

BTO 2018.099 | Februari 2019

BTO rapport

Stand-alone decentrale
zuivering voor afgelegen
gebieden

BTO

Stand-alone decentrale zuivering voor afgelegen gebieden

BTO 2018.099 | Februari 2019

Opdrachtnummer

402045-029

Projectmanager

Ir. M.L. (Martin) van der Schans

Opdrachtgever

BTO - Bedrijfsonderzoek

Kwaliteitsborger

Dr. E. (Emile) Cornelissen

Auteurs

Dr. R. (Roberta) Hofman-Caris, Dr.ir. D.G. (Gijsbert) Cirkel, ing. H. (Hans) Huiting, L. (Luuk) de Waal, MSc

Projectbegeleiding

Erwin de Bruin*, Willem van Pol*, Diederik van Duuren*, Birgitta Putters*, Harrie Timmer **

Verzonden aan

Dit rapport is selectief verspreid onder BTO-participanten en openbaar een jaar na publicatie.

(*) = WML; (**) = Oasen

Jaar van publicatie

2019

Meer informatie

dr. ir. C.H.M. Hofman-Caris
T 0653198167
E roberta.hofman-caris@kwrwater.nl

Keywords

drinkwaterzuivering, dec

Postbus 1072
3430 BB Nieuwegein
The Netherlands

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

BTO 2018.099 | Februari 2019 © KWR

Alle rechten voorbehouden.

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

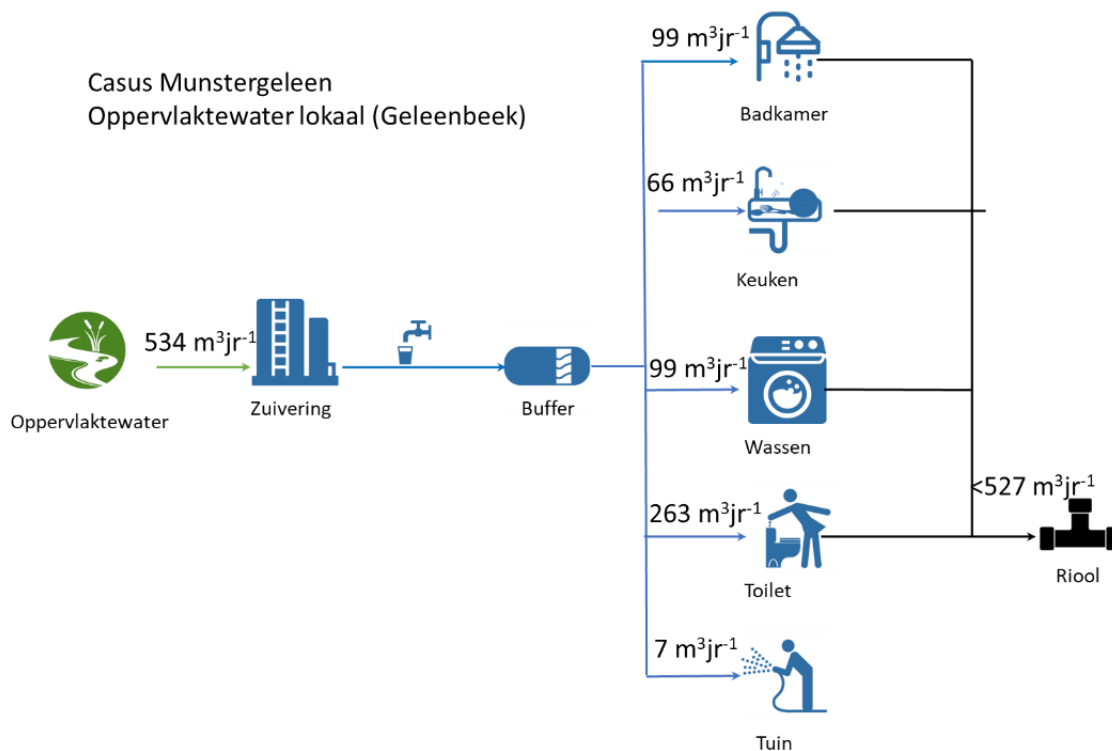


BTO Managementsamenvatting

Decentrale zuivering uit lokale bron: vanaf circa 600 woningen haalbaar

Auteurs Dr. ir. Roberta Hofman-Caris, dr. ir. Gijsbert Cirkel, ing. Hans Huiting, Luuk de Waal MSc

Voor afgelegen gebieden is het soms te duur of technisch te lastig om woningen aan te sluiten op het centrale drinkwaternet. Voor drie casussen van WML, elk met een ander benodigd debiet, is uitgezocht of decentrale zuivering van water uit lokale bronnen (regen-, grond- of oppervlaktewater) haalbaar zou zijn. In alle gevallen is het in principe mogelijk om op die manier lokaal drinkwater en eventueel huishoudwater te maken, maar pas vanaf ongeveer 600 woningen wordt het financieel haalbaar. Toepassen van huishoudwater en drinkwater naast elkaar produceren is vrijwel even duur als de productie van alleen drinkwaterkwaliteit. Om de drinkwaterkwaliteit te kunnen waarborgen, moeten echter sensoren worden ontwikkeld die op dit moment nog niet op de markt zijn. Voor dit onderzoek zijn kostenfuncties ontwikkeld voor kleinschalige zuiveringsprocessen. De hoofdstukken van dit rapport vormen een afwegingskader dat doorlopen kan worden om een keuze te maken uit beschikbare decentrale bronnen en zuiveringstechnieken.



Decentrale zuivering van oppervlaktewater in Munstergeleen

Belang: decentrale drinkwaterzuivering als optie voor afgelegen gebieden

Er zijn in Nederland gebieden waar het niet mogelijk is huizen aan te sluiten op het centrale Nederlandse drinkwaterleidingnet. Daarnaast zijn er steeds meer mensen die graag zelfvoorzienend willen zijn, ook op het gebied van drinkwaterproductie.

Aanpak: kostenfuncties voor kleine schaal opgesteld en ingezet in drie Limburgse casussen

Voor drie representatieve casussen (Munstergeleen, Meinweg en Rothenbach) is uitgezocht welke alternatieve bronnen in aanmerking zouden kunnen komen voor decentrale zuivering, of de kwaliteit en kwantiteit voldoende zijn om er drinkwater en eventueel huishoudwater van te kunnen maken, en wat de kosten van een dergelijk proces zouden zijn. Omdat kostenfuncties alleen beschikbaar waren voor grootschalige processen, zijn nieuwe kostenfuncties opgesteld voor dergelijk kleine debieten (van 1-1000 huishoudens). Hierbij is zowel gekeken naar zuiveringen gebaseerd op RO als op geavanceerde oxidatie (UV/H₂O₂). Hierbij is ook de mogelijkheid om naast drinkwater huishoudwater te maken onderzocht, bijvoorbeeld door het concentraat van RO-processen als huishoudwater in te zetten. Daarnaast is vastgesteld welke haken en ogen er aan een dergelijke zuivering zitten, zowel technisch als wat betreft wet- en regelgeving, en wat nodig is om de levering van voldoende veilig drinkwater te kunnen waarborgen.

Resultaten: voldoende capaciteit, financieel haalbaar vanaf ongeveer 600 huishoudens

Zowel vanuit het oogpunt van veiligheid als het oogpunt van wetgeving is het nodig dat de productie van drinkwater een verantwoordelijkheid van het drinkwaterbedrijf blijft. Regenwater is de bron die de laagste leveringszekerheid geeft, en die, doordat een relatief grote opvangtank nodig is, de hoogste kosten oplevert. Bij gebruik van grondwater moet in dit gebied rekening worden gehouden met relatief hoge onderhoudskosten voor de put, veroorzaakt door het hoge ijzergehalte.

Uitgerekend is dat de kosten voor extra installaties en leidingen voor de productie en distributie van lokaal geproduceerd huishoudwater naast het drinkwater zo uitvallen, dat dit geen financieel voordeel oplevert. Vanaf ongeveer 600 huishoudens liggen de kosten per m³ drinkwater in dezelfde orde als bij een centraal systeem (ongeveer 2-3 euro/m³). Dit zijn alleen kosten voor de zuivering, en analysekosten moeten hier nog bij opgeteld worden. Die bedragen circa €20.000 per jaar, ongeacht het debiet, en bij kleine debieten lopen de kosten per m³ dus hoog op. Om de beschikbaarheid van voldoende veilig drinkwater te kunnen garanderen zijn wel sensoren nodig, die de kwaliteit kunnen bewaken. Dergelijke sensoren zijn nu nog niet op de markt beschikbaar.

Uit het onderzoek blijkt dat voor afgelegen gebieden vanaf ongeveer 600 huishoudens serieus overwogen kan worden een decentrale zuivering te installeren die is gebaseerd op lokale bronnen en valt onder de verantwoordelijkheid van het drinkwaterbedrijf.

Implementatie: decentrale systemen op basis van lokale bronnen

In principe is het mogelijk op basis van een lokale bron (zoals oppervlakte- of grondwater) een decentrale zuivering te bouwen voor drinkwater. In specifieke gevallen zou regenwateropvang een optie kunnen zijn. Naast het drinkwatersysteem ook een huishoudwatersysteem aanleggen is mogelijk, maar levert geen financieel voordeel op. Vanuit financieel oogpunt wordt een lokale drinkwaterzuivering haalbaar vanaf ongeveer 600 huishoudens. Om de kwaliteit te kunnen bewaken moeten daarvoor wel eerst sensoren ontwikkeld worden. Ook is het raadzaam om de productie onder verantwoordelijkheid van het drinkwaterbedrijf te laten vallen.

Rapport

Dit onderzoek is beschreven in het rapport *Stand-alone decentrale zuivering voor afgelegen gebieden* (BTO-2018.099).

Meer informatie

dr. ir. C.H.M. Hofman-Caris

T 030 60 69 673

E roberta.hofman-caris@kwrwater.nl

KWR

PO Box 1072

3430 BB Nieuwegein

The Netherlands



Samenvatting

Dit onderzoek is uitgevoerd in het kader van het BTO-Bedrijfsonderzoek voor WML en Oasen.

In Nederland, en met name in Limburg, komen afgelegen gebieden voor waar aansluiting op het centrale Nederlandse drinkwaternet niet eenvoudig te realiseren is. Voor deze gebieden zou decentrale zuivering van water uit lokale bronnen wellicht een alternatief kunnen zijn. In dit onderzoek hebben we voor drie locaties (Munstergeleen, Meinweg en Rothenbach) onderzocht welke lokale bronnen in aanmerking zouden kunnen komen (regenwater, grondwater en oppervlaktewater), wat de kwaliteit van het water uit die bronnen is, en hoeveel water dan beschikbaar zou zijn. Hierbij is uitgegaan van een scenario waarbij, net als nu bij het centrale leidingnet, alleen drinkwaterkwaliteit geleverd wordt, en van een scenario waarbij naast elkaar huishouden- en drinkwaterkwaliteit wordt geproduceerd.

De drie genoemde casussen verschillen in het benodigde debiet. Voor Munstergeleen is dit in totaal 534 m³/jaar, voor Meinweg 2500 m³/jaar en voor Rothenbach 16.000 m³/jaar. Voor de berekening van CAPEX en OPEX van een zuiveringsinstallatie wordt over het algemeen gebruik gemaakt van de kostencalculator van RHDHV voor kleinschalige zuiveringen (Water 2000). De in dit rapport bestudeerde zuiveringen zijn echter nog veel kleiner dan de zuiveringen waarop dit model is gebaseerd. Daarom is bij diverse leveranciers informatie opgevraagd over de werkelijke kosten van kleinschalige apparatuur, en op basis hiervan is een nieuwe calculator gemaakt voor decentrale zuiveringen, waarmee de scenario's in dit rapport zijn uitgerekend. Dit werk is deels uitgevoerd in het kader van het in dit rapport beschreven onderzoek, en deels in het kader van het BTO onderzoek Radicaal Nieuwe Bronnen.

Uit het onderzoek bleek dat zeker in de casus Munstergeleen en mogelijk ook in Meinweg regenwater als bron voor (een deel van) de watervoorziening kan worden gebruikt. In Rothenbach is de hoeveelheid regenwater die kan worden opgevangen waarschijnlijk te klein (de hoeveelheid regenwater die valt per m² levert in combinatie met het beschikbare oppervlak onvoldoende water op).

Oppervlaktewater is in alle drie de gevallen beschikbaar. Bij Munstergeleen zou het uit de Geleenbeek kunnen worden gewonnen, bij Meinweg en Rothenbach uit de Rode Beek. Grondwater is ook op alle drie de locaties beschikbaar, maar bevat het veel ijzer. Hierdoor zijn de onderhoudskosten van de benodigde winputten relatief hoog.

Voor de zuiveringsprocessen is uitgegaan van bestaande technieken en apparatuur. Als zuiveringsystemen zijn telkens twee scenario's gebaseerd op RO-processen (met verschillende recovery) en op een geavanceerd oxidatieproces (UV/H₂O₂) doorgerekend. Dit laatste is in veel gevallen iets duurder, maar dat beeld is enigszins vertekend omdat de behandeling van concentraat van de RO-processen niet is meegenomen in de kostenberekening.

Er is uitgegaan van twee typen scenario's, waarbij de kosten per m³ drinkwater zijn berekend.

- productie van alleen drinkwaterkwaliteit, waarbij in het geval van RO-processen veel afvalwater geloosd moet worden (het concentraat)
- Productie van zowel drink- als huishoudwaterkwaliteit, waarbij bijvoorbeeld het RO-concentraat als huishoudwater wordt gebruikt.

Hoewel het toepassen van huishoudwater bij RO-systemen leidt tot minder afvalwater, levert het in vergelijking tot alleen drinkwaterproductie geen kostenbesparing op, vanwege de benodigde investeringen voor een dubbel leidingsysteem in huis.

In de casus Rothenbach is de schaalgrootte voldoende om een kleinschalige zuivering economisch mogelijk te maken. Bij Meinweg zou het wellicht ook nog mogelijk zijn een kleinschalige zuivering aan te leggen, maar op schaal van enkele huishoudens, zoals in Munstergeleen, zijn de kosten vele malen hoger dan die van centraal drinkwater. Hierbij zijn de benodigde analyses van het ingaande water nog niet in de berekeningen meegenomen. Als die wel worden mee berekend, valt kleinschalige zuivering per m³ nog duurder uit. Met geschikte sensoren zouden dergelijke kosten voorkomen kunnen worden, maar voornamelijk zijn dergelijke sensoren nog niet verkrijgbaar.

Vanwege de benodigde materialen voor een kleinschalig zuiveringsproces, opvangtanks en leidingen levert kleinschalige zuivering geen milieuwinst op in vergelijking met centrale drinkwaterproductie en -levering.

Een groot struikelblok voor de implementatie van decentrale systemen vormen de benodigde sensoren. Alle decentrale systemen zijn op dit moment erg duur vanwege de analyses die nodig zijn om de waterkwaliteit te controleren. Bovendien betekent controle van de waterkwaliteit nog niet dat die kwaliteit dan ook gegarandeerd is. Eigenlijk zou een automatische kwaliteitscontrole nodig zijn, die bij problemen direct het drinkwaterbedrijf waarschuwt dat er maatregelen genomen moeten worden. Zo lang dergelijke systemen echter nog niet op de markt zijn, is decentrale zuivering op echt kleine schaal niet wenselijk. In elk geval is het aan te bevelen dat de waarborging van de waterkwaliteit ook bij decentrale zuivering een verantwoordelijkheid blijft van het drinkwaterbedrijf.

De auteurs willen graag de volgende bedrijven bedanken voor hun medewerking aan het opzetten van een nieuwe kostensheet voor echt kleinschalige, decentrale waterzuiveringen:

- APEC water systems
- AquaFIX MILIEU B.V.
- AquaLab Zuid B.V.
- AquaMinerals B.V.
- Aqua-Techniek B.V.
- Berson UV techniek
- Crystal Quest
- dBCOM B.V.
- Distrimex Pompen & Service B.V.
- EHEIM GmbH & Co. KG
- Fiber Filtration B.V.
- FilterWater.com
- GEP water B.V.
- Grundfos Nederland B.V.
- Krol Pompen B.V.
- Logisticon Water Treatment B.V.
- Omega Engineering Limited
- Pozzani Pure Water PLC
- Prominent Verder B.V.
- Solver Media B.V.
- Techno Filter B.V.
- Universal Filtration, Inc.
- V&T Group B.V.
- van Borselen Filters B.V.
- van Remmen UV Techniek
- Waterguys.com

Inhoud

1	Inleiding	4
2	Kleinschalige zuiveringsprocessen	6
2.1	Introductie en uitgangspunten	6
2.2	Zuiveringsdoelstellingen	9
2.3	Kleinschalige zuivering van oppervlaktewater naar drinkwater	9
2.4	Kleinschalige zuivering van regenwater naar drinkwater.	10
2.5	Kleinschalige zuivering van grondwater naar drinkwater	11
2.6	Kleinschalige zuiveringen voor water zonder drinkwatertoepassing.	12
2.7	Kleinschalige zuiveringen voor een combinatie van drinkwater en huishoudwater	12
2.8	Extra zuivering van Duits drinkwater	13
2.9	Samenvatting	13
3	Uitgewerkte casussen	17
3.1	Casus Munstergeleen	17
3.2	Casus Rothenbach	33
3.3	Casus Meinweg	47
3.4	Vergelijking casussen	58
3.5	Bluswater	60
3.6	Aandachtspunten	62
4	Milieu-impact van kleinschalige zuiveringen	66
5	Wet en Regelgeving	69
5.1	Wet en regelgeving drinkwater	69
5.2	Aandachtspunten bij decentrale watervoorziening	70
5.3	Conclusies & aanbevelingen ten aanzien van wet- en regelgeving en overheidsbeleid.	73
6	Conclusies en aanbevelingen	75
6.1	Conclusies	75
6.2	Aanbevelingen	76
7	Literatuur	78

1 Inleiding

In dunner bevolkte gebieden in Nederland zijn afgelegen locaties en gehuchten waar drinkwater geleverd wordt, maar het centrale drinkwaternet (te) ver is. In Limburg wordt bijvoorbeeld op een handvol locaties hiervoor water ingekocht bij buurbedrijven in Duitsland. Dit water moet bij binnenkomst in Nederland regelmatig bemonsterd en geanalyseerd worden, wat per inkooppunt ongeveer €7000,- per jaar kost. De Duitse wetgeving op het gebied van drinkwater verschilt daarnaast ook enigszins van de Nederlandse, waardoor het water niet altijd aan de Nederlandse normen voldoet. Een voorbeeld daarvan is het gehalte aan desfenylchloridazon, dat volgens de Duitse wet maximaal 0,3 µg/L mag zijn, en volgens de Nederlandse wet maximaal 0,1 µg/L. Het Duitse drinkwater dat wordt aangeleverd bevat ongeveer 0,2 µg/L, waardoor WML hiervoor ontheffing moet aanvragen. Het is voorstelbaar dat op termijn deze inkoop niet meer wenselijk is, wat betekent dat (dure) aansluiting gezocht dient te worden bij het eigen centrale net, of dat hiervoor een alternatief gezocht moet worden, zoals zuivering van water uit een lokale bron. Een andere casus betreft afgelegen gebieden die nu met een lange transportleiding van water worden voorzien, maar waar in de toekomst vervanging van deze leiding wordt voorzien. Daarnaast zijn er (groepen) mensen die hun milieu-impact willen verkleinen en om die reden zoveel mogelijk zelfvoorzienend willen proberen te zijn. Lokale watervoorziening kan in dit soort gevallen wellicht een economisch of duurzaam aantrekkelijk alternatief zijn.

Een andere optie is dat aan het drinkwaternet gekoppelde decentrale productielocaties mogelijk een bijdrage kunnen leveren aan piekafvlakking. Voor Nederland is de vraag of, en op welke schaal, decentrale zuiveringen op basis van membraantechnologie een alternatief kunnen zijn voor de grotere zuiveringsstations en transportleidingen die de komende jaren grootschalig vervangen moeten worden en waarvoor ook de omvang van de concentraat-afvoer een probleem gaat worden. Mogelijk dat decentrale afvoer via de bestaande rioolstelsels minder problematisch is. Een andere optie is decentrale zuivering gebaseerd op geavanceerde oxidatie.

In het in 2017 uitgevoerde BTO Bedrijfsonderzoek (van Alphen 2018) is de bouw van kleinschalige lokale zuiveringsinstallaties aangegeven als mogelijk alternatief voor kleine wooneenheden in verafgelegen landelijk gebied. In deze eerste verkenning is uitgegaan van regenwater als bron. Het opvangoppervlak en de omvang van een systeem voor tijdelijke berging bleken hierbij sterk bepalend voor de leveringszekerheid en daarmee de haalbaarheid. Vergelijkbare conclusies werden getrokken uit ander Bedrijfsonderzoek (Hofman-Caris et al. 2017, Hofman-Caris et al. 2018). Een volgens de studie van van Alphen et al. mogelijk goedkopere en meer leveringszekere bron is het gebruik van grondwater. Deze optie is echter in die studie niet nader uitgewerkt. Een belangrijk aspect bij de haalbaarheid is de schaal van de decentrale productie. Bij een zeer kleine schaal (op het niveau van huishoudens) zijn de kosten hoog en is bij eigen beheer door bewoners de waterkwaliteit niet gegarandeerd. Bij een grotere schaal (woonwijken) en professioneel beheer kan decentrale watervoorziening mogelijk wel haalbaar zijn. Hoewel waterbedrijven verkenningen hebben uitgevoerd naar een optimale schaal is deze voor wat betreft afhankelijkheid van lokale omstandigheden en te gebruiken bronnen nog onvoldoende scherp in beeld. Tenslotte kan wellicht door het combineren van functies maatschappelijk rendement

worden verkregen waardoor eventuele meerkosten te verantwoorden zijn, en wellicht te dragen door meerdere partijen. Hierbij kan gedacht worden aan combinaties van waterberging ter bestrijding van wateroverlast in combinatie met drinkwaterproductie. Overigens zijn de kosten ook sterk afhankelijk van de specifieke locatie. In Midden-Limburg, in de omgeving van de Rode Beek, zit veel ijzer in de grond en in het grondwater, waardoor het onderhoud van putten waarschijnlijk relatief duur zal zijn. Zeker bij kleine debieten telt dit relatief dan zwaar door. In gebieden waar het grondwater minder ijzer bevat zullen de kosten lager uitvallen. Hetzelfde geldt voor het slaan van een put: ook die kosten zijn sterk afhankelijk van de specifieke locatie. Dat betekent dat in bepaalde gevallen een individuele put best financieel haalbaar kan zijn.

Het doel van het in dit rapport beschreven onderzoek is te bepalen of, wanneer, in welke vorm en bij welke schaal decentrale productie van drinkwater inderdaad een maatschappelijk te verantwoorden alternatief is, vanuit het oogpunt van (onder meer) kosten, betrouwbaarheid, kwaliteit en maatschappelijke baten. Hiervoor zijn drie concrete casestudies uitgewerkt die zich voordoen in het voorzieningsgebied van WML, die elk een bepaald debiet binnen de range van kleinschalige zuiveringen vertegenwoordigen. Voor deze casussen zijn technische concepten verkend en ontwikkeld voor kleinschalige productie en zuivering uit lokale bronnen. De beperkingen voor deze zuiveringen zijn vastgesteld, en vervolgens zijn randvoorwaarden opgesteld waaronder dergelijke zuiveringen in de praktijk toepasbaar kunnen zijn. Hierbij zijn verschillende waterkwaliteiten in beschouwing genomen, zowel drinkwater als minder ver gezuiverd "huishoudwater" voor laagwaardige toepassingen. Bovendien is gekeken naar mogelijke back-up opties voor deze systemen. Dit heeft geleid tot het opstellen van een afwegingskader voor de toepassing van kleinschalige zuiveringen van water uit lokale bronnen.

2 Kleinschalige zuiveringsprocessen

2.1 Introductie en uitgangspunten

Aangezien voor drinkwaterproductie heel robuuste zuiveringen nodig zijn, is bij het ontwerpen van de zuiveringsprocessen in dit project uitgegaan van bewezen technologie, met een dubbele desinfectiestap. Bovendien is uitgegaan van technologie die relatief weinig onderhoud vraagt. Bij het samenstellen van processtappen is uitgegaan van twee basiszuiveringen die zeker ook organische microverontreinigingen kunnen verwijderen: Omgekeerde osmose (RO) en geavanceerde oxidatie, gebaseerd op UV/H₂O₂. In principe kan ozon ook toegepast worden als oxidatieproces, mits het bromidegehalte van het water niet te hoog is. Een praktisch probleem is echter dat het lastig is om op kleine schaal ozon te produceren om hiervoor toe te passen, en daarom is ozon in het overzicht niet meegenomen.

Bij de UV/H₂O₂ processen is een filtratie over actieve kool meegenomen, om enerzijds de overmaat peroxide te verwijderen en anderzijds eventueel gevormde bijproducten te kunnen afvangen. Daarom is hier ook een relatief lange contacttijd gehanteerd. Aangezien op dergelijke actieve koolfilters biologie kan groeien is een kleine UV-desinfectie na de actieve kool geplaatst, voor het geval micro-organismen in het drinkwater terecht zouden komen.

RO-processen hebben op kleine schaal een lage recovery van 20-30%. Naarmate de schaal toeneemt neemt ook de recovery van het proces toe, tot 80-90% bij de gangbare full-scale centrale drinkwaterzuiveringsprocessen. Door middel van recirculatie zou de recovery te verhogen zijn bij kleinschalige processen, maar dit leidt tot een verhoging van de watertemperatuur (al snel tot 30-40 °C) en daarmee tot een flinke toename in fouling van de membranen. Dit effect kan worden tegengegaan door een koeling te plaatsen, maar in totaal leidt dit proces tot een enorme toename in het energieverbruik van het proces, en daarmee tot een veel grotere milieu-impact. In dit onderzoek zijn we voor de kleinschalige zuivering in Munstergeleen uitgegaan van 20 en 30% recovery, en voor de iets grotere zuivering in Meinweg van een recovery van 40 en 50%, en bij Rothenbach van 60 en 70% recovery.

Alleen in Munstergeleen is ook rekening gehouden met de levering van drinkwater uit het centrale Nederlandse drinkwaterleidingnet, omdat dat daar ook aanwezig is. De klanten in Meinweg en Rothenbach zijn op dit moment niet op het centrale Nederlandse net aangesloten, als is die optie door WML wel verkend; deze gebieden zijn aangesloten op het Duitse drinkwaterleidingnet. Verder zijn twee typen scenario's uitgewerkt: één waarbij alleen drinkwaterkwaliteit wordt geproduceerd, en één waarbij zowel huishoudwater als drinkwater wordt gemaakt. Indien alleen drinkwaterkwaliteit wordt gemaakt betekent dit voor de RO-scenario's dat relatief veel water, het concentraat, moet worden beschouwd als afval. In dit rapport zijn we niet in detail ingegaan op de behandeling van dit concentraat, omdat het in principe geen echt hoge concentraties stoffen zal bevatten vanwege de lage recovery. Naarmate het benodigde debiet toeneemt kan ook de recovery toenemen, en daarmee nemen ook de concentraties in het concentraat toe. Of het echt zonder verdere behandeling geloosd mag worden zal moeten worden uitgezocht. Bij UV/H₂O₂-processen wordt in principe geen afvalstroom water gevormd.

Het is ook mogelijk tegelijkertijd huishoudwater en drinkwater te produceren. Bij de op UV/H₂O₂ gebaseerde processen betekent dit dat de voorzuivering op het totale benodigde debiet (HW + DW) wordt uitgevoerd, en dat alleen voor DW UV/H₂O₂, filtratie over actieve kool en na-desinfectie worden toegepast. Bij de op RO gebaseerde processen wordt het gevormde concentraat als huishoudwater ingezet. Dit betekent in sommige gevallen dat er meer HW wordt geproduceerd dan nodig is. In die gevallen wordt bij de kostenberekening uitgegaan van de kosten per m³ afgenomen water (het overschot wordt geloosd).

Bij alle berekeningen is voor het zuiveringsproces een afschrijvingstermijn van tien jaar voor de onderdelen aangehouden, omdat kleinschalige systemen in de regel vrij gevoelig zijn voor storingen. Voor werktuigbouwkundige onderdelen zal de afschrijvingstermijn wellicht 15 jaar kunnen zijn, maar voor elektronische onderdelen zal het waarschijnlijk minder dan tien jaar zijn, en daarom is over het geheel een gemiddelde afschrijvingstermijn van tien jaar gehanteerd. Dit geldt overigens niet voor de opslag- en buffertanks, waarvoor wel een termijn van 30 jaar is toegepast. Voor de grondwaterputten is ook uitgegaan van een afschrijvingstermijn van dertig jaar. Verder is een rente van 4% gehanteerd.

Het debiet waarop de verschillende componenten van de zuiveringsschema's zijn gebaseerd (vanaf nu; ontwerpdebiet) is berekend door de jaarlijkse waterbehoefte te delen door het aantal uren in een jaar minus de aangenomen jaarlijkse down-time van de installatie. Deze down-time per jaar is voor elk scenario op 96 uur ingeschat; dit komt overeen met een viertal storingen waarbij de installatie 24 uur stil staat. In elke berekening is voor iedere zuiveringsstap een piekfactor van 1,2 op het ontwerpdebiet meegenomen om te compenseren voor debiet-afname, wat wordt veroorzaakt door lichte vervuiling van diverse zuiveringsonderdelen: dit levert de ontwerpcapaciteit van de waterzuivering. Uitzondering op deze regel zijn de buffervaten en de distributiepompen: voor de distributiepompen is een piekfactor van 2,0 meegenomen in de berekening ten opzichte van het ontwerpdebiet, en in de berekening van de capaciteit van de buffervaten is geen rekening gehouden met een piekfactor. In ieder scenario is de drinkwaterbuffer zo gedimensioneerd dat hij (wanneer hij compleet gevuld is) voor 48 uur het ontwerpdebiet kan blijven leveren. De capaciteiten van de buffervaten, die in sommige scenario's geïntegreerd zijn midden in de waterzuivering, zijn uitgelegd op 24 uur maal het ontwerpdebiet. In de scenario's waar regenwater als bron is gekozen, is de dimensionering van de regenwater-opvang buffer gebaseerd op zes weken, en wordt rekening gehouden met een buffercapaciteit van 1008 uur maal de ontwerpcapaciteit. In een eerder onderzoek voor Waternet getiteld 'Regenwater als bron voor drinkwater' is met historische KNMI data onderbouwd dat de maximale droge periode in één jaar 6 weken (1008 uur) bedraagt (uiteraard zijn hier uitzonderingen op mogelijk; de zomer van 2018 was de droogste in ruim 100 jaar). Uit dit onderzoek bleek namelijk dat het dimensioneren van een regenwater-zuivering op de hoeveelheid water die bij een piekbui verwerkt moet worden qua kosten duurder was in vergelijking met dimensionering op het jaargemiddelde met bijbehorende grote regenwater-opvang buffer. Overigens zou men er ook voor kunnen kiezen een opvangtank te plaatsen en bijvoorbeeld in Munstergeleen in noodgevallen drinkwater per tankwagen aan te leveren. Dat is in de berekeningen niet meegenomen. Naast de recovery van de Reverse Osmose unit (wanneer aanwezig in de zuivering) is er een daling in overall recovery van 1% en 2,5% ten gevolge van vervuiling meegenomen voor respectievelijk de procesonderdelen zelfreinigend filter en snel zandfilter.

Omdat in de waterzuiveringen in de beoogde scenario's een hoogstaand niveau van autonomie gewenst is (het ontbreekt namelijk aan dagelijkse supervisie door technisch en theoretisch capabel personeel) is in ieder scenario €10.000 opgenomen voor plaatsing van een PLC welke op afstand uit te lezen is. Voor iedere component van de waterzuivering zijn kosten meegenomen voor sensoren die nodig zijn om monitoring (merk op; geen besturing) op afstand mogelijk te maken. Daarnaast is een post algemene voorzieningen voorzien van 10% van de totale bouwkosten, montage kosten à 20% van de totale bouwkosten plus algemene voorzieningen, en staartkosten a 15% van de totale bouwkosten plus algemene voorzieningen en montagekosten; samen vormen dit de investeringskosten.

De jaarlijkse kosten bevatten naast rente en afschrijving à 12,33% (gebaseerd op tien jaar annuïtaire afschrijving met een rentepercentage van 4%) ook onderhoudskosten à 5% ten opzichte van de investeringskosten. Verder zijn er, afhankelijk van de aan- / afwezigheid van bepaalde zuiveringstechnieken in het zuiveringsschema voor bepaalde technieken jaarlijkse kosten berekend voor energieverbruik, chemicaliënverbruik, membraanvervanging, vervanging van hars / filtermedia, filtervervanging, UV lamp vervanging en slijtgevoelige onderdelen van pompen. Voor de berekening van de energiekosten is gebruik gemaakt van een kWh tarief van €0,22 per kWh en de aanname dat het totale energieverbruik van de zuivering voornamelijk wordt bepaald door het energieverbruik van de (eventueel) aanwezige pompen, zelfreinigende zeefilters, geavanceerde oxidatie en/of UV desinfectie. Voor de overige 'consumables' is een inschatting gemaakt gebaseerd op inschattingen van gerelateerde fabrikanten / leveranciers.

Jaarlijks wordt er ook gebruik gemaakt van verschillende diensten; een daarvan is het uitvoeren van waterkwaliteitsanalyses op het geproduceerde drinkwater. De gemiddelde kosten van deze analyses (€2500) zijn meegenomen, evenals personeelskosten voor de bouw van en het onderhoud aan de waterzuiveringsinstallatie. Voor de bouw van de waterzuiveringsinstallatie zijn afhankelijk van het ontwerpdebiet een bepaald aantal mandagen meegenomen die naar inschatting nodig zijn om een dergelijke zuivering te assembleren. Voor het plegen van onderhoud aan de installatie zijn jaarlijks negen bezoeken van twee uur door een monteur voorzien voor regulier onderhoud samen met een tweetal bezoeken van 4 uur voor het verhelpen van een storing. Uitgangspunt hierbij is dat een monteur inclusief vervoersmiddel met gereedschap €60 per uur kost. Kosten die niet meegenomen zijn in de kostensheets voor decentrale zuivering zijn:

- kosten voor het bouwen van een gebouw waarin (een deel van) de zuivering zou moeten worden geplaatst
- het aanleggen van een grondwaterput. Deze kosten zijn in een aparte sheet uitgerekend, en later toegevoegd aan de kosten van behandeling, en zijn in de uiteindelijke bedragen dus wel meegenomen.
- verwerking / afvoeren van omgekeerde osmose concentraat, neergeslagen ijzervlokken, afvalwater en een eventueel overschot aan huishoudwater

Bovengenoemde kostenposten zijn in die mate locatie-, bron- en waterkwaliteit afhankelijk dat het maken van een realistische kosteninschatting niet mogelijk geacht wordt zonder voldoende kennis van de specifieke locaties (Munstergeleen, Meinweg en Rothenbach).

De standaard WML tarieven zijn als volgt samengesteld: tarief eerste 300 m³: € 0,9149 (excl. BTW), tarief na 300 m³: € 0,7505 (excl. BTW) en vasttarief: € 81,60.

2.2 Zuiveringsdoelstellingen

In alle gevallen is ervan uitgegaan dat het geproduceerde drinkwater moet voldoen aan de eisen die aan drinkwater worden gesteld. Voor grondwater betekent dit dat ijzer en mangaan verwijderd moeten worden en eventueel aanwezig methaan en ammonium, en dat het water voldoende zuurstof moet bevatten. In sommige gevallen is het denkbaar dat het grondwater organische microverontreinigingen, bijvoorbeeld afkomstig uit de landbouw, kan bevatten, en daarom is ook rekening gehouden met de noodzaak dergelijke stoffen te verwijderen. Verder is een dubbele desinfectie meegenomen. Voor oppervlaktewater gelden ook die dubbele desinfectie, en de verwijdering van ijzer, troebelheid, organische microverontreinigingen afkomstig van RWZI-effluent. Regenwater bevat geen componenten afkomstig uit RWZI-effluent, maar kan wel organische microverontreinigingen bevatten, opgeloste metalen (van het dak en de leidingen), en zal zeker een dubbele desinfectie nodig hebben. Aan huishoudwater worden in de drinkwaterregeling de volgende eisen gesteld:

- De voorziening voor productie en distributie van huishoudwater voldoet aan de daaraan gestelde bepalingen in de onderdelen 4.7.2. en 4.7.3 van NEN 1006:2002/A3:2011.
- 2 De eigenaar van de voorziening voor productie en distributie van huishoudwater:
 - a. beschikt over actuele tekeningen en beschrijvingen van de installatie,
 - b. voert de beheersmaatregelen uit die zijn opgenomen in de gebruikershandleiding die door de leverancier van de installatie is verstrekt, en
 - c. houdt van de uitvoering van de beheersmaatregelen aantekening in een logboek, dat ter plaatste van de voorziening aanwezig is.

2.3 Kleinschalige zuivering van oppervlaktewater naar drinkwater

Voor de kleinschalige zuivering van oppervlaktewater zijn twee processen in het overzicht meegenomen (exclusief buffers, distributiepomp en afvalstromen):

Zuiveringsschema 1

- Grof zelfreinigend filter ($\pm 200 \mu\text{m}$)
- Zakfilter ($\pm 25 \mu\text{m}$)
- UF (fijn-filtratie)
- RO (12 bar)
- Remineralisatie
- AKF (5 min. contacttijd)
- UV (40 mJ/cm^2)

In dit zuiveringsschema is rekening gehouden met een dubbele desinfectiestap. Het UF-filter is eigenlijk een filterkaas. Het zakfilter is bedoeld om een deel van de verontreinigingen al voor het UF-filter te verwijderen, om op die manier de standtijd van het UF-filter te verlengen. Het is namelijk goedkoper een zakfilter te vervangen dan het UF-filter. Met behulp van RO worden zout en organische microverontreinigingen verwijderd, en wordt het water onthard. Omdat het RO-filter teveel calcium verwijdert om aan de wettelijke norm voor drinkwater bij ontharding te voldoen, moet het water hierna nog geremineraliseerd worden. Vanwege de aanwezigheid van kleine organische moleculen die het RO-filter kunnen passeren, is

een actieve koolfilter ingebouwd. Aangezien RO de grotere natuurlijke organische moleculen al verwijdert, zal er vrijwel geen concurrentie optreden op de actieve kool, en is een contacttijd van 5 min. wel voldoende. Als tweede desinfectiestap na RO is een UV-desinfectie opgenomen in het schema.

