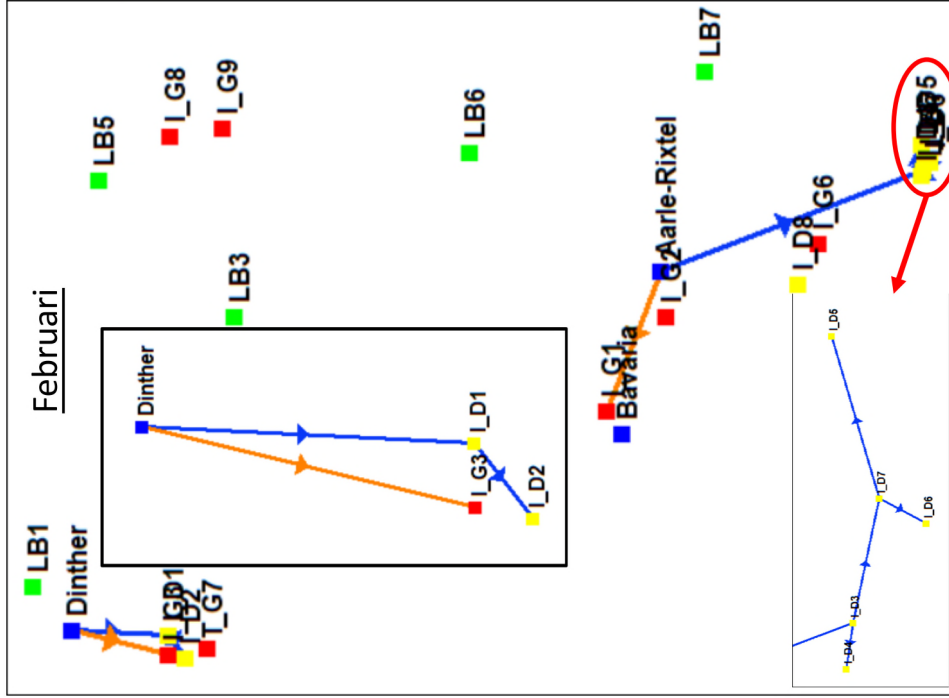
Case 2 – Overzicht inname landbouw



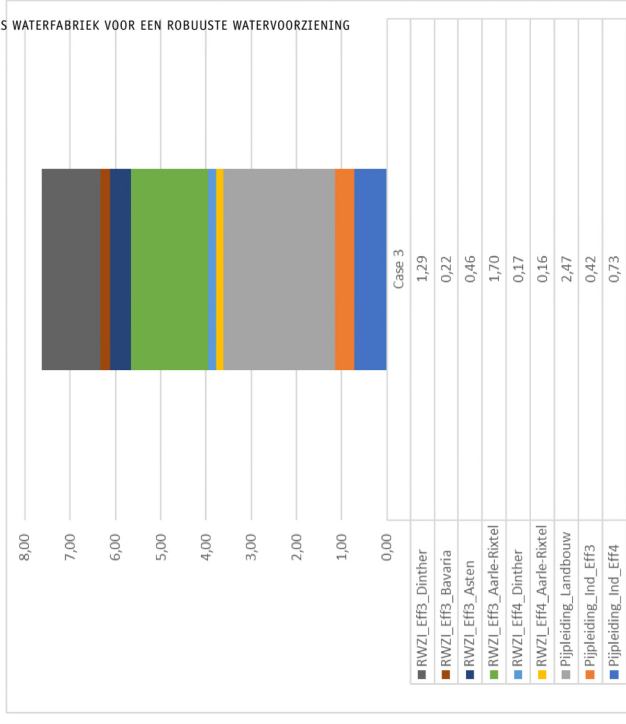
Case 3 - Overzicht waterstromen (2019)



