



Rijksinstituut voor Volksgezondheid
en Milieu
*Ministerie van Volksgezondheid,
Welzijn en Sport*

De ‘waterkwaliteitscheck’ voor nieuwe en bestaande stedelijk water concepten

Het belang van aandacht voor
de microbiologische kwaliteit
van water in de stad





Rijksinstituut voor Volksgezondheid
en Milieu
*Ministerie van Volksgezondheid,
Welzijn en Sport*

De 'waterkwaliteitscheck' voor nieuwe en bestaande stedelijk waterconcepten

Het belang van aandacht voor de microbiologische
kwaliteit van water in de stad

RIVM Rapport 2017-0012

Colofon

© RIVM 2017

Delen uit deze publicatie mogen worden overgenomen op voorwaarde van bronvermelding: Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM), de titel van de publicatie en het jaar van uitgave.

DOI: 10.21945/RIVM-2017-0012

F.M. Schets (auteur), RIVM
H. de Man (auteur), Sanitas Water
J.P.G. van Leuken (auteur), RIVM
A.M. de Roda Husman (auteur), RIVM

Contact:
Ciska Schets
Centrum Z&O
ciska.schets@rivm.nl

Dit onderzoek werd verricht in het kader van het project Waterkwaliteit.

Dit is een uitgave van:
**Rijksinstituut voor Volksgezondheid
en Milieu**
Postbus 1 | 3720 BA Bilthoven
Nederland
www.rivm.nl

Publiekssamenvatting

De 'waterkwaliteitscheck' voor nieuwe en bestaande stedelijk waterconcepten

Tegenwoordig worden in steden veel projecten opgezet om duurzaam met water om te gaan en de gevolgen van klimaatverandering op te vangen. Hierdoor kunnen mensen meer en op een andere manier in aanraking komen met water in de openbare ruimte. Behalve de voordelen hiervan, kan contact met dit water ook gezondheidsklachten veroorzaken, zoals maagdarm-, huid- en luchtwegklachten. Het RIVM pleit er daarom voor om bij het ontwerpen, plannen en realiseren van stedelijk waterinitiatieven stil te staan bij de kwaliteit van water. Eventuele gezondheidsrisico's kunnen dan vaak met relatief eenvoudige aanpassingen worden beperkt. Om dit te ondersteunen is de waterkwaliteitscheck voor stedelijk water ontwikkeld.

Met de waterkwaliteitscheck kunnen potentiële gezondheidsrisico's van initiatieven om duurzaam met water om te gaan zorgvuldig in kaart worden gebracht. Vervolgens kan op basis daarvan worden bepaald welke aanpassingen de geconstateerde gezondheidsrisico's kunnen verminderen. De waterkwaliteitscheck kan ook worden gebruikt om bestaande initiatieven door te lichten. Daarnaast is de waterkwaliteitscheck geschikt om de oorzaak van opgetreden gezondheidsproblemen of uitbraken van ziekten uit te zoeken.

Voorbeelden van projecten om duurzaam met water om te gaan zijn het hergebruik van afvalwater en het terugwinnen van grondstoffen uit afvalwater. Daarnaast zijn er projecten om overtollig regenwater op te vangen dat niet door het riool kan worden afgevoerd, zoals heropende grachten in oude binnensteden, waterpleinen en weides (wadi's). Voor dit onderzoek zijn projecten en trends die te maken hebben met stedelijk water geïnventariseerd. Bij veel daarvan bleek er een kans op gezondheidsklachten te bestaan wanneer mensen met het water in contact komen. Dit is bepaald aan de hand van gegevens over de waterkwaliteit, de waarschijnlijkheid dat mensen met dit water in contact komen en eerder opgetreden ziektegevallen bij vergelijkbare projecten.

Kernwoorden: stedelijk water, risico-inventarisatie, waterkwaliteit, waterbeheer, risicoanalyse, infectieziekten, innovatie

Synopsis

Water Quality check for new and existing urban water initiatives

Nowadays, concepts aiming at sustainable use of water and mitigating the effects of climate change are set up in many cities. Consequently, people may be exposed to urban water more often, and in a different way. Aside from the benefits, contact with this kind of water can cause health problems such as gastrointestinal, skin and respiratory complaints. RIVM therefore calls for more attention for water quality during the design, planning and realization of such initiatives. Possible health risks can often be reduced by applying simple modifications. To support this, the water quality check for urban water was developed.

By using the water quality check, it is possible to carefully map the potential health risks related to sustainable water initiatives. Based on this, it can subsequently be determined which modifications may reduce the observed health risks. The water quality check can also be used to screen existing initiatives, and to unravel the cause of health problems or disease outbreaks that have occurred.

Examples of initiatives for sustainable water use in cities are the reuse of waste water and the recovery of raw materials from waste water. There are also initiatives for the collection of storm water that cannot be discharged through the sewer, such as reopened canals in old town centres, plazas and water meadows (wadis). For this research, urban water initiatives and trends have been identified. For many of these, a health risk exists when people are exposed to the water. This was determined based on water quality data, the likelihood that people are exposed to this water, and previously occurred cases of illness related to similar initiatives.

Keywords: urban water, risk inventory, water quality, risk analysis, infectious diseases, innovation

Inhoudsopgave

Samenvatting — 9

1 Inleiding — 13

2 Gezondheidsrisico's van stedelijk water — 17

2.1 Stedelijk waterbeheer — 17

2.2 Waterkwaliteit — 18

2.3 Gezondheidsrisico's — 19

3 Waterkwaliteitscheck voor stedelijk waterconcepten — 21

3.1 Risicoanalyse — 21

3.2 De waterkwaliteitscheck voor stedelijk water — 21

3.3 Noodzaak waterkwaliteitscheck voor stedelijk water — 22

4 Conclusie en doorkijk — 33

Dankwoord — 35

Literatuur — 37

Bijlage 1 Ontwikkelingen binnen stedelijk waterbeheer — 43

Bijlage 2 Water overdraagbare infectieziekten — 51

Bijlage 3 Praktijkvoorbeelden van nieuwe stedelijk waterconcepten — 54

Bijlage 4 Wet- en regelgeving met betrekking tot waterbeheer in Nederland — 65

Samenvatting

Een groter bewustzijn van de noodzaak om duurzaam om te gaan met grondstoffen en de veranderingen in het klimaat leiden tot ontwikkelingen binnen het stedelijk waterbeheer. Deze ontwikkelingen kunnen positief bijdragen aan duurzaamheid, klimaatadaptatie, kostenbesparing, beleving van de stad en gezondheidsbevordering.

Stedelijk waterconcepten gebruiken verschillende typen water als grondstof, zoals leidingwater, regenwater, oppervlaktewater en afvalwater, met een verschillende waterkwaliteit. Het als grondstof gebruikte water wordt soms gezuiverd, maar soms ook zonder zuivering toegepast. Afhankelijk van het type zuivering dat toegepast wordt, kunnen ziekteverwekkers in het (afval)water achterblijven en vanuit verschillende bronnen is (her)besmetting van stedelijk water mogelijk. Hierdoor kunnen nieuwe ontwikkelingen naast positieve soms ook negatieve gevolgen hebben. Wanneer er onvoldoende aandacht is voor de microbiologische waterkwaliteit en mensen (onbedoeld) in aanraking (kunnen) komen met verontreinigd water, ontstaan aan water gerelateerde gezondheidsrisico's. Bovendien kan hierdoor schade ontstaan aan het imago van bepaalde stedelijk waterconcepten, wat de invoering van verdere ontwikkelingen kan stagneren of een halt toeroepen.

De voor dit rapport uitgevoerde inventarisatie van nieuwe en bestaande concepten en trends op het gebied van stedelijk waterbeheer, laat zien dat voor de meeste concepten die zich richten op duurzaamheid of klimaatadaptatie direct of indirect blootstelling aan water is te verwachten. Aan de hand van literatuurgegevens over ziekte-uitbraken en waterkwaliteitsgegevens is voor de geïnventariseerde concepten een kwalitatieve schatting gemaakt van de waarschijnlijkheid van het optreden van negatieve gezondheidseffecten. Deze schatting toont dat het bij veel concepten realistisch is om rekening te houden met het optreden van aan water gerelateerde gezondheidsklachten bij mensen die met dit water in contact komen.

De potentiële waterkwaliteitsproblemen van een nieuw stedelijk waterconcept hoeven niet onoverkomelijk te zijn en realisatie van het concept onmogelijk te maken, maar zij vragen mogelijk wel bepaalde keuzes of aanpassingen bij het ontwerpen, plannen en realiseren van (innovatieve) concepten.

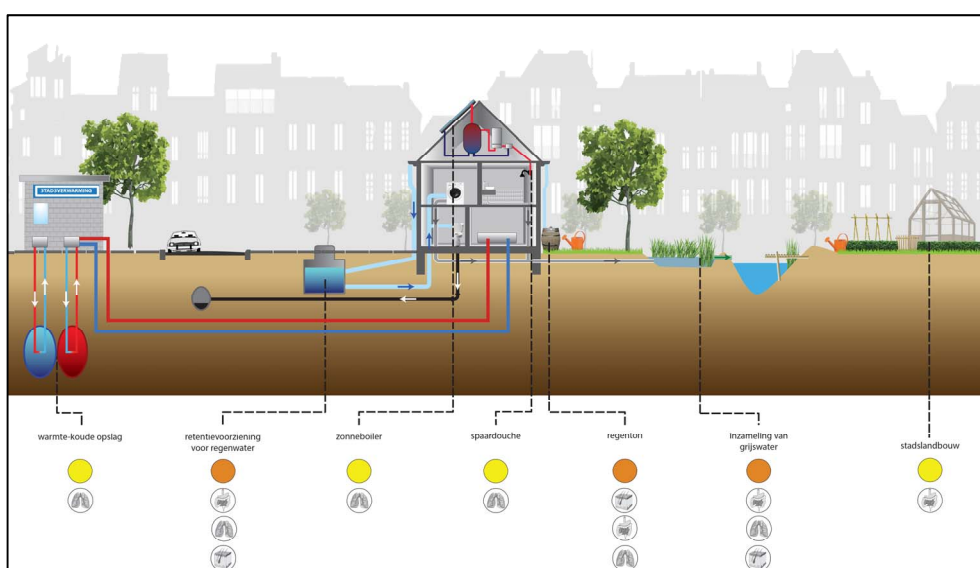
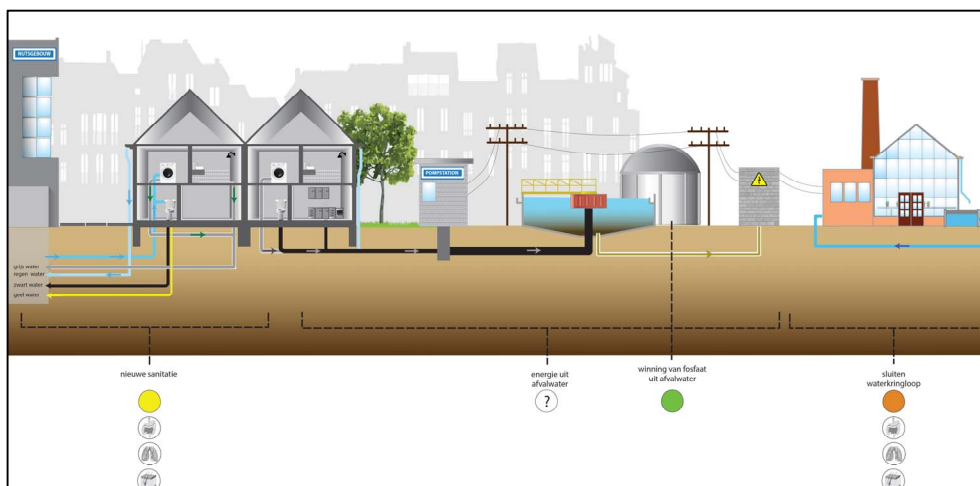
Bij een risicobenadering voor stedelijk waterconcepten, worden alle facetten van het concept in kaart gebracht en doorgelicht, waaronder bronnen van microbiologische verontreiniging en de aantallen en de verspreiding van ziekteverwekkers. In dit rapport wordt hiervoor de term '**waterkwaliteitscheck**' gebruikt. Hierbij kan voor een kwalitatieve benadering gekozen worden, waarbij kritieke punten worden geïdentificeerd en onder de aandacht gebracht. Bij een kwantitatieve benadering worden de kritieke punten niet alleen geïdentificeerd, maar wordt op basis van metingen van aantallen ziekteverwekkers de grootte van het gezondheidsrisico geschat door een

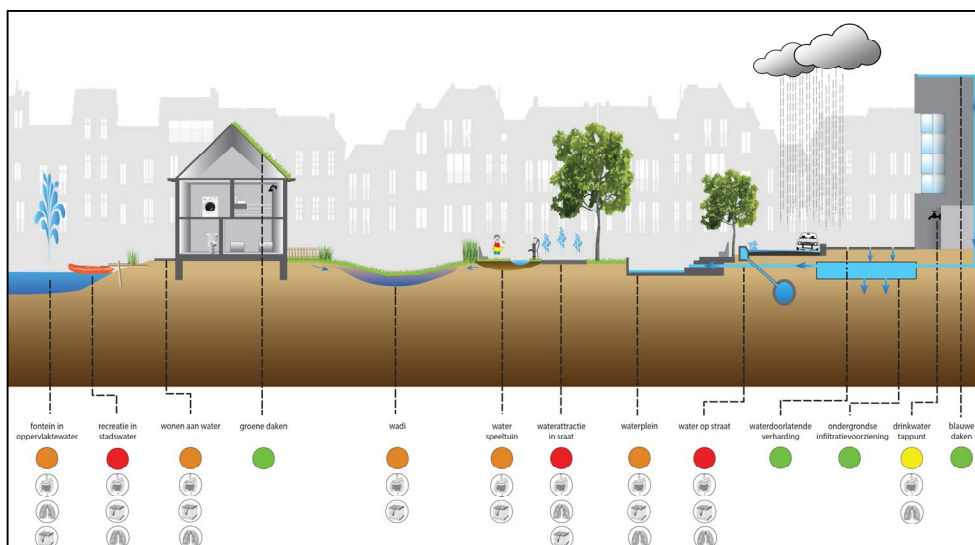
berekening uit te voeren. Aan de hand van de in kaart gebrachte gezondheidsrisico's, is te bepalen welke maatregelen verstandig zijn om dergelijke risico's te reduceren.

De waterkwaliteitscheck is toepasbaar in de ontwerpfase van een nieuw concept, maar kan ook gebruikt worden om bestaande concepten door te lichten en is tevens toepasbaar bij het onderzoeken van de oorzaak van opgetreden gezondheidsproblemen of ziekte-uitbraken.

Samen met belanghebbenden op het gebied van stedelijk water zal de waterkwaliteitscheck voor stedelijk water in de toekomst verder uitgewerkt worden tot een openbaar beschikbare handreiking of gereedschap voor het uitvoeren van een risicoanalyse voor stedelijk water.

Grafische samenvatting





De figuren tonen dat het voor stedelijk waterconcepten gericht op duurzaamheid en klimaatverandering realistisch is om rekening te houden met aan water gerelateerde gezondheidsrisico's en bevestigen de noodzaak van een 'waterkwaliteitscheck' voor stedelijk water.

De gekleurde bolletjes duiden op de waarschijnlijkheid van maagdklachten, luchtwegklachten en huidklachten voor elk concept: wit = onbekend, groen = nihil, geel = gering, oranje = gemiddeld, rood = groot.

1 Inleiding

Op dit moment, aan het begin van de 21e eeuw, groeit zowel op nationaal als op internationaal niveau de bewustwording om duurzamer om te gaan met grondstoffen. Dit leidt ertoe dat mensen zuiniger omgaan met drinkwater, of gestimuleerd worden dit te doen, en er technologieën ontwikkeld zijn en worden om energie en (schaarse) grondstoffen terug te winnen uit (afval)water. Daar waar mogelijk wordt de waterkringloop gesloten door water te hergebruiken. Daarnaast speelt klimaatverandering een rol. Door klimaatverandering stijgt in Nederland de gemiddelde temperatuur, vallen er lokaal vaker extreme neerslaghoeveelheden, maar neemt ook de waterschaarste toe (1).

De wereldwijde bevolkingsgroei, de noodzaak om duurzaam om te gaan met grondstoffen, verstedelijking en de veranderingen in het klimaat leiden tot (noodzakelijke) ontwikkelingen binnen het stedelijk waterbeheer. Stedelijk waterbeheer is het samenspel van de levering en het gebruik van drinkwater via een distributienetwerk, de inzameling en het transport van afvalwater via de riolering, de zuivering van afvalwater en de omgang met regenwater, grondwater en oppervlaktewater in het stedelijk gebied. Onder stedelijk water wordt al het water in steden verstaan, zoals grachten, singels, vijvers en sloten, maar ook voorzieningen zoals waterspeelplaatsen en speelvijvers.



Figuur 1 Water in de stad

Nieuwe ontwikkelingen binnen het duurzaam (her)gebruiken van water of binnen stedelijk waterbeheer kunnen ertoe leiden dat mensen op een andere wijze in contact komen met (afval)water in de stedelijke omgeving. Naast de beoogde positieve effecten van dit nieuwe stedelijk waterbeheer, zoals bijdragen aan duurzaamheid, klimaatadaptatie, kostenbesparing, beleving en gezondheidsbevordering, kunnen de nieuwe ontwikkelingen ook negatieve gezondheidseffecten hebben wanneer er onvoldoende aandacht is voor de waterkwaliteit bij nieuwe concepten en mensen onbedoeld in aanraking komen met water dat te zeer microbiologisch verontreinigd is. Zo werd in 2001 duidelijk dat het toepassen van duurzame technologieën consequenties kan hebben voor de volksgezondheid. In de VINEX-locatie Leidse Rijn werd een groot aantal mensen ziek doordat door een foute aansluiting huishoudwater in het drinkwater terecht kwam. Huishoudwater heeft minder zuiveringsprocessen doorlopen dan drinkwater en is daardoor niet geschikt voor consumptie (2,3).

Bij het ontwerpen, plannen en realiseren van (innovatieve) concepten binnen stedelijk waterbeheer is het dan ook van belang om niet alleen oog te hebben voor de beoogde voordelen van het concept, maar ook rekening te houden met mogelijke aan water gerelateerde gezondheidsrisico's als gevolg van onvoldoende waterkwaliteit door achtergebleven verontreiniging of herbesmetting. Tot op heden is hier echter nauwelijks aandacht aan besteed. Voor belanghebbenden is het onduidelijk aan welke vereisten ten aanzien van waterkwaliteit in relatie tot gezondheid moet worden voldaan, doordat voor veel nieuwe en bestaande concepten geen wet- of regelgeving bestaat. Gemeenten zijn echter wel verplicht om op grond van de Wet publieke gezondheid risico's op infecties te inventariseren, en gezondheidsrisico's zoveel als mogelijk te voorkomen.

Het doel van dit rapport is om te stimuleren dat bij het plannen, ontwerpen en realiseren van nieuwe concepten naast technische en financiële overwegingen ook aandacht wordt besteed aan gezondheidsaspecten van microbiologische aard. Hiertoe wordt de '**waterkwaliteitscheck**' voor stedelijk water geïntroduceerd, welke uitgaat van het inventariseren van potentiële risico's volgens een risicoraamwerk zoals dat in Nederland al wordt toegepast voor drinkwater (4). In een vervolg op de introductie van de waterkwaliteitscheck zullen belanghebbenden op het gebied van stedelijk water worden uitgenodigd om mee te denken over het verder uitwerken van de waterkwaliteitscheck voor stedelijk water tot een handreiking of gereedschap die breed beschikbaar gesteld zal worden.