Zuiveringsschema 2:

- Grof zelfreinigend filter ($\pm 200 \mu\text{m}$)
- Zakfilter ($\pm 25 \mu\text{m}$)
- UF (desinfectie)
- UV/H₂O₂ (600 mJ/cm²)
- AKF (40 minuten contacttijd)
- UV (40 mJ/cm²)

Ook hier is een dubbele desinfectie toegepast. Het UF-filter is erin geplaatst om grote moleculen en zwevende stof uit het water te verwijderen, aangezien die een negatief effect hebben op het UV-proces. Aangezien tijdens geavanceerde oxidatie stoffen niet volledig gemineraliseerd worden kunnen er bijproducten ontstaan, die met actieve kool kunnen worden afgevangen. Dat is de reden dat een contacttijd van 40 min. is gehanteerd hier, want om de overmaat H₂O₂ te verwijderen zou met een veel kortere contacttijd kunnen worden volstaan. Het NOM wordt ook deels afgebroken door het UV/H₂O₂ proces, waardoor er assimileerbaar organisch koolstof (AOC) kan worden gevormd. Als gevolg hiervan wordt het actieve koolfilter waarschijnlijk ook biologisch actief, en om die reden is er een UV-desinfectie achter de AKF gezet (als tweede desinfectiestap, want vanwege de relatief hoge dosis in het UV/H₂O₂-proces treedt al hier een effectieve desinfectie op).

2.4 Kleinschalige zuivering van regenwater naar drinkwater.

Voor de kleinschalige zuivering van regenwater zijn twee processen in het overzicht meegenomen (exclusief buffers, distributiepomp en afvalstromen):

Zuiveringsschema 1:

- Zak filter ($\pm 25 \mu\text{m}$)
- Filterkaars (5 μm)
- RO
- Remineralisatie
- UV (40 mJ/cm²)

In dit schema is ervan uitgegaan dat een enkelvoudige desinfectie voldoende zou zijn voor regenwaterbehandeling, maar dat zou moeten worden gecontroleerd. RO zou zeker 4 log verwijdering moeten kunnen geven, maar waarschijnlijk wordt zelfs 6 log verwijdering gehaald. Eventueel zou hier een extra desinfectiestap nodig kunnen zijn.

Zuiveringsschema 2:

- Zak filter ($\pm 25 \mu\text{m}$)
- UF (desinfectie)
- UV/H₂O₂ (600 mJ/cm²)
- AKF (40 minuten contacttijd)
- Remineralisatie
- UV (40 mJ/cm²)

In deze zuivering is ook uitgegaan van een dubbele desinfectiestap. Metingen van de kwaliteit van opgevangen regenwater zouden moeten uitwijzen of dit wenselijk c.q. noodzakelijk is.

2.5 Kleinschalige zuivering van grondwater naar drinkwater

Voor de winning van grondwater is gekeken welke watervoerende pakketten er lokaal geschikt zouden kunnen zijn. Aangezien zeker Meinweg en Rothenbach in een landelijk gebied liggen, is er rekening mee gehouden dat grondwater dat niet onder een ondoorlaatbare kleilaag voorkomt vervuild kan zijn vanaf het oppervlak, bijvoorbeeld door gewasbeschermingsmiddelen of stoffen die afkomstig zijn uit dierlijke mest. Verder is rekening gehouden met relatief hoge onderhoudskosten, omdat het grondwater veel ijzer bevat, wat gemakkelijk tot verstoppingen kan leiden. Bij de berekening van de kosten is uitgegaan van systemen die voor drinkwater worden gebruikt, en van installaties die in de tuinbouw worden toegepast. Bij die laatste is de boring over het algemeen iets goedkoper, maar vallen andere kosten wat hoger uit. Hierdoor bleek het uiteindelijk voor de totale kosten nauwelijks verschil te maken. Daarom is slechts één bedrag opgenomen in dit rapport.

Voor de kleinschalige zuivering van grondwater zijn twee processen in het overzicht meegenomen (exclusief buffers, distributiepomp en afvalstromen). Bij grondwater heeft het water al een bodempassage gehad, die deels voor desinfectie zorgt.

Het eerste proces is gebaseerd op RO:

- Anaerobe RO (12 bar)
- Remineralisatie
- Beluchting.
- AKF (5 minuten contacttijd)
- UV desinfectie (40 mJ/cm²) voor ondiep grondwater

De anaerobe RO-stap zorgt voor een tweede desinfectieproces na bodempassage. Door anaerobe RO toe te passen kunnen zouten, microverontreinigingen en NOM alvast verwijderd worden. Ook Fe²⁺ wordt door het membraan tegengehouden. Beluchting moet plaatsvinden na de remineralisatie, en is vooral bedoeld om bijvoorbeeld methaan te verwijderen. Eventueel kan deze processtap gecombineerd worden met de filtratie over actieve kool, of kan beluchting worden geregeld via een luchtpompje in de leiding. Daarnaast is altijd beluchting nodig omdat het drinkwater een bepaald percentage zuurstof moet bevatten. Omdat er relatief weinig organische microverontreinigingen aanwezig zijn en het water al over RO gezuiverd is, in grondwater is een korte contacttijd voor de actieve kool voldoende.

Het tweede proces heeft UV/H₂O₂ als belangrijkste zuiveringsstap:

- Beluchting
- Zak filter (± 25 µm)
- UF (fijn-filtratie)
- UV/H₂O₂ (600 mJ/cm²)
- AKF (40 minuten contacttijd)
- UV (40 mJ/cm²)

Bij de beluchting wordt Fe²⁺ geoxideerd en ontstaat Fe(OH)₃/Fe₂O₃. Dit materiaal slaat neer en moet via een filterstap verwijderd worden. Hiervoor dienen het

zakfilter en het UF-filter (eigenlijk een kaarsenfilter). Voor de behandeling van het concentraat kan een zandfilter worden toegepast, om het ijzer te verwijderen. Hiermee worden de humuszuren niet verwijderd, maar waarschijnlijk kunnen die wel geloosd worden.

2.6 Kleinschalige zuiveringen voor water zonder drinkwatertoepassing.

Indien alleen huishoudwater geproduceerd zou moeten worden, zou kunnen worden volstaan met onderstaande processen. In feite komen deze processen overeen met de voorbehandeling voor RO of UV/H₂O₂ in processen waarbij drinkwater wordt geproduceerd. Bij deze zuiveringen is geen rekening gehouden met buffers, distributiepomp en afvalstromen. Voor regenwater is een iets kleiner proces aangehouden, omdat de kwaliteit van regenwater over het algemeen toch beter is dan die van oppervlaktewater, aangezien het geen RWZI-effluent bevat.

Bron oppervlaktewater:

- Grof zelfreinigend filter ($\pm 200 \mu\text{m}$)
- Zak filter ($\pm 25 \mu\text{m}$)
- UF (fijn-filtratie)

Bron regenwater:

- Zak filter ($\pm 25 \mu\text{m}$)
- UF (fijn-filtratie)

Bron grondwater:

- Ontijzering door beluchting
- Zak filter ($\pm 25 \mu\text{m}$)
- Filterkaars ($5 \mu\text{m}$) / UF (fijn-filtratie)

2.7 Kleinschalige zuiveringen voor een combinatie van drinkwater en huishoudwater

Indien drinkwater en huishoudwater naast elkaar voorkomen zijn twee sporen gevolgd. In het RO-spoor wordt de drinkwaterproductie gedimensioneerd op de drinkwatervraag. Het hierbij gevormde concentraat is waarschijnlijk (ruim) voldoende om de vraag naar huishoudwater te dekken, en daarom is ervan uitgegaan dat het concentraat als huishoudwater kan worden gebruikt. Er is dus één zuivering doorgerekend, die zowel drinkwater als huishoudwater oplevert. In het UV/H₂O₂-spoor is de voorzuivering doorgerekend voor het totale benodigde debiet (drinkwater en huishoudwater), maar is vervolgens UV/H₂O₂, filtratie over actieve kool en UV-desinfectie alleen doorgerekend voor drinkwater. Het huishoudwater wordt dus als het ware halverwege de zuivering afgetapt. Dit betekent dus dat in feite de processtappen zoals weergegeven voor de drinkwaterproductie zijn toegepast, maar dat de debieten niet in elke opeenvolgende processtap even groot hoeven te zijn. Bovendien is het benodigde drinkwaterdebiet kleiner dan in de drinkwaterscenario's, omdat drinkwater in feite alleen nodig is voor consumptie, voedsel bereiden, douchen/zwembadjes en afwassen. Voor de meeste overige toepassingen zou huishoudwater gebruikt kunnen worden. Veel mensen gebruiken opgevangen regenwater bijvoorbeeld om de tuin te sproeien. Bij sproeien kunnen echter micro-organismen in vernevelde druppeltjes terecht komen, en op die manier worden ingeademd. Hier is weinig aandacht voor, maar het zou gezondheidsproblemen kunnen opleveren, zoals eerder is gebleken met legionella. Dit kan worden voorkomen door ook huishoudwater met UV te desinfecteren. Aangezien dat tot nu toe niet gebruikelijk is, is deze processtap in dit rapport niet meegenomen.

2.8 Extra zuivering van Duits drinkwater

Op het ogenblik koopt WML Duits drinkwater in voor bepaalde afgelegen gebieden, zoals Meinweg en Rothenbach, waar nog geen drinkwaterleidingnet is. Dit water wordt geanalyseerd en blijkt niet altijd te voldoen aan de Nederlandse drinkwaternormen. Hiervoor is dan wel een ontheffing te regelen, maar WML wil graag dat het geleverde drinkwater voldoet aan de Nederlandse drinkwaternormen. Decentrale winning en zuivering zou daarvoor een oplossing kunnen zijn, maar een andere mogelijkheid is om het Duitse water voor distributie in Nederland te behandelen met een actieve koolfilter. De overschrijding geldt vooral voor desfenylchloridazon, tetra- en trichlooretheen en ijzer, maar dit probleem zou met behulp van actieve kool wel op te lossen moeten zijn, zeker omdat het water verder weinig verontreinigingen en NOM bevat.

Voor de berekening van de kosten van een extra actieve koolfilter is aangenomen dat er een drinkwaterbuffer wordt aangelegd ter grootte van twee dagen gemiddeld gebruik, om de pieken te kunnen opvangen. Bovendien zou een dergelijke buffer nodig zijn om onderhoud aan het filter of de UV-desinfectie te kunnen plegen.

Een contacttijd van 40 min. zou ruim voldoende moeten zijn. Bij Munstergeleen en Meinweg is de contacttijd van de actieve kool echter langer, vanwege het kleine benodigde debiet.

In elk scenario is een PLC-kast van €10.000 in de berekeningen opgenomen, net als in de overige scenario's. Het is niet helemaal duidelijk of een dergelijke PLC-kast hier ook nodig zou zijn. De kosten bedragen ongeveer €1,-/m³ voor Meinweg en €0,15/m³ voor Rothenbach. Het zuiveringsproces met AKF is dan als volgt voor alle drie de casussen:

- Duits drinkwater
- Actieve kool (≥40 min. contacttijd)
- Buffertank HDPE voor drinkwater
- Distributiepomp
- UV-desinfectie (40 mJ/cm²)

Deze berekeningen zijn uitgevoerd voor Meinweg en Rothenbach, maar niet voor Munstergeleen, omdat daar geen Duits drinkwater wordt geleverd en aansluiting op het Nederlandse leidingnet geen probleem is.

2.9 Samenvatting

Een overzicht van alle decentrale bronnen en bijbehorende zuiveringen tot drinkwaterkwaliteit is gegeven in

Tabel 1. Zoals hierboven uitgelegd, is bij een combinatie van drinkwater en huishoudwater uitgegaan van dezelfde processen, waarbij huishoudwater in feite halverwege wordt afgetakt van het hoofdsysteem, of het gevormde concentraat als huishoudwater wordt ingezet.

Tabel 1: Overzicht van zuiveringsprocessen voor productie van drinkwater. OW = oppervlaktewater, RW = regenwater, GW = grondwater. In dit overzicht zijn buffers, distributiepomp en afvalstromen niet meegenomen.

Bron	RO	UV/H ₂ O ₂
OW	Grof zelfreinigend filter / zakfilter ($\pm 200 \mu\text{m}$) Zakfilter ($\pm 25 \mu\text{m}$) UF (fijn-filtratie, bestaande uit een $5 \mu\text{m} - 1 \mu\text{m} - 0,2 \mu\text{m}$ filterkaars) RO (12 bar) AKF (5 min. contacttijd) Remineralisatie UV (40 mJ/cm^2)	Grof zelfreinigend filter / zakfilter ($\pm 200 \mu\text{m}$) Zakfilter ($\pm 25 \mu\text{m}$) UF (desinfectie, bestaande uit een $5 \mu\text{m} - 1 \mu\text{m} - 0,04 \mu\text{m}$ filterkaars) UV/H ₂ O ₂ (600 mJ/cm^2) AKF (40 minuten contacttijd) UV-desinfectie (40 mJ/cm^2)
RW	Grof zelfreinigend filter / zakfilter ($\pm 25 \mu\text{m}$) RO Remineralisatie UV (40 mJ/cm^2)	Grof zelfreinigend filter / zakfilter ($\pm 200 \mu\text{m}$) Snel zandfilter / filterkaars ($5 \mu\text{m}$) UV/H ₂ O ₂ (600 mJ/cm^2) AKF (40 minuten contacttijd) Remineralisatie UV-desinfectie (40 mJ/cm^2)
GW	Anaerobe RO (12 bar) Remineralisatie Beluchting. Deze stap moet plaatsvinden na de remineralisatie, en is vooral bedoeld om bijvoorbeeld methaan te verwijderen. Eventueel kan deze processtap gecombineerd worden met de filtratie over actieve kool, of kan beluchting worden geregeld via een luchtpompje in de leiding. AKF (5 minuten contacttijd) UV desinfectie (40 mJ/cm^2) voor ondiep grondwater Zandfilter voor verwijdering ijzer uit concentraat, water lozen	Beluchting Snel zandfilter UV/H ₂ O ₂ AKF (40 min. contacttijd) UV-desinfectie (40 mJ/cm^2)

Uiteraard is er een opvangvat voor regenwater meegenomen in systemen gebaseerd op regenwater. Voor het geproduceerde drinkwater wordt in alle gevallen een buffertank aangehouden in het systeem waarin voor twee dagen drinkwater kan worden opgeslagen. Voor het geproduceerd huishoudwater wordt een buffertank voor een voorraad van één dag aangehouden. Dit is gedaan om een korte periode van onderhoud of storing aan het systeem te kunnen overbruggen. Mocht dit niet voldoende zijn, dan kan altijd vanuit het drinkwatersysteem de huishoudwaterbuffertank worden aangevuld.

Verder is voor de waterzuiveringen een afschrijvingstermijn van tien jaar aangehouden, en een rente van 4%. Alleen voor de benodigde buffertanks en opvangvaten is een afschrijvingstermijn van dertig jaar gehanteerd. Voor de grondwaterputten is rekening gehouden met een afschrijvingstermijn van dertig jaar.

De kosten van zuivering zijn in principe uitgerekend per m³ geproduceerd drinkwater. In de scenario's waarbij naast drinkwater ook huishoudwater wordt geproduceerd vallen de bedragen dan hoog uit, doordat er relatief een kleine hoeveelheid drinkwater wordt geproduceerd, en het gevormde huishoudwater op deze manier buiten beschouwing blijft. Van de andere kant is de zuivering wel gebaseerd op de productie van drinkwater, waarbij, zeker in het geval van op RO-gebaseerde processen, huishoudwater in feite een afvalstroom betreft. Om toch een beter beeld te geven van de kosten, zijn de kosten bij deze scenario's daarom ook berekend als een gemiddelde prijs per m³ van het totaal aan drink- en huishoudwater.

Voor het gebruik van grijs water zijn geen aparte kostenplaatjes berekend. In feite zal een zuivering vergelijkbaar met die van oppervlaktewater nodig zijn, en zullen de kosten dus ook vergelijkbaar zijn met de kosten die daarvoor berekend zijn.

De functies die zijn gebruikt om de bouwkosten te berekenen zijn weergegeven in Tabel 2. Deze functies zijn bepaald door voor alle zuiveringen bij fabrikanten de kosten voor de verschillende onderdelen (pompen, opvangvaten, leidingen, enz.) voor verschillende debieten op te vragen, en een verband vast te stellen tussen het debiet en de totale bouwkosten. Hierbij is ook rekening gehouden met kosten voor onderhoud en dergelijke.

Analysekosten vormen belangrijk punt in de werkelijke kosten voor kleinschalige zuiveringen. Om de kwaliteit en veiligheid van het drinkwater te kunnen waarborgen moeten regelmatig dure analyses worden uitgevoerd. In dit rapport zijn we uitgegaan van gemiddelde analysekosten van €2.500,- per jaar (gebaseerd op gegevens van Aqualab Zuid, dat de kosten per jaar verschillen: het eerste jaar €5000,-, het tweede jaar €1700,-, het derde jaar ongeveer €3000,-, het vierde weer €1700,-, het vijfde weer €3000,-, enzovoort. Deze verschillen worden veroorzaakt doordat niet alle parameters even vaak gemeten hoeven te worden. In onze berekeningen hebben we deze gemiddelde kosten berekend per m³ over het geleverde debiet. Omdat de kosten op een kleinschalige zuivering erg zwaar meetellen, zijn twee getallen gegeven: de totale kosten inclusief analysekosten en de echte zuiveringskosten zonder deze analysekosten. Juist deze dure analyses maken kleinschalige zuiveringen financieel meestal onaantrekkelijk. Indien echter sensoren ontwikkeld zouden kunnen worden die de waterkwaliteit (met name het gehalte aan pathogenen, maar bijvoorbeeld ook organische microverontreinigen en dergelijk) veel goedkoper kunnen meten, worden kleinschalige processen veel beter haalbaar.

Tabel 2: bouwkosten voor kleinschalige zuiveringsprocessen'

Onderdeel waterzuivering	Kostenfunctie bouwkosten (30-11-2018)	Eenheid van X	Range
Groundwaterpomp	$0,2617 * X + 2339,8$	L/h	340-5340 L/h
Supply pump	$0,0962 * X + 404,64$	L/h	<300-3200 L/h
Boosterpomp	$0,631 * X + 1800,4$	L/h	180-4710 L/h
Dosing pump < 4 bar	$21,709 * X + 1309,5$	L/h	0 - 200 L/h
Dosing pump > 4 bar	$15,97 * E8 + 2532$	L/h	0 - 375 L/h
Buffertank huishoudwater (Concrete)	$0,1039 * X + 512,16$	L	2000-20000 L
Buffertank huishoudwater (HDPE) - small	$0,3222 * X + 59,871$	L	100-2500 L
Buffertank huishoudwater (HDPE) - large	$0,4989 * X - 881,88$	L	3000-20000 L
Buffertank (staal H II, enkelzijdige coating)	$1000 * (-0,0000002 * X^2 + 0,074 * X + 126,54)$	m ³	500-53500 m ³
Buffertank drinkingwater (HDPE)	$0,4304 * X + 710,9$	L	570-30000 L
Cleanable bag filter (500-1000 µm)	$IF(X < 3000; 610; 810)$	L/h	0 - 6000 L/h
Bag filter (200 - 25 µm)	550,2	-	0-12000 L/h
Self cleaning filter 25 µm	$0,9744 * X + 3536,6$	L/h	100-6000 L/h
Self cleaning filter 200 µm	3900	-	2000-40000 L/h
Sediment filter 5 micron	$0,075 * X + 529,46$	L/h	0-6000 L/h
Rapid sand filtration	$0,5577 * X + 4335,7$	L/h	2650-6785 L/h
Activated carbon filtration (40 min contact time)	$3,4054 * X + 4335,7$	L/h	563-1442 L/h
Activated carbon filtration (5 min contact time) - large	$0,4257 * X + 4335,7$	L/h	4506-11536 L/h
Activated carbon filtration (<1 min contact time) - small (carbon block)	$0,1472 * X + 560,28$	L/h	0-2000 L/h
UV disinfection	$(0,3757 * X + 682,23)$	L/h	228-7400 L/h
UV/H ₂ O ₂ advanced oxidation	$2,8702 * X + 1375,4$	L/h	40-4170 L/h
0,04 µm filter (UF - disinfection)	$0,3123 * X + 3091,7$	L/h	0-4000 L/h
0,2 µm filter (UF - filtration)	$0,3183 * X + 2639,2$	L/h	0-4000 L/h
Reverse Osmosis (large)	$5,736 * X + 1832,5$	L/h	100-8000 L/h
Reverse Osmosis (small)	$31,638 * X + 233,81$	L/h	<100 L/h
pH-correction (excl dosing pump) + Remineralisation - large	$2,3729 * X + 4335,7$	L/h	563-1442 L/h
pH-correction (excl dosing pump) + Remineralisation - small	$0,1157 * X + 4,1081$	L/h	0-1000 L/h

3 Uitgewerkte casussen

3.1 Casus Munstergeleen

Abshoven is een voormalig kloostercomplex en landgoed ten zuiden van Munstergeleen (zie Figuur 1. Hier willen negen stellen van middelbare leeftijd een wooncomplex bouwen, waar ze met een kleine milieu-impact kunnen leven. Het totale dakoppervlak van dit complex is ongeveer 900 m² (910 m² volgens de tekeningen).



Figuur 1: Huidige situatie in Abshoven bij Munstergeleen

Om hun milieu-impact te verkleinen willen deze mensen regenwater gebruiken voor het spoelen van het toilet, de wasmachine, en het sproeien van de tuin. Een overzicht van het verbruik is weergegeven in Tabel 3.

Tabel 3: watergebruik in casus Munstergeleen.

Toepassing	L/dag/persoon	Totaal (m ³ /jaar)	herkomst
Consumptie en afwas	15	99	Drinkwater
Douche ^{*)}	10	66	Drinkwater
Toilet	40	263	Regenwater
Wasmachine	15	99	Regenwater
Tuin	1	7	Regenwater
Totaal	81	534	

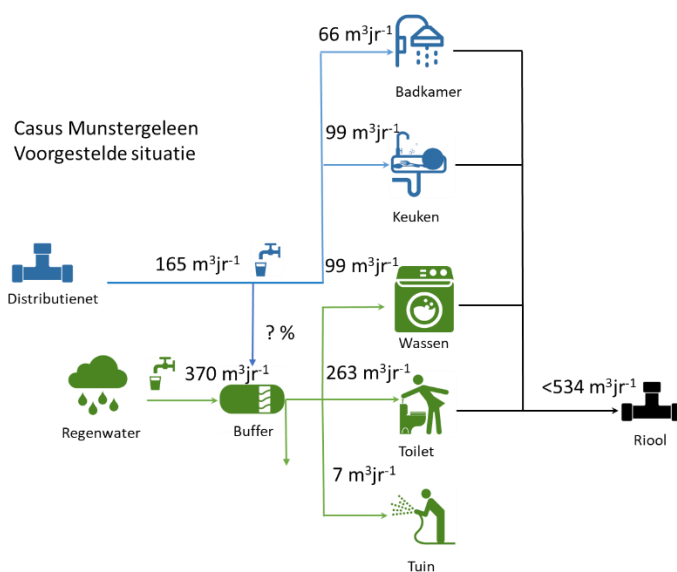
*) Hiervoor wordt uitgegaan van een recirculatiedouche.

In totaal is voor dit complex dus 534 m³ water per jaar nodig, waarvan 369 m³ uit regenwater.

Uitgaande van een verbruik van 534 m³/jaar over 9 aansluitingen betekent dit volgens de kosten zoals weergegeven in paragraaf 2.1 een kostprijs van €2,29/m³ bij aansluiting op het reguliere Nederlandse drinkwaterleidingnet. Door het relatief kleine debiet dat wordt afgenomen tellen de kosten voor vast recht relatief zwaar door in deze prijs. Aansluiting op het centrale net is in dit geval mogelijk.

3.1.1 Regenwater als bron

De gemiddelde run-off coëfficiënt van daken bedraagt 0,8 (Farreny et al. 2011), wat betekent dat bij een gemiddelde jaarlijkse regenval van 856 mm maximaal 685 mm water kan worden opgevangen, ofwel in dit complex 617 m³ per jaar. Dit is ruim voldoende voor beoogde regenwatertoepassingen. In de literatuur wordt bij opvang van regenwater voor toepassing als huishoudwater vaak een "first flush" toegepast (Förster 1999, Zobrist et al. 2000, Farreny et al. 2011, Mendez et al. 2011, Lee et al. 2012, Leong et al. 2017). De eerste hoeveelheid water die op een dak wordt opgevangen raakt het sterkst vervuild met vuil dat zich op het dak heeft verzameld. Deze hoeveelheid vuil is afhankelijk van o.a. de lengte van de droge periode voorafgaand aan de bui. Door de eerste neerslag die op een dak valt niet op te vangen, wordt de kwaliteit van het opgevangen regenwater significant beter. Gemiddeld wordt de eerste 2 mm regenwater weggegooid. In bijvoorbeeld Texas worden geautomatiseerde systemen toegepast die standaard een first flush toepassen. We hebben berekend dat bij toepassing van een first flush van 2 mm er in Munstergeleen effectief 411 mm water overblijft, ofwel 370 m³ water per jaar, wat precies overeenkomt met de benodigde hoeveelheid regenwater voor toilet, wasmachine en tuin. De schatting van 411 mm is mogelijk iets te conservatief, aangezien we voor deze berekening alleen buien waarbij meer dan 2 mm water viel hebben meegenomen, en dat zou mogelijk niet nodig zijn (als er een korte periode zit tussen twee opeenvolgende buien hoeft de first flush van de tweede bui in principe niet zo groot te zijn, omdat het dak door de eerste bui al "schoongespoeld" is). In de huidige plannen wordt het regenwater verder niet gezuiverd voorafgaand aan gebruik. Het centrale drinkwaterleidingnet moet in deze situatie 165 m³ per jaar kunnen leveren: ongeveer 30% van het reguliere verbruik van negen tweepersoonshuishoudens. In principe is het drinkwaterbedrijf verplicht altijd voldoende water aan te kunnen leveren, wat betekent dat het leidingnet gedimensioneerd moet worden op het piekverbruik. Daardoor zou in principe dit leidingnet dezelfde dimensies moeten hebben als in het geval geen regenwater gebruikt zou worden. Aangezien de verblijftijden van het water in het systeem hierdoor mogelijk toenemen, zou dit een negatief effect op het zelfreinigende vermogen van de leiding en op de waterkwaliteit kunnen hebben. Het verdient aanbeveling het totale systeem in detail door te rekenen om te zien of het mogelijk is het opgevangen regenwater te gebruiken om pieken in het verbruik af te vlakken, waardoor het leidingnet mogelijk iets kleiner gedimensioneerd zou kunnen worden. Indien het regenwater gebruikt wordt als huishoudwater, bijvoorbeeld voor toiletspoeling, moet het mogelijk zijn de voorraad vanuit het centrale leidingnet aan te vullen als er tekorten dreigen te ontstaan. Dit kan in het centrale leidingnet leiden tot hoge extra pieken, omdat dit probleem zich dan waarschijnlijk op meerdere plekken gaat voordoen. Door ervoor te zorgen dat het aanvullen van regenwaterbuffers 's nachts gebeurt in de daluren, kunnen deze problemen voorkomen worden.

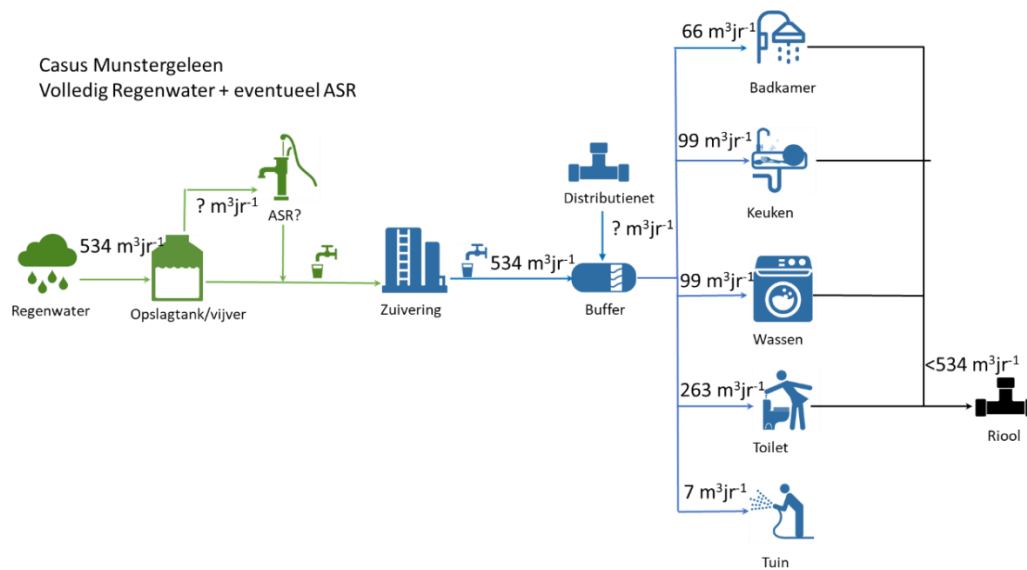


Figuur 2: Schema watervoorziening casus Munstergeleen in de voorgestelde situatie (Scenario 1)

Een andere optie is om de hele watervraag te dekken met behulp van regenwater. Gezien het dakoppervlak en de benodigde hoeveelheden zou dit net kunnen. Wel is dan een vrij robuuste zuivering nodig. Hierbij is een aantal scenario's denkbaar:

- Opslag in een gesloten tank. "Vuil" water kan niet lang bewaard worden in een gesloten tank (dan gaan er micro-organismen groeien, en wordt het water op den duur anoxisch), en bovendien is het belangrijk al het regenwater, dus vooral bij piekbuien, op te vangen om over het jaar genomen voldoende water beschikbaar te hebben. Dat betekent dat de opvangtank vrij snel leeg moet kunnen worden gemaakt. Vanwege deze eisen is een relatief grote zuiveringscapaciteit nodig, die echter slechts een deel van het jaar in gebruik zal zijn. Bovendien is een grote opvang voor gezuiverd water nodig.
- Opslag in een open vijver. Hierin kan het water langer bewaard worden. Wel zal hiervoor een robuuste zuivering nodig zijn, maar die kan kleiner gedimensioneerd worden, omdat hij continu in bedrijf kan zijn. Dit scheelt aanzienlijk in de kosten, ook al omdat een veel minder grote reinwaterkelder (buffer) nodig is. De open opvangtank moet twee piekbuien achter elkaar kunnen opvangen. Aangenomen dat een piekbui ongeveer 60 mm regen betekent, is een vijver met een volume van 110 m³ nodig. Het nadeel hiervan is wel dat deze vijver een deel van het jaar niet veel water zal bevatten.
- Ondergrondse opslag. Dit is de meest geschikte vorm van opslag, die bovendien gepaard gaat met een extra zuivering door bodemfiltratie. Hierdoor kan de uiteindelijke zuivering veel goedkoper uitvallen. Dit systeem hangt af van de mogelijkheden voor ondergrondse berging op die plaats.

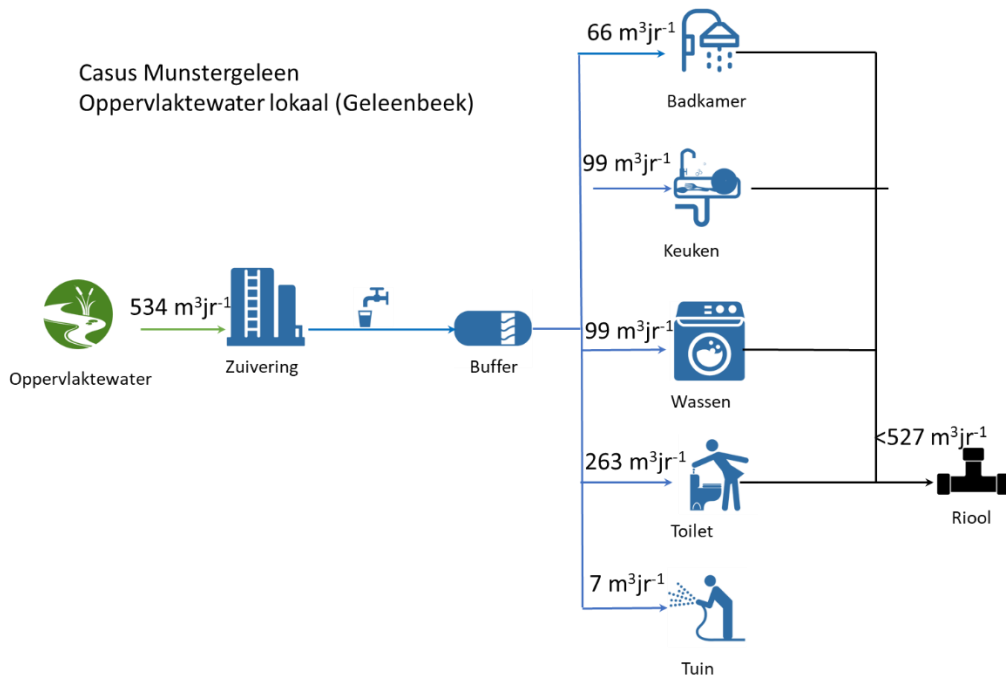
In de berekeningen in dit rapport is uitgegaan van de eerste optie, opslag in een gesloten opvangvat. De aanleg van een vijver is niet overal mogelijk c.q. wenselijk, en voor ondergrondse berging zou eerst onderzoek gedaan moeten worden of dat in deze casussen mogelijk zou zijn. Een systeem met een gesloten tank is in alle gevallen aan te leggen.



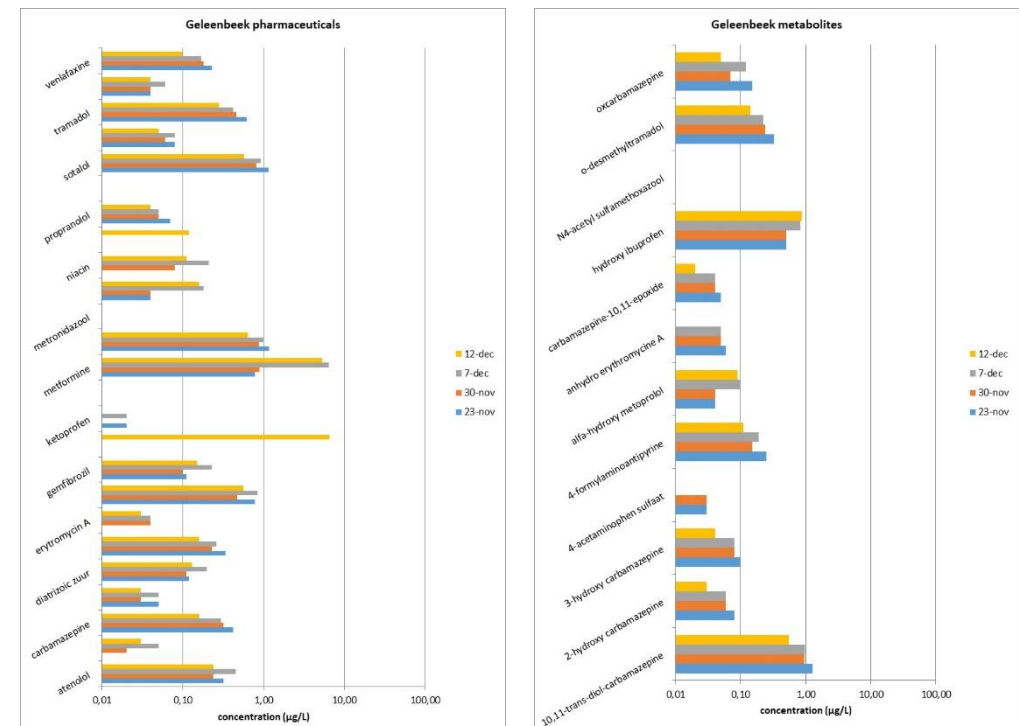
Figuur 3: Situatie bij volledig gebruik van regenwater en grote opslag van ofwel ongezuiverd regenwater, ofwel reinwater

3.1.2 Oppervlaktewater als bron

Een alternatieve waterbron zou de Geleenbeek kunnen zijn. Het gemiddelde debiet van de Geleenbeek bedraagt 2,8 m³/s, wat in principe ruim voldoende is om locatie Abshoven van drinkwater te voorzien. Wel is de afvoer seizoensgebonden en komen er sterke pieken in voor, maar dan nog zou het voor de relatief kleine hoeveelheid water die dit complex nodig heeft geen probleem hoeven te zijn. Er is wel een robuuste zuivering nodig, vanwege het grote aandeel RWZI-effluent in de beek. Op de Geleenbeek lozen de RWZI's van Hoensbroek, Susteren en Heerlen, waardoor onder droogweerdecondities het water in de Geleenbeek voor 38% uit RWZI-effluent bestaat. De beek bevat gemiddeld 26,6 µg/L aan geneesmiddelen (Ter Laak 2013) (zie Figuur 5). De RWZI Susteren loost pas na Munstergeleen in de Geleenbeek, dus deze bijdrage telt niet mee voor Munstergeleen.



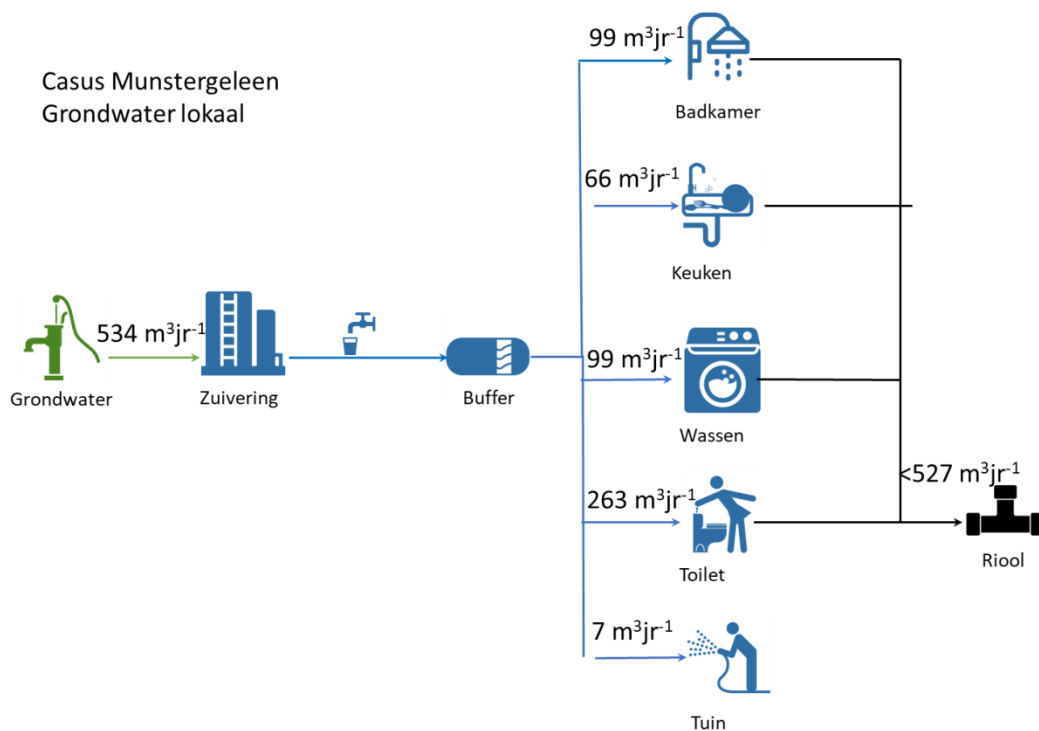
Figuur 4: Schematische weergave waterstromen bij volledig gebruik van oppervlaktewater



Figuur 5: Geneesmiddelen en metabolieten in de Geleenbeek (Ter Laak 2013).

