



Hemelwater- en grijswatergebruik in
het gebouw.

Mogelijke verplichting in het Bbl

Eindrapport

Ministerie van Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties

6 juni 2023

Project Hemelwater- en grijswatergebruik in het gebouw.
Mogelijke verplichting in het Bbl
Opdrachtgever Ministerie van Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties

Document Eindrapport
Status Definitief
Datum 6 juni 2023
Referentie 135780/23-009.557

Projectcode 135780
Projectleider Peter Hermans
Projectdirecteur Jochem Schut

Auteur(s) Inge Phernambucq, Jaap Klein, Eefje Remijn (AT Osborne), Peter Hermans
Gecontroleerd door Peter Hermans
Goedgekeurd door Peter Hermans

Paraaf

Adres Witteveen+Bos Raadgevende ingenieurs B.V.
Leeuwenbrug 8
Postbus 233
7400 AE Deventer
+31 (0)570 69 79 11
www.witteveenbos.com
KvK 38020751

Het kwaliteitsmanagementsysteem van Witteveen+Bos is gecertificeerd op basis van ISO 9001.

© Witteveen+Bos

Niets uit dit document mag worden veeelvoudigd en/of openbaar gemaakt in enige vorm zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van Witteveen+Bos noch mag het zonder dergelijke toestemming worden gebruikt voor enig ander werk dan waarvoor het is vervaardigd, behoudens schriftelijk anders overeengekomen. Witteveen+Bos aanvaardt geen aansprakelijkheid voor enigerlei schade die voortvloeit uit of verband houdt met het wijzigen van de inhoud van het door Witteveen+Bos geleverde document.

INHOUDSOPGAVE

1	MANAGEMENTSAMENVATTING	6
2	TECHNIEK EN IMPLEMENTATIE	15
2.1	Watergebruik door Nederlandse huishoudens	15
2.2	Beschikbare technieken	16
2.3	Hemelwatersystemen	17
2.3.1	Typen hemelwatersystemen	17
2.3.2	Effectiviteit drinkwaterbesparing	19
2.3.3	Consequenties in de woning	20
2.3.4	Waterkwaliteit	21
2.3.5	Kosten	21
2.3.6	Energiegebruik	22
2.3.7	Milieudruk	23
2.4	Grijswatersystemen	24
2.4.1	Typen grijswatersystemen	25
2.4.2	Effectiviteit drinkwaterbesparing	26
2.4.3	Consequenties in de woning	26
2.4.4	Waterkwaliteit	27
2.4.5	Kosten	27
2.4.6	Energiegebruik	29
2.4.7	Milieudruk	29
2.5	Combinatie van hemelwater- en grijswatersystemen	31
2.6	Systemen op collectief/gebouwniveau	31
2.6.1	Wijken	31
2.6.2	Gestapelde woningbouw	32
2.6.3	Utiliteitsbouw	32
2.7	Toepassingen in Vlaanderen, Duitsland, Australië	33
3	DRINKWATERTEKORTEN, BESPARIINGSMATREGELEN EN OMGEVINGSIMPACT	37
3.1	Huidige situatie: drinkwatergebruik en -tekort	37
3.1.1	Drinkwatergebruik in een gemiddeld jaar	37
3.1.2	Piekvraag in droge maanden en droge jaren	39
3.1.3	Drinkwaterbeschikbaarheid in droge maanden en droge jaren	39
3.1.4	Verwachte stijging van de drinkwatervraag	41
3.2	Drinkwaterbesparing op landelijk niveau	42

3.3	Waterbesparing in industrie en landbouw	45
3.4	Mogelijk effect van gedragsbeïnvloeding	45
3.5	Effect op watersysteem	46
4	WATERKWALITEIT EN GEZONDHEID	47
4.1	Kwaliteit van opgevangen hemelwater	47
4.2	Risico's	50
4.2.1	Maximaal toelaatbaar risico	50
4.2.2	Risico's van huishoud- en hemelwater	50
4.2.3	Risico's van grijswatersystemen	54
4.2.4	Risico's via muggen	55
4.2.5	Risico's: het water of de toepassing?	55
4.3	Belang van beheer, onderhoud en goed gebruik	55
4.3.1	De menselijke factor	55
4.3.2	Verkeerde aansluitingen	56
4.3.3	Conclusie	56
4.4	Collectieve systemen	57
5	AANDACHTSPUNTEN REGELGEVING	58
5.1	Opvang van hemelwater	58
5.1.1	Algemeen juridisch kader	58
5.1.2	Decentrale juridische mogelijkheden	58
5.1.3	Maatwerkvoorschrift	59
5.1.4	Tussenconclusie	60
5.2	Gebruik van hemelwater en hergebruik van huishoudelijk water in het gebouw	60
5.2.1	Algemeen	60
5.2.2	Voorbeeldregels in het Bbl	60
5.2.3	Tussenconclusie	62
5.3	Huishoudwater, drinkwaterbesluit en drinkwaterregeling	62
5.3.1	Begripsbepalingen	62
5.3.2	Huishoudwater	63
5.3.3	Tussenconclusie	63
5.4	Gevolgen verplichting in Bbl	63
5.4.1	Algemeen	63
5.4.2	Voor- en nadelen	64
6	CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN VOOR KENNISVRAGEN	67
7	VERWIJZINGEN	69
	Laatste pagina	71

Bijlage(n)

Aantal pagina's

I	Klankbordgroep	1
---	----------------	---

1

MANAGEMENTSAMENVATTING

Aanleiding

De toekomstige beschikbaarheid van drinkwater staat op de agenda. Mede door de hete en droge zomers van de afgelopen jaren is er steeds meer aandacht voor het verminderen van het drinkwaterverbruik bij huishoudens. Het drinkwatergebruik neemt sinds enige jaren toe en de natuurlijke beschikbaarheid van bronnen neemt juist af¹. Met de woningbouwopgave van ongeveer 950.000 nieuwe woningen tot 2030, is er bovendien zorg over de extra drinkwatervraag die deze opgave met zich meebrengt. Bovendien is het niet ondenkbaar dat vanwege de kwetsbaarheid van natuurgebieden rondom de winlocaties door de rechter beperkingen worden opgelegd aan verleende vergunningen voor drinkwaterbronnen. In een context waarin de bestaande bronnen hoogstwaarschijnlijk niet voldoende zijn om aan de stijgende drinkwatervraag te voldoen, is dat een extra probleem.

Hoe kan drinkwaterverbruik worden verminderd? Kamerleden², drinkwaterbedrijven en experts verzoeken om drinkwaterbesparing te borgen in bouwregelgeving. In Vlaanderen is jaren geleden al de verplichting voor hemelwateropvang ingevoerd bij nieuwbouw om wateroverlast tegen te gaan. Het gevolg hiervan was dat ook het gebruik van drinkwater is verminderd.

Het ministerie van Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties (BZK) overweegt in het Besluit bouwwerken leefomgeving (Bbl) een verplichting op te nemen om hemel- en/of grijswater³ te gebruiken in nieuwe gebouwen. Door voor laagwaardig watergebruik, zoals het doorspoelen van de wc, hemel- of grijswater in te zetten, kan drinkwater worden bespaard.

Doel van dit onderzoek

Het voorliggende rapport is bedoeld als feitelijke onderligger voor een nader te maken integrale beleidsafweging.

Het ministerie van BZK, in samenwerking met het ministerie van Infrastructuur en Waterstaat (IenW), heeft Witteveen+Bos gevraagd om de beschikbare informatie rond de toepassing van hemel- en grijswater te bundelen in één zelfstandig leesbaar rapport, waarbij de volgende hoofdvragen centraal staan:

- Welk probleem doet zich voor ten aanzien van drinkwatertekorten/ drinkwaterbeschikbaarheid? Wat is de omvang van dat probleem en doet het zich in heel Nederland voor en tijdens welke periodes jaarrond?
- In hoeverre kan (1) opvang van regenwater, (2) gebruik van regenwater in het gebouw en (3) hergebruik van huishoudelijk water bijdragen aan drinkwaterbesparing in het gebouw – wat levert het op qua niet gebruikt drinkwater op cruciale momenten?
- Wat zijn de voor- en nadelen van een verplichting in het Bbl ten aanzien van (1) opvang van regenwater, (2) gebruik van regenwater in het gebouw en (3) hergebruik van huishoudelijk water in het gebouw, bij nieuwbouw?

¹ Zie Rapport Bewust en zuinig drinkwatergebruik, verkenning effectief instrumentarium, 26 oktober 2022.

² Motie Van Esch en Bromet 32 813, nr. 1094 en motie Minhas cs 36 200 XII nr. 14.

³ Grijswater is een verzamelnaam voor licht verontreinigd afvalwater dat afkomstig is van huishoudelijke handelingen. Het gaat dus om hergebruik van huishoudelijk water.

Bij het tegengaan van (drink)waterschaarste is het toepassen van hemelwater of grijswater in het gebouw slechts een van veel mogelijke bouwstenen. Alternatieve bronnen en andere methoden om drinkwater te besparen maken geen onderdeel uit van dit onderzoek. Ook door de keuze van waterbesparende apparaten en installatie kan drinkwater worden bespaard; dit valt buiten de scope van dit onderzoek.

Het rapport behandelt in vier hoofdstukken de inhoudelijke aspecten van hemelwater- en grijswatergebruik, waarmee bovenstaande onderzoeksvragen beantwoord worden. Dit zijn:

- 1 de technieken en de implementatie van hemel- en grijswatersystemen, de kosten en de milieu-impact ervan;
- 2 de omgevingsimpact: hoeveel waterbesparing kan worden bereikt en wanneer? Wat is de potentiële waterbesparing op landelijk niveau?
- 3 welke kwaliteit hebben hemelwater en grijswater, wat zijn de risico's van het toepassen ervan in woningen, en hoe gaan enkele andere landen hiermee om? en
- 4 welke aandachtspunten moeten worden meegenomen bij de regelgeving als ervoor wordt gekozen een verplichting op te nemen in het Bbl?

In het navolgende deel van de samenvatting komen deze aspecten achtereenvolgens aan bod. Ook wordt kort ingegaan op internationale ervaringen op deze aspecten.

De techniek en de toepassing ervan

Systemen voor het benutten hemelwater en hergebruik grijswater

Hemelwater- en grijswatersystemen leveren (huishoud)water dat in beginsel alleen geschikt is voor laagwaardige toepassingen zoals toilet spoelen, kleding wassen, tuin besproeien, en mogelijk auto wassen¹.

Als hemelwater en grijswater vergaand gezuiverd en gedesinfecteerd worden tot zogenoemd hygiënisch water², kan het worden toegepast voor (circulair) douchen, whirlpools, en zwembaden (Expertgroup Circulair Water, 2022).

De drinkwaterbesparing door gebruik van hemelwater- en grijswatersystemen hangt samen met het type systeem en met de gebruiksdoelen van het water. In dit onderzoek is één type hemelwatersysteem bekeken, te weten een 5 m³ tank met een eenvoudig groffilter. Er zijn veel verschillende grijswatersystemen verkrijgbaar. In dit rapport wordt ingezoomd op drie uiteenlopende typen systemen die momenteel als compacte installaties op de markt zijn, te weten een recirculatiedouche, een Moving BioBed Reactor (MBBR), en een Membraan BioReactor (MBR). De keuze voor deze drie uiteenlopende type systemen is illustratief bedoeld en spreekt geen voorkeuren. Een korte vergelijking tussen de systemen is weergegeven in tabel 1.1.

¹ Auto wassen op straat is in veel gemeenten verboden.

² Deze term is van de expertgroep circulair water, Zij verstaan onder hygiënisch water gezuiverd en gedesinfecteerd water van alternatieve circulaire bronnen t.b.v. veilig gebruik voor niet-hoogwaardige toepassingen zoals (circulair) douchen, whirlpools, zwembaden. Onder huishoudwater verstaat de groep alternatief circulair water t.b.v. veilig gebruik voor niet-hoogwaardige toepassingen als toiletspoeling, wasmachine, irrigatie van tuinen, groene daken en groene wanden.

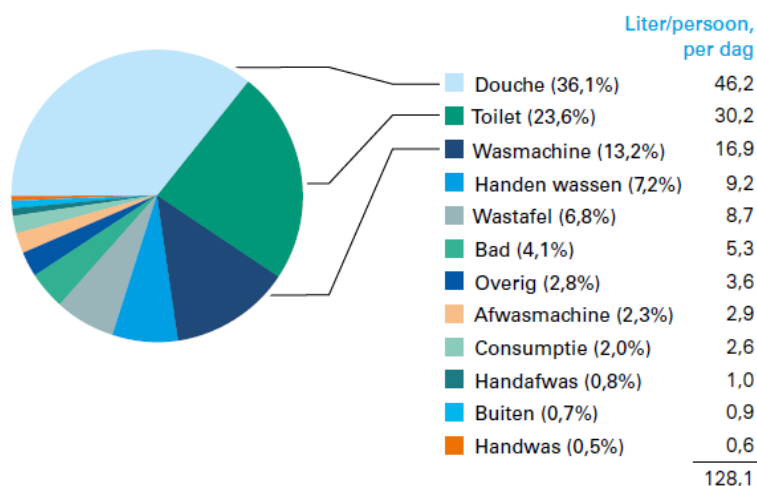
Tabel 1.1 Overzicht van een selectie technieken om hemelwater en grijswater te benutten in huis

	Hemelwatersysteem	Recirculatiedouche	MBBR	MBR
type systeem	hemelwatersysteem	grijswatersysteem	grijswatersysteem	grijswatersysteem
waterbron	hemelwater	douche	grijswater	grijswater
zuivering	filter (zeef)	microfilter en uv-filter	sedimentatie, flotatie, flotatie met opgeloste lucht, schuimfractionering, aerobe bioreactor, en (uv-)desinfectie	bioreactor en ultrafiltratie membraan
type circulair water	huishoudwater	hygiënisch water	huishoudwater	huishoudwater
toepassing circulair water	toilet, poetsen, wasmachine, irrigatie, auto wassen	douche	toilet, poetsen, wasmachine, irrigatie, auto wassen	toilet, poetsen, wasmachine, irrigatie, auto wassen
drinkwaterbesparing (liter per persoon per dag)	44 lpppd alle toepassingen 30 lpppd alleen toilet	30 lpppd	tot 48 lpppd	tot 48 lpppd

Mogelijke drinkwaterbesparingen in het huishouden

In onderstaand figuur is het gemiddelde drinkwaterverbruik per persoon weergegeven: in totaal 128,1 liter per persoon per dag (lpppd). Besparing in drinkwatergebruik is mogelijk bij toiletspoeling, de wasmachine, de buitenkraan en in het geval van hygiënisch water ook de douche.

Afbeelding 1.1 Drinkwatergebruik in huis naar toepassing in 2021 (VEWIN, 2022)



De mate waarin drinkwater wordt bespaard door het gebruik van hemelwater hangt af van de hoeveelheid beschikbare neerslag (hoeveelheid regen en grootte dakoppervlak), het waterverbruik in het huishouden en de grootte van de buffer. In bovenstaande tabel 1.1 is voor de verschillende systemen een indicatie van de drinkwaterbesparing gegeven. Deze besparing varieert tussen 30 en 48 lpppd. Voor het hemelwatersysteem is de besparing iets lager dan voor grijswatersystemen omdat in droge perioden de tank leeg raakt en dan

aanvulling met drinkwater nodig is. Door een recirculatiedouche met een ander systeem te combineren is een maximale besparing te realiseren (74 lpppd).

Kosten

De kosten voor aanschaf en aanleg van hemelwatersystemen bedragen circa EUR 4.000,-- tot EUR 7.000,--. Rekening houdend met onderhoud en afschrijving bedragen de kosten EUR 9,60 tot 14 per m³. De kosten worden in belangrijke mate bepaald door de installatie. De operationele kosten bedragen circa EUR 1,76 per m³.

De kosten voor aanschaf en aanleg van grijswatersystemen liggen in dezelfde range als die van hemelwatersystemen. De integrale kosten, inclusief onderhoud en afschrijving, uitgedrukt per m³ zijn ongeveer:

- | | | |
|------------------------------|---------------------------|---|
| - recirculatiedouche: | EUR 19,50 /m ³ | (EUR 11,10/m ³ na aftrek energiewinst); ¹ |
| - MBR met maximale benutting | EUR 17,10 /m ³ | (EUR 15,65/m ³ na aftrek energiewinst); |
| - MBBR | EUR 11,00 /m ³ | (EUR 10,20/m ³ na aftrek energiewinst). |

Omdat deze systemen ook een gunstig effect kunnen hebben op het energiegebruik is een indicatie gegeven van de kosten indien rekening wordt gehouden met het effect op de energierekening.

In alle gevallen zijn de kosten fors hoger dan de prijs die een consument nu betaalt voor drinkwater (momenteel EUR 1,62 tot 2,24 /m³ ²). Als alleen gekeken wordt naar de operationele kosten, dan liggen die in de orde grootte van de drinkwaterprijs.

Energieverbruik en milieu-impact

Er zijn verschillende onderzoeken gedaan naar het energieverbruik en de milieu-impact van hemelwater- en grijswatersystemen ten opzichte van conventionele drinkwatersystemen. De meeste onderzoeken laten zien dat het energieverbruik en de milieu-impact van drinkwatersystemen in geringe mate lager is. De resultaten hangen af van de beschouwde situatie en de gebruikte definities en systeemgrenzen. Een studie naar een case in Amsterdam laat juist het tegenovergestelde zien (hemelwater- en grijsstelsel scoren beter) wanneer de levenscyclus van drinkwater tot afvalwater wordt beschouwd.

Bij gebruik van grijswatersystemen wordt een deel van de warmte afgegeven in de woning, die daardoor een kleinere warmtevraag heeft.

Een voor gebouwen gangbare indicator is de MPG-score, die de milieuprestatie van een gebouw weergeeft. Extra materiaalgebruik en installaties zullen leiden tot een hogere MPG-score. Het aandeel van de installaties in een gebouw weegt daarbij zwaar mee en wordt steeds zwaarder naarmate de maximaal toegestane MPG-score lager wordt. Hemelwater- en grijswatersystemen verhogen de MPG-score.

Drinkwatertekorten, besparingsmaatregelen en omgevingsimpact

Deze paragraaf gaat in op de landelijke drinkwaterproblematiek en duidt wat de toepassing van hemel- en grijswatersystemen voor besparing kan betekenen. Ook worden enkele andere bouwstenen voor drinkwaterbesparing geschetst. Ten slotte komt de impact van hemel- en grijswatersystemen op het (grond)watersysteem aan bod.

De drinkwatervraag neemt toe terwijl er nu al niet genoeg reserves zijn

Gemiddeld verbruikt een persoon momenteel ongeveer 128 liter per persoon per dag (lpppd), zie afbeelding 1.1. In warme en droge maanden is het drinkwatergebruik hoger dan in nattere maanden, vooral vanwege het sproeien van tuinen. Dit verschil is gemiddeld 6 %, maar in droge jaren kan de toename bijna 20 % per maand zijn. Er zijn nu al niet genoeg drinkwaterreserves, waardoor problemen kunnen ontstaan bij onverwacht grote piekvragen, nog buiten een toekomstige stijging van de drinkwatervraag. In prognoses neemt het drinkwatergebruik verder toe met 6 tot 23 % in 2040, onder meer door een groei van de

¹ De energiebesparing van dit systeem is netto circa EUR 195 per jaar (782 kWh a EUR 0,25).

² In 2023. Tarievenoverzicht drinkwater 2023 VEWIN, inclusief belasting op leidingwater.

economie en de bevolking, nieuwbouw en door een toename van warme zomers. De drinkwatervraag neemt dus toe en met name in droge zomers is dit een probleem. Op grote schaal is extra winningscapaciteit en vergunningsruimte nodig, terwijl de beschikbare ruimte hiervoor steeds minder wordt (RIVM, 2023).

De natuurlijke beschikbaarheid van bronnen neemt af

Landelijk wordt ongeveer 1.300 miljoen m³ water onttrokken voor productie van drinkwater: 60 % komt hiervan uit grondwater en 40 % uit oppervlaktewater (CBS, 2021). Voor beide typen bronnen is besparing gewenst:

- in oppervlaktewaterwinningen komt de leveringszekerheid voornamelijk in gevaar door te hoge concentraties ongewenste stoffen in het oppervlaktewater, waardoor soms innamestops noodzakelijk zijn. Door klimaatverandering wordt dit probleem verergerd. Dit geeft een hogere druk om zuiniger met drinkwater om te gaan;
- bij grondwaterwinningen is er in droge zomers soms sprake van vergunningoverschrijdingen. Bovendien staat het gehele grondwatersysteem onder druk. Verdroging en dalende grondwaterstanden zijn een structureel probleem. Dit komt vooral doordat de neerslag in Nederland relatief veel wordt afgevoerd en weinig wordt vastgehouden en geïnfiltreerd richting het grondwater, waardoor grondwaterstanden dalen. Lokaal spelen onttrekkingen een grotere rol. Van vergunde onttrokken grondwateronttrekkingen is circa 70-78 % voor de productie voor drinkwater. In droge jaren neemt de grondwateronttrekking met zo'n 5 % toe.

Mogelijke besparing op landelijk niveau

Hemel- en grijswatersystemen leveren een drinkwaterbesparing op van 30 tot 48 lpppd (zie tabel 1.1). Dit brengt het drinkwatergebruik in nieuwbouwwoningen terug tot 78 tot 94 lpppd (23 tot 38 % besparing per systeem). Om dit tot een landelijke besparing om te rekenen, wordt de aanname gedaan dat in 2/3^e van de circa 950.000 nieuwbouwwoningen tot 2029 een hemelwatersysteem wordt aangelegd (de overige 1/3^e zijn appartementencomplexen waar dit niet mogelijk is). Hiermee komt de besparing op landelijk niveau uit op:

- een besparing van 1,7 tot 4,2 % van de totale huidige drinkwaterlevering aan huishoudens (uit grond- en oppervlaktewater, levering in 2020);
- een besparing van 1,7 tot 4,0 % van de huidige grondwateronttrekkingen voor drink- of productiewater (voor huishoudens, landbouw en industrie, in 2019);
- de extra watervraag in een droog jaar zoals 2018 kan voor 33 tot 75 % gecompenseerd worden.

Wanneer hemelwater- of grijswatergebruik een wettelijke verplichting wordt, zal op lange termijn het effect groter worden omdat ook na 2029 nieuwe woningen worden gebouwd.

Andere bouwstenen voor drinkwaterbesparing

De Kamerbrief 'Verkenning Bewust en zuinig drinkwatergebruik' geeft aan dat drinkwaterbesparing mogelijk is met een combinatie van maatregelen en instrumenten waaronder gedragsbeïnvloeding en ook waterbesparing door industrie en landbouw.

Impact op het watersysteem

Bij nieuwbouwwoningen is de hemelwaterafvoer niet gekoppeld aan het vuilwaterriool. Regenwater dat op het dak valt, zou dan normaliter infiltreren. Bij de inzet van hemelwatersystemen in nieuwbouwwoningen infiltreert er dus minder neerslag, wat lokaal een beperkt verdrogend effect kan hebben. Regenwateropvang leidt niet tot minder afvalwater (toiletten worden immers nog steeds doorgespoeld).

Ter plaatse van de drinkwaterwinningen zorgt drinkwaterbesparing voor een minder grote ruimtelijke claim van de drinkwatervoorziening (ruimte voor de drinkwaterwinning zelf en de impact op de omliggende functies).

Waterkwaliteit en gezondheid

Met de introductie van hemelwater- en grijswatersystemen in gebouwen wordt een extra waterkwaliteit in het huis geïntroduceerd, naast het bestaande drinkwater. Deze paragraaf schetst of hierdoor extra risico's voor de gezondheid van de bewoners of bezoekers van het gebouw worden geïntroduceerd; en als dat dan zo is, of dit grote risico's zijn.

Toelaatbaar geacht risiconiveau vastleggen

Voor de kwaliteit van drinkwater is het een geaccepteerd risico dat 1 op 10.000 inwoners eenmaal per jaar ziek wordt als gevolg van het drinken van ongekookt drinkwater. Hemelwater en huishoudwater zijn niet bedoeld als drinkwater, maar via andere blootstellingsroutes kunnen bewoners en bezoekers van woningen met deze systemen wel in contact komen met dit water. Het is belangrijk om vast te leggen welke mate van risico's van hemelwater- en grijswatersystemen wordt geaccepteerd, als deze verplicht worden via het Bbl. Het totale risico wordt gevormd door een samenhang van de kwaliteit van het water en de mate van blootstelling.

Kwaliteit van het water

Over de kwaliteit van hemelwater is een reeks onderzoeken beschikbaar. In de regel is dit water niet geschikt om te drinken, doordat bij het afstromen allerlei verontreinigingen worden meegenomen, waaronder vogelpoep en stoffen die via droge depositie op het dak zijn beland. Hemelwateropvangsystemen kennen in de regel een beperkte zuiveringsstap die bestaat uit het afscheiden van bladeren en bezinking. Normen voor het ontwerp, uitvoering en aanleg van dit soort systemen zijn vastgelegd in een NEN¹. Er zijn ook leveranciers die standaard koolfiltratie en microfiltratie meeleveren. De toepassing hiervan is niet in een NEN opgenomen.

Grijswater kan sneller besmet raken met humane pathogenen en daarom een andere - slechtere hygiënische kwaliteit hebben dan hemelwater. Om die reden worden strikere eisen gesteld aan zuivering en desinfectie in de NEN dan aan hemelwater. De beschouwde grijswatersystemen hebben een goede desinfectiestap (UV-straling of ultrafiltratie).

In geraadpleegde onderzoeken naar de kwaliteit van hemel- en grijswater is geen informatie aangetroffen over gezondheidsrisico's die worden veroorzaakt door opportunistische ziekteverwekkers (zoals Legionella) die zich kunnen vermeerderen in het leidingnet en de binneninstallaties. Hierover kunnen dan ook geen kwantitatieve uitspraken worden gedaan.

Mate van blootstelling aan hemel- of grijswater

Rond het jaar 2000 zijn de nodige onderzoeken gedaan naar de risico's van huishoudwater, waarbij ook de mate van blootstelling is onderzocht. KIWA-onderzoek heeft indertijd opgeleverd dat er geen toegenomen concentraties micro-organismen in de lucht worden gemeten bij het gebruik van hemelwater voor toiletspoeling, het wassen/drogen van kleding of planten watergeven via een slang en een sproeikop. Dat is wel het geval bij gebruik van een hoge drukspuit (verneveling) waardoor die toepassing potentieel een hoger risico vormt dan de andere gebruiksdoelen.

De geraadpleegde onderzoeken zijn niet eensluidend in de conclusie of gebruik van hemelwater in huishoudens tot onaanvaardbare risico's leidt. Duits onderzoek uit de jaren 1990 concludeert dat er geen onaanvaardbare risico's ontstaan bij gebruik van hemelwater voor toiletspoeling, tuinbewatering of wasmachines, mits goed onderhouden en gebruikt. Dit wordt bevestigd door onderzoeken van RIVM en KWR in 1997 en 2003. In al deze onderzoeken is vooral gekeken naar pathogenen, en slechts beperkt naar de biologische stabiliteit van het water, nagroei in leidingen en het voorkomen van ziekteverwekkers in het leidingensysteem.

Uit het bovenstaande is af te leiden dat goed ontworpen, aangelegde en onderhouden hemelwater- en grijswatersystemen veilig water kunnen leveren voor gebruik als toiletwater en waswater, met de aantekening dat er geen informatie is over nagroei in leidingen.

¹ Standaarden voor hemelwatersystemen en grijswatersystemen zijn vastgelegd in respectievelijk NEN-EN 16941-1:2018 en NEN-EN 16941-2:2021. Deze Europese standaard geeft richtlijnen voor ontwerp, installatie en onderhoud van de installatie. De richtlijnen gaan onder andere in op gezondheidsaspecten die samenhangen met dergelijk systemen zoals het voorkomen van verontreiniging van drinkwater en onderhoud en inspectie van systemen.

Verkeerd gebruik, verkeerde toepassing en verkeerde aansluitingen

Waarschijnlijk ligt het grootste risico in het verkeerd gebruik van het water, verkeerde toepassing van de installaties, en verkeerde aansluitingen.

Voorbeelden van verkeerd gebruik van het water zijn bijvoorbeeld door directe of indirecte consumptie. Ook het toepassen van water voor hogedrukspuiten valt hieronder. Een ander voorbeeld is het gebruik voor vullen van kinderbadjes. Onderzoek uit 2003 heeft laten zien dat bewoners dit toch doen, ook tegen uitdrukkelijke adviezen in. De wetenschap dat door gebruikersgedrag het risico toeneemt, dient onderdeel te zijn van een integrale risicobeoordeling.

Het verkeerd toepassen van installaties is bijvoorbeeld het niet goed onderhouden van systemen. Het gevolg hiervan is het verslechteren van de waterkwaliteit en daarmee het vergroten van het risico. Adequate beheersmaatregelen zijn technische maatregelen (systemen die zichzelf uitschakelen) of verplichte keuringen en onderhoud.

Tot slot het risico van verkeerde aansluitingen, waarbij hemel- of grijswatersystemen worden gekoppeld aan het drinkwatersysteem in huis. Het gevolg hiervan is dat hemel- of grijswater via drinkwaterkranen geconsumeerd kan worden: een blootstellingsroute waarin de uitgevoerde onderzoeken niet voorzien. Verkeerde aansluitingen zijn niet denkbeeldig. In Leidsche Rijn, waar een groot aantal woningen was uitgerust met 2 watersystemen, bleek 0,5 % van de aansluitingen verkeerd te zijn. Ook in Vlaanderen worden incidenten gerapporteerd (zie volgende paragraaf).

Collectieve voorzieningen

Bij collectieve voorzieningen (bijvoorbeeld gestapelde bouw of voorzieningen op wijkniveau) nemen de risico's toe, omdat de waterkwaliteit door meerdere gebruikers wordt beïnvloed. Daardoor zullen aan collectieve systemen hogere eisen moeten worden gesteld. Deze hebben in de regel een kostenverhogend effect voor de systeemkeuze, beheer en onderhoud. Bij het verplicht stellen van hemel- en/of grijswatergebruik kan een uitzondering moeten worden gemaakt voor gebouwen waar (veel) kwetsbare gebruikers aanwezig zijn.

Internationale ervaringen

In andere landen wordt het gebruik van hemelwater aangemoedigd (bijvoorbeeld Duitsland, Australië) of zelfs verplicht (delen van Australië, Vlaanderen per oktober 2023). Het gebruik van hemelwater in huishoudens wordt veilig verondersteld voor toiletspoeling, wasmachine en gebruik in de tuin. In deze landen worden eisen gesteld aan de bron en de kwaliteit van de systemen. Het gaat in alle gevallen om het aansluiten van (schone) dakoppervlakken, op de juiste aanleg van de systemen, op het rigoreus scheiden van hemelwater- en drinkwatersystemen en op goed beheer en onderhoud.

