

Haalbaarheidsstudie DBW Prominent

Inzet van Delft Blue Water (DBW) voor
gietwatervoorziening via ondergrondse
waterberging (ASR) bij pilotlocatie Prominent

KWR KWR 2014.091 | December 2014

Opdrachtnummer

400532

Projectmanager

Dr. M.S. (Marthe) de Graaff & ir. L. (Luc) Palmen

Opdrachtgever

Evides Industriewater

Kwaliteitsborger(s)

Dr. ir. M.A.A. (Marcel) Paalman

Auteur(s)

ir. M.L. (Martin) van der Schans, K. (Koen) Zuurbier
Msc, ir. J.W. (Jan Willem) Mulder

Verzonden aan

Deze versie van het rapport is openbaar

Jaar van publicatie

2014

Meer informatie

ir. M.L. van der Schans

T +31 30 6069 537

E Martin.van.der.Schans@kwrwater.nl

Samenvatting

Het doel van dit project is het verkennen van de haalbaarheid om Delft Blue Water (DBW) in te zetten voor de gietwatervoorziening van de glastuinbouw in het Westland door gebruik te maken van ondergrondse waterberging (Aquifer Storage and Recovery). Daar het tomatenteeltbedrijf Prominent te s' Gravenzande al beschikt over een ASR-systeem, is de focus van deze haalbaarheidsstudie gericht op deze casus.

Waarom Delft Blue Water als gietwaterbron?

Naast hemelwater gebruiken veel tuinders brak grondwater als basis voor gietwater. Maar om als gietwater gebruikt te kunnen worden, moet dit water eerst ontzilt worden. Hierbij ontstaat een zoute afvalstroom, ook wel brijn of membraanconcentraat genoemd, welke geloosd wordt in de diepere ondergrond. Voor deze lozingen is tot 2023 ontheffing verleend. Er wordt daarom gezocht naar alternatieve waterbronnen. Zo is het landelijke beleid 'goed gietwater' gericht op een duurzamer gietwatervoorziening waarbij een collectieve voorziening met hergebruik van effluent hoog op de voorkeursladder staat.

Vanuit een consortium met het Hoogheemraadschap van Delfland, Delfluent Services BV en Evides Industriewater is een project gestart om het effluent van AWZI Harnaschpolder een hoogwaardige toepassing te geven. Onder de naam Delft Blue Water (DBW) wordt bezien of het mogelijk is om dit water in te zetten voor de glastuinbouw (www.delftbluewater.com).

Ook loopt er sinds 2012 in het Westland een pilot gericht op ondergrondse waterberging bij vier tomatenteeltbedrijven van telersvereniging Prominent (www.kwrwater.nl/zoetinzout/westland). Hierbij wordt het neerslagoverschot van de winter in de ondergrond in een brak/zout grondwater geïnjecteerd. Bij behoefte in de kas wordt een deel van dit water als gietwater door de tuinders teruggewonnen. Echter is de watervraag in het groeiseizoen zo hoog, dat behoefte is aan een aanvullende gietwaterbron. De tuinders gebruiken hiervoor brak/zout grondwater wat vervolgens ontzilt wordt tot gietwater.

In dit project wordt dus het DBW-project gelinkt aan het ondergrondse waterbergingsproject bij Prominent en wordt de haalbaarheid in beeld gebracht.

De doelgroep van het project bestaat uit glastuinbouwbedrijven die nu gebruik maken van ontzilt grondwater om aan de watervraag te voldoen. In de praktijk zijn dit vooral bedrijven met een hoge watervraag (> 7.500 m³/ha.jaar) Bedrijven met een lagere watervraag kunnen door opvang van hemelwater in het eigen waterbassin al vaak aan de gietwatervraag voldoen.

Leveren van Delft Blue Water via ondergrondse waterberging als alternatief

Directe levering van Delft Blue Water brengt relatief hoge kosten met zich mee vanwege de benodigde dimensionering om te voldoen aan de piekwatervraag in een relatief korte periode van enkele maanden. Dit nadeel is afwezig indien in tijden van overschot het water ondergronds kan worden opgeslagen voor hergebruik. Er kan dan worden volstaan met een aanzienlijk lagere capaciteit gedurende een langere leveringsperiode.

Benodigde infrastructuur

Een eerste demonstratieproject zou een combinatie kunnen zijn met het reeds lopende project bij Prominent. De benodigde infrastructuur voor het leveren van Delft Blue Water aan Prominent omvat een nog te realiseren installatie op de meest nabij gelegen AWZI Hoek van Holland en een transportleiding naar Prominent. Het water kan op locatie worden opgevangen en ondergronds opgeslagen via de bestaande infrastructuur van gietwaterbassins en injectieputten. Op het terrein zelf is één extra injectieput nodig om het water ook in natte perioden voldoende snel te injecteren, tenzij uit tests blijkt dat het mogelijk is om de capaciteit van de bestaande putten op te voeren.

Leveringszekerheid

De combinatie met ondergrondse waterberging vergroot de leveringszekerheid. Er is geen directe afhankelijkheid van de productie en van het transportsysteem vanaf de AWZI. Overigens is er wel weer een afhankelijkheid van de lokale gietwaterwinning uit de zoetwaterbel.

Waterkwaliteit en rendement

Gedurende het onderzoek in de demo-kwekerij zijn uitgebreide metingen uitgevoerd om te bepalen of het gietwater vrij is van nevenverontreinigingen en hygiënisch betrouwbaar is. Hieruit blijkt dat het DBW gietwater tenminste gelijkwaardig is aan hemelwater en geen risico's meebrengt voor de volksgezondheid, het milieu en het gewas.

Een randvoorwaarde is dat de zoetwaterbel van voldoende omvang is. Een deel van het geïnfilterde zoete water mengt met brak/zout grondwater en zal vanwege de hoge natriumconcentratie niet bruikbaar zijn voor glastuinbouw. afhankelijk van de locatie is minimaal 30 ha kasdak nodig om voldoende hemelwater op te vangen met een acceptabel rendement van tenminste 60%. Overigens is het rendement op DBW veel hoger, namelijk 91%, aangezien inzet hiervan leidt tot een hogere efficiency door schaalvergoting, en bovendien een groot deel van het DBW direct wordt geleverd aan de kas in drogere perioden en niet via de ondergrond passeert.

Business case: Is de gietwaterprijs concurrerend?

Er is een gunstige business case mogelijk bij afzetvolumes van circa 400.000 m³/jaar. Dit betekent dat DBW voor een groter cluster van bedrijven (>tweehonderd hectare) een aantrekkelijk alternatief kan zijn tegen vergelijkbare kosten als bestaande RO voorzieningen (0,80 – 1,00 €/m³).

Aanleg van DBW voor alleen Prominent leidt tot een hogere gietwaterprijs (1,49 €/m³, zonder marge/onvoorzien) dan RO vanwege de aanlegkosten van een lange transportleiding voor een relatief klein afzetgebied. Er zal dan ook aanvullende financiering of subsidie nodig zijn voor het realiseren van een pilot. Hierbij is dan met name het lange termijn perspectief van opschaling een belangrijk argument. Belangrijk is dat in de huidige situatie het terugwinrendement van zoet water bij Prominent nu nog te laag is. Een lekkage in de ondergrond is hieraan debet. In 2014/2015 wordt hier verder aan gewerkt.

Deelname is momenteel minder aantrekkelijk voor bedrijven met een goed functionerend RO-systeem met een hoge restwaarde. Een alternatief is om in een overgangperiode te werken met mobiele RO installaties welke gietwater produceren uit oppervlaktewater zodat bedrijven geleidelijk bij het gezamenlijke gietwaternetwerk kunnen aansluiten. Op termijn kan dan een transportleiding worden aangelegd om DBW aan te voeren vanuit de AWZI.

Randvoorwaarden en risico's

Voorwaarde is dat de meerderheid van bedrijven met een hoge watervraag (=doelgroep) in een gebied deelnemen. Dit om transportafstand en –kosten van het distributiesysteem te beperken.

Een mogelijke showstopper is dat nabijgelegen bedrijven met een lage watervraag (<5000 m³/ha.jaar) hun hemelwateroverschot gaan delen met de doelgroep. De vraag naar DBW neemt in dat geval af en is mogelijk zelfs overbodig. Deze variant is thans nog niet uitgewerkt, maar ook in dit geval zal een investering moeten worden gedaan in een transportsysteem.

Conclusie

Een collectief DBW-systeem in combinatie met betere benutting van hemelwater via ASR past in het beleid "Goed gietwater". Deze haalbaarheidsstudie geeft aan dat bij voldoende 'volume' deze optie zowel financieel, technisch als beleidsmatig haalbaar is en past in het streven naar een duurzamere gietwatervoorziening, waarbij de injectie van membraanconcentraat ('brijn') in de ondergrond wordt beperkt en op termijn geheel kan worden afgebouwd.

Hoe nu verder?

Aanbevolen wordt dan ook om het concept in de praktijk verder uit te testen op locatie Prominent of op andere locaties waar sprake is van een hoge (extra) watervraag. Belangrijk hierbij is beleidsmatig te sturen op opschaling. Hiervoor is een initiële subsidie op de transportleiding noodzakelijk. Mogelijkheden voor financiële ondersteuning moeten verder worden verkend.

Inhoud

1	Inleiding	6
1.1	Aanleiding	6
1.2	Doel	7
1.3	Leeswijzer	7
2	Aanpak en uitgangspunten	8
2.1	Varianten	8
2.2	Beoordelingscriteria	8
2.3	Werkwijze (“concept reservoirmanagement”)	9
2.4	Uitgangspunten watergebruik Prominent	10
3	Aanvullende watervraag per variant	13
3.1	Variant 1: RO (situatie tot eind 2012)	13
3.2	Variant 2: RO met ASR (huidige situatie)	14
3.3	Variant 3: DBW met ASR	14
3.4	Optimale productiecapaciteit (Variant 3a t/m e)	16
3.5	Variant 4: MRO met ASR	19
4	Rendement en aanpassingen puttenveld	20
4.1	Prestaties van de bestaande ASR	20
4.2	Rendement ASR in de toekomstige situatie	21
4.3	Rendement van DBW	23
4.4	Voorinjectie	23
4.5	Putverstopping	24
4.6	Benodigde aanpassing ASR-systeem	24
5	Kosten	25
5.1	Werkwijze kostenberekeningen	25
5.2	Optimalisatie van capaciteit DBW voor Prominent (variant 3)	26
5.3	Optimalisatie van capaciteit DBW bij opschaling naar de omgeving (‘Groene Weide’)	27
5.4	Optimalisatie variant 4	28
5.5	Kosten van Pilot bij Prominent	29
5.6	Kosten van grootschalige implementatie DBW via ASR	29
6	Evaluatie en conclusies	30
6.1	Evaluatie	30
6.2	Conclusie en advies	31
6.3	Reactie van eindgebruikers	31
6.4	Technisch vervolgonderzoek	31
7	Geraadpleegde literatuur	32

Bijlage I	Opbouw modelinstrumentarium
Bijlage II	Bijlage II Berekening van rendement ASR met SEAWAT
Bijlage III	Afkortingen en begrippenlijst

1 Inleiding

1.1 Aanleiding

Hergebruik gezuiverd effluent (Delft Blue Water; DBW): Vanuit een consortium met het Hoogheemraadschap van Delfland, Delfluent Services BV en Evides Industriewater is in 2009 een project gestart om effluent van de AWZI Harnaschpolder een hoogwaardige toepassing te geven. Onder de naam van Delft Blue Water (DBW) wordt het effluent verder gezuiverd en wordt bezien of dit water kan worden ingezet in de glastuinbouw en als aanvulling van het oppervlaktewater van Delfland.

Verduurzaming gietwater: In de glastuinbouw wordt gebruik gemaakt van gietwaterbassins om het wateroverschot in de winterperiode te bergen voor de zomer. Voor teelten met een hoge watervraag zoals tomaat (>7500 m³/ha.jaar) is deze hoeveelheid niet toereikend. Veel tuinders gebruiken momenteel brak en zout grondwater dat eerst ontzilt moet worden met Reverse Osmosis (RO) om geschikt te zijn als gietwater. Hierbij ontstaat een zoute afvalstroom, 'concentraat' of 'brijn', welke wordt geloosd in de diepere ondergrond (2^e watervoerend pakket). Deze lozingen zijn in beginsel niet toegestaan, maar ontheffing is verleend tot 2022. In de tussentijd moet de sector op zoek naar alternatieven. In 2012 is een landelijk beleidskader "goed gietwater" opgesteld, waarbij een collectieve voorziening met hergebruik van effluent hoog op de prioriteitenladder staan als alternatief voor het gebruik en ontzilt van brak/zout grondwater.

Een klein deel van de glastuinbouw en dan vooral de grondgebonden teelten (=circa 2% areaal) maken nog deels gebruik van oppervlaktewater. Het vergt een aanzienlijke inspanning van het Hoogheemraadschap van Delfland om in droge perioden zoet water aan te voeren. Een alternatieve waterbron zou ook hier uitkomst bieden.

Pilot ondergrondse waterberging bij Prominent (aquifer storage and recovery; ASR): In het Westland loopt een pilot ondergrondse waterberging bij de tomatenteeltbedrijven Groeneweg-I, Groeneweg-II, Van der Lans en Van der Wel van telersvereniging Prominent. Hier is eind 2012 een ASR systeem gerealiseerd, waarbij het hemelwateroverschot in de winter wordt geïnfilteerd in de bodem, die zout grondwater bevat. Hierdoor ontstaat een zoetwaterbel. Bij behoefte aan gietwater wordt een deel van dit water weer teruggewonnen uit deze zoetwaterbel. De watervraag van het gewas is echter zo hoog dat nog steeds behoefte is aan een aanvullende gietwaterbron. Dit is momenteel nog steeds zout/brak grondwater door middel van de RO. Maar het is ook mogelijk om de ondergrondse zoetwaterbel te vergroten door naast hemelwater ook ander water van geschikte kwaliteit te injecteren. Dit kan bijvoorbeeld Delft Blue Water zijn (verder aangeduid met DBW).

Is levering van gezuiverd effluent via ondergrondse waterberging de oplossing? Directe levering van gezuiverd effluent aan de glastuinbouw brengt hogere kosten met zich mee vanwege de benodigde dimensionering om te voldoen aan een piekvraag in een relatief korte periode van enkele maanden per jaar. Dit nadeel is afwezig indien in tijden van overschot water ondergronds kan worden opgeslagen voor later gebruik waardoor met een lagere productiecapaciteit gedurende een langere leveringsperiode kan worden volstaan.

Kortom: geconcludeerd kan worden dat de gietwatervoorziening van de glastuinbouw in het Westland robuuster en duurzamer kan worden. Deze studie is er op gericht om te bezien of

beter gebruik van het gebiedseigen water (hemelwater en/of gezuiverd effluent) in combinatie met ondergrondse waterberging hieraan een bijdrage kan leveren.

1.2 Doel

Het doel van het project is het verkennen van de haalbaarheid om Delft Blue Water in te zetten bij het tomatenteeltbedrijf Prominent als aanvullende gietwaterbron en via ondergrondse waterberging. De vraag is of levering van DBW gietwater een aantrekkelijk en haalbaar alternatief is voor het ontzilten van brak/zout grondwater voor betrokken partijen (Evides industrie, tuinders). Indien dit een aantrekkelijk alternatief is, moet worden vastgesteld welke middelen en voorzieningen hiervoor nodig zijn, en tegen welk kostenniveau.