3.1.3 Grondwater als bron

Er is ook gekeken naar de mogelijkheid om grondwater te winnen. Dit water kan waarschijnlijk worden gepompt uit de ondiep gelegen formatie van Beegden (REGIS II v2.2). Lokale geohydrologische informatie is echter beperkt. Boven deze ca. 9 meter dikke grofzandige laag bevindt zich een deklaag bestaande uit kleiige leem met een dikte van ca. 4 meter. Deze deklaag biedt enige bescherming tegen verontreinigingen vanaf maaiveld. Om voldoende water te winnen voor het wooncomplex, kan worden volstaan met een enkele put tot een diepte van 8 meter beneden maaiveld, een boordiameter van 336 mm en 2 meter filterlengte. In de put wordt een bronpomp met een capaciteit van ca. 3 m³/d geplaatst. Op basis van dit onttrekkingsdebiet wordt op basis van de formule van Verruijt een afpompingshoogte van hooguit enkele cm verwacht. Over de samenstelling van het lokale grondwater zijn geen gegevens beschikbaar. Gezien de ondiepe aquifer en de dunne deklaag kan een mix van anaeroob en aerob water in de put worden verwacht, daarnaast is de winning zeer kwetsbaar voor zowel chemische als microbiologische verontreinigingen. Zeker bij eventuele overstrooming van de Geleenbeek. Om fluctuaties in de vraag op te kunnen vangen wordt een reinwaterbuffer geplaatst.



Figuur 6: Schematische weergave waterstromen bij lokaal grondwater als bron

In Tabel 4 zijn de berekende kosten voor aanleg en onderhoud van een grondwaterput weergegeven. De kosten zijn afhankelijk van de benodigde debieten (zie paragraaf 3.1.6). Een voorbeeld van een kostenberekening is weergegeven in Bijlage II.

Tabel 4: totale kosten (CAPEX en OPEX) van alleen de grondwaterwinning in Munstergeleen (€/m³ water). Diepe winning uit watervoerend pakket afgesloten door kleilaag (ABIKOU type B) uit formatie Beegden. De kosten zijn voor de uiteindelijke zuiveringsscenario's apart berekend, omdat elk scenario zijn eigen debiet vereist, wat weer van invloed is op de CAPEX en OPEX van de put per m³ geleverd water.

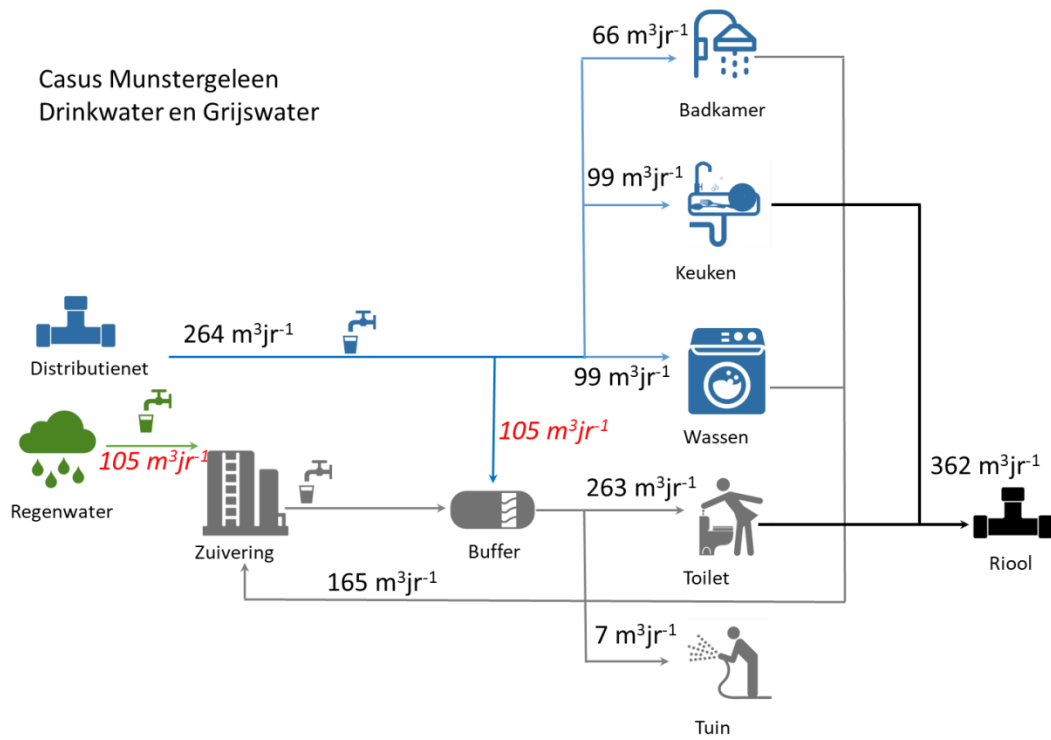
Type zuivering	Kosten (CAPEX en OPEX) (€/m ³)
Alleen HW (sc 1)	2,99
DW, RO 20% recovery (sc 2)	0,42
DW, RO 30% recovery (sc 2)	0,63
DW, UV/H ₂ O ₂ (sc 2)	2,07
DW + HW, RO 20% recovery (sc 3)	1,34
DW + HW, RO 30% recovery (sc 3)	2,01
DW + HW, UV/H ₂ O ₂ (sc 3)	2,07

N.B. De kosten bij een hogere recovery zijn per m³ hoger dan bij een lagere recovery, doordat er bij een lagere recovery meer water moet worden opgepompt.

De kosten voor het UV/H₂O₂-scenario lijken relatief hoog uit te vallen, maar dit wordt veroorzaakt door het feit dat slechts een klein debiet nodig is, terwijl de investering en het onderhoud vrijwel vergelijkbaar blijven.

3.1.4 Drinkwater en grijswater

De laatste optie die is onderzocht is het hergebruik van grijswater, bijvoorbeeld voor toiletspoeling. Indien echter inderdaad slechts 10 L/p/d wordt gebruikt voor de douche en 15 L/p/d voor de wasmachine is deze hoeveelheid te klein voor de benodigde toiletspoeling, tenzij ook een alternatief type toilet, zoals een vacuümtoilet, wordt geïnstalleerd. Als alternatief kan aangevuld worden met regenwater en/of drinkwater.



Figuur 7: Gebruik van leidingwater en grijswater. Grijswater is onvoldoende voor spoeling van conventionele toiletten. Dit kan worden opgelost door een alternatief type toilet of door suppletie met regen- en/of drinkwater (rood cursief).

3.1.5 Samenvatting zuivering in Munstergeleen

Een overzicht van alle mogelijke bronnen en toepassingen is gegeven in Tabel 5.

Tabel 5: Overzicht van bronnen en toepassingen voor casus Munstergeleen. + = lichte zuivering (b.v. filter om takjes en blaadjes te verwijderen), ++ = eenvoudige zuivering voor licht vervuild water, +++ = robuuste zuivering voor zwaar vervuild water

Bron	Benodigde kwaliteit	Type zuivering	toepassing	Hoeveelheid
Regenwater	huishoudwater	+	Toilet, wasmachine, tuin	Ruim voldoende
Centraal drinkwater	drinkwater		Consumptie, douche, back-up	Ruim voldoende
Regenwater	Drinkwater	++	alles	In principe voldoende, back-up nodig
Geleenbeek	Drinkwater	+++	alles	In principe voldoende
Grondwater	Drinkwater	+++ ^{*)}	alles	In principe voldoende
Grijswater	Huishoudwater	+	toilet	Te weinig, back-up nodig

*) Zeer kwetsbare bron, daardoor robuuste zuivering nodig.

3.1.6 Zuiveringsscenario's Munstergeleen

In het voorgestelde plan wordt 534 m³/jaar gebruikt, waarvan 165 m³ als drinkwater (DW) (regulier leidingwater) en 369 m³ regenwater als huishoudwater (HW), wat zonder verdere zuivering wordt gebruikt voor toilet, wasmachine en tuin. Voor de douche wordt een recirculatie-douche gebruikt. Er wordt vanuit gegaan dat het water van de douche en de wasmachine niet nogmaals als HW wordt ingezet. Er kan maximaal 617 m³ regenwater worden opgevangen.

Scenario 1: huidige voorgestelde scenario in Munstergeleen

In dit scenario wordt 165 m³ leidingwater als drinkwater gebruikt, en wordt 369 m³ regenwater gebruikt als huishoudwater (HW). In dit overzicht is ervan uitgegaan dat het huishoudwater wel gefiltreerd wordt. Analyses zijn voor huishoudwater niet nodig. In dit scenario zou eventueel ook oppervlakte- of grondwater kunnen worden gebruikt als HW. Bij oppervlaktewater is dan een grof filter nodig, gevolgd door een zakfilter en UF. Bij grondwater is beluchting/ontijzering en filtratie over een zandfilter 910 m/uur) nodig. In Tabel 6 is een overzicht gegeven van de benodigde onderdelen voor de huishoudwaterinstallatie, en de prijs per m³. Drinkwater wordt in dit scenario door het centrale drinkwaterleidingstelsel in Munstergeleen aangeleverd.

Tabel 6: Installaties en kosten voor productie van 369 m³ huishoudwater per jaar in Munstergeleen. Bij de grondwateroptie zijn de kosten voor de benodigde pomp en put ook meegenomen.

Bron	installatie	Zuiveringskosten (€/m ³)
OW	Buffertank DW + HW (HDPE) - boosterpomp - zakfilter 25 µm - (Ultrafiltratie (fijn-filtratie)) - buffertank HW - distributiepomp HW	23,92
RW	Aanzuigpomp - uitwasbaar zakfilter - zakfilter 25 µm - Ultrafiltratie (fijn-filtratie) - Buffertank HW - distributiepomp HW	13,07
GW	beluchting - buffertank DW + HW -boosterpomp (recirculatie + aanvoer vervolg zuivering)- Zakfilter 25 µm - 5 micron filterkaars - buffertank HW - distributiepomp HW	13,72
GW	beluchting -> zakfilter -> UF (fijn filtratie) -> Buffertank HW -> distributiepomp HW	15,57

Voor huishoudwater uit grondwater zijn twee systemen meegenomen. In feite is het eerste systeem de voorzuivering van een RO-scenario, en het tweede van een UV/H₂O₂ scenario.

Uit het overzicht in Tabel 6 blijkt dat huishoudwater, gemaakt uit regenwater of grondwater, ongeveer €13,5/m³ kost. Indien het huishoudwater gemaakt wordt uit oppervlaktewater neemt de prijs van de installatie toe, waardoor het water per m³ anderhalf keer zo duur wordt. Dit wordt veroorzaakt door de benodigde pomp. In elk geval is dit huishoudwater aanzienlijk duurder dan centraal geproduceerd drinkwater, wat in dit geval ongeveer €2,29/m³ kost. Dit komt door de kleine schaal van de installaties. Voor huishoudwater zijn geen analysekosten meegenomen, omdat dat voor huishoudwater niet nodig is. Aangezien Abshoven in Munstergeleen in de buurt van het centrale drinkwater net ligt, is aansluiting op dit net in dit geval geen probleem. Bij grotere afstanden kan de prijs voor het aanleveren van drinkwater aanzienlijk hoger uitvallen.

Scenario 2: Eén stand-alone leidingnet met alleen drinkwaterkwaliteit voor alle toepassingen, in Munstergeleen.

In dit scenario wordt uitgegaan van alleen water uit lokale bronnen, en is aangenomen dat er alleen drinkwater wordt geproduceerd (534 m³/jaar) (het concentraat is in dit geval afval dat geloosd moet worden). Als bron zijn hiervoor lokaal OW, GW of RW genomen. Er zijn twee RO-processen doorgerekend: één met een recovery van 20% en één met een recovery van 30%. Vanwege de kleine schaal van dit proces zal de recovery in deze grootteorde liggen. Indien alleen drinkwater wordt geproduceerd, betekent dit dat er vrij veel concentraat wordt geproduceerd (2136 m³ en 1246 m³ bij respectievelijk 20% en 30% recovery), dat (eventueel na behandeling) geloosd moet worden. Naast de op RO gebaseerde processen is ook een installatie voor 534 m³/jaar gebaseerd op UV/H₂O₂ doorgerekend. Een overzicht van de processen en benodigde debieten per brontype is hieronder weergegeven:

Bron oppervlaktewater:

- RO-optie met 20% recovery: 534 m³ nodig, vanwege RO 2670 m³ innemen, en 2136 m³ "afval".
- RO-optie met 30% recovery: 534 m³ nodig, vanwege RO 1780 m³ innemen, en 1246 m³ "afval"
- UV/H₂O₂-optie: 534 m³ nodig

Bron regenwater:

- RO-optie met 20% recovery: 534 m³ nodig, vanwege RO 2670 m³ innemen, en 2136 m³ "afval". Hiervoor is onvoldoende regenwater beschikbaar.
- RO-optie met 30% recovery: 534 m³ nodig, vanwege RO 1780 m³ innemen, en 1246 m³ "afval". Hiervoor is onvoldoende regenwater beschikbaar.
- UV/H₂O₂-optie: 534 m³ nodig; hiervoor zou voldoende regenwater beschikbaar moeten zijn. "Probleem" is alleen dat grote opvang nodig is, want bijna alle regen moet wel kunnen worden opgevangen.

Bron grondwater:

- RO-optie met 20% recovery: 534 m³ nodig, vanwege RO 2670 m³ innemen, en 2136 m³ "afval".
- RO-optie met 30% recovery: 534 m³ nodig, vanwege RO 1780 m³ innemen, en 1246 m³ "afval"
- 2136 m³ of 1246 m³ concentraat: zandfilter, daarna lozen.
- UV/H₂O₂-optie: 534 m³ nodig

Een overzicht van de benodigde processtappen en de totale kosten is gegeven in Tabel 7. De analysekosten zijn berekend uitgaande van een bedrag van €2500,- per jaar, gedeeld door het benodigde debiet.

Tabel 7: installaties en kosten voor stand-alone productie van drinkwater in Munstergeleen (bij grondwater incl. put), scenario 2

Bron	Installatie	Zuiveringskosten (€/m ³ DW)	Totale kosten Incl. analyses (€/m ³ DW)
OW	Aanzuigpomp - uitwasbaar zakfilter – zakfilter 25 µm – UF (fijn-filtratie) - Buffervat DW + HW HDPE - boosterpomp – RO (20% recovery) – dosing pump < 4 bar - remineralisatie & pH-correctie – A.K.F(5) – Buffertank DW - distributiepomp - UV piekfactor	27,31	31,99
OW	Aanzuigpomp - uitwasbaar zakfilter – zakfilter 25 µm – UF (fijn-filtratie) - Buffervat DW + HW HDPE - boosterpomp – RO (30% recovery) – dosing pump < 4 bar - remineralisatie & pH-correctie – A.K.F(5) – Buffertank DW - distributiepomp - UV piekfactor	26,18	30,86
OW	Aanzuigpomp - uitwasbaar zakfilter – zakfilter 25 µm - UF (Desinfectie) – UV/H ₂ O ₂ + dosing pump >4 bar – A.K.F(40) - Buffertank DW - distributiepomp DW - UV Piekfactor	24,95	29,63
RW	Aanzuigpomp - uitwasbaar zakfilter – zakfilter 25 µm - UF (Desinfectie) – UV/H ₂ O ₂ + dosing pump >4 bar – A.K.F(40) - Buffertank DW - distributiepomp DW - UV Piekfactor	30,22	34,90
RW	Buffertank HW + DW (HDPE) - boosterpomp - zakfilter 25 µm - filterkaars 5 micron – RO (30%) – dosing pump < 4 bar - remineralisatie & pH-correctie -buffertank DW – distributiepomp- UV	29,51	34,19
RW	Buffertank HW + DW (HDPE) - boosterpomp - zakfilter 25 µm - UF desinfectie – UV/H ₂ O ₂ + dosing pump >4 bar – A.K.F.(40) - Remin / pH correctie + dosing pump < 4 bar - buffertank DW - distributiepomp DW - UV piekfactor	37,48	42,16
GW	Anaerobe RO (20%) – dosing pump < 4 bar - remineralisatie & pH-correctie – A.K.F(5) - buffertank DW - distributiepomp - UV desinfectie	20,07	24,75
GW	Anaerobe RO (30%) – dosing pump < 4 bar - remineralisatie & pH-correctie – A.K.F(5) - buffertank DW - distributiepomp - UV desinfectie	19,64	24,32
GW	beluchting -> zakfilter -> UF (fijn filtratie) -> H ₂ O ₂ /UV -> doseerpomp > 4 bar -> AKF (40) -> Buffertank DW -> distributiepomp DW -> UV piekfactor	23,97	28,65

De kosten van een kleinschalige zuivering zijn eigenlijk altijd relatief hoog, wat ook weer uit deze tabel blijkt. In Nederland kost 1 m³ centraal geleverd drinkwater ongeveer €1,50, en dat is significant lager dan de 22-47 euro (inclusief analyses) die hier is berekend. De reguliere kosten bij aansluiting op het Nederlandse drinkwaternet zouden ongeveer €1,17/m³ bedragen, maar die aansluiting is er niet, en het is de vraag of die te maken is (zo ja, dan zullen de kosten zeker hoger worden vanwege de benodigde extra investeringen in de aanleg van een leidingnet en om de vereiste druk te kunnen realiseren). Aansluiting op het Duitse drinkwaternet, de huidige situatie, kost inclusief analyses €1,67/m³. De kosten voor gebruik van RW als bron vallen zeer hoog uit (circa €40/m³) vanwege de benodigde buffertank voor opslag van ongezuiverd en gezuiverd water. In de kosten voor GW zijn ook de kosten voor de benodigde put verwerkt. In het huidige rapport zijn we uitgegaan van een robuuste zuivering. Het is echter mogelijk dat door het slaan van een put in een diep pakket water van een zodanig goede kwaliteit wordt verkregen, dat met een minder uitgebreide zuivering kan worden volstaan. Als bijvoorbeeld bij Munsterleen een 30 m diepe put wordt aangelegd komt die uit in de Bredazanden, die hier vrij goed doorlatend zijn, en de bovenliggende weerstand is dan volgens REGIS 500-1000 dagen. Wellicht dat dan filtratie en desinfectie voldoende zuivering zijn om veilig drinkwater te verkrijgen. Deze optie is in het huidige rapport niet meer doorgerekend.

Gebruik van grondwater lijkt in dit geval het goedkoopste te zijn, zeker indien het zuiveringsproces wordt gebaseerd op RO. Wel moet hierbij rekening worden gehouden met de relatief grote afvalstroom concentraat. Lozing hiervan, eventueel na een behandeling, zou extra kosten met zich mee kunnen brengen. Het proces gebaseerd op OW en het UV/H₂O₂ is ongeveer even duur als toepassing van RO. Bij GW is UV/H₂O₂ juist significant duurder dan RO. Dit wordt veroorzaakt doordat bij GW anaerobe RO wordt toegepast, waarbij in feite al direct schoon water wordt verkregen. Bij UV/H₂O₂ wordt het grondwater eerst belucht, waarbij ijzer neerslaat, wat dan weer verwijderd moet worden, waardoor de kosten voor dit proces relatief hoog zijn. Hierbij moet wel worden opgemerkt dat bij het UV/H₂O₂-proces weinig afval vrijkomt. Op den duur (aangenomen na anderhalf jaar) moet de actieve kool worden gereactiveerd, maar bij het RO-proces wordt een significante stroom afvalwater geproduceerd. Indien lozing hiervan kosten met zich meebrengt, kan het plaatje veranderen, en wordt het geavanceerde oxidatieproces financieel aantrekkelijker. De analysekosten vormen, zeker vanwege het kleine debiet, een significante bijdrage aan de totale kosten.

Scenario 3: Eén leidingnet voor drinkwater, één leidingnet voor huishoudwater in Munstergeleen, beide gebaseerd op lokale bronnen.

In dit scenario is ervan uitgegaan dat de volledige zuivering, zoals beschreven in Tabel 7) alleen nodig is voor het drinkwater. Dit betekent in het UV/H₂O₂ proces dat slechts een deel van het water het gehele proces doorloopt, en de rest na filtratie als huishoudwater wordt gebruikt. Bij de RO-processen wordt het geproduceerde concentraat als huishoudwater ingezet. Ook hier is uitgegaan van een recovery van 20% of 30% voor de RO-membranen, maar omdat het concentraat als HW wordt gebruikt is het totale te behandelen debiet significant kleiner dan in scenario 2 (voor een productie van 165 m³ DW/jaar 825 m³/jaar bij een recovery van 20%, en 550 m³/jaar bij een recovery van 30%). Een overzicht van de benodigde debieten voor verschillende processen en bronnen is hieronder weergegeven:

Bron oppervlaktewater:

- RO-optie met 20% recovery: 825 m³ innemen. Levert 165 m³ DW en 660 m³ HW (369 m³ nodig).
- RO-optie met 30% recovery: 550 m³ innemen. Levert 165 m³ DW en 385 m³ HW (369 m³ nodig).
- UV/H₂O₂-optie: 534 m³ via grof filter, zakfilter en UF, vervolgens 165 m³ via UV/H₂O₂ en AKF naar DW en 369 m³ rechtstreeks naar HW.

Bron regenwater:

- RO-optie met 20% recovery: 825 m³ innemen. Levert 165 m³ DW en 660 m³ HW (369 m³ nodig).
- RO-optie met 30% recovery: 550 m³ innemen. Levert 165 m³ DW en 385 m³ HW (369 m³ nodig).
- UV/H₂O₂-optie: 534 m³ via grof filter en snel zandfilter of filterkaars, vervolgens 165 m³ via UV/H₂O₂, AKF en remineralisatie naar DW en 369 m³ rechtstreeks naar HW.

Bron grondwater:

- RO-optie met 20% recovery: 825 m³ innemen. Levert 165 m³ DW en 660 m³ HW (369 m³ nodig).
- RO-optie met 30% recovery: 550 m³ innemen. Levert 165 m³ DW en 385 m³ HW (369 m³ nodig).
- UV/H₂O₂-optie, beluchting en zandfiltratie toepassen op totale debiet van 534 m³ water, en vervolgens UV/H₂O₂ en AKF toepassen op 165 m³ hiervan.

Een overzicht van de benodigde installaties en kosten is gegeven in Tabel 8. De kosten zijn berekend per m³ drinkwater, waarbij het gevormde huishoudwater als “restproduct” vrijkomt. Omdat het HW niet verrekend is in de prijs, valt de prijs van DW relatief hoog uit. Dat is te rechtvaardigen omdat, zeker bij de RO-processen, de installatie en daarmee de prijs bepaald worden door de productie van DW. Het heeft dan ook geen zin om bijvoorbeeld te bezuinigen op HW, want dat wordt toch gevormd bij de productie van de benodigde hoeveelheid DW. Voor de beeldvorming is de gemiddelde prijs over alle water (HW + DW) in de rechter kolom weergegeven.

Tabel 8: benodigde installaties en kosten bij een combinatie van DW en HW in Munstergeleen

Bron	Installatie	Zuiveringskosten DW (€/m ³ DW)	Tot. kosten DW Incl. analyses (€/m ³)	Gem. zuiveringskosten (€/m ³ DW)	Tot. Gem. kosten DW+HW en analyses (€/m ³)
OW	Aanzuigpomp - uitwasbaar zakfilter - zakfilter 25 µm - UF (fijnfiltratie) - Buffervat DW + HW HDPE - boosterpomp - RO (20% recovery) - dosing pump < 4 bar - remineralisatie & pH-correctie - A.K.F(5) - Buffertank DW - distributiepomp - UV piekfactor - buffertank HW - distributiepomp HW	79,30	94,45	24,51	29,19
OW	Aanzuigpomp - uitwasbaar zakfilter - zakfilter 25 µm - UF (fijnfiltratie) - Buffervat DW + HW HDPE - boosterpomp - RO (30% recovery) - dosing pump < 4 bar - remineralisatie & pH-correctie - A.K.F(5) - Buffertank DW - distributiepomp - UV piekfactor - buffertank HW - distributiepomp HW	78,18	93,33	24,16	28,84
OW	Aanzuigpomp - uitwasbaar zakfilter - zakfilter 25 µm - UF (Desinfectie) - UV/H ₂ O ₂ + dosing pump >4 bar - A.K.F(40) - Buffertank DW - distributiepomp - UV piekfactor- buffertank HW - distributiepomp HW	82,22	97,37	25,41	30,09
RW	Buffertank DW + HW (HDPE) - boosterpomp - zakfilter 25 µm - filterkaars 5 micron - RO (20%) - dosing pump < 4 bar - remineralisatie & pH-correctie -buffertank DW - distributiepomp- UV -buffertank HW - distributiepomp HW	91,58	106,73	28,30	32,98

Bron	Installatie	Zuiverings- kosten DW (€/m ³ DW)	Tot. kosten DW Incl. analyses (€/m ³)	Gem. zuiverings- kosten (€/m ³ DW)	Tot. Gem. kosten DW+HW en analyses (€/m ³)
RW	Buffertank DW + HW (HDPE) - boosterpomp - zakfilter 25 µm - filterkaars 5 micron - RO (30%) - dosing pump < 4 bar - remineralisatie & pH-correctie - buffertank DW - distributiepomp- UV - buffertank HW - distributiepomp HW	90,87	106,02	28,08	32,76
RW	Buffertank DW + HW (HDPE) - boosterpomp - zakfilter 25 µm - UF desinfectie - UV/H2O2 + dosing pump >4 bar - A.K.F.(40) - Remin / conditionering - buffertank DW - distributiepomp- UV - buffertank HW - distributiepomp HW	118,97	134,12	36,76	41,44
GW	Anaerobe RO (20%) - dosing pump < 4 bar - remineralisatie & pH-correctie - A.K.F(5) - buffertank DW - distributiepomp DW - UV desinfectie - buffertank HW - distributiepomp HW	60,69	75,84	18,75	23,43
GW	Anaerobe RO (30%) - dosing pump < 4 bar - remineralisatie & pH-correctie - A.K.F(5) - buffertank DW - distributiepomp DW - UV desinfectie - buffertank HW - distributiepomp HW	60,32	75,47	18,64	23,32
GW	beluchting -> zakfilter -> UF (fijn filtratie) -> H ₂ O ₂ /UV -> doseerpomp > 4 bar -> AKF (40) -> Buffertank DW -> distributiepomp DW -> UV piekfactor	75,04	90,19	23,19	27,87

Ook in dit geval vallen de kosten bij gebruik van regenwater hoog uit vanwege de benodigde tanks. De prijs gebaseerd op gebruik van grondwater is weer het laagste, en verder blijkt ook hier dat processen gebaseerd op het UV/H₂O₂ proces voor grondwater even duur zijn als processen gebaseerd op het RO-proces, maar bij gebruik van grondwater geavanceerde oxidatie duurder is (zie scenario 2).

De gemiddelde prijs per m³ is bij productie van zowel HW als DW iets lager dan wanneer alleen DW wordt geproduceerd, ondanks het feit dat kleinere debieten nodig zijn bij RO (waar het concentraat, in feite dus de reststroom als HW wordt ingezet) of slechts een deel van het water tot DW hoeft te worden gezuiverd (bij AOP). Dit wordt veroorzaakt door de bijdrage van de distributiepomp en een opslagtank voor huishoudwater, wat zeker op relatief kleine schaal een significante bijdrage aan de totale prijs oplevert. Vanwege het kleine debiet aan drinkwater zijn de analysekosten per m³ drinkwater erg hoog. Uiteraard zijn ze gemiddeld lager als het complete debiet wordt meegerekend, maar ook in dit geval leveren ze een significante bijdrage aan de totale kosten.

3.2 Casus Rothenbach

In Rothenbach bevinden zich een bungalowpark, manege, snackbar en winkelcentrumpje. Er zijn 65 aansluitingen, die in totaal ongeveer 16.000 m³/jaar afnemen, ofwel 44 m³/dag. Waarschijnlijk hangt dit hoge gebruik samen met de aanwezigheid van zwembaden en de manege. Voor de berekeningen in deze paragraaf is ervan uitgegaan dat een groot deel van het water dat wordt verbruikt drinkwaterkwaliteit moet hebben (voor bijvoorbeeld zwembaden).



Figuur 8: Casus Rothenbach

Op dit moment wordt het water aangeleverd vanuit TWA Wassenberg in Duitsland. De kosten inclusief analyses bedragen hiervoor €1,67/m³. Dit water wordt in principe gezuiverd met behulp van filtratie over actieve kool, maar de concentraties desfenylchloridazon, tetra- en trichlooretheen en ijzer liggen regelmatig boven de

Nederlandse norm (die lager ligt dan de Duitse norm voor drinkwater). Een eerste oplossing voor het kwaliteitsprobleem zou zijn om een actieve koolfilter te installeren in de aanvoerleiding voor het Duitse drinkwater, want daarmee zijn die verontreinigingen waarschijnlijk vrij eenvoudig te verwijderen. Wel moet dit koolfilter regelmatig geregenereerd worden (hoe vaak precies zal moeten worden vastgesteld).

Er is een vergelijking gemaakt met wat de kosten zouden zijn als aansluiting op het reguliere Nederlandse leidingnet mogelijk zou zijn, en er dus geen Duits water ingekocht zou worden. Uitgaande van een verbruik van 16.000 m³/jaar over 65 aansluitingen betekent dit volgens de kosten zoals weergegeven in paragraaf 2.1 een kostprijs van €1,17/m³ bij aansluiting op het reguliere Nederlandse leidingnet. Dat is echter in dit geval niet zondermeer mogelijk.

3.2.1 Regenwater als bron

Oppervlakttes van huizen lijken te variëren tussen 53 en 93 m²; als gemiddelde dakoppervlak is 73 m² aangenomen. Hierop kan, zonder first flush, per jaar 50 m³ regenwater worden opgevangen, ofwel voor 65 woningen 3250 m³ per jaar. Dit is ongeveer 20% van de totale behoefte aan drinkwater. Aangezien het niet helemaal duidelijk is waarvoor het water precies gebruikt wordt (wat is het aandeel van de manege en de zwembaden hierin?), is het niet goed mogelijk aan de hand hiervan in te schatten of dit voldoende is om de behoefte aan "huishoudwater" voor toiletspoeling en/of wasmachines te dekken.

Waarschijnlijk kan er meer water worden opgevangen, vanwege de aanwezigheid van een manege met een groot dak. Een schatting daarvan komt uit op ongeveer 2000 m². Daarnaast is er nog een winkelcentrum met een geschat dakoppervlak van ongeveer 1000 m², en een snackbar met een oppervlak van ongeveer 400 m². Hierop zou per jaar 2329 m² water opgevangen kunnen worden. Dat brengt het totaal op ongeveer 5500 m³ per jaar, wat nog steeds niet voldoende is voor de totale drinkwatervraag.

3.2.2 Oppervlaktewater als bron

Oppervlaktewater zou gewonnen kunnen worden uit de Rode Beek. Dit is een nog grotendeels natuurlijke, snelstromende, relatief smalle beek met veel bochten en meanders, die door een veengebied stroomt. De vorm van de bodem is onregelmatig en er zijn veel zand- en grindbankjes, overhangende oevers en aangeslibde tot zandige plekken. Dit zou de winning van water mogelijk kunnen bemoeilijken. De bron van de beek ligt in Duitsland. Een groot deel van de beekloop in het Meinweggebied loopt door een bosgebied en is grensscheidend. Hier wordt de beek gevoed door kwel- en grondwater. Het Beekdal vormt echter een onderdeel van N2000 gebied Meinweg met vochtig alluviaal bos. Of het toegestaan is hier water uit te winnen is niet zeker. Zie voor relevante wet- en regelgeving waarmee rekening gehouden moet worden hoofdstuk 5

De naam Rode Beek verwijst naar het hoge gehalte ijzer in het water. Het gehalte aan ethofumesaat, een herbicide, is vaak vrij hoog. Vroeger waren de gehalten stikstof en fosfaat te hoog, maar dat is inmiddels verbeterd. Het zuurstofgehalte ligt momenteel tussen 70-110%. Er werd vroeger effluent in geloosd van de vliegbasis Wildenrath, maar die is inmiddels gesloten. Daar zou wel een bungalowpark worden gebouwd. RWZI Arsbeck loost op de Rode Beek, maar is ondertussen verbeterd, waardoor de kwaliteit van het water de laatste jaren ook verbeterd is. Bovendien loost een industriële afvalwaterzuivering op de Rode Beek. Gemiddeld loost RWZI Arsbeck 20,3 L/s op de Rode Beek, en de industriële afvalwaterlozing 12,5 L/s. Dit betekent dat in droge periodes een substantieel deel van het water in de Rode Beek uit effluent bestaat. De

gemiddelde afvoer van de Rode Beek is immers 65 – 400 L/s. Stel dat het gemiddeld 200 L/s, dan is hiervan 0,13% nodig om Rothenbach van voldoende (drink)water te voorzien. In droge periodes bedraagt het debiet slechts 65 L/s, dus 5600 m³/dag. Dit zou nog steeds voldoende moeten zijn om 44 m³/dag (0,8% van het totaal) te kunnen leveren. De kwaliteit van het water in de Rode Beek is weergegeven in Tabel 9 en Tabel 10. De verwachting op de site waarop de gegevens uit Tabel 9 zijn gebaseerd, is dat de Rode Beek niet aan de KRW kan voldoen, vanwege de visfauna en/of het stikstofgehalte.

Tabel 9: waterkwaliteitsgegevens Rode Beek in relatie tot de KRW. + voldoet aan kwaliteitseisen, - voldoet niet aan kwaliteitseisen, +/- voldoet mogelijk aan kwaliteitseisen (bron: https://www.flussgebiete.nrw.de/system/files/atoms/files/rur_bestandsaufnahme_2004_rur.pdf, <https://www.flussgebiete.nrw.de/das-rureinzugsgebiet-zwischen-wildnis-und-intensiver-nutzung-404>)

parameter	Wassenberg tot Wegberg	Wegberg	parameter	Wassenberg tot Wegberg	Wegberg
N	+	+/-	Ethofyumesaat	+	+
P	+/-	+/-	Metamitron	+	+
Temp.	+	+	Atrazine	+	+
O ₂	+	+	Isoproturon	+	+
NH ₄	+	+	Simazine	+	+
Cl	+	+	Diuron	+	+
pH	+	1. +	Benzo(a)pyren	+	+
TOC	+/-	+/-	PCB *)101	+	+
SO ₄	+	+	PCB 138	+	+
AOX	+	+	PCB 153	+	+
chloridazon	+	+	PCB 180	+	+

*) polychloorbifenyl

Op basis van gedetailleerde gegevens uit 2016 is een overzicht gemaakt van de stoffen die worden aangetroffen in de Rode Beek in vergelijking met de maximaal toegestane gehalten voor oppervlaktewater waaruit drinkwater wordt bereid (zie bijlage 5 van de Drinkwaterregeling; <http://wetten.overheid.nl/BWBR0030152/2017-10-27#Bijlage5>) en de gehalten die in het drinkwaterbesluit voor drinkwater worden aangegeven (bijlage A Drinkwaterbesluit; <http://wetten.overheid.nl/BWBR0030111/2015-11-28#BijlageA>) .

Tabel 10: Samenstelling Rode Beek ten opzichte van Drinkwaterregeling (kwaliteit oppervlaktewater dat voor productie van drinkwater wordt gebruikt) en Drinkwaterbesluit (kwaliteit drinkwater)

Parameter	Eenheid	Gemiddeld	Drinkwater-regeling	Drinkwater-besluit
watertemperatuur	°C	11,79	25	25
luchttemperatuur	°C	10,64		
troebelheid	FNU	11,53		
pH-Waarde	-	7,26	7,0 - 9,0	7,0 - 9,5
Elektrische geleidbaarheid bij 25°C	mS/m	35,80	80	125
Natrium	mg/l	16,13	120	150
Kalium	mg/l	4,90		
Beryllium	µg/l	0,14		
Magnesium	mg/l	7,33		
Calcium	mg/l	39,63		
Barium	µg/l	45,50	200	
Aluminium	µg/l	347,50		200
Thallium	µg/l	0,04		
Lood	µg/l	0,93	30	10
Vanadium	µg/l	1,00		
Arseen	µg/l	0,79	20	10
Antimoon	µg/l	0,17		5
Chroom	µg/l	1,00	20	50
Molybdeen	µg/l	0,21		
Koper	µg/l	2,48	50	2
zilver	µg/l	0,04		
Zink	µg/l	143,92	200	3000
Cadmium	µg/l	0,59	1,5	5
Uranium	µg/l	0,04		
Mangaan	µg/l	192,50	500	50
ijzer	µg/l	1405,00	300	200
cobalt	µg/l	4,13		
Nikkel	µg/l	11,30		20
Gadolinium	µg/l	0,18		
Boor	µg/l	27,50	1000	0,5
Stikstof, totaal	mg/l	5,70		
Stikstof, mineraal (NH ₄ , NO ₃ , NO ₂)	mg/l	5,23		
Nitrat-stikstof	mg/l	5,08	50	50
Nitriet-Stikstof	mg/l	0,03		0,1
Ammonium-Stikstof	mg/l	0,13	1,5	0,2
Fosfor totaal	mg/l	0,06	0,9	
zuurstof	mg/l	10,35	>5	>2
zuurstofverzadigingsindex	%	93,97		
Sulfaat	mg/l	66,64	100	150
Chloride	mg/l	29,93	150	150
Gesuspendeerde vaste stof	mg/l	7,28	50	
DOC	mg/l	5,23		

Parameter	Eenheid	Gemiddeld	Drinkwater-regeling	Drinkwater-besluit
TOC	mg/l	9,01		
Glyfosaat	µg/l	0,02	0,1	0,1
Ampa	µg/l	0,12	0,1	0,1
Bromacil	µg/l	0,06	0,1	0,1
Desphenyl-chloridazon	µg/l	0,31	0,1	0,1
Methyl-desphenylchloridazon	µg/l	0,03	0,1	0,1
Metolachloor-CA	µg/l	0,07	0,1	0,1
Dimethachloor-CA	µg/l	0,03	0,1	0,1
Dimethachloor-SA	µg/l	0,07	0,1	0,1
Metaxyl-CA2	µg/l	0,02	0,1	0,1
Metazachloor ESA	µg/l	0,31	0,1	0,1
Metolachloor ESA	µg/l	0,20	0,1	0,1

Voor wat betreft de kwaliteit van het oppervlaktewater voldoet de Rode Beek niet aan de normen voor ijzer, AMPA, desphenyl-chloridazon, metazachloor-ESA en metolachloor-ESA. Hiervoor kan een ontheffing worden aangevraagd, als het drinkwaterbedrijf kan aantonen dat voldoende zuivering plaatsvindt om er drinkwater van te maken. Dit hoeft dus geen probleem te zijn.