In Vlaanderen is hemelwateropslag sinds 2004 verplicht gesteld voor de nieuwbouw of herbouw met als doel voorkomen van wateroverlast en het verminderen van piekafvoeren. Vanaf oktober 2023 wordt ook het gebruik van het hemelwater in het huishouden verplicht¹. Dit is een doelvoorschrift. Er is een

¹ [Sinds 2004](#) is voor bouwaanvragen voor nieuwbouw of herbouw een regenwatersysteem met mogelijkheid voor hergebruik van regenwater verplicht en in 2014 zijn de eisen hiervoor aangescherpt. Een regenwaterput van 5.000 liter is verplicht bij nieuwbouw en herbouw van een eengezinswoning met een dakoppervlak groter dan 40 m². Verplicht is om een infiltratievoorziening plaatsen, tenzij het perceel kleiner is dan 2,5 are (250 m²). Bij nieuwe verkavelingen is dit een collectieve voorziening. Vanaf oktober 2023 worden deze regels aangescherpt. De Vlaamse Hemelwaterverordening 2023 is een doelvoorschrift met als uitgangspunt dat hemelwater maximaal wordt gebruikt voor toepassingen waar geen drinkwaterkwaliteit nodig is, waaronder toiletspoeling, wasmachinegebruik en buitengebruik. Ook neemt de grootte van de regenwaterput toe naarmate het dakoppervlak groter is dan 80 m², en zullen ook bepaalde renovatieprojecten aan de verplichtingen moeten voldoen. Daarbovenop wordt ook de grootte van de verplichte infiltratievoorzieningen uitgebreid. Bij een belangrijke wijziging van de afvoer, zoals de installatie van een regenwaterput of infiltratievoorziening, is een keuring verplicht (Vlaamse Overheid, sd). In dit geval wordt gecontroleerd of de put wordt aangelegd volgens de voorschriften en of er een fysieke scheiding zit tussen het hemelwater, drinkwater, en afvalwater. Een gecertificeerde instantie voert de keuring uit.

drinkwaterbesparing gerealiseerd: in 2016 was het drinkwatergebruik landelijk gemiddeld 100 lpppd, en in 2020 89 lpppd. Dit gemiddelde kan ook door andere factoren beïnvloed zijn (zoals gedrag).

Jaarlijks rapporteert de Vlaamse Milieumaatschappij meerdere incidenten, veelal veroorzaakt door kruis- of wanverbindingen. Fouten in aansluitingen komen procentueel veelvuldig voor (5 %). Het gerapporteerde aantal is beperkt gezien de schaal waarop hemelwatersystemen worden toegepast in Vlaanderen, maar aangetekend wordt wel dat het gaat om (mogelijk) ernstige incidenten waarbij in de Nederlandse praktijk het drinkwaterbedrijf maatregelen zou nemen.

Algemene juridische context

Het Besluit bouwwerken leefomgeving (Bbl)

Het Bbl regelt de afvoer van hemelwater naar het riool, maar stelt geen landelijke regels over waterberging. Decentraal kunnen hiervoor regels worden gesteld in een omgevingsverordening (provincies) of omgevingsplan (gemeenten). Dat is anders voor het gebruik van hemelwater en grijswater in het gebouw: hierover staan geen regels in het Bbl. De bouwtechnische eisen in het Bbl zijn uitputtend bedoeld. Daarom is het niet toegestaan om voor hemelwater- en grijswatersystemen decentrale regels te stellen. Indien wordt besloten dat bij nieuwbouw hemelwater moet worden opgevangen om te gebruiken in het gebouw of om grijswater te gebruiken, is dat een bouwtechnische eis en zal dat in het Bbl geregeld moeten worden.

Regels voor duurzaam bouwen

In het Bbl staan nu al regels die zich richten op duurzaam bouwen. Het Bbl stelt eisen aan de milieuprestatie van een woonfunctie, kantoorgebouw en nevengebruiksfuncties (bijvoorbeeld oplaadpunten voor elektrische voertuigen). Verder dient nieuwbouw Bijna Energieneutraal Gebouwd (BENG) te worden. Een mogelijke regel in het Bbl kan ook zien op het 'drinkwaterbesparend-ready' maken van nieuwbouw. Tot slot is er een wijzigingsbesluit van het Bbl in procedure die ziet op het verplichten van klimaatadaptieve maatregelen voor een gebouw. Het dak van een gebouw met industriefunctie, of overige gebruiksfunctie, kan op grond van deze nieuwe regels verplicht worden gebruikt voor groen of waterberging. Een nieuwe regel over hemelwateropvang en – gebruik en (her)gebruik van huishoudelijk water zou aansluiten bij deze regels gericht op duurzaam bouwen.

Drinkwaterbesluit en -regeling

Het Drinkwaterbesluit en de Drinkwaterregeling gelden alleen voor collectieve installaties. Uit oogpunt van gezondheid zijn daarin voorwaarden opgenomen om huishoudwater te mogen leveren. Als besloten wordt om in het Bbl verplichtingen op te nemen over hergebruik van hemelwater en grijswater in nieuwbouwwoningen, dan ligt het voor de hand om rekening te houden met eisen in het Drinkwaterbesluit en de Drinkwaterregeling.

Als besloten wordt om verplichtingen op te nemen voor het gebruik van hemelwater en grijswater in collectieve voorzieningen, dan vraagt dit een aanpassing van het Drinkwaterbesluit en -regeling.

Overwegingen bij een verplichting in het Bbl

Een aantal afwegingen en keuzes dient te worden gemaakt bij het nemen van een besluit over het al dan niet opnemen van een verplichting in het Bbl voor hemel- of grijswatergebruik in nieuwbouwwoningen. De belangrijkste zijn hieronder opgesomd, waarbij ook overwegingen uit voorgaande hoofdstukken kort zijn herhaald.

Toekomstbestendig bouwen overeenkomstig Rijksbeleid: van 125 naar 100 lpppd

Met de grote woningbouwopgave is er nu een kans om een eerste stap te zetten om in de toekomst minder grondwater- en oppervlakteafhankelijk te worden. Een toekomstbestendige bouw houdt rekening met het terugdringen van de vraag naar drinkwater. Bij een verplichting wordt uitvoering gegeven aan het Rijksbeleid, zoals de Nationale aanpak Klimaatadaptatie gebouwde omgeving en 'Water en Bodem sturend'. Vanuit het werken volgens de beleidscyclus is het onder de Omgevingswet logisch om dit beleid door te laten werken en juridisch vast te leggen. Dit is een vraagstuk dat visie en duidelijke stellingname van het Rijk vraagt om als eerste stap te kunnen gelden van een grotere maatschappelijke transitie op gebied van duurzaam bouwen en bewust watergebruik.

Direct afdwingbaar, maar impact pas over een paar jaar

Door de regel in het Bbl op te nemen, werkt de regel direct. Iedere nieuwbouw dient dan verplicht hemelwater op te vangen. Daarmee is drinkwaterbesparing afdwingbaar en is besparing dus gegarandeerd. Daarbij wordt de kanttekening gemaakt dat de impact van de maatregel, in termen van absolute drinkwaterbesparing, in de eerste jaren nihil of minimaal is. Een wijziging van het Bbl kost tijd. Na inwerkingtreding van de regels worden bouwaanvragen hieraan getoetst. De woningen die over circa 3 tot 5 jaar worden gebouwd, zijn pas drinkwaterbesparend.

Generieke uniforme regels vs. maatwerk

Voor de uitvoeringspraktijk, zoals ontwikkelaars, is het belangrijk dat er standaardregels zijn en dat niet in iedere gemeente andere regels gelden. Zo wordt ook een ongelijk speelveld voorkomen. Echter, per regio verschillen de omstandigheden in het waterecosysteem en kan maatwerk gewenst zijn.

Doel- of middelvoorschriften

Qua type regel bieden doelvoorschriften het bevoegd gezag, initiatiefnemers en uitvoerders meer afwegingsruimte en flexibiliteit dan middelvoorschriften. Een middelvoorschrift daarentegen, is een voorschrift waarin een specifieke techniek of maatregel staat voorgeschreven en dus meer zekerheid biedt. De voor- en nadelen dienen goed afgewogen te worden. Daarbij dient ruimte te zijn voor innovaties en experimenten.

Negatief effect op MPG

Het verplichten van hemel- of grijswatersystemen heeft een negatief effect op de milieuprestatie van een gebouw. Extra materiaalgebruik en installaties zullen leiden tot een hogere MPG-score. De (MPG)-berekening is verplicht bij het aanvragen van een omgevingsvergunning voor nieuwbouw.

Risico's voor de gezondheid

Met de introductie van hemelwater- en grijswatersystemen in gebouwen wordt een extra waterkwaliteit in het huis geïntroduceerd, naast het bestaande drinkwater. Een NEN-norm waarmee een minimale kwaliteitseis wordt gegarandeerd, lijkt onmisbaar. Hetzelfde geldt voor goed beheer en onderhoud.

Uitvoerbaar en handhaafbaar

Voor burgers kan het ingewikkeld zijn om zich aan de regels te houden. Afhankelijk van het type regel waarvoor wordt gekozen, kan het ook lastig zijn om die te handhaven. Een wettelijke verplichting vraagt tot slot ook om een wettelijk kader om systemen goed aan te laten leggen en veilig te laten werken gedurende decennia, met name gelet op eventuele gezondheidsrisico's. Hierbij dient ook differentiatie van het type gebouw en gebruiker te worden meegewogen.

Differentiatie type gebouw en gebruiker

Met het oog op beheersing van risico's voor de gezondheid, is goed beheer van de installaties nodig. Wellicht is differentiatie nodig voor het type gebouw, in verband met het eigenaarschap van het systeem en daaruit voortvloeiende verantwoordelijkheid voor de beheersing van de waterkwaliteit. Bij individuele grondgebonden woningen met bijbehorende installaties is duidelijk bij wie de verantwoordelijkheid ligt, maar dit is anders bij appartementencomplexen of gebouwen met gemengde functies.

Differentiatie is wellicht ook nodig in verband met de kwetsbaarheid van bewoners of gebruikers (bijvoorbeeld een verzorgingshuis).

Kosten

Een extra bouwtechnische eis aan een gebouw leidt tot extra investeringen en gebruikskosten. De integrale kosten, per m³ hemelwater- of grijswater, zijn veel hoger dan de huidige drinkwaterprijs. De gebruikskosten alleen zijn ongeveer gelijk aan de huidige drinkwaterprijs.

2

TECHNIEK EN IMPLEMENTATIE

Dit hoofdstuk is gewijd aan technieken voor opvang van hemelwater- en grijswatersystemen in gebouwen.¹ Daarbij komen de volgende aspecten aan bod:

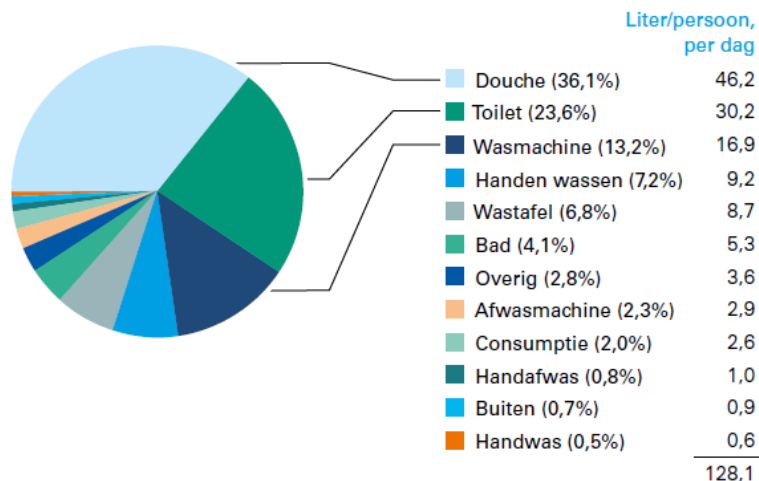
- drinkwaterbesparing;
- consequenties in de woning;
- kwaliteit;
- kosten;
- energiegebruik;
- en milieudruk.

Er zijn verschillende technieken beschikbaar voor benutting van hemelwater en grijswater. Allereerst wordt een overzicht gegeven van beschikbare technieken, hun algemene werkingsprincipes en randvoorwaarden. Daarbij wordt per techniek ingegaan op de bovengenoemde aspecten. Ook worden verschillen belicht tussen circulaire watersystemen voor laagbouw en systemen gericht op wijken, gestapelde woningbouw en utiliteitsbouw, en wordt ingegaan op praktijkervaringen uit het buitenland.

2.1 Watergebruik door Nederlandse huishoudens

Het gebruik van hemelwater en grijswater leidt tot waterbesparing in huishoudens. In dit rapport is het drinkwatergebruik zoals gerapporteerd door VEWIN als basis genomen om besparingen uit te drukken:

Afbeelding 2.1 Drinkwatergebruik in huis naar toepassing in 2021 (VEWIN, 2022)



¹ Er zijn ook andere mogelijkheden om het drinkwatergebruik terug te dringen, bijvoorbeeld via waterbesparende apparaten en toestellen - deze vallen buiten de scope van dit rapport.

2.2 Beschikbare technieken

Hemelwater- en grijswatersystemen (of circulaire watersystemen) leveren (huishoud)water dat in beginsel geschikt is voor niet-hoogwaardige toepassingen zoals toilet spoelen, kleding wassen, tuin besproeien, en mogelijk auto wassen.¹

Als hemelwater en grijswater in voldoende mate gezuiverd en gedesinfecteerd worden, kan het vallen onder zogenoemd hygiënisch water². Toepassingen van hygiënisch water zijn (circulair) douchen, whirlpools, en zwembaden (Expertgroup Circulair Water, 2022). Wanneer zowel huishoudwater als hygiënisch water wordt ingezet, kan in principe meer dan 85 % van het drinkwaterverbruik bespaard worden (Expertgroup Circulair Water, 2022).³

De mate waarin drinkwater wordt bespaard door het gebruik van hemelwater hangt af van de hoeveelheid beschikbare neerslag (hoeveelheid regen en grootte dakoppervlak), het waterverbruik in het huishouden en de grootte van de buffer. In Vlaanderen is het bouwen van een hemelwaterbuffer voor een nieuwe woning al sinds 1998 verplicht (Vlaamse Overheid, sd). De daar gehanteerde standaard is een hemelwaterput van minimaal 5 m³ per woning (Vlaamse Regering, 2023).

Deze standaard wordt in het voorliggende rapport gebruikt als uitgangspunt. In paragraaf 2.3.2. wordt gekeken naar het effect van grotere buffers. Uit verkennende analyses blijkt dat dat heeft alleen meerwaarde als het gebruik hoger is dan gemiddeld, bijvoorbeeld als er meer bewoners zijn dan de gemiddelde woningbezetting van 2,13 (CBS, 2023).

De drinkwaterbesparing door gebruik van grijswatersystemen hangt samen met het type grijswatersysteem en met de gebruiksdoelen van het water. Er zijn veel verschillende grijswatersystemen verkrijgbaar. In dit rapport wordt ingezoomd op drie uiteenlopende typen systemen, te weten een recirculatiedouche, een Moving BioBed Reactor (MBBR), en een Membraan BioReactor (MBR). De technieken zijn momenteel als compacte installaties op de markt. De keuze voor deze drie typen spreekt geen voorkeuren uit en is illustratief bedoeld.

Tabel 2.1 geeft een beknopt overzicht van kenmerken van hemelwatersystemen en de drie grijswatersystemen.⁴

¹ Auto wassen op straat is in veel gemeenten verboden.

² Deze term is van de expertgroep circulair water, Zij verstaan onder hygiënisch water gezuiverd en gedesinfecteerd water van alternatieve circulaire bronnen t.b.v. veilig gebruik voor niet-hoogwaardige toepassingen zoals (circulair) douchen, whirlpools, zwembaden. Onder huishoudwater verstaat de groep alternatief circulair water t.b.v. veilig gebruik voor niet-hoogwaardige toepassingen als toiletspoeling, wasmachine, irrigatie van tuinen, groene daken en groene wanden.

³ Bij de methoden die in dit rapport worden behandeld kan door combinatie van technieken circa 60 % drinkwaterbesparing worden behaald.

⁴ Er zijn meerdere systemen en vormen op de markt en ook van meerdere merken. In deze notitie is gekozen voor een representatieve bandbreedte.

Tabel 2.1 Overzicht van een selectie technieken om hemelwater en grijswater te benutten in huis

	Hemelwatersysteem	Recirculatiedouche	MBBR	MBR
type systeem	hemelwatersysteem	grijswatersysteem	grijswatersysteem	grijswatersysteem
waterbron	hemelwater	douche	grijswater	grijswater
zuivering	filter (zeef)	microfilter en uv-filter	sedimentatie, flotatie, flotatie met opgeloste lucht, schuimfractionering, aerobe bioreactor, en (uv-)desinfectie	bioreactor en ultrafiltratie membraan
type circulair water	huishoudwater	hygiënisch water	huishoudwater	huishoudwater
toepassing circulair water	toilet, wasmachine, irrigatie, auto wassen	douche	toilet, wasmachine, irrigatie, auto wassen	toilet, wasmachine, irrigatie, auto wassen
drinkwaterbesparing	44 lpppd alle toepassingen 30 lpppd alleen toilet	30 lpppd	tot 48 lpppd	tot 48 lpppd

2.3 Hemelwatersystemen

2.3.1 Typen hemelwatersystemen

Er zijn drie basissystemen voor hemelwaterbenutting: de regenton, het zwaartekrachtsysteem, en het pompsysteem (ISSO, 2011). De regenton is een eenvoudig systeem, maar is in de regel te klein om water te bufferen voor perioden met weinig regenval en daarmee weinig effectief. Daarnaast voldoen de meeste regentonnen niet aan de eisen voor toepassing van huishoudwater volgens de NEN 1006+A1:2018 (norm voor Leidingwaterinstallaties). Daarom wordt dit systeem in deze rapportage verder buiten beschouwing gelaten.

Bij het zwaartekrachtsysteem bevindt de hemelwaterbuffer zich boven de aftappunten (bijvoorbeeld op zolder) en wordt het water met behulp van zwaartekracht verdeeld (Vlaamse Milieumaatschappij, 2018). Omdat niet gepompt hoeft te worden resulteert dit in een lagere energieconsumptie dan drinkwater. Ghimire et al. (2014) heeft aangetoond dat een hemelwatersysteem (op huishoudniveau) zonder pomp de energieconsumptie voor watertransport vermindert met 88 %. Bovendien is een zwaartekrachtsysteem eenvoudig en laag in investerings- en onderhoudskosten (ISSO, 2011).

Het is belangrijk dat de buffer vorstvrij is en koel (bij voorkeur altijd <20 °C) en donker wordt gehouden. Nadelen van een zwaartekrachtsysteem zijn de lage waterdruk in het leidingnet, hoge vloerbelasting en het ruimteslag in het gebouw (Vlaamse Milieumaatschappij, 2018). Ook zal bij eventuele lekkage schade binnen de woning aangericht worden (ISSO, 2011). (ISSO, 2011) rapporteert dat het vrijwel onmogelijk is om de vereiste voordruk bij aftappunten (zoals wasmachines) te leveren en de opslag blijvend koel te houden, wat de keuze voor een zwaartekrachtsysteem minder aantrekkelijk maakt.

Bij een pompsysteem is de hemelwaterput ingegraven in de grond of opgesteld in een kelder of berging.¹ Het water wordt voor gebruik onder druk gebracht met een pomp. Ondergrondse opslag heeft als voordeel dat het koel en donker is en er meer vrijheid is om de buffer te plaatsen. Bovendien is het mogelijk een grotere buffer te gebruiken dan bij een zwaartekrachtsysteem, wat een positief effect heeft op de dekkingsgraad en kosten.

¹ Bij kruipruimten met beperkte hoogte geeft Milieu Centraal het advies deze eerste te benutten voor vloer isolatie en alleen bij extra ruimte waterberging realiseren.

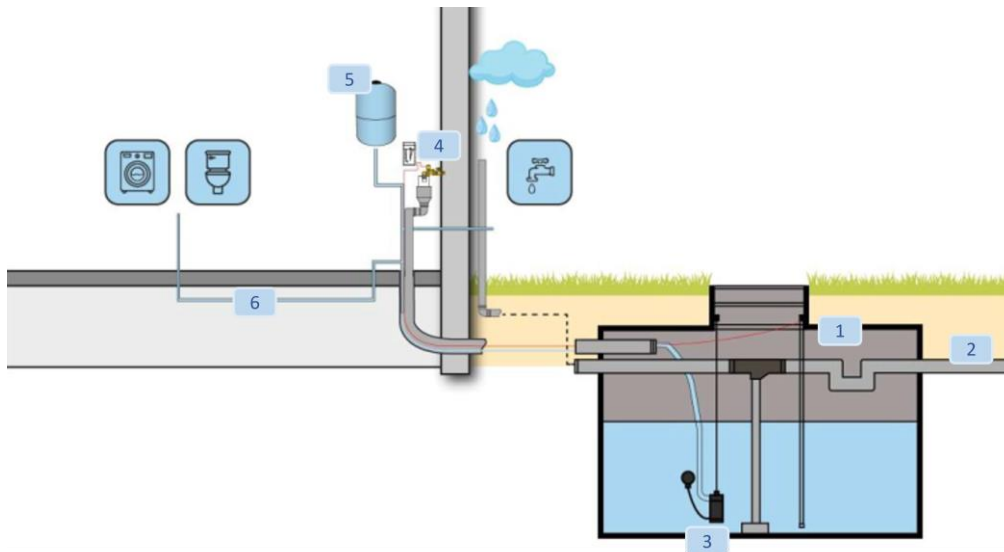
Wel is onderhoud nodig aan het pompsysteem, wordt elektriciteit verbruikt, en kan er mogelijk geluidsoverlast zijn door de pomp tenzij deze zich in de tank bevindt (ISSO, 2011).

Omdat hemelwaterbenuttingssystemen in veruit de meeste gevallen gebruik maken van een pompsysteem gaat dit rapport verder in op dit type systeem met de in Vlaanderen gehanteerde standaard buffergrootte van 5 m³.

Systeemonderdelen

Het principe van het hemelwatersysteem is weergegeven in Afbeelding 2.2. Er zijn ook varianten beschikbaar met bijvoorbeeld een pompsysteem in de woning in plaats van in de tank, met drinkwater-suppletie via een ingebouwde breaktank of met een opslagzak voor hemelwater in de kruipruimte onder de woning.

Afbeelding 2.2 Overzicht onderdelen hemelwatersysteem (bron: leverancier) 1. hemelwatertank voorzien van ingebouwd filter, opzetstuk en deksel; 2. afvoer van overtollig hemelwater; 3. onderwaterpomp en drukleiding; 4. niveaumeting met suppletie-unit voor drinkwater; 5. Expansievat, 6. watersysteem in de woning



Het hemelwater op het dak wordt opgevangen en wordt vervolgens gefilterd. Meestal worden horizontale (inline)filters gebruikt voor het afvangen van grof vuil zoals bladeren. Het filter heeft een afvoer van het gefilterde water en een afvoer van het vuil en restwater naar het riool, oppervlaktewater of infiltratievoorziening (ISSO, 2011). Het is belangrijk de filters regelmatig (maandelijks) te inspecteren op vervuiling en wanneer nodig onderhoud uit te voeren.

Het gefilterde hemelwater stroomt vervolgens naar een opslagtank. De hemelwaterput moet koel en donker zijn en hij mag bij een hoge grondwaterstand niet opdrijven. Een hemelwaterput moet jaarlijks gereinigd worden als er vervuiling in het opgepompte water zit (NEN-EN 16941-1, 2018). Ook is een overloop ingebouwd waardoor het teveel aan hemelwater uit de tank kan stromen. Als een gebruikstoestel water vraagt, wordt via een hydrofoorpomp en drukleiding het hemelwater opgepompt en via leidingen in het huis verdeeld. Ieder aftappunt dat gevoed wordt met hemelwater moet verplicht worden voorzien van een pictogram 'Niet drinkbaar' (NEN-EN 16941-1, 2018).

Om tijdens langdurige droogte toch water te kunnen leveren, heeft het hemelwatersysteem een suppletievoorziening van drinkwater. Om besmetting van drinkwater met hemelwater te voorkomen moet het hemelwatersysteem goed gescheiden zijn van het drinkwaternet (Vlaamse Milieumaatschappij, 2018). Een atmosferische onderbreking conform EN1717 is vereist. Ook wordt aangeraden verschillende soorten leidingen te gebruiken om het onderscheid met het drinkwatersysteem duidelijk te maken.

2.3.2 Effectiviteit drinkwaterbesparing

Om de effectieve waterbesparing te berekenen, is een analyse gemaakt van regenreeksen van KNMI meetstation Eelde, een aangenomen dakoppervlak en watergebruik door een gemiddeld huishouden.

De langjarige (2013-2023) gemiddelde neerslag op meetstation Eelde bedraagt 821 mm per jaar (KNMI, 2023). Een woning in Nederland heeft een gemiddelde dakoppervlakte van 60 m² (Zonnepanelen-Weetjes, 2020). Uitgangspunt is dat de first flush ook wordt opgevangen omdat dit in de praktijk gebruikelijk is.

Bij een run-off van 0,8 kan zodoende jaarlijks 49 m³ worden opgevangen, waarvan een huishouden maximaal 39 m³ gebruikt. Een gemiddeld huishouden bestaat uit 2,13 personen (CBS, 2023), waardoor per persoon jaarlijks 18 m³ hemelwater beschikbaar is. (Driezum, 2020) Het gemiddelde waterverbruik in Nederland is 128 lpppd, waarvan 47 lpppd voor toiletten en de wasmachine (VEWIN, 2022). Jaarlijks is het watergebruik voor deze toepassingen circa 17 m³ per persoon, wat ongeveer overeen komt met de hoeveelheid beschikbaar hemelwater.

Tabel 2.2 toont de resultaten van een simulatie van hemelwatersystemen voor de periode 2013 tot en met 2022. Daarbij is gevarieerd met buffergrootte en gebruiksdoel.

De effectieve hemelwaterbenutting voor een buffer van 5 m³ is circa 44 lpppd wanneer het gebruikt wordt voor toiletten en de wasmachine en circa 30 lpppd wanneer het alleen gebruikt wordt voor toiletten. Dit komt overeen met een besparing van 23 tot 34 %.

Het effect van een grotere buffer is zeer beperkt: een buffer van 10 m³ bespaart 2 % meer drinkwater, maar is wel twee keer zo groot als een buffer van 5 m³. Ook de hoeveelheid water die bij een volle buffer wegstroomt verschilt nauwelijks tussen een buffer van 5 of 10 m³. Een grotere buffer heeft in dit geval dus slechts een beperkte meerwaarde.

Afbeelding 2.3 toont de vulling van de buffer voor deze systemen over de periode 2013-2023. Aangenomen is dat de buffer aan het begin van de periode voor 50 % gevuld is.

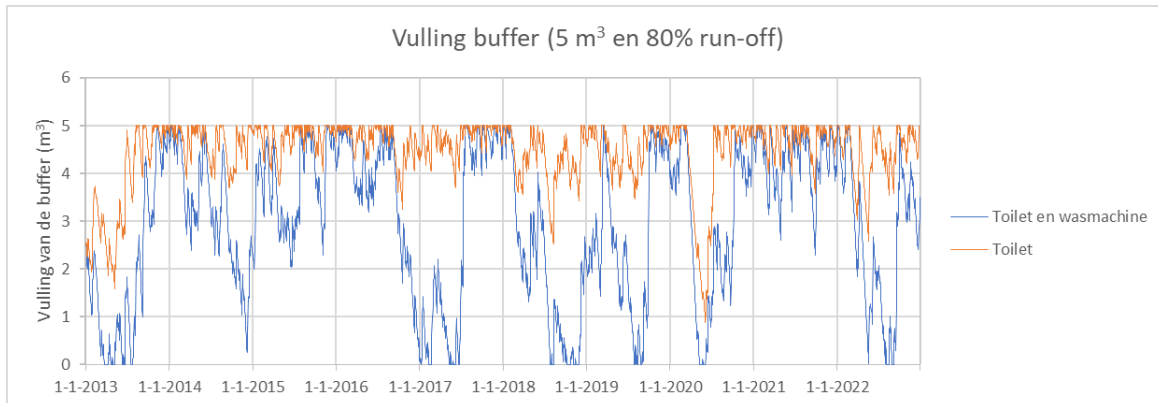
De resultaten zijn ter illustratie en zijn geen aanbevelingen voor een bepaalde dimensionering. De optimale grootte van de hemelwaterbuffer is afhankelijk van het werkelijke dakoppervlak, huishoudgrootte, feitelijk waterverbruik, en het neerslagpatroon. In de analyse is geen rekening gehouden met klimaatverandering. Door klimaatverandering kunnen langere, droge perioden voorkomen (het volgende hoofdstuk gaat uitgebreid in op droge perioden in relatie tot drinkwaterbesparing en inzet van alternatieve bronnen). Dit kan betekenen dat de opslagtank vaker leeg zal zijn of dat een grotere tank gewenst is.

Tabel 2.2 Resultaten 10-jarige simulatie hemelwatersystemen (buffer 5 m³, run-off coëfficiënt 0,8, huishoudgrootte 2,13, neerslag Eelde)

	5 m ³ toilet en wasmachine	5 m ³ toilet	10 m ³ toilet en wasmachine	10 m ³ toilet
tankrendement*	89 %	60 %	93 %	61 %
overstroom [m ³ /jaar]	4	16	3	15
totaal waterverbruik [m ³ /jaar]	37	23	37	23
effectief gebruik hemelwater [lpppd]	44	30	47	30
frequentie niet voldoende hemelwater voor vraag [d/jaar]	23	0	2.4	0

* Tankrendement is het percentage hemelwater in de buffer dat effectief gebruikt wordt in plaats van overstroomt

Afbeelding 2.3 Vulling hemelwaterbuffer van 5 m³ van 2013 tot 2023



Effect van by-passen van de 'first flush'

Als, in tegenstelling tot hiervoor is aangegeven, de first flush niet wordt opgevangen maar gebypassed, dan neemt de effectieve opvang van water sterk af van 49 m³/jaar naar 23 tot 29 m³ hemelwater per jaar bij een dak van 60 m² en een regenval van 874 mm. In de rapportage van RIVM (van Driezum, van der Aa, & van den Berg, 2020) wordt vanuit kwaliteitsoverwegingen wel rekening gehouden met het afkoppelen van de first flush. Daarbij wordt onder meer verwezen naar een rapportage van KWR waarin de effecten van het afleiden van de first flush worden beschreven (Hofman & Paalman, 2014): de first flush heeft een beduidend slechtere kwaliteit dan het daarna afstromend water. Door wegleiden van de first flush blijft de ergste verontreiniging uit de buffertank. Dit betekent niet dat het resterend opgevangen water een betrouwbare hygiënische kwaliteit heeft, omdat nagroei optreedt in de buffer. Het rapport doet geen uitspraken over de bruikbaarheid van het opgevangen water in de woning met en zonder wegleiden van de first flush. In het hoofdstuk kwaliteit wordt hier nader op ingegaan.

2.3.3 Consequenties in de woning

De implementatie van een hemelwatersysteem in de woning houdt allereerst in dat een hemelwaterput geplaatst moet worden van minimaal 5 m³. Deze put kan ondergronds aangelegd worden, waardoor hij binnen geen ruimte inneemt. Het opgeslagen hemelwater moet opgepompt en verdeeld worden. Een pompinstallatie en extra leidingwerk zijn dus een vereiste. Omdat hemelwater zacht is en metalen leidingen kunnen worden aangetast, zijn geschikte kunststofleidingen en een geschikte pomp van belang (De Watergroep, sd). Ook moet gekozen worden voor materialen die afwijken van de drinkwaterleidingen, in materiaalkeuze of kleur, om te voorkomen dat naderhand verkeerde aansluitingen worden gemaakt en hemelwater (of grijswater) in het drinkwatersysteem terechtkomt. Daarnaast wordt een overloop aangelegd waar het overtollige water naar afstroomt. Deze overloop wordt aangesloten op een infiltratievoorziening of hemelwaterafvoer, of door oppervlakkige afvoer. Om afvoer onder vrijverval mogelijk te maken moet de put niet te diep worden aangelegd.