1.3 Leeswijzer

Hoofdstuk 2 van deze rapportage schetst de werkwijze en uitgangspunten. Vervolgens worden in hoofdstuk 3 voor verschillende varianten berekend hoe groot de aanvullende vraag naar Delft Blue Water is. De haalbaarheid wordt in belangrijke mate bepaald door de efficiëntie van de ASR, welke aan bod komt in hoofdstuk 4. Ook is aangegeven welke aanpassingen nodig zijn op het terrein van Prominent om tot een operationeel systeem te komen. De watervraag en benodigde installaties zijn input voor de kostenberekening en afweging in hoofdstuk 5. Tot slot volgen de conclusies of het mogelijk is om Delft Blue Water te leveren aan glastuinbouwbedrijven via de ASR.

2 Aanpak en uitgangspunten

2.1 Varianten

Voor dit onderzoek zijn de volgende varianten beschouwd:

- *1. Reverse Osmosis (RO):* In deze variant voorziet het glastuinbouwbedrijf voor een deel van haar watergebruik door opvang van hemelwater in gietwaterbassins. Het tekort wordt aangevuld door ontzilting van brak grondwater via RO waarbij het zoutere membraanconcentraat ('brijn') weer in de bodem wordt teruggebracht; een praktijk die door tijdelijke gedoogbeschikkingen nog tot 2023 is toegestaan. Deze variant beschrijft de watervoorziening op glastuinbouwbedrijven in het Westland met een hoge watervraag (zoals tomaat, gerbera) waaronder ook Prominent tot eind 2012.
- *2. Reverse Osmosis (RO) met Aquifer storage and recovery (ASR):* Sinds eind 2012 beschikt Prominent over een ASR systeem om wateroverschot in de winter, na ondergrondse opslag, terug te winnen in droge perioden. Het resterende watertekort wordt via RO aangevuld. Dit is de nulsituatie voor dit onderzoek.
- *3. Delft Blue Water (DBW) met Aquifer storage and recovery (ASR).* De RO wordt vervangen door DBW. Het DBW wordt geproduceerd in een centrale gietwaterfabriek bij AWZI Hoek van Holland en levert via een transportleiding aan een gietwaterbassin van Prominent. Het water wordt vanuit dit bassin in natte perioden opgeslagen in de ondergrond (ASR) en in droge perioden teruggepompt. Dit onderzoek beschouwt een range aan leveringscapaciteiten, aangezien de aanleg van infrastructuur sterke invloed heeft op de kosten.
Binnen variant 3 heeft nog een optimalisatie plaatsgevonden van de leveringscapaciteit (productie + transport), de injectiecapaciteit van de ASR en de capaciteit van het distributienetwerk van de ASR naar andere tuinders. Deze sub-varianten zijn aangeduid als 3a t/m 3h.
- *4. Mobiele RO (MRO) met Aquifer storage and recovery (ASR):* Evides Industriewater beschikt over MRO installaties die thans alleen incidenteel worden ingezet bij storingen in demiwaterlevering in industriegebieden. Het idee achter deze variant is om deze installaties (tijdelijk) in te zetten bij het bedrijf, waardoor nog niet geïnvesteerd hoeft te worden in de aanleg van een leidingnetwerk. Als het concept in de praktijk werkt, het schaalniveau voldoende groot is en voldoende tuinders deelnemen (volume) kan worden besloten om een definitief leidingnetwerk te realiseren. Het doel is om met deze installaties oppervlaktewater op locatie te ontzilten en te leveren aan tuinders. Eventueel kan het oppervlaktewater ter compensatie worden aangevuld met opgewerkt effluent bij de RWZI. De ASR dient om piekvragen op te vangen en als noodvoorziening voor het geval de MRO tijdelijk elders wordt ingezet.

2.2 Beoordelingscriteria

De varianten worden aan de hand van de volgende criteria beoordeeld:

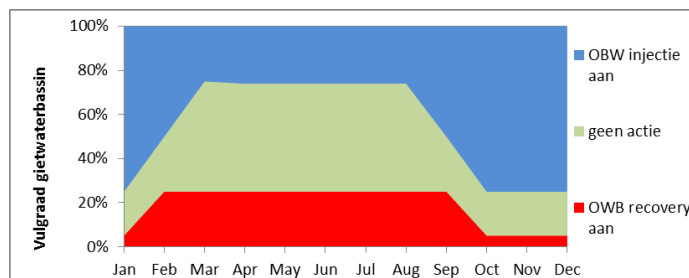
- Kosten
- Leveringszekerheid
- Waterkwaliteit
- Wettelijk kader

2.3 Werkwijze (“concept reservoirmanagement”)

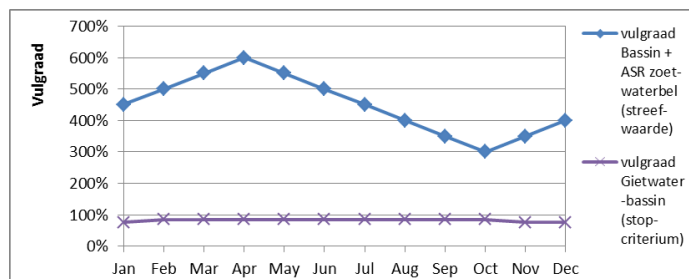
Voor alle varianten is berekend hoeveel aanvullende gietwatervoorziening noodzakelijk is om te voorzien in de watervraag van de kas. Hierbij wordt uitgegaan van een “reservoirmanagement concept”. Dit houdt in dat de bediening en inzet van de waterbronnen (RO, DBW, MRO) en reservoirs (ASR, gietwaterbassin) onderling zijn afgestemd:

- De ASR injecteert water in de ondergrond zodra het waterpeil in de gietwaterbassins boven een bepaalde grenswaarde stijgt. Bij laag peil in het bassin wordt juist water teruggewonnen.
- De DBW levert gietwater zodra de gecombineerde zoetwatervoorraad in het gietwaterbassin en de ASR te ver dalen. Bij een te hoog waterpeil in het bassin schakelt de DBW uit om lozingen (verliespost) naar het oppervlaktewater te beperken (zie Figuur 2-1).

FIGUUR 2-1 VOORBEELD VAN STURINGSREGELS VOOR HET AANSTUREN VAN DE ASR (BOVEN) EN DE DBW (ONDER).



Sturingregels ASR



Sturingregels DBW:

Bovenstaande sturingregels zijn geoptimaliseerd, rekening houdend met de operationele kosten van waterlevering (€/m³) en prognoses (kansverdeling) van watervraag en aanbod in de komende maanden:

- De verbruiksafhankelijke kosten voor RO (0,41 €/m³) en ASR (0,03 €/m³) worden met name bepaald door elektriciteitsgebruik (KWR 2013). Voor DBW is gerekend met 0,16 €/m³ (exclusief investeringen).
- Voor de MRO zijn geen aparte berekeningen uitgevoerd omdat deze variant als tijdelijke oplossing is beschouwd.
- De prognose van watervraag en aanbod zijn opgesteld op basis van historische meteogegevens en metingen van het watergebruik van 2010 t/m 2013 bij Prominent.
- Alle varianten zijn voor een langjarige periode van 1960 tot 2013 doorgerekend. Het doorrekenen van een langere periode geeft inzicht in de jaarlijkse fluctuaties en robuustheid (leveringszekerheid).

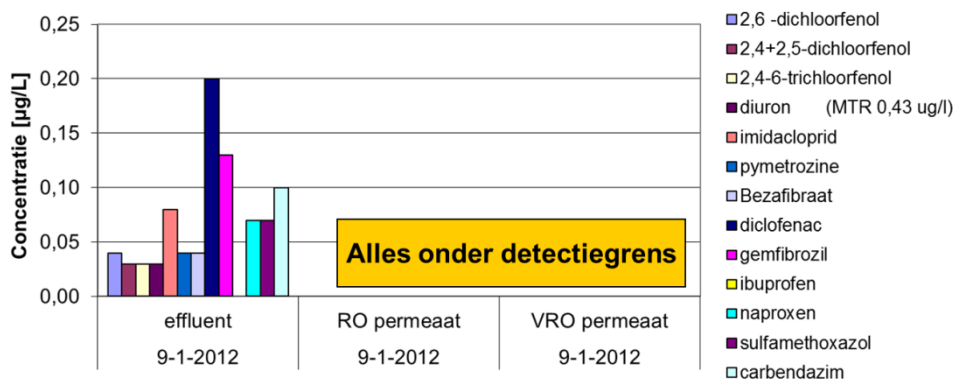
Uitgangspunt is dat deze benadering per saldo een optimale benutting van de waterbronnen levert tegen de laagste mogelijk kosten. De varianten zijn daarmee onderling goed vergelijkbaar qua kosten en leveringszekerheid.

De berekeningen zijn uitgevoerd met een waterbalansmodel (spreadsheet) van de bovengrondse waterstromen en een grondwatermodel uitgevoerd in de modelcode SEAWAT. Het waterbalansmodel is getoetst aan de hand van de gemeten watervraag en RO-productie van Prominent in de periode 2010–2013. De parameters van het grondwatermodel zijn getoetst door Zuurbier (2014). De opbouw en validatie van het waterbalansmodel is toegelicht in Bijlage 1.

2.4 Uitgangspunten watergebruik Prominent

- Bedrijfs grootte: 27.53 ha.
- Gemiddelde netto watergebruik kassen: 8740 m³/ha.
- Waterkwaliteit (natrium): Het gietwater afkomstig van de ASR mag maximaal 17 mg/l chloride (gelijk aan ~0,5 mmol/l aan 'zout': natrium en chloride) bevatten. Het water afkomstig van de DBW voldoet ruim aan de norm en bevat 2,8 mg/l aan natrium (0,12 mmol/l) en 1,1 mg/l chloride (0,03 mmol/l). Hemelwater dat afstroomt van het kasdak bevat ca. 5 mg/l chloride (0,14 mmol/l) en een equivalente hoeveelheid natrium. Langs de kust kan de chloride (natrium) concentratie soms wat hoger zijn. Deze concentratie is ook gehanteerd voor het injectiewater aangezien de ASR vooral hemelwater injecteert (zie hoofdstuk 3). Het watervoerend pakket waarin het zoetwater wordt opgeslagen bevat van nature circa 4000 mg/l chloride.
- Waterkwaliteit (overige): het water dat wordt geleverd door Delft Blue Water bevat geen aantoonbare resten gewasbeschermingsmiddelen (zie Figuur 2-2), en is vrij van schadelijke bacteriën en virussen.
- Omvang gietwaterbassins: 800 m³/ha.
- Gietwaterbassins zijn onderling gekoppeld en kunnen ook leveren aan de ASR
- Minimale gewenste vulgraad bassins: 25% (in zomermaanden), 5% (in wintermaanden).
- Recovery van de ASR: circa 60% (zie toelichting in hoofdstuk 4).
- Injectiecapaciteit bestaande ASR putten: 25 m³/ha/dag.
- Onttrekkingscapaciteit bestaande ASR putten: 38 m³/ha/dag. NB: De ontwerp capaciteit van het puttenveld op Prominent is iets lager: 30 m³/ha/dag (= 35 m³/uur * 24 uur / 27.53 ha kassen).
NB: In dit onderzoek is de injectie- en onttrekkingscapaciteit geoptimaliseerd (zie hoofdstuk 4)

FIGUUR 2-2 METINGEN VAN DE WATERKWALITEIT IN DE DEMOKWEKERIJ VAN DELFT BLUE WATER. ALLE GEWASBESCHERMINGSMIDDELEN DIE AANWEZIG ZIJN IN HET EFFLUENT ZIJN TOT BENEDEN DE DETECTIELIMIET VERWIJDERD.



Toelichting watergebruik: het gemiddelde watergebruik van de kassen Groeneweg-II is bepaald op basis van debietmetingen in de periode 2010–2013 en bedraagt gemiddeld 8.740 m³/ha.jaar (zie Tabel 2-1). De tuinder acht deze metingen representatief voor de watervraag in de komende jaren voor alle kassen van Prominent in 's Gravenzande.

Door recirculatie en hergebruik van condenswater is het watergebruik van de kas lager dan de watervraag (verdamping) van tomatenteelt. In de gesloten kas wordt het water efficiënter hergebruikt wat leidt tot een lager watergebruik (8.089 m³/ha/jaar) dan in de open kas (9.187 m³/ha.jaar).

TABEL 2-1 GEMIDDELDE WATERGEBRUIK VAN DE KAS GROENEWEG-II OVER DE PERIODE 2010-2013 PER HECTARE KAS.

Maand	Open kas (5,90 ha)	Gesloten kas (4,05 ha)	Totaal Groeneweg II (9,95 ha)
jan	19 m ³ /ha.dag	4 m ³ /ha.dag	13 m ³ /ha.dag
feb	21	14	18
mrt	25	18	22
april	32	27	30
mei	37	33	35
juni	38	39	39
juli	38	43	40
aug	32	36	34
sept	24	24	24
okt	13	16	14
nov	6	9	7
dec	16	2	10
Totaal/jaar	9187 m ³ /ha.jaar	8089 m ³ /ha.jaar	8740 m ³ /ha.jaar

Toelichting vulgraad bassins: Een lagere vulgraad van de gietwaterbassins leidt in theorie tot een iets efficiëntere benutting van hemelwater, maar is vanuit risicobeheersing niet wenselijk. In de praktijk houden tuinders een 'ijzeren voorraad' aan om kortdurende uitval van de watervoorziening op te vangen.

3 Aanvullende watervraag per variant

In dit hoofdstuk is per variant bepaald hoe groot de aanvullende watervraag is. De aanvullende watervraag verwijst naar de levering van gietwater uit een RO, ASR, en/of DBW, naast de gebruikelijke levering van hemelwater via gietwaterbassins. De resultaten zijn in Tabel 3-1 uitgedrukt per hectare kas, zodat ook makkelijk kan worden vertaald naar grotere kasgebieden. In hoofdstuk 5 is een vertaling gemaakt naar de optimale benodigde leveringscapaciteiten in m³/uur (zie Tabel 5-1).

TABEL 3-1 OVERZICHT VAN AANVULLENDE DE GEMIDDELDE AANVULLENDE WATERVRAAG VAN DE VARIANTEN UITGEDRUKT PER HECTARE KAS (M³/HA,JAAR)

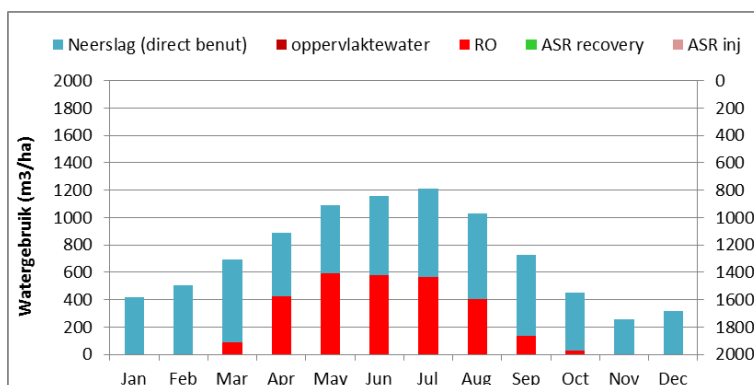
Waterbron	Variant 1	Variant 2	Variant 3 *	Variant 4 *
RO	2.822 m ³ /ha.jaar	1.874 m ³ /ha.jaar	0 m ³ /ha.jaar	0 m ³ /ha.jaar
ASR **	0	1.166	1.452	1.452
DBW **	0	0	2.072	0
MRO **	0	0	0	2.072
Totaal aanvullende waterbron	2.822	3.041	3.519	3.519
Watergebruik kas	8.740	8.740	8.740	8.740

(*) bij 10 m³/ha.dag leveringscapaciteit; (**) Deze waarden overlappen, de DBW/MRO levert deels via de ASR.