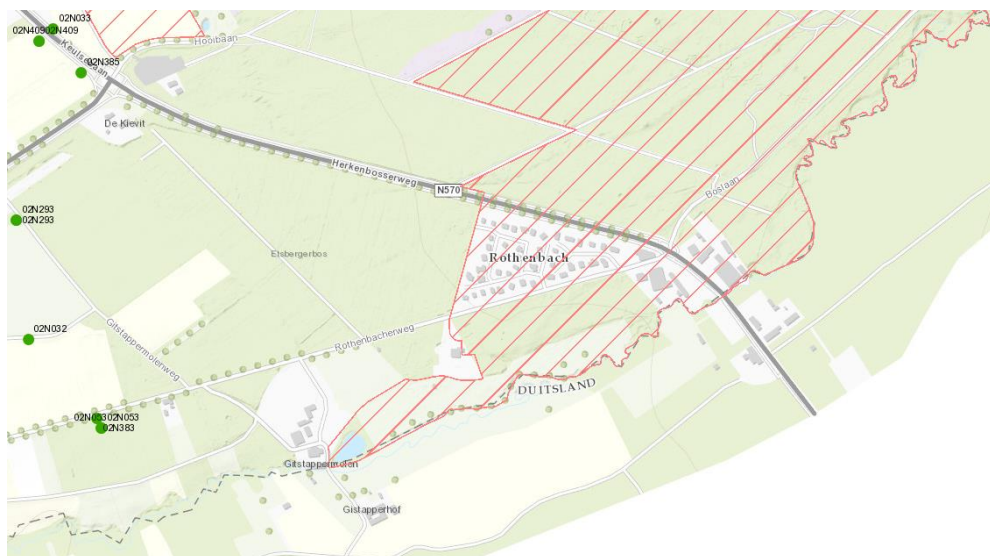
Voor drinkwater zijn de volgende normen van belang in verband met mogelijke overschrijdingen: Aluminium, koper, mangaan, ijzer, AMPA, desphenyl-chloridazon, metazachloor-ESA en metolachloor-ESA.

Dit betekent dat in elk geval coagulatie/flocculatie/sedimentatie moet worden toegepast om metalen en deeltjes te verwijderen, en dat een aanvullende zuivering nodig is om gewasbeschermingsmiddelen te verwijderen. Bovendien loost een RWZI effluent op de Rode Beek, waardoor zeker een robuuste zuivering nodig is. Gedacht kan worden aan RO of eventueel UV/H₂O₂.

3.2.3 Grondwater als bron Rothenbach

Een andere mogelijk geschikte lokale bron is grondwater. Op de locatie Rothenbach zijn 4 watervoerende pakketten mogelijk kansrijk voor het winnen van grondwater (

Tabel 11). Het gaat hierbij om de Formatie van Sterksel met zeer grof zand en grind, de matig fijn tot matig grof zandige Formatie van Stamproy en de grofzandige Kiezeloolit Formatie. De pakketten worden gescheiden door leem en zandige kleilagen. Landbouwkundige grondwaterputten zijn niet aanwezig in de directe nabijheid van Rothenbach en zijn ook niet toegestaan conform de milieuzonering (Figuur 9)



Figuur 9 Landbouwkundige grondwaterputten (groene punten) en uitsluitingsgebied (rode arcering)

Tabel 11: Mogelijk geschikte watervoerende pakketten Rothenbach (bron: REGIS II v2.2)

Watervoerend pakket	Diepte (m-mv)		kD (m ² /d)
	van	tot	
F. van Sterksel	6.23	13.59	552
F. van Stamproy	13.59	38.19	175
Kiezeloooliet F. 1	55.68	66.13	750
Kiezeloooliet F. 2	71.01	80.19	750

Het grondwater anoxisch en ijzerhoudend (tot 4.4 mg/l). In de grondwatermonsters is een spoor nitraat gevonden. Het is onduidelijk of dit komt door menging van verschillende watertypes bij bemonstering of door bijvoorbeeld oxidatie van ammonium. Zeker voor de bovenste twee watervoerende pakketten is bij onttrekking menging met ondiep zuurstof en nitraathoudend water een risico. Hierdoor moet voor het onderhoud rekening worden gehouden met chemische putverstopping. Voor meer duidelijkheid over de hydrochemische toestand van het grondwater is aanvullend onderzoek nodig, maar dat valt buiten het kader van deze studie.

Voor elk van de watervoerende pakketten is een bronontwerp gemaakt. Uit de berekeningen blijkt dat in elk pakket kan worden volstaan met een enkele put. Door het geringe te onttrekken debiet bleek de diameter van de onderwaterpomp maatgevend voor het ontwerp. Voor het ontwerp is uitgegaan van een maximale onttrekking van 80 m³/d. Voor de bronpomp is uitgegaan van een maximaal debiet van 5 m³/uur en een opvoerhoogte van 30 meter. Met analytische vergelijkingen van Verruijt en Theis is de te verwachten afpomping berekend. Deze is met uitzondering van een onttrekking uit de Formatie van Stamproy laag. In Tabel 12 is het globale bronontwerp weergegeven.

Tabel 12: Globaal bronontwerp (bron REGIS II v2.2)

Watervoerend pakket	Boordiepte (m)	Boordiameter (mm)	Brondiameter (mm)	Afpomping (m)
F. van Sterksel	13	360	101	0.01
F. van Stamproy	37	360	101	0.82
Kiezelooliet F. 1	65	360	101	0.2
Kiezelooliet F. 2	80	360	101	0.2

De kosten (CAPEX en OPEX) per m³ opgepompt water zijn afhankelijk van het benodigde debiet. De kosten die horen bij de hieronder genoemde scenario's 4 en 5 (respectievelijk alleen drinkwater of drinkwater en huishoudwater gecombineerd), zijn weergegeven in Tabel 13. Voor de benodigde debieten zie paragraaf 3.2.6

Tabel 13: CAPEX en OPEX voor grondwater als bron (ABIKOU: A = freatisch water, B = diep grondwater, afgedekt met slecht doorlatende kleilaag).

Type zuivering	debiet m ³ /jaar	Kosten(€/m ³)				
		F. van Sterksel (A)	F. van Stamproy (B)	Kiezelooliet F. 1(B)	Kiezelooliet F. 2 (B)	Gem. ^{*)}
DW, RO 20% recovery (sc 4)	26.667	0,16	0,08	0,09	0,09	0,09
DW, RO 30% recovery (sc 4)	22.857	0,19	0,09	0,10	0,11	0,10
DW, UV/H ₂ O ₂ (sc 4)	16.000	0,26	0,12	0,14	0,15	0,14
DW + HW, RO 20% recovery (sc 5)	22.095	0,19	0,09	0,10	0,11	0,10
DW + HW, RO 30% recovery (sc 5)	18.939	0,22	0,10	0,12	0,13	0,12
DW + HW, UV/H ₂ O ₂ (sc 5)	16.000	0,26	0,12	0,14	0,15	0,14

*) In de kosten voor behandeling is uitgegaan van de gemiddelde kosten voor het oppompen van grondwater, waarbij het gemiddelde is gebaseerd op de B-pakketten, om dat water uit het A-pakket significant duurder is. De verschillen vallen echter binnen de onzekerheid in de totale kostenberekeningen.

Voor de zekerheid is hier ook voor het grondwater een robuuste zuivering meegenomen. Of dit nodig is hangt echter af van de specifieke lokale omstandigheden. Als het een vrij ondiepe put betreft kan het water worden verontreinigd door bijvoorbeeld stoffen uit de landbouw. Bij diepere putten is dit risico veel kleiner.

3.2.4 Grijswater als bron

Uiteraard zou ook hier hergebruik van grijswater een mogelijkheid kunnen zijn, maar op dit moment is nog niet bekend in hoeverre er grijswater wordt geproduceerd in Rothenbach, en hoeveel water voor bijvoorbeeld toiletspoeling nodig is. Dit komt doordat we geen overzicht hebben van het exacte gebruik van water in Rothenbach, en hebben aangenomen dat veel water nodig is voor bijvoorbeeld zwembaden. Zuivering van grijs water zou vergelijkbaar zijn met zuivering van oppervlaktewater.

3.2.5 Samenvatting decentrale zuivering in Rothenbach

Een compleet overzicht van de decentrale opties in Rothenbach is gegeven in Tabel 14.

Tabel 14: Overzicht van bronnen en toepassingen voor casus Rothenbach. + = lichte zuivering (b.v. filter om takjes en blaadjes te verwijderen), ++ = eenvoudige zuivering voor licht vervuild water, +++ = robuuste zuivering voor zwaar vervuild water

Bron	Benodigde kwaliteit	Type zuivering	toepassing	Hoeveelheid
Regenwater	huishoudwater	+	toilet, wasmachine, tuin	Onbekend, waarschijnlijk onvoldoende
Duits drinkwater	drinkwater	+*)	consumptie, douche, back-up	Ruim voldoende
Regenwater	drinkwater	++	alles	onvoldoende, back-up nodig
Rode Beek	drinkwater	+++	alles	In principe voldoende
Grondwater	drinkwater	+++**)	alles	In principe voldoende
Grijswater	huishoudwater	+	toilet	Onbekend

*) Extra filtratie over actieve kool.

**) Vanwege hoge ijzergehalte kan onderhoud put duur zijn.

3.2.6 Zuiveringsscenario's Rothenbach

In totaal is 16.000 m³ per jaar nodig. De inschatting is dat 5500 m³ regenwater opvang mogelijk is. Er zijn 65 woningen, stel gemiddeld 2,2 personen per woning. Het verbruik van water is gemiddeld als volgt (Tabel 15):

Tabel 15: geschat waterverbruik in Rothenbach

Onderdeel	Liter per persoon per dag	Aantal m ³ per persoon per jaar	Aantal m ³ per huishouden (2,2 pers.) per jaar
Douche	51,4	18,8	41,4
Bad	1,8	0,7	1,5
Wastafel	5,2	1,9	4,2
Toiletspoeling	33,8	12,3	27,1
Kleding wassen (hand en machine)	15,7	5,7	12,5
Afwassen (hand en machine)	5,6	2,0	4,4
Voedselbereiding	1,0	0,4	0,9
Koffie, thee, water drinken	1,0	0,4	0,9
Overige	3,4	1,2	2,6
TOTAAL	118,9	43,4	95,5

Aangenomen dat drinkwater wordt gebruikt voor douche, bad, wastafel, afwassen, voedselbereiding en drinken, dan betekent dit dat er per huishouden 42,2 m³ HW en 53,3 m³ DW nodig is. Voor de 65 woningen in Rothenbach betekent dit een totaal gebruik van 6208 m³ water, waarvan 2743 m³ HW en 3465 m³ DW.

Er wordt echter per jaar 9792 m² meer water gebruikt. Waarschijnlijk is dit voor het vullen van de zwembaden, voor de markt die er gehouden wordt, en mogelijk ook voor de manege. Dit zijn echter allemaal toepassingen waarvoor voor het grootste deel drinkwaterkwaliteit nodig is. Daarom is in onderstaande scenario's uitgegaan van 13257 m³ drinkwater en 2743 m³ huishoudwater. Bij dergelijke debieten kan worden uitgegaan van een recovery van 60-70% voor de RO.

Scenario 4: alleen drinkwaterkwaliteit

Bron oppervlaktewater:

- RO-optie met 60% recovery: 16.000 m³ nodig, vanwege RO 26.667 m³ innemen, en 10.667 m³ "afval".
- RO-optie met 70% recovery: 16.000 m³ nodig, vanwege RO 22.857 m³ innemen, en 6.857 m³ "afval"
- UV/H₂O₂-optie: 16.000 m³ nodig

Bron regenwater:

- RO-optie met 60% recovery: 16.000 m³ nodig, vanwege RO 26.667 m³ innemen, en 10.667 m³ "afval" Hiervoor is onvoldoende regenwater beschikbaar.
- RO-optie met 70% recovery: 16.000 m³ nodig, vanwege RO 22.857 m³ innemen, en 6.857 m³ "afval". Hiervoor is onvoldoende regenwater beschikbaar.
- UV/H₂O₂-optie: 16.000 m³ nodig. Hiervoor is onvoldoende regenwater beschikbaar.

Bron grondwater:

- RO-optie met 60% recovery: 16.000 m³ nodig, vanwege RO 26.667 m³ innemen, en 10.667 m³ "afval".
- RO-optie met 70% recovery: 16.000 m³ nodig, vanwege RO 22.857 m³ innemen, en 6.857 m³ "afval"
- UV/H₂O₂-optie: 16.000 m³ zuiveren

Toepassen van het RO-proces resulteert in 10.667 of 6.857 m³ concentraat. Eventueel zou dit met behulp van een zandfilter kunnen worden gezuiverd, en vervolgens worden geloosd. De kosten hiervoor zijn in het overzicht niet meegenomen.

In Tabel 16 is een overzicht gegeven van de benodigde processtappen en bijbehorende kosten voor zuivering per m³ geleverd drinkwater.

Tabel 16: installaties en kosten voor stand-alone productie van drinkwater in Rothenbach. Aangezien er waarschijnlijk onvoldoende regenwater kan worden verzameld, zijn deze systemen schuingedrukt weergegeven. Scenario 4 en 8.

Bron	Installatie	Zuiveringskosten (€/m ³ DW)	Tot. kosten incl. analyses (€/m ³ DW)
OW	Aanzuigpomp - zelfreinigend zeefilter - zakfilter 25 µm - UF (fijnfiltratie) - Buffervat DW + HW HDPE - boosterpomp - RO (60% recovery) - dosing pump < 4 bar - remineralisatie & pH-correctie - A.K.F(5) - Buffertank DW - distributiepomp - UV piekfactor	3,46	3,62
OW	Aanzuigpomp - zelfreinigend zeefilter - zakfilter 25 µm - UF (fijnfiltratie) - Buffervat DW + HW HDPE - boosterpomp - RO (70% recovery) - dosing pump < 4 bar - remineralisatie & pH-correctie - A.K.F(5) - Buffertank DW - distributiepomp - UV piekfactor	3,30	3,46
OW	Aanzuigpomp - zelfreinigend zeefilter - zakfilter 25 µm - UF (Desinfectie) - UV/H ₂ O ₂ + dosing pump >4 bar - A.K.F(40) - Buffertank DW - distributiepomp - UV (piekfactor)	2,49	2,65
RW	<i>Buffertank HW + DW (staal, enklv. gecoat) - boosterpomp - zakfilter 25 µm - snel zandfilter - RO (70%) - dosing pump < 4 bar - remineralisatie & pH-correctie - buffertank DW - distributiepomp DW - UV Piekfactor</i>	5,36	5,52
RW	<i>Buffertank HW + DW (staal, enklv. gecoat) - boosterpomp - zakfilter 25 µm - snel zandfilter - RO (70%) - dosing pump < 4 bar - remineralisatie & pH-correctie - buffertank DW - distributiepomp DW - UV Piekfactor</i>	5,25	5,41
RW	<i>Buffertank HW + DW (staal, enklv. gecoat) - boosterpomp - zakfilter 25 µm - UF desinfectie - UV/H₂O₂ + dosing pump >4 bar - A.K.F.(40) - Remin / pH correctie + dosing pump < 4 bar - buffertank DW - distributiepomp DW - UV piekfactor</i>	5,66	5,82
GW	Anaerobe RO (60%) - dosing pump < 4 bar - remineralisatie & pH-correctie - A.K.F(5) - buffertank DW - distributiepomp DW - UV desinfectie piekfactor	2,27	2,43
GW	Anaerobe RO (70%) - dosing pump < 4 bar - remineralisatie & pH-correctie - A.K.F(5) - buffertank DW - distributiepomp DW - UV desinfectie piekfactor	2,21	2,37
GW	beluchting -> zakfilter -> UF (fijn filtratie) -> H ₂ O ₂ /UV -> doseerpomp > 4 bar -> AKF (40) -> Buffertank DW -> distributiepomp DW -> UV piekfactor	2,20	2,36
Duits Water + AKF	A.K.F. (40) -> buffertank DW -> distributiepomp DW -> UV piekfactor	2,64	3,60

De kosten voor drinkwaterproductie uit oppervlaktewater zijn ongeveer €3/m³ (bij toepassing van RO ongeveer €3,75/m³, bij AOP circa €2,75/m³). Bij gebruik van grondwater zijn de kosten iets lager (ca. €2,35/m³). Regenwater is ongeveer twee tot drie keer zo duur, wat wordt veroorzaakt door de benodigde investeringen in tanks. Indien dit op een andere manier kan worden opgelost, bijvoorbeeld door opslag in een open vijver of ondergrondse opslag toe te passen, zouden de kosten lager kunnen worden.

Verder blijkt heel duidelijk het effect van schaalgrootte: aangezien in Rothenbach veel meer water nodig is dan in Munstergeleen worden de kosten per m³ significant lager (bijna een factor tien). Ook de analysekosten zijn hier significant lager per m³.

De kosten voor het zuiveren van Duits drinkwater met behulp van filtratie over actieve kool zijn €1,44/m³ voor het zuiveren zelf en €1,60/m³ inclusief analysekosten, maar hier komen nog €1,20/m³ aan inkoopkosten bij, waardoor die kosten weer in ongeveer dezelfde grootteorde uitkomen.

Scenario 5: twee leidingsystemen, drinkwater en huishoudwater

Bron oppervlaktewater:

- RO-optie met 60% recovery: 13.257 m³ DW nodig, vanwege RO 22.095 m³ innemen, levert 8.838 m³ HW (2743 nodig).
- RO-optie met 70% recovery: 13.257 m³ DW nodig, vanwege RO 18.939 m³ innemen, en 5.682 m³ HW (2743 nodig).
- UV/H₂O₂-optie: 16.000 m³ via grof filter, zakfilter en UF, vervolgens 13.257 m³ via UV/H₂O₂ en AKF naar DW en 2743 m³ rechtstreeks naar HW.

Bron regenwater:

- RO-optie met 60% recovery: 13.257 DW m³ nodig, vanwege RO 22.095 m³ innemen, en 8.838m³ "HW (2743 nodig). Hiervoor is onvoldoende regenwater beschikbaar.
- RO-optie met 70% recovery: 13.257 m³ DW nodig, vanwege RO 18.939 m³ innemen, en 5.682 m³ HW (2743 nodig). Hiervoor is onvoldoende regenwater beschikbaar.
- UV/H₂O₂-optie: 16.000 m³ via grof filter, zakfilter en UF, vervolgens 13.257 m³ via UV/H₂O₂ en AKF naar DW en 2743 m³ rechtstreeks naar HW. Hiervoor is onvoldoende regenwater beschikbaar.

Bron grondwater:

- RO-optie met 60% recovery: 13.257 m³ DW nodig, vanwege RO 22.095 m³ innemen, levert 8.838 m³ HW (2743 nodig).
- RO-optie met 70% recovery: 13.257 m³ DW nodig, vanwege RO 18.939 m³ innemen, en 5.682 m³ HW (2743 nodig).
- UV/H₂O₂-optie: 16.000 m³ voorzuiveren via beluchting en zandfiltratie, en hiervan 13.257 m³ verder zuiveren tot drinkwater met behulp van UV/H₂O₂ en AKF.

Een overzicht van de benodigde installaties en kosten is gegeven in Tabel 8. De kosten zijn berekend per m³ drinkwater, waarbij het gevormde huishoudwater als “restproduct” vrijkomt. Omdat het HW niet verrekend is in de prijs, valt de prijs van DW relatief hoog uit. Voor de beeldvorming is echter ook de gemiddelde prijs over alle water (HW + DW) in de rechter kolom weergegeven.

In dit scenario is het inkopen van Duits water niet meegenomen. Dit water heeft namelijk al een betere kwaliteit dan voor huishoudwater vereist is.

Tabel 17: benodigde installaties en kosten bij een combinatie van DW en HW in Rothenbach. Aangezien er waarschijnlijk onvoldoende regenwater kan worden verzameld, zijn deze systemen schuingedrukt weergegeven. Scenario 5 en 8b.

Bron	Installatie	Zuiveringskosten DW (€/m ³ DW)	Tot. kosten DW Incl. analyses (€/m ³)	Gem. zuiveringskosten DW+HW (€/m ³ DW)	Tot. Gem. kosten DW+HW en analyses (€/m ³)
OW	Aanzuigpomp - zelfreinigend zeefilter – zakfilter 25 µm – UF (fijn-filtratie) - Buffervat DW + HW HDPE - boosterpomp – RO (60% recovery) – dosing pump < 4 bar - remineralisatie & pH-correctie – A.K.F(5) – Buffertank DW - distributiepomp - UV piekfactor - buffertank HW - distributiepomp HW	3,85	4,04	3,19	3,35
OW	Aanzuigpomp - zelfreinigend zeefilter – zakfilter 25 µm – UF (fijn-filtratie) - Buffervat DW + HW HDPE - boosterpomp – RO (70% recovery) – dosing pump < 4 bar - remineralisatie & pH-correctie – A.K.F(5) – Buffertank DW - distributiepomp - UV piekfactor - buffertank HW - distributiepomp HW	3,69	3,88	3,05	3,21
OW	Aanzuigpomp - zelfreinigend zeefilter – zakfilter 25 µm - UF (Desinfectie) - UV/H ₂ O ₂ + dosing pump >4 bar – A.K.F(40) - Buffertank DW - distributiepomp - UV piekfactor- buffertank HW - distributiepomp HW	2,91	3,10	2,41	2,57
RW	<i>Buffertank DW + HW (HDPE) - boosterpomp - zakfilter 25 µm - snel zandfilter – RO (60%) – dosing pump < 4 bar - remineralisatie & pH-correctie -buffertank DW – distributiepomp- UV -buffertank HW - distributiepomp HW</i>	6,24	6,43	5,17	5,33
RW	<i>Buffertank DW + HW (HDPE) - boosterpomp - zakfilter 25 µm - snel zandfilter – RO (70%) – dosing pump < 4 bar - remineralisatie & pH-correctie -buffertank DW – distributiepomp- UV -buffertank HW -</i>	6,13	6,32	5,08	5,24

Bron	Installatie	Zuiveringskosten DW (€/m ³ DW)	Tot. kosten DW Incl. analyses (€/m ³)	Gem. zuiveringskosten DW+HW (€/m ³ DW)	Tot. Gem. kosten DW+HW en analyses (€/m ³)
	<i>distributiepomp HW</i>				
RW	<i>Buffertank DW + HW (HDPE) - boosterpomp - zakfilter 25 µm - UF desinfectie - UV/H₂O₂ + dosing pump >4 bar - A.K.F.(40) - Remin / conditionering - buffertank DW - distributiepomp DW- UV Piekfactor - buffertank HW - distributiepomp HW</i>	6,67	6,86	5,52	5,68
GW	Anaerobe RO (60%) - dosing pump < 4 bar - remineralisatie & pH-correctie - A.K.F(5) - buffertank DW - distributiepomp DW - UV desinfectie - buffertank HW - distributiepomp HW	2,57	2,76	2,13	2,29
GW	Anaerobe RO (70%) - dosing pump < 4 bar - remineralisatie & pH-correctie - A.K.F(5) - buffertank DW - distributiepomp DW - UV desinfectie - buffertank HW - distributiepomp HW	2,52	2,71	2,08	2,24
GW	beluchting -> zakfilter -> UF (fijn filtratie) -> H ₂ O ₂ /UV -> doseerpomp > 4 bar -> AKF (40) -> Buffertank DW -> distributiepomp DW -> UV piekfactor - Buffertank HW - Distributiepomp HW	2,57	2,76	2,12	2,28

De aspecten die in Munstergeleen een rol speelden zijn ook hier terug te zien: een vrij duur systeem gebaseerd op regenwater, en slechts een kleine besparing indien een dubbel systeem met zowel DW als HW wordt aangelegd. De kosten zijn absoluut gezien wel veel lager dan in Munstergeleen, vanwege de hogere debieten. Ook de analysekosten tellen hier minder zwaar mee vanwege het hogere debiet.

Op dit moment wordt het drinkwater voor Rothenbach ingekocht in Duitsland. In 2012 werd 15.542 m³ water ingekocht voor €18.725,-. Hier kwam nog €6.598,- aan analysekosten bij en €647,- aan onderhoud, wat het totaal op €25.970,-/jaar bracht, ofwel op €1,67/m³. Decentraal water produceren kost hier echter ongeveer anderhalf tot twee keer zoveel. Ook een extra zuivering van het water met behulp van actieve kool leidt tot een kostenverhoging.

Inmiddels heeft WML zelf becijferd dat voor aansluiting van de bestaande aansluitingen op het centrale net van WML een leiding van 500m PVC met een diameter van 110 mm nodig is. De kosten hiervan bedragen circa 90 keuro. Bij een afschrijvingstermijn van 30 jaar en een rente van 4% betekent dit aan rente en aflossing alleen €5.220,-/jaar, ofwel €0,34/m³. Daarnaast is een drukverhoging van 0,5 bar in het pompstation nodig. Aangezien dit veel energie kost en er een grotere kans op lekkages optreedt zijn de kosten hiervan niet verder becijferd. Indien deze kosten wel zouden worden meegerekend zou de prijs in dezelfde grootteorde uitkomen als de prijs van onbehandeld Duits drinkwater (inclusief analyses €1,67/m³), die ook vergelijkbaar is met de reguliere prijs die WML rekent. Zeer waarschijnlijk weegt een eventuele besparing (doordat geen extra zuivering nodig is of geen extra analyses hoeven te worden uitgevoerd) niet op tegen de problemen (en kosten) die door de drukverhoging in het leidingssysteem kunnen ontstaan. Overigens laat dit onverlet dat WML graag wil dat ook deze klanten drinkwater krijgen dat aan de Nederlandse normen voldoet. Om dit te realiseren zou een extra zuivering van het Duitse drinkwater over actieve kool een oplossing kunnen zijn, maar ook dit leidt tot extra kosten.

Bij Rothenbach speelt ook nog een probleem met het voorzien in voldoende bluscapaciteit. Hiervoor zou een aanvullende investering (in een tweede leiding, 1100m (diameter 160 mm) à ca. 250k) nodig zijn. Hierbij gaat het om een (aanvullende) capaciteitsaansluiting. De aanwezigheid van bluswater is echter een verantwoordelijkheid van de gemeente.

3.3 Casus Meinweg

Dit gebied ligt aan de grens met Duitsland. Er zijn ongeveer acht aansluitingen, die 2500 m³/jaar verbruiken. Onder de gebruikers bevindt zich de Jägerhof met zeven appartementen (25-40 m² dakoppervlak), blokhutten (16 en 25 m² dakoppervlak), een congrescentrum, en een paarden pension. Verder is in deze omgeving aan de Nederlandse kant van de grens kwekerij Faassen met een groot dakoppervlak, en aan de Duitse kant van de grens boerderij Wortmann. Het is niet duidelijk in hoeverre deze twee bedrijven al regenwater opvangen en zelf gebruiken. In principe zijn de volgende dakoppervlaktes beschikbaar in Meinweg (Tabel 18):

Tabel 18: Dakoppervlak bij Meinweg

Locatie	Totaal dakoppervlak (m ²)
Stinkesraadweg	1090
Grensweg	433
Kwekerij Faassen	1900
Jägerhof	2000
Boerderij Wortmann	4640
Totaal	10.063

Uitgaande van een verbruik van 2.500 m³/jaar over 8 aansluitingen betekent dit volgens de kosten zoals weergegeven in paragraaf 2.1 een kostprijs van €1,25/m³ bij aansluiting op het reguliere Nederlandse leidingnet. Dat is echter in dit geval niet mogelijk.

3.3.1 Regenwater als bron

Indien alle dakoppervlak gebruikt zou kunnen worden voor regenwateropvang, zou hiermee jaarlijks ongeveer 6900 m³ water verkregen kunnen worden, wat ruim voldoende zou zijn voor het verbruik. Zonder het dakoppervlak van beide bedrijven is echter slechts 3500 m² beschikbaar, wat maximaal 2400 m³ water per jaar oplevert. Dit betekent dat in alle gevallen gebruik van regenwater, eventueel voor huishoudwater, een interessante optie zal zijn.

Een extra zuivering van het Duitse drinkwater met behulp van een actieve koolfilter is natuurlijk ook een mogelijkheid, eventueel als back-up.



Figuur 10: Casus Meinweg

3.3.2 Oppervlaktewater als bron

Op de locatie Meinweg kan gebruik worden gemaakt van oppervlaktewater als bron. Hiervoor kan net als bij Rothenbach gebruik gemaakt kunnen worden van de Rode Beek, die in de omgeving stroomt. Voor gegevens van deze beek zie paragraaf 3.2.

3.3.3 Grondwater als bron

Daarnaast bestaat, net als in het geval van Rothenbach, de mogelijkheid grondwater te winnen. Het grondwater bevindt zich ter plaatse van Meinweg dieper dan 14 meter-mv (onder maaiveld). Volgens de landbouwputtenkaart van Waterschap Limburg is er een grondwateronttrekking aanwezig ten behoeve van landbouwberegening (Figuur 11). Er zijn echter in Dinoloket geen gegevens beschikbaar over deze put.

Er komen twee watervoerende pakketten in aanmerking voor het onttrekken van grondwater: de grofzandige dunne Kiezelooid Formatie en de fijnzandige maar dikke Formatie van Breda (zie Tabel 19).

Tabel 19: Mogelijk geschikte watervoerende pakketten Meinweg (bron REGIS II v2.2)

Watervoerend pakket	Diepte (m-mv)		kD (m ² /d)
	van	tot	
Kiezelooid F.	16.78	21.17	165
F. van Breda	21.17	65.73	175

Het grondwater op de locatie Meinweg wordt (op basis van op dinoloket aanwezige waterkwaliteitsgegevens) gekenmerkt door extreem hoge ijzerconcentraties. In de top van de formatie van Breda is een concentratie van 350 mg/l gemeten (B58G0140). Op grotere diepte in deze formatie is de ijzerconcentratie lager. In het monster uit de bovenkant van de Formatie van Breda is een spoor nitraat gemeten, wat niet past bij de hoge ijzergehaltes. Onduidelijk is of dit komt door menging van verschillende watertypes bij bemonstering of door bijvoorbeeld oxidatie van ammonium. Zeker in de Kiezelooid formatie lijkt menging van anoxisch ijzerhoudend water en zuurstof en nitraat houdend ondiep grondwater reëel bij onttrekking. Het risico op chemische putverstopping is dan ook aanzienlijk. Voor meer duidelijkheid over de hydrochemische toestand van het grondwater is aanvullend onderzoek nodig.



Figuur 11 Grondwateronttrekking ten behoeve van landbouwberegening (groene punt) bij Meinweg. De rode arcering geeft het gebied aan waar in verband met met natuurwaarden geen grondwater mag worden onttrokken.

Voor beide watervoerende pakketten is een bronontwerp gemaakt. Uit de berekeningen blijkt dat in elk pakket kan worden volstaan met een enkele put. Door het geringe te onttrekken debiet is de diameter van de onderwaterpomp wederom maatgevend voor het ontwerp. Voor het ontwerp is uitgegaan van een maximale onttrekking van 20 m³/d. Voor de bronpomp is uitgegaan van een maximaal debiet van 1 m³/uur en een opvoerhoogte van 30 meter. Door de verschillen tussen de twee pakketten verschillen de filterlengtes sterk. In de dunne Kiezeloöliet Formatie kan worden volstaan met een volkomen filter van 1.5 meter. In de Formatie van Breda is echter een filterlengte van bijna 11 meter nodig. Met analytische vergelijking van Theis is de te verwachten afpompings berekend. Deze is beperkt tot enkele decimeters nabij de put. In Tabel 20 is het globale bronontwerp weergegeven. De CAPEX en OPEX voor beide typen putten zijn weergegeven in Tabel 21.

Tabel 20: Indicatief bronontwerp Meinweg

Watervoerend pakket	Boordiepte (m)	Boordiameter (mm)	Brondiameter (mm)	Afpomping (m)
Kiezeloöliet F. 1	21	336	76	0.22
Kiezeloöliet F. 2	32	336	76	0.37

Tabel 21: CAPEX en OPEX voor beide typen put (B, diep grondwater afgedekt met ondoorlaatbare kleilaag) per m³ water.

Type zuivering	debiet m ³ /jaar	Kosten(€/m ³)	
		Kiezelooliet	F. v. Breda
DW, RO 20% recovery (sc 6)	6.250	0,67	0,28
DW, RO 30% recovery (sc 6)	5.000	0,84	0,35
DW, UV/H ₂ O ₂ (sc 6)	2.500	1,67	0,69
DW + HW, RO 20% recovery (sc 7)	5.405	0,78	0,33
DW + HW, RO 30% recovery (sc 7)	4.324	0,97	0,41
DW + HW, UV/H ₂ O ₂ (sc 7)	2.500	1,67	0,69

Voor de totale kostenberekeningen is uitgegaan van grondwater uit de formatie van Breda, omdat dit de goedkoopste variant lijkt te zijn.

3.3.4 Grijswater als bron

Grijswater kan altijd worden opgevangen en gebruikt voor toiletspoeling, om op die manier het gebruik van drinkwater te verlagen. Het is echter niet bekend hoeveel grijs water hier geproduceerd wordt, omdat het waterverbruik veel hoger is dan op grond van het aantal aansluitingen verwacht zou worden. Zuivering van grijs water is vergelijkbaar met de zuivering van oppervlaktewater. Een overzicht van alle mogelijkheden is gegeven in Tabel 22.

Tabel 22: Overzicht van bronnen en toepassingen voor casus Munstergeleen. + = lichte zuivering (b.v. filter om takjes en blaadjes te verwijderen), ++ = eenvoudige zuivering voor licht vervuild water, +++ = robuuste zuivering voor zwaar vervuild water

Bron	Benodigde kwaliteit	Type zuivering	toepassing	Hoeveelheid
Regenwater	huishoudwater	+	Toilet, wasmachine, tuin	Ruim voldoende
Duits drinkwater	drinkwater	+*)	Consumptie, douche, back-up	Ruim voldoende
Regenwater	Drinkwater	++	alles	In principe voldoende (afhankelijk van gebruik door bedrijven), back-up nodig
Rode Beek	Drinkwater	+++	alles	In principe voldoende
Grondwater	Drinkwater	+++**)	alles	In principe voldoende
Grijswater	Huishoudwater	+	toilet	Onbekend

*) Extra filtratie over actieve kool. **) Vanwege hoge ijzergehalte kan onderhoud put duur zijn.

3.3.5 Zuiveringsscenario's Meinweg

Er zijn 8 aansluitingen die gezamenlijk 2.500 m³ water per jaar gebruiken. Voor 8 gemiddelde woningen zou je verwachten dat er in totaal 764 m³ nodig zou zijn, waarvan 338 m³ HW en 426 m³ DW. Het verschil wordt waarschijnlijk veroorzaakt door de boerderij en de kwekerij. Er kan worden aangenomen dat de extra hoeveelheid water die wordt afgenomen drinkwaterkwaliteit moet hebben, wat betekent dat in dit geval 2162 m³ DW nodig is.

Voor de benodigde RO-systemen is uitgegaan van een recovery van 40-50%.

Scenario 6: alleen drinkwaterkwaliteit

Bron oppervlaktewater:

- RO-optie met 40% recovery: 2.500 m³ nodig, vanwege RO 6.250 m³ innemen, en 3.750 m³ "afval".
- RO-optie met 50% recovery: 2.500 m³ nodig, vanwege RO 5.000 m³ innemen, en 2.500 m³ "afval".
- UV/H₂O₂-optie: 2.500 m³ nodig

Bron regenwater:

- RO-optie met 40% recovery: 2.500 m³ nodig, vanwege RO 6.250 m³ innemen, en 3.750 m³ "afval". Hiervoor is alleen voldoende regenwater beschikbaar als het water van alle daken kan worden meegenomen. Het is echter mogelijk dat een aantal bedrijven (bijvoorbeeld de kwekerij) het opgevangen regenwater op het ogenblik al gebruikt.
- RO-optie met 50% recovery: 2.500 m³ nodig, vanwege RO 5.000 m³ innemen, en 2.500 m³ "afval". Hiervoor is alleen voldoende regenwater beschikbaar als het water van alle daken kan worden meegenomen. Het is echter mogelijk dat een aantal bedrijven (bijvoorbeeld de kwekerij) het opgevangen regenwater op het ogenblik al gebruikt.
- UV/H₂O₂-optie: 2.500 m³ nodig. Hiervoor is misschien net genoeg regenwater beschikbaar als alleen het regenwater van de woningen kan worden opgevangen. Indien ook regenwater van één of meer bedrijven kan worden opgevangen is er wel ruim voldoende regenwater beschikbaar.

Bron grondwater:

- RO-optie met 40% recovery: 2.500 m³ nodig, vanwege RO 6.250 m³ innemen, en 3.750 m³ "afval".
- RO-optie met 50% recovery: 2.500 m³ nodig, vanwege RO 5.000 m³ innemen, en 2.500 m³ "afval".
- UV/H₂O₂ optie: 2500 m³

3.750 of 2.500 m³ concentraat van RO kan worden gezuiverd met behulp van een zandfilter, en vervolgens geloosd worden.

In Tabel 23 is een overzicht gegeven van de benodigde processtappen en bijbehorende kosten voor zuivering per m³ geleverd drinkwater.

Tabel 23: installaties en kosten voor stand-alone productie van drinkwater in Meinweg. Voor de berekening is uitgegaan van grondwater uit de formatie van Breda. Scenario 6 en 8.

Bron	Installatie	Zuiverings-kosten (€/m ³ DW)	Tot. kosten incl. analyses (€/m ³ DW)
OW	Aanzuigpomp - uitwasbaar zakfilter - zakfilter 25 µm - UF (fijn-filtratie) - Buffervat DW + HW HDPE - boosterpomp - RO (40% recovery) - dosing pump < 4 bar - remineralisatie & pH-correctie - A.K.F(5) - Buffertank DW - distributiepomp - UV piekfactor	7,92	8,92
OW	Aanzuigpomp - uitwasbaar zakfilter - zakfilter 25 µm - UF (fijn-filtratie) - Buffervat DW + HW HDPE - boosterpomp - RO (50% recovery) - dosing pump < 4 bar - remineralisatie & pH-correctie - A.K.F(5) - Buffertank DW - distributiepomp - UV piekfactor	7,58	8,58
OW	Aanzuigpomp - uitwasbaar zakfilter - zakfilter 25 µm - UF (Desinfectie) - UV/H ₂ O ₂ + dosing pump >4 bar + dosing pump >4 bar - A.K.F(40) - Buffertank DW - distributiepomp - UV	6,58	7,58
RW	Buffertank HW + DW (HDPE) - boosterpomp - zakfilter 25 µm - filterkaars 5 micron - RO (40%) - dosing pump < 4 bar - remineralisatie & pH-correctie - buffertank DW - distributiepomp- UV	15,05	16,05
RW	Buffertank HW + DW (HDPE) - boosterpomp - zakfilter 25 µm - filterkaars 5 micron - RO (50%) - dosing pump < 4 bar - remineralisatie & pH-correctie - buffertank DW - distributiepomp- UV	14,84	15,84
RW	Buffertank HW + DW (HDPE) - boosterpomp - zakfilter 25 µm - UF desinfectie - UV/H ₂ O ₂ + dosing pump >4 bar - A.K.F.(40) - Remin / pH correctie + dosing pump < 4 bar - buffertank DW - distributiepomp DW - UV piekfactor	16,64	17,64
GW	Anaerobe RO (40%) - dosing pump < 4 bar - remineralisatie & pH-correctie - A.K.F(5) - buffertank DW - distributiepomp - UV desinfectie	5,28	6,28
GW	Anaerobe RO (50%) - dosing pump < 4 bar - remineralisatie & pH-correctie - A.K.F(5) - buffertank DW - distributiepomp - UV desinfectie	5,17	6,17
GW	beluchting -> zakfilter -> UF (fijn filtratie) -> H ₂ O ₂ /UV -> doseerpomp > 4 bar -> AKF (40) -> Buffertank DW -> distributiepomp DW -> UV piekfactor	6,41	7,41
Duits Water + AKF	A.K.F. (40) -> buffertank DW -> distributiepomp DW -> UV piekfactor	5,08	6,08

Zoals te verwachten was zijn de trends hetzelfde als in beide andere scenario's maar liggen de kosten tussen die in Munstergeleen en Rothenbach in, wat wordt veroorzaakt door het benodigde debiet. Het gebruik van een andere put voor grondwater kan een significant effect op de kostprijs per m³ hebben.