Leeswijzer

Dit rapport is opgebouwd uit twee delen. Het eerste deel omvat de hoofdstukken 1 tot en met 4, waarin het belang van aandacht voor de microbiologische kwaliteit van stedelijk water wordt aangegeven en toegelicht. Het tweede deel van het rapport bevat een viertal bijlagen met verdiepende informatie.

Na een inleidend Hoofdstuk 1, wordt in Hoofdstuk 2 ingegaan op stedelijk waterbeheer en de mogelijke gezondheidsrisico's die aan blootstelling aan stedelijk water kunnen kleven. In Hoofdstuk 3 wordt de waterkwaliteitscheck voor stedelijk water geïntroduceerd. De risicobenadering wordt uitgelegd en aan de hand van geïnterviewde stedelijk waterconcepten wordt de noodzaak van de waterkwaliteitscheck geïllustreerd met behulp van inzichtelijke tabellen en figuren. De focus ligt op microbiologisch verontreinigd water en door water overdraagbare infectieziekten. Hoofdstuk 4 bevat conclusies en een doorkijk naar de toekomst.

In Bijlage 1 worden de impulsen die de aanleiding zijn tot een ander stedelijk waterbeheer, namelijk bewustwording van duurzaamheid en klimaatadaptatie, nader geduid. Tevens wordt een overzicht gegeven van de ontwikkelingen op het gebied van stedelijk waterbeheer (zonder de ambitie uitputtend te zijn). In Bijlage 2 wordt ingegaan op aan water gerelateerde infectieziekten en Bijlage 3 geeft praktijkvoorbeelden van de geïnterviewde stedelijk waterconcepten. Tot slot is in Bijlage 4 een overzicht opgenomen van de wet- en regelgeving die in Nederland van toepassing is op water in de breedste zin.

De lezer met beperkte kennis van stedelijk waterconcepten en de impulsen die ten grondslag liggen aan het veranderende stedelijk waterbeheer wordt aangeraden als eerste Bijlage 1 te lezen.



Figuur 2 Wateroverlast op straat (bron: RIVM, Stefan Verkerk)

2 Gezondheidsrisico's van stedelijk water

Stedelijk water kan microbiologisch verontreinigd raken door onder andere afvalwaterlozingen, riooloverstorten en regenwater dat afstroomt over daken en straten en daarbij dierfeces mee spoelt. Bij direct of indirect contact met stedelijk water van onvoldoende microbiologische kwaliteit kunnen mensen gezondheidsklachten oplopen.

2.1 Stedelijk waterbeheer

In veel gemeenten staat stedelijk waterbeheer hoog op de agenda en zijn trends zoals het heropenen van oude waterwegen in stadscentra, het aanleggen van waterspeelplaatsen en wonen op of aan het water zichtbaar. In sommige gemeenten worden nieuwe duurzame wijken gebouwd, waar energie wordt opgewekt uit afvalwater, afvalwater aan de bron wordt gescheiden en deels hergebruikt en waar opgevangen regenwater wordt toegepast voor verschillende huishoudelijke doeleinden. De vier grote steden hebben ieder een 'watervisie' opgesteld. Amsterdam en Den Haag zetten in op een beter en duurzamer gebruik van hun water en oevers, waardoor ze zich verder kunnen ontwikkelen als internationaal concurrerende, duurzame en leefbare steden (5,6). Rotterdam doet dat ook en geeft met een aantal in het oog springende projecten vorm aan klimaatadaptatie (7) en streeft naar een circulaire afvalwaterketen. In Utrecht is met de heropening van de Catharijnesingel het water weer terug in de binnenstad (8).



Figuur 3 Wonen aan het water

Deze ontwikkelingen hebben vele positieve kanten: water in de stad verhoogt de leefbaarheid en de beleving en biedt mogelijkheden voor recreatie en verkoeling (9,10). Ruimte voor water in de stad zorgt voor mogelijkheden om water tijdelijk te bergen bij extreme regenval, waardoor riooloverstorten worden gereduceerd en de kans op wateroverlast wordt verminderd. Het opvangen van regenwater voor later gebruik zorgt voor een gereduceerd gebruik van schoon drinkwater voor toepassingen waarvoor water van drinkwaterkwaliteit niet noodzakelijk is. Hergebruik van afvalwater en de winning van grondstoffen uit afvalwater verminderen de milieubelasting en besparen grondstoffen. Innovatieve concepten waarbij wordt bezuinigd op het gebruik van grondstoffen zijn vaak (op termijn) kostenbesparend.

2.2 Waterkwaliteit

De oorsprong van het stedelijk waterbeheer ligt in de 19e eeuw, toen het als doel had de volksgezondheidsproblemen in de steden als gevolg van slechte hygiëne op te lossen. De levering van schoon, gezuiverd drinkwater vanuit een drinkwaterdistributienetwerk en het afvoeren van verontreinigd afvalwater door een rioleringsstelsel hebben tot sterke verbetering van de gezondheid van mensen in de steden geleid (11,12). Tot op de dag van vandaag dragen de drinkwaterbedrijven bij aan de gezondheid van de stedelijke bevolking door het leveren van schoon drinkwater en zorgen waterschappen ervoor dat rioolstelsels en rioolwaterzuiveringsinstallaties (rwzi's) het afvalwater van de stadsbewoners afvoeren en verwerken, zonder dat zij aan dit vervuilde water worden blootgesteld (13).

Aan de kwaliteit van het Nederlandse drinkwater wordt een belangrijke gezondheidseis gesteld: op jaarbasis mogen niet meer dan 1 per 10.000 mensen ziek worden van de consumptie van gezuiverd drinkwater (10^{-4} infectierisico) (4). Of het Nederlandse drinkwater aan deze eis voldoet, wordt bewaakt door het uitvoeren van een kwantitatieve microbiologische risicoschatting (4). De basis voor deze berekeningen vormen waterkwaliteitsmetingen in de bronnen voor drinkwater, kennis van de zuiveringscapaciteit van de verschillende zuiveringsprocessen en kennis over het vermogen van ziekteverwekkers om mensen ziek te maken (dosis-respons-relatie).

De eisen die aan riolering gesteld worden, zijn technisch van aard en hebben betrekking op voldoende afvoercapaciteit in relatie tot de maximaal toegestane frequentie van water op straat na extreme regenval. Voor rwzi's worden eisen gesteld aan de verwijdering van zuurstofbindende stoffen en nutriënten zoals stikstof en fosfaat om het milieu te beschermen. Voor het hergebruik van afvalwater zijn geen gezondheidscriteria geformuleerd, zoals dat voor drinkwater het geval is.

Conventionele rwzi's verwijderen nauwelijks (ziekteverwekkende) micro-organismen uit afvalwater, omdat zij daar niet voor ontworpen zijn. Afhankelijk van welk ziekteverwekkend micro-organisme, worden na de zuivering nog aantallen ziekteverwekkers van 1 tot 10^5 per liter op het oppervlaktewater geloosd (14). Daarnaast lozen overstorten en hemelwateruitlaten (bij foute aansluitingen) ongezuiverd rioolwater op oppervlaktewater. Blootstelling aan oppervlaktewater dat met al dan

niet gezuiverd rioolwater is besmet, kan leiden tot gezondheidsklachten. Zo is blootstelling aan antibioticumresistente bacteriën (in dit geval ESBL-producerende *E. coli*) door zwemmen waarschijnlijk als dit gedaan wordt in zwemwater dat benedenstrooms ligt van lozingspunten van rwzi's (15). In 2015 werd 31% van de deelnemers van CitySwim Amsterdam ziek doordat riooloverstorten het grachtenwater verontreinigd hadden met ongezuiverd rioolwater (16).



Figuur 4 Rioolwaterzuiveringsinstallatie (rwzi)

2.3 Gezondheidsrisico's

Wanneer stedelijk water verontreinigd is met ziekteverwekkers, kunnen mensen die eraan blootgesteld worden door inslikken, inademen of huidcontact een infectie oplopen en gezondheidsklachten krijgen, zoals maagdarmlaatsen, luchtwegklachten of huidklachten. Infecties met door water overdraagbare ziekteverwekkers kunnen zonder klachten (asymptotisch) verlopen, milde gezondheidsklachten geven of resulteren in ernstige ziekte (17). Door water overdraagbare ziekteverwekkers kunnen bacteriën, virussen, protozoa, amoeben of algen zijn (Zie Bijlage 2 voor meer informatie over door water overdraagbare infectieziekten). Ziekteverwekkers in water kunnen afkomstig zijn uit menselijke of dierlijke feces (ontlasting) of deel uitmaken van de natuurlijke flora in water. Oppervlaktewater kan zowel direct als indirect door mens en dier fecaal verontreinigd raken, bijvoorbeeld bij zwemmen, door lozingen van afvalwater van pleziervaart, maar ook door riooloverstorten en afspoeling van dierfeces van de straat of het strand, of door afspoeling van op het land gebrachte dierlijke mest. Regenwater dat afstroomt over daken en/of straat kan fecaal besmet raken door dierfeces van bijvoorbeeld vogels of honden. Bij problemen met het drinkwaterdistributienet, zoals een leidingbreuk,

kan leidingwater besmet raken. Ziekteverwekkers die deel uitmaken van de natuurlijke flora in verschillende typen water kunnen onder bepaalde omstandigheden, zoals hoge temperatuur en/of veel nutriënten uitgroeien tot aantallen die bij blootstelling tot ziekte leiden.

Stedelijk waterconcepten gebruiken verschillende typen water als grondstof, zoals leidingwater, regenwater, oppervlaktewater en afvalwater, met een verschillende waterkwaliteit. Het als grondstof gebruikte water ondergaat verschillende soorten zuiveringen, maar wordt soms ook zonder enige vorm van zuivering toegepast. Afhankelijk van het type zuivering dat toegepast wordt, kunnen ziekteverwekkers in het water achterblijven en vanuit verschillende bronnen is (her)besmetting van het gebruikte water mogelijk. Microbiologisch verontreinigd stedelijk water kan bij directe blootstelling gezondheidsrisico's met zich meebrengen. Directe blootstelling is meestal een onbedoeld gevolg van het feit dat ontwerpers er onvoldoende rekening mee hebben gehouden dat burgers stedelijk waterconcepten anders gebruiken dan waarvoor ze bedacht zijn. Zo zijn wadi's voornamelijk ontworpen om tijdelijk regenwater te bergen, maar worden ze door burgers ook als recreatievoorziening gebruikt.



Figuur 5 Volgelopen wadi in een woonwijk

3 Waterkwaliteitscheck voor stedelijk waterconcepten

Door volgens een vast stramien stedelijk waterconcepten in kaart te brengen, wordt duidelijk welke verontreinigingsbronnen de microbiologische waterkwaliteit negatief kunnen beïnvloeden, wat de mogelijke gezondheidsrisico's zijn voor mensen die aan dit stedelijk water worden blootgesteld en welke maatregelen genomen kunnen worden om deze risico's te beperken.

3.1 Risicoanalyse

De potentiële waterkwaliteitsproblemen van een nieuw stedelijk waterconcept hoeven niet onoverkomelijk te zijn en realisatie van het concept onmogelijk te maken, maar zij vragen mogelijk wel een aanpassing in het ontwerp of de toevoeging van een vooraf goed uitgewerkt beheersplan. Een risicoanalyse van de aanwezigheid en de verspreiding van ziekteverwekkers in stedelijk water is een manier om de gezondheidsrisico's in kaart te brengen en te bepalen welke maatregelen verstandig zijn om deze risico's te reduceren.

Een dergelijke risicoanalyse wordt in de praktijk al uitgevoerd voor verschillende watertoepassingen. Bij de productie van drinkwater, bij het gebruik van oppervlaktewater als zwemwater, bij het kweken van schelpdieren in oppervlaktewater en in de voedingsindustrie is het gebruikelijk om alle mogelijke verontreinigingsbronnen in kaart te brengen. Hierdoor wordt duidelijk waar problemen kunnen optreden en waar (eventueel preventief) maatregelen kunnen worden getroffen. Voor drinkwater zijn de zogenoemde *Waterveiligheidsplannen* (18) en voor afvalwater *Sanitatieveiligheidsplannen* (19) daarvoor het aangewezen hulpmiddel; hiermee wordt respectievelijk de hele drinkwaterproductieketen van bron tot tap en de hele sanitatieketen in kaart gebracht. De Europese Zwemwaterrichtlijn (20) vraagt voor alle officiële zwemlocaties een zogenoemd *zwemwaterprofiel* (zie www.zwemwater.nl) waarin de gehele zwemlocatie in kaart wordt gebracht, inclusief mogelijke verontreinigingsbronnen. Een vergelijkbare procedure wordt toegepast in kweekgebieden voor schelpdieren, het zogenoemde '*sanitary profiling*' van productiegebieden (21). In de voedingsindustrie is het voor elk bedrijf dat levensmiddelen produceert, verwerkt of distribueert, verplicht om een voedselveiligheidsprocedure op te stellen gebaseerd op de *HACCP (Hazard Analysis and Critical Control Points)* principes. Deze brengen de risico's van de individuele schakels van de productieketen in kaart en beschrijven hoe deze beheerst kunnen worden (22).

3.2 De waterkwaliteitscheck voor stedelijk water

Met een risicobenadering voor stedelijk waterconcepten worden alle facetten van het stedelijk waterconcept in kaart gebracht en doorgelicht, zoals ligging, functie, inrichting, omgeving, hydrologie, (onbedoeld) gebruik, verontreinigingsbronnen etc. In dit rapport wordt hiervoor de term '**waterkwaliteitscheck**' gebruikt. Hierbij kan voor een kwalitatieve benadering gekozen worden, naar analogie van de zwemwaterprofielen, waarbij kritieke punten worden geïdentificeerd en onder de aandacht

worden gebracht. Een kwantitatieve benadering is eveneens mogelijk; hierbij worden de kritieke punten niet alleen geïdentificeerd, maar wordt op basis van metingen van aantallen ziekteverwekkers de grootte van het gezondheidsrisico geschat door een berekening uit te voeren. Het uitvoeren van verificatie-monitoring kan in de loop van de tijd inzicht geven in processen die invloed hebben op de waterkwaliteit.

De waterkwaliteitscheck is toepasbaar in de ontwerpfase van een nieuw concept, maar kan ook gebruikt worden om bestaande concepten door te lichten en risico's te identificeren en is tevens toepasbaar bij het onderzoeken van de oorzaak van opgetreden gezondheidsproblemen of ziekte-uitbraken. De waterkwaliteitscheck kan bijvoorbeeld als component worden toegevoegd aan een kostenbatenanalyse of duurzaamheidstoets.

In dit rapport wordt de waterkwaliteitscheck voor stedelijk water geïntroduceerd. In de nabije toekomst zal de waterkwaliteitscheck worden uitgewerkt tot een handreiking of gereedschap voor het uitvoeren van een risicoanalyse voor stedelijk waterconcepten.

3.3 Noodzaak waterkwaliteitscheck voor stedelijk water

Bij nieuwe (en bestaande) stedelijk waterconcepten is de vraag of mensen ook daadwerkelijk blootgesteld worden aan het water cruciaal. In Tabel 1 is voor alle in dit rapport genoemde nieuwe ontwikkelingen op het gebied van stedelijk waterbeheer (Zie Bijlage 1 voor een uitgebreide beschrijving van de concepten) aangegeven of er voor burgers en/of professionals blootstelling aan het water binnen deze concepten te verwachten is. De tabel laat zien dat voor vrijwel alle concepten die zich richten op duurzaamheid direct of indirect blootstelling is te verwachten. Ook de toepassing van nieuwe ontwikkelingen om de gevolgen van klimaatverandering op te vangen leidt in veel gevallen tot mogelijke blootstelling. Voor voorzieningen voor waterberging of verkoeling die zich onder de grond of op daken bevinden, is directe blootstelling niet aannemelijk, omdat dit gesloten systemen zijn of deze voorzieningen voor mensen niet eenvoudig te bereiken zijn. Bij onderhoud of reparatie kunnen betrokkenen mogelijk wel blootgesteld worden.

Voor de nieuwe ontwikkelingen waarbij blootstelling aan de orde, aannemelijk of mogelijk is, is in de Tabellen 2 en 3 nadere informatie gegeven over de waterkwaliteit door inzicht te geven in het type water dat als ingangswater wordt gebruikt, of er al dan niet behandeling van het water plaatsvindt en wat deze dan is. Ook wordt aangegeven wat er in microbiologisch opzicht kan gebeuren met het water waardoor er mogelijk negatieve effecten op de gezondheid van blootgestelde personen zijn. Deze negatieve gevolgen worden nader geduid als mogelijke gezondheidsklachten, de waarschijnlijkheid dat deze optreden en de geschatte omvang. De waarschijnlijkheid wordt bepaald door het al dan niet beschreven zijn van uitbraken van infectieziekten als gevolg van blootstelling aan een concept en het al dan niet beschikbaar zijn van waterkwaliteitsgegevens die voor een concept de aanwezigheid van ziekteverwekkers aantonen. De omvang wordt bepaald door het geschatte aantal personen dat blootgesteld kan worden per concept of situatie.