3.1 Variant 1: RO (situatie tot eind 2012)

De eerste variant die voor dit onderzoek is doorgerekend betreft de situatie op Prominent tot eind 2012, dus met RO en zonder ASR. De RO varieert van 2.039 m³/ha.jaar in een nat jaar (2001) tot 4.986 m³/ha.jaar in een extreem droog jaar (1976) en draait met name in de zomermaanden als de watervraag hoog is. Gemiddeld is 2.822 m³/ha.jaar productie vanuit RO nodig.

FIGUUR 3-1 WATERGEBRUIK VAN DE KAS EN HERKOMST VAN GIETWATER VOOR VARIANT 1 (ALLEEN RO), Y-AS= AANTAL M³ WATERGEBRUIK PER MAAND PER HA, GEMIDDELD OVER DE PERIODE 1960 - 2013



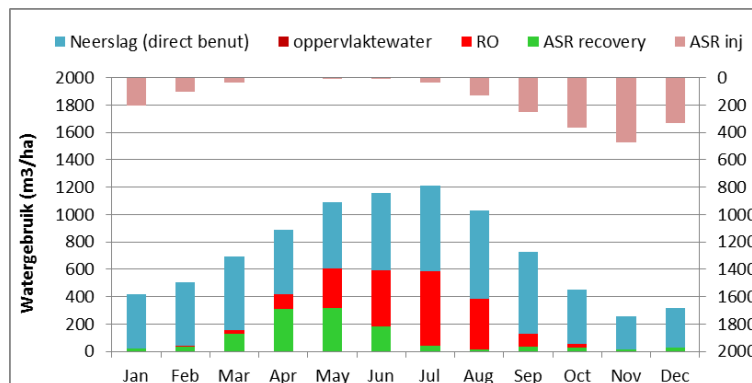
3.2 Variant 2: RO met ASR (huidige situatie)

Door aanleg van een ASR kan het glastuinbouwbedrijf al meer in haar eigen watervraag voorzien. De ASR levert 1.166 m³/ha.jaar waardoor in vergelijking met variant 1 minder RO nodig is, gemiddeld 1.874 m³/ha.jaar.

In deze variant wordt een groot deel van het winterse neerslag overschot geïnjecteerd en teruggewonnen in het voorjaar (zie Figuur 3-2). Vanaf mei, als de zoetwaterbel op raakt, zorgt de RO voor aanvullende gietwaterlevering. Daar het neerslagpatroon een grillig verloop kent, is er een grote variatie tussen de jaren. Zo is in een nat jaar (2001) slechts 512 m³/ha.jaar RO water nodig en wordt 1.613 m³/ha.jaar geleverd uit de ASR. In een extreem droog jaar (1976) veroorzaakt de droge zomermaanden een grote aanvullende watervraag (RO 4.859 m³/ha.jaar), terwijl in de voorafgaande winter zodanig weinig neerslag is gevallen dat de ASR maar 323 m³/ha kan leveren.

Uiteraard is het ook mogelijk om de variatie in RO-productie tussen de jaren te verminderen door een grotere zoetwaterbel te vormen in de ASR (deels gevoed vanuit de RO). Maar dit blijkt volgens de berekeningen niet kosteneffectief aangezien met de thans beschikbare RO capaciteit altijd aan de piekvraag kan worden voldaan. Bij een toekomstige vervanging van de RO zijn opnieuw investeringen gemoeid en is het goedkoper om RO-capaciteit af te bouwen en meer via de ASR te leveren.

FIGUUR 3-2 WATERGEBRUIK VAN DE KAS EN HERKOMST VAN WATER VOOR VARIANT 2 (RO + ASR). Y-AS= AANTAL M³ WATERGEBRUIK PER MAAND PER HA, GEMIDDELD OVER DE PERIODE 1960 - 2013.



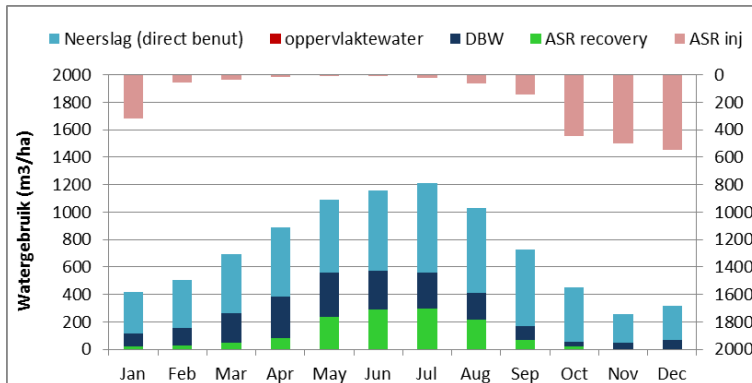
Bij deze berekeningen is uitgegaan van een rendement van de ASR van 60%. Berekeningen met het grondwatermodel (zie hoofdstuk 4) geven aan dat een dergelijk rendement haalbaar is.

3.3 Variant 3: DBW met ASR

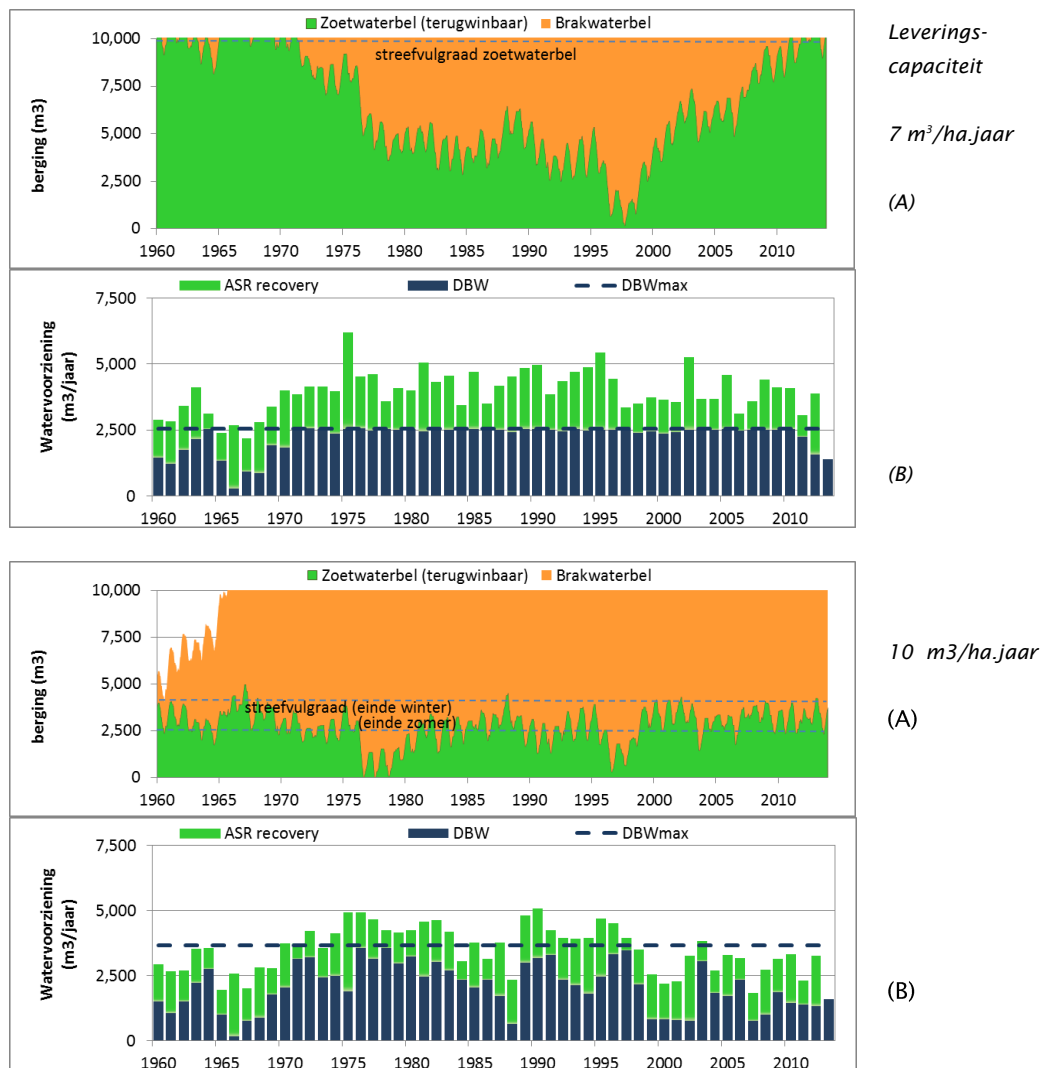
Variant 3 (ASR en DBW) is doorgerekend voor een aantal verschillende leveringscapaciteiten, oplopend van 0 tot 47,2 m³/ha.dag. Dit laatste komt overeen met de huidige RO capaciteit bij Prominent

Binnen deze variant is onderscheid gemaakt in de (1) capaciteit van de productie bij AWZI Hoek van Holland en transport naar Prominent, (2) de capaciteit van de injectieputten en (3) de distributiecapaciteit van de ASR naar omliggende bedrijven.

FIGUUR 3-3 WATERGEBRUIK EN HERKOMST VAN WATER VOOR VARIANT 3 (DBW+ASR), BIJ EEN LEIDINGCAPACITEIT VAN 10 M³/HA.DAG.



FIGUUR 3-4 ONTWIKKELING VAN (A) DE BEREKENDE ZOETWATERVOORRAAD EN (B) HET AANTAL MAANDEN DAT DE DBW ACTIEF IS. WEERGEGEVEN OVER EEN LANGJARIGE PERIODE BIJ EEN LEIDINGCAPACITEIT VAN 7 M³/HA.DAG (BOVEN) EN 10 M³/HA.DAG (ONDER).



3.4 Optimale productiecapaciteit (Variant 3a t/m e)

In Figuur 3-3 is weergegeven hoe de levering van DBW gemiddeld door het jaar plaatsvindt bij een productiecapaciteit van $10 \text{ m}^3/\text{ha.dag}$. De DBW heeft een lagere capaciteit dan de RO (variant 2) en vergt een grotere mate van voorraadvorming in de winter om te anticiperen op zomerse piekvragen. Daarom levert de DBW ook in de wintermaanden. De gemiddelde levering is $2.027 \text{ m}^3/\text{ha.jaar}$ maar deze fluctueert van $800 \text{ m}^3/\text{ha.jaar}$ in een nat jaar (2001) tot $3.344 \text{ m}^3/\text{ha.jaar}$ in een droog jaar (1996). De DBW is gemiddeld 7 maanden per jaar actief (range is 1 tot 12 maanden).

Bij DBW met lage productiecapaciteiten is het, naast de seizoens berging, ook noodzakelijk om in natte jaren voorraad op te bouwen om droge jaren te overbruggen.

Figuur 3-4 is een rekenvoorbeeld gegeven hoe de 'terugwinbare' zoetwater voorraad in de ondergrond fluctueert op basis van het neerslagpatroon in de periode 1960 – 2013. Wat opvalt aan de berekening met leveringscapaciteit $7 \text{ m}^3/\text{ha.dag}$ is dat in de periode 1960 – 1975 een aanzienlijke zoetwater voorraad in de bodem blijft. Maar dat vanaf 1975 tot 2005 de zoetwaterbel haar streefvolgraad (= $7.400 \text{ m}^3/\text{ha}$) niet bereikt. Dit ondanks dat de DBW bijna alle jaren de maximale productie draait. De DBW capaciteit is voldoende om altijd aan de vraag te voldoen.

Bij een leveringscapaciteit van $10 \text{ m}^3/\text{ha.dag}$ behaalt de zoetwaterbel jaarlijks de streefvolgraad, behalve bij een sequentie van droge jaren zoals 1976–1978. De DBW capaciteit is echter voldoende om na een droog jaar de zoetwaterbel binnen enkele jaren weer aan te vullen tot de streefvolgraad.

In Figuur 3-5 is voor meerdere leveringscapaciteiten aangegeven hoeveel DBW en ASR noodzakelijk is. De resterende hoeveelheid van de watervraag wordt ingevuld door directe benutting van neerslag.

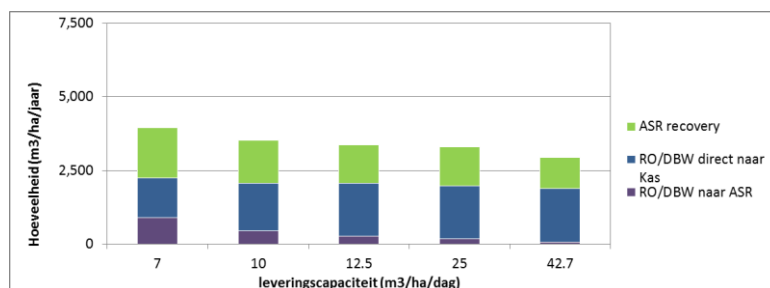
- Bij een DBW met leveringscapaciteit van $<7 \text{ m}^3/\text{ha.dag}$ treden watertekorten op; zelfs wanneer continu wordt geleverd.

Vanaf een leveringscapaciteit van $7 \text{ m}^3/\text{ha.dag}$ kan, in combinatie met ASR, voldoende water worden aangevoerd om te voorzien in de watervraag. De mediane waarde in

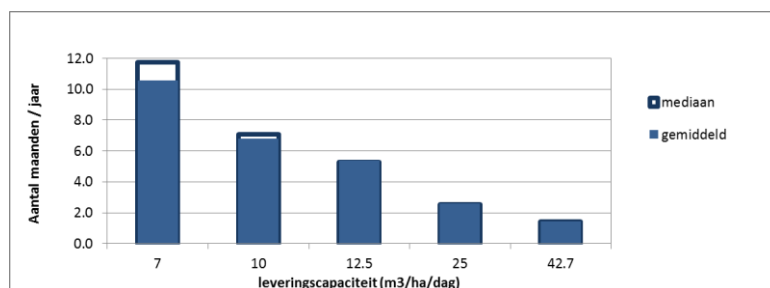
- Figuur 3-6 laat zien dat de DBW in de meeste jaren bijna continue levert.
- De benodigde hoeveelheid water uit de DBW en ASR neemt af naarmate de leveringscapaciteit verder toeneemt. Bij een hogere capaciteit kan beter op de actuele voorraad worden ingespeeld en treden minder verliezen op door opslag in de bodem en overstorten naar oppervlaktewater.

In hoofdstuk 6 is bepaald wat de meest rendabele productie- en transportcapaciteit is.

FIGUUR 3-5 RELATIE TUSSEN DE LEVERINGSCAPACITEIT EN DE BENODIGDE HOEVEELHEID AANVOER VAN DBW EN ASR



FIGUUR 3-6 RELATIE TUSSEN DE LEVERINGSCAPACITEIT EN DE HOEVEELHEID MAANDEN PER JAAR DAT DE DBW WORDT INGEZET (LEVERINGSDUUR).



3.4.1 Optimalisatie injectiecapaciteit ASR (subvariant 3f en 3g)

In het najaar van 2013 viel zoveel neerslag dat de putten bij Prominent de aanvoer niet snel genoeg konden injecteren en de bassins soms overstorten naar het oppervlaktewater. Dit werpt de vraag op of aanpassing van de injectiecapaciteit van invloed is op de leveringszekerheid.

In onderstaande berekening is bepaald welke consequenties een alternatieve injectiecapaciteit heeft voor de benodigde DBW-productiecapaciteit. De leidingcapaciteit van 10 m³/ha/dag is hierbij als basis genomen voor de vergelijking.