Case 3 – Systeemoplossing



Total CAPEX required: EUR7,62M



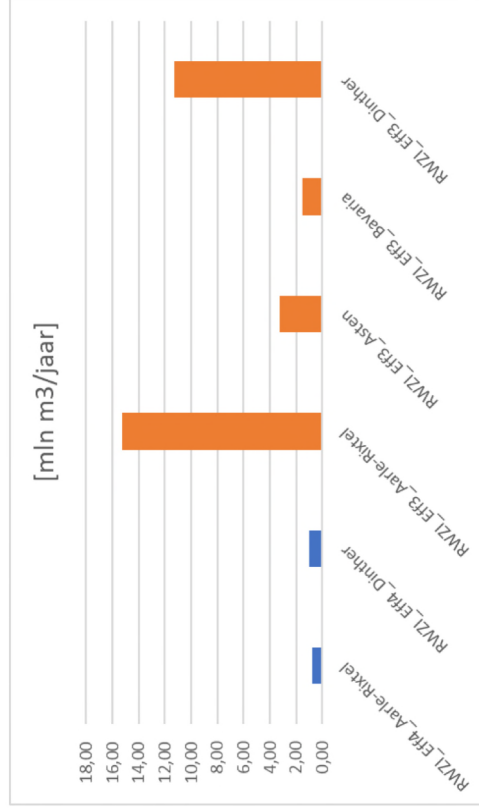
Case 3 – bestemming RWZI effluenten

Vraag

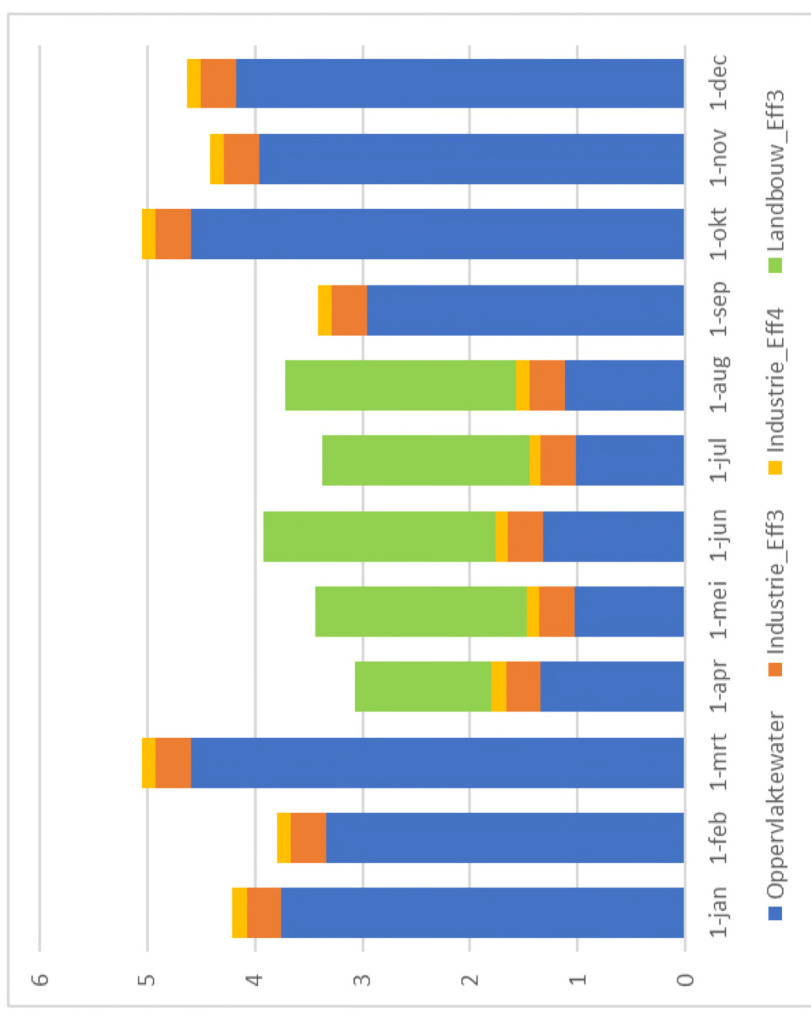
Waarom wordt het deel eff3 dat in de zomer naar de landbouw gaat in de overige maanden van het jaar niet naar de industrie getransporteerd, zeker als de pijpleidingen er al liggen?