Tabel 1 Ontwikkelingen binnen stedelijk waterbeheer: potentiële blootstelling burgers en professionals aan water bij verschillende concepten

| | | ontwikkeling | blootstelling | |
|---|---|-------------------------------------|---|---|
| | | | burger | professional |
| ontwikkelingen gerelateerd aan duurzaamheid | afval-water | winning van energie uit afvalwater | onbekend | onbekend |
| | | winning van fosfaat uit afvalwater | geen | onbekend |
| | | sluiten van de waterkringloop | bij hergebruik gezuiverd afvalwater | bij hergebruik gezuiverd afvalwater |
| | | nieuwe sanitatie | bij contact met gescheiden afvalstromen | bij contact met gescheiden afvalstromen |
| | huishoudens | retentievoorziening voor regenwater | bij gebruik van opvangen en opgeslagen regenwater | n.v.t. |
| | | spaardouche/douchewarmtewisselaar | bij douchen | n.v.t. |
| | | zonneboiler | bij gebruik van verwarmd water | n.v.t. |
| | | inzameling van grijs water | bij hergebruik van grijs water | n.v.t. |
| | | stadslandbouw | bij consumptie van zelf geteelde producten | bij bewerken en serveren van producten in restaurants |
| | | warmte-koude opslag | niet direct, wel indirect bij gebruik van opgewarmd water in leidingen nabij koude warmte opslag | niet direct, wel indirect bij gebruik van opgewarmd water in leidingen nabij koude warmte opslag |
| regenton in tuin | bij gebruik van opvangen en opgeslagen regenwater | n.v.t. | | |
| ontwikkelingen gerelateerd aan klimaatverandering | waterberging | wadi | bij spelen in met regenwater gevulde wadi; bij contact met achtergebleven slib | n.v.t. |
| | | water op straat | bij contact met water op straat bij spelen, wandelen, fietsen, schoonmaken; bij contact met achtergebleven slib | bij contact met water op straat of hulpverlening bij (inpanidige) wateroverlast door hulpdiensten |
| | | waterplein | bij spelen in gevuld waterplein | n.v.t. |
| | | groene daken | geen | n.v.t. |
| | | ondergrondse infiltratievoorziening | geen | n.v.t. |
| | verkoeling | waterdoorlatende verharding | geen | n.v.t. |
| | | blauwe daken | geen | n.v.t. |
| | | fontein in oppervlaktewater | bij verblijven in nabijheid; in direct contact met spetters of waternevel | n.v.t. |
| | | waterattractie in straat | bij direct contact | n.v.t. |
| | | wonen aan water | bij direct contact | n.v.t. |
| waterspeeltuin | bij direct contact | n.v.t. | | |
| recreatie in stadswater | bij direct contact | n.v.t. | | |
| openbare drinkwatertappunten | bij direct contact | n.v.t. | | |

Tabel 2 Microbiologische risico's bij blootstelling aan water bij verschillende concepten uit duurzaamheidsoverwegingen, binnen stedelijk waterbeheer

| ontwikkeling | waterkwaliteit | | wat kan er gebeuren? | wat is het risico? | | |
|--|----------------|--|--|--|-----------------------------------|-----------------------|
| | ingangswater | (water)behandeling | | gezondheidsklacht | waarschijnlijkheid ^{a,b} | omvang ^{a,c} |
| sluiten van de waterkringloop | afvalwater | conventionele afvalwaterzuivering, helofytenfilter, UV-lamp, membraanfiltratie, dosering chemicaliën, andere desinfectie | resterende fecale verontreiniging in het te hergebruiken water | maagdarmklachten luchtwegklachten huidklachten | gemiddeld | onbekend |
| nieuwe sanitatie | afvalwater | kleinschalige conventionele afvalwaterzuivering, helofytenfilter, UV-lamp, membraanfiltratie, dosering chemicaliën, andere desinfectie of geen zuivering | resterende fecale verontreiniging in het te hergebruiken water | maagdarmklachten luchtwegklachten huidklachten | gering | gering |
| inzameling van grijs water | afvalwater | helofytenfilter | fecale verontreiniging door foute aansluitingen; slechte waterkwaliteit door onvoldoende zuivering | maagdarmklachten luchtwegklachten huidklachten | gemiddeld | gering |
| spaardouche/ douchewarmte- wisselaar | leidingwater | bijmenging met lucht; verwarming | nagroeï legionella in warm stilstaand water ¹ | luchtwegklachten | gering | gering |
| zonneboiler | leidingwater | verwarming door de zon of CV-ketel | nagroeï legionella in warm stilstaand water | luchtwegklachten | gering | gering |
| retentievoorziening voor regenwater | regenwater | geen | fecale verontreiniging in het te hergebruiken water; nagroeï van natuurlijke micro-organismen | maagdarmklachten luchtwegklachten huidklachten | gemiddeld | gering |

| ontwikkeling | waterkwaliteit | | wat kan er gebeuren? | wat is het risico? | | |
|---------------------|-------------------|-----------------------|---|--|-----------------------------------|-----------------------|
| | ingangswater | (water)behandeling | | gezondheidsklacht | waarschijnlijkheid ^{a,b} | omvang ^{a,c} |
| regenton in tuin | regenwater | geen | fecale verontreiniging in het te hergebruiken water; nagroei van natuurlijke micro-organismen | huidklachten maagdarmklachten luchtwegklachten | gemiddeld | gering |
| warmte-koude opslag | grondwater | verwarming, afkoeling | opwarmen van waterleidingen; nagroei legionella in warm stilstaand water | luchtwegklachten | gering | gemiddeld |
| stadslandbouw | regenwater | geen | besmetting van gewassen door gebruik van gietwater van slechte kwaliteit | maagdarmklachten | gering | gemiddeld |
| | grondwater | | | | | |
| | Oppervlakte-water | | | | | |

Voetnoot bij Tabel 2

^a voor elk individueel concept, niet voor alle gelijke concepten in Nederland tezamen;

^b gering: geen ziekte-uitbraken beschreven ten gevolge van blootstelling aan dit concept en geen waterkwaliteitsgegevens beschikbaar die duiden op de aanwezigheid van ziekteverwekkers; gemiddeld: geen ziekte-uitbraken beschreven ten gevolge van blootstelling aan dit concept, maar wel waterkwaliteitsgegevens beschikbaar die duiden op de aanwezigheid van ziekteverwekkers; groot: ziekte-uitbraken beschreven ten gevolge van blootstelling aan dit concept en waterkwaliteitsgegevens beschikbaar die duiden op de aanwezigheid van ziekteverwekkers;

^c gering: betreft minder dan honderd personen; gemiddeld: betreft minder dan duizend personen; groot: betreft duizend personen of meer;

Onderbouwing schatting 'waarschijnlijkheid' en 'omvang' in referenties nummer (23,24) voor sluiten van de waterkringloop, (25,26) voor inzameling van grijs water en (27,28) voor retentievoorziening regenwater en regenton in de tuin.

Tabel 3 Microbiologische risico's bij blootstelling aan water bij verschillende concepten voor klimaatadaptatie, binnen stedelijk waterbeheer.

| ontwikkeling | waterkwaliteit | | wat kan er gebeuren? | wat is het risico? | | |
|-----------------------------|------------------|-------------------------|---|--|---|-----------------------|
| | ingangswater | (water)behandeling | | gezondheidsklacht | waarschijnlijkheid ^{a,b} | omvang ^{a,c} |
| wadi | regenwater | infiltratie in de bodem | fecale verontreiniging van water door dierenfeces; achterblijven fecaal verontreinigd slib | maagdarmklachten huidklachten | gemiddeld (water) onbekend (slib) ^d | gering |
| water op straat | regenwater | geen | fecaal verontreinigd water op straat door opborrelend rioolwater | maagdarmklachten huidklachten luchtwegklachten | groot | gering |
| waterplein | regenwater | geen | fecale verontreiniging van water door dierenfeces; fecale verontreiniging met afvalwater door foute aansluitingen | maagdarmklachten huidklachten luchtwegklachten | gemiddeld | gering |
| fontein in oppervlaktewater | oppervlaktewater | geen | circulatie van water van onvoldoende kwaliteit; fecaal verontreinigd water; groei van blauwalgen in nutriëntenrijk water, verspreiding van ziekteverwekkers met aerosolen en spetters | maagdarmklachten luchtwegklachten huidklachten | gemiddeld | groot ^e |
| wonen aan water | oppervlaktewater | geen | fecale verontreiniging van water door dierenfeces; overstorten vanuit de riolering; nagroei van natuurlijke micro-organismen | maagdarmklachten huidklachten luchtwegklachten | gemiddeld | gering |
| recreatie in stadswater | oppervlaktewater | geen | fecale verontreiniging van water door dierenfeces; overstorten vanuit de riolering; nagroei van natuurlijke micro-organismen | maagdarmklachten huidklachten luchtwegklachten | groot | gemiddeld |
| watertappunten | leidingwater | geen | fecale verontreiniging kraan, opwarming van water, onvoldoende doorstroming, nagroei van Legionella; | maagdarmklachten luchtwegklachten | gering | gemiddeld |

| ontwikkeling | waterkwaliteit | | wat kan er gebeuren? | wat is het risico? | | |
|--------------------------|------------------|---|--|---|-----------------------------------|-----------------------|
| | ingangswater | (water)behandeling | | gezondheidsklacht | waarschijnlijkheid ^{a,b} | omvang ^{a,c} |
| waterattractie in straat | leidingwater | geen; desinfectie (chloor, zandfiltratie +UV) | circulatie van water van onvoldoende kwaliteit; fecaal verontreinigd water; nagroei van Legionella; verspreiding van ziekteverwekkers met aerosolen en spetters | maagdarmlachten luchtwegklachten huidklachten | groot | groot ^e |
| | grondwater | | | | | |
| | regenwater | | | | | |
| | oppervlaktewater | | | | | |
| waterspeeltuin | leidingwater | helofytenfilter | water van onvoldoende kwaliteit; fecale verontreiniging van water door kinderen en dierenfeces; nagroei van natuurlijke micro- organismen | maagdarmlachten huidklachten luchtwegklachten | gemiddeld | gering |
| | grondwater | | | | | |
| | oppervlaktewater | | | | | |

Voetnoot bij Tabel 3

^a voor elk individueel concept, niet voor alle gelijke concepten in Nederland tezamen;

^b gering: geen ziekte-uitbraken beschreven ten gevolge van blootstelling aan dit concept en geen waterkwaliteitsgegevens beschikbaar die duiden op de aanwezigheid van ziekteverwekkers; gemiddeld: geen ziekte-uitbraken beschreven ten gevolge van blootstelling aan dit concept, maar wel waterkwaliteitsgegevens beschikbaar die duiden op de aanwezigheid van ziekteverwekkers; groot: ziekte-uitbraken beschreven ten gevolge van blootstelling aan dit concept en waterkwaliteitsgegevens beschikbaar die duiden op de aanwezigheid van ziekteverwekkers;

^c gering: betreft minder dan honderd personen; gemiddeld: betreft minder dan duizend personen; groot: betreft duizend personen of meer;

^d op basis van 'expert judgement' wordt de waarschijnlijkheid als gemiddeld ingeschat;

^e potentieel grote omvang wanneer aanwezig in druk bezochte omgeving en bij weersomstandigheden die verspreiding van spetters bevorderen.

Onderbouwing schatting 'waarschijnlijkheid' en 'omvang' referenties nummer (29-32) voor water op straat, (33) voor waterplein, (34) voor fontein, (16,35-37) voor recreatie in stadswater, (38-41) voor waterattractie in de straat.

Tabel 2 laat zien dat de waarschijnlijkheid dat er negatieve gezondheidseffecten optreden als gevolg van blootstelling aan duurzame concepten gering tot gemiddeld is. Er zijn door blootstelling aan dergelijke concepten geen ziekte-uitbraken beschreven (waarschijnlijkheid: gering), maar in sommige gevallen, zoals bij het inzamelen van grijs water of het opvangen van regenwater, zijn waterkwaliteitsgegevens beschikbaar die laten zien dat dit water ziekteverwekkers kan bevatten (waarschijnlijkheid: gemiddeld). Voor deze concepten is de geschatte omvang van de negatieve effecten op de gezondheid gering, omdat de concepten vaak op het niveau van individuele of een beperkt aantal huishoudens worden gerealiseerd.

Uit Tabel 3 blijkt dat concepten die worden gerealiseerd om de gevolgen van klimaatverandering op te vangen, door te zorgen voor waterberging en/of verkoeling, met een gemiddelde of grote waarschijnlijkheid leiden tot negatieve gezondheidseffecten. Voor al deze concepten, met uitzondering van de drinkwatertappunten, zijn waterkwaliteitsgegevens beschikbaar die de aanwezigheid van ziekteverwekkers aantonen (waarschijnlijkheid: gemiddeld). Voor water op straat, recreatie in stadswater en waterattracties in de straat, zoals bedriegertjes, zijn bovendien ziekte-uitbraken beschreven in Nederlandse en internationale wetenschappelijke literatuur (waarschijnlijkheid: groot). Voor deze ontwikkelingen is het bovendien van belang dat kinderen, die behoren tot de kwetsbare groepen in de samenleving, vaak degenen zijn die blootgesteld worden.



Figuur 6 Prins Hendrikplein, Den Haag (bron: Gemeente Den Haag, Martijn Piët)

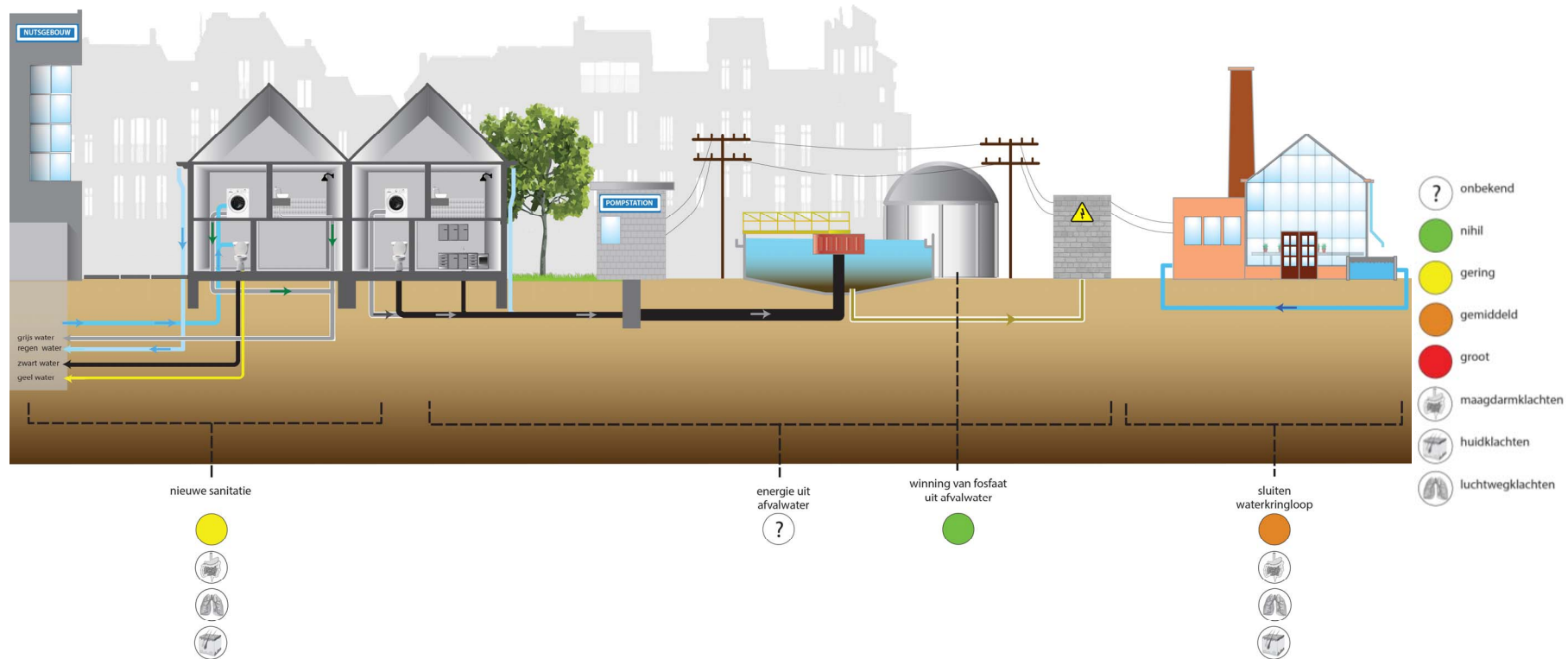
De samenvattende Figuren 8 tot en met 10 tonen dat gezondheidsproblemen zoals maagdarmlaatsen, luchtwegklachten of huidklachten kunnen optreden door contact met stedelijk water. De waarschijnlijkheid dat gezondheidsklachten optreden verschilt per concept en ook het type klachten varieert, hoewel blootstelling in veel gevallen

kan leiden tot alle drie de typen klachten. Voor de meeste concepten die gericht zijn op duurzaamheid is de waarschijnlijkheid om bij contact gezondheidsklachten op te lopen gering tot gemiddeld. Voor de concepten die gericht zijn op klimaatadaptatie is de waarschijnlijkheid op het oplopen van gezondheidsklachten veelal gemiddeld tot hoog. De waarschijnlijkheid dat gezondheidsklachten optreden is groter wanneer mensen direct met het water in contact kunnen komen en dit is vaak het geval bij 'open' voorzieningen, zoals wadi's, waterspeeltuinen, regentonnen en fonteinen en minder vaak bij gesloten processen, zoals nieuwe sanitatie, warmte-koude-opslag (WKO) en zonneboilers.

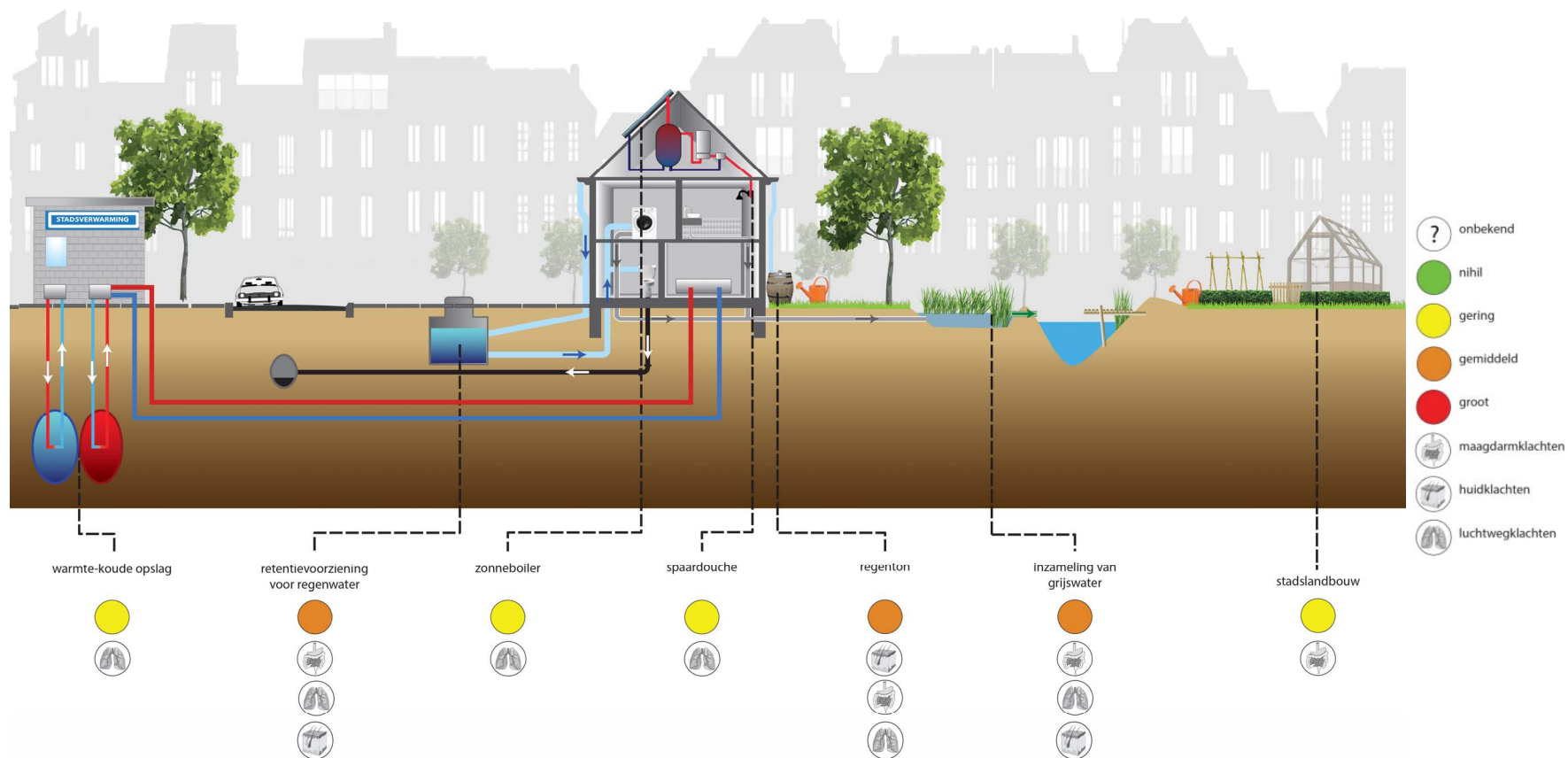
De inventarisatie van concepten en trends op het gebied van stedelijk waterbeheer, laat dus zien dat het bij veel concepten realistisch is om rekening te houden met het optreden van aan water gerelateerde gezondheidsklachten bij mensen die met dit water in contact komen (42,43). De systematiek van de tabellen 2 en 3 kan toegepast worden om voor een bepaald concept een eerste indruk te krijgen van de noodzaak tot het uitvoeren van een waterkwaliteitscheck.