Om in perioden van droogte over water te beschikken, moeten voorzieningen worden getroffen voor bijvullen met drinkwater of moet kunnen worden overgeschakeld naar het drinkwaternet¹.

Als gekozen wordt voor bijvullen van de hemelwaterput moet er een atmosferische onderbreking zijn tussen de voeding en bijvulleiding naar de put (De Watergroep, sd).

¹ Hierdoor is de besparing bij langdurige droogte in combinatie met piekvraag (hete droge zomer) op die momenten beperkt.

Er zijn alternatieven zoals dubbele leidingen (een voor hemelwater en een voor drinkwater) naar de toestellen. Het is lastig de aansluitingen van deze leidingen volledig gescheiden te realiseren, waardoor er meer kans is op drinkwaterbesmetting. Daarnaast is dit systeem duurder, dient het na stilstand en na overschakeling te worden doorgespoeld en (eventueel) gereinigd (De Watergroep, sd).

Vergeleken met bijvullen van de buffer heeft een dubbel leidingnet meer nadelen en is minder geschikt.

2.3.4 Waterkwaliteit

De kwaliteit van hemelwater is lager dan die van drinkwater. Meestal wordt hemelwater gefilterd met een horizontaal filter en kunnen extra zuiveringsstappen (microfilter en actief kool) worden toegepast. Het water kan niet gebruikt worden voor persoonlijke hygiëne of om voedsel te bereiden (De Watergroep, sd). Bij een foutieve verbinding kunnen verontreinigingen in het hemelwater het drinkwater besmetten, wat een risico is voor de gezondheid van de bewoners. De hemelwaterkwaliteit hangt af van de eigenschappen van zowel het hemelwatersysteem (dakoppervlakte en grootte van de buffer) als van de omgeving (klimaat, atmosferische vervuiling, en landgebruik (Rodrigues de Sá Silva, Bimbato, Balestieri, & Vilanova, 2022)). Vervuiling kan optreden in de atmosfeer, op het dak en tijdens afstroming. Als we focussen op de techniek van een hemelwatersysteem zelf, dan is het dakoppervlak en de grootte van de buffer een belangrijke factor voor de waterkwaliteit (Rodrigues de Sá Silva, Bimbato, Balestieri, & Vilanova, 2022). Het dakoppervlak kan natte en droge depositie vasthouden en vormt bovendien een interne bron van vervuiling wanneer hemelwater reageert met het dak.

Hoofdstuk 4 gaat nader in op waterkwaliteit en gezondheid.

2.3.5 Kosten

De investeringen van een hemelwatersysteem bedragen EUR 4.000,-- tot EUR 7.000,--. De opbouw van deze kosten is weergegeven in Tabel 2.3. De kosten van een hemelwatersysteem zijn locatie afhankelijk en zullen hoger uitvallen bij inpassing in bestaande gebouwen.

Een goedkoper alternatief is het plaatsen van een waterzak van 4,5 m³ in de kruipruimte. De investeringen hiervan bedragen ongeveer EUR 5.000.¹

Een waterzak heeft als nadeel dat bezinksel niet verwijderd kan worden, wat op langere termijn een probleem vormt m.b.t. onderhoud en mogelijk waterkwaliteit. Het ontbreken van toegang tot de buffer is in conflict met de NEN-norm voor hemelwatersystemen (NEN-EN 16941-1:2018).

Tabel 2.3 geeft ook de jaarlijkse kosten voor afschrijvingen, onderhoud en energie. De jaarkosten zijn berekend op basis van annuïteit met een rente van 2 %. De afschrijvingstermijnen zijn gesteld op 10 tot 15 jaar voor de pomp, filters en het omschakelsysteem vervangen en 50 jaar voor de buffer en leidingen. Voor de kosten voor de jaarlijkse reiniging is uitgegaan van EUR 50,--. Kosten voor energiegebruik zijn zeer beperkt en daarom ook niet meegenomen.

De resulterende jaarlijkse kosten bedragen EUR 330,-- tot EUR 480,--. Bij gebruik van 94 liter hemelwater per dag (huishouden 2,13 personen, 44 lpppd) kost hemelwater EUR 9,60 - 14,00 /m³. Bij gebruik van een waterzak zijn de kosten EUR 11,00 - 12,00 /m³. Bij grootschalige toepassing van hemelwatersystemen nemen de kosten mogelijk af door goedkopere productie en gestandaardiseerde aanlegmethoden.

Bovenstaande kosten zijn de integrale kosten van het systeem. Bij eenmaal geïnstalleerde systemen is de investering 'genomen' en ervaren de gebruikers op jaarbasis alleen de onderhoudskosten en periodiek

¹ Waarvan EUR 2.230,-- voor een package (waterzak, filter en pomp), EUR 1.820 voor installatie en transport en EUR 850 btw¹.

benodigde vervangingsinvesteringen. Op basis van EUR 60 per jaar onderhoudskosten (incl. BTW) bedragen de 'gevoelde' kosten van hemelwater EUR 1,76 / m³.

Ter vergelijking: drinkwater kost momenteel EUR 1,62 tot 2,24 /m³¹. Daarbij wordt aangetekend dat in de huidige drinkwaterprijs niet alle maatschappelijke kosten voor negatieve effecten van drinkwaterwinning zijn meegenomen. De toenemende druk op de zoetwatervoorraden zal vragen om nieuwe investeringen in winningen, transport en distributie of alternatieve (duurdere) drinkwaterbronnen zoals brakwater. De systeemleveranciers verwachten dat bij grootschalige toepassingen van hemelwatersystemen resulteren in een lagere kostprijs voor de systemen, oplopend tot 25 à 30 %.

Tabel 2.3 Investeringskosten en jaarlijkse kosten hemelwatersysteem (bron: leverancier, expert judgement, prijspeil 2022)

Onderdeel	Investering (EUR)	Annuiteit (-)	Jaarkosten (EUR)
betonnen put 5 m ³	700 - 900	0,0318	22 - 29
pompinstallatie	500 - 700	0,0946	47 - 66
bijvulstelsysteem	200 - 400	0,0946	19 - 38
filter + fijnfilter	400 - 600	0,0946	38 - 57
Omschakelsysteem *	(1.600 - 2.000)	0,0946	(151 - 189)
arbeid voor Installatie	1.000 - 2.500	0,0318	32 - 80
transport	200 - 500	0,0318	6 - 16
extra leidingnet	300	0,0318	9,5
reiniging			50
subtotaal	3.300 - 5.900		273 - 396
<u>Btw</u>	<u>693 - 1239</u>		<u>57 - 83</u>
Totaal afgerond	3.993 - 7.139		330 - 479

* Een omschakelsysteem kan onderdeel zijn van een drinkwater suppletie-unit, maar het is niet verplicht en wordt in Vlaanderen niet veel toegepast. De functie van het apparaat is het voorkomen dat drinkwater in het hemelwatersysteem komt als de buffer leeg is.

2.3.6 Energiegebruik

Door het benutten van hemelwater wordt het energieverbruik voor de productie en distributie van drinkwater verminderd. Uiteraard is dit pas merkbaar bij een significante schaalgrootte van drinkwaterbesparende maatregelen. Het energieverbruik voor productie en distributie bedraagt in Nederland 0,51 kWh/m³ en wordt geleverd door duurzame energie (VEWIN, 2022).

Het energiegebruik van hemelwatersystemen hangt samen met de efficiëntie van de lokale pomp en een goede dimensionering (Teston, Scolari, Maykot, & Ghisi, 2022; Rodrigues de Sá Silva, Bimbato, Balestieri, & Vilanova, 2022).

Tabel 2.4 toont de resultaten van het energieverbruik van hemelwatersystemen met een pomp. De studies laten verschillende resultaten zien. (Rodrigues de Sá Silva, Bimbato, Balestieri, & Vilanova, 2022).

¹ In 2023. Tarievenoverzicht drinkwater 2023 VEWIN, inclusief belasting op leidingwater.

Tabel 2.4 Energieverbruik hemelwatersystemen (pompsysteem)

Bron	kWh/m ³	kWh/huishouden.jaar
Chiu, Liaw, & Chen (2009)	0,1	3,8
Ward, Butler, & Memo (2012)	0,5	19
Retamal, Glassmire, Abey Suriya, Turner, & White (2009)	0,9-4,9	34-170
Vieira & Ghisi (2016)	0,9	34
Chang, Lee, & Yoon (2017)	0,2-0,3	7,6 - 11,4
Teston, Scolaro, Maykot, & Ghisi (2022)	1,4 - 1,8	53,2 - 68,4
ISSO (2011)	0,5 - 1,0	17 - 38
Onderwaterhydrofoor (leverancier)	1,2	40
Referentie drinkwater	0,51	19

2.3.7 Milieudruk

Hemelwatersystemen vragen meer materiaal voor de putten, pompen, en leidingwerk. Met name de tank vraagt veel materiaal (kunststof, beton). Er is geen besparing op het drinkwaternet, omdat dit nodig blijft voor tijden van droogte. Wel helpt het om piekstromen en overstromingsrisico's te verkleinen (Zlatanovic & Van der Hoek, 2021).

Doordat hemelwatersystemen water bufferen kan in principe het (hemelwater)rioolstelsel kleiner gedimensioneerd kunnen worden (ISSO, 2011). Dit effect is in de praktijk beperkt omdat al ingezet wordt op het afkoppelen en lokaal bufferen en infiltreren van hemelwater.

Er is geen besparing op het afvalwaterriool omdat de afvalwaterproductie hetzelfde blijft. Door het gebruik van hemelwater in plaats van drinkwater worden wel minder chemicaliën gebruikt bij de productie van drinkwater (Milieu Centraal, 2022). Omdat hemelwater zacht is, kan in gebieden met hard drinkwater in de regel met minder wasmiddel en wasverzachter worden gewassen (Egmond, Luijckx, & Offringa, 2001).

Onderzoeken naar de milieu-impact van hemelwatersystemen laten verschillen zien per type systeem en per locatie. Factoren die een belangrijke rol spelen zijn (Morales-Pinzón, Lurueña, Rieradevall, Gasol, & Gaberrell, 2012; KWR, 2003):

- de pompenergie voor de distributie;
- het al dan niet gebruik van duurzame energie;
- de vraag of het huishoudwater drinkwater vervangt dat afkomstig is uit een verdrogingsgevoelig gebied;
- het extra materiaalverbruik, wat meeweegt in de Milieuprestatie gebouwen (MPG);
- de schaalgrootte.

Er zijn verschillende levenscyclusanalyses gemaakt van hemelwatersystemen. Tabel 2.5 laat de resultaten hiervan zien.

De broeikasgasemissies van een hemelwatersysteem bedragen 0,16 tot 1,3 kg CO₂-eq/m³. Hieraan draagt in het algemeen de operationele fase voor 70 % aan bij (Rashid, Bhuiyan, Pramanik, & Jayasuriya, 2021). Alleen de indicator aardopwarmingsvermogen is aangegeven, maar Rashid et al. (2021), Leong et al. (2019), en Ghimire et al. (2014) hebben de milieu-impact ook op andere LCA indicatoren gekwantificeerd. Volgens Ghimire et al. (2014) wordt de meeste milieu-impact veroorzaakt door de pomp en de benodigde elektriciteit (dominante factor op zeven impactcategorieën).

De milieu-impact van drinkwater is lager dan van hemelwater. Dit volgt ook uit een vergelijking van broeikasgasemissies. Zie Tabel 2.5.

Daarentegen blijkt uit een onderzoek van Zlatanovic & Van der Hoek (2021) dat de milieu-impact van hemelwater juist lager is dan van drinkwater. Het betreft de resultaten van de case Prinseneiland, een kleinschalige woonwijk in het centrum van Amsterdam, met 418 huishoudens en 55 bedrijfspanden. De scope van het onderzoek omvat de levenscyclus beginnend bij waterwinning en eindigend met afvalwaterbehandeling. De end-of-life behandeling van systeemcomponenten zijn niet meegenomen.

In het onderzoek wordt gekeken naar een hemelwaterscenario waarbij het hemelwater wordt gebruikt voor toiletspoeling en de wasmachine en waarbij het slib naar een drooginstallatie gaat. De functionele eenheid is de behoefte aan water- en sanitaire voorzieningen van één huishouden gedurende één jaar. Wanneer hemelwater wordt opgevangen en gebruikt voor toiletspoeling en de wasmachine zijn energieverbruik (-888 MJ/hh/jr), broeikasgasemissies (-20,0 CO₂-eq/hh/jr), waterverbruik (-2,09 m³/hh/jr) en eutrofiëringspotentieel (-0,010 kg P-eq/hh/jr) lager dan het baseline scenario. Voornamelijk de (beperkte) hogere opbrengst van biogas door de verhoogde toevoer van chemisch zuurstof verbruik in vergelijking met de baseline veroorzaken de vermindering in energieverbruik en broeikasgasemissie. Maar ook zonder de slibbehandeling zijn beide lager.

Het waterverbruik en eutrofiëringspotentieel zijn lager door de verminderde vraag naar waterzuivering en de daarmee gepaard gaande waterintensieve processen en chemicaliën.

Tabel 2.5 Milieu-impact hemelwatersystemen (pompsysteem)

Bron	Type systeem	Grens LCA	Broeikasgasemissies (kg CO ₂ -eq/m ³)
Chang, Lee, & Yoon (2017)	Buffercapaciteit van 132 m ³ , huishoudelijk gebruik voor toiletspoeling, in Korea	Alleen operationele fase	0,16
Morales-Pinzón, Lurueña, Rieradevall, Gasol, & Gaberrel (2012)	Twee huishoudens, betonput van 7 m ³ , gebruik voor wasmachine, Spanje	Gehele levenscyclus, behalve recycle fase	0,4
Morales-Pinzón, Lurueña, Rieradevall, Gasol, & Gaberrel (2012)	Twee huishoudens, polyester fiberglas put van 5 m ³ , gebruik voor wasmachine, Spanje	Gehele levenscyclus, behalve recycle fase	1,3
Ghimire, Johnston, Ingwersen, & Hawkins (2014)	Buffercapaciteit van 6,2 m ³ , één huishouden, 2,7 personen, gebruik voor toiletspoeling, Verenigde Staten	Opslag, distributie, end-of-life en transport	0,41
Rashid, Bhuiyan, Pramanik, & Jayasuriya (2021)	Buffercapaciteit van 4,5 m ³ , één huishouden, 4 personen, gebruik voor toiletspoeling, tuin en overig, Australië	Gehele levenscyclus (inclusief recycling)	0,45
Referentie drinkwater			GER waarde * (RVO, 2018): 0,2 Rashid et al. (2021): 0,16

* De GER-waarde geeft de totale primaire energie aan die met een materiaal of proces gemoeid is, Hierbij wordt onderscheid gemaakt in aandeel niet-hernieuwbare en aandeel hernieuwbare energie; in de tabel is de GER-waarde uitgedrukt in klimaatimpact

2.4 Grijswatersystemen

Het opvangen en hergebruiken van grijswater in het gebouw is een andere manier om drinkwater te besparen. Grijswatersystemen hergebruiken 'lichtgrijs water', het water van wasmachine, douche, bad en/of wastafel. Hierin zitten onder meer zeepresten die moeten worden verwijderd voordat het water hergebruikt

kan worden. Water uit andere huishoudelijke bronnen, als de afwasmachine, gootsteen en het toilet, valt niet onder deze definitie, maar onder 'donkergrijs' en 'zwart water'.

Er zijn verschillende typen grijswatersystemen met erg uiteenlopende kenmerken. Daardoor varieert ook de hoeveelheid drinkwater die bespaard kan worden.

Naast drinkwaterbesparing zijn kosten, kwaliteitsaspecten en aanpassingen van de woning relevant voor afwegingen rond grijswatersystemen.

2.4.1 Typen grijswatersystemen

Er zijn veel verschillende typen grijswatersystemen. In dit rapport worden als illustratie drie verschillende typen uitgelicht: de recirculatiedouche, de moving bed bioreactor (MBBR) en de membaanbioreactor (MBR). De systemen verschillen in de methode van zuivering wat een verschil in waterkwaliteit, in energie(besparing), en in kosten oplevert. Daarnaast zijn er verschillen in omvang en in materiaalgebruik en daardoor milieudruk.

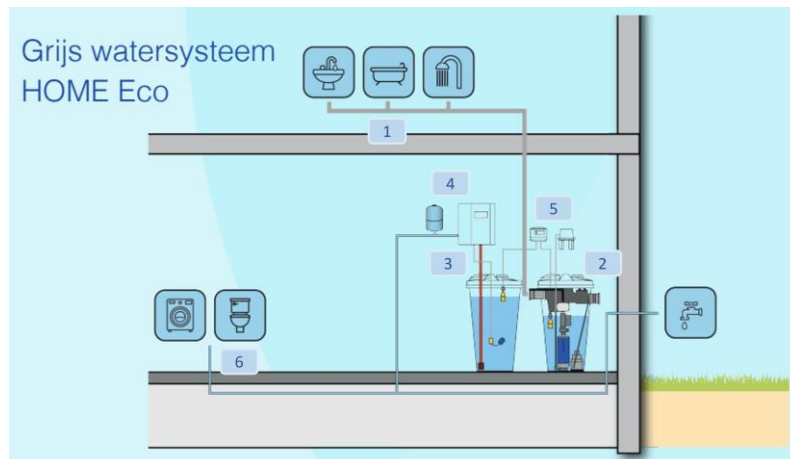
Vaak worden alle beschikbare grijswaterstromen na behandeling gebruikt voor huishoudwatertoepassingen (MBBR, MBR). De recirculatiedouche hergebruikt water als douchewater - een hygiënisch water toepassing.

Systeemonderdelen

Er zijn veel manieren waarop een grijswatersysteem kan worden opgezet. In afbeelding 2.4 wordt een wat uitgebreider systeem weergegeven.

Afbeelding 2.4 Schematische weergave van een grijs watersysteem: MBR zuivering

1. een leidingsysteem voor de opvang van grijswater (wasmachine, douche, bad en/of wastafel), 2. zuiveringssysteem: bijvoorbeeld bioreactorvat met voorfilter, vullichamen en membraanstations, 3. Opslagtank, 4. pomp unit met drinkwatersuppletie en expansievat, 5. regelsysteem: bijvoorbeeld niveauregelaar, beluchter, 6. watersysteem in de woning (voor huishoudwater of hygiënisch water)



Veel onderdelen in een grijswatersysteem zijn ook te vinden in een hemelwatersysteem, maar de zuiveringsstappen zijn uitgebreider en anders van aard. Daarnaast zijn voor grijswater aparte afvoerleidingen nodig van de bronnen van grijswater naar het behandelingssysteem¹ die binnenshuis liggen. Hemelwater wordt door bestaande regenpijpen buiten de woning verzameld.

¹ Uitzondering: recirculatiedouche.

Ook voor grijswatersystemen geldt dat goed aandacht besteed moet worden aan de scheiding van drinkwater en grijswater. Aangeraden wordt om verschillende soorten leidingen te gebruiken, in materiaal, diameter en/of kleur, om het onderscheid met het drinkwatersysteem duidelijk te maken.

2.4.2 Effectiviteit drinkwaterbesparing

Het meeste drinkwater kan worden bespaard met systemen voor meerdere toepassingen water leveren. De MBBR of MBR leveren water voor alle mogelijke huishoudwater toepassingen (wasmachine, toilet en buitengebruik) en besparen tot 48 lpppd aan drinkwater. Deze systemen zijn meer complex systemen, vragen meer ruimte en vragen gescheiden leidingen voor zowel grijswateropvang als huishoudwaterdistributie.

Een recirculatiedouche hergebruikt douchewater, waardoor 65 %¹ minder water in de douche wordt gebruikt. Gemiddeld komt dit neer op 30 lpppd waterbesparing. Omdat dit systeem ook de warmte uit het douchewater hergebruikt, leidt het tot energiebesparing. Door een recirculatiedouche met een ander systeem te combineren is maximale besparing te realiseren.

Ook een MBBR bespaart energie door warmteterugwinning uit douchewater, maar in mindere mate.

2.4.3 Consequenties in de woning

Grijswatersystemen zijn ingrijpend in de woning omdat twee extra leidingsystemen moeten worden aangelegd en er ruimte moet zijn voor de zuivering. Het MBR systeem heeft naast een zuiveringsvat ook een opslagvat, waardoor het groter is dan de MBBR. Dit opslagvat kan, vergelijkbaar met een hemelwatersysteem, ondergronds aangelegd worden. Omdat deze buffer niet seizoensafhankelijk is, is hij aanmerkelijk kleiner dan een hemelwaterbuffer. De tank moet periodiek gedesinfecteerd worden.

Een MBBR is compact en heeft de omvang van een grote Amerikaanse ijskast, maar kan ook geïntegreerd worden met de toiletspoelenheid in de wand (Afbeelding 2.5). Hierdoor kan een dergelijk systeem in de badkamer geplaatst worden en alleen lokaal worden aangesloten op een toilet. Voor een maximale waterbesparing is een uitgebreider systeem nodig met meer leidingwerk.

De recirculatiedouche is het meest compacte systeem door de compacte zuivering en doordat het lokale systeem geen aanpassingen aan het leidingsysteem behoeft (Afbeelding 2.5).

Omdat aanbod en vraag van grijswater goed overeenkomen, wordt de drinkwatersuppletie minder gebruikt. Het is daarom des te belangrijker dat een goede scheiding met het drinkwatersysteem gemaakt wordt en het systeem met zorg wordt aangesloten om zo kruisbesmettingen te voorkomen.

¹ Leveranciersopgaven (Upfallshower, 2023).

Afbeelding 2.5 Inpassing lokaal grijswatersysteem: links MBBR, rechts recirculatiedouche (Upfallshower, 2023)



2.4.4 Waterkwaliteit

Grijswater is vervuild met lichamelijk vuil, zeepresten en andere afvalstoffen uit wasmachine en douche. De kwaliteit van grijswater is in de regel minder goed dan hemelwater, zodat in grijswatersystemen altijd een of meerdere zuiveringsstappen worden toegepast. Dit is meestal een biologische zuiveringsstap en desinfectie met bijvoorbeeld uv-licht of een ultrafiltratiemembraan.

De drie in dit rapport besproken technieken kennen de volgende zuiveringstappen:

- recirculatiedouche: microfilter en UV-desinfectie;
- MBBR: sedimentatie, flotatie, aerobe bioreactor en UV-desinfectie;
- MBR: aerobe bioreactor en ultrafiltratie.

In NEN-EN 16941-2:2021 zijn normen voor grijswatersystemen voor huiswatertoepassingen vastgelegd. Een helofytenfilter is een vaak voorgestelde maatregel voor grijswaterzuivering. Deze techniek vraagt veel ruimte die in stedelijk gebied meestal niet voorhanden is. Ook stellen dergelijke natuurlijke zuiveringssystemen bepaalde eisen aan de kwaliteit van grijswater, waardoor bepaalde typen shampoo worden afgeraden.

2.4.5 Kosten

Tabellen 2.6-2.8 geven de investeringen voor drie beschouwde verschillende typen grijswatersystemen, met een doorrekening naar jaarlijkse kosten op basis van annuïteit en een rente van 2 %. De investeringen zijn de huidige consumentenprijzen. Bij grootschalige toepassingen kunnen deze dalen¹. Voor de systemen is aangenomen dat per jaar EUR 60 (incl. BTW) wordt uitgegeven aan onderhoud en reiniging. Daadwerkelijke kosten zijn niet voorhanden.

¹ Leveranciers schatten dat op 25 tot 30 %.

Op basis van de jaarkosten en de verwachte waterbesparing kunnen de kosten per m³ ingezet grijswater worden berekend. Deze bedragen achtereenvolgens:

- recirculatiedouche: EUR 19,50 /m³ (EUR 11,10/m³ na aftrek energiewinst); ¹
- MBR met maximale benutting EUR 17,10 /m³ (EUR 15,65/m³ na aftrek energiewinst);
- MBBR EUR 11,00 /m³ (EUR 10,20/m³ na aftrek energiewinst).

Tabel 2.6 Investeringskosten en jaarlijkse kosten recirculatiedouche (bron: leverancier, expert judgement)

Onderdeel	Investering EUR	Annuititeit	Jaarkosten EUR
arbeid voor Installatie	250	0,0946	24
transport	in investering	0,0946	0
extra leidingnet	0	0,0318	0
zuiveringssysteem	3.195	0,0946	302
onderhoud*			50
<u>Btw</u>	<u>725</u>		<u>79</u>
Totaal afgerond	4.170		455

Tabel 2.7 Investeringskosten en jaarlijkse kosten MBR (bron: leverancier, expert judgement)

Onderdeel	Investering EUR	Annuititeit	Jaarkosten EUR
arbeid voor Installatie	960	0,0778	75
transport	150	0,0778	12
extra leidingnet	400	0,0318	13
stelsel			
membraan	840	0,1365	115
membraanpompset	430	0,1113	48
membraanpomp pompsysteem	155	0,1113	17
dompelpomp	193	0,0778	15
blower	194	0,0778	15
overige materialen	2.187	0,0512	170
onderhoud			50
<u>Btw</u>	<u>1.160</u>		<u>111</u>
Totaal afgerond	6.670		640

¹ De energiebesparing van dit systeem is netto circa EUR 195 per jaar (782 kWh a EUR 0,25).

Tabel 2.8 Investeringskosten en jaarlijkse kosten MBBR voor 2 personen (bron: leverancier, expert judgement)

Onderdeel	Investering EUR	Annuiteit	Jaarkosten EUR
installatie	960	0,0778	75
transport	150	0,0778	12
extra leidingnet	400	0,0318	13
Systeem			
zuiveringssysteem	1.995	0,0612	122
extra toilet + wasmachine aansluiting	495	0,0612	30
pomp voor gelijkvloerse installatie	495	0,0778	39
onderhoud			50
<u>Btw</u>	<u>945</u>		71
totaal afgerond	5.440		412

2.4.6 Energiegebruik

Het energiegebruik van de beschouwde systemen is weergegeven in tabel 2.9. Door de zuiveringsstappen gebruiken grijswatersystemen meer energie dan hemelwatersystemen. Er zijn grote verschillen tussen de systemen.

De recirculatiedouche bespaart energie, doordat warm douchewater direct wordt hergebruikt. De besparing is tot 815 kWh per jaar¹. Hierdoor dalen de verwarmingskosten significant.

Een MBBR en MBR besparen energie omdat het voedingswater naar de wasmachine warmer is dan drinkwater, door warmteafgifte vanuit het systeem naar de omgeving en door vermeden aanvoer van koud water voor toiletspoeling (warmteopname uit de omgeving).

Tabel 2.9 Energieverbruik grijswatersystemen (bron: leverancier)

Bron	Energieverbruik (kWh/m ³)	Energieverbruik per huishouden per jaar (kWh/jaar)	Energiewinst per huishouden per jaar (kWh/jaar)
recirculatiedouche	1,1	33	815
MBR	2,1	80	300*
MBBR	4,8	180	300*
Referentie drinkwater	0,5	19	0

* Opgave expertgroep circulair water van Water Alliance

2.4.7 Milieudruk

De milieudruk van hemelwater- en grijswatersystemen ontstaat door extra materiaalgebruik en, afhankelijk van het specifieke systeem, energiegebruik. Grijswatersystemen zijn complexer dan hemelwatersystemen en

¹ 64 liter waterbesparing bij 2,13 bewoners per dag (CBS, 2023), 2,23 kWh elektriciteitsbesparing per dag.

bevatten in het zuiveringsdeel meer materiaal. Zo gebruikt een recirculatiedouche rond de 40 kg aan staal glas, pvc en koper, een MBBR 85 kg aan materiaal. Extra materiaalgebruik verhoogt de milieu-impact.

Daar staat tegenover dat grijswatersystemen aanmerkelijk kleinere buffers hebben dan hemelwatersystemen.

Tegenover milieudruk staat milieuwinst, die ontstaat door het besparen van drinkwater en de daarvoor benodigde installaties (beperkte uitbreidingen of vervanging).

Door het gebruik van grijswatersystemen hoeft een kleiner volume afvalwater door rioolwaterzuiveringsinstallaties gezuiverd te worden (het effect in te behandelen vracht is overigens beperkt), wat de milieu-impact kan verlagen. Ook zal het afvalwater geconcentreerder zijn, wat gunstig is voor de terugwinning van grondstoffen (Zlatanovic & Van der Hoek, 2021).

Tabel 2.10 geeft een indicatie van de milieu-impact van verschillende typen grijswatersystemen, uitgedrukt in kg CO₂-eq/m³.

Chang, Lee, & Yoon (2017) concludeert dat de milieu-impact van een collectief grijswatersysteem dat 100 m³/d kan zuiveren gedurende de operationele fase 0,6 kg CO₂-eq/m³ bedraagt.¹ Als rekening wordt gehouden wordt met de afname van de energieconsumptie van rioolwaterzuiveringsinstallaties, blijkt per saldo een afname in broeikasgasemissies.

Kobayahsi, Ashbolt, Davies, & Liu (2020) hebben de gehele levenscyclus van grijswatersystemen geanalyseerd, verschillend in schaal, zuivering en gebruik. De impact van een MBR grijswatersysteem voor een huishouden is 1,3 en 1,9 kg CO₂-eq/m³, afhankelijk van het gebruik. De milieu-impact van MBR is lager op een groter schaalniveau dan op huishoudniveau, ondanks dat een uitgebreider leidingennet nodig is (Kobayahsi, Ashbolt, Davies, & Liu, 2020).

In de eerder benoemde studie van Zlatanovic & Van der Hoek (2021) is een LCA uitgevoerd van het hergebruik van grijswater voor toiletspoeling en wasmachine. Hierbij wordt het grijswater gezuiverd door een MBR-systeem en gaat het slib naar een drooginstallatie. Dit grijswatersysteem heeft minder energieverbruik (-977 MJ/hh/jr), broeikasgasemissies (-30,3 CO₂-eq/hh/jr), waterverbruik (-2,46 m³/hh/jr) en eutrofiëringspotentieel (-0,005 kg P-eq/hh/jr) dan het baseline scenario. Relatief veel energie wordt verbruikt voor de grijswaterzuivering, maar energie wordt bespaard door het verminderde afvalwatervolume en de hogere biogasopbrengst op de centrale rwzi. Door dit positieve effect blijkt de milieuwinst van het hergebruik van grijswater, over de gehele keten, dan ook hoger dan het opvangen en gebruiken van hemelwater.

¹ 100 m³/dag komt overeen met watergebruik van circa 370 huishoudens.

Tabel 2.10 Milieu-impact grijswatersystemen

Bron	Type systeem	Grens LCA	Broeikasgasemissies (kg CO ₂ -eq/m ³)
Chang, Lee, & Yoon (2017)	Zuiveringscapaciteit van 100 m ³ /d, biologische zuivering, membraanfiltratie en desinfectie, gebruik voor toiletspoeling, in Korea	Alleen operationele fase	-0,22
Kobayahsi, Ashbolt, Davies, & Liu (2020)	Constructed wetland, één huishouden, 5 personen, gebruik voor irrigatie, in Canada	Gehele levenscyclus (constructie, bedrijfsvoering, sloop)	0,76
Kobayahsi, Ashbolt, Davies, & Liu (2020)	MBR, één huishouden, 5 personen, gebruik voor irrigatie, in Canada	Gehele levenscyclus (constructie, bedrijfsvoering, sloop)	1,9
Kobayahsi, Ashbolt, Davies, & Liu (2020)	MBR, één huishouden, 5 personen, gebruik voor toiletspoeling, in Canada	Gehele levenscyclus (constructie, bedrijfsvoering, sloop)	1,7
Kobayahsi, Ashbolt, Davies, & Liu (2020)	MBR, één huishouden, 5 personen, gebruik voor toiletspoeling, wasmachine en irrigatie, in Canada	Gehele levenscyclus (constructie, bedrijfsvoering, sloop)	1,3
Referentie drinkwater			GER waarde (RVO, 2018): 0,2 Rashid et al. (2021): 0,16

2.5 Combinatie van hemelwater- en grijswatersystemen

Het is ook mogelijk om hemelwatersystemen en grijswatersystemen te combineren, zoals hemelwater voor toiletspoeling en een recirculatiedouche. In dat geval is de totale drinkwaterbesparing de som van beide toepassingen.