De extra behandeling van Duits drinkwater kost €3,78/m³ of €4,78/m³ inclusief analyses, maar hier komt nog €1,3/m³ bij voor inkoop van dit water.

In 2012 werd 2.719 m³ Duits drinkwater ingekocht voor Meinweg, voor een kostprijs van €3.875,-. Hier kwamen nog €6.715,- bij voor analyses en €882,- voor onderhoud, wat de totaalprijs op €11.472/jaar ofwel €4,21/m³ bracht. Decentrale zuivering brengt iets hogere kosten met zich mee, net als een extra zuivering van het Duitse drinkwater. Aansluiting op het Nederlandse drinkwaterleidingnet is geen optie, vanwege de hoge kosten voor de leiding (1,4 Meuro) en het feit dat hier zeer waarschijnlijk niet voldoende druk kan worden gerealiseerd. De hiervoor benodigde opjager zal ongeveer 500 keuro kosten.

Scenario 7: twee leidingsystemen, drinkwater en huishoudwater

Bron oppervlaktewater:

- RO-optie met 40% recovery: 2.162 m³ DW nodig, vanwege RO 5.405 m³ innemen, levert 3.243 m³ HW (338 nodig).
- RO-optie met 50% recovery: 2.162 m³ DW nodig, vanwege RO 4.324 m³ innemen, en 2.162 m³ HW (338 nodig).
- UV/H₂O₂-optie: 2.500 m³ via grof filter, zakfilter en UF, vervolgens 2.162 m³ via UV/H₂O₂ en AKF naar DW en 338 m³ rechtstreeks naar HW.

Bron regenwater:

- RO-optie met 40% recovery: 2.162 m³ DW nodig, vanwege RO 5.405 m³ innemen, levert 3.243 m³ HW (338 nodig). Hiervoor is alleen voldoende regenwater beschikbaar als het water van alle daken kan worden meegenomen. Het is echter mogelijk dat een aantal bedrijven (bijvoorbeeld de kwekerij) het opgevangen regenwater op het ogenblik al gebruikt.
- RO-optie met 50% recovery: 2.162 m³ DW nodig, vanwege RO 4.324 m³ innemen, en 2.162 m³ HW (338 nodig). Hiervoor is alleen voldoende regenwater beschikbaar als het water van alle daken kan worden meegenomen. Het is echter mogelijk dat een aantal bedrijven (bijvoorbeeld de kwekerij) het opgevangen regenwater op het ogenblik al gebruikt.
- UV/H₂O₂-optie: 2.500 m³ via grof filter, zakfilter en UF, vervolgens 2.162 m³ via UV/H₂O₂ en AKF naar DW en 338 m³ rechtstreeks naar HW. Hiervoor is waarschijnlijk net voldoende regenwater beschikbaar, ook als niet alle bedrijven het regenwater hiervoor kunnen inzetten..

Bron grondwater:

- RO-optie met 40% recovery: 2.162 m³ DW nodig, vanwege RO 5.405 m³ innemen, levert 2.162 m³ HW (338 m³ nodig).
- RO-optie met 50% recovery: 2.162 m³ DW nodig, vanwege RO 4.324 m³ innemen, en 2.162 m³ HW (338 nodig).
- UV/H₂O₂ optie: 2.500 m³ voorbehandelen en 2.162 m³ verder behandelen met UV/H₂O₂ en AKF

Opmerking:

Zowel in Rothenbach als Meinweg wordt veel meer water gebruikt dan op grond van het aantal aansluitingen verwacht zou worden. Het is niet helemaal duidelijk waar dit water voor gebruikt wordt, en in dit overzicht is ervan uitgegaan dat het extra water drinkwaterkwaliteit moet hebben. Dit zal waarschijnlijk niet helemaal reëel zijn, waardoor de getallen voor alle opties, maar zeker voor de RO-schema's in werkelijkheid iets gunstiger zullen zijn.

Ook in dit geval is het gebruik van Duits drinkwater als huishoudwater niet meegenomen in de berekeningen.

Een overzicht van de benodigde installaties en kosten is gegeven in Tabel 24. De kosten zijn berekend per m³ drinkwater, waarbij het gevormde huishoudwater als "restproduct" vrijkomt. Omdat het HW niet verrekend is in de prijs, valt de prijs van DW relatief hoog uit. Voor de beeldvorming is echter ook de gemiddelde prijs over alle water (HW + DW) in de rechter kolom weergegeven.

Tabel 24: benodigde installaties en kosten bij een combinatie van DW en HW in Rothenbach. Voor de berekening is uitgegaan van grondwater uit de formatie van Breda. Scenario 7

Bron	Installatie	Zuiveringskosten DW (€/m ³ DW)	Tot. kosten DW Incl. analyses (€/m ³)	Gem. zuiveringskosten DW+HW (€/m ³ DW)	Tot. Gem. kosten DW+HW en analyses (€/m ³)
OW	Aanzuigpomp - uitwasbaar zakfilter - zakfilter 25 µm - UF (fijn-filtratie) - Buffervat DW + HW HDPE - boosterpomp - RO (40% recovery) - dosing pump < 4 bar - remineralisatie & pH-correctie - A.K.F(5) - Buffertank DW - distributiepomp - UV piekfactor - buffertank HW - distributiepomp HW	8,79	9,95	7,61	8,61
OW	Aanzuigpomp - uitwasbaar zakfilter - zakfilter 25 µm - UF (fijn-filtratie) - Buffervat DW + HW HDPE - boosterpomp - RO (50% recovery) - dosing pump < 4 bar - remineralisatie & pH-correctie - A.K.F(5) - Buffertank DW - distributiepomp - UV piekfactor - buffertank HW - distributiepomp HW	8,43	9,59	7,30	8,30
OW	Aanzuigpomp - uitwasbaar zakfilter - zakfilter 25 µm - UF (Desinfectie) - UV/H ₂ O ₂ + dosing pump >4 bar - A.K.F(40) - Buffertank DW - distributiepomp - UV piekfactor - buffertank HW - distributiepomp HW	7,99	9,15	6,91	7,91
RW	Buffertank DW + HW (HDPE) - boosterpomp - zakfilter 25 µm - filterkaars 5 micron - RO (40%) - dosing pump < 4 bar - remineralisatie & pH-correctie - buffertank DW - distributiepomp - UV - buffertank HW - distributiepomp HW	23,16	24,32	20,03	21,03
RW	Buffertank DW + HW (HDPE) - boosterpomp - zakfilter 25 µm - filterkaars 5 micron - RO (50%) - dosing pump < 4 bar - remineralisatie & pH-correctie - buffertank DW - distributiepomp - UV - buffertank HW - distributiepomp HW	22,93	24,09	19,83	20,83

Bron	Installatie	Zuiveringskosten DW (€/m ³ DW)	Tot. kosten DW Incl. analyses (€/m ³)	Gem. zuiveringskosten DW+HW (€/m ³ DW)	Tot. Gem. kosten DW+HW en analyses (€/m ³)
RW	Buffertank DW + HW (HDPE) - boosterpomp - zakfilter 25 µm - UF desinfectie - UV/H ₂ O ₂ + dosing pump >4 bar - A.K.F.(40) - Remin / conditionering - buffertank DW - distributiepomp- UV - buffertank HW - distributiepomp HW	25,10	26,26	21,71	22,71
GW	Anaerobe RO (40%) - dosing pump < 4 bar - remineralisatie & pH-correctie - A.K.F(5) - buffertank DW - distributiepomp DW - UV desinfectie -buffertank HW - distributiepomp HW	6,45	7,61	5,57	6,57
GW	Anaerobe RO (50%) - dosing pump < 4 bar - remineralisatie & pH-correctie - A.K.F(5) - buffertank DW - distributiepomp DW - UV desinfectie -buffertank HW - distributiepomp HW	6,31	7,47	5,46	6,46
GW	beluchting -> zakfilter -> UF (fijn filtratie) -> H ₂ O ₂ /UV -> doseerpomp > 4 bar -> AKF (40) -> Buffertank DW -> distributiepomp DW -> UV piekfactor - buffertank HW - Distributiepomp HW	7,79	8,95	6,74	7,74

Ook hier gelden dezelfde overwegingen als in Munstergeleen en Rothenbach, maar vanwege de benodigde debieten liggen de uitgerekende kosten tussen de kosten bij beide andere casussen in.

3.4 Vergelijking casussen

De drie casussen vertegenwoordigen drie verschillende debieten:

- Munstergeleen 534 m³/jaar
- Meinweg 2.500 m³/jaar
- Rothenbach 16.000 m³/jaar

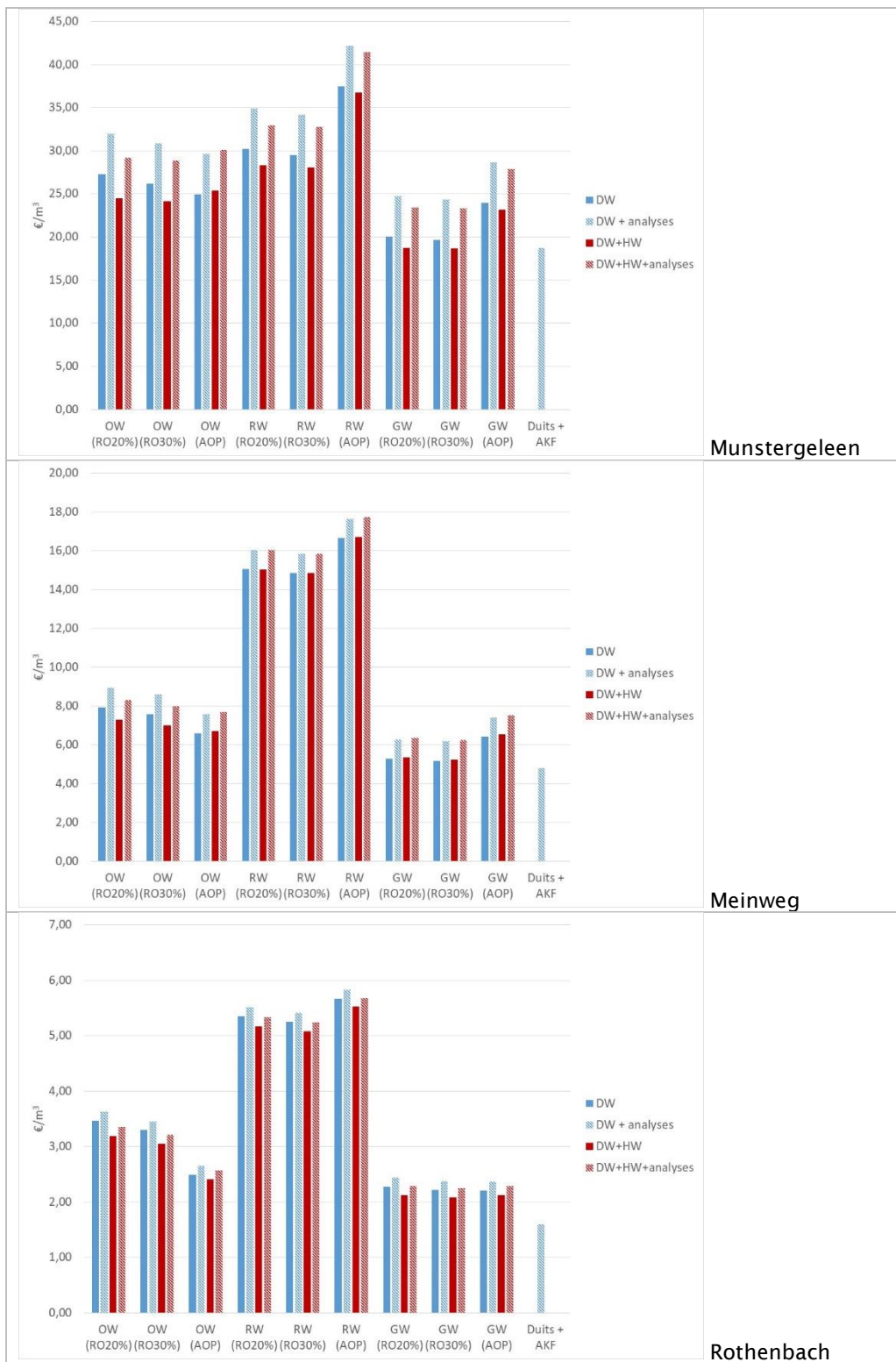
In Figuur 12 zijn de kosten per m³ water (drinkwater of een combinatie van drink- en huishoudwater) weergegeven.

Uit Figuur 12 blijkt dat het beeld in alle casussen vergelijkbaar is: OW als bron is iets duurder dan GW, en RW is het duurste vanwege de benodigde tanks om over voldoende water te kunnen beschikken. Vanwege de extra distributiepomp, leidingen en opslagtank voor huishoudwater is de combinatie van drinkwater en huishoudwater hooguit een klein beetje goedkoper dan alleen drinkwaterkwaliteit produceren, maar het verschil valt eigenlijk binnen de onzekerheidsmarges van de berekeningen. Overigens kan het gebruik van grondwater gunstiger zijn als volstaan kan worden met een minder uitgebreide zuivering, maar dat is afhankelijk van de lokale omstandigheden.

Naarmate het debiet toeneemt, nemen de kosten per m³ af. Bij een schaalgrootte als in Rothenbach zijn de kosten in dezelfde grootteorde als bij centrale zuivering (ongeveer €3,-/m³). Dit komt overeen met wat in een studie voor Waternet is berekend, waaruit ook bleek dat bij een wijk met ongeveer 650 woningen de kosten van decentrale zuivering in die grootteorde uitkwamen (Hofman-Caris et al. 2018). Bij Meinweg zijn de kosten iets hoger (circa €7,-/m³), vanwege het iets lagere debiet. Bij Munstergeleen is de schaal waarop de zuivering moet worden uitgevoerd zo klein dat de kosten erg hoog uitvallen (ongeveer €20/m³), wat ook in overeenstemming is met de studie voor Waternet, waar voor een individuele woning ook erg hoge kosten werden berekend (ongeveer €83/m³; hier nemen de kosten flink toe vanwege de benodigde analysekosten, die bij meerdere woningen sterk afnemen).

De huidige kosten voor gebruik van Duits drinkwater komen neer op €1,67/m³ voor Rothenbach en €4,21/m³ voor Meinweg, inclusief de benodigde analyses. Meinweg aansluiten op het Nederlandse drinkwaterleidingnet is geen optie. Voor Rothenbach zou het eventueel misschien kunnen, al is ook hier een grote kans op problemen door de benodigde druk, en is de verwachte besparing, zo die al gerealiseerd kan worden, minimaal. Een extra zuivering van Duits water met behulp van actieve kool leidt tot ongeveer gelijke kosten als een echt decentrale zuivering op basis van lokale bronnen.

Ter vergelijking zijn wel de kosten van Duits water met een extra filtratie over actieve kool in het overzicht meegenomen. De kosten voor analyses van het influent zijn hierbij buiten beschouwing gelaten, omdat die bij de overige kosten ook niet meegerekend zijn (wel de kosten voor analyse van het geproduceerde water). In alle gevallen lijken ze iets lager te zijn dan de kosten voor de decentrale zuivering van grondwater, al liggen ze daar wel dicht in de buurt, en valt het verschil waarschijnlijk binnen de nauwkeurigheid van de kostenramingen.



Figuur 12: Vergelijking kosten verschillende scenario's. Boven Munstergeleen, midden Meinweg, onder Rothenbach.

3.5 Bluswater

In geval van brand moet er voldoende bluswater beschikbaar zijn om in elk geval de woningen volledig te kunnen blussen of voor langere perioden te kunnen blussen totdat er een bluswagen met watertank aanwezig kan zijn. Hiervoor moet er ten alle tijde voldoende water in een buffer beschikbaar zijn om aan de maximale bluswatervraag te voldoen. In veel gevallen kan hiervoor oppervlaktewater worden gebruikt (van Alphen 2018). WML heeft met de gemeentes, die verantwoordelijk zijn voor de bluswatervoorzieningen, afspraken gemaakt. Voor de Veiligheidsregio Noord, waar Rothenbach en Meinweg onder vallen, ligt dit vast in het document "Regionaal modelbeleid bluswater en bereikbaarheid" van Brandweer Limburg Noord, uit maart 2017. Het houdt onder andere in dat wanneer er nu geen voorzieningen zijn of de capaciteit is minder dan de 30 m³ dan wordt er in principe geen extra capaciteit aangelegd. Indien dit wel nodig is, dan beschouwt WML dit als een zakelijke aansluiting en betaalt de gemeente hiervoor. In de regio Noord wordt aangehouden dat de bluskraan ligt op een afstand binnen 100 m gerekend over de weg. Voor normale woningen die voldoen aan specifieke brandveiligheidseisen, is de vereiste capaciteit 30 m³/uur, alleen als gebouwen een functie hebben waarbij meer mensen samenkomen dan is het 60 of 90 m³/uur. Daarbij moet de eerste bluskraan binnen 100 meter van de woning liggen en een tweede binnen 200 meter.

Een tweede vereiste is dat er een secundaire bluswatervoorziening is in de vorm van een bluswagen. Er kan van uitgegaan worden dat bluswater eerder wordt aangevoerd dan na dan een uur. Er kunnen echter ook meerdere huizen tegelijkertijd vlam vatten, of er kunnen stallen of extra gebouwen in brand staan. Er is daarom voor gekozen om de 30 m³ als minimale opslageis voor bluswater te handhaven ongeacht of de bluswagen mogelijk eerder dan na één uur aanwezig kan zijn. Deze opslag van 30 m³ moet altijd gewaarborgd blijven en de huizen moeten voldoen aan strengere brandveiligheidseisen. Wanneer er geen oppervlaktewater beschikbaar is kan er een aparte ondergrondse regenwateropslag aangelegd worden van 30 m³. Deze opslag kan aangevuld worden met huishoudwater in de natte perioden waarin de regenval meer is dan de watervraag en opslagtanks kunnen opslaan. Vooral in de RO-scenario's in dit voorbeeld, waarin relatief veel concentraat moet worden geloosd, zou dit een interessante optie kunnen zijn.

Er is geen wettelijke verplichting dat drinkwaterbedrijven bluswater leveren. In het verleden werd wel vaak met drinkwaterbedrijven afgesproken dat zij, in ruil voor het mogen gebruiken van gemeentegronden voor het waterleidingsysteem zonder precariorechten, bluswater zouden leveren conform de gemeentelijke bouwverordeningen. De rol van het drinkwaterbedrijf was hierin beperkt tot de aanleg van het leidingnet (Brabant 2007). De laatste jaren is de levering van bluswater al onder druk komen te staan doordat drinkwaterbedrijven zogenaamde zelfreinigende netten zijn gaan aanleggen. Hiervoor is een minimaal debiet door de leiding nodig. De diameters van de leidingen zijn, om dit te bereiken, kleiner gemaakt, waardoor het benodigde debiet niet altijd meer kan worden bereikt.

Voor secundaire bluswatervoorzieningen, als putten, bluswaterriolen of vijvers, wordt een capaciteit gevraagd van 90-120 m³/uur over een periode van vier uur.

Een tertiaire bluswatervoorziening is open water of een grote vijver, waarbij een capaciteit gehaald moet kunnen worden van minimaal 240 m³/uur over een onbeperkte periode. In Munstergeleen zou de Geleenbeek hier mogelijk voor in aanmerking kunnen komen, die een gemiddeld debiet van 10.000 m³/uur heeft. Voor Rothenbach zou

eventueel aan de Rode Beek gedacht kunnen worden, al moet hierbij worden aangetekend dat het debiet hiervan varieert tussen 234 en 1440 m³/uur, waardoor die in droge periodes onvoldoende capaciteit heeft.

Een samenvatting van de eisen aan de bluswatercapaciteit is gegeven in Tabel 25.

Tabel 25: vereisten voor bluswatercapaciteit (Brabant 2007)

Bluswatervoorziening	Min. capaciteit (m ³ /uur)	Max. afstand tot object
Primair	60*) (continu)	40-50 m ^{*)}
Secundair	90 (≥ 4 uur)	160/320 m ^{**))}
tertiair	240 (continu)	1-2,5 km

*) Voor bebouwingssoorten waarvan de brandpreventieve voorzieningen blijvend zijn gegarandeerd en waarvoor de eerste inzet door één tankautospuit kan worden gedaan, is een capaciteit van 30 m³ per uur voldoende

**) Respectievelijk inzet met en zonder waterkanon met groot vermogen.

Bovenstaande capaciteiten gelden voor woonwijken, kleinschalige winkelgebieden, agrarische gebieden met bedrijfsgebouwen en veestallen, campings en chaletparken, en zijn dus van toepassing op alle drie de casussen hier besproken.

Voor de casus Munstergeleen, die in bevolkt gebied ligt dicht in de buurt van het centrale drinkwaternet, zullen de gevolgen beperkt zijn. Hier zou immers gebruik kunnen worden gemaakt van een uitbreiding van bestaande voorzieningen.

Voor de casussen Meinweg en Rothenbach is de situatie anders, omdat hier geen leidingnet aanwezig is, en een bluswatervoorziening in de vorm van een grote tank moet worden aangelegd. Bij de RO-processen zou deze gevuld kunnen worden met concentraat, maar bij AOP-processen moet extra water worden ingenomen, bijvoorbeeld uit het oppervlaktewater of grondwater. De investering voor een dergelijke buffer bedragen circa €16.000,- voor een tank van 20 m³ (dit is het grootste volume dat in de spreadsheet voorkomt voor huishoudwater). Voor een tank van 60 m³ zijn de materiaalkosten relatief lager (per m³) maar is meer graafwerk nodig, waardoor de kosten van een dergelijke tank op ongeveer 35 keuro worden geschat. Er kunnen drie van dergelijke tanks worden aangelegd, waarbij de totale kosten op ongeveer 43 keuro uitkomen, maar één grotere tank is dan, maar aangezien er een maximale afstand van gebouw tot tank wordt gehanteerd, zullen, afhankelijk van de grootte van het gebied, meerdere tanks nodig zijn. In Meinweg zouden bijvoorbeeld twee tot drie tanks nodig zijn, in Rothenbach, dat groter is maar dichter bebouwd, drie. Eventueel zou kunnen worden overwogen met minder tanks te volstaan, die dan wel meerdere aansluitpunten hebben.

3.6 Aandachtspunten

Bij het gebruik van lokale bronnen en toepassing van decentrale zuiveringssystemen moet goed rekening gehouden worden met de volgende aandachtspunten:

1. Veiligheid
2. Leveringszekerheid
3. Maatschappelijke voordelen

In de paragrafen hieronder worden deze drie punten afzonderlijk toegelicht.

3.6.1 Veiligheid

Voor het thema veiligheid is het belangrijk onderscheid te maken tussen huishoudwater en drinkwater. Voor bepaalde toepassingen, als toiletspoeling, de tuin sproeien en eventueel de wasmachine, is het niet nodig heel zuiver water te gebruiken, en zou bijvoorbeeld volstaan kunnen worden met het gebruik van ongezuiverd, of licht gezuiverd, regenwater. Voor toepassingen waarbij mensen water binnen kunnen krijgen (drinken, voedsel bereiden en douchen c.q. het gebruik van een bad) is het echter wel belangrijk goed gezuiverd en vooral gedesinfecteerd drinkwater te hebben. Indien huishoudwater en drinkwater naast elkaar worden gebruikt, moet er daarom voor worden gezorgd dat beide typen water niet met elkaar in contact kunnen komen, behalve in het geval de voorraad huishoudwater vanuit het drinkwaterleidingnet moet worden aangevuld. In het verleden zijn bij toepassing van huishoudwater in woonwijken wel besmettingen voorgekomen en veel mensen ziek geworden. Om deze reden is het gebruik van huishoudwater in Nederland beperkt. In Vlaanderen wordt echter op vrij grote schaal huishoudwater gebruikt voor toiletspoeling en wasmachines. Waarschijnlijk leidt dit ook tot diverse ziektegevallen per jaar (informatie van de Watergroep), maar dit wordt niet bijgehouden, en daarom zijn er geen cijfers over bekend.

Het grote probleem bij het toepassing van kleinschalige, decentrale zuiveringen voor drinkwater is dat er geen goede sensoren bestaan om eenvoudig, en liefst online, de kwaliteit van het geproduceerde drinkwater te bewaken. Hierdoor zijn voorlopig nog grote aantallen dure analyses vereist, die elk decentraal zuiveringsproces bijzonder duur maken. In de huidige kostenberekeningen is uitgegaan van €2.500,- per jaar, maar in werkelijkheid liggen die kosten op dit moment nog veel hoger. Maar zelfs als geschikte sensoren zouden bestaan om de waterkwaliteit te meten, dan nog is het zaak te waarborgen dat indien nodig de juiste maatregelen worden genomen. Wie is er verantwoordelijk voor onderhoud en eventueel vervanging van de systemen? En hoe kan worden gewaarborgd dat benodigde acties ook inderdaad tijdig worden uitgevoerd. Het lijkt op voorhand onverstandig deze verantwoordelijkheid bij consumenten te leggen; het is beter dat drinkwaterbedrijven hiervoor toch verantwoordelijk blijven. Dit betekent dat ook bij kleinschalige zuiveringen goed gekeken zal moeten worden naar de optimale schaalgrootte.

Bij een zuivering per huishouden is het veel te lastig de waterkwaliteit te waarborgen en wordt dit, vanwege de benodigde analyses en kleinschalige processen, ook veel te duur, maar op wijkniveau zou iets dergelijks mogelijk wel te realiseren zijn. In dat geval kan ook worden overwogen de kleinschalige zuiveringen aan te sluiten op het centrale drinkwaternet. Op deze manier kunnen waarschijnlijk pieken in het waterverbruik worden afgevlakt, waardoor met kleinere systemen kan worden gewerkt. Een ander voordeel is dat de stroomsnelheid en het debiet in het leidingnet op peil blijven, waardoor de verblijftijd in het drinkwaternet niet te lang wordt en het zelfreinigend vermogen van de leidingen in stand wordt gehouden. Indien door het gebruik van

alternatieve bronnen die verblijftijden te lang worden, komen beide factoren, de waterkwaliteit en het zelfreinigend vermogen, anders onder druk te staan. Voor veiligheid met betrekking tot de aanwezigheid van bluswater wordt verwezen naar paragraaf 3.5.

3.6.2 Leveringszekerheid

Voor veel mensen lijkt regenwater een geschikte bron van relatief zuiver water te zijn. De gedachte dat het gebruik van regenwater om er drinkwater van te maken goedkoper is en beter voor het milieu leeft onder grote groepen mensen. Uit eerder onderzoek is gebleken dat de kwaliteit van opgevangen regenwater lang niet altijd aan de normen voor drinkwater voldoet (Hofman-Caris et al. 2017, Hofman-Caris et al. 2018), en dat een adequate zuivering, vooral desinfectie, noodzakelijk is. Een ander, maar zeker zo belangrijk probleem bij het gebruik van regenwater is dat er in dichtbevolkte gebieden niet voldoende regenwater valt om in de behoefte aan drinkwater te voorzien, ook niet wanneer niet alleen regenwater van daken maar van al het verharde oppervlak wordt opgevangen. En zelfs in het minder dichtbevolkte buitengebied is het lastig om via daken voldoende regenwater op te vangen, omdat daken in Nederland gemiddelde vrij klein zijn in vergelijking tot bijvoorbeeld België. Daarnaast is de aanvoer van regenwater verre van constant: langdurige droge periodes kunnen worden afgewisseld met periodes met eigenlijk een teveel aan regenwater. Klimaatverandering lijkt dit effect in de toekomst nog te versterken. Enerzijds zal er dus niet altijd voldoende regenwater beschikbaar zijn om genoeg huishoudwater, laat staan drinkwater, ervan te kunnen maken. Anderzijds leiden piekbuien steeds vaker tot overlast, waardoor de noodzaak om regenwater op te kunnen vangen steeds groter wordt.

Opgevangen regenwater voor drinkwatertoepassingen kan, zonder zuivering, niet lang bewaard worden in een gesloten opvangvat. Bij 100% decentrale systemen moet een droge periode van ongeveer zes weken kunnen worden overbrugd, wat betekent dat er voor zes weken water opgeslagen moet kunnen worden. Opgang van ongezuiverd water over een dergelijke periode geeft problemen, en daarom zou het water dus snel gezuiverd moeten worden, om het als schoon water te kunnen opslaan, en dat betekent dat in feite een overcapaciteit voor de zuivering nodig is. Indien piekbuien niet kunnen worden opgevangen is onvoldoende water beschikbaar over het hele jaar. Een andere reden om het water snel te kunnen zuiveren is dat er capaciteit nodig is om een nieuwe piekbui te kunnen opvangen. In feite moet daardoor een grote overcapaciteit voor het zuiveringsproces worden geïnstalleerd, die echter maar incidenteel in bedrijf zal zijn, wat tot hoge investeringskosten leidt. Dit probleem kan worden ondervangen door het water in een open vijver op te vangen, die dan wel voldoende capaciteit moet hebben om enkele piekbuien in een korte periode te kunnen opvangen. Dit betekent dat een relatief grote vijver nodig is, die een deel van de tijd niet veel water zal bevatten. Een andere mogelijkheid, afhankelijk van de lokale omstandigheden, is wellicht ondergrondse opslag, wat als extra voordeel heeft dat bodemfiltratie het water al zuivert. Dit is echter niet overal te verwezenlijken.

Nederlandse bedrijven zijn verplicht voldoende drinkwater te leveren aan hun klanten, ook tijdens piekverbruik. Bij het gebruik van regenwater betekent dit dat er een back-up systeem moet zijn, dat vrijwel identiek is aan het reguliere systeem, omdat dezelfde capaciteit geleverd moet kunnen worden. Bij grootschalige toepassing van regenwater zou dit grote gevolgen kunnen hebben voor de drinkwaterbedrijven, die dan te maken krijgen met overcapaciteit en een te laag debiet door het leidingnet, waardoor de drinkwaterkwaliteit achteruit gaat door stagnatie in de leidingen. Door echter op een slimme manier hiermee om te gaan, is het wellicht wel mogelijk om de piekfactoren van

het drinkwaterverbruik te verkleinen, waardoor kleinere leidingstelsels nodig zouden kunnen zijn, wat wel voordelen biedt. Een alternatieve optie is om een combinatie van centraal en decentraal water toe te passen. Het opvangen regenwater zou gezuiverd en gebruikt kunnen worden om pieken in de watervraag op te vangen, waardoor de centrale drinkwaterinstallaties kleiner gedimensioneerd kunnen worden. De kosten van een dergelijk hybridesysteem zijn nog niet doorgerekend, maar gezien de relatief hoge kosten van kleinschalige zuiveringen lijkt het aannemelijk dat deze variant significant duurder is dan alleen centrale zuivering en levering van drinkwater, in gebieden waar dit uiteraard mogelijk is. Voor de casussen in dit rapport, met name Meinweg en Rothenbach, is de situatie anders, en is aansluiting op het Nederlandse leidingnet niet mogelijk of lastig.

Een punt van aandacht is de vraag of inderdaad altijd een back-up waterleiding nodig is. Bij kleinschalige toepassingen van regenwater, zoals in de casus Munstergeleen, is het ook te overwegen in noodgevallen drinkwater via een tankwagen aan te voeren. Wel is het belangrijk om door middel van een levenscyclusanalyse (LCA) en een kostenberekening te bepalen bij welke schaal de aanleg van een leidingnet opweegt tegen vervoer per as.

3.6.3 Maatschappelijke voordelen

Zoals al aangekaart in paragraaf 3.6.2 is het de verwachting dat ten gevolge van klimaatverandering langduriger periodes van droogte afgewisseld met hevige piekbuien. Dergelijke buien veroorzaken veel overlast, en het feit dat steeds meer oppervlak verhard wordt (bijvoorbeeld betegelde tuinen) versterkt dit effect. In sommige steden, zoals Berlijn, wordt daarom een belasting geheven op verhard terrein, en ook Nederlandse gemeenten overwegen een dergelijke "tegeltax" (<https://www.buitenstate.nl/lifestyle-en-business/betalen-voor-tegels-rond-uw-woonboerderij-de-tegeltaks-.html>; d.d. 05-02-2018); https://www.welt.de/print/die_welt/hamburg/article10416092/Regensteuer-tritt-2012-in-Kraft.html; d.d. 05-02-2017). Doordat ook steeds meer oppervlak wordt bebouwd, wordt het in elk geval steeds belangrijker om een goed opvangsysteem te maken voor piekbuien, en als het water dan toch wordt opgevangen, kan het ook gebruikt worden voor nuttige toepassingen. Een zuivering blijft altijd noodzakelijk als er drinkwater van gemaakt moet worden, maar die hoeft minder uitgebreid te zijn dan bijvoorbeeld de zuivering van oppervlaktewater, omdat regenwater weliswaar verontreinigingen en micro-organismen bevat, maar niet wordt belast met bijvoorbeeld RWZI- of IAZI-effluent.

Door het opvangen van regenwater ontstaat er minder overlast, en hebben waterschappen ook minder problemen met een te grote aanvoer van water op hun zuiveringen. Dit betekent een kostenbesparing. Kleinschalige drinkwaterzuiveringen zijn meestal duurder dan centrale drinkwaterproductie, maar door deze kostenbesparingen ook mee te nemen in het totale kostenplaatje kan het gebruik van regenwater netto veel gunstiger uitkomen dan in eerste instantie zou worden gedacht.

3.6.4 Verschillende scenario's voor decentrale zuiveringen

In dit onderzoek zijn drie verschillende scenario's onder de loep genomen voor de verschillende casussen:

1. Hybride systemen. Hierbij worden bijvoorbeeld huishoudwater en drinkwater naast elkaar, elk met een apart leidingsysteem, binnenshuis gebruikt. Het is van groot belang contact tussen beide systemen te voorkomen, om besmetting van het drinkwater te voorkomen. Deels kan dit geregeld worden in de aanleg

- van de systemen, maar mogelijk is ook sensing van belang. Dat laatste geldt zeker bij een ander type hybride systeem, waarbij decentraal drinkwater wordt gezuiverd, dat dan aan het centrale leidingnet wordt geleverd. Dit kan alleen bij kleinschalige zuiveringen op bijvoorbeeld wijkniveau, onder verantwoordelijkheid van een drinkwaterbedrijf.
2. Stand-alone zuiveringen zonder aansluiting op leidingnet. Deze zouden op kleine schaal kunnen worden toegepast, bijvoorbeeld in afgelegen gebieden waar het aanleggen van een drinkwaterleidingnet erg duur en/of lastig is. In geval van watertekort kan daar drinkwater per tankwagen worden aangeleverd.
 3. Stand-alone met aansluiting op leidingnet. Dit is wellicht mogelijk op wijkschaal, afhankelijk van de omstandigheden (in Munstergeleen zou het kunnen, in Meinweg is aansluiting op het centrale net niet mogelijk, en in Rothenbach wellicht niet mogelijk).

In alle gevallen is het belangrijk de kosten en milieu-impact van de verschillende systemen onder de lokale omstandigheden te berekenen, en na te gaan wat nodig is om zowel de veiligheid als voldoende levering van drinkwater te kunnen garanderen.

4 Milieu-impact van kleinschalige zuiveringen

Met behulp van programma's als Simapro en de database Ecolnvent is het mogelijk de milieu-impact van een proces of product te berekenen. In het geval van kleinschalige zuiveringen is het echter lastig een goede afweging te maken. Het is eerder gedaan (Hofman-Caris et al. 2018), maar hierbij is alleen maar uitgegaan van "consumables": de hoeveelheden chemicaliën en energie die nodig zijn voor een zuivering. Daaruit kon de conclusie worden getrokken dat bij een individuele woning bij gebruik van groene energie de milieu-impact per m³ geleverd drinkwater vrijwel gelijk is aan de milieu impact bij drinkwaterlevering via een centrale zuivering en centraal drinkwaterleidingnet (ca. 28 mPt ten opzichte van 36 mPt), en dat bij een stadswijk met circa 650 woningen de impact ongeveer 12 mPt zou zijn. Hierbij moet worden aangetekend dat de totale impact van een West-Europeaan per jaar 1000 Pt is, wat betekent dat een winst van hooguit 0,02% te behalen is op het gebied van consumables.

Bovenstaande getallen vertekenen echter de werkelijke situatie. Bij een kleinschalige zuivering is in vergelijking met een centrale zuivering namelijk veel meer materiaal nodig voor het bouwen van de zuivering en het aanleggen van het bijbehorende leidingnetwerk, zeker als naast een drinkwaternet ook een huishoudwaternet nodig is. Dit vereist extra leidingen, pompen, tanks en dergelijke. Uiteraard heeft het gebruik van het hiervoor benodigde materiaal een milieu impact. Die is echter niet goed te vergelijken met de impact van een bestaand centraal leidingnetwerk. Over het algemeen wordt de milieu-impact per m³ drinkwater berekend, maar met hoeveel materiaal-impact moet per m³ drinkwater worden gerekend? Voor de kleinschalige zuivering zou nog wel een schatting gemaakt kunnen worden over de levensduur van de installatie, maar zeker in een bestaand netwerk is die berekening nauwelijks te maken (er zou dan rekening gehouden moeten worden met de hoeveelheden water die over de levensduur van het netwerk erdoor worden getransporteerd, maar dit is bij netwerken die in de loop van meerdere decennia zijn aangepast heel lastig vast te stellen). Wel is op voorhand duidelijk dat er (veel) meer materiaal nodig is, wat ook blijkt uit de kostenberekeningen. Als voorbeeld kan een opslagtank worden genomen: voor een kleinschalige tank is significant meer materiaal nodig dan voor een grote opslagtank.

Ervan uitgaande dat de winst op het gebied van consumables minimaal is, zoals uit eerdere berekeningen is gebleken, en dat de impact van installaties beduidend groter zal zijn, kan worden aangenomen dat er geen milieuwinst behaald kan worden door een kleinschalige zuivering te bouwen in vergelijking met een centrale drinkwaterproductie en distributie. Het is zelfs denkbaar dat de impact op het milieu groter is dan bij centrale drinkwaterzuivering en -levering.

Voor de verschillende scenario's in dit onderzoek is uitgegaan van zuivering voor drinkwater op basis van een RO-proces en van een UV/H₂O₂-proces. Ook dit was in het eerder genoemde onderzoek voor Waternet het geval. Bij de analyse die toen is

gemaakt is slechts gedeeltelijk rekening gehouden met negatieve effecten van beide processen.