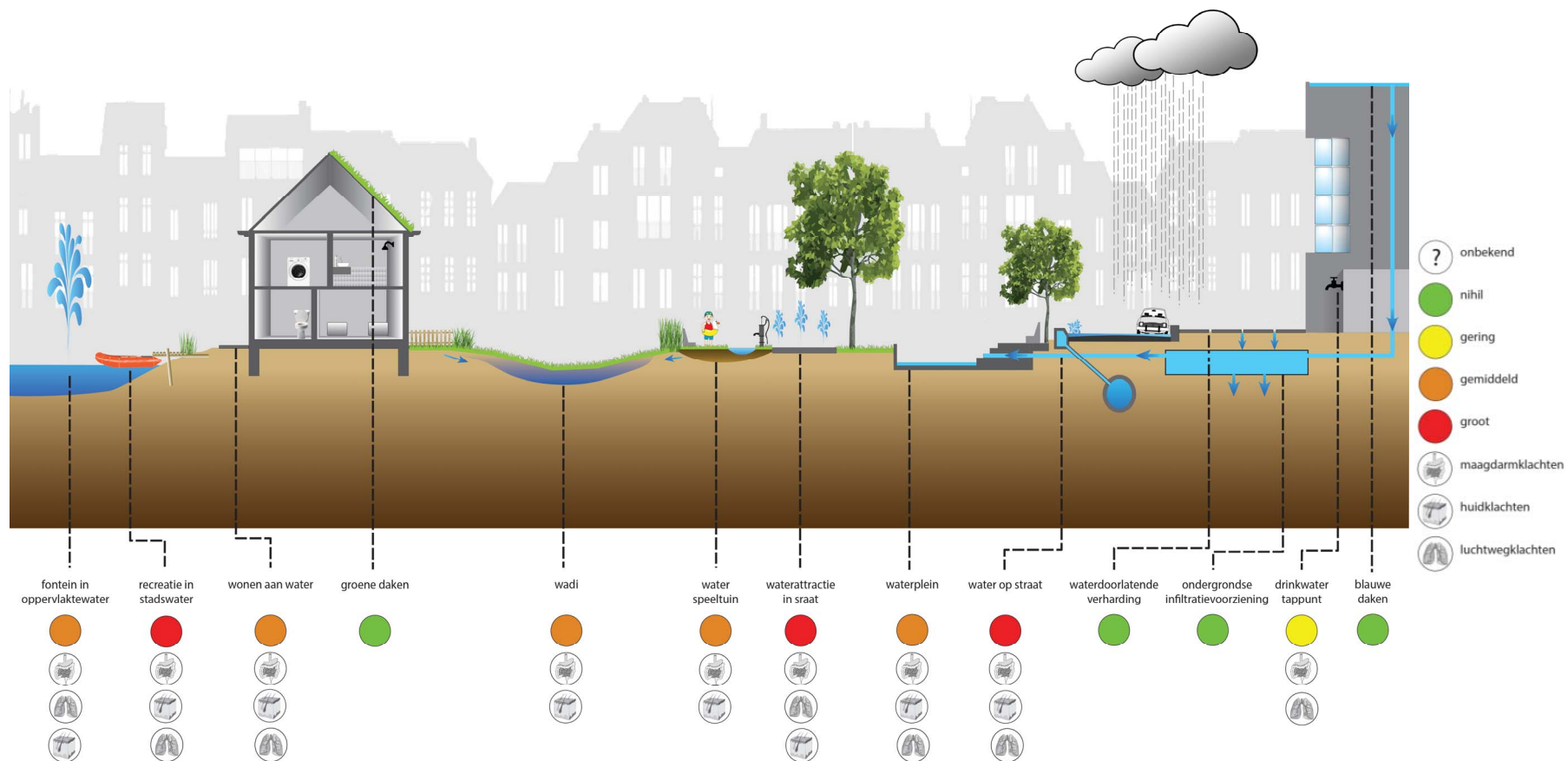
Figuur 7 Fontein in stedelijk gebied



Figuur 8 Grafische weergave van stedelijk waterconcepten gericht op duurzaamheid, waarbij afvalwater als bron voor grondstoffen wordt gebruikt, in combinatie met de waarschijnlijkheid (weergegeven door gekleurde bolletjes) dat bij contact gezondheidsklachten optreden en welke dat potentieel zijn.



Figuur 9 Grafische weergave van stedelijk waterconcepten gericht op duurzaamheid, op huishoudelijk niveau, in combinatie met de waarschijnlijkheid (weergegeven door gekleurde bolletjes) dat bij contact gezondheidsklachten optreden en welke dat potentieel zijn.



Figuur 10 Grafische weergave van stedelijk waterconcepten gericht op klimaatadaptatie, in combinatie met de waarschijnlijkheid (weergegeven door gekleurde bolletjes) dat bij contact gezondheidsklachten optreden en welke dat potentieel zijn.

4 Conclusie en doorkijk

Bij het ontwikkelen en ontwerpen van stedelijk waterconcepten die gericht zijn op duurzaamheid en klimaatadaptatie is tot nu toe weinig aandacht besteed aan het mogelijk optreden van door water overdraagbare infectieziekten als gevolg van contact met stedelijk water van onvoldoende microbiologische kwaliteit. De inventarisatie van stedelijk waterconcepten in dit rapport laat zien dat die aandacht wél nodig is, omdat aan een aantal van deze concepten potentiële gezondheidsrisico's kleven.

Met dit rapport als basis worden belanghebbenden op het gebied van stedelijk water uitgenodigd mee te denken over het verder uitwerken van de waterkwaliteitscheck voor stedelijk water. Daarnaast worden stedelijk waterconcepten gezocht die in aanmerking komen voor het in de praktijk uitvoeren van de waterkwaliteitscheck, bij voorkeur op zowel kwalitatieve als kwantitatieve wijze, om de methodiek te verfijnen.

Het uiteindelijke doel is om samen met belanghebbenden te komen tot een handreiking of gereedschap voor het uitvoeren van de waterkwaliteitscheck voor stedelijk water, die breed beschikbaar gesteld zal worden. In deze fase kan eveneens een traject van valorisatie van de waterkwaliteitscheck worden ingezet, waarbij beschikbare (wetenschappelijke) kennis in de praktijk actief wordt gebruikt om innovatie te stimuleren. Ook kunnen zogenoemde *'train-the-trainer'*-concepten worden ontwikkeld, bijvoorbeeld voor adviesbureaus, opleidingsinstituten, ontwerpers of waterbeheerders.

Desgewenst kan de waterkwaliteitscheck in een later stadium worden uitgebreid met een risicoanalyse voor antibiotica en antibioticumresistentiegenen. Ook risico's voor het milieu en risico's van chemische verontreinigingen zouden dan kunnen worden beschouwd en tegen andere risico's afgewogen.

Het is niet de bedoeling om met de introductie van de waterkwaliteitscheck aan te sturen op nieuwe wetgeving of normstelling voor stedelijk water, maar wel om ontwerpers en verantwoordelijken voor stedelijk waterbeheer zich bewust te laten zijn van de mogelijke gezondheidsrisico's die met nieuwe, maar ook met bestaande concepten geïntroduceerd kunnen worden. Met behulp van de waterkwaliteitscheck is het mogelijk om daar van tevoren rekening mee te houden. Door bepaalde keuzes vooraf of aanpassingen in het ontwerp of andere maatregelen kunnen gezondheidsrisico's van stedelijk water beperkt worden.

Dankwoord

De auteurs danken Ilse Storm (RIVM), Kees Broks (STOWA), Josine van den Bogaard (GGD Rotterdam), Susanne Wuijts (RIVM) en Lieke Friederichs (RIVM) voor het doorlezen van dit rapport in de conceptfase en hun nuttige en zinvolle bijdragen aan het geschikt maken voor een brede doelgroep van de inhoud van dit rapport.



Figuur 11 Groen dak

Literatuur

- (1) KNMI. KNMI'14 Klimaatscenario's voor Nederland. 2014; http://www.klimaatscenarios.nl/images/Brochure_KNMI14_NL.pdf.
- (2) Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieu. Toepassing huishoudwater Kamerbrief 13 augustus 2003 2003;26484.
- (3) Fernandes T., Schout C., De Roda Husman A., Eilander A., Vennema H., Van Duynhoven Y. Gastroenteritis associated with accidental contamination of drinking water with partially treated water. *Epidemiol Infect* 2007;135(05):818-826.
- (4) Anoniem. Drinkwaterbesluit. Staatsblad van het Koninkrijk der Nederlanden 2011;313.
- (5) Gemeente Amsterdam. Watervisie Amsterdam 2040, *Een ruimtelijk-economisch perspectief op het gebruik van het water met een uitvoeringsagenda tot 2018: Het water in Amsterdam is voor iedereen* (Concept december 2015). 2015.
- (6) Gemeente Den Haag. Nota binnenwater. 2012.
- (7) Gemeente Rotterdam. Rotterdam Climate Incentive. <http://www.rotterdamclimateinitiative.nl/>.
- (8) Gemeente Utrecht. Masterplan Stationsgebied Utrecht. 2003.
- (9) KCHUL. Inspiratiedocument gezonde verstedelijking. 2015.
- (10) Wuijts S., Vros A.C., Schets F.M., Braks M.A.H. Effecten van klimaat op gezondheid: Actualisatie voor de Nationale Adaptatiestrategie (2016). RIVM Rapport 2014; 2014-0044.
- (11) van der Woud A. Koninkrijk vol sloppen. Amsterdam: Uitgeverij Bert Bakker; 2010.
- (12) Butler D., Davies J.W. *Urban Drainage* (second edition). London: FN Spon; 2004. p. 514.
- (13) Roeleveld P., Roorda J., Schaafsma M. Op weg naar de rwzi 2030 2010; STOWA rapportnummer 2010-11.
- (14) Lodder W.J., De Roda Husman A.M. Presence of noroviruses and other enteric viruses in sewage and surface waters in The Netherlands. *Appl Environ Microbiol* 2005;71(3):1453-1461.
- (15) Schijven J.F., Blaak H., Schets F.M., De Roda Husman A.M. Fate of Extended-Spectrum β -Lactamase-Producing *Escherichia coli* from Faecal Sources in Surface Water and Probability of Human Exposure through Swimming. *Environ Sci Technol* 2015;49(19):11825-11833.
- (16) GGD Amsterdam. Onderzoek gezondheidsrisico's deelnemers Amsterdam City Swim. 11 februari 2016; <http://www.ggd.amsterdam.nl/nieuwsoverzicht/onderzoek-ac/>.
- (17) Roda Husman A.M., Schets F.M. Climate change and recreational water related infectious diseases 2010; RIVM report 330400002.
- (18) World Health Organization. *Water Safety Plans – Managing drinking water quality from catchment to consumer*. 2005;WHO/SDE/WSH/05.06.
- (19) WHO. *Sanitation safety planning. Manual for safe use and disposal of wastewater, greywater and excreta*. 2015;ISBN 978 92 4 154924 0.
- (20) Anoniem. Richtlijn 2006/7/EG van het Europees parlement en de raad van 15 februari 2006 betreffende het beheer van de

- zwemwaterkwaliteit en tot intrekking van Richtlijn 76/160/EEG. Publicatieblad van de Europese Unie L 64/37, 4.3.2006. 2006.
- (21) Lee R., Kay D., Wyer M., Murray L., Stapleton C., editors. Sanitary profiling of shellfish harvesting areas: IWA Publishing; 2010.
 - (22) NVWA. Hygiëncodes, HACCP. 2016;
<https://www.nvwa.nl/onderwerpen/eten-drinken-roken/dossier/haccp>.
 - (23) Payment P., Plante R., Cejka P. Removal of indicator bacteria, human enteric viruses, Giardia cysts, and Cryptosporidium oocysts at a large wastewater primary treatment facility. *Can J Microbiol* 2001;47(3):188-193.
 - (24) Hijnen W.A.M., Beerendonk E.F., Medema G.J. Inactivation credit of UV radiation for viruses, bacteria and protozoan (oo)cysts in water: A review. *Water Res* 2006 1;40(1):3-22.
 - (25) Winward G.P., Avery L.M., Frazer-Williams R., Pidou M., Jeffrey P., Stephenson T., et al. A study of the microbial quality of grey water and an evaluation of treatment technologies for reuse. *Ecol Eng* 2008;32(2):187-197.
 - (26) Greenway M. The role of constructed wetlands in secondary effluent treatment and water reuse in subtropical and arid Australia. *Ecol Eng* 2005;25(5):501-509.
 - (27) Schets F.M., van den Berg H.H.J.L., Lodder, W.J., Docters van Leeuwen, A.E., in 't Veld, S., de Roda Husman, A.M. De microbiologische kwaliteit van hemelwater toegepast voor toiletspoeling, schoonmaken en tuinsproeien. RIVM rapport 2005;730719009.
 - (28) Schets F.M., Italiaander R., Van Den Berg H.H.J.L., De Roda Husman A.M. Rainwater harvesting: Quality assessment and utilization in The Netherlands. *Journal of Water and Health* 2010;8(2):224-235.
 - (29) de Man H., Van Den Berg H., Leenen E.T.J.M., Schijven J., Schets F.M., Van der Vliet J.C., et al. Quantitative assessment of infection risk from exposure to waterborne pathogens in urban floodwater. *Water Research* 2014;48(1):90-99.
 - (30) De Man H., Mughini Gras L., Schimmer B., Friesema I.H.M., De Roda Husman A.M., Van Pelt W. Gastrointestinal, influenza-like illness and dermatological complaints following exposure to floodwater: a cross-sectional survey in The Netherlands. *Epidemiol Infect* 2015.
 - (31) Schmid D., Lederer I., Much P., Pichler A., Allerberger F. Outbreak of norovirus infection associated with contaminated flood water, Salzburg, 2005. 2005.
 - (32) Jablecki J., Keller G.R., Holcombe J.M., Byers P., Dohony D.P., Neville J., et al. Infectious Disease and Dermatologic Conditions in Evacuees and Rescue Workers After Hurricane Katrina - Multiple States, Augustus-September, 2005. *MMWR CDC surveillance summaries: Morbidity and mortality weekly report CDC surveillance summaries / Centers for Disease Control* 2005;54(38):961-961-964.
 - (33) Sales-Ortells H., Medema G. Microbial health risks associated with exposure to stormwater in a water plaza. *Water Res* 2015;74:34-46.
 - (34) de Man H., Heederik D.J.J., Leenen E.T.J.M., Spithoven J.J.G., De Roda Husman A.M., Knapen F. Human exposure to endotoxins and

- fecal indicators originating from water features.
In press by Water Research 2014.
- (35) Schets F.M., van Wijnen J.H., Schoon H., Italiaander R., van den Berg H.H.J.L., de Roda Husman A.M. De microbiologische kwaliteit van het grachtenwater in Amsterdam. RIVM rapport 2007;330000011.
 - (36) Schets F.M., Van Wijnen J.H., Schijven J.F., Schoon H., De Roda Husman A.M. Monitoring of waterborne pathogens in surface waters in Amsterdam, the Netherlands, and the potential health risk associated with exposure to *Cryptosporidium* and *Giardia* in these waters. *Appl Environ Microbiol* 2008;74(7):2069-2078.
 - (37) Nijsten D. Norovirus onder deelnemers triatlon in Utrecht. *Infectieziektenbulletin* 2015;26(7):143.
 - (38) Bancroft J.E., Keifer S.B., Keene W.E. Shigellosis from an interactive fountain: Implications for regulation. *J Environ Health* 2010;73(4):16-20.
 - (39) de Man H., Bouwknegt M., Leenen E.T.J.M., Knapen F., De Roda Husman A.M. Health risk assessment for interactive water features, which use rainwater as source water. Submitted.
 - (40) Eisenstein L., Bodager D., Ginzl D. Outbreak of giardiasis and cryptosporidiosis associated with a neighborhood interactive water fountain-Florida, 2006. *J Environ Health* 2008;71(3):18-22.
 - (41) Haupt T.E., Heffernan R.T., Kazmierczak J.J., Nehls-Lowe H., Rheineck B., Powell C., et al. An outbreak of legionnaires disease associated with a decorative water wall fountain in a hospital. *Infection Control and Hospital Epidemiology* 2012;33(2):185-191.
 - (42) STOWA. Volksgezondheid en water in het stedelijk gebied, een gezondheidsrisicoanalyse. 2009;Rapport 25, ISBN 978.90.5773.446.5.
 - (43) RIZA. Volksgezondheid en water in de stad. 2002;rapport 2002.030, ISBN 9036954568.
 - (44) European Commision. Roadmap to a Resource Efficient Europe. EU Publications 2011;52011DC0571.
 - (45) Ministerie van Economische Zaken.
Groene Groei: voor een sterke, duurzame economie
<https://www.rijksoverheid.nl/documenten/kamerstukken/2013/03/28/kamerbrief-groene-groei-voor-een-sterke-duurzame-economie>.
 - (46) Mansveld W.J. Kamerbrief van afval naar grondstof.
<https://www.rijksoverheid.nl/documenten/kamerstukken/2013/06/20/van-afval-naar-grondstof>.
 - (47) TNO. Kansen voor de Circulaire Economie in Nederland. 2013;R10864.
 - (48) Ellen MacArthur Foundations. Towards the Circular Economy: An economic and business rationale for an accelerated transition. 2012.
 - (49) Intergovernmental Panel on Climate Change. Fifth Assessment Report. <http://www.ipcc.ch/>.
 - (50) Römgens B., Kruizinga E. Visiebrochure Afvalwaterketen tot 2030. 2013.
 - (51) De Jona A.L., De Weerd I. Hoe zit het met struviet en de wet? Juridisch factsheet 8 december 2015. 2015.
 - (52) Palsma B., Swart B. Ontwikkelingen rond 'nieuwe sanitatie' in Nederland. *H2O* 2009;42(12).

- (53) Rioned. Benutting van afgekoppeld regenwater. <http://www.riool.net/producten/productgroepen-afkoppelen/benutting>
- (54) Van Thiel L. Watergebruik Thuis 2013. 2014;G5707.
- (55) Anoniem. Waterbesparing in de douche. 11 februari 2011; <http://www.praktischduurzaam.nl/waterbesparing-in-de-douche/>
- (56) Milieu Centraal. Douche WTW. milieu centraal <https://www.milieucentraal.nl/energie-besparen/energiezuinig-huis/energiezuinig-verwarmen-en-warm-water/douche-wtw/>
- (57) Anoniem. Energiezuinig verwarmen van warm water met een zonneboiler. <https://www.milieucentraal.nl/energie-besparen/energiezuinig-huis/energiezuinig-verwarmen-en-warm-water/zonneboiler/>
- (58) Anoniem. Grijs water. <http://www.duurzaamthuis.nl/water/grijs-water>
- (59) Anoniem. Stadslandbouw brengt ons weer dichterbij onze bronnen. <http://www.groenblauwenetwerken.com/agriculture/#heading-1>
- (60) Agentschap NL. Energiezuinig koelen met warmte en koude opslag. 2011.
- (61) STOWA. Effecten van lozingen uit bodemenergiesystemen. 2013;34.
- (62) Stichting Rioned. Riool in cijfers. www.riool.net 2010;978 90 73645 23 3.
- (63) Stichting Rioned. Inventarisatie regenwateroverlast in de bebouwde omgeving. 2013;ISBN9789073645387.
- (64) Anoniem. Rijksvisie Waterketen. Kamerstuk 2003;28966 nr.1.
- (65) Stichting Rioned. Infiltratievoorzieningen. <http://www.riool.info/infiltratievoorzieningen>.
- (66) Gemeente Rotterdam. Benthemplein: het eerste grootschalige waterplein ter wereld. 2013; <http://www.rotterdam.nl/benthemplein>, 3 maart 2016.
- (67) Stichting Rioned, STOWA. Groene daken, nader beschouwd. Over de effecten van begroeiende daken in breed perspectief met de nadruk op de stedelijke waterhuishouding. 2015;2015-12.
- (68) Stichting Rioned. Doorlatende verharding. <http://www.riool.net/producten/productgroepen-afkoppelen/doorlatende-verharding>.
- (69) Rovers V., Bosch P., Albers R. Eindrapport Climate Proof Cities. 2014;KvK rapport nr: 129/2014.
- (70) TNO. Kennismontage Hitte en Klimaat in de stad. 2011;TNO-06-UT-2011-01053.
- (71) Rouwendal J., Van Marwijk R., Levkovich O. The Value of Proximity to Water in Residential Areas. Tinbergen Discussion Paper 2014.
- (72) NRC. Elke 3 maanden 21000 flesjes gevuld met water. 2015; <http://www.nrc.nl/nieuws/2015/09/04/watertappunten-elke-drie-maanden-21000-flesjes-ge-1526590-a1266123>.
- (73) WHO. Guidelines for Drinking-water Quality. Third Edition. 2004:Volume 1: Recommendations.
- (74) Wyn-Jones A.P., Sellwood J. A review: Enteric viruses in the aquatic environment. J Appl Microbiol 2001;91(6):945-962.
- (75) Jiang S.C. Human adenoviruses in water: Occurrence and health implications: A critical review. Environ Sci Technol 2006;40(23):7132-7140.