Er zijn combinaties denkbaar van hemelwater en grijswatersystemen, waardoor de totale waterbesparing toeneemt. Een combinatie waarin beide systemen worden toegepast voor toiletspoeling en wasmachine ligt minder voor de hand: er zijn meer investeringen nodig in geld en materialen, terwijl het rendement qua waterbesparing niet of beperkt toeneemt.

Een combinatie waarin hemelwater wordt opgewerkt tot een waterkwaliteit die geschikt is voor douchen met vervolgens hergebruik van dit water voor toiletspoeling en wasmachine levert een nog grotere waterbesparing op.

In dit onderzoek is deze stapeling van mogelijkheden niet doorgerekend voor alle effecten.

2.6 Systemen op collectief/gebouwniveau

2.6.1 Wijken

Circulaire watersystemen kunnen ook op wijkniveau toegepast worden. Volgens de NEN1006+A1:2018-norm zijn collectieve grijswatersysteem op dit moment niet toegestaan. Een collectief hemelwatersysteem is wel toegestaan volgens de drinkwaterregelgeving, maar dit water mag alleen gebruikt worden voor toiletspoeling.

Collectieve watersystemen kunnen voordelig zijn als het gaat om het realiseren van buffers. Het Waterlab van Brainport Smart District onderzoekt momenteel de mogelijkheid van een hemelwater- en grijswatervoorziening op wijkniveau, waarbij gezuiverd grijswater een vergelijkbare waterkwaliteit heeft als hemelwater (Waterlab BSD, 2020). Uit de berekeningen van hun 'plusscenario' blijkt de benodigde opslag op woningniveau een tank van 6 m³.¹ Op wijkniveau (40 woningen) volstaat een tank van 200 m³. Collectieve systemen zijn volgens dit onderzoek voordeliger qua aanleg en ruimte (Waterlab BSD, 2020). Belangrijke aandachtspunten van collectieve systemen zijn:

- de verantwoordelijkheid voor onderhoud en inspectie (o.a. monitoring waterkwaliteit);
- de gevolgen bij een foutieve aansluiting: meerdere huishoudens worden getroffen en vanwege de omvang van het net is het lastiger de locatie van de fout terug te vinden, de gevolgen zijn minder groot bij collectieve voorzieningen van appartementengebouwen.

In Nederland geldt voor collectieve systemen het Drinkwaterbesluit² en de Drinkwaterregeling. Dit betekent dat er eisen zijn voor onder andere de gebruikte bronnen en de opslag van het water, en dat drinkwaterbedrijven deze systemen niet mogen beheren, tenzij ze daarvoor een ontheffing hebben van de minister van IenW. De verantwoordelijkheid voor beheer, onderhoud, en monitoring van circulaire systemen op wijkniveau ligt zal daarom vaak bij een particuliere partij liggen.

Collectieve hemelwater- en grijswatersystemen brengen extra kosten met zich mee. De Watergroep (De Watergroep, sd) heeft in Vlaanderen onderzocht bij welke schaalgrootte decentrale systemen financieel gunstig worden ten opzichte van individuele systemen: bij 20 of meer woningen. In deze situaties ontstaan redelijk kosteneffectieve systemen, onder meer ook omdat het waterbedrijf in tijden van droogte 's nachts de buffers met drinkwater kan vullen (piekafvlakking).³

2.6.2 Gestapelde woningbouw

Bij gestapelde woningbouw is het niet mogelijk om met hemelwater aan de watervraag te voldoen: daarvoor is te weinig dakoppervlak beschikbaar.

Grijswatersystemen zijn beter in te passen in gestapelde woningen. Afhankelijk van het systeem en de soort woning zijn er verschillende mogelijkheden, bijvoorbeeld collectieve systemen in een appartementencomplex of individuele systemen per appartement. Een centraal systeem scheelt ruimte, materiaal en is efficiënter, maar ook hier is essentieel dat onderhoud en verantwoordelijk voor waterkwaliteit goed is belegd. De verantwoordelijkheid ligt ook hier bij een particuliere partij, niet bij één huiseigenaar.

Gebrek aan goed beheer en onderhoud kan problemen opleveren met de kwaliteit van het water en daardoor mogelijk met gezondheidsaspecten. Zie ook hoofdstuk 4.

2.6.3 Utiliteitsbouw

Utiliteitsgebouwen hebben een ander waterconsumptiepatroon dan woningen. Ook tussen utiliteitsgebouwen zelf zijn er verschillen in de watervraag en in het hemelwater- en grijswateraanbod. Vergeleken met woningbouw wordt minder water gebruikt voor douchen, bad en de wasmachine. Daardoor is de beschikbaarheid van grijswater beperkt. Een groter aandeel van de waterconsumptie bestaat uit toiletspoeling (Pieterse Quirijns, Blokker, & Vogelaar, 2009).

Het totale waterverbruik van een kantoor bestaat voor 76 - 86 % uit toiletten, wastafels en koffieautomaten. Belangrijke factoren op de watervraag zijn het aantal bezoekers, de man/vrouw verhouding (verschil in toiletgebruik), en de watertoepassingen (KWR, 2010). Kwantitatief gezien is grijswater minder geschikt om te

¹ En kijkt dus af van de verder in dit rapport gehanteerde volume van 5 m³.

² Dit geldt dus niet voor individuele systemen.

³ Vanwege de afwijkende drinkwaterprijs kan deze conclusie niet direct naar de Nederlandse situatie worden vertaald.

benutten dan hemelwater in utiliteitsgebouwen. De geschiktheid van hemelwater hangt af van het dakoppervlak, neerslagpatroon en de watervraag en dient dus per situatie onderzocht te worden.

In tegenstelling tot gestapelde woningbouw ligt de verantwoordelijkheid voor onderhoud en inspectie van hemelwater- en grijswatersystemen in een utiliteitsgebouw duidelijk bij één eigenaar.

2.7 Toepassingen in Vlaanderen, Duitsland, Australië

Tot slot wordt kort ingegaan op de toepassing van hemelwater- en grijswatersystemen in een aantal andere landen. In Vlaanderen, Duitsland en Australië worden hemelwatersystemen frequenter toegepast dan in Nederland en door de overheid aangemoedigd en soms ook verplicht.

Vlaanderen

Het installeren van een hemelwaterput bij nieuwbouw of herbouw is in Vlaanderen verplicht, en vanaf oktober 2023 ook het gebruik van hemelwater. Delen van het dak die zijn voorzien van een groen dak hoeven hier niet op aangesloten te worden (Vlaamse Regering, 2023). Bovendien is er een verplichte keuring bij een wijziging van de afvoer, zoals bij de aanleg van een hemelwaterput (Vlaamse Overheid, sd). In dit geval wordt gecontroleerd of de put wordt aangelegd volgens de voorschriften en of er een fysieke scheiding zit tussen het hemelwater, drinkwater, en afvalwater. Een gecertificeerde instantie voert de keuring uit.

De minimale omvang van de toe te passen buffer is voorgeschreven en afhankelijk van het dakoppervlak. Er worden geen eisen gesteld aan het by-passen van een first flush en ook niet aan het behandelen van het hemelwater. Aangeraden wordt om de buffertank periodiek schoon te maken.

Het is niet toegestaan het hemelwatersysteem fysiek te verbinden aan het drinkwatersysteem (zie ook hoofdstuk 2). Er zijn voorschriften voor het uitvoeren van de vulvoorziening van de tank met drinkwater in tijden van tekort aan regenwater (open verbinding).

Voor de ingebruikname van een systeem is een keuring door een onafhankelijke instantie verplicht. Er wordt gedacht over het invoeren van een keuring bij elke vastgoedtransactie, analoog aan de keuring van de elektrische installatie.

De Vlaamse Regering heeft een nieuwe Hemelwaterverordening vastgesteld, die per oktober 2023 de regelgeving van 2013 vervangt (Vlaanderen Departement omgeving, sd). Vertrekpunt is dat elke druppel telt. Vanuit die redenering volgen volgende aanscherpingen:

- de minimale volumes van hemelwaterputten worden opgetrokken;
- een hemelwaterput moet verplicht geplaatst worden bij verbouwing of uitbreiding aan bestaande gebouwen;
- het opvangen hemelwater moet maximaal gebruikt worden voor toepassingen waar geen drinkwaterkwaliteit voor nodig is, waaronder toiletspoeling, kuiswater, wasmachine en buitengebruik;
- het buffervolume en de infiltratieoppervlakte van de verplichte infiltratievoorziening wordt vergroot;
- het buffervolume voor grote verharde oppervlakten wordt vergroot, wanneer om technische redenen geen infiltratievoorziening kan aangelegd worden;
- de mogelijkheid om verplichtingen met betrekking tot hemelwater collectief op te nemen wordt ingevoerd.

Er worden regelmatig problemen gemeld die hun basis vinden in kruis- of wanverbindingen. Dit aantal wordt jaarlijks gerapporteerd door de Vlaamse Milieumaatschappij en is voor 2017 tot en met 2021 weergegeven

in Tabel 2.11. Het gaat om incidenten waarbij anderen dan de veroorzaker van de verkeerde verbinding problemen ondervinden¹.

Tabel 2.11 Meldingen bij de toezichthouder kwaliteit van drinkwater in Vlaanderen en relatie met wanverbindingen. Noot: wanverbindingen in woningen die niet leiden tot klachten over de drinkwaterkwaliteit worden niet geregistreerd

Jaar	Aantal meldingen	Door wanverbindingen	Bron
2017	9	4	VMM Kwaliteit van drinkwater 2017 p 108
2018	13	4 of 5	VMM Kwaliteit van drinkwater 2018 p 92
2019	15	4 of 5	VMM Kwaliteit van drinkwater 2019 p 94
2020	11	1	VMM Kwaliteit van drinkwater 2020 p 96
2021	12	1	VMM Kwaliteit van drinkwater 2021 p 103

De VMM meldt dat in Vlaanderen bij 99,51 % van de uitgevoerde analyses geen normoverschrijdingen worden waargenomen. Aan de 0,49 % overschrijdingen liggen ook andere oorzaken dan wanverbindingen ten grondslag. (Vlaamse MilieuMaatschappij, 2022). Wanneer een wanverbinding wordt vastgesteld, wordt de verontreinigingsbron afgesloten en wordt het distributienet van het getroffen gebied gespoeld. Betrokkenen krijgen het advies het water niet te drinken, te gebruiken voor het bereiden van voeding, en geen tanden mee te poetsen. Omdat het meerdere dagen kan duren voor het probleem is opgelost, wordt gezorgd voor een alternatieve waterbevoorrading (Vlaamse Milieumaatschappij, 2021).

In Vlaanderen wordt ook steeds meer gekeken naar collectieve hemelwatersystemen. Zo is het mogelijk om via collectieve voorzieningen aan de bepalingen van de hemelwaterverordening te voldoen (Minaraad & SERV, 2022). Daarnaast komt in een advies op de nieuwe hemelwaterverordening (2023) naar voren dat collectieve oplossingen actief gestimuleerd moeten worden (Minaraad & SERV, 2022). Het COOCK-project 'Waterbewust bouwen' van Embuild Vlaanderen, VLAKWA, NAV, VLARIO en WTCB loopt van maart 2022 tot maart 2024. Dit project richt zich op het versterken van weerbaarheid van de bebouwde omgeving tegen droogte en waterschaarste door middel van individuele en collectieve innovatieve technologieën. Dit project zet zich in op circulair watergebruik met hemelwater en grijswater. Zo wordt onder andere gefocust op het potentieel van hemelwaterbenutting uit collectieve systemen en ondersteuning van de sector bij het implementeren van grijswatersystemen (Embuild Vlaanderen, sd). De resultaten van dit project kunnen ook voor Nederland interessant zijn.

Duitsland

In Duitsland worden al vanaf de jaren 90 grijswatersystemen toegepast. Naast milieubewustzijn spelen ook waterkosten hier een grote rol. Na 5 tot 7 jaar kan de investering teruggewonnen worden (Nolde, 2005), waarbij wordt aangetekend dat het drinkwatertarief in Duitsland circa 5x hoger zijn dan in Nederland². Met een geavanceerde biologische zuivering en behandeling met uv-licht voor desinfectie blijken systemen voldoende betrouwbaar zijn.

Het Umweltbundesamt meldt over het gebruik van hemelwater in huis het volgende: (Umweltbundesamt, sd). Gebruik van regenwater in huis: De technieken en producten om regenwater in huis te gebruiken zijn volwassen. Er is een technische set regels beschikbaar. Met name volgens de drinkwaterverordening (§ 17) moet u ervoor zorgen dat er een veiligheidsvoorziening aanwezig is. Dit om te voorkomen dat regenwater zich vermengt met drinkwater. De leidingen moeten kleurgecodeerd zijn, zodat duidelijk is dat er geen

¹ In Nederland leiden dergelijke fouten direct tot een melding bij ILT en nemen drinkwaterbedrijven ingrijpende maatregelen om hun net te ontdoen van verontreinigingen. Het aantal meldingen bij VMM zegt niets over het werkelijke aantal verkeerde verbindingen. Zie ook paragraaf 4.3.2.

² In veel plaatsen in Duitsland is er sprake van een waterketentarieff, waardoor in het drinkwatertarief ook de risten voor riolering en afvalwaterbehandeling zijn inbegrepen.

drinkwater doorheen loopt. Correct geïnstalleerde, gebruikte, regelmatig onderhouden en hygiënisch gecontroleerde regenwaterrecuperatiesystemen - d.w.z. installaties die volgens de algemeen erkende regels van de techniek zijn gepland, gebouwd en gebruikt - zouden zelfs na meerdere jaren van gebruik geen hygiënische bezwaren mogen hebben. Klachten zijn vaak te wijten aan het feit dat de vereiste onderhoudswerkzaamheden niet zijn uitgevoerd. Regenwaterbenuttingssystemen voor het huishouden vereisen regelmatige controle en onderhoud. De exploitant is hier verplicht zijn eigen verantwoordelijkheid te nemen.

Hygiëne: Ook al voldoet de hygiënische kwaliteit van regenwater vaak aan de eisen voor zwembadwater, het is niet vergelijkbaar met die van drinkwater. De hygiënische risico's van regenwatergebruik verschillen per gebruik:

Regenwater voor toiletpoeling: hier is geen besmettingsgevaar. Het is in de regel niet nodig om de leidingen twee keer te laten lopen, aangezien de regenwateropslagtank tijdens langere droge periodes wordt bijgevuld met drinkwater.

Regenwater voor het wassen van kleding: Het gebruik van regenwater voor het wassen van kleding is ecologisch voordelig. Door de was te wassen met zacht regenwater kan zo'n 20 procent waspoeder worden bespaard. Dit voordeel wordt gecompenseerd door hygiënische zorgen, vooral voor mensen met een gezondheidsrisico: bij het wassen van kleding met regenwater worden schadelijke ziektekiemen meestal gedood door de temperatuur en het wasmiddel. Bij het aansluitende spoelen met koud water is dit echter niet gegarandeerd, zodat ziektekiemen op het wasgoed kunnen worden overgedragen. Dit risico kan alleen worden uitgesloten door het water op de juiste manier te behandelen of door het wasgoed achteraf te strijken. Als je regenwater wilt gebruiken om je wasgoed te wassen, moet je daar rekening mee houden. Vooral mensen van wie het immuunsysteem niet normaal is ontwikkeld - d.w.z. kleine kinderen, oude mensen, zieke mensen en hier in het bijzonder mensen met een verzwakt natuurlijk afweersysteem - mogen geen gezondheidsrisico's nemen.

Voor hergebruik van grijswater is de DIN EN 16941-2:2021 van toepassing. Ook zijn er lokale initiatieven om grijswaterhergebruik te bevorderen. Zo kent Bremen een subsidieprogramma voor het hergebruik van grijswater afkomstig van douche- of badwater.¹

Australië

Water is schaars in Australië waardoor veel hemelwatersystemen zijn geïmplementeerd om drinkwater te besparen (Campisano, et al., 2017). De overheid heeft een website waar meer informatie over regenwatergebruik is opgenomen (Australian Government, www.yourhome.gov.au/water/rainwater, sd). In sommige gebieden in Australië is het installeren van hemelwatersystemen verplicht bij nieuwbouw of substantiële renovatie. Het gebruik van hemelwater in huis, voor toiletpoeling en wasmachine wordt aangemoedigd. Het komt voor dat regionale overheden subsidies verlenen voor het installeren van systemen.

Uit een enquête is gebleken dat 77 % van de huishoudens geen problemen heeft ervaren met het hemelwatersysteem gedurende de 12 maanden periode van het onderzoek. Het meest voorkomende probleem was het niet goed functioneren van de pomp. Verder werd het onderhoud van het systeem door 58 % zelf uitgevoerd. Hemelwatersystemen worden ook toegepast in de openbare ruimte voor irrigatie van tuinen en sportvelden. De installatie, operatie en onderhoud wordt dan geregeld door de lokale overheid (Campisano, et al., 2017).

De eisen die in Australië worden gesteld aan regenwaterkwaliteit voor gebruik in huishoudens is weergegeven in onderstaande tabel:

¹ <https://www.bremer-umwelt-beratung.de/Foerderprogramme-Grauwassernutzung.html>

Rainwater quality requirements for household water uses

End use	Clear	Odourless	Low in dissolved solids	No human pathogens, toxins or heavy metals
Garden/lawn irrigation	Not required	Not required	Not required	Not required
Toilet flushing	Yes	Yes	Not required	Not required
Clothes washing	Yes	Yes	Not required	Not required
Showering/bathing	Yes	Yes	Yes	Not required
Drinking	Yes	Yes	Yes	Yes

In Australië wordt ook het gebruik van grijswater aangemoedigd voor gebruik in tuinen, toiletspoeling en wasmachines, met de aanbeveling om ondergronds te irrigeren. Behandeling van grijswater is nodig als het gedurende 24 uur of langer wordt opgeslagen. Bij direct gebruik is geen of weinig behandeling nodig (Australian Government, [www.yourhome.gov.au/water/wastewater-reuse, sd](http://www.yourhome.gov.au/water/wastewater-reuse_sd)).

Concluderend

In genoemde landen wordt het gebruik van hemelwatersystemen voorgeschreven danwel aangemoedigd, waarbij het uitgangspunt is dat het gebruik van hemelwater in huishoudens veilig is voor toiletspoeling, wasmachine en gebruik in de tuin.

Wel worden in deze landen eisen gesteld aan bron en kwaliteit van de systemen, Het gaat in alle gevallen om het aansluiten van (schone) dakoppervlakken, op de juiste aanleg van de systemen, op het rigoureuus scheiden van hemelwater- en drinkwatersystemen en op goed beheer en onderhoud.

3

DRINKWATERTEKORTEN, BESPARINGSMAATREGELEN EN OMGEVINGSIMPACT

In hoofdstuk 2 zijn hemelwatersystemen met twee verschillende toepassingen en drie typen grijswatersystemen bekeken, en beschrijft de mogelijke waterbesparing in liter per persoon. Dit hoofdstuk beschrijft wat de mogelijke waterbesparing is op landelijk niveau, in verhouding tot de drinkwaterproblematiek.

Paragraaf 3.1 beschrijft het drinkwatergebruik enerzijds en het drinkwateraanbod anderzijds. De drinkwatervoorziening blijkt onder druk te staan: enerzijds neemt de drinkwatervraag toe, terwijl tegelijkertijd de beschikbaarheid van natuurlijke bronnen afneemt. Paragraaf 3.2 beschrijft de mogelijke drinkwaterbesparing op landelijk niveau bij toepassing van regen- en grijswatersystemen. Vervolgens komen twee andere bouwstenen van drinkwaterbesparing aan bod: in paragraaf 3.3 wordt ingegaan op besparing in de industrie en landbouw, en in paragraaf 3.4 op gedragsbeïnvloeding. Het hoofdstuk sluit af met in paragraaf 3.5 een beschrijving van de mogelijke impact van regen- en grijswatersystemen op het watersysteem.

3.1 Huidige situatie: drinkwatergebruik en -tekort

3.1.1 Drinkwatergebruik in een gemiddeld jaar

In Tabel 3.1 is te zien dat in Nederland in 2019, een 'gemiddeld' jaar, ruim 14.600 miljoen m³ water is gewonnen vanuit vergunde onttrekkingen¹. Meer dan 90 % hiervan is oppervlaktewater, wat vooral als koelwater in de energievoorziening wordt gebruikt. Slechts 6 % van het onttrokken zoete oppervlaktewater wordt gebruikt voor drinkwaterproductie. Van het onttrokken grondwater, 1.100 miljoen m³, is 70 % gebruikt voor de productie van drinkwater. Drinkwaterbedrijven onttrekken in totaal circa 1.300 miljoen m³ per jaar: 800 miljoen m³ grondwater (60 %) en 500 miljoen m³ oppervlaktewater (40 %) (CBS, 18 juni 2021).

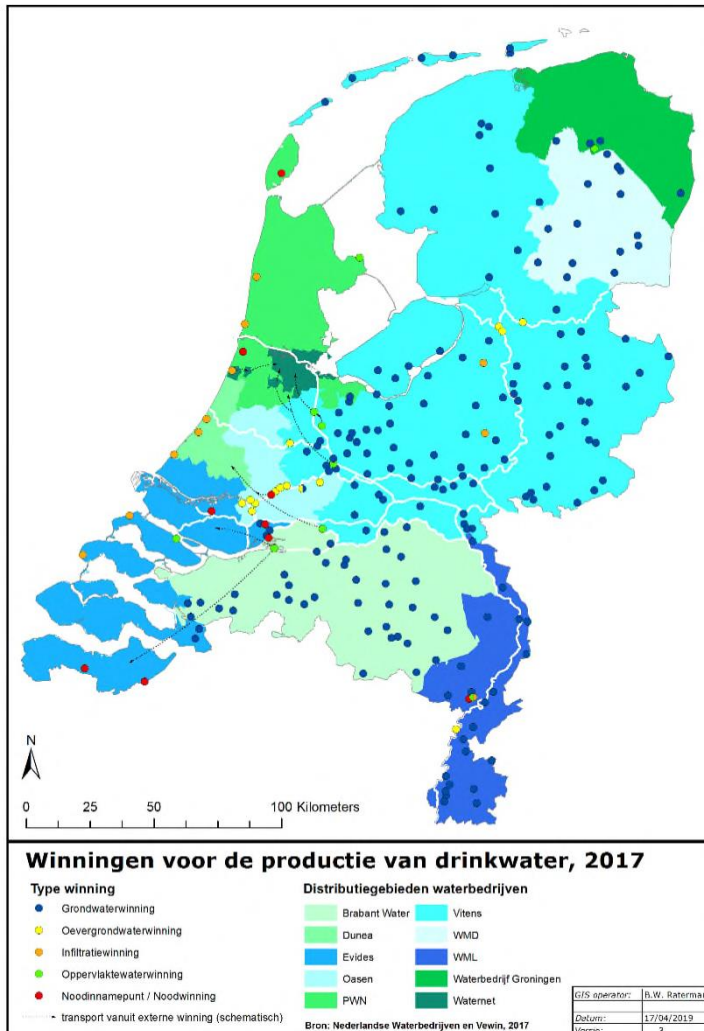
Tabel 3.1 Geregistreerde waterwinning in Nederland in 2019 (miljoen m³) (CBS, 18 juni 2021)

	Totaal	Grondwater	Oppervlaktewater		
			Totaal	Zoet	Zout
drinkwaterbedrijven	1.302	810	492	492	-
landbouw, bosbouw en visserij	253	199	55	55	-
industrie	3.034	128	2.906	2.285	621
energievoorziening	9.369	4	9.365	3.767	5.599
overig	694	3	691	663	28
Totaal	14.653	1.144	13.509	7.260	6.249

¹ Dit betreft de vergunde grondwateronttrekkingen. Een schatting van de orde grootte van de niet-vergunde grondwateronttrekkingen is 25-50 miljoen m³/jaar (enkele procenten van het totaal). Bron: Overzicht grondwateronttrekkingen provincies en waterschappen, Unie van Waterschappen en Interprovinciaal Overleg, januari 2021.

Drinkwaterbedrijven onttrekken grondwater hoofdzakelijk in de provincies Friesland, Groningen, Drenthe, Overijssel, Gelderland, Limburg, Noord-Brabant, Utrecht en Flevoland (Afbeelding 3.1). In Noord-Holland, Zuid-Holland en Zeeland wordt hoofdzakelijk oppervlaktewater onttrokken of wordt oppervlaktewater geïnfiltreerd in duingebieden om daarna te onttrekken uit de ondergrond.

Afbeelding 3.1 Type drinkwaterwinningen in Nederland (KWR, Buffercapaciteit drinkwatervoorziening Nederland, 2019)



In de huidige situatie gaat landelijk ongeveer 75 % van het door drinkwaterbedrijven gewonnen water naar huishoudens. De overige 25 % gaat naar de zakelijke markt zoals industrie, landbouw en handel (VEWIN, Drinkwaterstatistieken 2022, 2022).

Huishoudens gebruiken per persoon ongeveer 128 liter per persoon per dag. Het grootste gedeelte van dit water wordt gebruikt voor de douche (46 lpppd, 36 %) en toiletspoeling (30 lpppd, 23 %), zoals weergegeven in paragraaf 2.1.

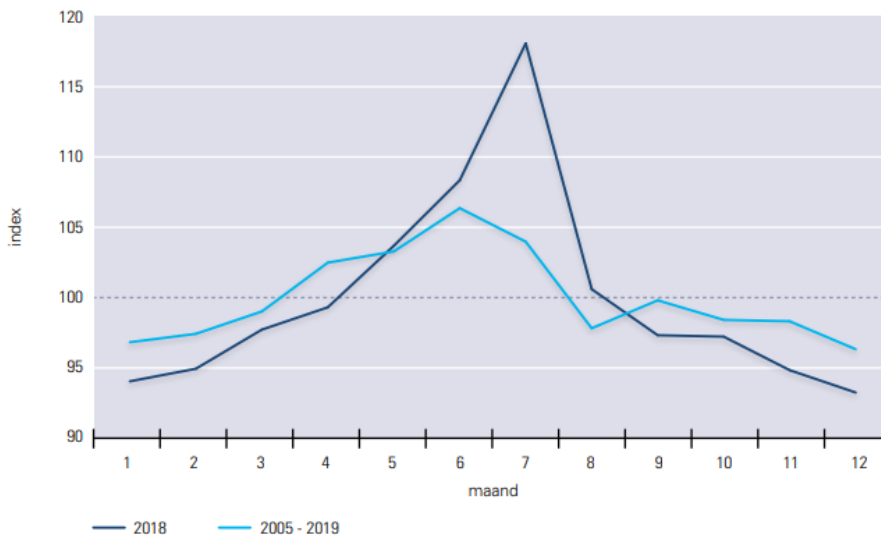
3.1.2 Piekvraag in droge maanden en droge jaren

Drinkwatertekort is een structureel probleem, maar is het meest zichtbaar in droge tijden. Enerzijds is dan minder water beschikbaar; daar wordt in de volgende paragraaf op in gegaan. Anderzijds neemt de drinkwatervraag toe; daar gaat deze paragraaf over.

Droge tijden zijn zowel de droge zomermaanden als droge jaren. In deze notitie wordt het droge jaar 2018 gebruikt als representatief droog jaar. De herhalingstijd van deze droogte in het huidige klimaat is circa 20-100 jaar; in 2050 is de herhalingstijd circa 15 jaar (H2OWaternetwerk, sd).

Binnen een jaar varieert de gemiddelde dagaflevering van drinkwater van maand tot maand, zoals te zien in Afbeelding 3.2. Over de periode 2005-2019 varieert deze dagaflevering tussen de 97 % en 106 % ten opzichte van het langlopende gemiddelde. In een droog jaar is deze variatie groter: 94 % tot 118 %. De hoogste dagvraag is in de maanden juni en juli, tegelijkertijd met het moment dat de waterbeschikbaarheid het laagst is (Vewin 2022). Deze piek heeft vooral te maken met het sproeien van tuinen.

Afbeelding 3.2 Index gemiddelde daglevering van drinkwaterbedrijven in de maanden van het jaar



Deze pieken in dagvragen leiden tot overschrijdingen van de dag-, maand- of jaarvergunningen van drinkwaterwinningen in Gelderland en Overijssel. Hier zijn in het droge jaar 2018 negen overschrijdingen van de jaarvergunning vastgesteld (Rekenkamer Oost-Nederland, september 2022). Aanvullend hierop noemt een recent rapport van het RIVM (RIVM, maart 2023) als knelpunt dat er niet genoeg reserves zijn. Hierdoor kunnen in de huidige situatie al problemen ontstaan bij onverwacht grote piekvragen, nog buiten een toekomstige stijging van de drinkwatervraag. Winvergunningen van drinkwaterbedrijven zijn vaak al volledig benut, waardoor onvoldoende kan worden ingesprongen op structurele toename in de drinkwatervraag. Op grote schaal is extra winningscapaciteit en vergunningsruimte nodig, terwijl de beschikbare ruimte hiervoor steeds minder wordt.

3.1.3 Drinkwaterbeschikbaarheid in droge maanden en droge jaren

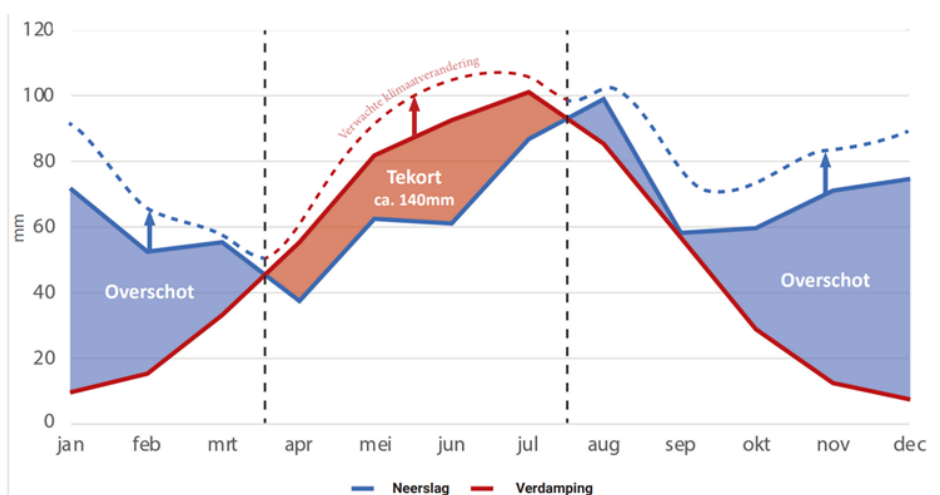
Bij het beschouwen van de drinkwaterbeschikbaarheid is het vanwege de andere aard van de problematiek belangrijk om onderscheid te maken in drinkwaterbron.