Het energieverbruik van een AOP en een RO-proces is vergelijkbaar, dus daar zit weinig verschil in wat betreft milieu impact en kosten. Het grootste nadeel van een AOP-proces is echter dat in de regel niet alle componenten gemineraliseerd zullen worden. In principe zou dit wel grotendeels kunnen, maar dat zou heel erg veel energie kosten. Daarom wordt er meestal gekozen voor een minder rigoureuze afbraak van stoffen. Dit betekent dat er bijproducten en transformatieproducten gevormd zullen worden. Over het algemeen zullen die producten kleiner zijn dan hun moederstoffen, en in de literatuur wordt er eigenlijk vanuit gegaan dat die stoffen daardoor beter biodegradeerbaar zijn. Bij UV/H₂O₂ -processen wordt altijd een filtratiestap, bijvoorbeeld over actieve kool, nageschakeld om de overmaat H₂O₂ te verwijderen, maar ook om bij- en transformatieproducten te verwijderen. Vanwege het hogere AOC-gehalte van het water, door gedeeltelijke afbraak van NOM, gaat hierop een biofilm groeien en treedt ook biologische afbraak van componenten op in het filter. Dit is ook de reden dat er nog een UV-desinfectie is nageschakeld. Dit alles telt niet alleen mee in de kostprijs, maar ook in de milieu-impact van het proces, omdat actieve kool een relatief grote impact heeft. Hierbij moet worden aangetekend dat de koolleveranciers zich hiervan terdege bewust zijn, en de impact van de productie en regeneratie van de kool steeds verder proberen te verkleinen. In het eerdere onderzoek is de milieu-impact van het actieve koolfilter meegenomen in de effectberekeningen.

Het grootste nadeel van RO-processen is gelegen in hun recovery. Bij grootschalige processen kan het water meermaals over een filter worden geleid, waardoor de uiteindelijke recovery 80-90 % kan bedragen. Bij kleinschalige processen is de recovery echter niet hoger dan 20-30 %. Daarmee is in dit rapport ook rekening gehouden, en de recovery is aangepast aan het benodigde debiet. Die lage recovery betekent dat er veel "concentraat" wordt gevormd. Bij de productie van alleen drinkwater op kleine schaal gaat het hier zeker om een significante hoeveelheid, want voor elke m³ drinkwater komt ongeveer 4 m³ concentraat vrij bij een recovery van 20 %. Vanwege de lage recovery zijn de concentraties in het concentraat dan wel relatief laag, maar toch is het de vraag of dit water geloosd mag worden op oppervlaktewater of via een RWZI. Naarmate het benodigde debiet toeneemt, neemt de recovery toe, waardoor de hoeveelheid concentraat afneemt, maar de concentraties erin toenemen. Ook hier is het de vraag of het water ergens geloosd kan worden. Met behulp van de database Ecolnvent kan de impact van een dergelijke lozing in de meeste gevallen niet worden berekend, omdat lozing van de betrokken componenten ofwel niet in de database voorkomt, ofwel een impact "0" meekrijgt, aangezien het om in het water voorkomende stoffen gaat. Het effect van een (veel) hogere concentratie kan dan niet worden meegenomen in de berekening.

Het feit dat er veel concentraat met een relatief lage concentratie verontreinigingen wordt gevormd is in dit rapport nuttig gebruikt, door het als huishoudwater in te zetten. In de casussen Meinweg en Rothenbach is echter gerekend met een relatief groot drinkwaterverbruik, vanwege de aanwezigheid van een markt, een manege, zwembaden en dergelijke (het waterverbruik ligt hier namelijk veel hoger dan gemiddeld op basis van het aantal aansluitingen verwacht kan worden). Hierdoor wordt er toch (veel) meer concentraat gevormd dan als huishoudwater kan worden ingezet, waardoor nog steeds veel water geloosd zal worden. Ter illustratie: in Munstergeleen wordt jaarlijks 660 m³ HW gevormd, waarvan 291 m³ wordt geloosd, in Meinweg gaat het om 3.243 m³ HW waarvan 2.905 m³ wordt geloosd, en in Rothenbach is het 22.095

m³ waarvan 19.342 m³ wordt geloosd (uitgaande van een recovery van respectievelijk 20, 40 en 60 %). De milieu-impact hiervan kan niet worden verwaarloosd (maar wel moeilijk in getallen worden berekend). Overigens is dit ook een aandachtspunt waar het gaat om vergunningen, en de kosten voor het totale proces.

Extra zuivering van Duits drinkwater met actieve kool leidt tot extra gebruik van actieve kool, maar de milieu-impact daarvan is beperkt, omdat de kool waarschijnlijk een relatief lange looptijd zal kennen (de meeste organische verbindingen zijn al verwijderd, waardoor er weinig concurrentie zal optreden op de kool), en fabrikanten zijn druk bezig de impact van productie en regeneratie te minimaliseren. Deze impact is met behulp van Simapro en Ecolnvent echter wel in kaart te brengen.

Samenvattend kan worden gesteld dat de milieu-impact eigenlijk alleen van consumables kan worden vastgesteld. Hierin kan ook de impact van bijvoorbeeld actieve kool worden verwerkt, maar niet of heel moeilijk die van het lozen van concentraat. Bovendien wordt dan de impact van de benodigde grotere hoeveelheden materiaal (voor de installaties) niet meegenomen in de overweging. Hierdoor is het heel lastig een eerlijke vergelijking te maken tussen verschillende decentrale processen of tussen kleinschalige zuiveringen en centraal geleverd drinkwater. Als alleen naar consumables wordt gekeken en niet naar materiaal en lozing van concentraat is de milieuwinst hooguit minimaal, maar als ook deze aspecten in aanmerking worden genomen zal van een positief effect voor het milieu zeer waarschijnlijk geen sprake zijn.

5 Wet en Regelgeving

5.1 Wet en regelgeving drinkwater

Voor het decentraal winnen, behandelen en distribueren van drinkwater is een set landelijke, provinciale en lokale regelgeving van toepassing. Specifiek ten aanzien van de productie van drinkwater gaat het om:

- De Kaderrichtlijn water
- De Drinkwaterwet
- Het Drinkwaterbesluit
- Drinkwaterregeling.
- De Waterwet*
- Het Waterbesluit*
- Keur en legger (Waterschap)
- Provinciale Omgevingsverordening (en onderliggende wet en regelgeving in o.a. de wet Milieubeheer*)

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

Voor nadere informatie zie:

- <https://www.ilent.nl/onderwerpen/wet-en-regelgeving-drinkwater>
- <https://www.limburg.nl/onderwerpen/omgeving/omgevingsverordening/geconsolideerde/>
- <https://www.waterschaplimburg.nl/overons/regels-wetgeving-0/wetten-regels/>

Europese regelgeving is hierbij kaderstellend voor de nationale inzet op het gebied van de bescherming van drinkwaterbronnen. De KaderRichtlijn Water (2000/60/EG) verplicht Nederland om de oppervlaktewater- en grondwaterlichamen aan te wijzen die voor de drinkwatervoorziening worden gebruikt en deze te beschermen. Hiermee moet verdere achteruitgang van de kwaliteit worden voorkomen en uiteindelijk zelfs verbetering worden gerealiseerd zodat op termijn een lagere zuiveringsinspanning mogelijk is. (Ministerie van Infrastructuur en Milieu, 2014).

De Drinkwaterwet is een zogenaamde raamwet waarin ondermeer de organisatie van de openbare drinkwatervoorziening, de drinkwaterkwaliteit en leveringszekerheid en continuïteit, doelmatigheid en handhaving. Voorop staat hierbij steeds het belang van de volksgezondheid. In het Drinkwaterbesluit zijn de regels uit de Drinkwaterwet nader uitgewerkt met onder andere normen waaraan het Nederlandse drinkwater moet voldoen. De Drinkwaterregeling bevat een groot aantal uitvoeringsregels over o.a. huishoudwater, monitoring, tariefstelling en analysemethoden. In de Waterwet is vastgelegd wie bevoegd gezag is voor vergunningverlening ten aanzien van het onttrekken van grond- of oppervlaktewater.

WML heeft met de toezichthouder inzake de drinkwaterwet (IL&T) een convenant gesloten waarin afspraken zijn vastgelegd over de naleving en toezicht op het gebied van regelgeving voor de drinkwaterwet en de daarop gebaseerde regelingen. Op basis van dit convenant werkt WML aan constante verbetering van het managementsysteem en minimalisatie van afwijkingen van de wet- en regelgeving. WML toetst zelf de naleving en informeert de ILT over geconstateerde afwijkingen.

Onttrekkingen ten behoeve van de drinkwatervoorziening zijn vergunningplichtig, waarbij de Provincie bevoegd gezag is voor grondwateronttrekkingen en het Waterschap dan wel het Rijk voor onttrekkingen uit oppervlaktewater. Bij provinciale verordening kan worden bepaald dat de vergunningplicht voor grondwateronttrekkingen niet van toepassing is voor onttrekkingen waarbij de te onttrekken hoeveelheid grondwater ten hoogste 10 m³ per uur bedraagt.

Vergunningen voor de onttrekking van grondwater voor de drinkwatervoorziening worden door de provincie voorbereid met toepassing van afdeling 3.4 Algemene wet bestuursrecht (Awb) en afdeling 13.2 Wet milieubeheer (Wm), waarbij een ieder zienswijzen indient op de ontwerpvergunning. De regels ten aanzien van het onttrekken van water uit, of lozen op regionaal oppervlaktewater zijn door het waterschap vastgelegd in de keur. De regels in de keur zijn ruimtelijk vastgelegd in de legger. Voor Limburg gaat het momenteel om een keur en legger voor het gebied van Mook tot aan Roermond en een keur en legger voor het gebied van Roermond tot en met Maastricht Noord. In de keur is onder meer vastgelegd voor welk oppervlaktewater altijd een vergunning nodig is voor onttrekken van water. Voor de Rode beek is bijvoorbeeld voor het traject van de grens tot Rothenbach altijd een Waterwet vergunning noodzakelijk in verband met de natuurkwaliteit. In de provinciale omgevingsverordening zijn in opvolging van artikel 1.2 van de wet Milieubeheer regels en ruimtelijke reserveringen beschreven voor het zowel kwalitatief als kwantitatief beschermen van bronnen van drinkwater.

5.2 Aandachtspunten bij decentrale watervoorziening

Mede gezien het convenant voert het te ver om het gehele stelsel van wet- en regelgeving ten aanzien van drinkwater en de vertaling in beleid hier uit te werken. In onderstaande is (op hoofdlijnen) een aantal punten nader uitgewerkt die in de ogen van de auteurs van belang kunnen zijn bij de keuze voor decentrale concepten voor collectieve drinkwatervoorziening. Hierbij is als uitgangspunt aangehouden dat de een drinkwaterbedrijf de eigenaar is van de desbetreffende decentrale drinkwatervoorziening.

- Voorzorgsprincipe en 'best beschikbare bron'

Het rijk heeft de in paragraaf 5.1 beschreven wet- en regelgeving uitgewerkt in beleidsuitgangspunten. Belangrijk beleidsuitgangspunt van het Rijk is dat – uit oogpunt van een verwaarloosbaar risico voor de volksgezondheid, consumentenvertrouwen en het voorzorgsprincipe – de schoonste beschikbare bron wordt gebruikt en dat preventie alsmede bronbeleid prevaleren (Milieu 2014). Dit wordt nader ingevuld door te stellen dat er een algemene voorkeur is voor het gebruik van grondwater en daar waar deze bron niet in voldoende mate of kwaliteit beschikbaar is, wordt ingezet op het gebruik van oevergrondwater of oppervlaktewater. Andere bronnen zoals regenwater worden in de beleidsnota niet nader beschouwd. Verder is het beleidsuitgangspunt dat de volgende 'preventieladder' wordt aangehouden:

1. Voorkomen dat verontreinigingen of risico's ontstaan (preventie);
2. Voorkomen dat verontreinigingen in het milieu terechtkomen en zich verspreiden (bron-aanpak);
3. Voorkomen dat verontreinigingen drinkwaterbronnen bereiken (beheersen, interceptie);
4. Verontreiniging eruit halen (extra zuivering), mengen, stopzetten of re alloceren

Bij de invulling van de decentrale watervoorziening ontstaan afwijkingen van bovenstaande beleidslijn. Zo komen andere bronnen in beeld zoals regenwater en grijswater en kan de focus verschuiven van preventie naar zuiveren (dus curatief). Uiteraard speelt ook hier weer het aspect schaal. Op lokale schaal kan de gekozen bron de 'best beschikbare' zijn, terwijl dit op regionale schaal niet het geval is. Nadere invulling en duiding van deze beleidsuitgangspunten is dan ook nodig.

- Beschermingsbeleid en monitoring bij een decentrale grondwaterwinning

Conform artikel 1.2 van de wet milieubeheer zijn provincies verplicht in hun milieu- of omgevingsverordening regels op te stellen ter bescherming van de kwaliteit van het grondwater met het oog op de waterwinning. Het gaat hierbij om regels voor de in de omgevingsverordening aangewezen gebieden. Vooralsnog wordt dit door provincies ingevuld door waterwingebieden, grondwaterbeschermingsgebieden en boringvrije zones aan te wijzen. Het gaat hierbij om (grootschalige) publieke waterwinning ten behoeve van de drinkwatervoorziening. Voor lokaal kleinschalig onttrekken van grond- of oppervlaktewater ten behoeve van drinkwater worden in de regel geen milieubeschermingszones aangewezen in de provinciale omgevingsverordening. Vanaf 2002 zijn eigenaren van (kleinschalige) zelfstandige collectieve watervoorzieningen (bijv. op campings) wel verplicht om een door inspectie goedgekeurd meetprogramma uit te voeren en zodoende de waterkwaliteit te waarborgen (Swinkels 2006). Uitvoering door een drinkwaterbedrijf, inclusief professionele monitoring en analyse zal deze eis ondervangen. Of uitvoering door een drinkwaterbedrijf implicaties kan hebben voor de aanwijzing van provinciale milieubeschermingszones dient nader te worden onderzocht.

- Waterkwaliteitseisen (lokaal) oppervlaktewater voor bereiding van drinkwater

In een aantal in deze studie uitgewerkte scenario's wordt lokaal oppervlaktewater als bron gebruikt. Om dit water als bron te mogen gebruiken moet dit water voldoen aan de normen gesteld in Bijlage 5, behorend bij artikel 16 van de Drinkwaterregeling. In het geval van de in deze studie onderzochte Geleenbeek en de Rode beek wordt niet voldaan aan deze eisen. Conform artikel 16 van de drinkwaterregeling is ontheffing door de Minister mogelijk indien een zodanige behandeling, met inbegrip van menging, van het water wordt toegepast zodat het bereide drinkwater voldoet aan de eisen, gesteld in artikel 21, eerste lid, van de Drinkwaterwet en artikel 13 van het Drinkwaterbesluit, men aangewezen is op de betreffende bron en het belang van de bescherming van de volksgezondheid zich niet verzet tegen het gebruik van dit oppervlaktewater. Bij gebruik van lokaal oppervlaktewater kan het dus voorkomen dat ministeriële ontheffing noodzakelijk is.

- Leveringszekerheid

Artikel 8.1 van de Drinkwaterwet verplicht drinkwaterbedrijven om: “ binnen het voor zijn bedrijf vastgestelde distributiegebied, aan degene, die daarom verzoekt, een aanbod te doen om die persoon te voorzien van een aansluiting op het door hem beheerde leidingnet.” In artikel 32 wordt dit verder uitgewerkt in de volgende zorgplicht: “De eigenaar van een drinkwaterbedrijf draagt er zorg voor dat de levering van deugdelijk drinkwater aan consumenten en andere afnemers in het voor zijn drinkwaterbedrijf vastgestelde distributiegebied gewaarborgd is in een zodanige hoeveelheid en onder een zodanige druk als in het belang van de volksgezondheid vereist is.” Een eventuele decentrale drinkwatervoorziening moet dusdanig worden vormgegeven dat minimaal wordt voldaan aan bovenstaande kwantitatieve eisen. In geval van een langdurige verstoring moet binnen een door de inspectie te bepalen termijn worden teruggevallen op een nooddrinkwatervoorziening (artikel 35). Ook bij gebruik van decentrale bronnen moet leveringszekerheid worden uitgewerkt in een leveringsplan waarin de geldende verplichtingen ten aanzien van de leveringszekerheid, de dekking van de toekomstige behoefte aan drinkwater en de levering van nooddrinkwater en noodwater zijn uitgewerkt.

Een mogelijk voorbeeld van een verstoring kan uitgewerkt worden aan de hand van het (virtuele) scenario waarbij oppervlaktewater wordt (uitgaande van verlening van een onttrekkingsvergunning door het waterschap) onttrokken uit de Bosbeek of de Rode Beek (bij Meinweg en Rothenbach). Beide beken hebben een hoge ecologische waarde door het voorkomen van bijzondere vissoorten als de beekprik. Voor deze beken is op 3 augustus 2018 door het waterschap een onttrekkingsverbod afgekondigd om de natuurwaarden te beschermen. Conform de in artikel 2.1 van het waterbesluit uitgewerkte verdringingsreeks (zie Figuur 13), gaat het voorkomen van onomkeerbare schade aan natuur voor op de openbare drinkwatervoorziening. In het geval van de rode Beek en Mosbeek betekent dit dat de onttrekking mogelijk had moeten worden gestaakt. Hoe het begrip ‘onomkeerbare schade’ moet worden ingevuld is echter na de zomer van 2018 volop onderwerp van discussie en vraagt om nadere uitwerking. Overigens kan de verdringingsreeks ook bij provinciale verordening (art. 2.9, lid 2 Wtw) van toepassing worden verklaard voor grondwater. In 2018 zijn in het beheersgebied van waterschap vechtstromen beregeningsverboden uit grondwater afgekondigd binnen 200 meter van natuurgebieden.



Figuur 13: Verdringingsreeks

- Productie en distributie van huishoudwater

In deze studie maakt de productie van huishoudwater in een aantal gevallen deel uit van de onderzochte systemen. Conform artikel 3.3 van de drinkwaterregeling is het drinkwaterbedrijven echter niet toegestaan om zonder daartoe door de Minister verleende ontheffing huishoudwater te produceren voor consumenten of andere afnemers of aan hen huishoudwater te leveren. Voor het produceren en leveren van huishoudwater door drinkwaterbedrijven is dus een ministeriële ontheffing noodzakelijk conform artikel 3 van het Drinkwaterbesluit. Verder geldt in algemene zin dat huishoudwater conform artikel 4 van het drinkwaterbesluit enkel mag worden gebruikt voor toiletspoeling en dat de leverancier van het huishoudwater hier naar vermogen zorg voor moet dragen. Tenslotte wordt in het drinkwaterbesluit (artikel 5) gesteld dat als primaire bron van huishoudwater van daken afstromend hemelwater moet worden gebruikt. In geval van tekorten kan deze bron worden aangevuld met grondwater en/of drinkwater. Ander water (bijvoorbeeld oppervlaktewater) kan alleen worden gebruikt wanneer de toezichthouder (IL&T) van oordeel is dat het gebruik ervan geen nadelige gevolgen heeft voor de gezondheid van de consumenten en hen toebehorende goederen.

5.3 Conclusies & aanbevelingen ten aanzien van wet- en regelgeving en overheidsbeleid.

Het onttrekken van grond- of oppervlaktewater voor de bereiding van drinkwater is vergunningplichtig.

- Controleer in de voorbereidende fase van een decentrale winning, welke bronnen worden gebruikt en wie bevoegd gezag is. Controleer welke randvoorwaarden en informatie aangeleverd moeten worden voor de vergunningaanvraag.

Met de keuze voor andere bronnen dan grondwater en oeverfiltraat (bijvoorbeeld grijswater en regenwater) en de inzet op curatieve zuivering in plaats van preventie bij decentrale systemen wordt afgeweken van algemene uitgangspunten in de beleidsnota Drinkwater.

- Geef nadere duiding van de in de beleidsnota Drinkwater gestelde uitgangspunten betreffende de 'best beschikbare bron' en de 'preventieladder' en hoe decentrale systemen hier onderbouwd van af kunnen wijken.

In de provinciale omgevingsverordening is het (kleinschalig) decentraal produceren van drinkwater door drinkwaterbedrijven nog niet verankerd. Of en zo ja in welke vorm milieubeschermingszones ingericht moeten worden bij decentrale productie door een drinkwaterbedrijf is voorsnog onduidelijk. Het moeten inrichten van een milieubeschermingszone rond een winlocatie heeft echter wel grote invloed op activiteiten in de omgeving.

- Ga in overleg met de provincie over het vormgeven van beschermingsbeleid rond kleinschalige decentrale drinkwatervoorzieningen en de verankering hiervan in de PMV. Wat is doelmatig, wat is werkbaar?

Productie en levering van huishoudwater aan consumenten en andere afnemers is voor drinkwaterbedrijven bij wet verboden tenzij ontheffing wordt verleend door de minister. Daarnaast mag het huishoudwater alleen gebruikt worden voor toiletspoeling. Zoals een aantal zuiveringsscenario's laat zien kan het gecombineerd produceren van drinkwater en huishoudwater doelmatig zijn.

- Ga in overleg met het ministerie/IL&T over de voorwaarden en omstandigheden waarbij productie van huishoudwater door een drinkwaterbedrijf kan worden toegestaan. In geval van een concreet project: start tijdig de procedure voor ministeriele ontheffing.

Ook bij door een drinkwaterbedrijf bedreven decentrale systemen moet de leveringszekerheid door het waterbedrijf worden gewaarborgd

- Leg bij ontwikkeling van decentrale drinkwatersystemen in het leveringsplan vast hoe de leveringszekerheid is gewaarborgd en hoe eventuele nooddrinkwatervoorziening voor deze systemen is vormgegeven.

Bij gebruik van oppervlaktewater moet de kwaliteit van het innamewater voldoen aan de normen uit bijlage 5 van de drinkwaterregeling. In veel gevallen is de kwaliteit van lokaal oppervlaktewater echter onvoldoende om aan deze normen te voldoen.

- Werk bij oppervlaktewater als beoogde bron uit waarom men is aangewezen op deze bron en werk uit hoe met de voorgestelde zuiveringstechniek en monitoring het bereide drinkwater voldoet aan de eisen van de drinkwaterwetgeving

6 Conclusies en aanbevelingen

6.1 Conclusies

In alle gevallen zijn scenario's gebaseerd op een RO-zuivering of een AOP (UV/H₂O₂) doorgerekend. De AOP-scenario's zijn bij kleine debieten iets duurder dan de RO-scenario's (vanwege bijvoorbeeld eigenlijk te grote koolfilters, die echter niet kleiner geleverd kunnen worden), maar hierbij is een eventuele behandeling van het concentraat van de RO-processen niet meegenomen. In alle gevallen liggen de kosten wel in dezelfde grootte-orde. Als kosten voor de behandeling en lozing van concentraat worden berekend, komen de RO-scenario's duurder uit, maar op dit moment is nog niet duidelijk hoeveel duurder. Dit zal van de omstandigheden afhangen.

In de casus Munstergeleen kan gebruik worden gemaakt van drie alternatieve bronnen:

- Regenwater
- Oppervlaktewater uit de Geleenbeek. Er moet rekening worden gehouden met een robuuste zuivering vanwege de aanwezigheid van RWZI-effluent in deze beek.
- Grondwater. Dit water bevat veel ijzer, waardoor de kosten voor onderhoud van de put relatief hoog zijn. Verder is rekening gehouden met mogelijke verontreinigingen van het grondwater vanuit bijvoorbeeld landbouw.

Bij alle drie is voldoende water beschikbaar om er drinkwater of een combinatie van drink- en huiswater van te maken. De kosten hiervan zijn, vanwege de kleine schaal, erg hoog: ongeveer 20-45 euro per m³ geleverd water. Indien naast drinkwater ook huishoudwater wordt geproduceerd neemt de hoeveelheid te lozen afvalwater bij de RO-scenario's aanzienlijk af. Vanwege de benodigde installatie voor twee watersystemen in huis levert het toepassen van drink- en huishoudwaterkwaliteiten geen kostenbesparingen op. Indien bijvoorbeeld bij het gebruik van regenwater tijdens een droge periode onvoldoende (drink)water beschikbaar zou zijn, zou drinkwater met behulp van een tankwagen kunnen worden aangeleverd.

In de casus Meinweg kan ook gebruik worden gemaakt van regenwater, grondwater en oppervlaktewater (de Rode Beek). Voor het grondwater geldt ook hier dat de onderhoudskosten voor een grondwaterput relatief hoog zullen zijn vanwege het hoge ijzergehalte. De kosten voor zuivering bedragen hier 5-10 euro/m³, maar ongeveer €20/m³ als regenwater wordt gebruikt. Dit verschil wordt veroorzaakt door de kosten voor de aanleg van een opvangsysteem en buffer. Aanvoer van drinkwater met behulp van een tankwagen wordt vanwege de benodigde hoeveelheden water lastiger dan in Munstergeleen. Ook hier geldt dat het aanleggen van zowel een systeem voor drinkwater als voor huishoudwater geen kostenbesparing oplevert.

In de casus Rothenbach zijn wel kostenberekeningen gemaakt voor regenwater als bron, maar waarschijnlijk zijn de hoeveelheden regenwater die kunnen worden opgevangen onvoldoende om de totale waterbehoefte te dekken. Grondwater en oppervlaktewater uit de Rode Beek zijn wel beschikbaar. De gemiddelde kosten voor water bedragen hier ongeveer 2-4 euro per m³ (indien regenwater gebruikt zou kunnen worden zou dit uitkomen op ongeveer €7/m³). Ook hier geldt dat het toepassen van

een huishoudwatersysteem naast een drinkwatersysteem geen significante kostenbesparing oplevert.

De milieu-impact van een kleinschalige zuivering is zeer waarschijnlijk niet kleiner maar eerder groter dan die van een centrale zuivering in combinatie met een centraal drinkwaternet. Dit hangt samen met het grotere materiaalverbruik bij kleinschalige systemen. Op het gebied van consumables zou in Rothenbach, en mogelijk in Meinweg, misschien een kleine winst te halen zijn, maar op de totale milieu-impact van de bewoners maakt het geen significant verschil. Hierbij moet worden aangetekend dat behandeling en/of lozing van concentraat bij RO-processen ook een negatieve impact op het milieu kan hebben.

Een belangrijk aandachtspunt vormt wel de veiligheid. Het is namelijk nodig dat de kwaliteit van drinkwater niet alleen gemonitord wordt (wat bijzonder duur is omdat veel analyses nodig zijn, en voor elke productielocatie), maar ook wordt gewaarborgd. Dit laatste punt is lastig te handhaven, want hoe kan zeker worden gesteld dat het benodigde onderhoud van de systemen ook daadwerkelijk op een goede manier wordt uitgevoerd?

Hoewel de resultaten in dit rapport zijn toegesneden op de drie Limburgse casussen, zijn de algemene resultaten waarschijnlijk breder toepasbaar. Voor echt kleinschalige zuiveringen zijn de processen relatief duur, en is het waarborgen van de veiligheid vrij lastig te realiseren. Op wijkschaal kan de zuivering onder verantwoordelijkheid van een drinkwaterbedrijf worden uitgevoerd, en is dit laatste minder een probleem. Bovendien liggen de kosten voor drinkwaterproductie dan waarschijnlijk in dezelfde grootteorde als bij centrale zuivering.

6.2 Aanbevelingen

Om decentrale zuiveringen mogelijk te maken is het belangrijk dat er goede monitoringssystemen worden ontwikkeld, die de kwaliteit van het water continu registreren, en bij problemen ervoor zorgen dat bijvoorbeeld het drinkwaterbedrijf automatisch wordt gewaarschuwd. Het belangrijkste aandachtspunt vormen hierbij pathogenen. Dergelijke sensoren zijn op dit moment echter nog niet beschikbaar. Zo lang betrouwbare monitoringssystemen nog niet op de markt zijn zullen veel kostbare analyses nodig zijn om de waterkwaliteit te waarborgen.

Voor het gebruik van decentrale waterbronnen zijn er enkele aandachtspunten op het gebied van wet- en regelgeving (zie paragraaf 5.3). Als een dergelijk scenario wordt overwogen moet tijdig contact worden gezocht met instanties, zodat eventueel benodigde vergunningen op tijd geregeld zijn.

Het is belangrijk dat het drinkwaterbedrijf verantwoordelijk blijft voor de waterzuivering en de waterkwaliteit. Indien dat niet het geval is kan de veiligheid van het geproduceerde drinkwater niet worden gegarandeerd. Bovendien moet het drinkwaterbedrijf ervoor verantwoordelijk blijven dat er voldoende drinkwater beschikbaar is. Bij het ontwerp van de zuiveringen is rekening gehouden met buffervaten om een korte periode van onderhoud te kunnen overbruggen.

Gebruik van regenwater wordt door veel consumenten op dit moment gezien als een milieuvriendelijk alternatief voor centraal geleverd drinkwater. Vanwege het feit dat dit geen constante bron is en er in Nederland minder regenwater beschikbaar is dan consumenten in het algemeen denken, zou een decentraal systeem gebaseerd op

regenwater onvoldoende zekerheid bieden. Indien regenwater als bron wordt gebruikt, is een alternatieve bron, die in geval van nood kan worden aangewend, zeker noodzakelijk. Bij echt kleinschalige zuiveringen zou het waterbedrijf kunnen overwegen in noodgevallen drinkwater per tankwagen aan te voeren, en is het niet nodig een dergelijk alternatief systeem aan te leggen.

Toepassen van huishoudwater naast drinkwater is in principe niet goedkoper dan alleen drinkwater gebruiken. Het kan echter met name interessant zijn als RO-processen worden toegepast, omdat het concentraat dan mogelijk als huishoudwater kan worden gebruikt en het niet als afval geloosd hoeft te worden. Op die manier wordt er minder afval gebruikt, en wordt in feite de dure zuivering vooral voor drinkwaterproductie ingezet. Dit zal veel milieubewuste burgers erg aanspreken. Het principe kan echter alleen bij kleinschalige systemen worden toegepast, omdat daar de recovery klein is, en daardoor het concentraat niet erg geconcentreerd. Naarmate de schaalgrootte toeneemt, nemen ook de recovery en daarmee de concentraties in het concentraat toe, waardoor deze optie minder aantrekkelijk wordt. Voor het drinkwaterbedrijf zijn hiervoor twee aandachtspunten:

1. Hoe kan worden voorkomen dat er besmetting van het drinkwater met huishoudwater optreedt? In principe kan alles goed worden aangelegd, maar uit voorbeelden van Vlaanderen is bekend dat mensen soms zelf gaan knutselen, waardoor toch huishoudwater in het drinkwaterleidingnet terecht komt. Bovendien moet mensen heel goed duidelijk worden gemaakt waarvoor huishoudwater wel maar vooral ook niet mag worden toegepast. Dit vraagt inspanningen met betrekking tot educatie en informatievoorziening, maar ook op het gebied van handhaving. Met name dat laatste zal een uitdaging vormen.
2. Volgens de huidige wet mag een drinkwaterbedrijf geen huishoudwater leveren. Indien huishoudwater als bijproduct van de drinkwaterzuivering wordt geproduceerd, moet hiervoor ministeriële ontheffing worden aangevraagd.

Verder blijkt uit de analyses in dit rapport dat vanaf een schaalgrootte van ongeveer Rothenbach (en eventueel Meinweg) decentrale winning en zuivering van water wat kosten betreft vergelijkbaar is met centrale drinkwaterlevering. Voor kleinere schaal is decentrale drinkwaterproductie echter voorlopig veel te duur.

7 Literatuur

- Brabant, B. M. e. W. (2007). "Beleidsnotitie bluswatervoorziening." Retrieved 14-12-2018, 2018, from <https://docplayer.nl/17010760-Beleidsnotitie-bluswatervoorziening-brandweer-midden-en-west-brabant.html>.
- Farreny, R., T. Morales-Pinzón, A. Guisasola, C. Tayà, J. Rieradevall and X. Gabarrell (2011). "Roof selection for rainwater harvesting: Quantity and quality assessments in Spain." *Water Research* 45(10): 3245-3254.
- Förster, J. (1999). Variability of roof runoff quality. *Proceedings of the 1998 International Congress on Options for Closed Water Systems - Sustainable Water Management*, Elsevier Science Ltd. 39: 137-144.
- Hofman-Caris, C. H. M. and C. Bertelkamp (2017). Decentraal zuiveren: mogelijkheden voor gebruik van opgevangen regenwater. Nieuwegein, KWR Watercycle Research Institute.
- Hofman-Caris, C. H. M., L. de Waal and T. Van Den Brand (2018). Regenwater als bron voor drinkwater: productiekosten en milieuaspecten. Nieuwegein, KWR Watercycle Research Institute.
- Lee, J. Y., G. Bak and M. Han (2012). "Quality of roof-harvested rainwater - Comparison of different roofing materials." *Environmental Pollution* 162: 422-429.
- Leong, J. Y. C., K. S. Oh, P. E. Poh and M. N. Chong (2017). "Prospects of hybrid rainwater-greywater decentralised system for water recycling and reuse: A review." *Journal of Cleaner Production* 142: 3014-3027.
- Mendez, C. B., J. B. Klenzendorf, B. R. Afshar, M. T. Simmons, M. E. Barrett, K. A. Kinney and M. J. Kirisits (2011). "The effect of roofing material on the quality of harvested rainwater." *Water Research* 45(5): 2049-2059.
- Milieu, M. v. l. e. (2014). Beleidsnota Drinkwater. Schoon drinkwater voor nu en later. . Rijswijk.
- Swinkels, F. A. M. (2006). Eigen winning drinkwater, Kwaliteit van drinkwater en legionellapreventie onder de maat. . Eindhoven, VROM.
- Ter Laak, T., Tolkamp, H., Hofman, J. (2013). Geneesmiddelen in de watercyclus in Limburg. Nieuwegein, KWR Watercycle Research Institute.
- van Alphen, H. J., van Duuren, D., Koop, S. (2018). Decentrale watersystemen: potentie, impact en gevolgen voor drinkwaterbedrijven. Nieuwegein, KWR Watercycle Research Institute.
- Water, D. (2000). *Handboek kosten kleinschalige waterbehandeling*. Amersfoort, DHV
- Zobrist, J., S. R. Müller, A. Ammann, T. D. Bucheli, V. Mottier, M. Ochs, R. Schoenenberger, J. Eugster and M. Boller (2000). "Quality of roof runoff for groundwater infiltration." *Water Research* 34(5): 1455-1462.