- (76) Fayer R. Cryptosporidium: A water-borne zoonotic parasite. *Vet Parasitol* 2004;126(1-2 SPEC.ISS.):37-56.
- (77) Thompson R.C.A. The zoonotic significance and molecular epidemiology of Giardia and giardiasis. *Vet Parasitol* 2004;126(1-2 SPEC.ISS.):15-35.
- (78) Goris M.G.A., Boer K.R., Duarte T.A.T.E., Kliffen S.J.R.A.H. Trends in humane leptospirose in Nederland 1925-2008. *Infectieziekten Bulletin* 2014;26(2):37-40.
- (79) Horák P., Mikeš L., Lichtenbergová L., Skála V., Soldánová M., Brant S.V. Avian schistosomes and outbreaks of cercarial dermatitis. *Clin Microbiol Rev* 2015;28(1):165-190.
- (80) Schets F.M., De Roda Husman A.M., Havelaar A.H. Disease outbreaks associated with untreated recreational water use. *Epidemiol Infect* 2011;139(7):1114-1125.
- (81) Borella P., Guerrieri E., Marchesi I., Bondi M., Messi P. Water ecology of Legionella and protozoan: Environmental and public health perspectives. *Biotechnol Annu Rev* 2005;11(SUPPL.):355-380.
- (82) Kuiper M.W., Valster R.M., Wullings B.A., Boonstra H., Smidt H., Van Der Kooij D. Quantitative detection of the free-living amoeba Hartmannella vermiformis in surface water by using real-time PCR. *Appl Environ Microbiol* 2006;72(9):5750-5756.
- (83) Chorus I., Falconer I.R., Salas H.J., Bartram J. Health risks caused by freshwater cyanobacteria in recreational waters. *J Toxicol Environ Health Part B* 2000;3(4):323-347.
- (84) Veltman A., Danschutter J., Uijterlinde C. Terugwinnen van fosfaatkunstmest uit zuiveringsslib verlaagt kosten van slibverwerking H2O 2010;11:4.
- (85) Anoniem. Renovatie en capaciteitsuitbreiding RWZI ZO Beemster. https://www.hhnk.nl/portaal/werk-in-de-buurt_3550/item/renovatie-en-capaciteitsuitbreiding-rwzi-beemster_2654.html
- (86) Batelaan M.V., Van de Berg E.A., Koetse E., Wortel N.C., Rimmelzwaan J., Vellinga S. Evaluatierapport Pharmafilter – Full scale demonstratie in het Reinier de Graaf Gasthuis, Delft. STOWA 2012;29.
- (87) LTO Glaskracht Nederland. Gietwaterfabriek AquaReUse in Bleiswijk grote stap verduurzaming glastuinbouw. 2015; <https://www.ltoglaskrachtenederland.nl/pagina/3/nieuws/gietwaterfabriek-aquareuse-in-bleiswijk-grote-stap-verduurzaming-glastuinbouw/>.
- (88) Anoniem. Evaluatie Nieuwe Sanitatie Noorderhoek Sneek. 2014;38.
- (89) GMB. Saniphos. <https://www.gmb.eu/SaNiPhos.aspx?NL-1-289-0>.
- (90) Palsma B., Duker B., Swart B. Modern toilet houdt rekening met milieu! *TVVL magazine* 2005;9.
- (91) Gemeente Almere. Gebiedsontwikkeling Oosterwold. <http://almere20.almere.nl/gebiedsontwikkeling/oosterwold/>.
- (92) Gemeente Tytsjerksteradiel. Toiletten doorspoelen met regenwater. http://www.t-diel.nl/oars/toiletten-doorspoelen-met-regenwater_43239/.
- (93) Gemeente Nijmegen. Ruimtelijke Plannen Buitengebied Dorp Lent, sectie 3.7 Water.

- http://www.ruimtelijkeplannen.nl/documents/NL.IMRO.0268.BP140W29-OH01/t_NL.IMRO.0268.BP140W29-OH01_3.7.html.
- (94) Iewan. Een strowijk in Nijmegen. <http://www.iewan.nl/contact/>.
- (95) STOWA. Duurzame Energie Uit Geconcentreerde Stromen. 2011;27:<http://www.STOWA.nl/upload/publicaties/STOWA%202011%2027%20LR.pdf>.
- (96) Bewonersvereniging Eva Lanxmeer. Woonwijk Eva Lanxmeer. <http://www.eva-lanxmeer.nl/>
- (97) Waterschap Noorderzijlvest. Afvalwaterproject Drielanden: het afvalwater in eigen wijk schoonmaken. [https://www.noorderzijlvest.nl/ons-werk/projecten/projecten-\(lopend\)/afvalwaterproject/](https://www.noorderzijlvest.nl/ons-werk/projecten/projecten-(lopend)/afvalwaterproject/)
- (98) Gemeente Amsterdam. Instemmen met het initiatiefvoorstel 'Met drinkwater naar een gezond Amsterdam' van de leden Poot, Duijndam en Groen. Gemeenteblad nr. 16709 2016;28-19.
- (99) Gemeente Den Haag. Natuurspeelplaats Zuiderpret in het Zuiderpark. 23 november 2015; <http://www.denhaag.nl/home/bewoners/to/Natuurspeelplaats-Zuiderpret-in-het-Zuiderpark.htm>
- (100) Vevap Landschapsarchitectuur. Wateras Paleiskwartier 's-Hertogenbosch.
- (101) Boekee B. Helofytenfilter Erasmusgracht: onderzoek naar de toepasbaarheid van een helofytenfilter met bezinkbassin als randvoorziening bij gescheiden stelsels. Amsterdam: Dienst Waterbeheer en Riolering; 1999.

Bijlage 1 Ontwikkelingen binnen stedelijk waterbeheer

Binnen het stedelijk waterbeheer in Nederland tekenen zich verschillende nieuwe ontwikkelingen af. Deze hebben te maken met het weerbaar maken van steden tegen de gevolgen van klimaatverandering (klimaatadaptatie; *resilience*), de groeiende bewustwording van de noodzaak tot het duurzaam omgaan met grondstoffen zoals water (duurzaamheid; *sustainability*) en de wens om water in de steden beleefbaar en toegankelijk voor iedereen te maken.

Deze bijlage beschrijft de impulsen die tot deze veranderingen leiden (bewustwording van duurzaamheid en klimaatadaptatie) en geeft een overzicht van de inventarisatie van verschillende stedelijk waterconcepten die gericht zijn op deze impulsen. In Bijlage 3 zijn praktijkvoorbeelden van deze concepten gegeven.

1.1 Impulsen tot verandering

1.1.1 *Bewustwording van duurzaamheid*

Door de groei van de wereldbevolking, stedelijke groei, toegenomen welvaart en de daarmee gepaard gaande groeiende vraag naar energie en grondstoffen neemt de beschikbaarheid van natuurlijke grondstoffen af. Mondiaal is men zich hierdoor bewust geworden van de noodzaak om duurzamer om te gaan met grondstoffen en het milieu. Om in de toekomst aan de grondstoffenvraag te kunnen blijven voldoen, heeft de Europese Unie beleid gedefinieerd voor '*Resource Efficiency*' (44). Dit beleid is in Nederland uitgewerkt in de kamerbrief 'Groene Groei: voor een sterke, duurzame economie' (45), waarin de ambitie van het kabinet voor een duurzame economische ontwikkeling uiteengezet wordt. Hiermee wil het kabinet het concurrentievermogen van Nederland versterken en tegelijkertijd de belasting van het milieu en de afhankelijkheid van fossiele brandstoffen terugdringen. Een van de domeinen waarvoor beleid moet worden vormgegeven is afval. Het programma 'Van Afval Naar Grondstof', een uitwerking van het Europese beleid op het vlak van Resource Efficiency, moet leiden naar een (meer) circulaire economie, waarin duurzaam wordt omgegaan met natuurlijke hulpbronnen en grondstoffen (46). De circulaire economie is gedefinieerd als '*een economisch en industrieel systeem dat de herbruikbaarheid van producten en grondstoffen en het Herstellend vermogen van natuurlijke hulpbronnen als uitgangspunt neemt en waarde-vernietiging in het totale systeem minimaliseert en waarde-creatie in iedere schakel van het systeem nastreeft*' (47). In de circulaire economie wordt het 'levenseinde' van een product vervangen door recycling en wordt duurzame energie gebruikt voor de productie. In de ontwerpfase wordt rekening gehouden met recycling door het product zo te ontwerpen dat bij demontage na de levensduur zo min mogelijk afval ontstaat (48). Een circulaire economie vraagt om duurzaam omgaan met natuurlijke hulpbronnen, zoals zuinig omspringen met grondstoffen, slim ontwerpen van producten, langer en meerdere keren gebruiken van materialen door hergebruik en reparatie en het optimaal benutten van afvalstromen.

Binnen stedelijk watermanagement is de laatste jaren in toenemende mate sprake van een overgang naar een circulair systeem waarin, op basis van kostenoverwegingen en/of wet- en regelgeving, bewust met de inzet van energie en grondstoffen wordt omgesprongen (47). Dit leidt ertoe dat energie en grondstoffen worden teruggewonnen uit afvalwater, dat nieuwe concepten ontstaan voor de inzameling, het transport en de behandeling van afvalwater en regenwater en dat op huishoudelijk niveau wordt gestreefd naar waterbesparing en energiebesparing. Initiatieven om dit te bewerkstelligen vinden op verschillend schaalniveau plaats.

1.1.2 *Klimaatverandering*

Het KNMI heeft een aantal nieuwe klimaatscenario's uitgewerkt: de KNMI'14-scenario's (1). Deze vertalen de onderzoeksresultaten van het Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) (49) voor het wereldwijde klimaat naar Nederland. De scenario's beschrijven een viertal uitersten waarbinnen de klimaatverandering in Nederland zich waarschijnlijk zal voltrekken. In de scenario's wordt rekening gehouden met de door de mens veroorzaakte klimaatverandering en de natuurlijke variaties van het klimaat. Volgens de KNMI'14-scenario's gaat de stijging van de gemiddelde temperatuur in Nederland voort. Daarbij neemt de kans op koude winters af en worden de zomers warmer. In toekomstige zomers zullen meer tropische nachten (minimumtemperatuur ≥ 20 °C) en zomerse dagen (maximumtemperatuur ≥ 25 °C) voorkomen en worden temperatuurextremen waarschijnlijker. In alle seizoenen, met uitzondering van de zomer, neemt de hoeveelheid neerslag toe. Ook nemen het hele jaar door extreme neerslagintensiteiten toe en neemt ook de kans op wolkbreuken (>25 mm in 1 uur of >10 mm in 5 min) en zware neerslag toe, zij het dat de voorspellingen van de zomerse neerslagpieken worden omgeven door grote onzekerheid.

De verwachte klimaatveranderingen hebben invloed op de wijze waarop de openbare ruimte in Nederland ingericht wordt en moet worden om klimaatbestendig (voorbereid op toekomstige veranderingen) te zijn. Zo wordt ruimte gecreëerd voor het tijdelijk opvangen van overtollig water (waterberging) in het stedelijk gebied – om bij extreme regenval wateroverlast te voorkomen – en wordt water (soms opnieuw) in steden geïntegreerd om verkoeling te bewerkstelligen. Verschillende functies van stedelijk water worden vaak aan elkaar gekoppeld, zoals recreatie en/of natuur in combinatie met waterberging.

De navolgende paragrafen 1.2 en 1.3 beschrijven in algemene bewoordingen nieuwe ontwikkelingen op het gebied van stedelijk water, gerelateerd aan duurzaamheid en klimaatverandering.

1.2 **Ontwikkelingen gericht op duurzaamheid**

1.2.1 *Afvalwater als bron van grondstoffen*

Rioolwaterzuiveringsinstallaties (rwzi's) kunnen een belangrijke rol spelen bij de overgang naar een circulaire economie, waarbij grondstoffen in de kringloop blijven. Een conventionele rwzi verwijdert organische stoffen, stikstof en fosfaat uit het afvalwater en loost het gezuiverde water (effluent) op het oppervlaktewater. Steeds vaker wordt een rwzi omgebouwd tot een grondstoffen-, energie- of waterfabriek die dergelijke stoffen terugwint uit afvalwater en inzet in andere (fabrieks)processen

(50). De mogelijkheden voor het terugwinnen van energie of grondstoffen bij een rwzi zijn afhankelijk van allerlei factoren, zoals de mogelijkheden die passen binnen de wetgeving, de lokale omstandigheden nabij de rwzi, en schaarste aan of juist markt voor bepaalde grondstoffen, afhankelijk van de economische situatie. In de navolgende sub-paragrafen zijn enkele van de processen beschreven die bijdragen aan verduurzaming van de afvalwaterketen.

- 1.2.1.1 **Winning van energie uit afvalwater**
Technieken zoals het opwekken van biogas door vergisting van slib uit rwzi's en het opwekken van energie bij slibverbranding worden steeds gangbaarder om energie uit afvalwater te winnen. Dergelijke processen leveren biogas, warmte en elektriciteit op. Steeds meer rwzi's zuiveren op deze wijze min of meer 'energieneutraal' het afvalwater. De hoeveelheid energie die opgewekt kan worden bij slibvergisting en -verbranding ligt in dezelfde orde van grootte als de energie die nodig is voor het functioneren van de rwzi (13).
- 1.2.1.2 **Winning van fosfaat uit afvalwater**
De nieuwe technologie van het winnen van fosfaat uit afvalwater wordt bij enkele rwzi's in Nederland toegepast. Fosfaat is een belangrijke meststof die kan worden hergebruikt in kunstmest. Wanneer alle rwzi's in Nederland fosfaat zouden terugwinnen uit afvalwater, zou jaarlijks circa 50% van de hoeveelheid fosfor die in Nederland wordt gebruikt in kunstmest geleverd kunnen worden (50). Struviet (het teruggewonnen fosfaat) is geregistreerd als erkende grondstof voor kunstmest, maar mag in Nederland nog niet direct als meststof op het land gebracht worden (51).
- 1.2.1.3 **Het sluiten van de waterkringloop**
Steeds vaker wordt in Nederland de waterkringloop gesloten: bedrijven zuiveren zelf afvalwater en gebruiken het vervolgens opnieuw voor bepaalde toepassingen, zoals spoelwater bij fabrieksprocessen of gietwater bij tuinbouwbedrijven. Bij het sluiten van de waterkringloop worden naast conventionele afvalwaterzuiveringsprocessen vaak extra zuiveringsstappen ingezet, zoals een helofytenfilter, een UV-lamp, membraanfiltratie en/of dosering van chemicaliën. Deze hebben de verwijdering van specifieke chemische stoffen of microbiologische verontreinigingen tot doel. Door het hergebruik van afvalwater worden minder verontreinigende stoffen (bijvoorbeeld medicijnresten, pesticiden) afgevoerd naar een rwzi, waardoor voorkomen wordt dat deze stoffen op het oppervlaktewater worden geloosd. Ook wordt bespaard op het verbruik van leidingwater of zijn onttrekkingen vanuit grondwater of oppervlaktewater niet meer nodig.
- 1.2.1.4 **Nieuwe sanitatie**
In het huidige systeem van afvalwaterinzameling in Nederland wordt het afvalwater van vele huishoudens via riolering centraal ingezameld en gezuiverd door een rwzi. De discussies over duurzaam stedelijk watermanagement en nieuwe beschikbare technologieën hebben ertoe geleid dat sinds een aantal jaren onderzoek wordt verricht naar nieuwe afvalwaterconcepten, zogenoemde nieuwe sanitatie (52). Bij nieuwe sanitatie wordt afvalwater bij de bron gescheiden en op locatie verwerkt. Nieuwe sanitatie wordt daarom ook wel decentrale sanitatie genoemd.

Het voordeel hiervan is dat het verwerken van gescheiden afvalwaterstromen eenvoudiger is, doordat er geen aparte leidingstelsels nodig zijn voor inzameling en transport van deelstromen naar de zuivering en nutriënten en/of energie op lokale schaal hergebruikt kunnen worden.

1.2.2 *Duurzame initiatieven op huishoudelijk niveau*

Particulieren nemen verschillende initiatieven om duurzaam om te gaan met energie, water en grondstoffen. Dergelijke initiatieven worden op het niveau van individuele huishoudens, straten of wijken uitgevoerd. In de navolgende sub-paragrafen zijn enkele voorbeelden van duurzame initiatieven beschreven.

1.2.2.1 Retentievoorziening voor regenwater

Een retentievoorziening voor regenwater is een bovengronds of ondergronds reservoir waarin regenwater tijdelijk wordt geborgen, alvorens het wordt gebruikt in de tuin, voor het wassen van de auto of in het huishouden voor het spoelen van toiletten en als waswater. Huishoudens die voor dergelijke toepassingen regenwater gebruiken besparen tot circa 50% op het waterverbruik (53) en dragen bij aan het verminderen van de belasting van de riolering.

1.2.2.2 Spaardouche en douche-warmtewisselaar

Gemiddeld verbruikt een persoon in Nederland 50 liter water per dag om te douchen (54), dit is circa 43% van het totale waterverbruik per dag. Voor het verwarmen van dit water is energie nodig. Een spaardouche heeft een waterbesparende douchekop die minder water verbruikt dan een reguliere douchekop. De achterliggende technologie is dat het water wordt vermengd met lucht, zodat het douchen met minder water toch aangenaam is. Een spaardouche zorgt daarmee voor een waterbesparing én energiebesparing van circa 25% ten opzichte van een normale douchekop (55). Daarnaast kan een douchewarmtewisselaar voor extra energiebesparing zorgen. Een douchewarmtewisselaar wint warmte terug uit wegstromend douchewater en verwarmt het koude water, zodat een boiler of combi-ketel 30-40% minder energie verbruikt om water te verwarmen (56).

1.2.2.3 Zonneboiler

Een zonneboiler gebruikt zonne-energie voor het verwarmen van water. Een zonneboiler bestaat uit een zonnecollector die met behulp van een warmtewisselaar is aangesloten op een waterreservoir. Het water in het waterreservoir wordt op temperatuur gebracht door energie vanuit de warmtewisselaar. De temperatuur die behaald wordt is afhankelijk van de buitentemperatuur. In de zomer wordt het water verwarmd tot een temperatuur van 80-90 °C en in de winter tot circa 40-60 °C. Indien nodig verwarmt de cv-ketel het water verder tot de juiste temperatuur. Een huishouden waar een zonneboiler is geïnstalleerd, gebruikt op jaarbasis circa 50% minder gas voor het verwarmen van tapwater (57).

1.2.2.4 Inzameling van grijs water

Grijs water is afvalwater vanuit huishoudens dat niet fecaal verontreinigd is. Dit is afvalwater uit de douche, de keuken en uit andere wasbakken in de woning. In sommige wijken in Nederland wordt grijs water apart ingezameld en door een helofytenfilter geleid. Hierdoor wordt circa 50%

minder water afgevoerd naar de rwzi. Soms wordt water dat door een helofytenfilter is geleid hergebruikt als huishoudwater, voor bijvoorbeeld het wassen van de auto of voor toiletspoeling (58).

1.2.2.5 Stadslandbouw

Stadslandbouw is het telen, oogsten en afzetten van voedsel in of in de nabijheid van een stad. Onder stadslandbouw vallen de niet-commerciële volks- en buurttuinen en *micro-farming* op balkons, tuinen, dakterrassen en vensterbanken, maar ook de commerciële bedrijven die voedsel produceren voor eigen gebruik en voor de markt. Stadslandbouw vergroot de infiltratiecapaciteit van een gebied doordat er minder verhard oppervlak is, en vermindert hittestress in de stad door aanwezigheid van meer groen. Door de productie van voedsel op de plaats waar het geconsumeerd wordt, zijn minder vervoersbewegingen nodig om de stadsbewoner van voedsel te voorzien (59).