- De voorgaande berekeningen zijn uitgevoerd met de ontwerp-injectiecapaciteit van het puttenveld, 25 m³/ha.dag. De DBW is bij een capaciteit van 10 m³/ha.dag gemiddeld 7 maanden per jaar actief
- In de praktijk is de injectiecapaciteit bij Prominent lager, circa 15 m³/ha.dag (zie §4.1). Uit berekeningen blijkt dat het bassin regelmatig vol zal staan met hemelwater waardoor minder vaak aanvoer van DBW kan plaatsvinden. Om dit te compenseren moet de DBW een productiecapaciteit hebben van 13 m³/ha.jaar.
- Een verdubbeling van de injectiecapaciteit naar 50 m³/ha.dag zorgt voor extra zoetwaterberging in de winter. Hierdoor kan de benodigde productiecapaciteit van de DBW afnemen naar 9,75 m³/ha.dag.

Conclusie: Het herstellen van de injectiecapaciteit van 15 naar 25 m³/ha.dag leidt tot een aanzienlijke besparing op de benodigde productiecapaciteit (RO). Het verder verdubbelen van de injectiecapaciteit naar 50 m³/ha.dag heeft slechts beperkte invloed. In hoofdstuk 6 is bepaald of het rendabel is om te investeren in extra putten.

3.4.2 Optimalisatie distributienet (subvariant 3h)

Prominent beschikt reeds over een distributienetwerk om water tussen de bedrijven uit te wisselen. Het maximale onttrekkingsdebiet (35 m³/h) kan hiermee verdeeld worden over de bedrijven.

In verband met de mogelijke uitbreiding van DBW naar andere tuinbouwbedrijven in de omgeving is ook bepaald wat de minimaal benodigde distributiecapaciteit is.

- De voorgaande berekeningen zijn uitgevoerd met een distributiecapaciteit van 38 m³/ha/dag, overeenkomstig de maximale watervraag van de kassen
- Daarnaast is een extra berekening uitgevoerd met een distributiecapaciteit van 25 m³/ha/dag. Aangezien de piekvraag van kassen hoger is, vereist deze distributiecapaciteit dat dat tuinders hogere peilen hanteren in de gietwaterbassins. Hierdoor treden vaker overstorten op en gaat circa 5% van het aangeleverde water verloren.
- Een distributiecapaciteit <25 m³/ha.dag is niet wenselijk omdat het water dan niet snel genoeg kan worden aangevoerd voor injectie in de ASR.

In hoofdstuk 6 is bepaald welke distributiecapaciteit het meest rendabel is.

3.4.3 Gevoeligheidsanalyse: bandbreedte afzetmarkt DBW

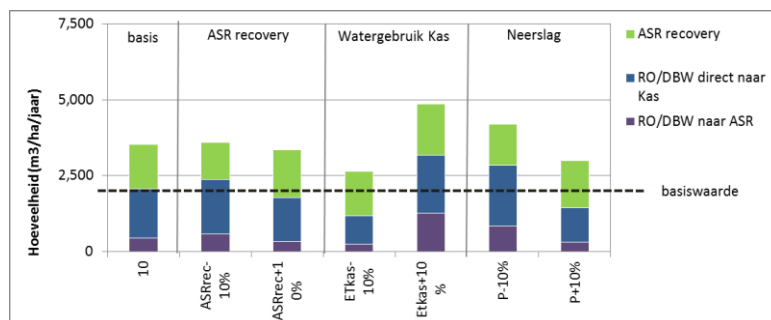
In deze paragraaf wordt een gevoeligheidsanalyse uitgevoerd om te testen hoe robuust de leveringscapaciteit is. Belangrijke risicofactoren zijn klimaatverandering (verandering neerslag/ neerslagpatroon, hogere watervraag door toename temperatuur en CO₂), teeltwijzigingen, fouten in de huidige waterbalans en onzekerheden t.a.v. het functioneren van de ondergrondse waterberging. Om de mogelijke bandbreedte van het systeem te testen zijn de volgende berekeningen uitgevoerd:

- Watervraag +/-10%
- Neerslag +/-10%
- OWB Recovery +/-10% (50%/70% i.p.v. 60%)

De leidingcapaciteit van 10 m³/ha.dag is hierbij als basis genomen voor de vergelijking.

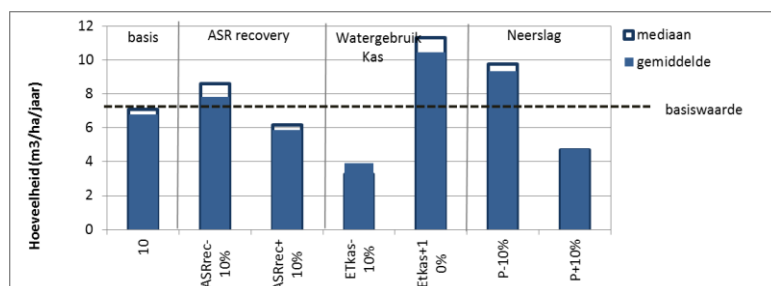
In Figuur 3-7 is weergegeven wat de gevolgen zijn van de gevoeligheidsanalyse voor de afzetmarkt van DBW. Te zien is dat met name het watergebruik in de kas van grote invloed is op de totale benodigde leveringen; de afzetmarkt voor DBW kan meer dan halveren. Dit geldt in iets mindere mate voor de neerslag. Het rendement van de ASR is minder van invloed doordat maar een beperkt deel van de totale waterbalans via de ondergrond loopt.

FIGUUR 3-7 GEVOELIGHEIDSANALYSE VAN BENODIGDE DBW DOOR VERSCHILLEN IN WATERVRAAG, NEERSLAG EN RECOVERY. DE VARIANT MET PRODUCTIECAPACITEIT VAN 10 M³/HA/DAG FUNGEERT LINKS IN DE FIGUUR ALS REFERENTIEWAARDE



Figuur 3-8 laat zien dat met name de watervraag gevolgen heeft voor de benodigde leveringsduur van de DBW. Een 10% hogere watervraag is bij een leveringscapaciteit nog net op te vangen met een leveringsduur (mediaan) van 11 maanden. Bij lagere leveringscapaciteiten kunnen tekorten optreden.

FIGUUR 3-8 GEVOELIGHEIDSANALYSE, INVLOED VAN VERSCHILLEN IN WATERVRAAG, NEERSLAG EN ASR-RENDEMENT OP DE LEVERINGSDUUR. DE VARIANT MET PRODUCTIECAPACITEIT VAN 10 M³/HA/DAG FUNGEERT LINKS IN DE FIGUUR ALS REFERENTIEWAARDE



3.5 Variant 4: MRO met ASR

De vierde variant is vergelijkbaar met variant 3, met dien verstande dat het aanvullende gietwater via een mobiele RO installatie wordt geleverd in plaats van een transportleiding vanuit de RWZI. De benodigde hoeveelheid MRO-water is naar verwachting vergelijkbaar met de hoeveelheid DBW bij een gelijke leveringscapaciteit. Mogelijk dat kleine verschillen optreden door een andere kostprijs van MRO versus DBW water.

De optimale productiecapaciteit is sterk afhankelijk van de verhouding tussen operationele kosten en vaste kosten voor het plaatsen van de MRO. Deze verhouding ligt anders dan bij een DBW. Vanuit het oogpunt van leveringszekerheid dient ten minste 7 m³/ha/dag beschikbaar te zijn. De productiecapaciteit is eenvoudig aan te passen door de MRO te vervangen of een extra MRO te plaatsen. Vandaar dat met minder overcapaciteit gestart kan worden dan met een DBW.

Bij het operationele beheer van de ASR moet rekening worden gehouden dat er altijd 1 maand extra zoetwater voorraad in de bodem aanwezig blijft voor het geval de MRO bij een calamiteit elders wordt ingezet.

4 Rendement en aanpassingen puttenveld

In paragraaf 4.1 wordt ingegaan op de huidige prestaties van het ASR systeem. Voor een uitgebreide beschrijving van het ASR systeem wordt verwezen naar de KvK rapportage over de veldproef (Zuurbier 2014, meegezonden met deze rapportage). In paragraaf 4.2 is aangegeven hoe het ASR systeem zal presteren na het doen van enkele aanpassingen / verbeteringen aan het systeem.

4.1 Prestaties van de bestaande ASR

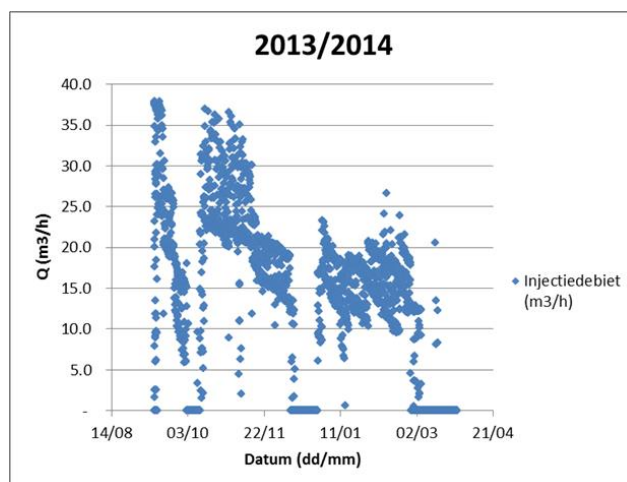
4.1.1 Capaciteit van de huidige installatie

De huidige installatie is ontworpen op een maximale injectie capaciteit van in totaal (2 bronnen, 6 filters) 35 m³/uur. Alleen in het begin van de injectieperiode is dit echter gehaald omdat:

- De stijghoogte in het watervoerende pakket gedurende het injectieseizoen oploopt, waarmee de ‘overdruk’ vanuit de 3 m hoge voordrukbus relatief afneemt;
- De filters van AW1 enigszins zijn verstopt doordat deze zich bevinden nabij een WKO bron, waardoor resten boorspoeling van deze bron de doorstroming van het pakket/putfilter hier belemmeren.

Met de huidige installatie kan daarom betrouwbaar worden gerekend op een maximaal injectiedebiet van 15 à 20 m³/uur (=13 à 18 m³/ha/dag).

FIGUUR 4-1 INJECTIE DEBIET TIJDENS SEIZOEN 2013/2014 TER PLAATSE VAN DE PROEF ASR WESTLAND



De onttrekking per bronlaag is 8.5 à 9 m³/uur, dit zou betekenen dat 50 m³/uur beschikbaar is aan onttrekkingscapaciteit. Echter wordt er ‘strategisch onttrokken’, en dus meer bovenin gewonnen dan onderin. Er moet dan ook worden uitgegaan van een huidige beschikbare onttrekkingscapaciteit van wederom maximaal 15 à 20 m³/uur (=13 à 18 m³/ha.dag).

4.1.2 Rendement en ervaringen huidige installatie

In het eerste seizoen (2012/2013) is aangetoond dat er lekkage van zoutwater plaatsvindt vanuit het tweede watervoerende pakket nabij de ASR putten. Hierdoor liepen de EC waarden van het teruggewonnen water te snel op en werd het winwater onbruikbaar. Door een (nu niet meer gebruikte) WKO bron is de waterscheidende laag opgebarsten. Voorafgaand aan het tweede seizoen (2013/2014) is gepoogd dit te verhelpen door rond deze bron beton te injecteren op het dieptebereik van de scheidende laag tussen het eerste en tweede watervoerende pakket.

In het tweede seizoen blijkt ook de huidige WKO-bron nog steeds een kleine lekstroom te geven. Dit negatieve effect is grotendeels te verhelpen met aanpassingen in het injectie-/onttrekkingsschema en het toevoegen van de zoethouder (Freshkeeper) en door het verder af te dichten. Deze maatregelen worden voorzien voor 2015.

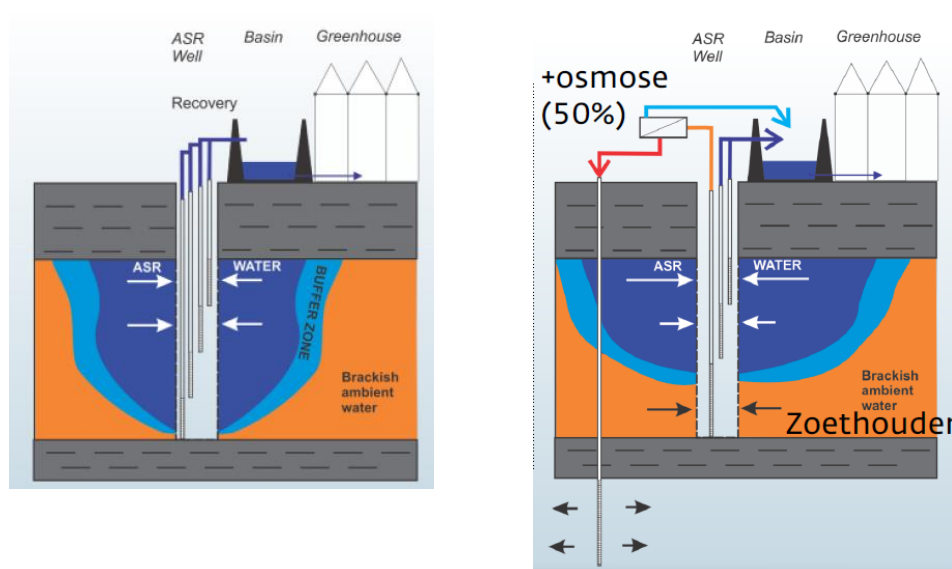
4.2 Rendement ASR in de toekomstige situatie

4.2.1 Terugwinstrategie

Uit eerdere modelstudie van Zuurbier (2014) blijkt dat de volgende strategieën voor het beheer van de putten het meest kansrijk zijn:

- Multi Partially Penetrating Wells (MPPW): In de aquifer zijn op verschillende diepten putfilters geplaatst. Injectie vindt plaats in de onderste filter en terugwinnen bovenin om opdrijving van de zoetwaterbel zoveel mogelijk te beperken.
- Freshkeeper: Met een Freshkeeper wordt het onderliggende brakke en zoute grondwater afgevangen en omgeleid, waarmee wordt voorkomen dat het zoutwater de zoete onttrekkingsput bereikt. Ook kan dit water nog eerst over de RO worden geleid, waarna het gietwater in de kas kan worden gebruikt en het membraanconcentraat in de diepere ondergrond wordt opgeslagen. Belangrijk is wel op te merken dat dit water in het begin veel minder zout is dan grondwater en de brijn ook veel zoeter is dan het grondwater. De putconfiguratie is verder vergelijkbaar met de MPPW.

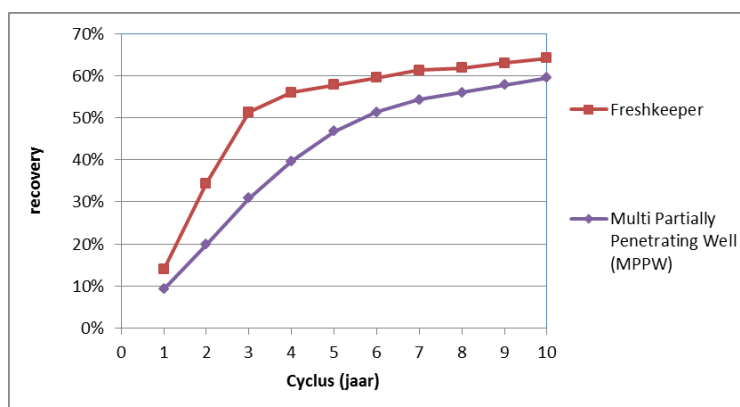
FIGUUR 4-2 OPZET VAN TERUGWINSTRATEGIE VAN EEN ASR SYSTEEM MET MULTI PARTIALLY PENETRATING WELLS MPPW (LINKS) EN EEN FRESHKEEPER (RECHTS).