Oppervlaktewaterwinningen

Bij oppervlaktewaterwinningen komt de leveringszekerheid voornamelijk in gevaar door te hoge concentraties ongewenste stoffen in het oppervlaktewater, waardoor soms innamestops noodzakelijk zijn. Door klimaatverandering (drogere zomers, lagere rivierafvoeren en dus minder verdunning en hogere concentraties van stoffen) neemt dit effect toe. Ook innames uit het IJsselmeer komen onder druk te staan als het IJsselmeerpeil in de buurt komt van de vastgelegde ondergrens. Ook deze grens gaat in de toekomst steeds vaker bereikt worden door toenemende verdamping en een lagere aanvoer vanuit de IJssel (Rijkswaterstaat, 2018). Omdat de verdamping hoger is dan de neerslag in de zomerperiode (Afbeelding 3.3), neemt de beschikbare hoeveelheid oppervlaktewater gedurende de zomer af.

Maatregelen om de drinkwatervoorziening uit oppervlaktewater robuuster te maken, liggen in de lijn van de oppervlaktewaterkwaliteit verbeteren, back-up capaciteit regelen en het beter beschermen van de bron. Een extra zuiveringsstap is ongewenst, omdat de KRW beoogt het benodigde niveau van de zuiveringen van drinkwaterwinningen te verlagen. De mogelijke maatregelen brengen extra kosten met zich mee en daardoor een hogere druk om zuiniger met drinkwater om te gaan.

Afbeelding 3.3 Neerslag en verdamping over de seizoenen, inclusief effect klimaatverandering (gemiddelde van Waterschap Rijn en IJssel, 2004-2019)



Grondwaterwinningen

Voor grondwaterwinningen is geen sprake van innamestops door een tekort aan water of een bepaalde peilonderschrijding. De grondwatervoorraad staat wel steeds meer onder druk. Dit komt vooral doordat de neerslag in Nederland relatief veel wordt afgevoerd en weinig wordt vastgehouden en geïnfiltrerd richting het grondwater, waardoor grondwaterstanden dalen. Lokaal spelen onttrekkingen een grotere rol. In provincie Noord-Brabant is extra drinkwaterwinning in de Centrale Slenk, een groot en dik grondwaterlichaam waarin veel grondwateronttrekkingen plaatsvinden, verboden. Uit trendanalyses is namelijk gebleken dat het grondwaterlichaam Maas Slenk diep (de diepe Centrale Slenk) een significante dalende trend in de grondwaterstijghoogten vertoont en daardoor in een slechte toestand verkeert (KWR, Trendanalyse Massstroomgebied, juni 2017) (Royal Haskoning/DHV, december 2017). Ook in de andere hogere zandgronden is de problematiek van structurele verdroging gesignaleerd en zijn structurerende keuzes gemaakt in de kamerbrief Water en Bodem sturend om deze trend te keren (Min. IenW, 2022).

Tabel 3.2 laat zien dat tussen een gemiddeld en droog jaar (2018) het grondwatergebruik voor de productie van drinkwater verschilt, zowel voor consumenten als voor zakelijke klanten. In een gemiddeld jaar wordt 880 miljoen m³ grondwater onttrokken voor drinkwaterproductie (circa 78 %). In 2018 was dit 925 miljoen m³, een toename van 5 % (Witteveen+Bos & AT Osborne, 2022).

Tabel 3.2 Grondwatergebruik tijdens gemiddeld en droog jaar (Witteveen+Bos & AT Osborne, 2022 op basis van Landelijk beeld grondwateronttrekkingen 2021)

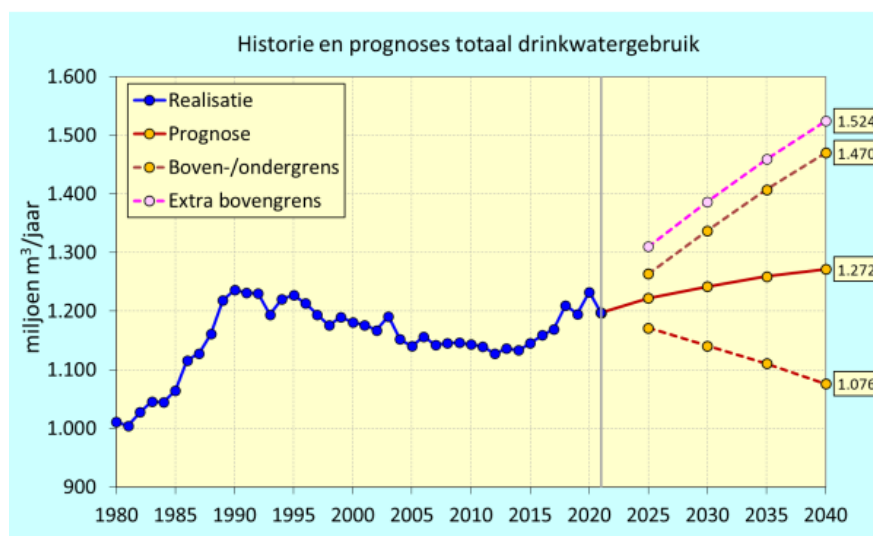
Functie	Gebruik gemiddeld jaar		Droog jaar (2018)	
	Mm ³ /jaar	%	Mm ³ /jaar	%
drinkwater (t.b.v. consumenten, industrie en landbouw)	880	78	925	71
industrie	126	11	126	10
beregening t.b.v. de landbouw	125	11	250	19
totaal	1.131		1.300	

3.1.4 Verwachte stijging van de drinkwatervraag

Sinds 2014 neemt de drinkwatervraag, na een periode van lichte daling, weer toe. Daarnaast is in 2018 en 2020 ook meer water gebruikt dan gemiddeld vanwege de droge en warme zomers. Volgens de meest recente basisprognose (VEWIN, PB Icastat, & Royal Haskoning/DHV, Prognoses drinkwatergebruik in Nederland, 2022), de doorgetrokken lijn in Afbeelding 3.4, zal het drinkwatergebruik in 2040 met 6 % toenemen ten opzichte van 2021. De ondergrens houdt rekening met een afname van 10 % en de bovengrens ligt op een toename van 23 %. Deze grenzen houden rekening met diverse onzekerheden in bijvoorbeeld de bevolkingsgroei, woningbouw, drinkwatervraag en economische ontwikkeling. Een extra bovengrens, met een toename van 27 % in 2040, houdt rekening met een maximale invloed van extreme zomereffecten (VEWIN, PB Icastat, & Royal Haskoning/DHV, Prognoses drinkwatergebruik in Nederland, 2022).

Volgens een recent rapport van het RIVM (RIVM, maart 2023) vertaalt deze stijging zich door naar een benodigde maatgevende capaciteit van drinkwaterwinning in 2030 van 67 tot 102 miljoen m³ extra ten opzichte van 2020.

Afbeelding 3.4 Landelijke ontwikkeling drinkwatervraag (VEWIN, PB Icastat, & Royal Haskoning/DHV, Prognoses drinkwatergebruik in Nederland, 2022)



3.2 Drinkwaterbesparing op landelijk niveau

Wat zijn kengetallen van de drinkwaterbesparing die met hemelwatergebruik en grijswaterhergebruik worden gerealiseerd?

Zoals beschreven in hoofdstuk 2, zijn verschillende systemen mogelijk voor het gebruik van hemel- en grijswater in gebouwen. In dit hoofdstuk ligt de focus op huishoudens. De netto drinkwaterbesparing is afhankelijk van het type systeem en de bijbehorende gebruiksdoelen. Voor de drie als voorbeeld genomen grijswatersystemen (recirculatiedouche, MBBR en MBR) is de besparing onafhankelijk van regenval en daarmee jaarrond mogelijk. Voor een hemelwatersysteem is de uiteindelijke besparing afhankelijk van de verhouding tussen regenval, dakoppervlak, buffergrootte en watergebruik.

In Tabel 3.3 zijn de beschouwde systemen opgenomen, inclusief de mogelijke drinkwaterbesparing. De mogelijke besparing in nieuwbouwhuizen per persoon per dag varieert tussen 30 en 48 liter (23 tot 38 % besparing). Dit voldoet ruim aan het doel om het drinkwatergebruik per persoon te verminderen van 125 naar 100 liter per dag. Dit geldt echter alleen voor bewoners van nieuwbouwwoningen waar via een verplichting van toepassing in het Bbl een hemel- of grijswatersysteem wordt aangelegd.

Een combinatie van verschillende systemen is ook mogelijk. Als daardoor de toepassingen van het water toenemen (bijvoorbeeld hemelwater voor toilet en wasmachine gecombineerd met een recirculatiedouche) dan mogen de berekende besparingen worden opgeteld.

Tabel 3.3 Mogelijke besparing bij gebruik van hemelwater of grijswatersystemen. Huishouden is 2,13 personen

Systeem	Toepassing water	Drinkwater- besparing (lpppd)	Besparing huishouden (liter/dag)	Besparing huishouden (m ³ /jaar)
hemelwatersysteem (5 m ³)	toilet	30	64	23
hemelwatersysteem (5 m ³)	toilet, wasmachine	44	94	34
grijswatersysteem: recirculatiedouche	douche	30	64	23
grijswatersysteem: MBBR	toilet, schoonmaken, wasmachine, irrigatie, auto wassen	48	102	37
grijswatersysteem: MBR	toilet, schoonmaken, wasmachine, irrigatie, auto wassen	48	102	37

Waterbesparing door hemelwatertanks in Vlaanderen (Vlaamse Milieumaatschappij, www.vmm.be/sectoren/huishoudens/waterverbruik-huishoudens, sd)

In Vlaanderen is hemelwateropslag sinds 2004 verplicht gesteld voor de nieuwbouw met als doel voorkomen van wateroverlast en het verminderen van piekafvoeren. De huidige verplichting is voor nieuwbouw met een dakoppervlak groter dan 40 m² een opslagcapaciteit van minimaal 5 m³. Per oktober 2023 wordt nieuwe regelgeving van kracht, waarin voor nieuwbouw niet alleen voor grote dakoppervlakken een grotere tank verplicht wordt, maar ook het gebruik van dit water voor toiletspoeling en als wasmachinewater.

In Vlaanderen is een drinkwaterbesparing gerealiseerd: in 2016 was het drinkwatergebruik 100 lpppd, en in 2020 89 lpppd. Dit is een landelijk gemiddelde; de verschillen in het watergebruik tussen gemeenten zijn groot. Dit gemiddelde kan ook door andere factoren beïnvloed zijn (zoals gedrag).

Landelijke waterbesparing

De waterbesparing per huishouden is omgerekend naar de landelijke besparing. Hierbij aangenomen dat vanaf 2021 in 2/3^e van alle nieuwbouwhuizen ruimte is voor een hemelwatersysteem. De overige 1/3^e zijn appartementencomplexen, waar individuele hemelwatersystemen niet mogelijk zijn. Voor grijswatersystemen geldt dit niet: elk nieuwbouwhuis is in principe geschikt voor een grijswatersysteem. Daardoor is de totale mogelijke besparing van een grijswatersysteem groter dan die van een hemelwatersysteem. De totale besparing is gebaseerd op de bouw van circa 950.000 woningen tot 2029 zoals in de Nationale Woningbouwkaart (Ministerie van BZK, 2021). Ook is aangenomen dat een gemiddeld huishouden uit 2,13 personen bestaat. Er is niet gekeken naar hemelwatersystemen op wooncomplex- of wijkniveau of renovaties.

Met deze aannames is de mogelijke totale besparing van de regen- en grijswatersystemen landelijk tussen de 15 en 35 miljoen m³ per jaar (zie ook onderste regel van Tabel 3.4 in de volgende paragraaf). Om deze besparing in perspectief te plaatsen:

- in 2020 werd 855 miljoen m³ drinkwater (zowel grond- als oppervlaktewater) geleverd aan huishoudens (VEWIN, Drinkwaterstatistieken 2022, 2022). Ten opzichte hiervan is de mogelijke besparing 1,7 tot 4,2 %;
- in 2019 werd 880 miljoen m³ door drinkwaterbedrijven uit grondwater onttrokken, voor zowel huishoudens als landbouw en industrie (zie Tabel 3.2). Ten opzichte hiervan is de mogelijke besparing 1,7 tot 4,0 %. Dit is uitgesplitst per provincie in Tabel 3.4;
- de **extra** grondwateronttrekking voor de productie van drinkwater in een droog jaar als 2018 ten opzichte van een gemiddeld jaar is landelijk 45 miljoen m³ (zie de tekst bij Tabel 3.2). Regen- of grijswatersystemen kunnen 33 tot 75 % van deze toename compenseren;¹
- het huidige drinkwatergebruik is ongeveer 128 lpppd. De regen- of grijswatersystemen kunnen dit terugbrengen tot 78 tot 94 lpppd voor bewoners van nieuwbouwhuizen (23-38 % besparing);
- in 2018 waren de vergunningoverschrijdingen van drinkwaterwinningen in Gelderland en Overijssel respectievelijk ongeveer 0,5 en 1,0 miljoen m³ grondwater op jaarbasis. Met regen- of grijswatersystemen in nieuwbouwwoningen in die provincies kan 1,4 tot 3,3 miljoen m³ (Gelderland) en 0,7 tot 1,7 miljoen m³ (Overijssel) worden bespaard.

Opgemerkt wordt dat bij gebruik van hemelwater voor toilet en wasmachine in langdurig droge perioden een hemelwaterbuffer van 5 m³ leeg kan komen te staan (zie de grafiek 'Vulling hemelwaterbuffer', afbeelding 2.2 in het hoofdstuk Techniek en Implementatie). Hemelwater kan dan niet meer gebruikt worden voor deze huishoudelijke doeleinden, terwijl langdurige droge perioden juist het kritische moment zijn voor het Nederlandse watersysteem.

Belangrijk om te beseffen is dat bovenstaande besparingsgetallen zijn berekend op basis van 2/3^e van circa 950.000 nieuwbouwwoningen. Wanneer hemelwater- of grijswatergebruik een wettelijke verplichting wordt, zal op langere termijn de impact groter worden. In dat opzicht kan deze maatregel gezien worden als het begin van een transitie naar waterbewuster bouwen.

Waterbesparing of alternatieve bron?

Het hergebruik van grijswater is een vorm van waterbesparing, omdat over het geheel minder water wordt gebruikt. Dit is een vorm van 'zuiniger omgaan met water' zoals in de voorkeursvolgorde bij watertekorten geldt conform het NWP, de Deltabeslissing Zoetwater en de NOVI (a. bij de ruimtelijke inrichting en het landgebruik rekening houden met waterbeschikbaarheid en grondwaterpeil condities; b. zuiniger omgaan met water; c. water beter vasthouden; vasthouden doen we zowel mogelijk in de bodem die als spons het water opneemt; extremen vangen we op in bergingen; d. water slim verdelen; e. (rest)schade accepteren). Een andere optie van zuiniger omgaan met water is bijvoorbeeld (het verplichten van) een waterbesparende toilet of douchekop.

Daartegenover is hemelwateropvang en gebruik in nieuwbouw geen feitelijke waterbesparing, maar een alternatieve waterbron. Huishoudens gebruiken tenslotte evenveel water als in de huidige situatie, alleen is

¹ Verplicht stellen van zowel hemelwater- als grijswatersystemen vergroot de waterbesparing.

het drinkwatergebruik verkleind omdat een deel is vervangen door hemelwatergebruik. Met hemelwatergebruik wordt voorzien in de doelen uit de kamerbrief Water en Bodem Sturend (verminderd drinkwatergebruik per hoofd van de bevolking en beperken laagwaardig gebruik van drinkwater).

Binnen de Trias Aquatica (1. Zuinig zijn met zoet water, 2. Inzetten 'nieuwe bronnen', 3. Veiligstellen klassieke zoetwaterbron) sluiten regen- en grijswatersystemen aan op respectievelijk punten 2 en 1. Water besparen door bijvoorbeeld zuinigere apparatuur of korter douchen valt onder punt 1. Elke vorm van besparing is een bouwsteen om landelijke doelen te behalen.

Besparing ten opzichte van drinkwater uit grondwater

Tabel 3.4 laat zien dat landelijk 1,7 % tot 4,0 % bespaard kan worden ten opzichte van de huidige drinkwaterproductie uit grondwater, afhankelijk van het gebruikte hemel- of grijswatersysteem. Hiervoor gelden dezelfde aannames als in voorgaande paragraaf (2/3^e van de circa 950.000 nieuwbouwwoningen tot 2029; op langere termijn is een grotere besparing mogelijk). Op provinciaal niveau kan de procentuele besparing een stuk hoger zijn (bijvoorbeeld Noord-Holland), als het aantal te bouwen woningen groot is en de onttrekking uit grondwater relatief klein is. Grondwater is landelijk 60 % bron voor de drinkwaterproductie, maar dit aandeel verschilt sterk per provincie. Dit is te zien in de derde kolom van de tabel, die is gebaseerd op de provinciale onttrekkingen uit grondwater (Rekenkamer Oost-Nederland, september 2022).

Tabel 3.4 Overzicht indicatieve besparingsmogelijkheden per provincie en landelijk ten opzichte van de drinkwateronttrekking uit grondwater per provincie in het droge jaar 2019

Provincie	Aantal te bouwen woningen t/m 2029 (Ministerie van BZK, 2021)	Drinkwater-onttrekking uit grondwater in 2019 (Mm ³ /jaar) (Rekenkamer Oost-Nederland, september 2022)	Besparing totaal hemelwatersysteem, alleen toilet (Mm ³ /jaar)	Besparing totaal MBBR/MBR (Mm ³ /jaar)	Besparing bij hemelwatersysteem en MBBR/MBR, als percentage van drinkwateronttrekking uit grondwater (%)
Groningen	19.000	19,4	0,3	0,7	1,5 / 3,7
Friesland	12.600	53,0	0,2	0,5	0,4 / 0,9
Drenthe	13.000	63,2	0,2	0,5	0,3 / 0,8
Overijssel	44.400	74,3	0,7	1,7	0,9 / 2,2
Flevoland	28.900	32,3	0,4	1,1	1,4 / 3,3
Gelderland	89.600	138,4	1,4	3,3	1,0 / 2,4
Utrecht	105.900	85,3	1,6	4,0	1,9 / 4,6
Noord-Holland	220.900	22,6	3,4	8,2	15,2 / 36,4
Zuid-Holland	282.200	103,9	4,4	10,5	4,2 / 10,1
Zeeland	7.900	0	0,1	0,3	-
Noord-Brabant	109.300	211,3	1,7	4,1	0,8 / 1,9
Limburg	19.400	76,6	0,3	0,7	0,4 / 0,9
landelijk	953.100	880,2	14,8	35,6	1,7 / 4,0

3.3 Waterbesparing in industrie en landbouw

Hoe verhoudt de waterbesparing door huishoudens zich tot besparing bij andere afnemers van drinkwater (industrie, landbouw, etc.)?

Van het totale geproduceerde drinkwater wordt 75 % gebruikt door huishoudens. De overige 25 %, zo'n 300 miljoen m³, wordt gebruikt door niet-huishoudens, zoals de agrarische sector, industrie en overig bedrijfsleven. In de kamerbrief Water en Bodem Sturend is aangegeven het laagwaardig gebruik van drinkwater te ontmoedigen en dat grootverbruikers gevraagd wordt het drinkwatergebruik met 20 % te reduceren. Als het zakelijk gebruik haar drinkwatergebruik met 20 % zou weten te verminderen, komt dit overeen met 5 % van het totale drinkwatergebruik.

De beleidsnota drinkwater (Ministerie I&W, 2021) heeft als doel bewust en zuinig zakelijk drinkwatergebruik. Een deel van het water wordt gebruikt voor consumptie en voor hoogwaardig gebruik, zoals levensmiddelenproductie. Hiervoor is water met drinkwaterkwaliteit noodzakelijk. Voor het andere deel is de kwaliteitseis niet hoog, bijvoorbeeld bij gebruik voor koelen of spoelen, maar zijn er andere redenen om te kiezen voor drinkwater. De hoge leveringsbetrouwbaarheid en de duurzaamheid van de inzet van drinkwater zijn hier voorbeelden van.

Eind 2019 heeft de Beleidstafel Droogte aanbevolen om laagwaardig gebruik van drinkwater door grootgebruikers te ontmoedigen. De aanpak wordt samen met provincies, de drinkwatersector en grootgebruikers uitgewerkt. Het aanpassen van wet- en regelgeving en het stimuleren van innovaties zijn enkele van de mogelijke instrumenten. Omdat mogelijke maatregelen voor vermindering van laagwaardig drinkwatergebruik verschillen van gebruiker tot gebruiker, is maatwerk nodig. De beschikbaarheid van een alternatieve bron, de investering en bijbehorende terugverdientijd en de energievraag spelen hierbij allemaal een rol. Hierdoor is maar beperkt inzicht in de totale mogelijke besparing in de zakelijke sector (Ministerie I&W, 2021). Onderzoek van Arcadis/Berenschot uit 2022 (Arcadis/Berenschot, 2022) heeft ook geconcludeerd dat de besparing in de zakelijke sector sterk afhankelijk is van specifieke bedrijfsprocessen. De zakelijke sector is dan ook één van de bouwstenen in het totale pakket van (drink)waterbesparing in Nederland.

3.4 Mogelijk effect van gedragsbeïnvloeding

Wat is het effect van gedragsbeïnvloeding door communicatietrajecten, om water te besparen? Hoe effectief is dat in relatie tot een verplichting in het Bbl?

Waterbesparing kan ook bereikt worden via andere wegen dan verplichtingen vastleggen in het Besluit bouwwerken leefomgeving; vrijwillige maatregelen binnen huishoudens, aangemoedigd door gedragsbeïnvloeding, is ook een mogelijke bouwsteen.¹

Het gemiddelde drinkwatergebruik het afgelopen decennium niet in belangrijke mate gedaald, ondanks dat er wel is ingezet op gedragsbeïnvloeding. Of er significante waterbesparing bereikt kan worden wanneer grootschaliger ingezet wordt op gedragsbeïnvloeding is onbekend. Gedragsverandering voor het milieu gebeurt wel in andere sectoren, op langzaam tempo (energiegebruik, 'vliedschaamte', bewust voedselkeuzes).

Waar met regen- en grijswatersystemen alleen bewoners van (een deel van) nieuwbouwhuizen worden bereikt, kan gedragsverandering tot besparingen leiden bij alle inwoners van Nederland. Bij gedragsbeïnvloeding zijn er echter geen garanties van drinkwaterbesparing. Het is mogelijk dat regen- en grijswatersystemen het waterbewustzijn van bewoners vergroten en daardoor het watergebruik kunnen beïnvloeden.

¹ Ook kan gekoppeld worden aan andere issues, waaronder energiebesparing en de financiële baten daarvan.

Onderzoek door KWR onder een groep van 730 deelnemers laat zien dat kennisdeling en het geven van besparingstips niet leidt tot gedragsverandering en een daaruit volgende waterbesparing. Effectiever is het opstellen van een 'als-dan-plan' zoals 'Als ik wil douchen, dan poets ik eerst mijn tanden bij de wasbak' en het uitdelen van een douchezandloper. De daarmee bereikte besparing is ordegrrootte 5-10 lpppd (H2O Waternetwerk, maart 2022). In theorie kan dus 33 tot 66 miljoen m³ per jaar aan water worden bespaard, als alle Nederlanders 5-10 lpppd besparen. Deze besparing is minder dan het beleidsdoel om van 125 lpppd tot 100 lpppd te komen, maar kan wel een van de bouwstenen zijn.

3.5 Effect op watersysteem

Wat zijn de effecten van de toepassing van regen- en grijswatersystemen op het watersysteem buiten de woningen (grond- en oppervlaktewater)?

Bij het effect op het watersysteem is het belangrijk een onderscheid te maken tussen het watersysteem ter plaatse van (nieuwbouw)woningen en dat ter plaatse van de drinkwaterwinningen. De effecten op het watersysteem zijn namelijk voornamelijk lokaal. In de regel liggen de uitbreidingsgebieden voor woningbouw niet dicht bij de onttrekkingsgebieden voor drinkwater.

Ter plaatse van (nieuwbouw)woningen zijn er twee mogelijke effecten van hemelwatersystemen, afhankelijk van de huidige situatie:

- 1 in de huidige situatie infiltreert het hemelwater lokaal of wordt het naar lokaal oppervlaktewater geleid (afgekoppeld systeem; dit is de norm bij nieuwbouwwoningen). Bij toepassing van hemelwatersystemen zal de regen die op het dak valt niet meer (volledig) infiltreren. Dit heeft een lokaal en waarschijnlijk beperkt effect; een groot deel van de neerslag valt immers ook naast de bebouwing. Het hemelwater op de daken kan niet meer naar regentonnen geleid worden; deze kunnen wel nog bij schuurtjes geplaatst worden. Het gebruik van hemelwater leidt niet tot minder afvalwater dat gezuiverd moet worden (toiletten worden immers nog steeds gespoeld);
- 2 bestaande woningen zijn niet altijd afgekoppeld van het vuilwaterriool. In dat geval wordt hemelwater dat op het dak valt via riolering naar de afvalwaterzuiveringsinstallatie afgevoerd. Als hemelwatersystemen bij deze woningen worden toegepast zijn er geen omgevingseffecten en leidt het gebruik van hemelwater bij droogweerafvoer niet tot minder afvalwater (toiletten worden immers nog steeds gespoeld). Wel wordt de piekbelasting van de zuiveringen kleiner bij regenweerafvoer, omdat hemelwater eerst wordt opgeslagen. In Vlaanderen zijn hemelwatertanks bij woningen verplicht om bij piekbuien voor vertraagde afvoer te zorgen en wateroverlast te voorkomen. Hemelwatersystemen zijn op deze manier een klimaatadaptieve maatregel (net als bijvoorbeeld wadi's).

Bij de toepassing van grijswatersystemen neemt het volume afvalwater dat naar een afvalwaterzuiveringsinstallatie wordt gevoerd effectief af, de vuilvracht blijft nagenoeg gelijk.

Door gebruik van hemel- of grijswater wordt ter plaatse van de drinkwaterwinningen minder water onttrokken voor drinkwater. De effecten hiervan zijn afhankelijk van het type drinkwaterwinning:

- 1 bij grondwaterwinningen wordt iets minder water onttrokken. Hierdoor neemt het verdrogende effect van de grondwaterwinningen af. Dit is waarschijnlijk (enigszins) positief voor de natuur en landbouw ter plaatse. Waterbesparing zorgt zo voor een kleinere ruimtelijke claim van de drinkwatervoorziening (ruimte voor de drinkwaterwinning zelf en de impact op de omliggende functies);
- 2 bij oppervlaktewaterwinningen wordt ook iets minder water onttrokken uit het oppervlaktewaterlichaam. Hierdoor blijft (iets) meer water over voor andere gebruiksfuncties.

4

WATERKWALITEIT EN GEZONDHEID

In de periode 1997 - 2005 zijn in Nederland verschillende onderzoeken uitgevoerd naar de risico's van huishoudwater voor de volksgezondheid. In deze periode speelde vooral de toen nieuwe initiatieven voor collectieve huisaansluitingen. Deze initiatieven zijn gestrand, mede doordat micro-organismen voorkwamen in huishoudwater, er verkeerde verbindingen waren tussen drink- en huishoudwatersystemen en mensen gezondheidsklachten kregen.

De huidige regelgeving (Drinkwaterbesluit en Drinkwaterregeling) geldt alleen voor collectieve installaties. Hierin is bepaald dat in principe alleen het gebruik van hemelwater (afkomstig van het dak) of grondwater is toegestaan en dan alleen voor toepassing als toiletwater. Dit ter bescherming van gezondheid van de gebruikers. Hiermee dient rekening gehouden te worden als overwogen zou worden om hemelwater ook voor andere toepassingen verplicht te stellen.

De Drinkwaterwet is niet van toepassing op woningen met een eigen huishoudwatervoorziening.

In dit hoofdstuk kijken we breder en wordt aangesloten op het gebruik van hemelwater en grijswater voor toiletspoeling en wasmachine. Daar is het opvangen van hemelwater bij nieuwbouw verplicht¹ en het gebruik van dat water toegestaan² voor toepassingen waarvoor geen drinkwaterkwaliteit vereist is (toiletspoeling, schoonmaken, wasmachine, tuin, autowassen).

De kernvraag is of er onaanvaardbare risico's ontstaan voor de volksgezondheid, als hemelwater en/of grijswatersystemen in woningen worden toegepast. Hiervoor zijn de volgende aspecten relevant:

- Wat is bekend vanuit de literatuur over gezondheidsrisico's gekoppeld aan het gebruik van hemelwater en grijswater in huishoudens?
- Wat is bekend over problemen bij het toepassen van hemelwater- en grijswatersystemen in Vlaanderen?
- Hoe kunnen risico's beperkt blijven door technische- en of beheersmaatregelen?
- Zijn er verschillen in risico's bij individuele en collectieve systemen?

4.1 Kwaliteit van opgevangen hemelwater

In het verleden zijn uiteenlopende onderzoeken gedaan naar de kwaliteit van afstromend en opgevangen hemelwater. Twee overkoepelende Nederlandse onderzoeken, waarin veel internationaal onderzoek is verenigd, zijn van Schets. (Schets, 2005) en van Driezum (van Driezum, van der Aa, & van den Berg, 2020)

Schets heeft in 2005 een inventariserend onderzoek uitgevoerd naar de microbiologische kwaliteit van hemelwater¹. Dit onderzoek laat zien dat regenwater opgevangen in reservoirs en toegepast voor onder andere toiletspoeling vaak fecaal is verontreinigd en soms ziekteverwekkende bacteriën bevat. Om het infectierisico bij toepassing van dit water te kunnen schatten is aanvullend onderzoek geadviseerd waarbij

¹ Bij een bepaalde minimale afmeting van daken.

² Vanaf oktober 2023 bij is bij nieuwbouw het gebruik van het water verplicht.

ziekteverwekkers worden gekwantificeerd en getypeerd en waarbij onderzocht wordt in welke mate gebruikers worden blootgesteld aan het besmette water.¹

Regenwater is aanvankelijk onbesmet, maar bij afstromen langs oppervlakken en tijdens opslag in reservoirs kan besmetting optreden met micro-organismen die ziekte bij de mens kunnen veroorzaken. Dit kan gebeuren wanneer bijvoorbeeld vogelfeces van het dak wordt gespoeld of ratten of andere dieren toegang hebben tot het reservoir of open leidingen.

Het onderzoek van Schets et al naar opgevangen hemelwater op vier verschillende locaties in Nederland toonde de aanwezigheid van de indicatoren voor fecale verontreiniging, bacteriën van de coligroep, *E. coli* en enterococci, in respectievelijk 28, 27 en 27 van de 28 onderzochte monsters aan. De potentieel ziekteverwekkende bacteriën *Campylobacter* en *Legionella pneumophila*² werden elk eenmaal op één locatie aangetroffen. *Aeromonas* en *Clostridium perfringens*, die ook ziekte bij de mens kunnen veroorzaken, werden in respectievelijk 20 en 23 van de 28 monsters gevonden³. *Salmonella* en *Vibrio* werden op geen van de locaties aangetroffen.

De aanwezigheid van ziekteverwekkende micro-organismen in regenwater toegepast voor toiletspoeling kan negatieve gevolgen voor de volksgezondheid hebben. Schets concludeerde dat het op basis van de verkregen resultaten nog niet mogelijk is om het risico op het oplopen van een infectie bij blootstelling aan dit water te schatten, omdat daarvoor aanvullende typerings- en blootstellingsgegevens nodig zijn.