1.2.2.6 Warmte Koude Opslag

Warmte Koude Opslag (WKO) is een methode om energie in de vorm van warmte of koude op te slaan in de bodem en deze later te gebruiken om gebouwen of kassen te verwarmen of te koelen. In de zomer wordt koel water gebruikt om gebouwen te koelen, het opgewarmde water wordt in de bodem opgeslagen en wordt vervolgens in de winter gebruikt om gebouwen te verwarmen. Voor WKO bestaan zowel open als gesloten systemen. Open systemen staan in directe verbinding met watervoerende lagen in de bodem en gebruiken grondwater. Gesloten systemen maken gebruik van water met een antivriesmiddel dat in dit gesloten systeem wordt rondgepompt en de thermische energie uit de bodem benut. In de praktijk zijn met deze techniek besparingen van 95% op energieverbruik voor koeling en 40-50% op energieverbruik voor verwarming mogelijk (60,61).

1.3 Ontwikkelingen gericht op klimaatadaptatie

1.3.1 *Vergroten van waterberging in de openbare ruimte*

In Nederland is 69% van de huishoudens aangesloten op een gemengd rioolstelsel, 26% is aangesloten op een gescheiden rioolstelsel en 4% is aangesloten op drukriolering (62). Een gemengd rioolstelsel verzamelt zowel afvalwater van huishoudens als regenwater van de straat en transporteert dit naar een rwzi, terwijl een gescheiden rioolstelsel afvalwater afvoert richting een rwzi en regenwater loost op oppervlaktewater of infiltreert in de grond.

Beide rioleringssystemen worden zodanig gedimensioneerd dat zij de maximale afvoercapaciteit bereiken bij gemiddelde regenbuien (met een herhalingstijd van eens per 1-2 jaar) en de verwachting dat bij hevigere regenval (eens per 5-10 jaar) wateroverlast kan optreden (29). Echter, als gevolg van klimaatverandering nemen neerslagextremen toe en is de kans op wateroverlast groter dan de oorspronkelijke 'eens per 5-10 jaar' waar bij het ontwerp van het rioolstelsel rekening mee werd gehouden. Vele locaties in Nederland hebben daardoor regelmatig te maken met wateroverlast (63).

Om wateroverlast in gebouwen te voorkomen of te beperken, moet de openbare ruimte anders ingericht worden (ruimtelijke adaptatie). Hierbij

wordt ervoor gekozen om ruimte te creëren voor het (tijdelijk) bovengronds opvangen van regenwater na extreme regenval (waterberging). Aangezien regenwater minder verontreinigd is dan afvalwater kiezen gemeenten er regelmatig voor om bij bestaande bebouwing schone verharde oppervlakken van de riolering te ontkoppelen (64). Dit wordt 'afkoppelen' genoemd. Door afkoppelen komt regenwater niet in de riolering terecht, maar wordt het apart afgevoerd naar oppervlaktewater en/of geïnfiltreerd in de bodem. Op deze manier worden de riolering en de rwzi ontlast, echter hoewel waterberging de kans op wateroverlast bij extreme neerlag beperkt, kan wateroverlast op straat en in gebouwen bij extreme regenval niet volledig voorkomen worden (64). Concepten waarbij regenwater wordt afgekoppeld van de riolering hebben verschillende verschijningsvormen; in de navolgende sub-paragrafen worden enkele voorbeelden gegeven.

1.3.1.1 Wadi

Een wadi is een verdiept grasveld waar regenwater tijdelijk geborgen wordt, waarna het kan infiltreren (wegzijgen) in de grond (65). Een wadi wordt binnen nieuwe stedelijke ontwerpen veelvuldig toegepast. In woonwijken wordt een wadi soms gecombineerd met een grasveld met speeltoestellen, waardoor functies in de openbare ruimte gecombineerd worden (spelen, regenwater bergen).

1.3.1.2 Waterplein

Een waterplein is een verdiept plein waar afstromend regenwater tijdelijk geborgen kan worden. Een waterplein wordt vaak gecombineerd met stedelijke vernieuwing/herstructurering waarbij een plein naast een waterbergende functie ook een verblijffunctie krijgt met bijvoorbeeld bankjes en speeltoestellen (66).

1.3.1.3 Groene daken

Op groene daken wordt speciale vegetatie (meestal *Sedum*-soorten) geplant. De vegetatie groeit op een substraatlaag voor waterberging, met daaronder een drainagelaag die zorgt voor afvoer van overtollig water. Groene daken nemen daardoor een deel van de neerslag op, waardoor minder regenwater wordt afgevoerd naar de riolering (67). Ook heeft een groen dak een koude-isulerende werking en zorgt het voor geluidsisolatie.

1.3.1.4 Ondergrondse infiltratievoorzieningen

Een ondergrondse infiltratievoorziening bestaat uit een ondergrondse berging (bestaand uit kratten of buizen) waarin regenwater door middel van een buis terechtkomt. Vanuit de berging kan het water vervolgens in de ondergrond wegzijgen (65).

1.3.1.5 Waterdoorlatende verharding

Waterdoorlatende verhardingen zijn bestratingen van materialen die regenwater doorlaten, zodat het in de bodem kan wegzakken (68). Waterdoorlatende verhardingen bestaan uit poreus materiaal waar het regenwater doorheen kan of bevatten of creëren open gedeelten waar het water langs kan infiltreren in de bodem. Voorbeelden hiervan zijn waterdoorlatende en water passerende klinkers, graskeien, grasbetontegels, houtspaanders, schelpen of grind als bestrating. Dit soort bestrating kan bijvoorbeeld worden toegepast bij voetpaden, speelplaatsen, parkeerplaatsen, brandweerwegen, in middenbermen, voor

de beluchting rond bomen, als opsluiting voor bestrating, in bermen en in privétuinen. Doordat de waterdoorlatende verharding ervoor zorgt dat een deel van het regenwater infiltreert in de bodem, wordt voorkomen dat het afgevoerd wordt richting de riolering.

1.3.2 *Reduceren van 'hitte-eiland-effect'*

Bij warm weer is het in een stad warmer dan in het buitengebied. Het stadsklimaat wordt beïnvloed door een hoge bebouwingsdichtheid, gebruik van materialen die warmte vasthouden en langzaam afkoelen, zoals asfalt en beton, de aanwezigheid van veel verharde oppervlakken die geen water doorlaten (geen verdamping en verkoeling), en donkere oppervlakken die weinig zonlicht reflecteren en juist warmte opnemen (69). Hierdoor warmt de stad overdag snel op en koelt 's nachts langzaam af. Tijdens zomerse dagen en nachten met rustige weersomstandigheden (helder weer en weinig wind) kan het temperatuurverschil tussen verstedelijkt gebied en de omgeving oplopen tot 8 °C. De stad vormt in het omliggende gebied een zogenoemd 'hitte-eiland'. De omvang van de stad heeft nauwelijks invloed op het stedelijk hitte-eiland-effect; zowel grote als kleine steden krijgen te maken met extra opwarming door de ruimtelijke kenmerken van verstedelijkt gebied. Dit heeft grote gevolgen voor de leefbaarheid in steden en de gezondheid van haar inwoners. Tijdens periodes van extreme hitte ontstaat 'hittestress', waardoor de arbeidsproductiviteit afneemt en het sterftecijfer onder kwetsbare groepen zoals ouderen stijgt (70).

De aanwezigheid van stedelijk water kan in combinatie met bomen en planten, die schaduw geven, zorgen dat een stad minder opwarmt. Daarnaast wordt stedelijk water door mensen gewaardeerd, vergroot het de herkenbaarheid van een locatie en biedt het recreatiemogelijkheden.

1.3.2.1 Blauwe daken

Een blauw dak is een dak waarop een laag water blijft staan. Dit water kan overdag bijdragen aan de koeling van het onderliggende gebouw, maar door de verdamping blijft ook de directe omgeving koeler. Als de waterbeheersing van een dergelijk systeem gekoppeld is aan de weersverwachting, kan het aanwezige water voor een volgende regenbui afgevoerd worden richting riolering om het bergingsvolume voor de komende regenbui weer beschikbaar te maken. Op deze manier kan de koelende functie van het dak gecombineerd worden met waterberging na regenval (67).

1.3.2.2 Fontein

Een fontein is een waterkunstwerk in oppervlaktewater zoals een vijver, gracht of singel. Fontein worden geplaatst om de zuurstofconcentratie in het oppervlaktewater te verhogen en om de belevingswaarde van het water te vergroten. Door verdamping van water(nevel) kan de luchttemperatuur op zomerse dagen in de directe omgeving van de fontein enkele graden worden verlaagd ten opzichte van de omgevingstemperatuur.

1.3.2.3 Waterattractie

Een waterattractie is een waterkunstwerk met een ondergronds en/of bovengronds reservoir dat wordt gevuld met drinkwater of ander water dat gecirculeerd wordt (met of zonder desinfectie). Een waterattractie

wordt gerealiseerd ter verfraaiing van de omgeving, als speelwater of om verkeerslawaaï te maskeren.

1.3.2.4 Wonen aan het water

Mensen waarderen water en daardoor zijn woningen aan het water meer waard dan woningen die niet aan het water liggen (71). In nieuwe wijken wordt extra water gecreëerd als waterberging. Een positieve bijkomstigheid hiervan is dat nieuwbouwwoningen met een tuin en/of steiger aan het water gerealiseerd kunnen worden. Sommige woningen drijven op het water.

1.3.2.5 Waterspeeltuin

Een waterspeeltuin is een locatie waar kinderen met en in ondiep water kunnen spelen. Dit gebeurt soms in combinatie met speelelementen zoals een pomp of een trekvlot. Afhankelijk van de locatie wordt de waterspeeltuin gevuld met drinkwater, grondwater, regenwater of oppervlaktewater. Natuurspeelplaatsen zijn op een natuurlijke wijze ingericht en bieden natuurlijke waterelementen, zoals een beek. Het aantal waterspeeltuinen en natuurspeelplaatsen neemt enorm toe.

1.3.2.6 Recreatie in stadswater

Recreatie in stadswater vindt plaats door varen op of door zwemmen in water in de stad. In meerdere steden in Nederland vindt bijvoorbeeld een zogenoemde *City Swim* plaats, waarbij groepen tot tweeduizend zwemmers in grachten of kanalen zwemmen en door middel van sponsoring geld inzamelen voor een goed doel.

1.3.2.7 Openbare drinkwatertappunten

Een watertappunt is een tappunt voor drinkwater in de openbare ruimte. Dit watertappunt kan door gemeenten of andere belanghebbenden zoals scholen worden aangevraagd bij een drinkwaterbedrijf. Deze tappunten dragen eraan bij dat mensen in de openbare ruimte beschikking hebben over drinkwater, bijvoorbeeld voor het opnieuw vullen van kunststof waterflesjes (72).

Bijlage 2 Water overdraagbare infectieziekten

2.1 Ziekteverwekkers afkomstig uit mensen of dieren

Ziekteverwekkers uit menselijke of dierlijke feces kunnen bij mensen die ze in voldoende grote hoeveelheden inslikken (voornamelijk milde) maagdarmklachten veroorzaken, zoals diarree en overgeven. Deze zogenoemde enterale ziekteverwekkers kunnen zich niet in het milieu, buiten mens of dier, vermenigvuldigen. In water neemt hun aantal dan ook geleidelijk af door verdunning, verspreiding, sedimentatie en afsterving. Voorbeelden van ziekteverwekkende enterale bacteriën zijn *Campylobacter*-soorten, *Salmonella*-soorten, *Shigella*-soorten en pathogene *Escherichia coli*. Deze bacteriën veroorzaken voornamelijk diarree en overgeven, maar soms ontstaan ernstigere infecties (73).

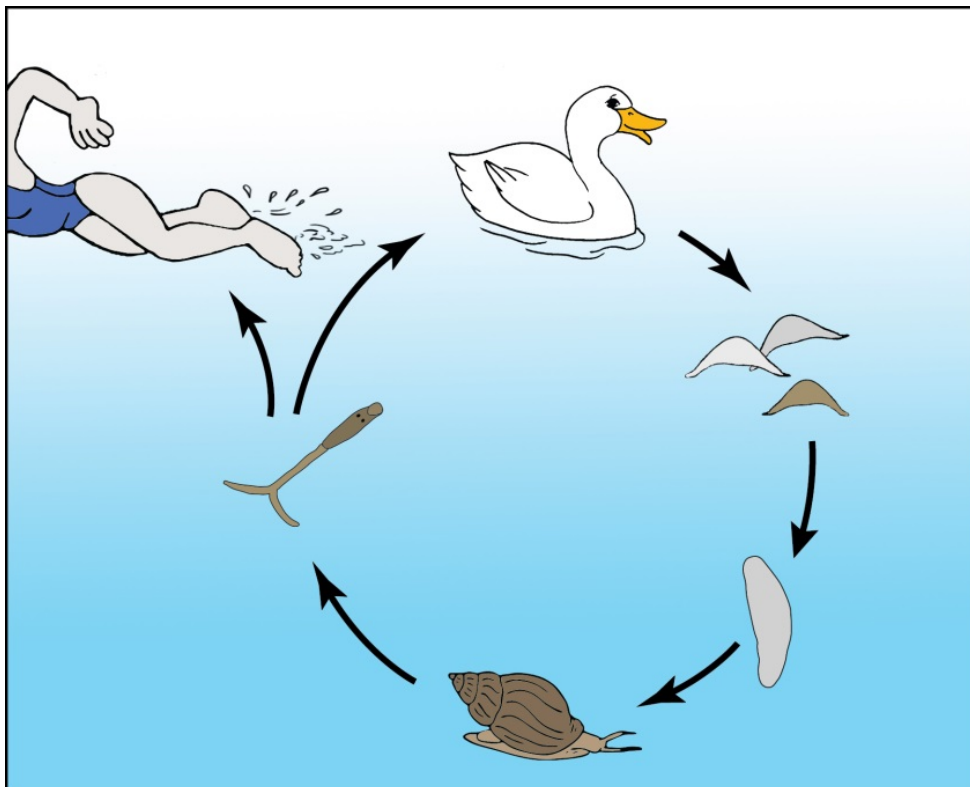
De belangrijkste door water overdraagbare enterale virussen zijn norovirus, enterovirus, rotavirus, hepatitis A-virus en adenovirus. Norovirus veroorzaakt acute gastro-enteritis (maagdarmklachten) bij mensen, met heftig braken en waterige, niet-bloederige diarree. Humane enterovirus-infecties kunnen asymptomatisch zijn, maar ook leiden tot milde luchtweginfecties (verkoudheid), gastro-enteritis, hand-, voet- en mondziekte, hersenvliesontsteking en poliomyelitis. Rotavirus veroorzaakt gastro-enteritis bij mensen, terwijl hepatitis A-virus een acute infectie van de lever (hepatitis A) veroorzaakt. Van de vele typen adenovirussen, veroorzaken type 40 en 41 gastro-enteritis, terwijl andere typen luchtwegklachten en oogklachten veroorzaken (74,75).

Parasitaire protozoa kunnen zich alleen in een gastheer (bijvoorbeeld een mens of dier) vermenigvuldigen. In de gastheer worden overlevingsvormen zoals cysten gevormd en deze komen met de feces van besmette individuen in het milieu terecht. De cysten zijn ongevoelig voor de meeste invloeden van buitenaf en overleven lang in het milieu, maar vermeerderen daar niet. De meest relevante soorten in relatie tot waterkwaliteit zijn *Cryptosporidium parvum*, *Cryptosporidium hominis* en *Giardia lamblia*. Zij veroorzaken milde tot ernstige maagdarmklachten bij mensen. De klachten zijn meestal zelflimiterend (gaan vanzelf over), maar *Giardia*-infecties kunnen soms chronisch worden en *Cryptosporidium*-infecties kunnen bij kwetsbare groepen levensbedreigend zijn (76,77).

De bacteriën die leptospirose veroorzaken, ziekteverwekkende *Leptospira*-soorten, komen met de urine (en niet met de feces) van chronisch geïnfecteerde ratten in het water terecht. Leptospirose kenmerkt zich door een zeer variabel ziektebeeld en kan variëren van milde griepachtige klachten tot dodelijke ziekte. De Ziekte van Weil is een ernstige vorm van leptospirose. Per jaar worden in Nederland bij de mens gemiddeld dertig gevallen van leptospirose vastgesteld, waarvan een derde van de infecties in het buitenland wordt opgelopen (78).

Trichobilharzia is een parasiet van watervogels en veroorzaakt bij mensen zwemmersjeuk. De parasiet komt met de feces van watervogels of via hun neusholte in het water terecht. *Trichobilharzia* heeft een complexe levenscyclus waarin zoetwaterslakken als tussengastheer fungeren en

watervogels de eindgastheer zijn (79). Zwemmersjeuk is de meest voorkomende aandoening na zwemmen in oppervlaktewater in Nederland en wordt gekenmerkt door jeukende rode bulten op de huid (80).



Figuur 12 Schematisch overzicht van de levenscyclus van *Trichobilharzia*

2.2 Ziekteverwekkers die van nature in water voorkomen

Ziekteverwekkende bacteriën die niet uit feces afkomstig zijn, maar van nature in water voorkomen, kunnen zich bij verhoogde watertemperaturen in het water vermenigvuldigen en uitgroeien tot hoge concentraties. Voorbeelden van dergelijke bacteriën zijn *Pseudomonas aeruginosa*, de veroorzaker van *otitis externa* (buitenoortsteking), en *Vibrio*-soorten, die oorklachten, wondinfecties en gastro-enteritis kunnen veroorzaken. Ook *Legionella*-soorten komen van nature voor in water. *Legionella* kan zich in oppervlaktewater door de competitie om nutriënten met andere micro-organismen slecht vermeerderen. Echter, in kunstmatige door de mens gemaakte watersystemen kan *Legionella* zich juist zeer goed vermenigvuldigen. *Legionella* veroorzaakt bij mensen alleen infecties door inademen van aerosolen (kleine waterdruppeltjes); *Legionella*-infecties uiten zich door milde tot ernstige longontsteking (81).

Ook vrij-levende amoeben behoren tot de natuurlijke aquatische flora. Zij volbrengen hun hele levenscyclus in het milieu en kunnen zich daar dus vermeerderen. De meeste soorten zijn onschadelijk voor de mens, maar sommige zijn ziekteverwekkend. *Naegleria fowleri* komt voornamelijk voor in warm oppervlaktewater en is de veroorzaker van een dodelijke maar zeldzame vorm van hersenvliesontsteking. Andere vrij-levende amoeben, zoals *Hartmanella*-soorten, leven in symbiose met *Legionella* en zijn

essentieel voor het voltooiën van de levenscyclus van *Legionella* in het milieu en het uitgroeien van *Legionella* tot hoge concentraties (82).

Blauwalgen behoren tot de natuurlijke algenpopulatie in water. Bij gunstige groeiomstandigheden, waaronder warm water (20-30 °C), rustig weer (weinig wind en regen), weinig stroming en veel fosfaat en stikstof in het water, kunnen ze zich sterk vermeerderen en tot 'bloei' komen. Afstervende algen in de 'bloei' zorgen voor stinkende drijflagen die overlast voor zwemmers en omwonenden veroorzaken. Blootstelling aan drijflagen kan leiden tot gezondheidsklachten, zoals maagdarm-, luchtweg-, huid- en oogklachten (83).