Beide strategieën zijn opnieuw doorgerekend voor de situatie bij Prominent om het maximaal haalbare rendement op de lange termijn te bepalen. Figuur 4-3 laat zien dat het meer dan 10 jaar duurt voordat een dynamisch evenwicht tussen injectie en recovery is ingesteld. Met de MPPW is na 10 jaar een rendement van 60% haalbaar.

Bij de Freshkeeper stelt het evenwicht sneller in: al na 3 jaar is een rendement van 50% haalbaar en na 10 jaar zelfs 65%. Het debiet van de Freshkeeperputten is hierbij, met wat optimalisatie, zodanig ingesteld dat deze oploopt van 0% tot 42% van het debiet van de recoveryputten. Jaarlijks wordt 4.600 m³/jaar extra water opgepompt met een gemiddelde concentratie van slechts 300 mg/l. Met de Freshkeeper wordt dus grondwater verwijderd dat voor een aanzienlijk deel gemengd is met het geïnjecteerde zoet water. Via het DESSIN-project wordt in 2014 een experiment gestart om dit minder zoute mengwater voor de RO te gebruiken.

FIGUUR 4-3 MAXIMAAL HAALBARE RECOVERY VAN DE ASR MET VERSCHILLENDE TERUGWIN STRATEGIEËN. HET INJECTIEDEBIET VAN 62 250 M³/JAAR IS GELIJK AAN VARIANT 3 BIJ EEN LEVERINGSCAPACITEIT VAN 7 M³/HA.DAG BIJ PROMINENT.



4.2.2 Rendement ASR

In de waterbalansberekeningen is uitgegaan van een rendement van 60%. Uit berekeningen met een grondwatermodel blijkt een vergelijkbaar rendement haalbaar op locatie Prominent (zie Tabel 4-1 en toelichting in bijlage 1):

- In de referentiesituatie (ASR+RO, variant 2): is het rendement van de ASR 59%.
- Bij toepassing van een DBW (variant 3e) wordt bij een leveringscapaciteit van 42,7 m³/ha/dag de ASR op vergelijkbare wijze gebruikt als variant 2. Het rendement is dan ook vergelijkbaar (59%).
- bij een lagere leveringscapaciteit vindt minder directe levering plaats in de zomer en wordt meer gebruikt gemaakt van de ASR. Bij een leveringscapaciteit van 25 m³/ha/dag (variant 3d) neemt de jaarlijkse hoeveelheid injectie en recovery toe. Weliswaar neemt de omvang van de meng zone toe, doordat de zoetwaterbel een grotere diameter heeft, maar omdat er netto meer water wordt gewonnen stijgt het rendement naar 62%.
- Bij een leveringscapaciteit van 10 m³/ha/dag (variant 3b) neemt de jaarlijkse hoeveelheid injectie en recovery nog verder toe wat in theorie een rendementsverbetering oplevert. Maar doordat jaarlijks een grote zoetwatervoorraad moet worden aangehouden neemt de omvang van de meng zone ook toe. Hierdoor treden meer verliezen op door menging en opdrijving tijdens langdurig opslag, zonder dat er netto veel meer water wordt gewonnen dan bij een grotere leveringscapaciteit. Het voordeel van de grotere schaal wordt dus teniet gedaan door de aanzienlijk langere

opslagperiode. Er moet dus extra water geïnjecteerd om de verliezen te compenseren en de zoetwaterbel in stand te houden. Het netto rendement neemt hierdoor af naar 60%.

- Bij een leveringscapaciteit van 7 m³/ha/dag (variant 3a) nemen de verliezen door het in stand houden van de zoetwaterbel nog verder toe en daalt het rendement naar 58%.

Bovendien moet worden bedacht dat in de rendementsberekeningen nog geen rekening is gehouden met het afdrijven van de bel door regionale stroming. Momenteel is de regionale grondwaterstroming verwaarloosbaar maar dat kan in de toekomst veranderen. Om die reden kunnen met name bij variant 3 met leveringscapaciteit 7 m³/ha/dag in de praktijk (te) grote verliezen optreden met risico's voor de leveringszekerheid.

Tabel 4-1 Inschatting van ASR-rendement per variant bij toepassing op Prominent

Variant	Leveringscapaciteit (m ³ /ha/dag)	Rendement ASR	Chlorideconcentratie recovery (mg/l)
1		n.v.t.	n.v.t.
2	42.7	59%	11
3	42.7	59%	11
	25	62%	11
	10	60%	8
	7	58%	8
4		Idem variant 3	

4.2.3 Waterkwaliteit

Bij een grotere zoetwaterbel blijft de meng zone tussen zoet en brak water op grotere afstand van de putten. Dit leidt tot een verbetering van de waterkwaliteit bij toepassing een DBW of MRO met kleine leidingcapaciteit (<12.5 m³/ha/dag). De gemiddelde chlorideconcentratie daalt van 11 mg/l in de referentiesituatie (variant 2) naar 8 mg/l. Het water hoeft minder snel gespuid wat bijdraagt aan lagere emissies en lager zoetwatergebruik.

4.3 Rendement van DBW

Om de gietwaterprijs (tarief) voor DBW te vergelijken met de huidige RO is het belangrijk om te weten hoeveel procent van het aangeleverde DBW effectief wordt benut.

- De huidige RO productie wordt volledig benut door de kas (rendement 100%, variant 2).
- 91% van het DBW water wordt benut door de kas (variant 3 met leidingcapaciteit 10 m³/ha/dag).

Toelichting: De hoeveelheid water dat via de ASR wordt geleverd neemt toe van 53.000 (variant 2) naar 67.000 m³/jaar (variant 3). Het rendement van de ASR is ongeveer 60% (40% verlies). Er treedt dus een extra verlies op van 5.600 m³/jaar (40% * [67.000 - 53.000]). 5.600 m³/jaar verlies gedeeld door een DBW levering van 67.000 levert een verlies van 8% (rendement DBW = 92%).

4.4 Voorinjectie

Het duurt ten minste 6 jaar om een recovery van 60% te bereiken wanneer direct vanaf de eerste injectiecyclus ook jaarlijks wordt onttrokken (zie Figuur 4-3). Het cumulatieve rendement over de eerst 6 jaar bedraagt slechts 43%.

Door direct in het eerst jaar extra water te injecteren kan de recovery direct worden verhoogd tot 65%. Uit enkele proefberekeningen blijkt dat een voorinjectie van 134,000 m³/jaar volstaat. Dit is 200% bovenop de gemiddelde jaarlijkse injectie. Het cumulatieve rendement over 6 jaar bedraagt dan 46% wat vergelijkbaar is aan de situatie

zonder voorinjectie. Het belangrijkste voordeel van voorinjectie is dat het systeem vanaf jaar 2 operationeel is.

De benodigde extra hoeveelheden water zijn op Prominent beschikbaar door een combinatie van hemelwateroverschot en DBW. Eventueel kan ook nog gebruik gemaakt worden van de bestaande RO.

Een dergelijke start van het systeem stelt wel extra eisen aan het beheer van de Freshkeeper. In het eerste jaar is nog weinig zoet water opgedreven in de deklaag, waardoor het bovenste putfilter aan het einde van de eerste recoveryfase ook als 'Freshkeeperput' moet worden ingezet om verzilting vanaf de bovenkant af te vangen.

4.5 Putverstopping

Het geleverde DBW heeft behandeling met omgekeerde osmose ondergaan en is daarom vrijwel vrij van mineralen. De ervaring is dat dit bij injectie leidt 'kleimobilisatie': door vervanging van zoutwater in het zandpakket door zeer zoetwater dispergeren kleideeltjes. Deze worden getransporteerd met het grondwater en worden bij langzame stroomsnelheden weer afgezet. Hierbij kunnen ze het zandpakket doen verstopen. Aanbevolen wordt om bij het begin van de injectie het water te laden met bijvoorbeeld gips (CaSO_4 , enkele mmol/l) om zo het injectiewater te voorzien van mineralen en de scherpe overgang van zout naar zoet te verminderen. Dit zou nader uitgezocht moeten worden,

4.6 Benodigde aanpassing ASR-systeem

Het ASR-systeem kan met de prestatie van het huidige puttenveld het neerslagenaanbod aan, maar heeft weinig overcapaciteit (i.e., vrijwel de hele winter heeft deze op vol vermogen kunnen draaien). Er zal daarom minimaal 1 put bijgeplaatst moeten worden (zie hoofdstuk 5). De voorzuivering van het hemelwater is op capaciteit en behoeft geen aanpassingen.

Daarnaast dient nog een routine te worden ontwikkeld om te beslissen of en wanneer het noodzakelijk is om de DBW aan te sturen. De beslisregels die ontwikkelt zijn ten behoeve van deze haalbaarheidsstudie (zie Figuur 2-1) kunnen hierbij als startpunt dienen.

5 Kosten

In dit hoofdstuk wordt eerst een korte toelichting gegeven hoe de kosten zijn ingeschat (§5.1). Vervolgens worden kostenberekeningen uitgevoerd om het ontwerp van de DBW te optimaliseren voor de situatie bij Prominent (§5.2) en bij opschaling naar het omliggende gebied (§5.3). Op basis hiervan wordt een vergelijking gemaakt van de gietwaterprijs van DBW met de referentiesituatie bij Prominent (§5.5) en samen met omliggende tuinders (§5.6).

5.1 Werkwijze kostenberekeningen

Voor de berekening van kosten is gebruik gemaakt van het handboek 'Standaardisatie van kosten drinkwater, niveau beleidsplan en systeemkeuze' (DHV 2002) die is gebaseerd op NEN2631. Het handboek stelt dat onderhavige raming, die worden gemaakt ten behoeve van systeemkeuze, een nauwkeurigheid heeft van $\pm 30\%$.

Hierbij is rekening gehouden met de volgende investeringskosten:

- Restwaarde van bestaande installaties. De restwaarde is alleen meegenomen om de kosten voor Prominent te vergelijken om dat de bestaande ASR en RO installatie nog goed functioneren. Voor de lange termijn berekeningen wordt uitgegaan dat bestaande installaties zijn afgeschreven.
- Bouwkosten (dit zijn kosten voor de aannemer inclusief risico, winstmarge en algemene kosten)
- Bijkomende kosten. Dit zijn kosten voor de initiatiefnemer (in casu Evides) voor inrichting, begeleiding en bouwrente. De bijkomende kosten zijn 37% van de bouwkosten voor zuivering en 23% voor leidingen (en putten).

De volgende investeringen zijn niet meegenomen:

- R&D om de bediening van de ASR te automatiseren
- Grondverwerving c.q. vestiging van zakelijk recht,

Voor exploitatie is de volgende onderverdeling aangehouden:

- Vaste kosten. Rente 5%. Afschrijving lineair in 25 jaar voor zuiveringsinstallaties en putten, en 50 jaar voor leidingen.
- Verbruikskosten. Elektriciteit tegen een tarief van 0,096 €/kWh, dus in combinatie met WKK.
- Onderhoudskosten: zuivering en ASR 2% van bouwkosten, leidingen 0,5% van bouwkosten.
- Specifieke bedrijfskosten: personeel.
- Er is geen post onvoorzien of winstmarge opgenomen.

De kosten zijn gebaseerd op de volgende informatiebronnen:

- De restwaarde van bestaande installaties is gebaseerd op de afschrijvingstermijn en nacalculatie van gerealiseerde RO en ASR systemen.
- Bouwkostenfuncties en onderhoud van RO en ASR systemen is gebaseerd op nacalculaties en gedetailleerde offertes (gegevens KWR).
- Voor persleidingen zijn bouwkostenfuncties afgeleid op basis van nacalculaties van gerealiseerde persleidingen door de Gemeente Westland, en ervaringscijfers van Grontmij (pers. mededeling Hans van de Berg)

- Voor de aanleg van de productiefaciliteiten en transportleiding van Hoek van Holland naar Prominent zijn kostenfuncties afgeleid op basis van een separate raming door Evides.
- Tot slot is gebruik gemaakt van bouwkostenfuncties uit het handboeken (DHV 2000, DHV 2002).

De kostenfuncties en exploitatieberekeningen bevatten bedrijfsgevoelige informatie en zijn separaat gerapporteerd.

5.2 Optimalisatie van capaciteit DBW voor Prominent (variant 3)

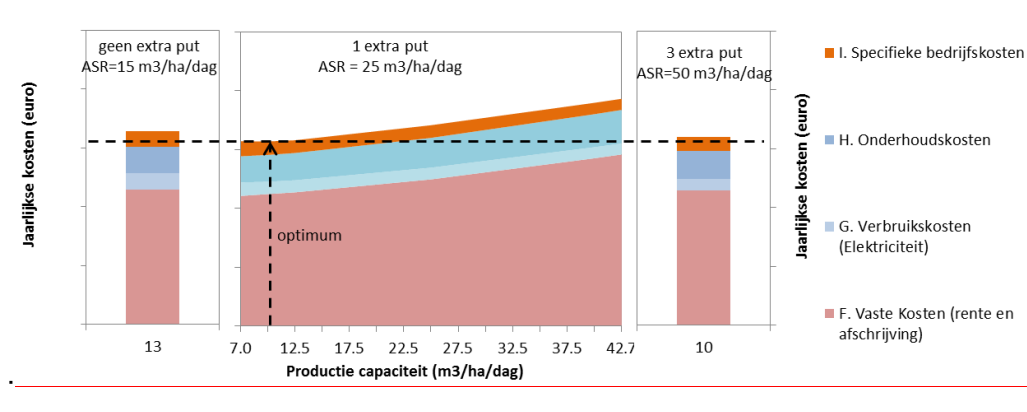
In deze paragraaf worden de capaciteiten voor variant 3 geoptimaliseerd. Hierbij is onderscheid gemaakt tussen de productie-, transport, injectie- en distributiec capaciteit.

De benodigde capaciteiten per hectare zijn in Tabel 5-1 vertaald naar een benodigde momentane capaciteit in m³/uur voor alle 27.53 ha kas op Prominent.

De *productiecapaciteit* van het DBW-systeem wordt bepaald door de RO installatie in de gietwaterfabriek waar het water wordt gezuiverd. Een dergelijk systeem is modulair opgebouwd en kan daardoor in de toekomst worden uitgebreid.

In Figuur 5-1 is te zien dat de jaarlijkse kosten het laagste zijn bij een productie- en leidingcapaciteit van ca. 10 m³/ha.dag (zie stippellijn in middelste grafiek). Bij hogere capaciteit nemen de verbruikskosten weliswaar iets af doordat er water direct geleverd wordt en minder verloren gaat in de ASR, maar de afschrijvingen op ruimer gedimensioneerde installaties zijn zodanig hoger dat de totale kosten toenemen. Bij lagere capaciteit moet meer DBW geproduceerd worden. De gevoeligheidsanalyse in § 3.3.4 laat zien dat vanuit het oogpunt van risicobeheersing, het ook wenselijk is om in het ontwerp van de DBW rekening te houden met een capaciteit van ten minste 10 m³/ha.dag (dit is 11m³/uur voor Prominent).

FIGUUR 5-1 VERBAND TUSSEN DE PRODUCTIECAPACITEIT VAN HET DBW-SYSTEEM EN DE JAARLIJKSE KOSTEN VOOR WATERLEVERING (MIDDEN). IN DE LINKER EN RECHTER GRAFIEK IS AANGEGEVEN WAT DE INVLOED IS VAN DE ASR INJECTIECAPACITEIT OP DE KOSTEN DE KOSTEN OP DE Y-AS ZIJN OP EEN RELATIEVE SCHAAL WEERGEGEVEN. DE STIPPELLIJN GEEFT DE KOSTEN VOOR DE MEEST OPTIMALE VARIANT.