Op geen van de locaties werd een consistent beeld verkregen waarbij in monsters van één van de bemonsteringspunten (reservoir of tap) hogere aantallen micro-organismen werden gedetecteerd. Aantallen waren soms hoger in het reservoir, soms hoger aan de tap en waren soms op beide punten gelijk. Dit houdt mogelijk verband met het gebruik van de tappunten (doorspoeling) voorafgaande aan de bemonstering. Hierover is geen informatie ingewonnen.

Met de aanwezigheid van de indicatoren voor fecale verontreiniging voldoet het opgevangen en bewaarde hemelwater niet aan de eisen uit het Nederlandse Waterleidingbesluit en is daarmee niet van drinkwaterkwaliteit. Ook het totale aantal bij 22 °C kweekbare kiemen overschreed de norm voor drinkwater in bijna alle monsters.⁴ Indien leidingen gebruikt voor transport van hemelwater per abuis worden verbonden met drinkwaterleidingen, zou het leidingwatersnet besmet kunnen raken.

Van Driezum heeft in 2020 geaggregeerd gerapporteerd over de kwaliteit van regenwater, in het kader van een onderzoek naar regelwater als alternatieve bron voor drinkwater⁵. Daarbij is veel internationale literatuur samengevat. Van Driezum stelt dat de kwaliteit van opgevangen regenwater afhangt van factoren als:

- 1 het oppervlak waarop het hemelwater neerkomt. Tijdens het afstromen langs oppervlakken is er bijvoorbeeld kans op besmetting met micro-organismen die bij de mens ziektes kunnen veroorzaken;
- 2 de geografische locatie (landelijke locatie versus stedelijk gebied) en;

¹ Er wordt hier niet verwezen naar het onderzoek van Medema et al (1999), waarin de blootstelling (m.u.v. hogedrukspuit) als klein wordt getypeerd.

² Voor *Legionella* geldt het 10⁻⁴ infectierisico niet volgens de wet. In het Drinkwaterbesluit is een waterkwaliteitsdoel opgenomen van 100 kve/l. Niet gerapporteerd is of deze norm overschreden is.

³ Er is aangetoond dat drinkwaterisolaten van *Aeromonas* andere stammen zijn dan de stammen die ziekte veroorzaken. Daardoor worden *Aeromonas* in drinkwater niet beschouwd als ziekteverwekkers, maar als indicatororganisme voor nagroei. Daarvoor geldt een norm van 1000 kve/100 ml. In hoeverre *Aeromonas* in regenwater ziekteverwekkend zijn is onbekend, maar het is zinvol om hier te toetsen tegen de richtlijnen in het Drinkwaterbesluit (mededeling Paul van der Wielen, KWR).

⁴ Omdat hemelwater niet wordt gebruikt voor doelen waarvoor drinkwaterkwaliteit nodig is, hoeft het in wezen ook niet aan de drinkwaternormen te voldoen. Het risico is immers een functie van kwaliteit en mate van blootstelling. De risico's nemen toe bij verkeerde verbindingen tussen hemelwater- en drinkwatersystemen of bij verkeerd gebruik van het water.

⁵ Van Driezum vergelijkt in het onderzoek concentraties van verontreinigingen met de drinkwaternorm, in lijn met het doel van het onderzoek. Omdat de blootstelling bij juist gebruik als huishoudwater lager is dan bij gebruik als drinkwater is risico (bij gelijke samenstelling van het water) ook lager.

- 3 het daarbij behorende landgebruik. Veel gassen en aerosolen afkomstig uit bijvoorbeeld de industrie, vervoersmiddelen en de verbranding van biomassa (Khan et al., 2018; Vázquez et al., 2003) kunnen ingevangen worden in hemelwater;
- 4 meteorologische kenmerken (bijvoorbeeld windrichting en luchtvochtigheid). In kustgebieden kan het zijn dat het hemelwater oorspronkelijk afkomstig is van de zee en minder verontreinigd is dan wanneer het over verstedelijkt gebied trekt;
- 5 het seizoen kan van invloed zijn op het gebruik van de diverse stoffen en daarmee op het voorkomen en de concentratie van deze stoffen in hemelwater en opgevangen regenwater (bijvoorbeeld pesticiden);
- 6 de manier van opslag van het opgevangen regenwater en de distributie;
- 7 de hoeveelheid en kwaliteit van de first flush.

Het rapport meldt dat de volgende parameters vaak en/of in hoge concentraties worden aangetroffen:

Microbiologische parameters

Vrijwel alle microbiologische parameters als vermeld in Tabel IIIb van de Drinkwaterregeling worden aangetroffen in hemelwater of afstromend regenwater. Parameters zoals *Cryptosporidium* of *Giardia* worden in een veel lagere frequentie dan *E. coli* waargenomen, maar op het moment dat deze parameters worden aangetroffen zijn de concentraties wel direct boven de drinkwaternorm. Deze parameters kunnen dus een verhoogd risico vormen bij gebruik als drinkwater.

Enterococci worden ook vaak waargenomen in regenwater, soms zelfs in hogere concentraties dan *E. coli*. Enterococci zijn resistent tegen desinfectie dan *E. coli*. Een bacterie die niet in tabel IIIb wordt genoemd maar waarvan uit de literatuur naar voren is gekomen dat deze aangetroffen wordt in regenwater, is *Legionella pneumophila*. *Legionella* heeft de potentie om zich te vermeerderen in opvangsystemen waarin biofilm aanwezig is en kan dus een verhoogd risico vormen bij het gebruik van hemelwater of opgevangen regenwater, zelfs al wordt *Legionella* slechts sporadisch aangetroffen. Het vermeerderen gaat sneller naarmate de watertemperatuur hoger is.

Chemische parameters

Er is zowel een aantal chemische parameters dat sporadisch wordt aangetroffen in hemelwater of opgevangen regenwater, als een aantal parameters dat vaak en in concentraties boven de drinkwaternorm wordt aangetroffen. Daarnaast is over een groot deel van de parameters nog weinig bekend over het voorkomen en de concentraties in hemelwater of opgevangen regenwater.

Het materiaal waarvan daken en leidingen gemaakt zijn, kan een grote invloed hebben op de chemische kwaliteit van het opgevangen water. Voorbeelden van stoffen die afgegeven kunnen worden door daken en leidingen zijn arseen, koper, lood en ijzer. Van deze stoffen is lood de belangrijkste. De gemeten concentraties lood overschrijden regelmatig de drinkwaternorm.

Ook van pesticiden is uit de literatuurstudie gebleken dat zij vaak en in hoge concentraties worden aangetroffen in opgevangen regenwater. De concentraties overschrijden dikwijls de drinkwaternorm en kunnen niet alleen hoog zijn in de buurt van intensieve landbouwgebieden, maar ook in stedelijke gebieden. De concentraties zijn vooral hoog tijdens en vlak na het applicatie seizoen van de pesticiden. Buiten het applicatie seizoen is het risico van deze stoffen aanzienlijk lager. Biociden kunnen ook gebruikt worden in dakmaterialen om bepaalde insecten en mossen te weren.

Een andere belangrijke parameter is de zuurgraad van het opgevangen regenwater. Wanneer het water te zuur is, kan corrosie optreden in het leidingnet of kan huishoudelijke apparatuur aangetast worden. Dit kan ook nadelige effecten hebben op de waterkwaliteit. De zuurgraad is niet alleen afhankelijk van het hemelwater, maar ook van het type dak. Bij bepaalde daken kan afstromend regenwater een zeer lage zuurgraad hebben.

De gemeten parameters arseen, koper, nitraat, zink, cadmium en kwik blijken slechts zelden in concentraties boven de drinkwaternorm in opgevangen regenwater voor te komen.

Ook hier wordt opgemerkt dat de toetsing aan drinkwaternormen niet betekent dat hemelwater of grijswater aan deze standaarden zou moeten voldoen, omdat het gebruik van deze watersoorten anders is dan van drinkwateren daarmee ook de blootstelling. De risico's nemen aanmerkelijk toe als hemelwater of grijswater via verkeerde verbindingen in het drinkwaternet komen of als deze watersoorten worden gebruikt voor hygiënisch doelen maar daarvoor niet tot de goede kwaliteit zijn opgewerkt.

In 2019 is de kwaliteit van regenwater in beeld gebracht door Hofman-Caris (Hofman-Caris, 2019) op basis van literatuurstudie. Daarbij is onderscheid gemaakt in twee typen verontreinigingen, chemische en microbiologische. Hofman-Caris stelt dat microbiële verontreiniging vooral een probleem vormt als het water bedoeld is voor consumptie. Het aantal bacteriën in hemelwater overstijgt sterk de standaarden voor drinkwater. Om de kwaliteit van het water te verbeteren, kan een 'first flush' worden toegepast van - in het algemeen 0,1 tot 3,8 mm.

4.2 Risico's

4.2.1 Maximaal toelaatbaar risico

Met de introductie van hemelwater- en grijswatersystemen in huishoudens worden potentieel nieuwe risico's geïntroduceerd voor de gezondheid van de bewoners. Deze risico's dienen beperkt te blijven. Voor het gebruik van drinkwater wordt als maximaal toelaatbaar infectierisico aangehouden 10^{-4} per jaar. Dit betekent dat per jaar maximaal 1 op 10.000 gebruikers besmet mag worden via ongekookt drinkwater.¹

Het ligt voor de hand dat ook voor gebruik van hemelwater of grijswater een MTR van 10^{-4} wordt aangehouden. Deze norm is in de jaren 1990 ook overgenomen als maatstaf voor geaccepteerd risico voor huishoudwater (Oosterholt, 2003) Omdat de blootstellingsroute aan hemel- en grijswater anders is dan aan drinkwater, kunnen bij een gelijkblijvend risico andere (minder strikte) eisen worden gesteld aan de waterkwaliteit. Afhankelijk van de bron voor het huishoudwater kunnen zuiveringsstappen nodig zijn.²

Bij het gebruik van drink, hemel- of grijswater moet overigens rekening worden gehouden met risico's door micro-organismen vanuit twee perspectieven:

- faecale ziekteverwekkers die in het water terecht komen, en waarvoor het 10^{-4} infectierisico geldt;
- biologische stabiliteit die moet voorkomen dat opportunistische ziekteverwekkers groeien. Er is geen eis voor het voorkomen van *Legionella* voor woningen of niet-prioritaire collectieve installaties. Wel is er voor collectieve waterinstallaties vanuit Arbobesluit een eis dat werknemers (dus niet bewoners, passanten of gasten) niet mogen worden blootgesteld aan 100 kve/L legionella of meer.

4.2.2 Risico's van huishoud- en hemelwater

In de periode 1997 tot 2005 is een serie onderzoeken gedaan naar de risico's van huishoudwater. Dit hing samen met een aantal grootschalige projecten rond huishoudwater die in die periode werden uitgevoerd. Daarbij werd via centrale systemen grootschalig een tweede kwaliteit water geleverd aan huishouden. De bron voor dit huiswater was veelal oppervlaktewater.

¹ Daarnaast wordt vaak een DALY van 10^{-6} aangehouden. 1 DALY (disability-adjusted life year) is een tijdgebaseerde maat die jaren verloren door vroegtijdige sterfte combineert met verloren jaren door tijd in staat van minder dan volledige gezondheid of verloren gezonden jaren als gevolg van invaliditeit.

² Oosterholt rapporteert dat het zuiveringssysteem voor de productie van huishoudwater in Leidsche Rijn in staat bleek om voor de meeste ziekteverwekkende micro-organismen om microbiologisch veilig water te leveren, behalve voor Norwalk-like calcivirussen. De concentratie van die virussen kon periodiek waarden bereiken die 30 maal hoger liggen dan het niveau van infectierisico van 10^{-4} .

Gezondheidsrisico's - RIVM 1997

Het RIVM heeft in 1997 een eerste onderzoek gedaan naar gezondheidsrisico's en een aanzet gemaakt voor normstelling (Versteegh, 1997). Dit gebeurde in een context waarbij oppervlaktewater werd gebruikt als bron voor huishoudwater. Bekend is dat in oppervlaktewater soms hoge concentraties aan pathogenen kunnen voorkomen.¹

Het rapport concludeert dat de gezondheidsrisico's bij het gebruik van de wasmachine, toiletspoeling en buitenkraan niet verwaarloosbaar zijn. In dit onderzoek is uitgegaan van een 'worst-case' inschatting², en is aangetekend dat [indertijd] geen literatuurgegevens beschikbaar waren over de blootstelling via aerosolen bij toiletspoeling en gebruik van de wasmachine. Ook concludeerde het rapport dat het grootste risico op besmetting met pathogenen optreedt bij toepassing op de buitenkraan en dat bij oneigenlijk gebruik (bijvoorbeeld drinken door peuters) de blootstelling en het risico onaanvaardbaar hoog zijn.

Op basis van deze conclusies is een aantal controleparameters en ontwerpparameters benoemd die gehanteerd (zouden) moeten worden bij het ontwerp van centrale huishoudwatersystemen. Het betreft gezondheidkundige parameters, bedrijfstechnische parameters, organoleptische/esthetische parameters en voorzorgsparameters.

Blootstelling - KIWA 1999

Omdat RIVM niet beschikte over data gekoppeld aan de blootstellingsroute, is hier door KIWA, in opdracht van VEWIN, onderzoek naar gedaan: hoe het zit met de blootstelling van gebruikers van huishoudwater aan micro-organismen via aerosolen die ontstaan bij toiletgebruik, sproeien vanuit de buitenaansluiting (tuin/auto/hogedrukspuit), het drogen van kleding in wasdrogers en via contact met natte was (Medema, Brouwer, & de Graaf, 1999). Daarbij is niet gekeken naar het gebruik van de buitenkraan voor het vullen van kinderbadjes, omdat dit gezien werd als 'verkeerd gebruik'.³

Dit onderzoek is uitgevoerd door huishoudwater (op basis van WRK-water) eerst kunstmatig te besmetten met hoge niveaus aan modelorganismen en. Vervolgens is dit water gebruikt voor spoelen van het toilet, het naspoelen van gewassen kleding en voor het sproeien van de tuin en is telkens de concentratie micro-organismen in de lucht gemeten. Daarbij is elke toepassing zo realistisch mogelijk benaderd, waarbij steeds is gekozen voor de meest conservatieve opzet - dat wil zeggen: de opzet waarbij de kans om micro-organismen terug te vinden zo hoog mogelijk was.

Dit leidde tot de volgende waarnemingen:

- het toepassen van huishoudwater voor toiletspoeling leidt niet of nauwelijks tot een concentratieverhoging van E.coli en MS2-fagen. Wel werd een hoger gehalte aan sporen in de lucht gemeten;
- het drogen van kleding in wasdrogers leidt niet of nauwelijks tot een verhoging van de concentratie micro-organismen in de lucht in de directe nabijheid van de droger of in de condensopvangbak. Overdracht van micro-organismen via handcontact met nat wasgoed was laag maar wel meetbaar;
- het versproeien van huishoudwater via een tuinslang met sproeikop of hogedrukspuit leidt tot een duidelijk meetbare verhoging van de concentraties van alle geteste micro-organismen in de lucht nabij de sproeitraal, met name bij de hogedrukspuit.

Het KWR-onderzoek concludeert, *'aangenomen dat de gevonden resultaten lineair kunnen worden geëxtrapoleerd naar de lage besmettingsgraad van huishoudwater onder praktijkcondities, is de verwachting dat indien de concentraties in het huishoudwater > 1000x lager zijn dan hier is aangelegd er geen verhoging in*

¹ Het risico hangt samen met het type zuivering dat wordt toegepast. Uit oppervlaktewater wordt ook drinkwater bereid.

² In het rapport wordt aangegeven dat de risico's voor pathogenen in hemelwater is gebaseerd op het voorkomen van Campylobacter (als maat voor thermotolerante organismen) in duinwaterreservoirs. Bij woningen zullen deze deels geïnactiveerd worden door uitdroging op daken.

³ In de wijk Leidsche Rijn is indertijd veel voorlichting gegeven over huishoudwater en sterk ontraden om dit water te gebruiken voor kinderbadjes. Onderzoek heeft laten zien dat dit advies veelvuldig genegeerd werd in d. e wijken Noordwest (32 %) en Leidsche Rijn (13 %) In beide wijken is huishoudwater ook geleverd bij de buitenkraan (Oosterholt 2003).

de lucht meetbaar zal zijn via toiletspoeling, wasdrogers, huidcontact met natte was en de tuinslang met sproeikop. Alleen voor de hogedruksput zullen de concentraties nog lager moeten liggen. Aangezien de concentratie in huishoudwater in bijvoorbeeld de Leidsche Rijn ca 100.000 — 10.000.000x (data WRK) lager liggen dan de hier aangebrachte concentraties, geven deze resultaten geen aanleiding om te veronderstellen dat gebruik van dit water voor de geteste toepassingen zal leiden tot onacceptabele risico's.

Vervolgens is op basis van de blootstellingresultaten van dit onderzoek berekend welke concentraties pathogene bacteriën, virussen en protozoa in huishoudwater maximaal toelaatbaar zijn om het gezondheidsrisico via de verschillende toepassingen verwaarloosbaar te laten zijn.

Daarbij blijkt toiletspoeling voor *Cryptosporidium*, *Giardia* en virussen de hoogste eisen te stellen aan de huishoudwaterkwaliteit, niet vanwege de hoge mate, maar vanwege de hoge frequentie van blootstelling. Voor *Campylobacter* stelt de hogedruksput de hoogste eisen aan de kwaliteit. Vanuit de toepassingen met de hoogste eisen zijn kwaliteitsrichtlijnen opgesteld voor huishoudwater, waarbij voor alle toepassingen wordt voldaan aan het i04 infectierisico (Tabel 4.1).

Tabel 4.1 Kwaliteitsrichtlijn huishoudwater waarbij wordt voldaan aan het maximale infectierisico van 10^{-4} per persoon per jaar

Maximale concentratie in huishoudwater (n)			
<i>Cryptosporidium</i>	<i>Giardia</i>	Virus	<i>Campylobacter</i>
0,1	0,1	0,05	1,5

De rekenwijze die is toegepast om te komen tot deze richtlijnen is conservatief (hoogst gemeten concentratie micro-organismen in de lucht, op de plaatsen waar de aërosolconcentratie het hoogst was) en is een veiligheidsfactor 10 opgenomen vanwege de onzekerheid in de bepaling van de blootstelling. Daarenboven zat al een veiligheidsfactor 10 in de wijze waarop in de beleidsnotitie van VROM het i0 infectierisico wordt omgerekend naar de richtwaarden voor de waterkwaliteit, vanwege onzekerheden in de variatie van de vatbaarheid van mensen voor ziekteverwekkers en variatie van de ineffectiviteit van verschillende stammen van ziekteverwekkers.

Hoewel de gemiddelde blootstelling over het jaar beperkt is, is geconcludeerd dat bij de hogedruksput de incidentele blootstelling aanzienlijk kan zijn. Het risico kan worden verminderd door voor deze specifieke toepassing te adviseren drinkwater te gebruiken.¹

De gezondheidsrisico's die worden veroorzaakt door opportunistische ziekteverwekkers (zoals *Legionella*) die zich kunnen vermeerderen in het leidingnet en de binneninstallaties waren geen onderdeel van deze studie, maar verdienen nog wel de nodige aandacht voor huishoudwater.

Voor twee aannames in dit onderzoek is weinig tot niets bekend in de wetenschappelijke literatuur: lineaire extrapolatie van de resultaten met kunstmatig sterk verhoogde concentraties naar praktijkniveaus en de modelorganismen die zijn gebruikt zijn goede surrogaten voor het gedrag van de relevante ziekteverwekkers via aerosolen. Beide aannames kunnen in de laboratoriumsetting worden gestaafd.

Risico's toiletspoeling - TU Delft 2021

(Kuswardhana, 2021) heeft recent op basis van literatuuranalyse onderzocht welke gezondheidsrisico's kunnen voortkomen door de implementatie van grijswatersystemen en hemelwatersystemen in huishoudens, met als belangrijkste doel toiletspoeling. Daarbij is ook het risico van onjuiste verbindingen met drinkwatersystemen beschouwd.

¹ Adviezen worden niet altijd opgevolgd. Zie voetnoot 1 vorige pagina.

Uit dit onderzoek volgt dat het gebruik van regenwater, zonder voorafgaande behandeling, voor toiletspoeling een jaarlijks infectierisico door *L. pneumophila* kent van 0,64 per persoon per jaar (ppj). Dit is hoger dan de Nederlandse standaard van 10^{-4} ppj.¹

Het gebruik van onbehandeld grijswater daarentegen heeft een risico dat lager is dan de standaard, zo wordt geconcludeerd. Niettemin wordt geadviseerd dit water te behandelen vanwege de mogelijkheid van *P. aeruginosa* om te groeien het systeem.

Tevens wordt geconstateerd dat douchen en drinken met verkeerd aangesloten water een jaarlijks infectierisico kent dat hoger is dan de standaard, door contact met *Staphylococcus aureus* en *E. coli O157:H7*. Uiteenlopende maatregelen kunnen worden doorgevoerd om risico's te verkleinen, zoals het behandelen van hemelwater en grijswater met minimaal een 5-log verwijdering, het sluiten van toiletdeksels bij het doorspoelen, goed ontwerp van de grijswater- en hemelwatersystemen en geborgde installatieprocedures.

Op Europees niveau is binnen CEN-TC 165-WG50 gewerkt aan standaarden voor hemelwater- en grijswatersystemen, wat heeft geleid tot de NEN 16941-1:2018 en NEN 16941-2:2021, die door alle EU lidstaten zijn aanvaard.

Risico's biofilmvorming

In 2003 heeft Oesterholt praktijkervaringen met huishoudwater geëvalueerd. Hij staat onder meer stil bij biofilmvorming in leidingen en de kans op Legionellagroei.

'Het hemelwater dat wordt gebruikt voor toiletspoeling op de locatie Waterwijk in Amsterdam, wordt bij afstroming op het dak fecaal besmet door uitwerpselen van vogels. Omdat een zuivering ontbreekt, is de kans aanwezig dat gebruik van dit hemelwater als huishoudwater risico's geeft voor de volksgezondheid die liggen boven het maximaal geaccepteerde infectierisico.'

'Naast de microbiologische veiligheid is ook de biologische stabiliteit van huishoudwater onderzocht. Met uitzondering van het huishoudwater dat geleverd wordt op de locatie Leidsche Rijn, is het huishoudwater relatief sterk biofilmvormend. Dit wordt bevestigd door hoge biofilmconcentraties die zijn gemeten in de verschillende leidingnetten. Het gevolg is een verhoogde kans op groei van ongewenste, in water voorkomende ziekteverwekkers, zoals Legionella (zie ook paragraaf 4.2) Bij vervuiling van het leidingnetstelsel met biomassa moet tevens rekening worden gehouden met problemen van esthetische aard zoals bruin water, reuklachten en vermeerdering'

Er bestaat momenteel al *Legionella* casuïstiek met tuinslangen². Het risico zal mogelijk toenemen als hiervoor hemelwater of grijswater wordt gebruikt waarin meer voedingsstoffen voor biofilm zitten en door toenemende temperatuur (klimaatsverandering). Overwogen moet worden te adviseren om dit water alleen te gebruiken als het niet wordt versproeid.

Naast groei van *Legionella*, kan biologisch instabiel water ook leiden tot groei van andere ziekteverwekkers zoals *Pseudomonas aeruginosa*, nontuberculeuze mycobacteriën, *Aspergillus fumigatus*, *Stenotrophomonas maltophilia* en enkele multiresistente coliformen. Het gebruik van grijswater voor toiletspoeling in een Nederlands ziekenhuis lijkt de oorzaak van persistentie aanwezigheid/groei van multiresistente coliform waar patiënten ziek van zijn geworden.³

First flush

De kwaliteit van de zogeheten first flush, het hemelwater dat bij regenval als eerste over het dak spoelt, is van slechtere kwaliteit dan het hemelwater dat later valt doordat het allerlei verontreinigingen meeneemt. De first flush is in het algemeen de eerste twee millimeter neerslag.

¹ Met de kanttekening dat voor *Legionella* niet het 10^{-4} infectierisico geldt, maar de kwaliteitsnorm 100 kve/l.

² Mededeling Harold van den Berg (RIVM).

³ Mondelinge mededeling Paul van der Wielen, KWR.

(Hofman & Paalman, 2014) geven aan dat het afleiden van de first flush uit de opvang voorkomt dat het meest verontreinigde water niet in de buffer komt, maar dat dit niet betekent dat het opgevangen water hygiënisch betrouwbaar is: er treedt nagroei op in de buffer.

Het wegleiden van de first flush halveert de effectiviteit van de hemelwateropvang: bij een normdak van 60 m² en een neerslag van ruim 800 mm per jaar neemt de effectieve opvang af van circa 49 m³/jaar naar 23-29 m³/jaar (zie paragraaf 2.3.2.). Niet bekend is of de kwaliteit van hemelwater in buffers die ook de first flush opvangen een (te) groot gezondheidsrisico vormen. Als dat niet het geval is, kan ook de first flush worden opgevangen wat het rendement van de systemen aanmerkelijk vergroot.

Concluderend

Monitoring van de microbiologische kwaliteit heeft aangetoond dat opgevangen regenwater vaak fecaal besmet is, vooral vanwege vogelpoep op afwaterende dakoppervlakken. Tevens werd de aanwezigheid van potentieel pathogene bacteriën aangetoond. De aanwezigheid van ziekteverwekkende micro-organismen in regenwater toegepast voor toiletspoeling kan negatieve gevolgen voor de volksgezondheid hebben. Het risico voor de gezondheid hangt samen met de kwaliteit van het water en de blootstellingsroute daaraan.

De aangehaalde onderzoeken zijn niet eensluidend in de conclusie of gebruik van hemelwater in huishoudens tot onaanvaardbare risico's leidt. Duits onderzoek uit de jaren '90 concludeert dat er geen onaanvaardbare risico's ontstaan bij gebruik van hemelwater voor toiletspoeling, tuinbewatering of wasmachines. Dit wordt bevestigd door onderzoeken van RIVM en KWR in 1997 en 2003. Kusumawardhana daarentegen heeft recent geconstateerd dat de referentiewaarde 10⁻⁴ wordt overschreden.

In veel onderzoeken is vooral gekeken naar pathogenen, en slechts beperkt naar de biologische stabiliteit van het water, nagroei in leidingen en het voorkomen van ziekteverwekkers in het leidingensysteem.

4.2.3 Risico's van grijswatersystemen

De hiervoor samengevatte onderzoeken richten zich voornamelijk op hemelwater als bron. In dit onderzoek wordt ook gekeken naar mogelijkheden om grijswater in te zetten.

Grijswater is afkomstig van douche, bad, wasmachine, wastafel, schoonmaak. Dit water kan sneller besmet raken met pathogenen en daarom een andere (slechtere) kwaliteit hebben dan hemelwater. Bij het beoordelen van de risico's van grijswater is het relevant dat grijswatersystemen uiteenlopende zuiverings- en desinfectiestappen kennen en dus ook verschillende kwaliteiten water leveren. In NEN-EN16941-2:2021 staan informatieve normen waaraan systemen moeten voldoen.¹

In 2018 is onderzocht of het hergebruik van grijswater uit bad, wasmachine en wastafel voor toiletspoeling tot risico's leiden voor bewoners (Kuang-Wei, 2018). Het onderzoek concludeert dat het gebruik van grijswater dat is behandeld via microfiltratie en een 4-log₁₀ reductie van E. coli heeft ondergaan, een bijna verwaarloosbaar infectierisico heeft (95-percentiel tot circa 4,8x10⁻⁸) in vergelijking met de EPA annual infection benchmark (< 10⁻⁴ pppjaar). Het onderzoek concludeert ook dat grijswater uit de keuken het hoogste risico geeft, gevolgd door wasmachinewater en badkamerwater.²

In het kader van het voorliggende onderzoek voor het ministerie van BZK zijn drie grijswatersystemen doorgelicht., bij wijze van referentie (zie hoofdstuk 2) Twee daarvan, de recirculatiedouche en de MBBR (moving bed bioreactor) kennen UV desinfectie als onderdeel van de grijswaterbehandeling. Het derde systeem, een MBR (membraan bioreactor met ultrafiltratie) gebruikt het membraan als desinfectiestap.

HET MBR- en MBBR systeem waarnaar wordt verwezen in dit rapport zijn onderzocht gedurende 180 dagen door de Amerikaanse Standaarden organisatie NSF in een onafhankelijk NSF gecertificeerd laboratorium. Op

¹ Deze normen zijn indicatief, en hebben geen betrekking op parameters die nagroei in leidingen moeten voorkomen.

² Het hergebruik van keukenwater als grijswater wordt in het algemeen niet aangeraden.

basis van de testresultaten zijn systemen gecertificeerd en listed dat ze voldoen aan de certificeringseisen conform NSF-350. De testen bevatten ook langere verblijftijden in de buffertank met frequente metingen over de mate van verwijdering van microbieleverontreiniging, ook bij hogere omgevingstemperaturen.

Er zijn geen gegevens beschikbaar over de stabiliteit van dit water, met het oog op nagroei in de leidingen. Aandacht verdient het gegeven dat het grijswater in de regel warmer is dan hemelwater, doordat het afkomstig is van warme bronnen (douche- en badwater) en minder lang gebufferd wordt. Er is geen onderzoek bekend naar de effecten van deze hogere temperaturen op de vorming van biofilms of de groei van pathogenen.

Kusumawardhana overigens constateert in zijn onderzoek dat het grijswater geen risico groter dan 10^{-4} oplevert.

4.2.4 Risico's via muggen

Uit onderzoek in Australië en de VS blijken vaak muggen en larven voor te komen in hemelwateropvangsystemen, die kunnen fungeren als vector voor uiteenlopende ziekten (Hunt & Gee, 2021), waarbij wordt aangetekend dat in deze landen de buffertanks vaak bovengronds staan terwijl in het in Nederlands gebruikelijker zal zijn om de tanks ondergronds te plaatsen.

Het voorkomen van muggen in opvangsystemen vraagt aandacht voor een goed ontwerp, gericht op het afsluiten van openingen voor muggen. Hunt & Gee adviseren om de toevoeropeningen (en eventuele andere openingen) te voorzien van muggenwerend gaas met een maaswijdte van maximaal 1,5 mm. Ook moet ervoor worden gezorgd dat bij het overstromen van de tank, bij hevige regenval, geen plassen rond de woning ontstaan. Een meetprogramma in Vlaanderen, waar reeds veel tanks zijn gebouwd, kan hier nader inzicht in geven.

De NEN EN16941-1:2018 kent geen voorschriften gerelateerd aan muggen.

4.2.5 Risico's: het water of de toepassing?

De voorgaande paragrafen zijn gewijd aan de risico's gekoppeld aan de waterkwaliteit uit hemelwater- en grijswatersystemen. Het beoogde gebruik van dat water is primair toiletspoeling en wasmachinewater. Maar ook toiletbezoek zelf en het omgaan met vuile was, nog zonder hemelwater of grijswater, kunnen risico's veroorzaken. Met het oog daarop kan de vraag worden gesteld of de risico's niet primair worden veroorzaakt door toiletbezoek en omgaan met was, of door het gebruikte water. Hierover zijn geen onderzoeken bekend.

4.3 Belang van beheer, onderhoud en goed gebruik

4.3.1 De menselijke factor

Bij hemelwater- en grijswatersystemen is adequaat beheer een voorwaarde voor het beperken van risico's. Beheer strekt daarbij verder dan het kiezen en toepassen van robuuste techniek en normering bij de aanleg van systemen.