Bijlage 3 Praktijkvoorbeelden van nieuwe stedelijk waterconcepten

Deze bijlage beschrijft enkele praktijkvoorbeelden van nieuwe concepten binnen het stedelijk waterbeheer. Deze concepten zijn ofwel gericht op duurzaamheid ofwel op klimaatverandering, maar sommige concepten dragen zowel bij aan duurzaamheid als aan de benodigde aanpassingen om de gevolgen van klimaatverandering op te vangen. Tabel 4 geeft een overzicht van de concepten die in deze bijlage worden genoemd en of zij bijdragen aan duurzaamheid of klimaatadaptatie.

Tabel 4 Overzicht van gerealiseerde nieuwe concepten in stedelijk waterbeheer, gerelateerd aan duurzaamheid of klimaatadaptatie

| stedelijk-water-concept | duurzaamheid | | klimaatadaptatie | |
|---|--------------------------------------|--------------------------------------|------------------------|---------------------------------|
| | afvalwater als bron van grondstoffen | initiatieven op huishoudelijk niveau | waterberging vergroten | 'hitte-eiland-effect' reduceren |
| rwzi Amsterdam-West | | | | |
| rwzi Zuidoost-Beemster | | | | |
| Pharmafilter | | | | |
| AquaReUse | | | | |
| Waterschoonsysteem, Sneek | | | | |
| SaNiPhos urinescheiding en -verwerking | | | | |
| Nieuwbouwwijk Oosterwold, Almere | | | | |
| Gebruik regenwater, Tytsjerksteradiel | | | | |
| Nieuwbouwwijk De Waalsprong, Lent | | | | |
| Wooncomplex Casa Vita, Deventer | | | | |
| Woonwijk EVA-Lanxmeer, Culemborg | | | | |
| Woonwijk Drielanden, Groningen | | | | |
| Stadslandbouw op de Marconistrip, Rotterdam | | | | |
| Waterplein Benthemplein, Rotterdam | | | | |
| Drinkwatertappunten, Amsterdam | | | | |
| Natuurspeelplaats Zuiderpret, Den Haag | | | | |
| Wijk Paleiskwartier, Den Bosch | | | | |
| Erasmusgracht, Amsterdam | | | | |
| Amsterdam City Swim | | | | |

3.1 Rwzi Amsterdam-West

De rwzi Amsterdam-West is gelegen in het Westelijk Havengebied van Amsterdam tegenover de afvalenergiecentrale (aec) en zuivert het water van circa een miljoen inwoners. Tijdens het ontwerp en de bouw van de rwzi (1999-2005) zijn alle mogelijke afval- en energiestromen tussen de rwzi en de aec uitgebreid onderzocht. Uiteindelijk is gekozen voor uitwisseling van energie en afval tussen beide bedrijven op vier manieren:

1. Het ontwaterde slib van rwzi Amsterdam, Amstelveen, Hilversum en Horstermeer wordt met het overige afval verbrand in de ovens van de aec.
2. Het biogas dat op de rwzi wordt opgewekt, wordt op de aec verwerkt. Het rendement ligt hierdoor hoger dan bij verwerking op de rwzi.
3. De aec levert restwarmte terug aan de rwzi; deze wordt gebruikt voor het op temperatuur brengen en houden van de vergistingtanks (30 °C) en voor het verwarmen van de ruimten in het kantoor en de bedrijfsgebouwen.
4. De aec levert elektriciteit aan de rwzi.

De rwzi van Amsterdam-West werd in 2005 gerealiseerd met een biologische fosfaatverwijdering. In de praktijk bleken hierbij problemen op te treden in de sliblijn, waarbij spontaan optredende struviet-afzettingen in leidingen en apparatuur leidden tot verhoogde slijtage en verstoppingen. Ook de ontwatering van het slib functioneerde moeizaam, wat leidde tot een aanzienlijke verhoging van de kosten voor de eindverwerking van het slib (84). De rwzi is daarom sinds 2014 uitgevoerd met een installatie die voor gecontroleerde kristallisatie van struviet zorgt. Dit heeft geleid tot een significante verbetering van de slibontwatering, een vermindering in afzettingen en dus verstoppingen, en een verlaging van de fosfaatbelasting van de zuivering.



Figuur 13 Rwzi Amsterdam-West met op de voorgrond de fosfaat-opslagtank (bron: Waternet)

3.2 **Rwzi Zuidoostbeemster**

Rwzi Zuidoostbeemster is in 2015 uitgebreid met een installatie om cellulose uit afvalwater terug te winnen (85). Cellulose is een stof die aanwezig is in wc-papier. Cellulose kan gebruikt worden voor het produceren van bioplastic (*poly lactic acid* of polymelkzuur). Bioplastic wordt vooralsnog voornamelijk gebruikt in duurdere (medische) toepassingen, omdat de grondstoffen schaars en daardoor duur zijn. Indien bioplastic kan worden geproduceerd uit goedkoper basismateriaal (zoals wc-papier uit afvalwater) ontstaat er een enorme marktpotentie om bioplastic breder in te zetten, bijvoorbeeld als verpakkingsmateriaal, wegwerp-serviesgoed en plantenpotjes. De verwachting is dat de behoefte aan bioplastic de komende jaren met 18-22% per jaar zal groeien. Rwzi Zuidoostbeemster is de eerste rwzi ter wereld waar cellulose uit afvalwater gewonnen wordt.

3.3 **Pharmafilter**

Pharmafilter is een concept in ziekenhuizen waarbij op een andere wijze wordt omgegaan met afvalverwerking en waterzuivering in de verzorging (86). In ziekenhuizen met Pharmafilter wordt al het afval afkomstig uit de dagelijkse zorg (waaronder borden, bestek, voedselresten, fecaliën, gaasjes, naalden, ondersteken en infuuszakken) in een vermaler fijn gemaakt en vervolgens afgevoerd via het interne rioolsysteem. Het vermalen afval wordt samen met het afvalwater van toiletten, douches, wastafels en andere bronnen via de bestaande interne riolering afgevoerd naar een zuiveringsinstallatie op het terrein van het ziekenhuis. De zuiveringsinstallatie zuivert het water in verschillende stappen (actief slib, membraanfiltratie, actiefkoolfiltratie, ozonisatie, UV-desinfectie), waarbij schoon water en biogas (energie/warmte) het eindproduct zijn. Het gezuiverde water wordt vervolgens hergebruikt in het ziekenhuis als proceswater, bijvoorbeeld voor het doorspoelen van wc's en het spoelen van de vermaler. Het Pharmafilter-concept is inmiddels uitgevoerd bij het Reinier de Graaf Gasthuis in Delft en verzorgingstehuis Zorgzaam in Terneuzen. Diverse ziekenhuizen overwegen de implementatie van Pharmafilter.

3.4 **AquaReUse**

AquaReUse is een nieuw concept in de glastuinbouw, waarbij afvalwater van een cluster van glastuinbouwbedrijven (zowel uit de tuinbouw als huishoudelijk afval van de betreffende bedrijven) verzameld en gezuiverd wordt tot gietwater voor dezelfde bedrijven (87). Wanneer weinig afvalwater beschikbaar is, wordt slootwater ingelaten. Het gezuiverde gietwater wordt via een distributiesysteem beschikbaar gesteld aan de bedrijven; het overtollige water wordt tijdelijk in de bodem opgeslagen. Hierdoor beschikken de glastuinbouwbedrijven naast hemelwater over ander gietwater voor hun bedrijfsvoering en gaat er minder afvalwater naar de rwzi. Het AquaReUse-concept voorziet in hergebruik van 75% van het bedrijfsafvalwater; een reststroom van 25% wordt via de riolering afgevoerd naar een rwzi.



Figuur 14 Pharmafilter zuiveringsinstallatie, Reinier de Graaf Gasthuis, Delft (bron: Pharmafilter)

3.5 Waterschoonsysteem in Sneek

Bij het Waterschoonsysteem in Sneek zullen in de periode 2008-2020 232 woningen gerealiseerd worden met afvalinzameling volgens het principe van Nieuwe sanitatie (88). In 2011 zijn de eerste 62 wooneenheden in gebruik genomen. De woningen die deel uitmaken van het Waterschoonsysteem zijn gerealiseerd met keukenvermalers voor het vermalen van GFT-afval en met vacuümtoiletten, waarbij ontlasting en urine worden afgevoerd door middel van onderdruk en slechts één liter spoelwater. Deze twee afvalstromen worden gezamenlijk afgevoerd als zogenoemd 'zwart water'. In de woningen is daarnaast een apart transportsysteem aangelegd om het overige huishoudelijk afvalwater af te voeren als 'grijs water'.

Het Waterschoonsysteem zuivert zwart water door middel van anaerobe vergisting (waarbij biogas gewonnen wordt) en biologische en chemische stikstof- en fosfaatverwijdering (waarbij struviet gewonnen wordt). Het grijze water wordt gezuiverd met een biologisch aerob proces. Het gezuiverde zwarte water en grijze water kunnen vervolgens geloosd worden op het oppervlaktewater, maar door het experimentele karakter van de zuivering is het systeem ook aangesloten op de riolering.

Binnen het Waterschoonsysteem zijn twee potentiële energiebronnen beschikbaar: biogas en het vaak warme grijze water. Om deze energie in de vorm van warmte effectief te benutten, zijn in de woningen twee warmtenetten aangelegd. Een net met hoge temperatuur voor warm tapwater gebruikt biogas als brandstof. Een net met lage temperatuur voor ruimteverwarming wordt verwarmd door, met een warmtewisselaar teruggewonnen, warmte uit het grijze water.

3.6 SaNiPhos urinescheiding en verwerking

SaNiPhos is een urineverwerkingsfabriek voor het winnen van stikstof en fosfaat uit urine; het is de eerste in Europa (89). Bij conventionele toiletten worden urine en feces sterk verdund met afvalwater afgevoerd richting de rwzi. Urine is daarin een relatief kleine afvalwaterstroom met een zeer hoge vuillast: in afvalwater is namelijk 85% van alle stikstof en 45% van alle fosfaat afkomstig uit urine (90). Daarnaast bevat urine vrijwel alle medicijnresten en hormonen die het lichaam uitstoot. Daarom wordt geëxperimenteerd met het apart inzamelen van urine. Urinescheiding vindt plaats in zogenoemde *no-mix*-toiletten en in urinoirs. Bij *no-mix*-toiletten worden urine en feces gescheiden ingezameld. Feces wordt afgevoerd via de riolering en urine wordt verzameld in een reservoir. Uit de urine wordt vervolgens stikstof (in de vorm van ammoniumsulfaat) en fosfaat (in de vorm van struviet) gewonnen.



Figuur 15 Een no-mix-toilet voor het gescheiden opvangen van urine en feces (bron: STOWA, Bjartur Swart)

3.7 Nieuwbouwwijk Oosterwold in Almere

Oosterwold is een nieuwbouwwijk in Almere waar plaats is voor 15.000 woningen; de eerste woningen worden sinds januari 2016 gebouwd (91). De ontwikkeling van Oosterwold vindt niet plaats volgens een gedetailleerd uitbreidingsplan, zoals dat in de Nederlandse stedenbouw gebruikelijk is, maar volgens een eenvoudig raamwerk waarbinnen ruimte is voor particuliere initiatieven. Toekomstige bewoners worden uitgenodigd om naast hun eigen perceel het gebied zelf in te richten met groen, landbouw en wegen. Daarbij krijgen zij ook inspraak in de aanleg van bijvoorbeeld wegen en fietspaden en de inrichting van de openbare ruimte. Het uitgangspunt hierbij is dat Oosterwold wordt ingevuld met 51% stadslandbouw, 20,5% publiek groen en 2% water. De wijk zal ruim

worden opgezet met gemiddeld 35 huizen op 100.000 m². De gemeente Almere werkt al enkele jaren consequent toe naar een wezenlijk grotere rol van particulieren in de woningbouw, de stedenbouw en de gebiedsontwikkeling. De gemeentelijke overheid treedt weloverwogen terug en laat steeds meer over aan particulieren en projectontwikkelaars. Voor stedelijk afvalwaterbeheer betekent dit dat er geen riolering zal worden aangelegd en dat bewoners zelf dienen te kiezen voor een helofytenfilter of een systeem voor Individuele Behandeling van Afvalwater (IBA). Hierbij vindt zuivering van het water voornamelijk plaats door bezinking van stoffen en afsterving van micro-organismen.

3.8 Gebruik van regenwater in Tytsjerksteradiel

Het gemeentehuis van Tytsjerksteradiel gebruikt regenwater voor toiletspoeling, door regenwater vanaf daken op te vangen en te bewaren in een ondergrondse retentievoorziening (92). Hiermee wordt een besparing van circa 80% op het drinkwaterverbruik gerealiseerd. Daarnaast wordt bij de verkoop van nieuwbouwkavels in Tytsjerksteradiel verplicht gesteld dat de te realiseren woning wordt uitgevoerd met een retentievoorziening voor regenwater. Dit regenwater wordt hergebruikt als huishoudwater, bijvoorbeeld voor het doorspoelen van toiletten.

3.9 Nieuwbouwwijk De Waalsprong in Lent

De Waalsprong is een nieuwbouwwijk in Lent bij Nijmegen. In deze nieuwbouwwijk zijn diverse voorbeelden van ontwikkelingen die betrekking hebben op duurzaamheid en/of klimaatadaptatie aanwezig. De bouw van woningen is in 2010 gestart en naar verwachting zullen 12.000 woningen gerealiseerd zijn in 2025.

3.9.1 Afvoer van regenwater met behulp van wadi's en waterpleinen

Het uitgangspunt bij het watersysteem in De Waalsprong is dat (schoon) regenwater en vuilwater zoveel mogelijk gescheiden blijven (93). In De Waalsprong is voor de afvoer van hemelwater een systeem aangelegd dat bestaat uit goten, wadi's, een waterplein en singels. De wadi's en waterpleinen worden bij droog weer gebruikt als speeltuin of speelplein, terwijl zij in natte periodes hemelwater bergen en vertraagd afvoeren richting de singels en vervolgens naar oppervlaktewater buiten de woonwijk. Tijdens deze natte periodes kunnen kinderen gebruikmaken van de wadi's en waterpleinen als waterspeelplaats, waarbij diverse speeltoestellen in het water staan.

3.9.2 Wooncomplex Iewan

In De Waalsprong is een wooncomplex gebouwd met 24 sociale huurwoningen: wooncomplex Iewan (94). Het wooncomplex is opgetrokken uit stro, leem en hout en streeft naar het duurzaam gebruik van energie en water. Energie wordt opgewekt door middel van zonnepanelen, regenwater wordt gebruikt voor het doorspoelen van toiletten en voor de wasmachine. Verder zijn de woningen niet aangesloten op de riolering, maar op een helofytenfilter.



Figuur 16 Wadi met speeltuin, Nijmegen (bron: gemeente Nijmegen, Antal Zuurman)

3.10 Wooncomplex Casa Vita in Deventer

Het wooncomplex Casa Vita is in 2006 gerealiseerd en uitgevoerd met een gescheiden stelsel om 'zwart' en 'grijs' afvalwater apart in te zamelen. De realisatie van dit wooncomplex moest destijds aantonen dat gescheiden inzameling van deze afvalwaterstromen technisch haalbaar en rendabel was (95). Om dit aan te tonen werd het 'zwarte' water in de vergistingsinstallatie van de rwzi in Deventer ingebracht. In praktijk blijkt het inzamelingsstelsel technisch haalbaar te zijn en een aantal voordelen te hebben, namelijk: minder watergebruik in de woningen, meer biogasproductie bij de rwzi, betere mogelijkheden om fosfaat terug te winnen en medicijnresten te verwijderen en een betere energiebalans in de afvalwaterketen.

3.11 Woonwijk EVA-Lanxmeer in Culemborg

De Stichting E.V.A. (Ecologisch Centrum voor Educatie, Voorlichting en Advies) heeft het 'EVA Concept' uitgewerkt. Dit is een inhoudelijk programma van eisen voor het duurzaam ontwerpen en ontwikkelen van stedenbouwkundige plannen. EVA-Lanxmeer is een woonwijk met driehonderd huishoudens in Culemborg waar bewoners streven naar duurzaam wonen (96). Woningen en appartementen hebben raampartijen, kassen en serres die op de zon zijn georiënteerd, om op deze wijze passief gebruik te maken van de warmte van de zon. De meeste woningen in EVA-Lanxmeer hebben ook een zonneboiler voor de productie van warm tapwater. Verder wekken verschillende woningen elektriciteit op met zonnepanelen en voorzien zij zichzelf zo voor een deel in de eigen elektriciteitsbehoefte. Ook maken sommige woningen en kantoren voor hun verwarming en koeling gebruik van een gesloten WKO-systeem. Verder heeft de wijk EVA-Lanxmeer een collectief warmtenet,

waarbij woningen en bedrijfspanden verwarmd worden met warmte die gewonnen is uit drinkwater.

EVA-Lanxmeer heeft een dubbel rioolsysteem voor twee gescheiden stromen van enerzijds 'zwart' en anderzijds 'grijs' afvalwater. Het afvalwaterriool voor 'zwart' water leidt naar een punt waar een biogasinstallatie was voorzien. De biogasinstallatie is echter niet gerealiseerd en het 'zwarte' afvalwater wordt vanaf dat verzamelpunt in het openbaar riool gepompt. Het afvalwaterriool voor 'grijs' water leidt dit water naar helofytenfilters (circa 4000 m²) in de wijk. In het hart van EVA-Lanxmeer wint waterbedrijf Vitens drinkwater uit het grondwater. In EVA-Lanxmeer is gesloten verharding of bestrating, die niet of nauwelijks regenwater doorlaat, tot een minimum beperkt. De wandelpaden en een deel van de parkeerplaatsen zijn gemaakt van een doorlatend oppervlak en groene zones worden gemaximaliseerd. In combinatie met wadi's en opslagcapaciteit in vijvers zorgt deze maatregel ervoor dat de wijk beter in staat is om pieken in regenval op te vangen.

3.12 Woonwijk Drielanden in Groningen

Sinds 2012 onderzoekt de gemeente Groningen de mogelijkheid om afvalwater lokaal te zuiveren in de wijk Drielanden (97). Hierbij wordt het zwarte en grijze water van 166 huishoudens gescheiden afgevoerd en gezuiverd. Het zwarte water wordt voorgezuiverd door een 'septic tank' en vervolgens gezamenlijk met het grijze water naar een helofytenfilter geleid. Dit heeft als doel dat het gezuiverde afvalwater uiteindelijk kan worden geloosd op het oppervlaktewater in de wijk. In Drielanden is ook het regenwater afgekoppeld; dit wordt rechtstreeks naar het oppervlaktewater geleid.



Figuur 17 Helofytenfilter in de wijk Drielanden in Groningen (bron: STOWA, Bjartur Swart)

3.13 Initiatieven in Rotterdam

3.13.1 *Stadslandbouw*

Sinds 2007 is een groep Rotterdammers onder de naam Eetbaar Rotterdam bezig om stadslandbouw in Rotterdam te bevorderen. Hiertoe worden verschillende initiatieven ontplooid, waaronder diverse buurttuinen, een stadskruidentuin en het jaarlijkse ERGroeit festival, een inspiratiedag voor mensen die stadsboer willen worden. In andere steden zoals Utrecht, Amsterdam en Den Haag vinden vergelijkbare initiatieven plaats.

3.13.2 *Waterplein op het Benthemplein*

Het Benthemplein in Rotterdam is in 2013 omgevormd tot een stadsplein met ruimte voor water, sport en groen. Het plein bestaat uit drie bekkens die het regenwater verzamelen: twee ondiepe bassins worden bij regenval gevuld met regenwater vanuit de directe omgeving van het plein. Bij extreme regenval wordt het derde, diepere bassin gevuld met regenwater vanuit de omliggende wijken. De gebieden die kunnen overstromen zijn blauw geschilderd. Bij droogte kunnen de bassins gebruikt worden als sportveld of theater en door de hoogteverschillen bieden ze veel ruimte om te zitten. Rondom de bekkens is beplanting aangebracht. Deze combinatie van groen en waterberging is een integrale oplossing waarin ook een bijdrage wordt geleverd aan de reductie van hittestress, vergroting van biodiversiteit en beleving.