Bijlage I Grondwater kwaliteitsgegevens

Grondwaterkwaliteit Locatie Meinweg																		
LOCATIE gegevens																		
NITG-nr	X-coord	Y-coord	Coördinaat systeem	Kaartblad	Bepaling locatie	Maaiveldhoogte (m tov NAP)	Bepaling maaiveldhoogte	OLGA-nr	RIVM-nr	Aantal analyses	Meetnet	Indeling						
B58G0140	208741	355504	Rijksdriehoeksmeting	58G	Geschat, Top. Kaart 1:10.000	75,95		58GP0140		2								
KWALITEIT gegevens VLOEIBAAR																		
NITG-nr	Monster datum	Monster-nr	Monster apparatuur	Mengmonster	Bovenkant monster (cm tov MV)	Onderkant monster (cm tov MV)	Analyse datum											
B58G0140		C1993-07-5014		nee	2417	2517	15-7-1993											
B58G0140		C1993-07-1200		nee	4859	4959	15-7-1993											
NITG-nr	CO2 (mg/l)	Ca (mg/l)	Cl- (mg/l)	EC (mS/m)	Fe (mg/l)	HCO3 (mg/l)	K (mg/l)	Mg (mg/l)	Mn (mg/l)	NH4 (mg/l)	NO2 (mg/l)	NO3 (mg/l)	Na (mg/l)	SO4 (mg/l)	TEMP-V (C)	TOTH (mmc pH (-))		
B58G0140	26	40		9	27,5	350	165	15,4	6,8	0,75	0,55	0,02	1,3	6	22	20	1,28	7
B58G0140	35	44		34	34,5	21	140	12	7,9	0,48	1	0,02	<.5	13	35	20	1,42	6,8

Bijlage II Voorbeelden CAPEX/OPEX berekening grondwaterputten

Munstergeleen

CAPEX		1,7 %		30 jr																					
Kentallen	eenheid	A	B	U	K	TB				Percentages bijkomende kosten (toeslagen op bouwkosten)															
Boren, inbouwen, ontwikkelen	€/m	1300	1300	1300	1600	333	prijspeil 2015	Zie VO Bundles	A Toeslag voor algemene voorzieningen			5 % van bouwkosten Ct / Wtb / E&I / PA													
Putafwerking (beton)	€	22650	22650	22650	22650		prijspeil 2015		B Inrichtingskosten			2 % van bouwkosten Ct / Wtb / E&I / PA													
Putafwerking (kunststof)	€	8150	8150			8150	prijspeil 2015	obv putten Oasen	C Beveiligingskosten			1 % van bouwkosten Ct / Wtb / E&I / PA													
Onderwaterpomp	€	3450	3450	3450	3450	400	prijspeil 2015		D Begeleidingskosten zuiveringsprojecten			20 % van bouwkosten Ct / Wtb / E&I / PA +A+B+C													
electro	€	5000	5000	5000	5000	1100	prijspeil 2018 (50m3/uur, TB 5 m3/h)		E Begeleidingskosten overige projecten			10 % van bouwkosten Ct / Wtb / E&I / PA +A+B+C													
infra	€	6000	6000	6000	6000	10000	prijspeil 2015		F Overige bijkomende kosten			2 % van bouwkosten Ct / Wtb / E&I / PA +A+B+C													
						30000		inclusief bovengrondse buffertank	G Totale bouwrente			3 % van bouwkosten Ct / Wtb / E&I / PA +A+B+C+(D of E)+F													
F van Beegden	Boorlengte (m)	8	boorkosten A	boorkosten B	boorkosten TB	2543	prijspeil 2015																		
		€	9919																						
			boorkosten 2018	kunststof putbehuizing	onderwaterpomp	electro	Totaal bouwkosten put (2018)		Bijkomende kosten (Toeslagen op bouwkosten) (k€)																
F van Beegden	A	9919	10434	prijspeil 2015	prijspeil 2018	prijspeil 2018	prijspeil 2015	prijspeil 2018	€	k€	25718	26	F van Beegden	A	1,3	0,5	0,3	2,8	0,5	0,9	32				
	TB	2543	2675		8150	8573	400	6000	6311	25718	22	TB		1,1	0,4	0,2	2,4	0,5	0,8	27					
				lineaire afschrijving	over periode van:	30 jr	rente	4 %																	
Jaarlijkse kosten investering	€/m3						€/yr	€/m3																	
F van Beegden	B	0,012	5,78 %			annuitaire afschrijving:	1870,3	0,022																	
	TB	0,011					1584,7	0,018																	

OPEX																		
		0,05 €/kWh																
Energiekosten		0,1523 kWh/m3	obv opgave Grundfos	(overschatting qua opvoerhoogte)														
		2878	jaaronttrekking (m3/jr)	uit sheet inkooppunten Noord limburg														
		438 kWh/jr																
		22 €/jr																
Onderhoudskosten			bouwkunde	0,5 % van aanlegkosten														
			werktuigbouw	2 % van aanlegkosten														
			elektrotechniek	4 % van aanlegkosten														
			bouw	werktuigbouw	elektro	SOM												
F van Beegden	A	0,095		0,008	0,25	0,36 k€/jr												
	TB	0,056		0,008	0,42	0,48 k€/jr												
Regeneratie			incl inflatiecor tov 2015	frequentie (jr)							<<<checken>>							
			1831 jetten/borstelen	aerob ondiep (A)	anaerob diep (B)	kalk (K)	oever (U)											
preventieve mechanische regeneratie					4													
grootschalige regeneratie			7439 jutteren/CBL/H2O2/HCl/...		380	8	16	3										
lichten onderwaterpomp+schoonmaken			817		4	8	10	3										
Totale jaarlijkse kosten			jaarlijkse regeneratie	jaarlijkse kosten regeneratie	som over levensduur	€/m3												
F van Beegden	A		682	1059	31773	0,4												
	TB		682	1189	35658	0,4												
Onttrekkingskosten			€/m3															
F van Beegden	B		0,39															
	TB		0,43															

Waterkwaliteit ruwwater	
A	Aerob/mixed, deels nitraathoudend
B	anaerob
K	Aerob, nitraathoudend
U	Anaerob, ammoniumhoudend

Meinweg

OPEX															
		0,05 €/kWh													
Energiekosten		0,1965 kWh/m ³	obv opgave Grundfos	(overschatting qua opvoerhoogte)											
		19500	jaaronttrekking (m ³ /jr)												
		3832 kWh/jr													
		191 €/jr													
Onderhoudskosten		bouwkunde		0,5 % van aanlegkosten											
		werktuigbouw		2 % van aanlegkosten											
		elektrotechniek		4 % van aanlegkosten											
		bouw	werktuigbouw	elektro	SOM										
F van Sterksel	A	0,134	0,022	0,25	0,4										
	TB	0,066	0,022	0,42	0,5										
F van Stamproy	B	0,299	0,022	0,25	0,6										
	TB	0,108	0,022	0,42	0,6										
Kiezelooyiet F 1	B	0,490	0,022	0,25	0,8										
	TB	0,158	0,022	0,42	0,6										
Kiezelooyiet F 2	B	0,587	0,022	0,25	0,9										
	TB	0,182	0,022	0,42	0,6										
Regeneratie		incl inflatiecor tov 2015		frequentie (jr)					<<<checken>>>						
preventieve mechanische regeneratie		1831 jetten/borstelen		aeroob ondiep (A)	anaeroob diep (B)	kalk (K)	oever (U)								
grootschalige regeneratie		7439 jutteren/CBL/H2O2/HCl/...			1	8	16	3							
lichten onderwaterpomp+schoonmaken		817			1	8	10	3							
Totale jaarlijkse kosten		jaarlijkse rege	jaarlijkse kosten rege	som over levensduur	k€/jr	€/m ³									
F van Sterksel	A	3578	4179	125356	4,2	0,21									
	TB	3578	4179	125356	4,2	0,21									
F van Stamproy	B	1032	1796	53887	1,8	0,09									
	TB	1032	1796	53887	1,8	0,09									
Kiezelooyiet F 1	B	1032	1988	59639	2,0	0,10									
	TB	1032	1988	59639	2,0	0,10									
Kiezelooyiet F 2	B	1032	2085	62543	2,1	0,11									
	TB	1032	2085	62543	2,1	0,11									
Onttrekkingskosten		obv annuitair													
		€/m ³													
F van Sterksel	A	0,22							Formatie	Kosten onderhoud+ energie					
	TB	0,22							F van Sterksel	4179					
F van Stamproy	B	0,10							F van Stamproy	1796					
	TB	0,10							Kiezelooyiet F 1	1988					
Kiezelooyiet F 1	B	0,11							Kiezelooyiet F 2	2085					
	TB	0,11													
Kiezelooyiet F 2	B	0,12													
	TB	0,11													

Waterkwaliteit ruwwater
A Aeroob/mixed, deels nitraathoudend
B anaeroob
K Aeroob, nitraathoudend
U Anaeroob, ammoniumhoudend

Bijlage III Uitkomsten kostenberekeningen scenario's

UITKOMSTEN BEREKENING					
	percentage		kosten		prijs per m3
rente + afschrijving	56	rente + afschrijving	7587 [€/year]		20,562 €/m3
bedrijfsvoering + onderhoud	23	bedrijfsvoering + onderhoud	3077 [€/year]		8,339 €/m3
personeelskosten	13	personeelskosten	1704 [€/year]		4,618 €/m3
Analysis	0	Water quality analysis	0 [€/year]		0,000 €/m3
Energy	1	Energy	176 [€/year]		0,477 €/m3
Chemicals	0	Chemicals	0 [€/year]		0,000 €/m3
Membrane replacement	0	Membrane replacement	0 [€/year]		0,000 €/m3
Consumeables	0	Consumeables	0 [€/year]		0,000 €/m3
Filter replacement	6	Filter replacement	835 [€/year]		2,263 €/m3
UV lamp replacement	0	UV lamp replacement	0 [€/year]		0,000 €/m3
Moving parts in pumps	1	Moving parts in pumps	130 [€/year]		0,352 €/m3
Totaal	100	Total	13509 [€/year]		36,61 €/m3 DW
Excluding: building, disposal of RO concentrate/ iron sludge / waste / excess water, groundwater well exploitation					36,61 €/m3 DW + HW

Figuur 14: Scenario 1a

UITKOMSTEN BEREKENING					
	percentage		kosten		prijs per m3
rente + afschrijving	45	rente + afschrijving	3364 [€/year]		9,116 €/m3
bedrijfsvoering + onderhoud	18	bedrijfsvoering + onderhoud	1364 [€/year]		3,697 €/m3
personeelskosten	23	personeelskosten	1704 [€/year]		4,618 €/m3
Analysis	0	Water quality analysis	0 [€/year]		0,000 €/m3
Energy	1	Energy	65 [€/year]		0,177 €/m3
Chemicals	0	Chemicals	0 [€/year]		0,000 €/m3
Membrane replacement	0	Membrane replacement	0 [€/year]		0,000 €/m3
Consumeables	0	Consumeables	0 [€/year]		0,000 €/m3
Filter replacement	11	Filter replacement	835 [€/year]		2,263 €/m3
UV lamp replacement	0	UV lamp replacement	0 [€/year]		0,000 €/m3
Moving parts in pumps	2	Moving parts in pumps	130 [€/year]		0,352 €/m3
Totaal	100	Total	7462 [€/year]		20,22 €/m3 DW
Excluding: building, disposal of RO concentrate/ iron sludge / waste / excess water, groundwater well exploitation					20,22 €/m3 DW + HW

Figuur 15: Scenario 1b

UITKOMSTEN BEREKENING					
	percentage		kosten		prijs per m3
rente + afschrijving	48	rente + afschrijving	3145 [€/year]		8,523 €/m3
bedrijfsvoering + onderhoud	20	bedrijfsvoering + onderhoud	1275 [€/year]		3,456 €/m3
personeelskosten	26	personeelskosten	1704 [€/year]		4,618 €/m3
Analysis	0	Water quality analysis	0 [€/year]		0,000 €/m3
Energy	3	Energy	176 [€/year]		0,477 €/m3
Chemicals	0	Chemicals	0 [€/year]		0,000 €/m3
Membrane replacement	0	Membrane replacement	0 [€/year]		0,000 €/m3
Consumeables	0	Consumeables	0 [€/year]		0,000 €/m3
Filter replacement	2	Filter replacement	101 [€/year]		0,273 €/m3
UV lamp replacement	0	UV lamp replacement	0 [€/year]		0,000 €/m3
Moving parts in pumps	2	Moving parts in pumps	130 [€/year]		0,352 €/m3
Totaal	100	Total	6531 [€/year]		17,70 €/m3 DW
Excluding: building, disposal of RO concentrate/ iron sludge / waste / excess water, groundwater well exploitation					17,70 €/m3 DW + HW

Figuur 16: Scenario 1c

UITKOMSTEN BEREKENING					
	percentage		kosten		prijs per m3
rente + afschrijving	45	rente + afschrijving	3222 [€/year]		8,733 €/m3
bedrijfsvoering + onderhoud	18	bedrijfsvoering + onderhoud	1307 [€/year]		3,541 €/m3
personeelskosten	24	personeelskosten	1704 [€/year]		4,618 €/m3
Analysis	0	Water quality analysis	0 [€/year]		0,000 €/m3
Energy	2	Energy	110 [€/year]		0,298 €/m3
Chemicals	0	Chemicals	0 [€/year]		0,000 €/m3
Membrane replacement	0	Membrane replacement	0 [€/year]		0,000 €/m3
Consumeables	0	Consumeables	0 [€/year]		0,000 €/m3
Filter replacement	12	Filter replacement	835 [€/year]		2,263 €/m3
UV lamp replacement	0	UV lamp replacement	0 [€/year]		0,000 €/m3
Moving parts in pumps	0	Moving parts in pumps	0 [€/year]		0,000 €/m3
Totaal	100	Total	7178 [€/year]		19,45 €/m3 DW
Excluding: building, disposal of RO concentrate/ iron sludge / waste / excess water, groundwater well exploitation					19,45 €/m3 DW + HW

Figuur 17: Scenario 1d

UITKOMSTEN BEREKENING					
	percentage		kosten		prijs per m3
rente + afschrijving	38	rente + afschrijving	6652 [€/year]		12,457 €/m3
bedrijfsvoering + onderhoud	16	bedrijfsvoering + onderhoud	2698 [€/year]		5,052 €/m3
personeelskosten	10	personeelskosten	1704 [€/year]		3,191 €/m3
Analysis	14	Water quality analysis	2500 [€/year]		4,682 €/m3
Energy	7	Energy	1176 [€/year]		2,202 €/m3
Chemicals	5	Chemicals	898 [€/year]		1,682 €/m3
Membrane replacement	0	Membrane replacement	52 [€/year]		0,097 €/m3
Consumeables	0	Consumeables	0 [€/year]		0,000 €/m3
Filter replacement	6	Filter replacement	1070 [€/year]		2,003 €/m3
UV lamp replacement	1	UV lamp replacement	168 [€/year]		0,315 €/m3
Moving parts in pumps	2	Moving parts in pumps	390 [€/year]		0,730 €/m3
Totaal	100	Total	17308 [€/year]		32,41 €/m3 DW
Excluding: building, disposal of RO concentrate/ iron sludge / waste / excess water, groundwater well exploitation					32,41 €/m3 DW + HW

Figuur 18: Scenario 2a

UITKOMSTEN BEREKENING					
	percentage		kosten		prijs per m3
rente + afschrijving	39	rente + afschrijving	6496 [€/year]		12,164 €/m3
bedrijfsvoering + onderhoud	16	bedrijfsvoering + onderhoud	2634 [€/year]		4,933 €/m3
personeelskosten	10	personeelskosten	1704 [€/year]		3,191 €/m3
Analysis	15	Water quality analysis	2500 [€/year]		4,682 €/m3
Energy	5	Energy	860 [€/year]		1,610 €/m3
Chemicals	5	Chemicals	898 [€/year]		1,682 €/m3
Membrane replacement	0	Membrane replacement	45 [€/year]		0,084 €/m3
Consumeables	0	Consumeables	0 [€/year]		0,000 €/m3
Filter replacement	6	Filter replacement	1012 [€/year]		1,895 €/m3
UV lamp replacement	1	UV lamp replacement	168 [€/year]		0,315 €/m3
Moving parts in pumps	2	Moving parts in pumps	390 [€/year]		0,730 €/m3
Totaal	100	Total	16707 [€/year]		31,29 €/m3 DW
Excluding: building, disposal of RO concentrate/ iron sludge / waste / excess water, groundwater well exploitation					31,29 €/m3 DW + HW

Figuur 19: Scenario 2b

UITKOMSTEN BEREKENING					
	percentage		kosten		prijs per m3
rente + afschrijving	40	rente + afschrijving	6362 [€/year]		11,913 €/m3
bedrijfsvoering + onderhoud	16	bedrijfsvoering + onderhoud	2580 [€/year]		4,831 €/m3
personeelskosten	11	personeelskosten	1704 [€/year]		3,191 €/m3
Analysis	16	Water quality analysis	2500 [€/year]		4,682 €/m3
Energy	3	Energy	469 [€/year]		0,878 €/m3
Chemicals	0	Chemicals	58 [€/year]		0,109 €/m3
Membrane replacement	0	Membrane replacement	0 [€/year]		0,000 €/m3
Consumeables	0	Consumeables	55 [€/year]		0,103 €/m3
Filter replacement	10	Filter replacement	1621 [€/year]		3,035 €/m3
UV lamp replacement	2	UV lamp replacement	393 [€/year]		0,735 €/m3
Moving parts in pumps	2	Moving parts in pumps	260 [€/year]		0,487 €/m3
Totaal	100	Total	16001 [€/year]		29,96 €/m3 DW
Excluding: building, disposal of RO concentrate/ iron sludge / waste / excess water, groundwater well exploitation					29,96 €/m3 DW + HW

Figuur 20: Scenario 2c

UITKOMSTEN BEREKENING					
	percentage		kosten		prijs per m3
rente + afschrijving	50	rente + afschrijving	10600 [€/year]		19,851 €/m3
bedrijfsvoering + onderhoud	20	bedrijfsvoering + onderhoud	4299 [€/year]		8,050 €/m3
personeelskosten	8	personeelskosten	1704 [€/year]		3,191 €/m3
Analysis	12	Water quality analysis	2500 [€/year]		4,682 €/m3
Energy	3	Energy	704 [€/year]		1,318 €/m3
Chemicals	4	Chemicals	898 [€/year]		1,682 €/m3
Membrane replacement	0	Membrane replacement	52 [€/year]		0,097 €/m3
Consumeables	0	Consumeables	0 [€/year]		0,000 €/m3
Filter replacement	1	Filter replacement	110 [€/year]		0,206 €/m3
UV lamp replacement	1	UV lamp replacement	168 [€/year]		0,315 €/m3
Moving parts in pumps	1	Moving parts in pumps	260 [€/year]		0,487 €/m3
Totaal	100	Total	21295 [€/year]		39,88 €/m3 DW
Excluding: building, disposal of RO concentrate/ iron sludge / waste / excess water, groundwater well exploitation					39,88 €/m3 DW + HW

Figuur 21: Scenario 2d

UITKOMSTEN BEREKENING					
	percentage		kosten		prijs per m3
rente + afschrijving	50	rente + afschrijving	10452 [€/year]		19,572 €/m3
bedrijfsvoering + onderhoud	20	bedrijfsvoering + onderhoud	4239 [€/year]		7,937 €/m3
personeelskosten	8	personeelskosten	1704 [€/year]		3,191 €/m3
Analysis	12	Water quality analysis	2500 [€/year]		4,682 €/m3
Energy	3	Energy	545 [€/year]		1,020 €/m3
Chemicals	4	Chemicals	898 [€/year]		1,682 €/m3
Membrane replacement	0	Membrane replacement	45 [€/year]		0,084 €/m3
Consumeables	0	Consumeables	0 [€/year]		0,000 €/m3
Filter replacement	1	Filter replacement	110 [€/year]		0,206 €/m3
UV lamp replacement	1	UV lamp replacement	168 [€/year]		0,315 €/m3
Moving parts in pumps	1	Moving parts in pumps	260 [€/year]		0,487 €/m3
Totaal	100	Total	20920 [€/year]		39,18 €/m3 DW
Excluding: building, disposal of RO concentrate/ iron sludge / waste / excess water, groundwater well exploitation					39,18 €/m3 DW + HW

Figuur 22: Scenario 2e

UITKOMSTEN BEREKENING					
	percentage		kosten		prijs per m3
rente + afschrijving	49	rente + afschrijving	12240 [€/year]		22,921 €/m3
bedrijfsvoering + onderhoud	20	bedrijfsvoering + onderhoud	4964 [€/year]		9,296 €/m3
personeelskosten	7	personeelskosten	1704 [€/year]		3,191 €/m3
Analysis	10	Water quality analysis	2500 [€/year]		4,682 €/m3
Energy	2	Energy	470 [€/year]		0,880 €/m3
Chemicals	4	Chemicals	957 [€/year]		1,791 €/m3
Membrane replacement	0	Membrane replacement	0 [€/year]		0,000 €/m3
Consumeables	0	Consumeables	55 [€/year]		0,103 €/m3
Filter replacement	6	Filter replacement	1630 [€/year]		3,052 €/m3
UV lamp replacement	2	UV lamp replacement	393 [€/year]		0,735 €/m3
Moving parts in pumps	1	Moving parts in pumps	260 [€/year]		0,487 €/m3
Totaal	100	Total	25172 [€/year]		47,14 €/m3 DW
Excluding: building, disposal of RO concentrate/ iron sludge / waste / excess water, groundwater well exploitation					47,14 €/m3 DW + HW

Figuur 23: Scenario 2f

UITKOMSTEN BEREKENING					
	percentage		kosten		prijs per m3
rente + afschrijving	38	rente + afschrijving	4604 [€/year]		8,622 €/m3
bedrijfsvoering + onderhoud	15	bedrijfsvoering + onderhoud	1867 [€/year]		3,497 €/m3
personeelskosten	14	personeelskosten	1704 [€/year]		3,191 €/m3
Analysis	20	Water quality analysis	2500 [€/year]		4,682 €/m3
Energy	2	Energy	227 [€/year]		0,424 €/m3
Chemicals	7	Chemicals	898 [€/year]		1,682 €/m3
Membrane replacement	0	Membrane replacement	52 [€/year]		0,097 €/m3
Consumeables	0	Consumeables	0 [€/year]		0,000 €/m3
Filter replacement	1	Filter replacement	86 [€/year]		0,160 €/m3
UV lamp replacement	1	UV lamp replacement	168 [€/year]		0,315 €/m3
Moving parts in pumps	1	Moving parts in pumps	130 [€/year]		0,243 €/m3
Totaal	100	Total	12236 [€/year]		22,91 €/m3 DW
Excluding: building, disposal of RO concentrate/ iron sludge / waste / excess water, groundwater well exploitation					22,91 €/m3 DW + HW

Figuur 24: Scenario 2g

UITKOMSTEN BEREKENING					
	percentage		kosten		prijs per m3
rente + afschrijving	37	rente + afschrijving	4472 [€/year]		8,375 €/m3
bedrijfsvoering + onderhoud	15	bedrijfsvoering + onderhoud	1814 [€/year]		3,396 €/m3
personeelskosten	14	personeelskosten	1704 [€/year]		3,191 €/m3
Analysis	21	Water quality analysis	2500 [€/year]		4,682 €/m3
Energy	2	Energy	227 [€/year]		0,424 €/m3
Chemicals	7	Chemicals	898 [€/year]		1,682 €/m3
Membrane replacement	0	Membrane replacement	45 [€/year]		0,084 €/m3
Consumeables	0	Consumeables	0 [€/year]		0,000 €/m3
Filter replacement	1	Filter replacement	86 [€/year]		0,160 €/m3
UV lamp replacement	1	UV lamp replacement	168 [€/year]		0,315 €/m3
Moving parts in pumps	1	Moving parts in pumps	130 [€/year]		0,243 €/m3
Totaal	100	Total	12043 [€/year]		22,55 €/m3 DW
Excluding: building, disposal of RO concentrate/ iron sludge / waste / excess water, groundwater well exploitation					22,55 €/m3 DW + HW

Figuur 25: Scenario 2h

UITKOMSTEN BEREKENING					
	percentage		kosten		prijs per m3
rente + afschrijving	41	rente + afschrijving	5916 [€/year]		11,078 €/m3
bedrijfsvoering + onderhoud	17	bedrijfsvoering + onderhoud	2399 [€/year]		4,493 €/m3
personeelskosten	12	personeelskosten	1704 [€/year]		3,191 €/m3
Analysis	17	Water quality analysis	2500 [€/year]		4,682 €/m3
Energy	3	Energy	375 [€/year]		0,702 €/m3
Chemicals	0	Chemicals	58 [€/year]		0,109 €/m3
Membrane replacement	0	Membrane replacement	0 [€/year]		0,000 €/m3
Consumeables	0	Consumeables	55 [€/year]		0,103 €/m3
Filter replacement	6	Filter replacement	846 [€/year]		1,584 €/m3
UV lamp replacement	3	UV lamp replacement	393 [€/year]		0,735 €/m3
Moving parts in pumps	1	Moving parts in pumps	130 [€/year]		0,243 €/m3
Totaal	100	Total	14375 [€/year]		26,92 €/m3 DW
Excluding: building, disposal of RO concentrate/ iron sludge / waste / excess water, groundwater well exploitation					26,92 €/m3 DW + HW

Figuur 26: Scenario 2i

UITKOMSTEN BEREKENING					
	percentage		kosten		prijs per m3
rente + afschrijving	42	rente + afschrijving	6565 [€/year]		39,790 €/m3
bedrijfsvoering + onderhoud	17	bedrijfsvoering + onderhoud	2663 [€/year]		16,137 €/m3
personeelskosten	11	personeelskosten	1704 [€/year]		10,327 €/m3
Analysis	16	Water quality analysis	2500 [€/year]		15,152 €/m3
Energy	3	Energy	518 [€/year]		3,137 €/m3
Chemicals	2	Chemicals	278 [€/year]		1,682 €/m3
Membrane replacement	0	Membrane replacement	37 [€/year]		0,226 €/m3
Consumeables	0	Consumeables	0 [€/year]		0,000 €/m3
Filter replacement	6	Filter replacement	946 [€/year]		5,735 €/m3
UV lamp replacement	1	UV lamp replacement	168 [€/year]		1,016 €/m3
Moving parts in pumps	2	Moving parts in pumps	390 [€/year]		2,364 €/m3
Totaal	100	Total	15768 [€/year]		95,57 €/m3 DW
Excluding: building, disposal of RO concentrate/ iron sludge / waste / excess water, groundwater well exploitation					29,53 €/m3 DW + HW

Figuur 27: Scenario 3a

UITKOMSTEN BEREKENING					
	percentage		kosten		prijs per m3
rente + afschrijving	42	rente + afschrijving	6517 [€/year]		39,497 €/m3
bedrijfsvoering + onderhoud	17	bedrijfsvoering + onderhoud	2643 [€/year]		16,018 €/m3
personeelskosten	11	personeelskosten	1704 [€/year]		10,327 €/m3
Analysis	16	Water quality analysis	2500 [€/year]		15,152 €/m3
Energy	3	Energy	420 [€/year]		2,545 €/m3
Chemicals	2	Chemicals	278 [€/year]		1,682 €/m3
Membrane replacement	0	Membrane replacement	35 [€/year]		0,213 €/m3
Consumeables	0	Consumeables	0 [€/year]		0,000 €/m3
Filter replacement	6	Filter replacement	928 [€/year]		5,627 €/m3
UV lamp replacement	1	UV lamp replacement	168 [€/year]		1,016 €/m3
Moving parts in pumps	3	Moving parts in pumps	390 [€/year]		2,364 €/m3
Totaal	100	Total	15583 [€/year]		94,44 €/m3 DW
Excluding: building, disposal of RO concentrate/ iron sludge / waste / excess water, groundwater well exploitation					29,18 €/m3 DW + HW

Figuur 28: Scenario 3b

UITKOMSTEN BEREKENING					
	percentage		kosten		prijs per m3
rente + afschrijving	40	rente + afschrijving	6546 [€/year]		39,671 €/m3
bedrijfsvoering + onderhoud	16	bedrijfsvoering + onderhoud	2655 [€/year]		16,088 €/m3
personeelskosten	11	personeelskosten	1704 [€/year]		10,327 €/m3
Analysis	15	Water quality analysis	2500 [€/year]		15,152 €/m3
Energy	3	Energy	457 [€/year]		2,770 €/m3
Chemicals	0	Chemicals	58 [€/year]		0,354 €/m3
Membrane replacement	0	Membrane replacement	0 [€/year]		0,000 €/m3
Consumeables	0	Consumeables	17 [€/year]		0,103 €/m3
Filter replacement	10	Filter replacement	1621 [€/year]		9,822 €/m3
UV lamp replacement	2	UV lamp replacement	384 [€/year]		2,327 €/m3
Moving parts in pumps	2	Moving parts in pumps	260 [€/year]		1,576 €/m3
Totaal	100	Total	16201 [€/year]		98,19 €/m3 DW
Excluding: building, disposal of RO concentrate/ iron sludge / waste / excess water, groundwater well exploitation					30,34 €/m3 DW + HW

Figuur 29: Scenario 3c

UITKOMSTEN BEREKENING					
	percentage		kosten		prijs per m3
rente + afschrijving	52	rente + afschrijving	10531 [€/year]		63,825 €/m3
bedrijfsvoering + onderhoud	21	bedrijfsvoering + onderhoud	4271 [€/year]		25,884 €/m3
personeelskosten	8	personeelskosten	1704 [€/year]		10,327 €/m3
Analysis	12	Water quality analysis	2500 [€/year]		15,152 €/m3
Energy	2	Energy	372 [€/year]		2,253 €/m3
Chemicals	1	Chemicals	278 [€/year]		1,682 €/m3
Membrane replacement	0	Membrane replacement	37 [€/year]		0,226 €/m3
Consumeables	0	Consumeables	0 [€/year]		0,000 €/m3
Filter replacement	1	Filter replacement	106 [€/year]		0,643 €/m3
UV lamp replacement	1	UV lamp replacement	168 [€/year]		1,016 €/m3
Moving parts in pumps	1	Moving parts in pumps	260 [€/year]		1,576 €/m3
Totaal	100	Total	20226 [€/year]		122,58 €/m3 DW
Excluding: building, disposal of RO concentrate/ iron sludge / waste / excess water, groundwater well exploitation					37,88 €/m3 DW + HW

Figuur 30: Scenario 3d

UITKOMSTEN BEREKENING					
	percentage		kosten		prijs per m3
rente + afschrijving	52	rente + afschrijving	10485 [€/year]		63,546 €/m3
bedrijfsvoering + onderhoud	21	bedrijfsvoering + onderhoud	4252 [€/year]		25,771 €/m3
personeelskosten	8	personeelskosten	1704 [€/year]		10,327 €/m3
Analysis	12	Water quality analysis	2500 [€/year]		15,152 €/m3
Energy	2	Energy	323 [€/year]		1,955 €/m3
Chemicals	1	Chemicals	278 [€/year]		1,682 €/m3
Membrane replacement	0	Membrane replacement	35 [€/year]		0,213 €/m3
Consumeables	0	Consumeables	0 [€/year]		0,000 €/m3
Filter replacement	1	Filter replacement	106 [€/year]		0,643 €/m3
UV lamp replacement	1	UV lamp replacement	168 [€/year]		1,016 €/m3
Moving parts in pumps	1	Moving parts in pumps	260 [€/year]		1,576 €/m3
Totaal	100	Total	20110 [€/year]		121,88 €/m3 DW
Excluding: building, disposal of RO concentrate/ iron sludge / waste / excess water, groundwater well exploitation					37,66 €/m3 DW + HW

Figuur 31: Scenario 3e

UITKOMSTEN BEREKENING					
	percentage		kosten		prijs per m3
rente + afschrijving	50	rente + afschrijving	12423 [€/year]		75,291 €/m3
bedrijfsvoering + onderhoud	20	bedrijfsvoering + onderhoud	5038 [€/year]		30,534 €/m3
personeelskosten	7	personeelskosten	1704 [€/year]		10,327 €/m3
Analysis	10	Water quality analysis	2500 [€/year]		15,152 €/m3
Energy	2	Energy	458 [€/year]		2,776 €/m3
Chemicals	1	Chemicals	336 [€/year]		2,036 €/m3
Membrane replacement	0	Membrane replacement	0 [€/year]		0,000 €/m3
Consumeables	0	Consumeables	17 [€/year]		0,103 €/m3
Filter replacement	7	Filter replacement	1626 [€/year]		9,854 €/m3
UV lamp replacement	2	UV lamp replacement	384 [€/year]		2,327 €/m3
Moving parts in pumps	1	Moving parts in pumps	260 [€/year]		1,576 €/m3
Totaal	100	Total	24746 [€/year]		149,97 €/m3 DW
Excluding: building, disposal of RO concentrate/ iron sludge / waste / excess water, groundwater well exploitation					46,34 €/m3 DW + HW

Figuur 32: Scenario 3f

UITKOMSTEN BEREKENING					
	percentage		kosten		prijs per m3
rente + afschrijving	40	rente + afschrijving	4568 [€/year]		27,682 €/m3
bedrijfsvoering + onderhoud	16	bedrijfsvoering + onderhoud	1852 [€/year]		11,226 €/m3
personeelskosten	15	personeelskosten	1704 [€/year]		10,327 €/m3
Analysis	22	Water quality analysis	2500 [€/year]		15,152 €/m3
Energy	2	Energy	224 [€/year]		1,359 €/m3
Chemicals	2	Chemicals	278 [€/year]		1,682 €/m3
Membrane replacement	0	Membrane replacement	37 [€/year]		0,226 €/m3
Consumeables	0	Consumeables	0 [€/year]		0,000 €/m3
Filter replacement	1	Filter replacement	82 [€/year]		0,495 €/m3
UV lamp replacement	1	UV lamp replacement	168 [€/year]		1,016 €/m3
Moving parts in pumps	1	Moving parts in pumps	130 [€/year]		0,788 €/m3
Totaal	100	Total	11542 [€/year]		69,95 €/m3 DW
Excluding: building, disposal of RO concentrate/ iron sludge / waste / excess water, groundwater well exploitation					21,61 €/m3 DW + HW

Figuur 33: Scenario 3g

UITKOMSTEN BEREKENING					
	percentage		kosten		prijs per m3
rente + afschrijving	39	rente + afschrijving	4527 [€/year]		27,434 €/m3
bedrijfsvoering + onderhoud	16	bedrijfsvoering + onderhoud	1836 [€/year]		11,126 €/m3
personeelskosten	15	personeelskosten	1704 [€/year]		10,327 €/m3
Analysis	22	Water quality analysis	2500 [€/year]		15,152 €/m3
Energy	2	Energy	224 [€/year]		1,359 €/m3
Chemicals	2	Chemicals	278 [€/year]		1,682 €/m3
Membrane replacement	0	Membrane replacement	35 [€/year]		0,213 €/m3
Consumeables	0	Consumeables	0 [€/year]		0,000 €/m3
Filter replacement	1	Filter replacement	82 [€/year]		0,495 €/m3
UV lamp replacement	1	UV lamp replacement	168 [€/year]		1,016 €/m3
Moving parts in pumps	1	Moving parts in pumps	130 [€/year]		0,788 €/m3
Totaal	100	Total	11483 [€/year]		69,59 €/m3 DW
Excluding: building, disposal of RO concentrate/ iron sludge / waste / excess water, groundwater well exploitation					21,50 €/m3 DW + HW

Figuur 34: Scenario 3h

UITKOMSTEN BEREKENING					
	percentage		kosten		prijs per m3
rente + afschrijving	41	rente + afschrijving	5680 [€/year]		34,423 €/m3
bedrijfsvoering + onderhoud	17	bedrijfsvoering + onderhoud	2303 [€/year]		13,960 €/m3
personeelskosten	12	personeelskosten	1704 [€/year]		10,327 €/m3
Analysis	18	Water quality analysis	2500 [€/year]		15,152 €/m3
Energy	2	Energy	253 [€/year]		1,531 €/m3
Chemicals	0	Chemicals	58 [€/year]		0,354 €/m3
Membrane replacement	0	Membrane replacement	0 [€/year]		0,000 €/m3
Consumeables	0	Consumeables	17 [€/year]		0,103 €/m3
Filter replacement	6	Filter replacement	846 [€/year]		5,126 €/m3
UV lamp replacement	3	UV lamp replacement	384 [€/year]		2,327 €/m3
Moving parts in pumps	1	Moving parts in pumps	130 [€/year]		0,788 €/m3
Totaal	100	Total	13875 [€/year]		84,09 €/m3 DW
Excluding: building, disposal of RO concentrate/ iron sludge / waste / excess water, groundwater well exploitation					25,98 €/m3 DW + HW

Figuur 35: Scenario 3i

UITKOMSTEN BEREKENING					
	percentage		kosten		prijs per m3
rente + afschrijving	41	rente + afschrijving	26061 [€/year]		1,629 €/m3
bedrijfsvoering + onderhoud	17	bedrijfsvoering + onderhoud	10569 [€/year]		0,661 €/m3
personeelskosten	3	personeelskosten	1848 [€/year]		0,116 €/m3
Analysis	4	Water quality analysis	2500 [€/year]		0,156 €/m3
Energy	23	Energy	14588 [€/year]		0,912 €/m3
Chemicals	4	Chemicals	2578 [€/year]		0,161 €/m3
Membrane replacement	0	Membrane replacement	245 [€/year]		0,015 €/m3
Consumeables	3	Consumeables	1787 [€/year]		0,112 €/m3
Filter replacement	4	Filter replacement	2555 [€/year]		0,160 €/m3
UV lamp replacement	0	UV lamp replacement	201 [€/year]		0,013 €/m3
Moving parts in pumps	1	Moving parts in pumps	390 [€/year]		0,024 €/m3
Totaal	100	Total	63322 [€/year]		3,96 €/m3 DW
Excluding: building, disposal of RO concentrate/ iron sludge / waste / excess water, groundwater well exploitation					3,96 €/m3 DW + HW

Figuur 36: Scenario 4a

UITKOMSTEN BEREKENING					
	percentage		kosten		prijs per m3
rente + afschrijving	42	rente + afschrijving	25385 [€/year]		1,587 €/m3
bedrijfsvoering + onderhoud	17	bedrijfsvoering + onderhoud	10295 [€/year]		0,643 €/m3
personeelskosten	3	personeelskosten	1848 [€/year]		0,116 €/m3
Analysis	4	Water quality analysis	2500 [€/year]		0,156 €/m3
Energy	22	Energy	13208 [€/year]		0,826 €/m3
Chemicals	4	Chemicals	2578 [€/year]		0,161 €/m3
Membrane replacement	0	Membrane replacement	214 [€/year]		0,013 €/m3
Consumeables	3	Consumeables	1787 [€/year]		0,112 €/m3
Filter replacement	4	Filter replacement	2306 [€/year]		0,144 €/m3
UV lamp replacement	0	UV lamp replacement	201 [€/year]		0,013 €/m3
Moving parts in pumps	1	Moving parts in pumps	390 [€/year]		0,024 €/m3
Totaal	100	Total	60712 [€/year]		3,79 €/m3 DW
Excluding: building, disposal of RO concentrate/ iron sludge / waste / excess water, groundwater well exploitation					3,79 €/m3 DW + HW

Figuur 37: Scenario 4b

UITKOMSTEN BEREKENING					
	percentage		kosten		prijs per m3
rente + afschrijving	38	rente + afschrijving	17660 [€/year]		1,104 €/m3
bedrijfsvoering + onderhoud	16	bedrijfsvoering + onderhoud	7162 [€/year]		0,448 €/m3
personeelskosten	4	personeelskosten	1800 [€/year]		0,113 €/m3
Analysis	5	Water quality analysis	2500 [€/year]		0,156 €/m3
Energy	18	Energy	8392 [€/year]		0,524 €/m3
Chemicals	4	Chemicals	1765 [€/year]		0,110 €/m3
Membrane replacement	0	Membrane replacement	0 [€/year]		0,000 €/m3
Consumeables	4	Consumeables	1642 [€/year]		0,103 €/m3
Filter replacement	9	Filter replacement	4026 [€/year]		0,252 €/m3
UV lamp replacement	2	UV lamp replacement	755 [€/year]		0,047 €/m3
Moving parts in pumps	1	Moving parts in pumps	260 [€/year]		0,016 €/m3
Totaal	100	Total	45961 [€/year]		2,87 €/m3 DW
Excluding: building, disposal of RO concentrate/ iron sludge / waste / excess water, groundwater well exploitation					2,87 €/m3 DW + HW

Figuur 38: Scenario 4c

UITKOMSTEN BEREKENING					
	percentage		kosten		prijs per m3
rente + afschrijving	60	rente + afschrijving	69720 [€/year]		4,357 €/m3
bedrijfsvoering + onderhoud	24	bedrijfsvoering + onderhoud	28274 [€/year]		1,767 €/m3
personeelskosten	2	personeelskosten	1848 [€/year]		0,116 €/m3
Analysis	2	Water quality analysis	2500 [€/year]		0,156 €/m3
Energy	8	Energy	9817 [€/year]		0,614 €/m3
Chemicals	2	Chemicals	2578 [€/year]		0,161 €/m3
Membrane replacement	0	Membrane replacement	248 [€/year]		0,016 €/m3
Consumeables	0	Consumeables	199 [€/year]		0,012 €/m3
Filter replacement	0	Filter replacement	55 [€/year]		0,003 €/m3
UV lamp replacement	0	UV lamp replacement	201 [€/year]		0,013 €/m3
Moving parts in pumps	0	Moving parts in pumps	260 [€/year]		0,016 €/m3
Totaal	100	Total	115699 [€/year]		7,23 €/m3 DW
Excluding: building, disposal of RO concentrate/ iron sludge / waste / excess water, groundwater well exploitation					7,23 €/m3 DW + HW

Figuur 39: Scenario 4d

UITKOMSTEN BEREKENING					
	percentage		kosten		prijs per m3
rente + afschrijving	61	rente + afschrijving	69018 [€/year]		4,314 €/m3
bedrijfsvoering + onderhoud	25	bedrijfsvoering + onderhoud	27990 [€/year]		1,749 €/m3
personeelskosten	2	personeelskosten	1848 [€/year]		0,116 €/m3
Analysis	2	Water quality analysis	2500 [€/year]		0,156 €/m3
Energy	8	Energy	9119 [€/year]		0,570 €/m3
Chemicals	2	Chemicals	2578 [€/year]		0,161 €/m3
Membrane replacement	0	Membrane replacement	217 [€/year]		0,014 €/m3
Consumeables	0	Consumeables	191 [€/year]		0,012 €/m3
Filter replacement	0	Filter replacement	55 [€/year]		0,003 €/m3
UV lamp replacement	0	UV lamp replacement	201 [€/year]		0,013 €/m3
Moving parts in pumps	0	Moving parts in pumps	260 [€/year]		0,016 €/m3
Totaal	100	Total	113977 [€/year]		7,12 €/m3 DW
Excluding: building, disposal of RO concentrate/ iron sludge / waste / excess water, groundwater well exploitation					7,12 €/m3 DW + HW