De menselijke factor speelt een belangrijke rol bij het beheersen van risico's, zoals ook uitgelegd door Patrick Smeets (Smeets, 2015). Hij gaat in op het belang van een consistente bedrijfsvoering van systemen door de bewoners zelf. Een belang overigens dat toeneemt naarmate systemen complexer zijn of een hoger intrinsiek potentieel risico kennen. Als voorbeeld noemt Smeets het tijdig vervangen van UV-lampen,

waarvan de dosis, en daarmee de effectiviteit, afneemt met het verstrijken van de tijd ('vervang je een lamp die het nog doet')?

Onzorgvuldig en ontijdig onderhoud kan leiden tot slechtere waterkwaliteit door vervuiling van de buffers (hemelwater), verminderde desinfectiegraad (hemelwater, grijswater) en verhoogde nagroeipotentie (hemelwater en grijswater).

Bij grootschalige uitrol van hemelwater- en grijswatersystemen is het onvermijdelijk dat bij een aantal systemen de onderhoudsvorschriften niet goed worden nageleefd. Daardoor nemen gezondheidsrisico's met het verstrijken van de tijd toe.

Ter vergelijking: uit een onderzoek naar onderhoud van CV-ketels bleek 32 % van de Nederlanders nooit na te denken over de gevolgen van slecht onderhoud en 7 % nooit onderhoud te laten uitvoeren (www.installatie.nl/nieuws/430-000-ketels-nooit-onderhouden/, sd).

En uit het eerder aangehaalde artikel van (Oosterholt, 2003) bleek een groot deel van de bewoners van Leidsche Rijn, tegen de adviezen in, kinderbadjes te vullen met huishoudwater.

4.3.2 Verkeerde aansluitingen

Een ander risico wordt geïntroduceerd via verkeerde aansluitingen op het drinkwaternet. Ten tijde van de grootschalige huishoudwaterprojecten rond het jaar 2000 is reeds geconstateerd dat het niet mogelijk is om verkeerde aansluitingen volledig te voorkomen bij de aanleg, maar nog minder na de ingebruikname van systemen.

Risico's kunnen worden beperkt, maar niet uitgesloten, door strikte protocollen voor aanleg. Ook een verplichte keuring van nieuwe installaties, conform de systematiek in Vlaanderen, verkleint de kans op verkeerde aansluitingen bij de aanleg.

Dat verkeerde aansluitingen niet denkbeeldig zijn, blijkt uit het artikel van (Oosterholt, 2003). Verkeerde verbindingen tussen drinkwater en huishoudwater zijn aangetroffen in Utrecht, Eindhoven en Wageningen. Voorbeelden van verkeerde aansluitingen waren een keukenblok in een garage en een fonteintje in een toilet. In Utrecht werden bovendien verkeerde aansluitingen aangetroffen in de openbare ruimte.

In de praktijk blijken bij aanleg en daarna vaak fouten gemaakt te worden. Gelsenwasser (Gelsenwasser AG, 2005) rapporteert dat de gezondheidsdienst in Frankfurt am Main in 1995 bij 55 hemelwatersystemen onderzoek heeft gedaan naar hygiënetechische aspecten. Daaruit bleek dat 57 % van de installaties tekortkomingen vertoonden en dat bij 28 % van de installaties inbreuken op de drinkwaterverordening werden vastgesteld (verbindingen met het drinkwaternet).

In het Vlaamse Oostakker is een onderzoek uitgevoerd naar verkeerde aansluitingen in woningen, als vervolg op een besmetting van het drinkwatersysteem. Het onderzoek leverde op dat bij 71 van de 427 onderzochte woningen (17 %) geen functionerende terugslagbeveiliging aanwezig was, en dat bij 22 van de 427 woningen (5 %) een wanverbinding tussen hemelwatersysteem en drinkwatersysteem aanwezig was. (VMM, 2023).

4.3.3 Conclusie

Met het oog op risicobeheersing is zowel aandacht nodig voor de aanlegfase van systemen als voor de gebruiksfase. Het grootschalig toepassen van hemelwater- en grijswatersystemen in woningen betekent per definitie dat bewoners in de loop van de tijd aan toenemende risico's worden blootgesteld. Voor de aanlegfase geldt dat inde NEN EN16941-1:2018 en NEN EN16941-2:2021 standaarden testprocedures zijn

opgenomen om de installatie te testen op kruisverbindingen. Een verplichting om te werken volgens deze normen kan de risico's in de aanlegfase verkleinen.

De kans op verkeerde aansluitingen tussen hemel/grijswatersystemen en drinkwatersystemen neemt toe in de loop van de tijd, door verbouwingen en andere ingrepen in woningen.¹

Nagedacht moet worden over controlemechanismen hierop. Dat kan enerzijds door het toepassen van nieuwe technologieën (sensoren) in hemelwater- en grijswatersystemen met alarmfunctie bij uitval van cruciale onderdelen. Hierdoor worden risico's verkleind als de gebruikers ook daadwerkelijk opvolging geven aan de signalering en overgaan tot goed onderhoud en vervanging van onderdelen. Een andere vorm van controle zijn periodieke inspecties van systemen anders dan bij aanleg. Dat laatste zou bijvoorbeeld gekoppeld kunnen worden aan een verplichte keuring bij elke vastgoedtransactie, waardoor nieuwe gebruikers van woningen niet worden geconfronteerd met fouten van de vorige eigenaren. Dergelijke verplichtingen leiden tot extra administratie en kosten,

4.4 Collectieve systemen

Het voorgaande is geschreven op basis van individuele systemen. Bij individuele systemen geldt dat het toenemen van risico's door eigen handelen (of nalaten daarvan) vooral zijn weerslag heeft op het eigen gezin en bezoekers.

Bij collectieve systemen, bijvoorbeeld op de schaal van een appartementencomplex of een wijk, is dat niet het geval. De kwaliteit van het bronwater (met name grijswater) wordt bij collectieve systemen beïnvloed door een groot aantal gebruikers, bijvoorbeeld door het lozen van stoffen via doucheput of het gebruik van verkeerde middelen in de wasmachine. Daarenboven strekken de mogelijke effecten van een verkeerde aansluiting en nalatig beheer en onderhoud van de systemen meteen verder en over meer huishoudens. Door deze risicoverhogende factoren moeten aan collectieve systemen hogere eisen worden gesteld, om er zeker van te zijn dat de risico's niet hoger zijn dan van individuele systemen. Deze hogere eisen zullen in de regel een kostenverhogend effect hebben in systeemkeuze, beheer en onderhoud.

Bij collectieve systemen komen direct vragen aan de orde gekoppeld aan eigendom, verantwoordelijkheid, aansprakelijkheid en kostenverdeling.

Bij collectieve systemen kan beheer en onderhoud een rol zijn voor de VVE, die zelf beheer voert en onderhoud regelt. Naast goede beheersing van de waterkwaliteit moet bij collectieve systemen rekening worden gehouden met bijkomende aandachtspunten waaronder de waterverdeling en kostenverrekening (tweede meters? Afrekenen met m³ of combinatie met vastrecht?) en kwaliteitsgaranties (wel of geen bemonstering en analyses? Extra desinfectiestappen?).

Een andere vorm van 'collectief systeem' is het toepassen van hemelwater- en grijswatervoorzieningen in gebouwen met collectieve voorzieningen, als scholen, kantoren, sportgelegenheden, publieke voorzieningen, ziekenhuizen en verzorgingshuizen et cetera. In deze gevallen ligt het beheer in handen van de eigenaar of gebruiker van het gebouw.

In deze gevallen is het van belang dat meer kwetsbare gebruikers of bewoners (of bezoekers en gasten) van deze gebouwen niet onnodig worden blootgesteld aan extra risico's. Bij het verplicht stellen van hemel- en grijswaterhergebruik zou een uitzondering moeten worden gemaakt voor gebouwen waar (veel) kwetsbare gebruikers aanwezig zijn. Opgemerkt wordt dat ook in woningen, en zeker flats, kwetsbare mensen kunnen wonen.

¹ De expertgroep circulair water heeft samen met Dunea een waterverdeelsstation ontwikkeld waarmee het mogelijk is om op termijn meerdere soorten water in een gebouw te gebruiken, zonder ingrijpende verbouwingen. Dit verkleint de kans op verkeerde aansluitingen in de gebruiksfase.

5

AANDACHTSPUNTEN REGELGEVING

Dit hoofdstuk gaat in op de gevolgen, waaronder mogelijke voor- en nadelen van een verplichting in het Bbl over hemelwateropvang en (her)gebruik hiervan in het gebouw.

In paragraaf 5.3 en 5.4 komt de juridische context aan bod van de te onderzoeken verplichtingen. In paragraaf 5.5 wordt het Drinkwaterbesluit en de -regeling beschreven en in paragraaf 5.6 de gevolgen van een verplichting in het Bbl. In de laatste paragraaf worden tevens mogelijke voor- en nadelen als gevolg van een verplichting in het Bbl besproken.

5.1 Opvang van hemelwater

5.1.1 Algemeen juridisch kader

Zowel in het Bbl als in het Besluit kwaliteit leefomgeving (Bkl) staan regels die (indirect) over de opvang van hemelwater gaan. In het Bbl zijn deze regels in paragraaf 4.7.4 opgenomen¹. Een bouwwerk dient een voorziening voor de afvoer van huishoudelijk afvalwater en hemelwater te hebben. De zorgplicht voor afvloeiend hemelwater ligt dus bij de perceeleigenaar. De gemeente is verantwoordelijk voor inzameling van afstromend hemelwater van percelen. In het Bkl is verder vastgelegd dat bij vaststelling van het omgevingsplan het waterbelang wordt betrokken. Dat is van belang indien bijvoorbeeld nieuwbouwwoningen worden gerealiseerd.

Opvang van hemelwater bij nieuwbouw is verplicht op grond van het Bbl. Op grond van het Bkl dient het waterbelang bij vaststelling van een omgevingsplan, op grond waarvan nieuwbouw mogelijk wordt gemaakt, betrokken te worden.

5.1.2 Decentrale juridische mogelijkheden

Provinciale omgevingsverordening

In het Bkl en het Besluit activiteiten leefomgeving (Bal) staat een aantal onderwerpen die in de provinciale omgevingsverordening geregeld moeten worden. Dat betreft onder andere bescherming van grondwatergebieden en strengere of aanvullende omgevingswaarden voor de waterkwaliteit. Provincies bepalen waar en hoeveel grondwater drinkwaterbedrijven en andere grote grondwatergebruikers (een aantal bedrijven) mogen onttrekken. Daarnaast hebben provincies de taak om samen met drinkwaterbedrijven te zoeken naar aanvullende strategische grondwatervoorraden om ook in de toekomst voldoende drinkwater te garanderen.

De Omgevingswet gaat uit van het beginsel 'decentraal tenzij'. Dit betekent dat de gemeente of het waterschap als eerste aan zet is. De provincie mag alleen de onderwerpen regelen die van provinciaal belang zijn. Het is voorstelbaar dat de provincie met het oog op een tekort aan drinkwater of wateroverlast in haar

¹ In artikel 4.206 is geregeld dat een dak van een bouwwerk een voorziening heeft voor de opvang en afvoer van hemelwater met een volgens NEN 3215 bepaalde capaciteit van ten minste de volgens die norm bepaalde belasting van die voorziening.

provincie ook regels opneemt in haar omgevingsverordening over berging van hemelwater. De provincie moet wel motiveren waarom het doeltreffender is dit op provinciaal niveau te regelen en wat het provinciaal belang is.

Regels over verplicht (her)gebruik van hemelwater bij nieuwbouw zijn echter nu niet mogelijk. Dit wordt in paragraaf 5.2.2 nader toegelicht.

In een omgevingsverordening kan een provincie regels opnemen over waterberging.

Omgevingsplan

Door klimaatverandering neemt de kans op stortbuien en langdurige neerslag toe. De capaciteit van het riool kan dit echter vaak niet aan. Daarom nemen gemeenten de afgelopen jaren steeds vaker in een bestemmingsplan regels op over waterberging¹. De eigenaar van een perceel dient bij nieuwbouw te voorzien in een waterbergingscapaciteit van hemelwater van bijvoorbeeld 60 liter per m². Ook is er een aantal gemeenten die een verordening algemene waterbergingsregels voor nieuwbouw hebben opgenomen.² Bij de vaststelling van het omgevingsplan moet de gemeente bovendien voor het waterbelang de opvattingen van de waterbeheerder betrekken³. Dit is de huidige zogenaamde 'watertoets'.⁴

Anders dan het bestemmingsplan, kan het omgevingsplan ook actieve verplichtingen bevatten. Dat betekent dat perceeleigenaren met een regel in het omgevingsplan verplicht worden om actief maatregelen te nemen tegen wateroverlast. In het omgevingsplan kunnen dus regels worden opgenomen om te zorgen dat waterberging op particulier terrein wordt gerealiseerd, zonder dat er bouwplannen zijn. Regels over verplicht (her)gebruik van hemelwater bij nieuwbouw zijn echter nu niet mogelijk. Dit wordt in paragraaf 5.2.2 nader toegelicht.

In het omgevingsplan kunnen algemene regels over opvang van hemelwater staan, zonder dat er bouwplannen zijn. Bij vaststelling van het omgevingsplan moet het waterbelang worden meegewogen.

5.1.3 Maatwerkvoorschrift

Een gemeente kan via een maatwerkvoorschrift eisen dat een bepaald percentage hemelwater wordt opgevangen en geïnfiltreerd in de bodem⁵. Hierdoor blijft het hemelwater lokaal beschikbaar voor droge perioden. Het maatwerkvoorschrift kan op ieder moment worden gesteld: zowel bij nieuwbouw als bij bestaande bouw.

Een maatwerkvoorschrift is een individuele beschikking, gericht tot één rechtspersoon, zoals een perceeleigenaar of een bedrijf.

¹ Bijvoorbeeld de gemeente Eindhoven: [Paraplubestemmingsplan waterberging 2020](#)

² Bijvoorbeeld de gemeente Rotterdam [Verordening Beheer Ondergrond van de gemeente Rotterdam](#)

³ Dit volgt uit instructieregels opgenomen in paragraaf 5.1.3 van het Besluit kwaliteit leefomgeving (Bkl).

⁴ De praktijk leert echter dat drinkwater (bescherming grondwater en beschikbaarheid drinkwater) niet altijd als belang wordt meegewogen, bron: Vereniging van waterbedrijven Nederland.

⁵ Artikel 22.45 van de bruidsschat voor het omgevingsplan bevat een generieke bevoegdheid voor burgemeester en wethouders om maatwerkvoorschriften te stellen. In de bruidsschat staan onderwerpen waarvoor het Rijk geen direct werkende regels heeft gemaakt. De term 'bruidsschat' wordt gebruikt voor de regels die het Rijk als onderdeel van het Invoeringsbesluit Omgevingswet automatisch toevoegt aan elk omgevingsplan. Het is een bijzondere vorm van overgangsrecht. De bruidsschat is onderdeel van het tijdelijk deel van het omgevingsplan. Het lozen van afstromend hemelwater is geregeld in paragraaf 22.3.8.2 van de bruidsschat voor het omgevingsplan (voor zover het lozen in de bodem en de riolering betreft). Het voorschrijven van infiltratie van afstromend hemelwater valt dus onder de bevoegdheid van de gemeente.

5.1.4 Tussenconclusie

Het Bbl regelt de afvoer van hemelwater naar het riool, maar stelt geen regels over waterbergingscapaciteit op het perceel. In de omgevingsverordening of omgevingsplan kunnen hierover regels worden opgenomen. Het is aan de provincie of gemeente om te kiezen voor een dergelijke verplichting.

5.2 Gebruik van hemelwater en hergebruik van huishoudelijk water in het gebouw

5.2.1 Algemeen

Onder de Omgevingswet is het bouwen van bouwwerken met name geregeld in het omgevingsplan van de gemeente. In het Bbl zijn echter door het rijk ook algemene technische regels gesteld aan bouwwerken.

Deze technische regels zijn uitputtend bedoeld. Een provincie of gemeente kan geen aanvullende bouwtechnische eisen opnemen voor een gebouw, met hetzelfde oogmerk als een regel in het Bbl.¹

De technische eisen in het Bbl hebben de volgende oogmerken:

- 1 het waarborgen van de veiligheid;
- 2 het beschermen van de gezondheid; en
- 3 duurzaamheid en bruikbaarheid.

Een bouwwerk moet altijd voldoen aan deze technische regels. Om hieraan te voldoen, kan gebruik gemaakt worden van bijvoorbeeld rekenmethoden, checklijsten en richtlijnen, zoals bijvoorbeeld NEN-normen of erkende kwaliteitsverklaringen.

Gebruik van hemelwater of hergebruik van huishoudelijke water in een gebouw kan nu niet worden afgedwongen op grond van het Bbl of decentrale regelgeving.

5.2.2 Voorbeeldregels in het Bbl

In het Bbl staan verschillende voorbeelden van technische bouwvoorschriften die zien op duurzaamheid. Deze kunnen analoog toegepast worden voor regels ten aanzien van opvang en gebruik van hemelwater en hergebruik van huishoudelijk water in een gebouw. Hieronder worden deze beschreven.

Milieuprestatie- en energieprestatienorm

Het Bbl stelt eisen aan de milieuprestatie van een woonfunctie, kantoorgebouw en nevengebruiksfuncties daarvan.² Verder dient nieuwbouw Bijna Energieneutraal Gebouwd (BENG) te worden³. Vergelijkbaar met de BENG-norm voor energieprestatie en Milieu Prestatie Gebouwen (MPG)-norm voor milieuprestatie van een gebouw kunnen in het Bbl ook eisen gesteld worden aan het drinkwatergebruik van installaties in nieuwe woningen. En net als in Vlaanderen zou een verplichting kunnen worden opgenomen om hemelwater op te vangen.

Maatwerkregels

Behalve een algemene regel over opvang en gebruik van hemelwater in het gebouw, kunnen maatwerkregels worden opgenomen.⁴ Het Bbl maakt het nu niet mogelijk om in het omgevingsplan maatwerkregels vast te leggen die het gebruik van hemelwater in het gebouw verplicht.

¹ Dat vloeit voort uit artikel 121 Gemeentewet.

² Zie artikel 4.159 Bbl.

³ Zie artikel 4.148 Bbl.

⁴ In het Bbl worden ook eisen aan het duurzaam gebruik van daken van industrie en overige gebruiksfuncties opgenomen; gemeenten krijgen de mogelijkheid om hierover maatwerkregels in het omgevingsplan op te nemen.

Maatwerkregels zijn ook algemene regels, maar dan regels die de algemene regels van het Rijk aanvullen of het afwijken daarvan mogelijk maken. Het stellen van maatwerkregels is alleen mogelijk als de bevoegdheid daartoe expliciet is gegeven in het Bbl. Voor bouwactiviteiten zijn de mogelijkheden voor maatwerkregels beperkt¹. Met een maatwerkregel kan lokaal een algemene regel van het rijk worden uitgewerkt. De gemeente motiveert dan bijvoorbeeld waarom een maatwerkregel gepast is. Daarbij wordt rekening gehouden met de lokale omstandigheden en de positie van de gebouweigenaar. Voordeel van een maatwerkregel is dat een gemeente zelf kan bepalen of de maatwerkregel nodig is. In gebieden waar een groot tekort is aan drinkwater, kan een gemeente een maatwerkregel inzetten.

Naast een algemene regel over het gebruik van hemelwater of gebruik van grijswater in een gebouw, kunnen maatwerkregels nuttig zijn, zodat via het omgevingsplan lokaal maatwerk kan worden toegepast.

In het Bbl was oorspronkelijk voor gemeenten de mogelijkheid gecreëerd om in het omgevingsplan maatwerkregels (strengere eisen) te stellen aan ten aanzien van de BENG en de MPG-normen. Deze regels komen echter te vervallen. Vanwege de woningbouwopgave (kwantiteit van productie en betaalbaarheid) wil de minister van VRO industrieel bouwen bevorderen². Uniforme technische bouwvoorschriften voor nieuwbouw zijn daarom gewenst.

Wel blijft de mogelijkheid om in specifieke gevallen te experimenteren. Onder de Omgevingswet is hiervoor dezelfde ruimte gecreëerd als onder de Crisis- en Herstelwet bestaat. Verder zullen de minimumeisen voor de energie- en milieuprestatie worden aangescherpt in de (nabije) toekomst, zodat uiteindelijk sprake zal zijn van emissievrije nieuwbouw.

Flexibiliteit: doelvoorschriften of middelvoorschriften

Qua type regel bieden doelvoorschriften het bevoegd gezag, initiatiefnemers en uitvoerders meer afwegingsruimte en flexibiliteit dan middelvoorschriften. Een middelvoorschrift daarentegen, is een voorschrift waarin een specifieke techniek of maatregel staat voorgeschreven en dus meer zekerheid biedt. Doelvoorschriften bieden bijvoorbeeld ruimte voor toepassing van verschillende middelen om aan de regel te voldoen en daardoor ruimte voor maatwerk en innovatie in het individuele geval. Maar er zijn ook nadelen, zoals: onzekerheid over de aanvaardbaarheid van een gekozen middel, benodigde kennis van verschillende partijen over mogelijke middelen, toename van administratieve en bestuurlijke lasten wegens mogelijke geschillen en te volgen procedures over de aanvaardbaarheid van een gekozen middel en het risico dat pseudoregelgeving ontstaat door toezichthouders. De voor- en nadelen van middelvoorschriften zijn op hoofdlijnen het spiegelbeeld van de voor- en nadelen van doelvoorschriften.

Door geen maatregelen voor te schrijven hoe ervoor wordt gezorgd dat hemelwater wordt (her)gebruikt, wordt ruimte voor creativiteit gemaakt voor de markt om de HOE-vraag zelf in te vullen. Welke techniek of maatregel wordt toegepast, doet er dan niet toe. Een regel met een doelvoorschrift in plaats van een middelvoorschrift biedt dus meer flexibiliteit. Indien wel wordt gekozen voor middelvoorschriften, biedt toepassing van een gelijkwaardige maatregel ook een vorm van flexibiliteit. Artikel 4.7 van de Omgevingswet geeft het recht om een maatregel toe te passen die gelijkwaardig is aan de maatregel (doelvoorschrift) voorgeschreven in het Bbl.

Een regel met een doelvoorschrift biedt meer flexibiliteit dan een regel met een middelvoorschrift.

EV- ready

In het Bbl is in afdeling 4.4 geregeld dat een te bouwen woongebouw met parkeergelegenheid ten minste een oplaadpunt heeft, maar ook dat een op de vijf parkeervakken leidingdoorvoeren voor oplaadpunten heeft. Met leidingdoorvoeren worden kabelgoten of loze leidingen bedoeld waar kabels doorheen getrokken kunnen worden. Deze eis geldt ook voor woonfuncties die een ingrijpende renovatie ondergaan. Er worden verder geen technische eisen gesteld. Met de verplichting om al wel

¹ Zie artikel 4.7 Bbl.

² Tweede Kamer 32 757 nr. 186, brief 12 april 2022.

leidingdoorvoeren aan te leggen, is het later gemakkelijker een oplaadpunt te realiseren. Een regel in het Bbl kan ook zien op het 'drinkwaterbesparend-ready' maken van nieuwbouw. Met andere woorden de verplichting kan inhouden dat voorzieningen moeten worden getroffen, zodat hemelwater bijvoorbeeld in de toekomst kan worden opgevangen en (her)gebruikt.

Een regel kan een verplichting inhouden ter voorbereiding op een toekomstige vraag of opgave.

Klimaatadaptief bouwen

Er is een wijzigingsbesluit van het Bbl in procedure die ziet op het verplichten van klimaatadaptieve maatregelen voor een gebouw¹. Het dak van een gebouw met industriefunctie, zoals een distributiecentrum, of overige gebruiksfunctie, bijvoorbeeld een parkeergarage of schuur, kan op grond van deze nieuwe regels verplicht worden gebruikt voor groen of waterberging. De gemeente moet dan wel een maatwerkregel voor nieuwe gebouwen opnemen in het omgevingsplan. Voor bestaande gebouwen kan de gemeente een maatwerkvoorschrift opstellen per individueel geval.

Het lokaal afdwingen van het duurzaam gebruik van daken wordt mogelijk gemaakt. Zonder wettelijke verplichting zullen er gebouweigenaren zijn die dat anders niet doen.

5.2.3 Tussenconclusie

In het Bbl zijn al verschillende regels opgenomen die gericht zijn op duurzaam bouwen. Regels die zien op drinkwaterbesparing sluiten hier goed bij aan. Er zijn vervolgens verschillende manieren om deze regels te formuleren.

5.3 Huishoudwater, drinkwaterbesluit en drinkwaterregeling

In het Drinkwaterbesluit en de Drinkwaterregeling zijn regels opgenomen over hemelwater en huishoudwater. Deze regelgeving is alleen van toepassing voor collectieve systemen, waarbij meerdere woningen van huishoudwater worden voorzien. De belangrijkste regels beschrijven we hieronder.

5.3.1 Begripsbepalingen

In het Drinkwaterbesluit zijn de begrippen hemelwater en huishoudwater als volgt gedefinieerd:

- *hemelwater*: water afkomstig van atmosferische neerslag;
- *huishoudwater*: water als bedoeld in artikel 1, tweede lid, van de wet, dat uitsluitend bestemd is voor toiletpoeling.

In artikel 1 lid 2 van de Drinkwaterwet is geregeld, dat:

'Bij algemene maatregel van bestuur kan worden bepaald dat een of meer daarbij aan te geven artikelen van deze wet niet van toepassing zijn op water dat uitsluitend bestemd is voor bij die maatregel aangegeven doeleinden, waarbij de kwaliteit van het water niet van invloed is op de gezondheid van de betrokken consumenten. Bij of krachtens die maatregel kunnen nadere eisen worden gesteld aan de productie, distributie en het gebruik van dit water.'

¹ Zie [Wijziging Bbl ivm duurzaam gebruik daken | Overheid.nl | Wetgevingskalender](#)

5.3.2 Huishoudwater

In het Drinkwaterbesluit en de Drinkwaterregeling is een aantal regels opgenomen over huishoudwater. Artikel 3, lid 1, van Drinkwaterbesluit regelt dat bij ministeriële regeling nadere eisen gesteld kunnen worden aan de productie, distributie en gebruik van huishoudwater, waarbij onderscheid wordt gemaakt tussen eigenaars van drinkwaterbedrijven, collectieve watervoorzieningen, collectieve leidingnetten of andere huishoudwatervoorzieningen.

In artikel 3, lid 3, van de Drinkwaterregeling is bepaald dat drinkwaterbedrijven, zonder ontheffing van de minister, geen huishoudwater mogen produceren of leveren. Andere eigenaren van collectieve voorzieningen voor productie en distributie van huishoudwater mogen dat wel, onder bepaalde voorwaarden. Er moet dan worden voldaan aan de onderdelen 4.7.2. en 4.7.3 van NEN 1006:2002/A3:2011.¹

In artikel 4 van het Drinkwaterbesluit is verder bepaald dat huishoudwater uit collectieve voorzieningen uitsluitend gebruikt mag worden voor toiletspoeling. En in artikel 5 van het Drinkwaterbesluit is tot slot geregeld dat bij collectieve voorzieningen in essentie alleen hemelwater opgevangen van daken, aangevuld met drinkwater, gebruikt mag worden voor de productie van huishoudwater. Van dit laatste kan worden afgeweken als de toezichthouder daar toestemming voor geeft.

5.3.3 Tussenconclusie

De regels in het Drinkwaterbesluit en de Drinkwaterregeling beperken nu de mogelijkheden om hemelwater of grijswater (als huishoudwater) te gebruiken bij collectieve voorzieningen. Alleen hemelwater opgevangen van daken, aangevuld met drinkwater, mag gebruikt worden voor de productie van huishoudwater voor collectieve voorzieningen. Verder mag huishoudwater afkomstig uit collectieve systemen alleen gebruikt worden voor toiletspoeling. Aan individuele systemen worden geen gebruiksdoelen gekoppeld.

De voorschriften gelden niet voor een woning met een eigen voorziening voor winning en distributie van huishoudwater. Vanuit de Woningwet (met name NEN 1006+A1:2018 en de aansluitvoorwaarden van drinkwaterbedrijven) gelden voor een woning wel technische voorschriften om te voorkomen dat het drinkwatersysteem wordt verontreinigd door huishoudwater.

5.4 Gevolgen verplichting in Bbl

5.4.1 Algemeen

Een verplichting in het Bbl die ziet op:

- 1 opvang van hemelwater;
- 2 gebruik van hemelwater of grijswater in het gebouw (focus op woningbouw);
- 3 hergebruik van huishoudelijk water in het gebouw;

In de paragraaf 5.2.2 zijn verschillende manieren beschreven waarop een verplichting in het Bbl kan worden opgenomen. Afhankelijk van het type regel waarvoor wordt gekozen, zijn verschillende voor- en nadelen te benoemen. In paragraaf 5.4.2 worden de belangrijkste genoemd.

¹ Er is geen verbod voor hemelwater- of grijswatersystemen bij individuele woningen voor eigen gebruik.

5.4.2 Voor- en nadelen

Toekomstbestendig bouwen: minder grondwaterafhankelijk 'het nieuwe normaal'

Met de grote woningbouwopgave is er nu een kans om een eerste stap te zetten om in de toekomst minder grondwater- en oppervlakteafhankelijk¹ te worden.

Op lange termijn is de manier waarop nu woningen worden gebouwd niet houdbaar. Het afdwingen van minder gebruik van drinkwater is gewenst. Een toekomstbestendige bouw houdt rekening met het terugdringen van de vraag naar drinkwater. Zonder wettelijke verplichting zullen er initiatiefnemers/gebouweigenaren blijven die hun nieuwbouw gebouw niet zullen voorzien van duurzame voorzieningen. Normalisatie leidt naar verwachting ook tot groot doelbereik. Projectontwikkelaars zijn er mee gebaat in een zo vroeg mogelijk stadium van een ontwikkeling een duidelijk kader van de overheid meekrijgen. Een duidelijk landelijk kader voor bouwen met gebruik van hemelwater zorgt ervoor dat de ontwikkelaars weten wat de bedoeling is en dus waar zij aan toe zijn.

Geeft uitvoering aan Rijksbeleid: verminderen vraag naar drinkwater van 125 naar 100 liter per hoofd bevolking

Een verplichting in het Bbl over opvang en gebruik van hemelwater volgt uit het Rijksbeleid. Vanuit het werken volgens de beleidscyclus is het onder de Omgevingswet logisch om dit beleid door te laten werken en juridisch vast te leggen. Dit is een vraagstuk dat visie en duidelijke stellingname van het rijk vraagt om ook als eerste stap van een grotere maatschappelijke transitie op gebied van duurzaam bouwen en bewust watergebruik te kunnen gelden.

In de Nationale aanpak Klimaatadaptatie gebouwde omgeving is het volgende opgenomen (Kennisportaal Klimaatadaptatie, sd):

'Klimaatadaptatie is een gezamenlijke opgave van Rijk en medeoverheden in samenwerking met vele andere partijen. In het uitvoeringsprogramma NAS en het DPRA hebben de overheden gezamenlijk voor klimaatadaptatie het volgende doel voor 2050 geformuleerd: 'De gebouwde omgeving in Nederland is in 2050 waterrobuust en klimaatbestendig ingericht.' In deze nationale aanpak vertalen we dit voor de impact van de vier klimaateffecten op de gebouwde omgeving als volgt:

- 1 hevige neerslag leidt tot zo min mogelijk overlast voor mensen en schade aan gebouwen en de openbare ruimte in de gebouwde omgeving;
- 2 het risico op overstromingen is aanvaardbaar als overstromingen zo min mogelijk mensenlevens kosten en de schade aan gebouwen en hun omgeving beperkt blijft;
- 3 bij hitte blijft de leefomgeving gezond en aantrekkelijk, zowel in de gebouwen als in de openbare ruimte en hitte leidt tot zo min mogelijk schade aan gezondheid en tot zo min mogelijk extra energieverbruik;
- 4 langdurige droogte leidt tot zo min mogelijk verdroging van groen of structurele schade aan gebouwen en funderingen en er is voldoende drinkwater (onder andere door verminderen van de vraag naar drinkwater van de gebouwde omgeving).'