De *transportcapaciteit* wordt bepaald door de diameter van de leiding van AWZI Hoek van Holland naar Prominent. De aanlegkosten zijn hoog en worden vooral bepaald door de lengte van het tracé en in mindere mate door de buisdiameter. Bovendien is het zeer kostbaar om een bestaande leiding te vervangen door een grotere diameter. Voor het ramen

van de kosten is gerekend met een transportcapaciteit van 12,5 m³/ha.dag (14,3 m³/uur; ø 60 mm).

Eventueel kan overwogen worden om de leiding alvast groot genoeg te maken voor toekomstige levering aan alle omliggende glastuinbouwbedrijven met een hoge watervraag (170 ha). In dat geval kan een leidingcapaciteit van 88,5 m³/uur (ø 140 mm) worden beschouwd als het maximum.

De *injectiecapaciteit* wordt bepaald door het aantal ASR-putten. De onderste grafiek (midden) in Figuur 5-1 laat zien wat de jaarlijkse kosten zijn, uitgaande dat de ontwerp-injectiecapaciteit wordt hersteld naar 25 m³/dag.ha door de aanleg van 1 extra put. Deze variant blijkt ook qua kosten optimaal te zijn

Zonder installatie van extra putten nemen de stroomkosten toe doordat meer hemelwater naar het oppervlaktewater wordt geloosd (zie Figuur 5-1, links). Er gaat hemelwater verloren wat gecompenseerd moet worden door extra DBW (stroomkosten). Ook moet extra geïnvesteerd worden in iets hogere capaciteit DBW.

Het verder vergroten van de injectiecapaciteit naar 50 m³/ha/dag leidt slechts tot een beperkte afname van de benodigde hoeveelheid DBW en capaciteit van het DBW-systeem (zie figuur 5-1, rechts). Deze besparing zijn gering waardoor ze niet opwegen tegen de extra kosten van aanleg van putten voor het verhogen van de injectiecapaciteit.

Distributie omvat het leidingnet om water van de ASR naar de gietwaterbassins van individuele tuinders te transporteren en *vice versa*. In de berekeningen is uitgegaan dat de capaciteit gelijk is aan de maximale gietwatervraag 38 m³/ha.dag (=43 m³/uur). Bij Prominent is reeds een bemeterd distributiesysteem aanwezig en zijn geen kosten geraamd.

TABEL 5-1 TE INSTALLEREN CAPACITEIT VAN HET DBW-EN ASR SYSTEEM (VARIANT 3)

Onderdeel DBW	Te installeren capaciteit (m ³ /ha.dag)	Vertaald naar Prominent - 27.53 ha (m ³ /uur)	Vertaald naar omgeving - 170 ha (m ³ /uur)
Productie	10	11.5	71
Transport	12,5	14	88
Injectie	25	29	177
Distributie	25	43 (reeds aanwezig)	177

5.3 Optimalisatie van capaciteit DBW bij opschaling naar de omgeving ('Groene Weide')

In deze paragraaf is gekeken welke capaciteiten nodig zijn indien wordt besloten om DBW op te schalen naar een groter gebied. Dit wordt aangeduid als de "Groene Weide" omdat er is geredeneerd vanuit een toekomstige situatie zonder bestaande ASR en waarin bestaande RO systemen zijn afgeschreven.

Potentiële afzetgebied: Om te kunnen anticiperen op toekomstige uitbreiding is ook de benodigde capaciteit bepaald voor het potentiële leveringsgebied rondom Prominent. Dit omvat 310 ha glas, waarvan 170 ha met een hoge watervraag (zie Figuur 5-2) (bron: Kamer van Koophandel gegevens uit 2008, i.c.m. fysiek_glas GIS-bestand van de Provincie Zuid Holland 2012). Dit getal is zeer indicatief. Zo is de gebruikte informatie van de Provincie over oppervlak glastuinbouw tegenstrijdig met informatie van de Kamer van Koophandel die een

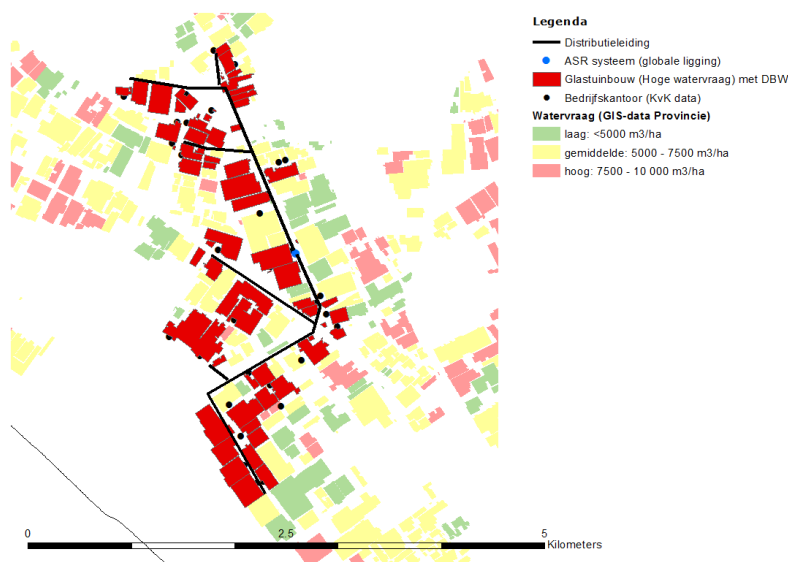
kleiner oppervlak aangeven. Daarnaast is aangenomen dat alle bedrijven met een hoge watervraag deelnemen. Ook is geen rekening gehouden dat bedrijven met lage watervraag hun neerslagoverschot gaan aanbieden.

Distributie: Bij opschaling van het systeem moet een nieuw leidingnet worden aangelegd. De vaste kosten en onderhoud vormen een groot deel van de exploitatiekosten, namelijk 20% bij schaalgrootte 100 ha tot 40% bij schaalgrootte 1.000 ha. De kosten zijn met name afhankelijk van de lengte en ook de diameter van de leidingen. Door de capaciteit te beperken tot 25 m³/ha/dag i.p.v. 38 m³/uur wordt netto 3% bespaard op de jaarlijkse exploitatie. Hierbij is rekening gehouden dat de DBW 5% extra water moet produceren om extra waterverliezen door overstorten naar het oppervlaktewater te compenseren. Oorzaak van deze verliezen is dat er hoger peil gehanteerd moet worden in de gietwaterbassins (extra voorraad) omdat de leidingcapaciteit kleiner is dan de momentane vraag.

Overige verschillen t.o.v. Prominent: Bij opschaling verschillen de kosten op de volgende punten van de pilot bij Prominent:

- Geen restwaarde van RO installatie en bestaande ASR
- Bij Variant 2 (RO + ASR) kan bespaard worden op de RO capaciteit (25% minder investeringskosten)
- Aanvullende investeringen zijn nodig voor distributie

FIGUUR 5-2 LIGGING VAN GLASTUINBOUW (OMGEVING "GROENE WEIDE") MET HOGE WATERVRAAG (RODE VLAKKEN) DIE VIA EEN DISTRIBUTIELEIDING VERBODEN KUNNEN WORDEN MET DE ASR BIJ PROMINENT TOT ÉÉN DBW-SYSTEEM.



5.4 Optimalisatie variant 4

De kosten van gietwaterproductie uit oppervlaktewater via mobiele RO's zijn lager dan Delft Blue Water, aangezien er geen investeringen nodig zijn in transportleidingen van de RWZI naar glastuinbouwgebieden. Het is lastig om de exacte prijs voor mobiele RO installaties aan gietwatervoorziening toe te rekenen aangezien Evides de installaties ook als reservevoorziening gebruikt. Om die reden is variant 4 verder niet beschouwd bij de afweging van kosten.

5.5 Kosten van Pilot bij Prominent

Het DBW project vergt aanzienlijke investering, terwijl de bestaande RO installatie nog aanwezig is en technisch niet is afgeschreven. Dit maakt dat het niet mogelijk is om op korte termijn op de schaal van alleen Prominent gietwater te leveren die concurrerend is met de huidige RO installaties.

TABEL 5-2 KOSTEN VAN DE VARIANTEN 1 T/M 3 BIJ PROMINENT

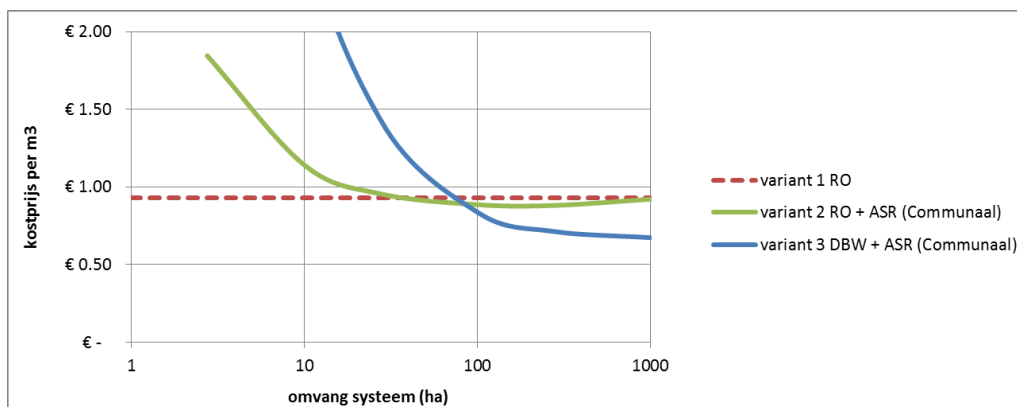
	Variant 1: RO	Variant 2: RO + ASR	Variant 3: DBW + ASR
Investerings (eenmalig)	0 k€	24 k€	944 k€
Kosten (variabel + afschrijving + rente + onderhoud)	58 k€ /jaar	68 k€ /jaar	111 k€ /jaar
Kostprijs gietwater	0,75 €/m ³	0,82 €/m ³	1,15 €/m ³

5.6 Kosten van grootschalige implementatie DBW via ASR

In Figuur 5-3 is de kostprijs van gietwater weergegeven voor de verschillende varianten, variërend van kleinschalige toepassing op één bedrijf tot enkele honderden hectaren in de omgeving van Prominent. Kanttekening bij deze grafiek is dat de hoeveelheid geleverd gietwater van een ASR systeem hoger is dan een RO. Voor individuele bedrijven tot 20 ha is alleen een RO installatie de goedkoopste optie.

- Voor clusters van 20 tot 200 ha is het aantrekkelijk om te investeren in een ASR-systeem mits de bestaande RO installaties aan vervanging toe zijn. (Bij Prominent is dit momenteel niet het geval gezien de leeftijd en restwaarde van de installaties)
- Er is een gunstige business case mogelijk bij afzetvolumes vanaf 200ha. schaalgrootte (ca. 400.000 m³/jaar). Dit betekent dat Delft Blue water voor een groter cluster van bedrijven een aantrekkelijk alternatief kan zijn tegen vergelijkbare kosten als bestaande RO (0,80 – 1,00 €/m³ ex BTW).

FIGUUR 5-3 GIETWATERPRIJS (Y-AS) VOOR VARIANTEN 1 T/M 3, WEERGEGEVEN VOOR VERSCHILLENDE OMVANG VAN COLLECTIEVE SYSTEMEN (X-AS).



6 Evaluatie en conclusies

6.1 Evaluatie

In deze paragraaf worden de criteria uit hoofdstuk 2: de kosten, leveringszekerheid, waterkwaliteit en wettelijk kader geëvalueerd.

6.1.1 Kosten

Voor een groter cluster van bedrijven (>200 ha) kan DBW op de lange termijn financieel aantrekkelijk zijn met een vergelijkbare of zelfs lagere gietwaterprijs als RO. Voorwaarde is dat de meerderheid van de bedrijven in een gebied deelnemen om transportafstand en –kosten van het distributiesysteem te beperken. Een aandachtspunt is dat deelname niet aantrekkelijk is voor bedrijven met een functionerend RO-systeem met hoge restwaarde, totdat de RO installaties aan vervanging toe zijn of minder goed gaan presteren, bijvoorbeeld door hogere zoutconcentraties in het gewonnen grondwater veroorzaakt door verzilting en kortsluitstroming. Klimaatverandering en zeespiegelstijging zal naar verwachting deze verzilting in de toekomst gaan versterken.

Een alternatief is om in een overgangperiode te werken met mobiele RO installaties (variant 4) zodat bedrijven geleidelijk bij het gezamenlijke gietwaternetwerk kunnen aansluiten. Op termijn kan dan een fysieke verbinding (pijplijn) worden aangelegd om DBW aan te voeren vanuit de RWZI.

Voor de beperkte schaalgrootte van alleen Prominent leidt DBW tot een hogere gietwaterprijs dan de huidige praktijk met RO. Een pilot met DBW is financieel gezien alleen haalbaar wanneer er ook subsidie wordt geboden op de investeringen. Motivaties voor subsidie zouden kunnen zijn het aantonen van de werking (proof of principle) en de kansen op toekomstige opschaling van het concept.

6.1.2 Leveringszekerheid

Een belangrijk voordeel van levering via ASR is dat een DBW-systeem minder kwetsbaar is voor storingen in zowel productie als in het leidingnet dan bij on-demand levering. Zeker wanneer gewerkt wordt met een Freshkeeper aangezien er dan in geval van calamiteiten altijd nog tijdelijk extra water kan worden onttrokken – tot beneden het niveau waarop jaarlijks een duurzame recovery kan plaatsvinden. Dit kan zich vertalen in een simpeler ontwerp met minder redundantie.

6.1.3 Waterkwaliteit

De kwaliteit van het ASR en DBW water valt ruim binnen de eisen die de glastuinbouw stelt. De zoutconcentraties zijn ver beneden de streefwaarde van 0,5 mmol/l natrium en er zijn geen resten van gewasbeschermingsmiddelen aangetroffen bij eerdere metingen. Voor andere bedrijven, met een RO-capaciteit die lager is dan de piekwatervraag, zal de kwaliteit zelfs toenemen als niet meer incidenteel drink- of slootwater hoeft te worden ingenomen.

6.1.4 Wettelijk kader en vergunningen

De huidige vergunning voor de ASR is 100.000 m³/jaar. De doorgerekende varianten voor Prominent passen ruim binnen dit kader. Bij opschaling is een wijziging van de vergunning noodzakelijk.

6.2 Conclusie en advies

De realisatie van DBW in combinatie met ASR is technisch haalbaar ter plaatse van de pilot ASR Prominent, maar financieel gezien in de huidige situatie nog ongunstig.

- Het schaalniveau van Prominent (27.5 ha) is te gering om financieel een concurrerende gietwaterprijs te kunnen bieden. Voor een groter cluster van bedrijven (range > 100–200 ha) kan DBW wel financieel aantrekkelijk zijn. Dit betekent dat de meerdere bedrijven in een gebied zich moeten aansluiten. In die situatie kan een concurrerende gietwaterprijs worden gerealiseerd.
- Prominent en veel andere glastuinbouwbedrijven in de omgeving hebben een alternatief en geïnvesteerd in een RO-installatie.

Deze haalbaarheidsstudie geeft aan dat bij voldoende 'volume' deze optie zowel financieel, technisch als beleidsmatig haalbaar is en past in het streven naar een duurzamere gietwatervoorziening en injectie van membraanconcentraat ('brijn') in de ondergrond wordt beperkt. Een collectief DBW-systeem in combinatie in combinatie met betere benutting van hemelwater via ASR past in het beleid "Goed gietwater".