Figuur 40: Scenario 4e

UITKOMSTEN BEREKENING					
	percentage		kosten		prijs per m3
rente + afschrijving	57	rente + afschrijving	68903 [€/year]		4,306 €/m3
bedrijfsvoering + onderhoud	23	bedrijfsvoering + onderhoud	27943 [€/year]		1,746 €/m3
personeelskosten	1	personeelskosten	1800 [€/year]		0,113 €/m3
Analysis	2	Water quality analysis	2500 [€/year]		0,156 €/m3
Energy	7	Energy	8344 [€/year]		0,522 €/m3
Chemicals	4	Chemicals	4325 [€/year]		0,270 €/m3
Membrane replacement	0	Membrane replacement	0 [€/year]		0,000 €/m3
Consumeables	1	Consumeables	1787 [€/year]		0,112 €/m3
Filter replacement	3	Filter replacement	4001 [€/year]		0,250 €/m3
UV lamp replacement	1	UV lamp replacement	755 [€/year]		0,047 €/m3
Moving parts in pumps	0	Moving parts in pumps	260 [€/year]		0,016 €/m3
Totaal	100	Total	120619 [€/year]		7,54 €/m3 DW
Excluding: building, disposal of RO concentrate/ iron sludge / waste / excess water, groundwater well exploitation					7,54 €/m3 DW + HW

Figuur 41: Scenario 4f

UITKOMSTEN BEREKENING					
	percentage		kosten		prijs per m3
rente + afschrijving	47	rente + afschrijving	18719 [€/year]		1,170 €/m3
bedrijfsvoering + onderhoud	19	bedrijfsvoering + onderhoud	7591 [€/year]		0,474 €/m3
personeelskosten	5	personeelskosten	1848 [€/year]		0,116 €/m3
Analysis	6	Water quality analysis	2500 [€/year]		0,156 €/m3
Energy	12	Energy	4766 [€/year]		0,298 €/m3
Chemicals	6	Chemicals	2578 [€/year]		0,161 €/m3
Membrane replacement	1	Membrane replacement	243 [€/year]		0,015 €/m3
Consumeables	4	Consumeables	1787 [€/year]		0,112 €/m3
Filter replacement	0	Filter replacement	0 [€/year]		0,000 €/m3
UV lamp replacement	0	UV lamp replacement	0 [€/year]		0,000 €/m3
Moving parts in pumps	0	Moving parts in pumps	130 [€/year]		0,008 €/m3
Totaal	100	Total	40162 [€/year]		2,51 €/m3 DW
Excluding: building, disposal of RO concentrate/ iron sludge / waste / excess water, groundwater well exploitation					2,51 €/m3 DW + HW

Figuur 42: Scenario 4g

UITKOMSTEN BEREKENING					
	percentage		kosten		prijs per m3
rente + afschrijving	46	rente + afschrijving	18153 [€/year]		1,135 €/m3
bedrijfsvoering + onderhoud	19	bedrijfsvoering + onderhoud	7362 [€/year]		0,460 €/m3
personeelskosten	5	personeelskosten	1848 [€/year]		0,116 €/m3
Analysis	6	Water quality analysis	2500 [€/year]		0,156 €/m3
Energy	12	Energy	4766 [€/year]		0,298 €/m3
Chemicals	7	Chemicals	2578 [€/year]		0,161 €/m3
Membrane replacement	1	Membrane replacement	212 [€/year]		0,013 €/m3
Consumeables	5	Consumeables	1787 [€/year]		0,112 €/m3
Filter replacement	0	Filter replacement	0 [€/year]		0,000 €/m3
UV lamp replacement	0	UV lamp replacement	0 [€/year]		0,000 €/m3
Moving parts in pumps	0	Moving parts in pumps	130 [€/year]		0,008 €/m3
Totaal	100	Total	39335 [€/year]		2,46 €/m3 DW
Excluding: building, disposal of RO concentrate/ iron sludge / waste / excess water, groundwater well exploitation					2,46 €/m3 DW + HW

Figuur 43: Scenario 4h

UITKOMSTEN BEREKENING					
	percentage		kosten		prijs per m3
rente + afschrijving	42	rente + afschrijving	16560 [€/year]		1,035 €/m3
bedrijfsvoering + onderhoud	17	bedrijfsvoering + onderhoud	6716 [€/year]		0,420 €/m3
personeelskosten	5	personeelskosten	1800 [€/year]		0,113 €/m3
Analysis	6	Water quality analysis	2500 [€/year]		0,156 €/m3
Energy	14	Energy	5485 [€/year]		0,343 €/m3
Chemicals	4	Chemicals	1748 [€/year]		0,109 €/m3
Membrane replacement	0	Membrane replacement	0 [€/year]		0,000 €/m3
Consumeables	4	Consumeables	1642 [€/year]		0,103 €/m3
Filter replacement	5	Filter replacement	1847 [€/year]		0,115 €/m3
UV lamp replacement	2	UV lamp replacement	755 [€/year]		0,047 €/m3
Moving parts in pumps	0	Moving parts in pumps	130 [€/year]		0,008 €/m3
Totaal	100	Total	39183 [€/year]		2,45 €/m3 DW
Excluding: building, disposal of RO concentrate/ iron sludge / waste / excess water, groundwater well exploitation					2,45 €/m3 DW + HW

Figuur 44: Scenario 4i

UITKOMSTEN BEREKENING					
	percentage		kosten		prijs per m3
rente + afschrijving	42	rente + afschrijving	24670 [€/year]		1,861 €/m3
bedrijfsvoering + onderhoud	17	bedrijfsvoering + onderhoud	10005 [€/year]		0,755 €/m3
personeelskosten	3	personeelskosten	1848 [€/year]		0,139 €/m3
Analysis	4	Water quality analysis	2500 [€/year]		0,189 €/m3
Energy	22	Energy	12915 [€/year]		0,974 €/m3
Chemicals	4	Chemicals	2136 [€/year]		0,161 €/m3
Membrane replacement	0	Membrane replacement	208 [€/year]		0,016 €/m3
Consumeables	3	Consumeables	1481 [€/year]		0,112 €/m3
Filter replacement	4	Filter replacement	2256 [€/year]		0,170 €/m3
UV lamp replacement	0	UV lamp replacement	195 [€/year]		0,015 €/m3
Moving parts in pumps	1	Moving parts in pumps	390 [€/year]		0,029 €/m3
Totaal	100	Total	58604 [€/year]		4,42 €/m3 DW
Excluding: building, disposal of RO concentrate/ iron sludge / waste / excess water, groundwater well exploitation					3,66 €/m3 DW + HW

Figuur 45: Scenario 5a

UITKOMSTEN BEREKENING					
	percentage		kosten		prijs per m3
rente + afschrijving	43	rente + afschrijving	24109 [€/year]		1,819 €/m3
bedrijfsvoering + onderhoud	17	bedrijfsvoering + onderhoud	9777 [€/year]		0,738 €/m3
personeelskosten	3	personeelskosten	1848 [€/year]		0,139 €/m3
Analysis	4	Water quality analysis	2500 [€/year]		0,189 €/m3
Energy	21	Energy	11772 [€/year]		0,888 €/m3
Chemicals	4	Chemicals	2136 [€/year]		0,161 €/m3
Membrane replacement	0	Membrane replacement	183 [€/year]		0,014 €/m3
Consumeables	3	Consumeables	1481 [€/year]		0,112 €/m3
Filter replacement	4	Filter replacement	2050 [€/year]		0,155 €/m3
UV lamp replacement	0	UV lamp replacement	195 [€/year]		0,015 €/m3
Moving parts in pumps	1	Moving parts in pumps	390 [€/year]		0,029 €/m3
Totaal	100	Total	56441 [€/year]		4,26 €/m3 DW
Excluding: building, disposal of RO concentrate/ iron sludge / waste / excess water, groundwater well exploitation					3,53 €/m3 DW + HW

Figuur 46: Scenario 5b

UITKOMSTEN BEREKENING					
	percentage		kosten		prijs per m3
rente + afschrijving	38	rente + afschrijving	16864 [€/year]		1,272 €/m3
bedrijfsvoering + onderhoud	15	bedrijfsvoering + onderhoud	6839 [€/year]		0,516 €/m3
personeelskosten	4	personeelskosten	1800 [€/year]		0,136 €/m3
Analysis	6	Water quality analysis	2500 [€/year]		0,189 €/m3
Energy	19	Energy	8303 [€/year]		0,626 €/m3
Chemicals	4	Chemicals	1765 [€/year]		0,133 €/m3
Membrane replacement	0	Membrane replacement	0 [€/year]		0,000 €/m3
Consumeables	3	Consumeables	1360 [€/year]		0,103 €/m3
Filter replacement	9	Filter replacement	4026 [€/year]		0,304 €/m3
UV lamp replacement	2	UV lamp replacement	691 [€/year]		0,052 €/m3
Moving parts in pumps	1	Moving parts in pumps	260 [€/year]		0,020 €/m3
Totaal	100	Total	44408 [€/year]		3,35 €/m3 DW
Excluding: building, disposal of RO concentrate/ iron sludge / waste / excess water, groundwater well exploitation					2,78 €/m3 DW + HW

Figuur 47: Scenario 5c

UITKOMSTEN BEREKENING					
	percentage		kosten		prijs per m3
rente + afschrijving	61	rente + afschrijving	68329 [€/year]		5,154 €/m3
bedrijfsvoering + onderhoud	25	bedrijfsvoering + onderhoud	27710 [€/year]		2,090 €/m3
personeelskosten	2	personeelskosten	1848 [€/year]		0,139 €/m3
Analysis	2	Water quality analysis	2500 [€/year]		0,189 €/m3
Energy	8	Energy	8962 [€/year]		0,676 €/m3
Chemicals	2	Chemicals	2136 [€/year]		0,161 €/m3
Membrane replacement	0	Membrane replacement	211 [€/year]		0,016 €/m3
Consumeables	0	Consumeables	165 [€/year]		0,012 €/m3
Filter replacement	0	Filter replacement	55 [€/year]		0,004 €/m3
UV lamp replacement	0	UV lamp replacement	195 [€/year]		0,015 €/m3
Moving parts in pumps	0	Moving parts in pumps	260 [€/year]		0,020 €/m3
Totaal	100	Total	112370 [€/year]		8,48 €/m3 DW
Excluding: building, disposal of RO concentrate/ iron sludge / waste / excess water, groundwater well exploitation					7,02 €/m3 DW + HW

Figuur 48: Scenario 5d

UITKOMSTEN BEREKENING					
	percentage		kosten		prijs per m3
rente + afschrijving	61	rente + afschrijving	67747 [€/year]		5,110 €/m3
bedrijfsvoering + onderhoud	25	bedrijfsvoering + onderhoud	27475 [€/year]		2,072 €/m3
personeelskosten	2	personeelskosten	1848 [€/year]		0,139 €/m3
Analysis	2	Water quality analysis	2500 [€/year]		0,189 €/m3
Energy	8	Energy	8383 [€/year]		0,632 €/m3
Chemicals	2	Chemicals	2136 [€/year]		0,161 €/m3
Membrane replacement	0	Membrane replacement	185 [€/year]		0,014 €/m3
Consumeables	0	Consumeables	159 [€/year]		0,012 €/m3
Filter replacement	0	Filter replacement	55 [€/year]		0,004 €/m3
UV lamp replacement	0	UV lamp replacement	195 [€/year]		0,015 €/m3
Moving parts in pumps	0	Moving parts in pumps	260 [€/year]		0,020 €/m3
Totaal	100	Total	110943 [€/year]		8,37 €/m3 DW
Excluding: building, disposal of RO concentrate/ iron sludge / waste / excess water, groundwater well exploitation					6,93 €/m3 DW + HW

Figuur 49: Scenario 5e

UITKOMSTEN BEREKENING					
	percentage		kosten		prijs per m3
rente + afschrijving	57	rente + afschrijving	67693 [€/year]		5,106 €/m3
bedrijfsvoering + onderhoud	23	bedrijfsvoering + onderhoud	27453 [€/year]		2,071 €/m3
personeelskosten	2	personeelskosten	1800 [€/year]		0,136 €/m3
Analysis	2	Water quality analysis	2500 [€/year]		0,189 €/m3
Energy	7	Energy	8255 [€/year]		0,623 €/m3
Chemicals	3	Chemicals	3883 [€/year]		0,293 €/m3
Membrane replacement	0	Membrane replacement	0 [€/year]		0,000 €/m3
Consumeables	1	Consumeables	1481 [€/year]		0,112 €/m3
Filter replacement	3	Filter replacement	4001 [€/year]		0,302 €/m3
UV lamp replacement	1	UV lamp replacement	691 [€/year]		0,052 €/m3
Moving parts in pumps	0	Moving parts in pumps	260 [€/year]		0,020 €/m3
Totaal	100	Total	118017 [€/year]		8,90 €/m3 DW
Excluding: building, disposal of RO concentrate/ iron sludge / waste / excess water, groundwater well exploitation					7,38 €/m3 DW + HW

Figuur 50: Scenario 5f

UITKOMSTEN BEREKENING					
	percentage		kosten		prijs per m3
rente + afschrijving	46	rente + afschrijving	17498 [€/year]		1,320 €/m3
bedrijfsvoering + onderhoud	19	bedrijfsvoering + onderhoud	7096 [€/year]		0,535 €/m3
personeelskosten	5	personeelskosten	1848 [€/year]		0,139 €/m3
Analysis	7	Water quality analysis	2500 [€/year]		0,189 €/m3
Energy	13	Energy	4766 [€/year]		0,359 €/m3
Chemicals	6	Chemicals	2136 [€/year]		0,161 €/m3
Membrane replacement	1	Membrane replacement	206 [€/year]		0,016 €/m3
Consumeables	4	Consumeables	1481 [€/year]		0,112 €/m3
Filter replacement	0	Filter replacement	0 [€/year]		0,000 €/m3
UV lamp replacement	0	UV lamp replacement	0 [€/year]		0,000 €/m3
Moving parts in pumps	0	Moving parts in pumps	130 [€/year]		0,010 €/m3
Totaal	100	Total	37660 [€/year]		2,84 €/m3 DW
Excluding: building, disposal of RO concentrate/ iron sludge / waste / excess water, groundwater well exploitation					2,35 €/m3 DW + HW

Figuur 51: Scenario 5g

UITKOMSTEN BEREKENING					
	percentage		kosten		prijs per m3
rente + afschrijving	46	rente + afschrijving	17028 [€/year]		1,284 €/m3
bedrijfsvoering + onderhoud	19	bedrijfsvoering + onderhoud	6906 [€/year]		0,521 €/m3
personeelskosten	5	personeelskosten	1848 [€/year]		0,139 €/m3
Analysis	7	Water quality analysis	2500 [€/year]		0,189 €/m3
Energy	13	Energy	4766 [€/year]		0,359 €/m3
Chemicals	6	Chemicals	2136 [€/year]		0,161 €/m3
Membrane replacement	0	Membrane replacement	181 [€/year]		0,014 €/m3
Consumeables	4	Consumeables	1481 [€/year]		0,112 €/m3
Filter replacement	0	Filter replacement	0 [€/year]		0,000 €/m3
UV lamp replacement	0	UV lamp replacement	0 [€/year]		0,000 €/m3
Moving parts in pumps	0	Moving parts in pumps	130 [€/year]		0,010 €/m3
Totaal	100	Total	36975 [€/year]		2,79 €/m3 DW
Excluding: building, disposal of RO concentrate/ iron sludge / waste / excess water, groundwater well exploitation					2,31 €/m3 DW + HW

Figuur 52: Scenario 5h

UITKOMSTEN BEREKENING					
	percentage		kosten		prijs per m3
rente + afschrijving	42	rente + afschrijving	15764 [€/year]		1,189 €/m3
bedrijfsvoering + onderhoud	17	bedrijfsvoering + onderhoud	6393 [€/year]		0,482 €/m3
personeelskosten	5	personeelskosten	1800 [€/year]		0,136 €/m3
Analysis	7	Water quality analysis	2500 [€/year]		0,189 €/m3
Energy	14	Energy	5396 [€/year]		0,407 €/m3
Chemicals	5	Chemicals	1748 [€/year]		0,132 €/m3
Membrane replacement	0	Membrane replacement	0 [€/year]		0,000 €/m3
Consumeables	4	Consumeables	1360 [€/year]		0,103 €/m3
Filter replacement	5	Filter replacement	1847 [€/year]		0,139 €/m3
UV lamp replacement	2	UV lamp replacement	691 [€/year]		0,052 €/m3
Moving parts in pumps	0	Moving parts in pumps	130 [€/year]		0,010 €/m3
Totaal	100	Total	37629 [€/year]		2,84 €/m3 DW
Excluding: building, disposal of RO concentrate/ iron sludge / waste / excess water, groundwater well exploitation					2,35 €/m3 DW + HW

Figuur 53: Scenario 5i

UITKOMSTEN BEREKENING					
	percentage		kosten		prijs per m3
rente + afschrijving	41	rente + afschrijving	9591 [€/year]		3,836 €/m3
bedrijfsvoering + onderhoud	17	bedrijfsvoering + onderhoud	3890 [€/year]		1,556 €/m3
personeelskosten	8	personeelskosten	1752 [€/year]		0,701 €/m3
Analysis	11	Water quality analysis	2500 [€/year]		1,000 €/m3
Energy	13	Energy	3047 [€/year]		1,219 €/m3
Chemicals	2	Chemicals	403 [€/year]		0,161 €/m3
Membrane replacement	0	Membrane replacement	80 [€/year]		0,032 €/m3
Consumeables	0	Consumeables	23 [€/year]		0,009 €/m3
Filter replacement	6	Filter replacement	1292 [€/year]		0,517 €/m3
UV lamp replacement	1	UV lamp replacement	173 [€/year]		0,069 €/m3
Moving parts in pumps	2	Moving parts in pumps	390 [€/year]		0,156 €/m3
Totaal	100	Total	23140 [€/year]		9,26 €/m3 DW
Excluding: building, disposal of RO concentrate/ iron sludge / waste / excess water, groundwater well exploitation					9,26 €/m3 DW + HW

Figuur 54: Scenario 6a

UITKOMSTEN BEREKENING					
	percentage		kosten		prijs per m3
rente + afschrijving	42	rente + afschrijving	9371 [€/year]		3,749 €/m3
bedrijfsvoering + onderhoud	17	bedrijfsvoering + onderhoud	3801 [€/year]		1,520 €/m3
personeelskosten	8	personeelskosten	1752 [€/year]		0,701 €/m3
Analysis	11	Water quality analysis	2500 [€/year]		1,000 €/m3
Energy	12	Energy	2602 [€/year]		1,041 €/m3
Chemicals	2	Chemicals	403 [€/year]		0,161 €/m3
Membrane replacement	0	Membrane replacement	70 [€/year]		0,028 €/m3
Consumeables	0	Consumeables	23 [€/year]		0,009 €/m3
Filter replacement	5	Filter replacement	1211 [€/year]		0,485 €/m3
UV lamp replacement	1	UV lamp replacement	173 [€/year]		0,069 €/m3
Moving parts in pumps	2	Moving parts in pumps	390 [€/year]		0,156 €/m3
Totaal	100	Total	22296 [€/year]		8,92 €/m3 DW
Excluding: building, disposal of RO concentrate/ iron sludge / waste / excess water, groundwater well exploitation					8,92 €/m3 DW + HW

Figuur 55: Scenario 6b

UITKOMSTEN BEREKENING					
	percentage		kosten		prijs per m3
rente + afschrijving	39	rente + afschrijving	7638 [€/year]		3,055 €/m3
bedrijfsvoering + onderhoud	16	bedrijfsvoering + onderhoud	3098 [€/year]		1,239 €/m3
personeelskosten	9	personeelskosten	1704 [€/year]		0,682 €/m3
Analysis	13	Water quality analysis	2500 [€/year]		1,000 €/m3
Energy	7	Energy	1466 [€/year]		0,587 €/m3
Chemicals	1	Chemicals	273 [€/year]		0,109 €/m3
Membrane replacement	0	Membrane replacement	0 [€/year]		0,000 €/m3
Consumeables	1	Consumeables	256 [€/year]		0,103 €/m3
Filter replacement	10	Filter replacement	1923 [€/year]		0,769 €/m3
UV lamp replacement	2	UV lamp replacement	439 [€/year]		0,175 €/m3
Moving parts in pumps	1	Moving parts in pumps	260 [€/year]		0,104 €/m3
Totaal	100	Total	19558 [€/year]		7,82 €/m3 DW
Excluding: building, disposal of RO concentrate/ iron sludge / waste / excess water, groundwater well exploitation					7,82 €/m3 DW + HW

Figuur 56: Scenario 6c

UITKOMSTEN BEREKENING					
	percentage		kosten		prijs per m3
rente + afschrijving	61	rente + afschrijving	32304 [€/year]		12,922 €/m3
bedrijfsvoering + onderhoud	25	bedrijfsvoering + onderhoud	13101 [€/year]		5,240 €/m3
personeelskosten	3	personeelskosten	1752 [€/year]		0,701 €/m3
Analysis	5	Water quality analysis	2500 [€/year]		1,000 €/m3
Energy	4	Energy	1941 [€/year]		0,777 €/m3
Chemicals	1	Chemicals	403 [€/year]		0,161 €/m3
Membrane replacement	0	Membrane replacement	80 [€/year]		0,032 €/m3
Consumeables	0	Consumeables	0 [€/year]		0,000 €/m3
Filter replacement	0	Filter replacement	131 [€/year]		0,052 €/m3
UV lamp replacement	0	UV lamp replacement	173 [€/year]		0,069 €/m3
Moving parts in pumps	0	Moving parts in pumps	260 [€/year]		0,104 €/m3
Totaal	100	Total	52645 [€/year]		21,06 €/m3 DW
Excluding: building, disposal of RO concentrate/ iron sludge / waste / excess water, groundwater well exploitation					21,06 €/m3 DW + HW

Figuur 57: Scenario 6d

UITKOMSTEN BEREKENING					
	percentage		kosten		prijs per m3
rente + afschrijving	62	rente + afschrijving	32096 [€/year]		12,838 €/m3
bedrijfsvoering + onderhoud	25	bedrijfsvoering + onderhoud	13016 [€/year]		5,206 €/m3
personeelskosten	3	personeelskosten	1752 [€/year]		0,701 €/m3
Analysis	5	Water quality analysis	2500 [€/year]		1,000 €/m3
Energy	3	Energy	1718 [€/year]		0,687 €/m3
Chemicals	1	Chemicals	403 [€/year]		0,161 €/m3
Membrane replacement	0	Membrane replacement	70 [€/year]		0,028 €/m3
Consumeables	0	Consumeables	0 [€/year]		0,000 €/m3
Filter replacement	0	Filter replacement	131 [€/year]		0,052 €/m3
UV lamp replacement	0	UV lamp replacement	173 [€/year]		0,069 €/m3
Moving parts in pumps	0	Moving parts in pumps	260 [€/year]		0,104 €/m3
Totaal	100	Total	52118 [€/year]		20,85 €/m3 DW
Excluding: building, disposal of RO concentrate/ iron sludge / waste / excess water, groundwater well exploitation					20,85 €/m3 DW + HW

Figuur 58: Scenario 6e

UITKOMSTEN BEREKENING					
	percentage		kosten		prijs per m3
rente + afschrijving	60	rente + afschrijving	33692 [€/year]		13,477 €/m3
bedrijfsvoering + onderhoud	24	bedrijfsvoering + onderhoud	13664 [€/year]		5,465 €/m3
personeelskosten	3	personeelskosten	1704 [€/year]		0,682 €/m3
Analysis	4	Water quality analysis	2500 [€/year]		1,000 €/m3
Energy	3	Energy	1471 [€/year]		0,588 €/m3
Chemicals	1	Chemicals	676 [€/year]		0,270 €/m3
Membrane replacement	0	Membrane replacement	0 [€/year]		0,000 €/m3
Consumeables	0	Consumeables	256 [€/year]		0,103 €/m3
Filter replacement	3	Filter replacement	1953 [€/year]		0,781 €/m3
UV lamp replacement	1	UV lamp replacement	439 [€/year]		0,175 €/m3
Moving parts in pumps	0	Moving parts in pumps	260 [€/year]		0,104 €/m3
Totaal	100	Total	56615 [€/year]		22,65 €/m3 DW
Excluding: building, disposal of RO concentrate/ iron sludge / waste / excess water, groundwater well exploitation					22,65 €/m3 DW + HW

Figuur 59: Scenario 6f

UITKOMSTEN BEREKENING					
	percentage		kosten		prijs per m3
rente + afschrijving	42	rente + afschrijving	6108 [€/year]		2,443 €/m3
bedrijfsvoering + onderhoud	17	bedrijfsvoering + onderhoud	2477 [€/year]		0,991 €/m3
personeelskosten	12	personeelskosten	1752 [€/year]		0,701 €/m3
Analysis	17	Water quality analysis	2500 [€/year]		1,000 €/m3
Energy	6	Energy	824 [€/year]		0,330 €/m3
Chemicals	3	Chemicals	403 [€/year]		0,161 €/m3
Membrane replacement	1	Membrane replacement	80 [€/year]		0,032 €/m3
Consumeables	0	Consumeables	0 [€/year]		0,000 €/m3
Filter replacement	1	Filter replacement	107 [€/year]		0,043 €/m3
UV lamp replacement	1	UV lamp replacement	173 [€/year]		0,069 €/m3
Moving parts in pumps	1	Moving parts in pumps	130 [€/year]		0,052 €/m3
Totaal	100	Total	14554 [€/year]		5,82 €/m3 DW
Excluding: building, disposal of RO concentrate/ iron sludge / waste / excess water, groundwater well exploitation					5,82 €/m3 DW + HW

Figuur 60: Scenario 6g

UITKOMSTEN BEREKENING					
	percentage		kosten		prijs per m3
rente + afschrijving	41	rente + afschrijving	5922 [€/year]		2,369 €/m3
bedrijfsvoering + onderhoud	17	bedrijfsvoering + onderhoud	2402 [€/year]		0,961 €/m3
personeelskosten	12	personeelskosten	1752 [€/year]		0,701 €/m3
Analysis	18	Water quality analysis	2500 [€/year]		1,000 €/m3
Energy	6	Energy	824 [€/year]		0,330 €/m3
Chemicals	3	Chemicals	403 [€/year]		0,161 €/m3
Membrane replacement	0	Membrane replacement	70 [€/year]		0,028 €/m3
Consumeables	0	Consumeables	0 [€/year]		0,000 €/m3
Filter replacement	1	Filter replacement	107 [€/year]		0,043 €/m3
UV lamp replacement	1	UV lamp replacement	173 [€/year]		0,069 €/m3
Moving parts in pumps	1	Moving parts in pumps	130 [€/year]		0,052 €/m3
Totaal	100	Total	14283 [€/year]		5,71 €/m3 DW
Excluding: building, disposal of RO concentrate/ iron sludge / waste / excess water, groundwater well exploitation					5,71 €/m3 DW + HW

Figuur 61: Scenario 6h

UITKOMSTEN BEREKENING					
	percentage		kosten		prijs per m3
rente + afschrijving	41	rente + afschrijving	7187 [€/year]		2,875 €/m3
bedrijfsvoering + onderhoud	17	bedrijfsvoering + onderhoud	2915 [€/year]		1,166 €/m3
personeelskosten	10	personeelskosten	1704 [€/year]		0,682 €/m3
Analysis	14	Water quality analysis	2500 [€/year]		1,000 €/m3
Energy	6	Energy	1024 [€/year]		0,410 €/m3
Chemicals	2	Chemicals	273 [€/year]		0,109 €/m3
Membrane replacement	0	Membrane replacement	0 [€/year]		0,000 €/m3
Consumeables	1	Consumeables	256 [€/year]		0,103 €/m3
Filter replacement	6	Filter replacement	973 [€/year]		0,389 €/m3
UV lamp replacement	3	UV lamp replacement	439 [€/year]		0,175 €/m3
Moving parts in pumps	1	Moving parts in pumps	130 [€/year]		0,052 €/m3
Totaal	100	Total	17402 [€/year]		6,96 €/m3 DW
Excluding: building, disposal of RO concentrate/ iron sludge / waste / excess water, groundwater well exploitation					6,96 €/m3 DW + HW

Figuur 62: Scenario 6i

UITKOMSTEN BEREKENING					
	percentage		kosten		prijs per m3
rente + afschrijving	41	rente + afschrijving	8755 [€/year]		4,050 €/m3
bedrijfsvoering + onderhoud	16	bedrijfsvoering + onderhoud	3551 [€/year]		1,642 €/m3
personeelskosten	8	personeelskosten	1752 [€/year]		0,810 €/m3
Analysis	12	Water quality analysis	2500 [€/year]		1,156 €/m3
Energy	13	Energy	2759 [€/year]		1,276 €/m3
Chemicals	2	Chemicals	348 [€/year]		0,161 €/m3
Membrane replacement	0	Membrane replacement	74 [€/year]		0,034 €/m3
Consumeables	0	Consumeables	0 [€/year]		0,000 €/m3
Filter replacement	6	Filter replacement	1264 [€/year]		0,585 €/m3
UV lamp replacement	1	UV lamp replacement	172 [€/year]		0,079 €/m3
Moving parts in pumps	2	Moving parts in pumps	390 [€/year]		0,180 €/m3
Totaal	100	Total	21565 [€/year]		9,97 €/m3 DW
Excluding: building, disposal of RO concentrate/ iron sludge / waste / excess water, groundwater well exploitation					8,46 €/m3 DW + HW

Figuur 63: Scenario 7a

UITKOMSTEN BEREKENING					
	percentage		kosten		prijs per m3
rente + afschrijving	41	rente + afschrijving	8565 [€/year]		3,962 €/m3
bedrijfsvoering + onderhoud	17	bedrijfsvoering + onderhoud	3474 [€/year]		1,607 €/m3
personeelskosten	8	personeelskosten	1704 [€/year]		0,788 €/m3
Analysis	12	Water quality analysis	2500 [€/year]		1,156 €/m3
Energy	11	Energy	2375 [€/year]		1,098 €/m3
Chemicals	2	Chemicals	348 [€/year]		0,161 €/m3
Membrane replacement	0	Membrane replacement	65 [€/year]		0,030 €/m3
Consumeables	0	Consumeables	0 [€/year]		0,000 €/m3
Filter replacement	6	Filter replacement	1194 [€/year]		0,552 €/m3
UV lamp replacement	1	UV lamp replacement	172 [€/year]		0,079 €/m3
Moving parts in pumps	2	Moving parts in pumps	390 [€/year]		0,180 €/m3
Totaal	100	Total	20787 [€/year]		9,61 €/m3 DW
Excluding: building, disposal of RO concentrate/ iron sludge / waste / excess water, groundwater well exploitation					8,15 €/m3 DW + HW

Figuur 64: Scenario 7b

UITKOMSTEN BEREKENING					
	percentage		kosten		prijs per m3
rente + afschrijving	40	rente + afschrijving	7846 [€/year]		3,629 €/m3
bedrijfsvoering + onderhoud	16	bedrijfsvoering + onderhoud	3182 [€/year]		1,472 €/m3
personeelskosten	9	personeelskosten	1704 [€/year]		0,788 €/m3
Analysis	13	Water quality analysis	2500 [€/year]		1,156 €/m3
Energy	7	Energy	1479 [€/year]		0,684 €/m3
Chemicals	1	Chemicals	279 [€/year]		0,129 €/m3
Membrane replacement	0	Membrane replacement	0 [€/year]		0,000 €/m3
Consumeables	1	Consumeables	222 [€/year]		0,103 €/m3
Filter replacement	10	Filter replacement	1931 [€/year]		0,893 €/m3
UV lamp replacement	2	UV lamp replacement	431 [€/year]		0,199 €/m3
Moving parts in pumps	1	Moving parts in pumps	260 [€/year]		0,120 €/m3
Totaal	100	Total	19833 [€/year]		9,17 €/m3 DW
Excluding: building, disposal of RO concentrate/ iron sludge / waste / excess water, groundwater well exploitation					7,78 €/m3 DW + HW

Figuur 65: Scenario 7c

UITKOMSTEN BEREKENING					
	percentage		kosten		prijs per m3
rente + afschrijving	62	rente + afschrijving	32964 [€/year]		15,247 €/m3
bedrijfsvoering + onderhoud	25	bedrijfsvoering + onderhoud	13368 [€/year]		6,183 €/m3
Analysis	5	Water quality analysis	2500 [€/year]		1,156 €/m3
personeelskosten	3	personeelskosten	1752 [€/year]		0,810 €/m3
Energy	3	Energy	1803 [€/year]		0,834 €/m3
Chemicals	1	Chemicals	348 [€/year]		0,161 €/m3
Membrane replacement	0	Membrane replacement	74 [€/year]		0,034 €/m3
Consumeables	0	Consumeables	0 [€/year]		0,000 €/m3
Filter replacement	0	Filter replacement	127 [€/year]		0,059 €/m3
UV lamp replacement	0	UV lamp replacement	172 [€/year]		0,079 €/m3
Moving parts in pumps	0	Moving parts in pumps	260 [€/year]		0,120 €/m3
Totaal	100	Total	53369 [€/year]		24,68 €/m3 DW
Excluding: building, disposal of RO concentrate/ iron sludge / waste / excess water, groundwater well exploitation					20,93 €/m3 DW + HW

Figuur 66: Scenario 7d

UITKOMSTEN BEREKENING					
	percentage		kosten		prijs per m3
rente + afschrijving	62	rente + afschrijving	32784 [€/year]		15,164 €/m3
bedrijfsvoering + onderhoud	25	bedrijfsvoering + onderhoud	13295 [€/year]		6,150 €/m3
personeelskosten	3	personeelskosten	1704 [€/year]		0,788 €/m3
Analysis	5	Water quality analysis	2500 [€/year]		1,156 €/m3
Energy	3	Energy	1610 [€/year]		0,745 €/m3
Chemicals	1	Chemicals	348 [€/year]		0,161 €/m3
Membrane replacement	0	Membrane replacement	65 [€/year]		0,030 €/m3
Consumeables	0	Consumeables	0 [€/year]		0,000 €/m3
Filter replacement	0	Filter replacement	127 [€/year]		0,059 €/m3
UV lamp replacement	0	UV lamp replacement	172 [€/year]		0,079 €/m3
Moving parts in pumps	0	Moving parts in pumps	260 [€/year]		0,120 €/m3
Totaal	100	Total	52865 [€/year]		24,45 €/m3 DW
Excluding: building, disposal of RO concentrate/ iron sludge / waste / excess water, groundwater well exploitation					20,73 €/m3 DW + HW

Figuur 67: Scenario 7e

UITKOMSTEN BEREKENING					
	percentage		kosten		prijs per m3
rente + afschrijving	60	rente + afschrijving	34443 [€/year]		15,931 €/m3
bedrijfsvoering + onderhoud	24	bedrijfsvoering + onderhoud	13968 [€/year]		6,461 €/m3
personeelskosten	3	personeelskosten	1704 [€/year]		0,788 €/m3
Analysis	4	Water quality analysis	2500 [€/year]		1,156 €/m3
Energy	3	Energy	1484 [€/year]		0,686 €/m3
Chemicals	1	Chemicals	627 [€/year]		0,290 €/m3
Membrane replacement	0	Membrane replacement	0 [€/year]		0,000 €/m3
Consumeables	0	Consumeables	222 [€/year]		0,103 €/m3
Filter replacement	3	Filter replacement	1957 [€/year]		0,905 €/m3
UV lamp replacement	1	UV lamp replacement	431 [€/year]		0,199 €/m3
Moving parts in pumps	0	Moving parts in pumps	260 [€/year]		0,120 €/m3
Totaal	100	Total	57596 [€/year]		26,64 €/m3 DW
Excluding: building, disposal of RO concentrate/ iron sludge / waste / excess water, groundwater well exploitation					22,59 €/m3 DW + HW

Figuur 68: Scenario 7f

UITKOMSTEN BEREKENING					
	percentage		kosten		prijs per m3
rente + afschrijving	42	rente + afschrijving	6239 [€/year]		2,886 €/m3
bedrijfsvoering + onderhoud	17	bedrijfsvoering + onderhoud	2530 [€/year]		1,170 €/m3
personeelskosten	12	personeelskosten	1752 [€/year]		0,810 €/m3
Analysis	17	Water quality analysis	2500 [€/year]		1,156 €/m3
Energy	6	Energy	837 [€/year]		0,387 €/m3
Chemicals	2	Chemicals	348 [€/year]		0,161 €/m3
Membrane replacement	1	Membrane replacement	74 [€/year]		0,034 €/m3
Consumeables	0	Consumeables	0 [€/year]		0,000 €/m3
Filter replacement	1	Filter replacement	103 [€/year]		0,048 €/m3
UV lamp replacement	1	UV lamp replacement	172 [€/year]		0,079 €/m3
Moving parts in pumps	1	Moving parts in pumps	130 [€/year]		0,060 €/m3
Totaal	100	Total	14685 [€/year]		6,79 €/m3 DW
Excluding: building, disposal of RO concentrate/ iron sludge / waste / excess water, groundwater well exploitation					5,76 €/m3 DW + HW

Figuur 69: Scenario 7g

UITKOMSTEN BEREKENING					
	percentage		kosten		prijs per m3
rente + afschrijving	42	rente + afschrijving	6078 [€/year]		2,811 €/m3
bedrijfsvoering + onderhoud	17	bedrijfsvoering + onderhoud	2465 [€/year]		1,140 €/m3
personeelskosten	12	personeelskosten	1704 [€/year]		0,788 €/m3
Analysis	17	Water quality analysis	2500 [€/year]		1,156 €/m3
Energy	6	Energy	837 [€/year]		0,387 €/m3
Chemicals	2	Chemicals	348 [€/year]		0,161 €/m3
Membrane replacement	0	Membrane replacement	65 [€/year]		0,030 €/m3
Consumeables	0	Consumeables	0 [€/year]		0,000 €/m3
Filter replacement	1	Filter replacement	103 [€/year]		0,048 €/m3
UV lamp replacement	1	UV lamp replacement	172 [€/year]		0,079 €/m3
Moving parts in pumps	1	Moving parts in pumps	130 [€/year]		0,060 €/m3
Totaal	100	Total	14403 [€/year]		6,66 €/m3 DW
Excluding: building, disposal of RO concentrate/ iron sludge / waste / excess water, groundwater well exploitation					5,65 €/m3 DW + HW

Figuur 70: Scenario 7h

UITKOMSTEN BEREKENING					
	percentage		kosten		prijs per m3
rente + afschrijving	42	rente + afschrijving	7396 [€/year]		3,421 €/m3
bedrijfsvoering + onderhoud	17	bedrijfsvoering + onderhoud	2999 [€/year]		1,387 €/m3
personeelskosten	10	personeelskosten	1704 [€/year]		0,788 €/m3
Analysis	14	Water quality analysis	2500 [€/year]		1,156 €/m3
Energy	6	Energy	1028 [€/year]		0,476 €/m3
Chemicals	2	Chemicals	279 [€/year]		0,129 €/m3
Membrane replacement	0	Membrane replacement	0 [€/year]		0,000 €/m3
Consumeables	1	Consumeables	222 [€/year]		0,103 €/m3
Filter replacement	6	Filter replacement	976 [€/year]		0,452 €/m3
UV lamp replacement	2	UV lamp replacement	431 [€/year]		0,199 €/m3
Moving parts in pumps	1	Moving parts in pumps	130 [€/year]		0,060 €/m3
Totaal	100	Total	17664 [€/year]		8,17 €/m3 DW
Excluding: building, disposal of RO concentrate/ iron sludge / waste / excess water, groundwater well exploitation					6,93 €/m3 DW + HW

Figuur 71: Scenario 7i