In het waterbeleid²: 'Water en Bodem sturend' staat verder ook een aantal keuzes om drinkwater te reduceren, zoals structurerende keuze 4:

'We werken toe naar een drinkwatergebruik per hoofd van de bevolking van 100 liter in 2035 (thans 125 liter) en beperken laagwaardig gebruik van drinkwater. Grootverbruikers vragen we het drinkwatergebruik ook met 20 % te reduceren. Zo beperken we het effect van toename van de watervraag in relatie tot de schaarsere beschikbaarheid van water.'

Generieke uniforme regels

Regels die in het Bbl staan, zijn duidelijk en gelden voor ieder gebouw dat wordt gebouwd. Gemeenten hoeven niet zelf te puzzelen met regels in het omgevingsplan.

¹ Ruim 40 % van het drinkwater komt uit oppervlaktewater, bron Unie van Waterschappen.

² Brief van 25 november 2022, Tweede Kamer, vergaderjaar 2022-2023, 27 625, nr. 592.

Voor de uitvoeringspraktijk, zoals ontwikkelaars, is het belangrijk dat er standaardregels zijn en dat niet in iedere gemeente andere regels gelden. Indien in bepaalde gemeenten of provincies projectontwikkelaars niet verplicht worden om waterbesparende maatregelen te nemen, ontstaat bovendien een ongelijk speelveld. Via een algemene regel in het Bbl kan dat voorkomen worden.

Vanwege de woningbouwopgave (kwantiteit en betaalbaarheid) is er de wens om industrieel bouwen te bevorderen. Daarvoor is het gewenst dat bepaalde technische bouwvoorschriften voor nieuwbouw in heel Nederland zoveel mogelijk uniform zijn, en niet per gemeente kunnen verschillen. Het is verder praktisch en efficiënt om dit centraal te organiseren, zodat niet iedere gemeente het eigen wiel hoeft uit te vinden.

Kanttekening is daarbij is dat de omstandigheden in het waterecosysteem per regio verschillen en maatwerk gewenst is, zie paragraaf 5.2. Hemelwater opvangen en binnenshuis benutten is immers in droogtegevoelige hoge zandgronden wenselijker dan in natte gebieden.

Direct afdwingbaar

Door de regel in het Bbl op te nemen, werkt de regel direct. Iedere nieuwbouw dient dan verplicht hemelwater op te vangen.

Burgers en bedrijven (waaronder projectontwikkelaars) zetten uit zichzelf onvoldoende stappen om waterbesparend te bouwen. Met algemene rijksregels voor nieuwbouw is drinkwaterbesparing afdwingbaar en worden de benodigde stappen gezet. Een kanttekening die hierbij gemaakt wordt is dat de impact van de maatregel, in termen van absolute drinkwaterbesparing, is de eerste jaren nihil of minimaal. Een wijziging van het Bbl kost tijd. Na inwerkingtreding van de regels worden bouw aanvragen hieraan getoetst. De woningen die over circa 3 tot 5 jaar worden gebouwd, zijn pas drinkwaterbesparend.

Decentrale regels hemelwater

Het Rijk heeft de regels over hemelwater juist gedecentraliseerd. Een regel van het Rijk over de opvang van hemelwater is niet in lijn met die decentralisatie.

De beleidsverantwoordelijkheid voor hoe om te gaan met hemelwater ligt in hoofdzaak bij gemeenten en waterschappen. Bovendien zal een regel in vrij algemene bewoordingen worden geformuleerd. Het is de vraag wat de meerwaarde daarvan is boven op de al bestaande instructieregel voor weging van het waterbelang¹. Verder dienen instructieregels van het Rijk ruimte te bieden voor maatwerk naar regio of locatie. Is dat niet mogelijk dan kan de regel leiden tot onnodige zware eisen op locaties waar dit gezien de aard van de locatie (en ondergrond of watersysteem) niet noodzakelijk is.

Uitvoerbaar en handhaafbaar

Regels dienen uitvoerbaar en handhaafbaar te zijn.

Regels moeten werkbaar zijn voor eenieder die ermee te maken heeft. Voor de burgers en bedrijven die zich aan de regels moeten houden en ook voor de degenen die de regels moeten uitvoeren en handhaven.

Voor burgers kan het ingewikkeld zijn om zich aan de regels te houden. Afhankelijk van het type regel waarvoor wordt gekozen, kan het ook lastig zijn om die te handhaven. Open normen en ruim omschreven doelvoorschriften zijn bijvoorbeeld niet gemakkelijk te interpreteren. Een wettelijke verplichting vraagt tot slot ook, met name gelet op eventuele gezondheidsrisico's, om een wettelijk kader om systemen goed aan te laten leggen en veilig te laten werken gedurende decennia.

Verplicht gebruik van hemelwater of grijswater botst met milieuvriendelijk bouwen

Het verplichten van installaties heeft een negatief effect op de milieuprestatie van een gebouw.

De Milieu Prestatie Gebouwen (MPG)-berekening is verplicht bij het aanvragen van een omgevingsvergunning voor nieuwbouw. Het aandeel van de installaties in een gebouw weegt daarbij zwaar

¹ Artikel 5.37 Bkl.

mee en wordt steeds zwaarder naarmate de maximaal toegestane MPG-score lager wordt. Extra materiaalgebruik en installaties zullen leiden tot een hogere MPG-score.

Differentiatie type gebouw en gebruiker

In verband met het eigenaarschap van het systeem en daaruit voortvloeiende verantwoordelijkheid voor de beheersing van de waterkwaliteit is wellicht differentiatie nodig voor het type gebouw. Denk aan grondgebonden woningen, waarbij het duidelijk is bij wie het eigenaarschap en de verantwoordelijkheid ligt. Met het oog op beheersing van risico's voor de gezondheid, is goed beheer van de installaties nodig. Bij individuele grondgebonden woningen met bijbehorende installaties is duidelijk bij wie de verantwoordelijkheid ligt. Dit is anders bij appartementencomplexen of gebouwen met gemengde functies, waarin het beheer van de installaties niet bij de individuele eigenaren of gebruikers van de woningen ligt, maar bijvoorbeeld bij de VVE.

Datzelfde geldt voor het gebruik van een gebouw in verband met de kwetsbaarheid van bewoners of gebruikers. Denk aan mensen die in een verzorgingshuis wonen of andere kwetsbaren.

Kosten

Een extra bouwtechnische eis aan een gebouw brengt extra kosten met zich mee. De (maatschappelijke) baten liggen echter ergens anders, te weten bij de langere termijn leveringszekerheid van drinkwater en de hoogte van de drinkwatertarieven en de natuur bij de wingebieden.

In hoofdstuk 2 wordt hierop ingegaan. Behalve investeringskosten van een hemelwatersysteem zijn er ook gebruikskosten. De integrale kosten, per m³ hemelwater- of grijswatergebruik zijn hoger dan de huidige drinkwaterprijs.

Risico's voor de gezondheid

Hemelwater en grijswater zijn niet schoon genoeg om als drinkwater te gebruiken. Het moet eerst gezuiverd worden. Hemelwater is aanvankelijk onbesmet, maar bij afstromen langs oppervlakken kan besmetting optreden met micro-organismen die ziekten bij de mens kunnen veroorzaken. Ook zijn er mogelijk gezondheidsrisico's bij het gebruik van de wasmachine, toiletspoeling en buitenkraan. Een NEN-norm waarmee een minimale kwaliteitseis wordt gegarandeerd, lijkt onmisbaar. Hetzelfde geldt voor goed beheer en onderhoud.

Verder speelt ook de vraag wie aansprakelijk of verantwoordelijk is voor eventuele gezondheidseffecten die optreden: de gebruiker, installateur of bijvoorbeeld de eigenaar van het gebouw.

Hoofdstuk 4 gaat nader in op de risico's voor de gezondheid.

Aanpassing Drinkwaterbesluit en -regeling

Het Drinkwaterbesluit en de Drinkwaterregeling gelden alleen voor collectieve installaties. Uit oogpunt van gezondheid zijn daarin voorwaarden opgenomen om huishoudwater te mogen leveren.

Als besloten wordt om in het Bbl verplichtingen op te nemen over hergebruik van hemelwater en grijswater in bebouwing, dan ligt het voor de hand om rekening te houden met het Drinkwaterbesluit en de Drinkwaterregeling.

Als besloten wordt om verplichtingen op te nemen voor het gebruik van hemelwater en grijswater in collectieve voorzieningen, dan vraagt dit tevens een aanpassing van het Drinkwaterbesluit en -regeling.

6

CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN VOOR KENNISVRAGEN

Het voorliggende rapport biedt inzicht in de voor- en nadelen van opvang en gebruik van hemelwater en grijswater in nieuwbouw, en geeft antwoorden op de hoofdvragen die de scope van het onderzoek afbakenen. De hoofdvragen luiden:

- 1 Welk probleem doet zich voor ten aanzien van drinkwatertekorten/ drinkwaterbeschikbaarheid? Wat is de omvang van dat probleem en doet het zich in heel Nederland voor en tijdens welke periodes jaarrond?
- 2 In hoeverre kan (1) opvang van regenwater, (2) gebruik van regenwater in het gebouw en (3) hergebruik van huishoudelijk water bijdragen aan drinkwaterbesparing in het gebouw – wat levert het op qua niet gebruikt drinkwater op cruciale momenten?
- 3 Wat zijn de voor- en nadelen van een verplichting in het Bbl ten aanzien van (1) opvang van regenwater, (2) gebruik van regenwater in het gebouw en (3) hergebruik van huishoudelijk water in het gebouw, bij nieuwbouw?

Bij de beantwoording is gebruik gemaakt van beschikbare onderzoeken en literatuur en is dankbaar gebruik gemaakt van kennis die is ingebracht door de deelnemers van de klankbordgroepen (zie bijlage I). De antwoorden op de hoofdvragen (en de deelvragen) zijn terug te vinden in de hoofdstukken 2 tot en met 5 van dit rapport.

Het rapport heeft als doel de feitelijke voor- en nadelen van hemelwater- en grijswatersystemen in beeld te brengen. Het maken van een integrale beleidsafweging op basis van de bevindingen, die uitmondt in het al dan niet opnemen van een verplichting in het Bbl, valt niet binnen de scope van dit onderzoek: het beleidstraject zal in een vervolg zijn beslag kan krijgen.

Aanbevelingen

Vanuit de inventarisatie en de inbreng van de klankbordgroepen blijken er kennisvragen te zijn waarvan de antwoorden onderdeel behoren te zijn van een integrale beleidsafweging. Het gaat daarbij om het volgende:

Waterkwaliteit en gezondheidsrisico's

Hoofdstuk 4 concludeert dat het gebruik van hemelwater of grijswater niet risicovrij is. De beschikbare onderzoeken zijn niet eenduidig over de mate van de risico's die worden geïntroduceerd bij het verplichtstellen van hemelwater- en/of grijswatergebruik in woningen.

In buitenlandse bronnen wordt aangegeven dat als voorwaarde voor acceptabele risico's geldt dat systemen goed moeten worden beheerd en onderhouden. In de wetenschap dat in de toekomst niet voor alle systemen goed beheer en onderhoud vanzelfsprekend is, is het wenselijk meer zicht te krijgen op de waterkwaliteit van slecht onderhouden systemen en de risico's die dit oplevert bij uiteenlopende toepassingen van het water. Daarbij moet als gegeven worden geaccepteerd dat ook in de toekomst wanverbanden tussen drinkwatersystemen en hemel/grijswatersystemen kunnen ontstaan.

De beschikbare onderzoeken over waterkwaliteit gaan veel in op het voorkomen van pathogene organismen in het water. Bekend is dat huishoudwater kan leiden tot biologische activiteit en biofilmvorming in leidingen. Er is weinig onderzoek gedaan naar het optreden hiervan bij slecht onderhouden systemen en koloniegetallen van ziekteverwekkers die geassocieerd kunnen worden hiermee.

Om een gewogen risicoafweging te kunnen maken wordt aanbevolen hier nader onderzoek naar te doen. Dat kan bijvoorbeeld door pilots in te richten in nieuwbouwwijken of door metingen te verrichten aan systemen in Vlaanderen. Daarbij kan ook het vóórkomen van muggen worden meegenomen.

Voor het beoordelen van risico's in grijswatersystemen, met in het algemeen warmere waterstromen, moet een apart meetprogramma worden opgezet. Nagroei in leidingen kan niet altijd worden voorkomen door het toepassen van UV-desinfectie in de zuiveringsstap.

Als uit dit aanvullend onderzoek bekend is of (en welke) organismen de aanwending van hemelwater beperken, kunnen aanbevelingen worden gedaan voor (eventuele) aanvullende zuiveringsstappen waarmee de risico's kunnen worden verkleind of kunnen verdere aanbevelingen worden gedaan voor sommige gebruikstoepassingen. Daarbij wordt aangetekend dat aanvullende zuiveringsstappen per definitie resulteren in hogere kosten en een grotere milieuoetprint. Hierover meer in de volgende aanbeveling.

Milieu-impact

De beschikbare - en gepresenteerde - gegevens over milieu-impact presenteren de milieupact van de hemelwater- en grijswatersystemen enerzijds en anderzijds de levering van drinkwater. Daarbij is het startpunt dat hemelwater- en grijswatersystemen aanvullend op het drinkwatersysteem worden geplaatst.

Het toepassen van hemelwater- en grijswatersystemen heeft ten doel om ook op de langere termijn bij te dragen aan het oplossen of voorkomen van drinkwatertekorten. Het is ligt daarom voor de hand om de impact van deze decentrale systemen in het perspectief te plaatsen van de drinkwatervoorziening op de langere termijn met en zonder hemelwater- en grijswatersystemen: hoe ziet de drinkwatervoorziening dan uit, wat wordt daarvan de footprint en tegen welke kosten? Daarbij kunnen meerdere scenario's worden doorgerekend, zoals doorzettende klimaatverandering en wijzigende demografie.

Idealiter wordt een impactanalyse gemaakt van de effecten van de gehele waterketen, van drinkwaterwinning tot en met afvalwaterzuivering. Via het instrument van de maatschappelijke kosten-batenanalyse (MKBA) kan in beeld worden gebracht wat de integrale kosten (monetair en niet-monetair) zijn van het al dan niet vergroten van waterwinning in droogtegevoelige gebieden

Via het instrument van een integrale levenscyclusanalyse kan in beeld worden gebracht of het grootschalig toepassen van hemelwater- en grijswatersystemen een positieve milieuoetafdruk heeft. Als vanuit kwaliteit en gezondheid nadere eisen worden gesteld aan zuiveringsstappen voor decentrale systemen, zal de milieuoetafdruk van deze systemen toenemen.

Regelgeving

Voor het opnemen van regels voor de toepassing van hemelwater en/of grijswatersystemen in het Bbl kan niet zonder meer worden aangesloten bij stapsgewijze verhoging van de doelstellingen, vergelijkbaar met de EPN. Een doelvoorschrift passend bij haalbare besparingsmaatregelen ligt dan meer voor de hand. Zie ter inspiratie de regelgeving in Vlaanderen per 2 oktober 2023.

Bij het opnemen van een verplichting in het Bbl is aandacht nodig voor het voorschrijven van robuuste systemen (vanwege kwaliteitsaspecten) enerzijds, en anderzijds het open blijven staan voor nieuwe oplossingen die door de markt worden ontwikkeld. Daarvoor kan het nodig zijn om bijvoorbeeld de bestaande NEN-normen te herzien.

Vanuit risicobeheersing moet nagedacht worden over eventuele verplichtingen voor periodieke keuringen van de decentrale systemen, de handhaving daarvan en de kosten.

7

VERWIJZINGEN

- Arcadis/Berenschot. (2022). *Bewust en zuinig drinkwatergebruik, verkenning effectief instrumentarium*.
- Australian Government. (sd). www.yourhome.gov.au/water/rainwater.
- Australian Government. (sd). www.yourhome.gov.au/water/wastewater-reuse.
- Bertelkamp, C., Hofman-Caris, R., Roelandse, A., Van der Aa, R., & Van der Hoek, J. (2017). *Regenwater als bron voor drinkwater in Nederland: een haalbare kaart?*
- Campisano, A., Butler, D., Ward, S., Burns, M., Friedler, E., DeBush, K., . . . Han, M. (2017). Urban rainwater harvesting systems: Research, implementation and future perspectives. *Water Research*, 195-209.
- CBS. (18 juni 2021). *Watergebruik bedrijven en particuliere huishoudens; nationale rekeningen*.
- CBS. (2023). *Huishoudens nu*. Opgehaald van <https://www.cbs.nl/nl-nl/visualisaties/dashboard-bevolking/woonsituatie/huishoudens-nu#:~:text=Hoeveel%20huishoudens%20zijn%20er%20in,gemiddelde%20huishoudensgrootte%20og%203%2C53>
- Chang, J., Lee, W., & Yoon, S. (2017). Energy consumptions and associated greenhouse gas emissions in operation phases of urban water reuse systems in Korea. *Journal of Cleaner Production* 141, 728-736.
- Chiu, Y., Liaw, C., & Chen, L. (2009). Optimizing rainwater harvesting systems as an innovative approach to saving energy in hilly communities. *Renewable Energy* 34(3), 492-498.
- De Watergroep. (sd). *Regenwater en waterputten*. Opgehaald van De Watergroep: <https://www.dewatergroep.be/nl-be/drinkwater/wat-te-doen-bij/regenwater-en-waterputten>
- Driezum, I. (2020). *Regenwater als alternatieve bron voor drinkwater - aandachtspunten voor kwaliteitscontrole*. RIVM briefrapport 2020-185.
- Egmond, S. v., Luijkx, G., & Offringa, R. (2001, #23). Met regenwater is het goed wassen. *H2O*, pp. 25-27.
- Embuild Vlaanderen. (sd). *Waterbewust bouwen*. Opgehaald van <https://www.embuildvlaanderen.be/projecten/waterbewust-bouwen/#:~:text=In%20dit%20project%20wil%20het%20consortium%20bestaande%20uit%20Embuild%20Vlaanderen,individuele%20en%20collectieve%20innovatieve%20technologie%C3%ABn>.
- Expertgroep Circulair Water. (2022). *Advies circulair watergebruik in de gebouwde omgeving*. ENVAQUE.
- Gelsenwasser AG. (2005). *Regenwassernutzung im Haushalt?*
- Ghimire, S., Johnston, J., Ingwersen, W., & Hawkins, T. (2014). Life cycle assessment of domestic and agricultural rainwater harvesting systems. *Environmental Science & Technology*, 48(7), 4096-4077.
- H2O Waternetwerk. (maart 2022). *Kraanwaterbesparing in de praktijk*. KWR.
- H2O Waternetwerk. (sd). <https://www.h2owaternetwerk.nl/vakartikelen/hoe-extreem-was-de-droogte-van-2018>.
- Hofman, J., & Paalman, M. (2014). *Rainwater harvesting, a sustainable solution for urban climate adaptaton?* KWR rapport 2014.042.
- Hofman-Caris, R. (2019, 11). Rainwater harvesting for drinking water production: a sustainable and cost effective solution in the Netherlands? *Water*, p. 511.
- Hunt, B., & Gee, K. (2021, March 31). *Mosquito Control for Rainwater Harvesting Systems*. Opgehaald van <https://content.ces.ncsu.edu/mosquito-control-for-rainwater-harvesting-systems>
- I&W, M. v. (2022). *Water en Bodem sturend. Kamerbrief*.
- ISSO. (2011). *ISSO-publicatie 70.1 Omgaan met hemelwater binnen de perceelgrens*.
- Kennisportaal Klimaatadaptatie. (sd). *Wat gebeurt er vanuit het Rijk?* Opgehaald van <https://klimaatadaptatienederland.nl/kennisdossiers/gebouwde-omgeving-ruimtelijke-ordering/gebeurt-vanuit->

- rijk/#:~:text=De%20Nationale%20aanpak%20Klimaatadaptatie%20gebouwde%20omgeving%20bes
chrijft%20wat,2022%20is%20het%20rapport%20over%20fase%201%20versc
- KNMI. (2023). *Dagwaarden neerslagstations*. Opgehaald van <https://www.knmi.nl/nederland-nu/klimatologie/monv/reeksen>
- Kobayashi, Y., Ashbolt, N., Davies, E., & Liu, Y. (2020). Life cycle assessment of decentralized greywater treatment systems with reuse at different scales in cold regions. *Environment International* 134.
- Kuang-Wei, S. (2018, 635). Quantitative microbial risk assessment of Greywater on-site reuse. *Science of the total environment*, pp. 1570-1519.
- Kusuwardhana, A. (2021, 18). Microbiological Health Risk Assessment of Water Conservation Strategies: A Case Study in Amsterdam. *Int. J. Environ. Res. Public Health*, p. 2595.
- KWR. (2003). *Beleidsonderbouwende monitorign huishoudwater - Onderzoek naar de kwaliteit van huishoudwater en effecten van het gebruik op het milieu en de klant*.
- KWR. (2010). *Rekenregels voor waterverbruik in utiliteitsbouw*. Nieuwegein.
- KWR. (2019). *Buffercapaciteit drinkwatervoorziening Nederland*. BTO2019.024.
- KWR. (juni 2017). *Trendanalyse Massastroomgebied*.
- Leong, J., Balan, P., Chong, M., & Poh, P. (2019). Life-cycle assessment and life-cycle cost analysis of decentralised rainwater harvesting, greywater recycling and hybrid rainwater-greywater systems. *Journal of Cleaner Production* 229, 1211-1223.
- Livios. (2020, 06 04). *Wat kost een regenwaterinstallatie? We rekenen het voor je uit*. Opgehaald van <https://www.livios.be/nl/artikel/45708/wat-kost-een-regenwaterinstallatie-we-rekenen-het-voor-je-uit/?authId=c586f636-1e18-420a-b183-37d4627b3006&referrer=https%3A%2F%2Fwww.google.com%2F&referer=https%3A%2F%2Fwww.google.com%2F>
- Medema, G., Brouwer, A., & de Graaf, M. (1999). *Microbiologische veiligheid van huishoudwater voor toepassing van toilet, wassen kleding en buitenkraan*. SWE 99.010: KWR.
- Mijn Waterfabriek. (2023). *grijswatersysteem HOME Eco*. Opgehaald van Mijn Waterfabriek: <https://www.mijnwaterfabriek.nl/grijswatersysteem-home-eco>
- Milieu Centraal. (2022). *Regenwateropslag voor huishoudelijk gebruik*.
- Min. IenW. (2022). *Water en Bodem sturend*. 's Gravenhage.
- Minaraad & SERV. (2022). *Advies Hemelwaterverordening*. Brussel: SERV.
- Ministerie I&W. (2021). *Beleidsnota Drinkwater 2021-2026*.
- Ministerie van BZK. (2021). *Nationale woningbouwkaart*.
- Morales-Pinzón, T., Lurueña, R., Rieradevall, J., Gasol, C., & Gaberrell, X. (2012). Financial feasibility and environmental analysis of potential rainwater harvesting systems: A case study in Spain. *Resources, Conservation and Recycling* 69, 130-140.
- NEN-EN 16941-1. (2018). *Locatiegebonden niet-drinkwatersystemen: Deel 1: Systemen voor het gebruik van regenwater*.
- Nolde, E. (2005). Greywater recycling systems in Germany--results, experiences and guidelines. *Water Science & Technology*.
- Oesterholt, F. (2003, 16). Evaluatie praktijkervaringen met huishoudwater. *H2O*, pp. 22-25.
- Pieterse Quirijns, E., Blokker, E., & Vogelaar, A. (2009). *Modelleren van niet-huishoudelijk waterverbruik. Waterverbruik van kantoren, hotels, zorginstellingen en veehouderij*. Nieuwegein: KWR.
- Rashid, A., Bhuiyan, A., Pramanik, B., & Jayasuriya, N. (2021). Life cycle assessment of rainwater harvesting system components - To determine environmentally sustainable design. *Journal of Cleaner Production* 362.
- Rekenkamer Oost-Nederland. (september 2022). *Als elke druppel telt, grondwateronttrekkingen in Overijssel en Gelderland*.
- Retamal, M., Glassmire, J., Abeyesuriya, K., Turner, A., & White, S. (2009). The water-energy nexus: Investigation into the energy implications of household rainwater systems. *Australian Water Association* 38, 70-75.
- Rijkswaterstaat. (2018). *Peilbesluit IJsselmeergebied*.
- RIVM. (maart 2023). *Waterbeschikbaarheid voor de bereiding van drinkwater tot 2030 - knelpunten en oplossingsrichtingen*.
- Rodrigues de Sá Silva, A., Bimbato, A., Balestieri, J., & Vilanova, M. (2022). Exploring environmental, economic and social aspects of rainwater harvesting systems: A review. *Sustainable Cities and Society* 76.
- Royal Haskoning/DHV. (december 2017). *Draagkracht grondwater Noord-Brabant*.

- RVO. (2018). *RVO, GER-waarden Database*. Opgehaald van <https://www.rvo.nl/sites/default/files/2018/11/GER-waarden%20en%20CO2-lijst%20augustus%202018.xlsx#:~:text=Wat%20is%20een%20GER%2Dwaarde%3F&text=De%20GER%2Dwaarde%20staat%20voor,enige%20technische%20omzetting%20heeft%20plaatsgevonden>.
- Schets, F. e. (2005). *De microbiologische kwaliteit van hemelwater toegepast voor toiletspoeling, schoonmaken en tuinsproeien*. RIVM rapport 703719009/2005.
- Smeets, P. (2015, oktober 15). Risico's van decentrale watervoorziening. Minisymposium decentrale water- en energiesystemen. *KWR*.
- Teston, A., Scolaro, T., Maykot, J., & Ghisi, E. (2022). Comprehensive Environmental Assessment of Rainwater Harvesting Systems: A Literature Review. *Water* 14(2716).
- Umweltbundesamt. (sd). www.umweltbundesamt.de/umwelttipps-fuer-den-alltag/garten-freizeit/regenwassernutzung#gewusst-wie.
- Upfallshower. (2023, 25 4). *besparen*. Opgehaald van Upfallshower: <https://www.upfallshower.com/besparen/>
- van Driezum, I., van der Aa, N., & van den Berg, H. (2020). *Regenwater als alternatieve bron voor drinkwater - aandachtspunten en kwaliteitscontrole*. RIVM briefrapport 2020 - 0185.
- Versteegh, J. (1997). *Gezondheidsrisico's en normstelling voor huishoudwater*. RIVM rapportnummer 289202019.
- VEWIN. (2022). *Drinkwaterstatistieken 2022*.
- VEWIN. (2022). *Kerngegevens drinkwater 2022*.
- VEWIN, PB Icastat, & Royal Haskoning/DHV. (2022). *Prognoses drinkwatergebruik in Nederland*.
- Vieira, A., & Ghisi, E. (2016). Water-energy nexus in low-income houses in Brazil: The influence of integrated on-site water and sewage management strategies on the energy consumption of water and sewerage services. *Journal of Cleaner Production* 133, 145-162.
- Vlaamse Milieumaatschappij. (2018). *Waterwegwijzer bouwen en verbouwen*.
- Vlaamse Milieumaatschappij. (2021). *Kwaliteit van drinkwater - 2020*.
- Vlaamse MilieuMaatschappij. (2022). *Kwaliteit van het drinkwater - 2021*.
- Vlaamse Milieumaatschappij. (sd). www.vmm.be/data/gemiddeld-leidingwatergebruik-gezinnen#section-3.
- Vlaamse Milieumaatschappij. (sd). www.vmm.be/sectoren/huishoudens/waterverbruik-huishoudens.
- Vlaamse Overheid. (sd). *Verplichte installatie van een regenwaterput en infiltratiesysteem bij nieuwbouw of herbouw*. Opgehaald van <https://www.vlaanderen.be/verplichte-installatie-van-een-regenwaterput-en-infiltratiesysteem-bij-nieuwbouw-en-herbouw>
- Vlaamse Regering. (2023). *Hemelwaterverordening 2023*.
- Vlaanderen Departement omgeving. (sd). <https://omgeving.vlaanderen.be/nl/verordeningen/de-gewestelijke-hemelwaterverordening-2023>.
- VMM. (2023). *Water in huis Vlaanderen*. KWR 7 februari.
- Ward, S., Butler, D., & Memon, F. (2012). Benchmarking energy consumption and CO2 emissions form rainwater-harvesting systems: An improved method by proxy. *Water and Environment Journal* 26(2), 184-190.
- Waterlab BSD. (2020). *Conceptueel ontwerp circulair watersysteem*. Eindhoven.
- Witteveen+Bos, & AT Osborne. (2022, februari). *Feitenrelas grondwater*, Bijlage bij Eindadvies Studiegroep Grondwater.
- www.installatie.nl/nieuws/430-000-ketels-nooit-onderhouden/. (sd).
- Zlatanovic, L., & Van der Hoek, J. (2021). *De stedelijke watertransport infrastructuur als enabler voor resource recovery*. New Urban Water Transport Systems.
- Zonnepanelen-Weetjes. (2020). *De afmetingen van zonnepanelen*.

Bijlage(n)



BIJLAGE: KLANKBORDGROEP

De concepthoofdstukken 2 t/m 5 zijn voorgelegd aan een klankbordgroep voor schriftelijke reacties.

Daarnaast zijn op 18 april 2023 werksessies georganiseerd per hoofdstuk, waaraan is deelgenomen door deskundigen op specifieke thema's. De inbreng van de klankbordgroep is meegenomen in dit eindrapport.*

Werksessie Techniek en implementatie

Dutch Green Building	Jan Kadijk
Ministerie BZK	Nirul Ramkisor
Neprom	Claudia Bouwens
Stichting Rioned	Oscar Kunst
Water Alliance	Arthur Valkieser
Water Alliance	Peter van der Linde

Werksessie Drinkwatertekorten, besparingsmaatregelen en omgevingsimpact

ILT	Rick Reijtenbagh
IPO	Karla Niggebrugge
Milieu Centraal	Aniek Ivens
Ministerie BZK	Sandra Kessels
VEWIN	Hendrik Jan IJsinga

Werksessie Kwaliteit en gezondheid

ILT	Loet Rosenthal
KWR	Paul van der Wielen
Ministerie BZK	Elise Bijl
Ministerie VWS	Ingrid van den Broek (apart schriftelijk gereageerd)
RIVM	Harold van den Berg (apart telefonisch geraadpleegd)
TU Delft / Waternet	Jan Peter van der Hoek
Vitens	Peter Salverda

Werksessie regelgeving en Bbl

Aedes	Jessica van Eijs
Bouwend Nederland	Martijn Verwoerd
IVBN	Raymond Schäperkötter
Ministerie BZK	Canan Korkmaz
Ministerie BZK	Marcel Balk
VEH	John Kersemakers

* Deelname aan de klankbordgroep betekent niet noodzakelijkerwijs dat de deelnemers eraan de bevindingen in dit rapport integraal onderschrijven