Dit betekent een transitieproces voor de komende jaren (5 –10 jaar) waarbij:

- Vanuit één centrale locatie (bv. Prominent) een verdergaande clustering en aansluiting van bedrijven plaatsvindt tot minimaal 100 ha–200 ha.
- Voor de overgangperiode deelnemende bedrijven te 'ontzorgen' door het plaatsen van een mobiele RO in combinatie met ASR (=variant 4). Is voldoende 'volume' bereikt, dan kan een DBW-systeem structureel worden aangelegd.

Aanbevolen wordt dan ook om de overgangperiode te benutten om het concept in de praktijk verder uit te testen en beleidsmatig te sturen.

6.3 Reactie van eindgebruikers

Het plan voor levering van DBW is ook besproken met het bestuur van Prominent tijdens een overleg op 5 maart 2014. De reactie was positief. Prominent wil ontzorgd worden t.a.v. de watervoorziening. Het gebruik van opgewerkt effluent vormde daarbij in beginsel geen belemmering. Wel is transparantie en monitoring van de kwaliteit van het DBW water en onttrokken gietwater gewenst.

6.4 Technisch vervolgonderzoek

Om reservoirmanagement te implementeren is een Stuursysteem (Beslissings Ondersteunend Systeem, BOS) nodig om de ASR putten automatisch aan te sturen, met name de freshkeeper die terugwinning van zoetwater optimaliseert.. De handmatige berekeningen met het grondwatermodel geven aan dat er redelijk eenvoudig mogelijk is op basis van waargenomen EGV in de putfilters op verschillende diepten (dit is niet meegenomen in de kostenraming).

Een tweede vraag is of, en in welke mate, het noodzakelijk is om kalk bij te mengen om putverstopping door mobilisatie van kleideeltjes te voorkomen. Dit kan goed onderzocht worden aan de hand van bodemonsters die zijn genomen op locatie Prominent.

Daarnaast is het wenselijk om het afdrijven van de zoetwaterbel en het lekken van dieper zoutwater via oude boorgaten door de onderliggende kleilagen te kunnen monitoren. Dit kan plaatsvinden met behulp van de huidige peilbuizen. Dit onderwerp speelt vooralsnog met name bij de locatie Prominent Groeneweg in verband met lekwater door eerdere doorboringen.

7 Geraadpleegde literatuur

Chiang, E.W.H.. Processing Modflow: an integrated modeling environment for the simulation of groundwater flow, transport and reactive processes. version 8.06. Simcore Software, Irvine, USA. www.simcore.com. 2012

DHV. Standaardisatie van kosten. Niveau beleidsplan en systeemkeuze. 2002

DHV. Handboek kosten Kleinschalige Waterbehandeling. 2000

Paalman, M., Appelman, W. and Raterman, B.. Watervraag concentratiegebieden glastuinbouw in Zuid-Holland, KWR Watercycle Research Institute, Nieuwegein. 2011

Zuurbier, K.G., Zaadnoordijk, W.J. and Stuyfzand, P.J.. How multiple partially penetratingwells improve the freshwater recovery of coastal ASR systems: a field and modeling study. Journal of Hydrology. 2014

Bijlage I Opbouw modelinstrumentarium

Voor dit onderzoek is gebruik gemaakt van een waterbalansmodel en een grondwatermodel. Deze bijlage licht toe hoe het model is opgebouwd en gevalideerd met meetgegevens.

B1.1 Grondwatermodel (SEAWAT)

Het grondwatermodel berekent de stijghoogten, grondwaterstroming en menging/verplaatsing van zoet- en zoutwater rondom de injectieputten.

Doel van het grondwatermodel is om het rendement van het ASR-systeem te bepalen, i.e. het percentage teruggewonnen zoet water ten opzichte van de hoeveelheid geïnjecteerd water. Belangrijke aandachtspunten voor dit onderzoek is het rendement tijdens een sequentie van droge en natte jaren. In eerdere onderzoeken bij Prominent is gerekend met een jaarlijks gemiddelde watervraag.

De berekeningen zijn uitgevoerd met de modelcode SEAWAT versie 4 (Langevin et al., 2008b) en PMwin 8.06 (Chiang, 2012) als pre- en post-processor. SEAWAT is gebruikt om grondwaterstroming en transportberekeningen uit te voeren rekening houdend met dichtheid. De dichtheid wordt berekend als functie van de concentratie chloride, waarbij rekening is gehouden met het totaal aan opgeloste stoffen (Total Dissolved Solids (TDS)).

De lokale bodemopbouw en configuratie van het ASR systeem zijn geïncorporeerd in een axi-symetrisch model (Langevin, 2008a; Wallis et al., 2012). Laterale heterogeniteit in de aquifer en achtergrondstroming zijn daardoor niet gemodelleerd, omdat zij op de schaal en ligging van het ASR systeem verwaarloosbaar geacht worden). De horizontale discretisaties (Δr) van cellen binnen het model nemen toe van 2 m nabij de put naar 10 m vanaf 100 m radius en 100 m vanaf 3000 m radius. De celhoogte (Δz) neemt toe van 1 meter in het doelpakket (wvp1) naar 4 tot 25 m in de diepere pakketten.

De parameters zijn overgenomen uit een eerder opgesteld volledig 3D model. Voor meer informatie over de validatie hiervan wordt verwezen naar Zuurbier (2012, 2014)

B1.2 Opbouw waterbalansmodel

Het waterbalansmodel berekent de waterstromen aan het oppervlakte rondom de kas en interacties met de ondergrondse waterberging. Het doel van het waterbalansmodel is om te berekenen hoe de zoetwaterbronnen en beschikbare waterberging zo efficiënt mogelijk in te zetten om watervraag en aanbod te matchen. Dit vindt met name plaats door optimalisatie van de sturingsregels (zie Figuur 2-1).

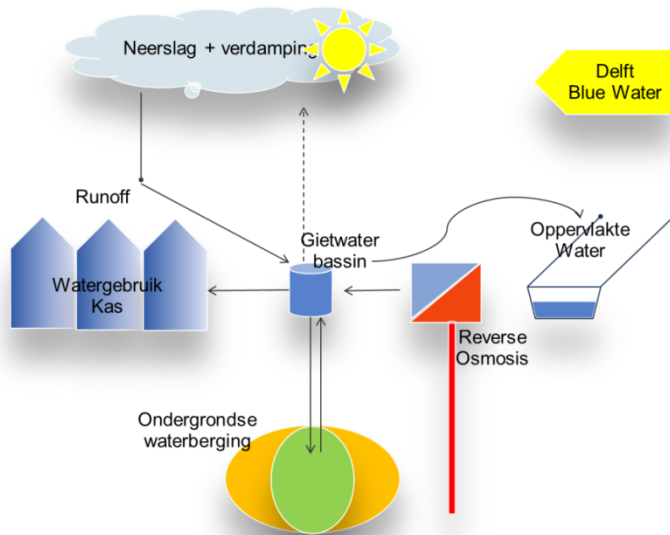
De waterbalans die voor dit onderzoek is gehanteerd omvat de volgende is schematisch weergegeven in figuur B1.1. Ze is op dagbasis berekend met de volgende vergelijkingen:

$$\Delta B_b = N_{\text{bassin}} + N_{\text{kas}} + RO (+DBW) + ASR_{\text{rec}} + S_{\text{inlaat}} - E_{\text{kas}} - S_{\text{overstort}} - ASR_{\text{inj}} \quad (\text{eq B1.1})$$

$$\Delta B_{\text{ASR}} = f_{\text{rec}} * ASR_{\text{inj}} - ASR_{\text{rec}} \quad (\text{eq B1.2})$$

Voor omschrijving van deze symbolen wordt verwezen naar tabel B1.1.

FIGUUR B1.1 SCHEMATISCHE WATERBALANS VAN DE GIETWATERVOORZIENING



Van de kassen Groeneweg II, onderdeel van Prominent, zijn in de periode 2010–2013 de watergift naar de kas, het bassinpeil en de RO gemeten. Het watergebruik naar de kassen verschilt weinig van jaar tot jaar en de metingen worden representatief geacht voor een langjarige periode. De overige termen van de waterbalans zijn gemeten op naburige meteostations of berekend als restpost:

TABEL B1.1 OVERZICHT VAN INFORMATIEBRONNEN GEHANTEERD VOOR HET OPSTELLEN VAN DE WATERBALANS VAN PROMINENT.

	Balansterm	Informatiebron
ΔB_b	Berging in gietwaterbassin	Restpost, Meting glastuinbouwbedrijf gebruikt ter validatie
ΔB_{ASR}	Berging in gietwaterbassin	Restpost, Meting glastuinbouwbedrijf gebruikt ter validatie
N_{bassin}	Neerslag in bassin	KNMI meteostation Rotterdam (vanaf 1974) & De Bilt
N_{kas}	Neerslag op Kas	idem
RO	RO (of DWB, afhankelijk van de variant)	Meting glastuinbouwbedrijf. Max capaciteit 43 m ³ /ha/dag
DBW	Delft Blue Water	Capaciteit verschilt per variant
ASR_{rec}	Recovery Ondergrondse Waterberging	Meting glastuinbouwbedrijf
S_{inlaat}	Inlaat van oppervlaktewater	Schatting, Geen gegevens beschikbaar
E_{kas}	Watergebruik kas	Meting glastuinbouwbedrijf
E_o	Verdamping uit bassin	KNMI meteostation Rotterdam (vanaf 1974) en De Bilt. Makking verdamping omgerekend naar E_o op basis van Hooghart J.C., W.N. Lablans 1988
$S_{overstort}$	Overstort van gietwaterbassin naar oppervlaktewater	Restpost, Geen gegevens beschikbaar
ASR_{inj}	Injectie Ondergrondse	Meting glastuinbouwbedrijf

	Waterberging	
f_{rec}	Recovery van de ASR	Inschatting, op basis van grondwatermodelberekening

B1.3 Validatie waterbalans en waterbalansmodel

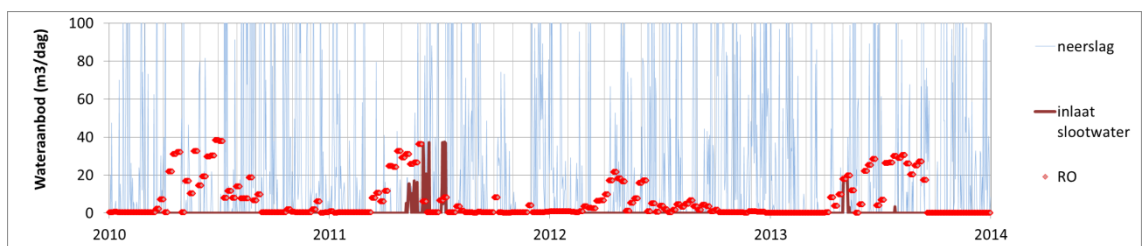
1^e controle met gemeten RO: Het waterbalansmodel is gecontroleerd aan de hand van metingen in de periode 2010–2013. Bij de eerste controle zijn alleen gemeten RO debieten gehanteerd, dus zonder gebruik te maken van beslisregels voor aansturing van de RO.

De resultaten van de waterbalansberekeningen zijn weergegeven in Figuur B1.2. Ter controle zijn de berekende waterpeilen in gietwaterbassins vergeleken met de metingen. De verschillen zijn als volgt te verklaren:

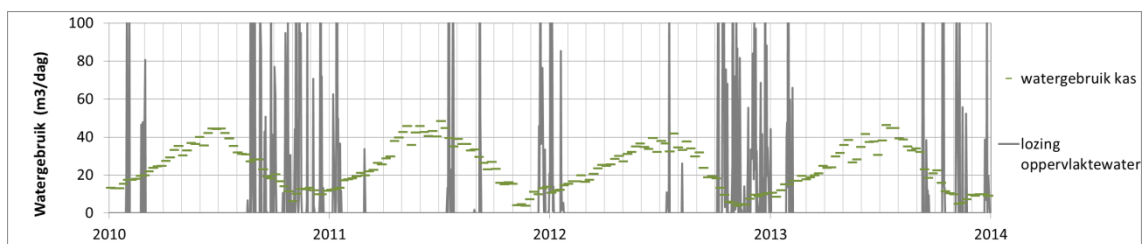
- De afgelopen jaren is af en toe water uitgewisseld met andere kassen.
- In 2011 is mogelijk oppervlaktewater ingenomen. Hier zijn geen gegevens van beschikbaar. ??
- Het meteostation Honselerdijk staat op enkele kilometers van de kas wat onnauwkeurigheden oplevert. Zo is de neerslaggebeurtenis die de peilstijging in oktober 2011 veroorzaakte wel terug te vinden in de gegevens van meteostation Hoek van Holland maar niet in Honselerdijk.
- In het najaar zijn na schoonmaak van het dakoppervlak soms per abuis de schotten tussen kasdakoppervlakken en het bassin dichtgelaten. Het hemelwater stroomt dan direct naar de sloot in plaats van het bassin.
- Tot slot moet bedacht worden dat het gietwaterbassin relatief klein is t.o.v. de totale jaarbalans; namelijk 10%. Een kleine afwijking in de balans of lokale bui van circa 20 mm heeft direct grote gevolgen.

De waterbalans levert dus geen reden om te twifelen aan de juistheid van de praktijkgegevens van watergebruik en RO.

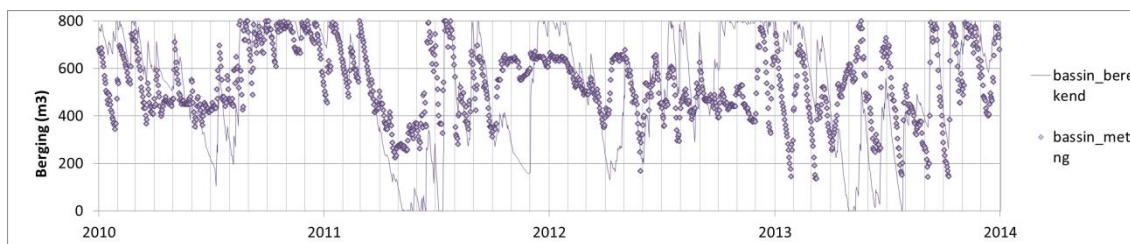
FIGUUR B1.2 RESULTATEN VAN WATERBALANSBEREKENING OP DAGBASIS. GEMETEN WAARDEN ZIJN WEERGEGEVEN ALS PUNTEN EN BEREKENDE WAARDEN ALS LIJNEN. KLEINE BALANSPOSTEN ZOALS ONDERGRONDSE WATERBERGING EN OPENWATER VERDAMPING ZIJN NIET WEERGEGEVEN.



IN



UIT



BERGING

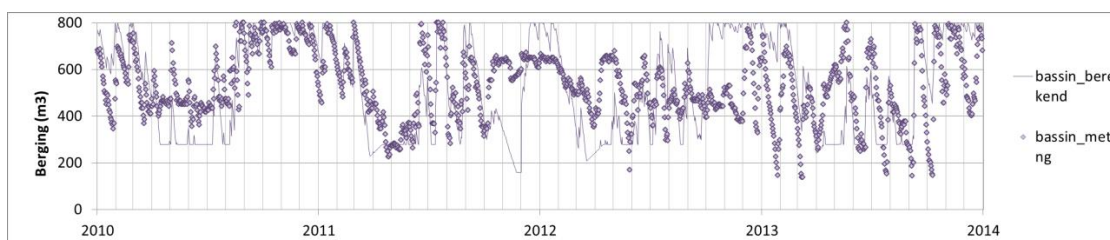
2^e controle, met beslisregels RO: Ter verificatie is het model een tweede maal doorgerekend voor de referentiesituatie. Maar dan op dezelfde wijze als de variantenstudie, dus met sturingsregels voor de RO:

- RO capaciteit = 42,7 m³/ha/dag
- RO aanschakelen als vulgraad bassin < 35% (april – september) of < 20% (overige maanden)
- De ASR is verwaarloosd om omdat in deze periode weinig recovery mogelijk was en alleen een groot overschot is geïnfilteerd dat anders toch uit het bassin naar de sloot zou overstromen.