Antwoord

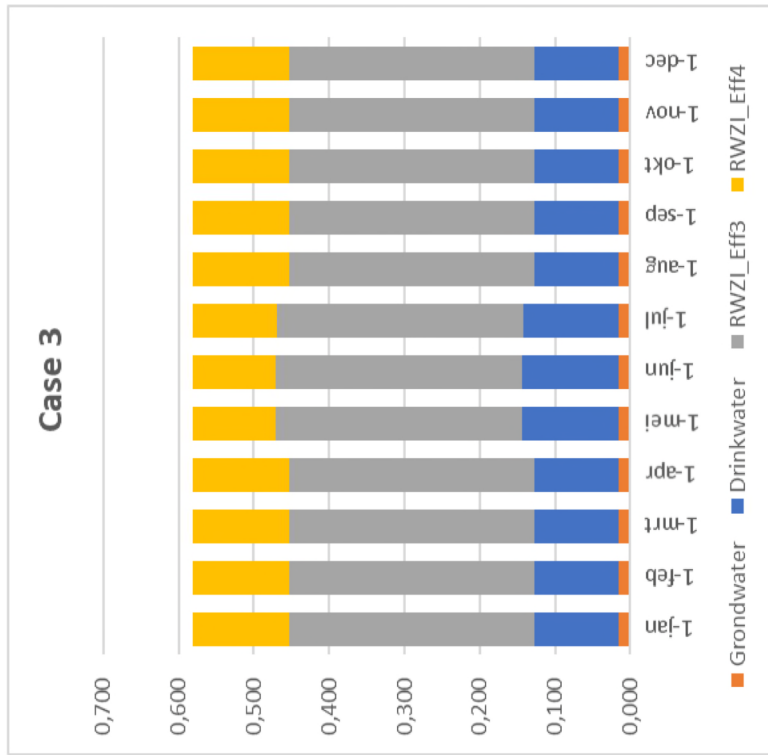
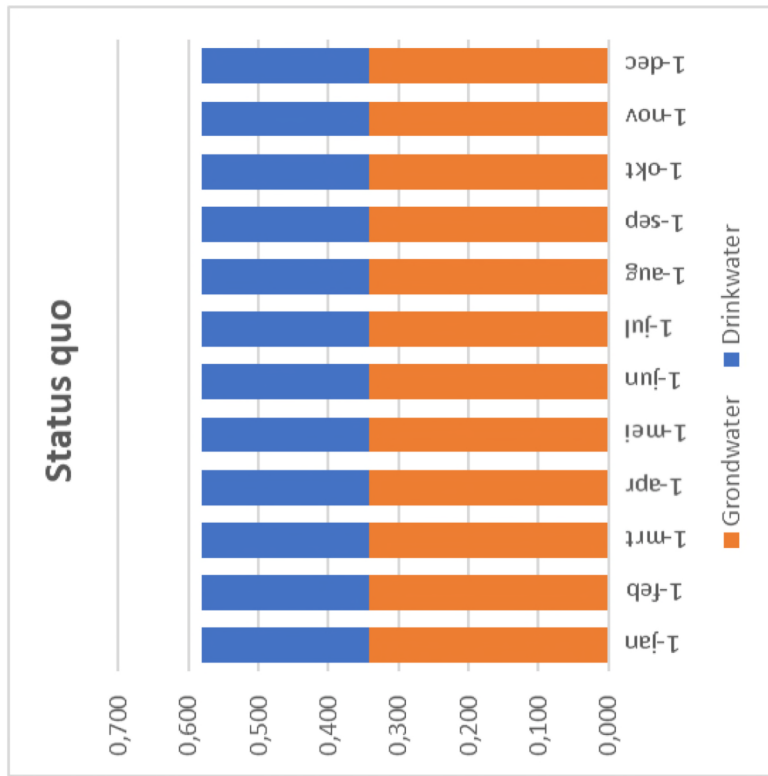
Hoewel CAPEX al gespendeerd is, is op basis van variabele kosten (met name door de lage grondwaterheffing!) de inname van grondwater goedkoper dan de inname van effluent....



Grootte van de zuiveringen (Mm3 per jaar)



Case 3 – Overzicht inname industrie



Case 3 – Overzicht inname landbouw