De berekende waterpeilen zijn weergegeven in figuur B1.2 voor de periode 2010 – 2013. Ze volgen de metingen met name in droge perioden zelfs beter in vergelijking met de eerdere berekening in figuur B1.3.

Verder blijkt dat het model de RO licht overschat: de **berekende 2523 m³/ha/jaar** is circa 4% groter dan de **gemeten 2407 m³/ha/jaar**. Een oorzaak van dit verschil is de sturingsregel van het model die ervoor zorgt dat de RO in het voorjaar van 2011 en 2013 eerder op vol vermogen wordt berekend, terwijl in de praktijk de RO eerder wordt aangezet maar met een lagere capaciteit.

FIGUUR B1.4 BEREKENDE PEILEN IN HET GIETWATERBASSIN OP DAGBASIS (LIJNEN) VERSUS METINGEN (PUNTEN).



BERGING

3^e controle, met meteostation Rotterdam/ De Bilt: De 1^e en 2^e controle zijn uitgevoerd met gegevens meteostation Honselerdijk. Deze meetreeks is echter te kort en daarom ongeschikt voor het doorrekenen van langere perioden. Daarom wordt de variantenstudie uitgevoerd met een gecombineerde meetreeks van weerstation De Bilt (1960–1974) en Rotterdam (1974–heden). Dit leidt voor de periode 2010–2013 tot een **berekende RO van 2623 m³/ha/jaar**. Voor de gehele rekenperiode 1960–2013 is gemiddeld meer RO nodig: 2822 m³/ha/jaar (Zie variant 1, hoofdstuk 3). Oorzaak van dit verschil is dat de periode 2010–2013 relatief nat was.

Bijlage II Berekening van rendement ASR met SEAWAT

Rendement van variant 2: invloed van jaarlijkse fluctuatie

In variant 2 kenmerkt de ASR zich door een relatief gering gebruik van de ASR (gemiddelde injectie 53 000 m³/jaar) maar met een grote fluctuatie van de jaarlijkse recovery (stdev 40%).

Met het SEAWAT model is eerst een situatie doorgerekend met een constant jaarlijks injectiedebiet en maximale onttrekking bij gebruikmaking van een freshmaker. Het gemiddelde rendement voor jaar 6 – 15 is 60%. (NB: jaar 1 – 5 zijn gebruikt als “opwarmperiode” zodat de zoetwaterbel deels in evenwicht komt met de aquifer).

Vervolgens is gerekend met een jaarlijks fluctuerende injectiehoeveelheid. Het gemiddelde rendement neemt hierdoor met 1% af naar 59%. De jaarlijkse fluctuaties in de watervraag en aanbod hebben blijkbaar slechts een beperkt negatieve invloed op het rendement van het ASR systeem.

Rendement van variant 3 met leveringscapaciteit 42.7 m³/dag

De productiecapaciteit van de DBW is gelijk aan de RO variant 2. Hierdoor zijn de hoeveelheden geïnjecteerd water en het rendement ook vergelijkbaar.

Rendement van variant 3 met leveringscapaciteit 25 m³/dag: grotere recovery

Bij een lagere leveringscapaciteit wordt in de winter meer water in de ASR geïnjecteerd in verband met pieklevering in de zomer, gemiddeld 61 000 m³/jaar. Het rendement van de ASR neemt hierdoor toe naar 63% (64% bij een constant injectiedebiet minus 1% verlies door jaarlijkse fluctuaties).

Rendement van variant 3 met leveringscapaciteit 10 m³/dag: invloed van grotere zoetwatervraag en zoetwatervoorraad

In variant 3 met leidingcapaciteit 10 m³/dag wordt de ASR gemiddeld gezien meer gebruikt dan variant 2 (gemiddelde injectie 67 000 m³/jaar) en bovendien wordt bijna permanent een aanzienlijke zoetwatervoorraad aangehouden van gemiddeld 63 000 m³ aan het einde van de zomer. De vraag is in hoeverre het mogelijk is om dergelijk grote zoetwatervoorraden te beheren.

Met het SEAWAT model is berekend dat bij deze injectiedebieten het gemiddelde rendement 64% bedraagt (voor jaar 6 – 15) wanneer GEEN rekening wordt gehouden met de zoetwatervoorraad en jaarlijkse fluctuaties.

Met het SEAWAT model is ook doorgerekend wat er gebeurt wanneer WEL een zoetwatervoorraad wordt aangehouden:

- De putstrategie “freshkeeper” in Figuur 4–3 is als basis genomen. Reguliere injectie bedraagt 62.250 m³/jaar en een gemiddelde recovery 39.000 m³/jaar vanaf jaar 6 tot 16 oftewel een rendement van 60 %¹.

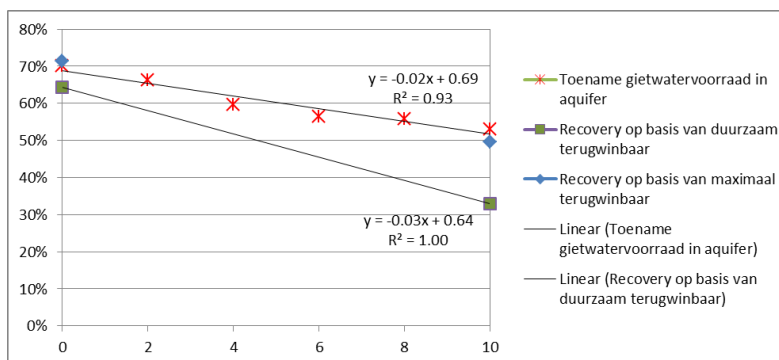
¹ NB: De recovery loopt op van 37.000 m³/jaar bij de start van de berekeningen naar 42000 m³/dag (65%) in jaar 16.

- Extra injectie: eenmalig 125 000 m³ oftewel 200% bovenop de normale injectie van 62 250 m³/jaar.
- De extra injectie vond plaats 6 jaar na start van de ASR zodat de aquifer al deels is opgeladen.

In Figuur B2.1 is aangegeven hoe de extra zoetwaterbel na verloop van tijd ontwikkelt:

- Na iedere tijdstep is bepaald hoeveel m³ zoet water er in de aquifer zit t.o.v. de berekening zonder injectie (“toename gietwatervoorraad”)
- Daarnaast is berekend hoeveel gietwater maximaal kan worden teruggewonnen (“recovery op basis van maximaal terugwinbaar”). Dit is een vrij bewerkelijke berekening aangezien na verloop van tijd zowel het bovenste als onderste putfilter als “freshmaker” moeten worden ingezet om te voorkomen dat brak water de middelste put bereikt. Het maximaal terugwinnen van water leidt tot een dusdanige uitmijning van de zoetwaterbel dat in de navolgende cycli onvoldoende water kan worden teruggewonnen.
- Tot slot is bepaald hoeveel water kan worden teruggewonnen, maar met als extra randvoorwaarde dat de benodigde recovery in de volgende tijdstep (39.000 m³/jaar) niet in gevaar komt bij een reguliere inzet van de freshkeeper (“recovery op basis van duurzaam terugwinbaar”).

FIGUUR B2.1 VERLOOP VAN DE OMVANG VAN DE ZOETWATERBEL NA INJECTIE VAN ADDITIONEEL INJECTIEWATER. OP DE Y-AS IS DE ADDITIONELE OMVANG VAN DE ZOETWATERBEL WEERGEGEVEN RELATIEF T.O.V. DE HOEEVELEHID ADDITIONEEL GEINJECTEERD WATER. DE ADDITIONELE OMVANG IS HET VERSCHIL IN OMVANG VAN DE ZOETWATERBEL BEREKEND MET EN ZONDER EXTRA INJECTIE.



Het rendement van de extra injectie is lager dan op voorhand te verwachten gezien de grote omvang. Al tijdens de injectie vindt veel menging e.d. plaats waardoor slecht 80 000 m³ van de 125 000 m³ extra injectie nog terugwinbaar is (rendement 64%). Oorzaak is dat de brakke zone nog relatief klein is t.o.v. de zoetwaterbel waardoor veel menging en opdrijving plaatsvindt.

Na verloop van 10 jaar slinkt de omvang van de zoetwaterbel door menging van 70% naar 50% van het extra geïnjecteerde water. Door opdrijven van de zoetwaterbel is deze ook lastiger terug te winnen. De duurzaam terugwinbare hoeveelheid daalt nog sterker van 64% naar 33% oftewel een verlies van 3% per jaar.

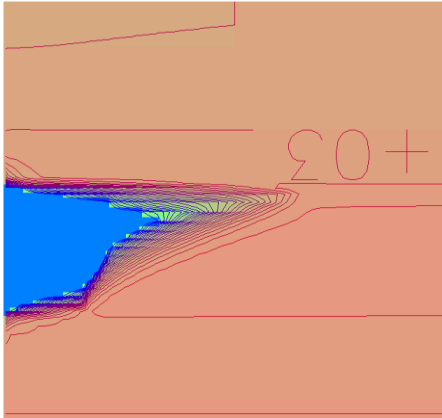
De berekening geven aan dat het in stand houden van een grote zoetwatervoorraad tot extra verliezen leidt t.o.v. een situatie waarin de zoetwaterbel jaarlijks maximaal-duurzaam wordt onttrokken. Het jaarlijkse verlies is 3%. Bovendien is slechts 65% van extra injectiewater terugwinbaar. Dit betekent dat jaarlijks ter compensatie 4% (= 3% / 65%) van de omvang van de zoetwaterbel moet worden geïnjecteerd om de omvang constant te houden.

Het rendement van de ASR neemt door deze verliezen af van 64% in een situatie zonder in stand houden zoetwaterberging naar 60%. De verliezen zullen in de praktijk na verloop van tijd (decennia) vermoedelijk afnemen als de omgeving van de zoetwaterbel verzoet.

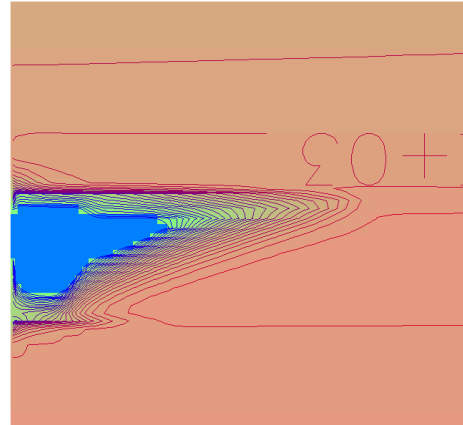
FIGUUR B2.1 DWARSPROFIEL VAN DE ZOETWATERBEL, BEREKEND MET SEAWAT VOOR EEN REGULIERE SITUATIE (BOVEN) EN NA EXTRA INJECTIE (MIDDEN EN ONDER). LEGENENA: BLAUW: <17 MG/L. GROEN: 17- 3000 MG/L. ROOD > 3000 MG/L.

- **Reguliere situatie:**

na injectie

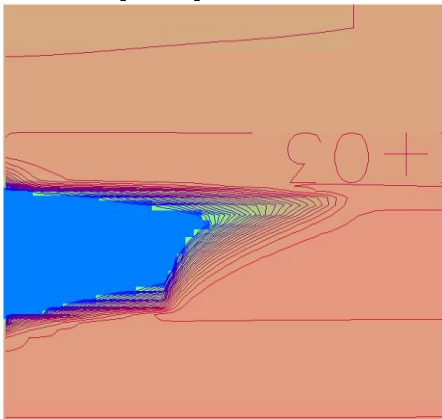


na duurzame recovery



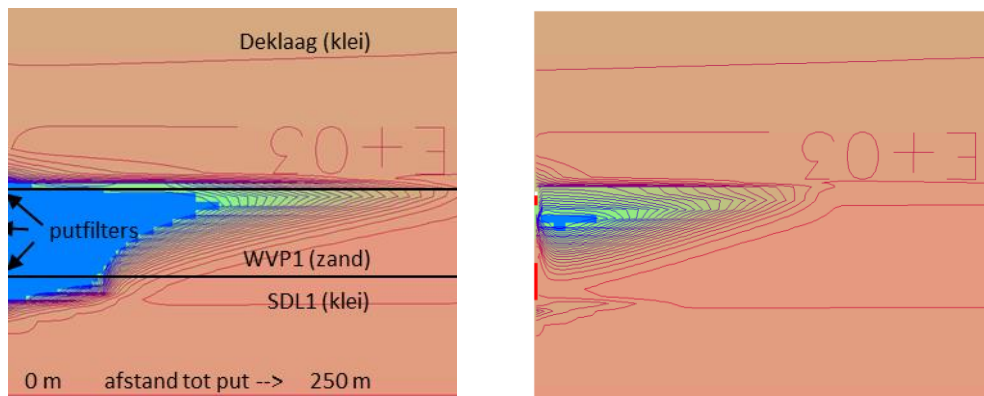
- **Situatie met extra injectie:**

Na extra injectie (jaar 1)



- Na extra injectie (jaar 10)

Na maximale recovery



Waterkwaliteit: Een bijkomend voordeel van deze grote zoetwaterbel is dat de mengzone op grotere afstand van de putten blijft en geen gebruik hoeft te worden gemaakt van de freshkeeper. Hierdoor verbeterd de kwaliteit van het recoverywater van 11 mg/l chloride met freshkeeper (variant 2) naar 8 mg/l chloride. De tuinder hoeft daardoor minder te spuien wat zowel een milieuvoordeel als lager watergebruik oplevert.

Rendement van variant 3 met leidingcapaciteit 7 m³/dag: grotere zoetwatervoorraad

Bij de minimale leidingcapaciteit van 7 m³/dag is de gemiddelde zoetwatervoorraad met 165000 m³ twee maal groter dan het jaarlijkse injectiedebiet van 78 000 m³/jaar. Uit berekeningen met SEAWAT blijkt dat de jaarlijkse verliezen ook dan 4% van de zoetwaterbel bedragen. Het verlies t.o.v. het jaarlijkse injectiedebiet is nog groter 8% ($=4\% \cdot 165000 / 78000 \text{ m}^3/\text{jaar}$).

Tegenover dit grotere verlies staat een toename van het rendement door toename van de jaarlijkse injectiedebieten: 65% (wanneer geen rekening wordt gehouden met jaarlijkse fluctuatie en zoetwatervoorraad).

Het netto rendement zal vermoedelijk iets beneden de 60% uitkomen.

Rendement van variant 4

De ASR recovery en rendementen van variant 4 zijn gelijk aan variant 3.

Bijlage III Afkortingen en begrippenlijst

ASR	Aquifer Storage and Recovery (Ondergrondse Waterberging)
DBW	Delft Blue Water, gezuiverd en middels RO opgewerkt effluent
leveringscapaciteit	Het minimum van de productiecapaciteit en transportcapaciteit.
MRO	Mobiele Reverse Osmosis installatie
RO	Reverse Osmosis
Recovery	Hoeveelheid water dat wordt onttrokken uit een ASR zoetwaterbel
Rendement	Percentage van het geïnjecteerd water dat wordt teruggewonnen (Recovery/ injectie)