Figuur 18 Waterplein op het Benthemplein, Rotterdam (bron: De Urbanisten, Ossip van Duivenbode)

3.14 Drinkwatertappunten in Amsterdam

In Amsterdam zijn circa tweehonderd drinkwatertappunten aanwezig. Deze watertappunten zijn gesitueerd nabij parken en scholen waar veel mensen komen. De drinkwatertappunten zijn geplaatst in het kader van het project 'Gezond gewicht'. Het doel van de watertappunten is dat buiten spelende jeugd gratis water kan drinken, waardoor zij minder frisdrank zullen drinken. De gemeente Amsterdam onderzoekt mogelijkheden om meer drinkwatertappunten te plaatsen (98).

3.15 Natuurspeelplaats Zuiderpret in Den Haag

In natuurspeelplaats Zuiderpret in het Zuiderpark in Den Haag kunnen kinderen spelen met water, zand en modder (99). De natuurspeelplaats ligt aan de rand van de grote speelweide; in de omliggende bosjes kunnen kinderen boomhutten maken. Op de natuurspeelplaats is een snelstromende beek aanwezig. Stuwmeertjes en watervalletjes zorgen ervoor dat het water naar beneden stroomt. Via stapstenen in het water, boomstammen, slingertouwen en loopbruggen kunnen kinderen aan de andere kant van de beek (15 cm diep) komen. In andere steden zoals Utrecht, Rotterdam, Den Bosch en Amsterdam en Amersfoort zijn vergelijkbare natuurspeelplaatsen aanwezig.



Figuur 19 Waterspeelplaats Zuiderpret, Den Haag (bron: GGD Haaglanden, afdeling Leefomgeving)

3.16 Paleiskwartier in Den Bosch

Paleiskwartier is een nieuwe wijk in Den Bosch aan de westzijde van het Centraal Station. De wijk kenmerkt zich door moderne architectuur en omvat diverse appartementencomplexen en kantoren (100). Rondom de gebouwen bevinden zich een festivalplein (voor festivals met meer dan duizend personen) en een grote vijver met diverse fonteinne waarvan de

waternevel voelbaar is voor passanten en festivalbezoekers. De vijver wordt gevuld met regenwater dat in droge tijden wordt aangevuld met drinkwater. De vijver is gelegen op een onderliggende parkeergarage. De warmte-energie vanuit de vijver wordt door middel van WKO gebruikt om grondwater te verwarmen. De energie uit het grondwater wordt 's zomers gebruikt om gebouwen te koelen en 's winters om deze te verwarmen. Om deze reden is de bodem van de vijver zwart geverfd, zodat het water 's zomers sneller opwarmt.

3.17 Erasmusgracht in Amsterdam

Bij de Erasmusgracht in Amsterdam is een decentraal alternatief voor een verbeterd gescheiden rioolstelsel ontwikkeld (101). Bij conventionele verbeterd gescheiden stelsels wordt de *'first flush'* bij regenval afgevoerd naar de rwzi. Op deze locatie in Amsterdam loost de hemelwaterriolering echter op een bezinkbassin dat door middel van twee helofytenfilters is afgesloten van de Erasmusgracht. De helofytenfilters zuiveren het water voordat het in de gracht terechtkomt. Uit het proefproject blijkt dat het bezinkbassin lagere concentraties stikstof en fosfaat loost dan het verbeterd gescheiden stelsel (101). De helofytenfilters zijn voor het publiek toegankelijk en voorzien van bankjes. Op de kade staat een informatiebord dat tekst en uitleg geeft over het nut en functioneren van de installatie.



Figuur 20 Helofytenfilters bij Erasmusgracht, Amsterdam (bron: Atelier Groen/Blauw Madeleine d'Ersu en Hiltrud Pötz)

3.18 City Swim Amsterdam

Sinds 2012 vindt in Amsterdam de *City Swim* plaats. Hierbij zwemmen ruim tweeduizend volwassenen en kinderen in de Amsterdamse grachten om door sponsoring geld op te halen voor een goed doel. De zwemmers wordt aangeraden om een wetsuit te dragen, om zo het risico op onderkoeling en contact met verontreinigingen te verminderen. De waterkwaliteit in de grachten wordt door het jaar heen gemonitord (16). In andere steden zoals Utrecht, Rotterdam, Den Bosch en Groningen vinden vergelijkbare grote zwem-evenementen in stadswateren plaats.

Bijlage 4 Wet- en regelgeving met betrekking tot waterbeheer in Nederland

(bron: helpdeskwater.nl, wetten.overheid.nl)

4.1 **Waterwet**

Op 22 december 2009 zijn de Waterwet en het daaronder liggende Waterbesluit en de Waterregeling in werking getreden. Tegelijkertijd zijn ook de 'waterverordeningen' van de provincies en de waterschappen van kracht geworden, waarin provincies en waterschappen voor hun specifieke situaties de regels uitwerken. In de Waterwet is een achttal wetten samengevoegd tot één wet. De Waterwet regelt het beheer van oppervlaktewater en grondwater, en verbetert ook de samenhang tussen waterbeleid en ruimtelijke ordening. Met de Waterwet zijn Rijk, waterschappen, gemeenten en provincies beter uitgerust om overstromingen te voorkomen en om wateroverlast, waterschaarste en waterverontreiniging tegen te gaan. Ook voorziet de wet in het toekennen van functies voor het gebruik van water zoals scheepvaart, drinkwatervoorziening, landbouw, industrie en recreatie. Afhankelijk van de functie, worden eisen gesteld aan de kwaliteit en de inrichting van het watersysteem. Daarnaast levert de Waterwet een belangrijke bijdrage aan kabinetsdoelstellingen zoals vermindering van regels, vergunningstelsels en administratieve lasten. Totdat de Omgevingswet in werking treedt (voorzien voor 2018) blijft de Waterwet van kracht.

De Waterwet heeft de volgende wetten vervangen:

- Wet op de waterhuishouding
- Wet op de waterkering
- Grondwaterwet
- Wet verontreiniging oppervlaktewateren
- Wet verontreiniging zeewater
- Wet droogmakerijen en indijkingen (Wet van 14 juli 1904)
- Wet beheer rijkswaterstaatswerken (het zogenoemde 'natte gedeelte'); het 'droge' deel van deze wet is nog van kracht: de actuele Wet beheer rijkswaterstaatswerken.
- Waterstaatswet 1900
- Waterbodemparagraaf uit de Wet bodembescherming

De Waterwet stelt integraal waterbeheer op basis van de 'watersysteembenadering' centraal. Omdat de Waterwet een echte watersysteemwet is, betekent dit dat niet alles wat met waterbeheer (in de brede zin van het woord) te maken heeft, is verankerd in de Waterwet. Voor de waterschappen bestaat nog steeds De Waterschapswet, het riolerings- en afvalwaterketenbeheer is nog altijd opgenomen in de Wet milieubeheer (en deels in de Wabo) en voor de regeling met betrekking tot de openbare drinkwatervoorziening geeft de Drinkwaterwet het wettelijke kader. De bescherming van de kwaliteit van het grondwater is grotendeels nog belegd in de Wet bodembescherming en de daarop gebaseerde uitvoeringsregels.

4.2 **Waterbesluit**

In het Waterbesluit wordt onder meer de vaststelling van een landelijke rangorde bij watertekorten, de zogenoemde 'verdringingsreeks'

vastgelegd. Het Waterbesluit regelt ook procedurele en inhoudelijke aspecten van het Nationaal Waterplan en het beheerplan voor de Rijkswateren. Tevens regelt het enkele inhoudelijke aspecten van de plannen in verband met de implementatie van de Kaderrichtlijn water en de Richtlijn overstromingsrisico's. Een vergunningplicht en algemene regels zijn uitgewerkt voor het gebruik van Rijkswaterstaatswerken, het onttrekken van grondwater en voor het lozen of onttrekken van water aan oppervlaktewater in beheer bij het Rijk.

4.3 Waterregeling

De Waterregeling bevat regels over de organisatie van het waterbeheer, een aantal kaarten over de toedeling van beheer, de begrenzing van oppervlaktewaterlichamen en de aanwijzing van de drogere oevergebieden, evenals regels voor gegevensverstrekking aan het Rijk op grond van Europese verplichtingen. Verder regelt de Waterregeling een enkel inhoudelijk aspect van het regionaal waterplan en de beheerplannen.

4.4 Omgevingswet

Het omgevingsrecht bestaat uit tientallen wetten en honderden regelingen voor ruimte, wonen, infrastructuur, milieu, natuur en water. Zij hebben allemaal hun eigen uitgangspunten, werkwijzen en eisen, waardoor de wetgeving te ingewikkeld is geworden. De Omgevingswet vereenvoudigt en bundelt het omgevingsrecht. Met deze wet wil het kabinet beter aansluiten op de samenhang tussen verschillende plannen en activiteiten voor ruimtelijke ordening, milieu en natuur, duurzame ontwikkelingen en de verschillen tussen regio's. Gemeenten, provincies en waterschappen krijgen meer ruimte om op omgevingsgebied hun eigen beleid te voeren. Regio's kunnen dankzij de Omgevingswet beter aansluiten bij hun eigen behoeften en doelstellingen. De Omgevingswet sluit ook beter aan bij Europese regels. Verder biedt de wet meer ruimte voor particuliere ideeën. De inwerkingtreding van de Omgevingswet is voorzien voor 2018.

4.5 Waterschapswet

De Waterschapswet regelt de opheffing en instelling van waterschappen, de samenstelling en inrichting van het waterschapsbestuur, evenals de taken en bevoegdheden van het waterschapsbestuur. Aan de waterschappen is de zorg voor het watersysteem en de zorg voor het zuiveren van afvalwater opgedragen. Op grond van de Waterschapswet heffen de waterschappen de watersysteemheffing en de zuiveringsheffing: heffingen voor waterkwaliteit, waterkering en waterkwaliteitsbeheer van oppervlaktewater en voor transport en zuivering van afvalwater.

4.6 Wet milieubeheer

In de Wet milieubeheer is vastgelegd welke wettelijke instrumenten er zijn om het milieu te beschermen. De belangrijkste instrumenten zijn: milieuplannen, milieuprogramma's, milieukwaliteitseisen, vergunningen (en ontheffingen), algemene regels en handhaving. De Wet milieubeheer is een kader- of raamwet en geeft algemene regels voor milieubeheer. Specifieke regels zijn uitgewerkt in besluiten en ministeriële regelingen. Zo zijn in het Activiteitenbesluit voor ongeveer honderd activiteiten de

eisen voor verschillende milieuaspecten vastgelegd, zoals geluid, lucht, bodem, externe veiligheid, afval en afvalwater. De activiteiten omvatten onder andere sport en recreatie (bijvoorbeeld jachthavens en visvijvers), vaartuigen en schepen (bijvoorbeeld afvalwater en afsputten), voeding (bijvoorbeeld bewerken en bereiden), agrarische activiteiten (bijvoorbeeld composteren en waterbehandeling) en afvalwaterbeheer (bijvoorbeeld zuivering van huishoudelijk afvalwater en lozingsvoorschriften).

4.7 Wet bodembescherming

De Wet bodembescherming stelt regels om de bodem en het daarin aanwezige grondwater effectief te beschermen. Door deze wet worden de handelingen die een bedreiging vormen voor de bodem en het grondwater in een aantal besluiten en regelingen gereguleerd, zoals het infiltreren van oppervlaktewater in de bodem en het lozen van afvalwater op de bodem.

4.8 Wet ruimtelijke ordening

De Wet ruimtelijke ordening maakt onderscheid tussen beleid en normstelling. Ten aanzien van beleid verlangt de wet van iedere gemeente en provincie en van het Rijk een structuurvisie, waarin het ruimtelijk ontwikkelingsbeeld wordt beschreven. Aan de structuurvisie moet men een uitvoeringsstrategie verbinden die aangeeft op welke wijze men het beleid gaat realiseren. De juridische borging van de doorwerking van het beleid vindt plaats in bestemmingsplannen, inpassingsplannen en beheerverordeningen (normstelling). Volgens de wet krijgt een overheidsniveau dat verantwoordelijk wordt gehouden voor een bepaald ruimtelijk beleid, ook de bevoegdheden om dat waar te maken.

4.9 Wet algemene bepaling omgevingsrecht

De Wet algemene bepaling omgevingsrecht (Wabo) regelt de omgevingsvergunning. Dit is een geïntegreerde vergunning voor bouwen, wonen, monumenten, ruimte, natuur en milieu. De Wabo heeft een snellere en betere dienstverlening door de overheid op het gebied van bouwen, wonen en milieu tot doel.

4.10 Wet gemeentelijke watertaken

De Wet verankering en bekostiging van gemeentelijke watertaken (in het kort De Wet gemeentelijke watertaken) is een wijziging van de Gemeentewet, de Wet milieubeheer en de Wet op de waterhuishouding (vervallen per 22-12-2009) in verband met de introductie van de zorgplicht van gemeenten voor afvloeiend hemelwater en grondwater en afvalwater.

Afvalwaterstromen worden vaak afgevoerd naar een rwzi terwijl deze afvalwaterstromen met een beperkte (zuiverings)inspanning ook direct in het milieu geloosd zouden kunnen worden. Dit beperkt onnodig transport van water over grote afstanden en ontlast de rwzi. Daarom bestaat er een beleidsmatige voorkeur voor directe lozing in het milieu, eventueel na een zuiveringsstap, tenzij het afvalwater betreft waarvoor de rwzi is ontworpen. In de Wet gemeentelijke watertaken is een voorkeursvolgorde voor lozing van verschillende categorieën afvalwater opgenomen. Gemeenten kunnen hiervan gebruikmaken bij de totstandkoming van het Gemeentelijk Rioleringsplan (GRP), waarin ook het hemelwater- en grondwaterbeleid

wordt vastgelegd in overleg met waterschap en provincie. De gemeenten hebben een verordnungsbevoegdheid ten aanzien van afvloeiend hemelwater en grondwater en kunnen in hun GRP de beleidsmatige voorkeur om dit water lokaal in het milieu terug te brengen opnemen. Hierbij is het uitgangspunt dat deze waterstromen geen of geringe verontreinigingen bevatten, zodat ze zonder maatregelen direct in het milieu kunnen worden geloosd.

4.11 Drinkwaterwet, Drinkwaterbesluit en regelingen

De Drinkwaterwet bevat bepalingen met betrekking tot de productie en distributie van drinkwater en de organisatie van de openbare drinkwatervoorziening. De wet heeft als doel de volksgezondheid te bevorderen door de levering van drinkwater door leidingen veilig te stellen. De wet stelt ook regels voor leveringszekerheid, kwaliteit van het geleverde drinkwater, milieueffecten en doelmatigheid van het functioneren van waterleidingbedrijven. Specifieke (praktische) bepalingen zijn opgenomen in het Drinkwaterbesluit en in verschillende regelingen, waaronder de Drinkwaterregeling en de Regeling Legionellapreventie. De Europese Drinkwaterrichtlijn 98/83/EG is in Nederland geïmplementeerd in de Drinkwaterwet.

4.12 Kaderrichtlijn water

Het doel van de Kaderrichtlijn water (KRW) 2000/60/EG is om in 2015 in heel Europa een goede ecologische staat voor alle oppervlaktewateren en grondwateren te bewerkstelligen. Vanaf 2009 dient voor ieder stroomgebied in stroomgebiedsbeheersplannen beleid en beheer opgesteld te worden dat in aanmerking neemt dat watersystemen grensoverschrijdend zijn. Maatregelen door lidstaten moeten erop gericht zijn de kwaliteit van de 'eigen' wateren op peil te brengen door vermindering en beperking van verontreiniging, ongeacht de bron, maar ook dat buurlanden geen last hebben van elkaars verontreinigingen. De KRW vereist dan ook grensoverschrijdende samenwerking tussen landen en tussen alle betrokken partijen. In Nederland vertaalt de Rijksoverheid de KRW in beleid, raamwerken en instrumenten, in nauwe samenwerking met de provincies, waterschappen en gemeenten. Deze samenwerking is vastgelegd in het Bestuursakkoord Water. Sinds december 2015 gelden in Nederland de geactualiseerde stroomgebiedsbeheersplannen voor Eems, Maas, Rijndelta en Schelde.

4.13 Zwemwaterrichtlijn

De Europese Zwemwaterrichtlijn 2006/7/EG (20) heeft tot doel de gezondheid van zwemmers in oppervlaktewater te beschermen. De implementatie van de Zwemwaterrichtlijn heeft in Nederland plaatsgevonden middels de Wet hygiëne en veiligheid badinrichtingen en zwemgelegenheden (Whvbz), en het daarop gebaseerde Besluit hygiëne en veiligheid badinrichtingen en zwemgelegenheden (Bhvbz). Omzetting vond verder plaats middels de Waterwet en het Waterbesluit. Rijkswaterstaat verzorgt het waterkwaliteitsbeheer voor de zwemlocaties in de Rijkswateren, de waterschappen doen dit voor de overige locaties. Rijkswaterstaat en de waterschappen controleren de microbiologische waterkwaliteit van de zwemwaterlocaties gedurende het badseizoen en rapporteren de gegevens aan de provincies. De provincie kan op grond van de waterkwaliteitsgegevens een negatief zwemadvies of zwemverbod

afgeven. De provincie heeft tevens de taak om zwemwaterlocaties aan te wijzen of af te voeren op grond van de Whvbz. De waterkwaliteit op de zwemwaterlocaties dient te voldoen aan de microbiologische kwaliteitseisen uit de richtlijn. De zwemlocaties worden op basis daarvan ingedeeld in verschillende kwaliteitsklassen: uitstekend, goed, aanvaardbaar en slecht. Voor alle zwemlocaties is ten minste de kwaliteitsklasse aanvaardbaar vereist aan het einde van het badseizoen van 2015. De provincies zijn verplicht de zwemmers te informeren over de waterkwaliteit op de zwemwaterlocaties. Bij onvoldoende waterkwaliteit zijn de verantwoordelijke instanties in de lidstaten verplicht maatregelen te nemen om de zwemmers te beschermen.

4.14 Wet publieke gezondheid

De Wet publieke gezondheid regelt de continuïteit van en de samenhang binnen de publieke gezondheidszorg, de bestrijding van infectieziektecrises en de geneeskundige hulpverlening bij ongevallen en rampen. Ook regelt de wet de jeugd- en ouderengezondheidszorg. De Wet publieke gezondheid vervangt sinds 2008 de Infectieziektenwet, de Wet collectieve preventie volksgezondheid en de Quarantainewet. De gemeenten zijn volgens de Wet publieke gezondheid verantwoordelijk voor het uitvoeren van taken op het gebied van de publieke gezondheidszorg en het in stand houden van een GGD. De Inspectie voor de Gezondheidszorg houdt toezicht op de kwaliteit van de publieke gezondheidszorg.

4.15 Zorgplicht

De zorgplicht van de overheid is gedefinieerd als de verplichting van de overheid om de nodige zorg in acht te nemen bij de vervulling van de opgedragen taken. In verschillende wetten die betrekking hebben op water(beheer) is een zorgplicht opgenomen. De Waterwet bevat een gemeentelijke zorgplicht voor het in openbaar gemeentelijk gebied treffen van maatregelen om structurele nadelige gevolgen van de grondwaterstand voor de aan de grond gegeven bestemming zoveel mogelijk te voorkomen of te beperken (grondwaterzorgplicht). Gemeenten hebben op grond van de Waterwet tevens een hemelwaterzorgplicht die betrekking heeft op de opvang en de verwerking van hemelwater. Waterschappen hebben op grond van de Waterwet en de Waterschapswet de zorg voor de zuivering van stedelijk afvalwater. Deze zorgplicht sluit direct aan op de gemeentelijke zorgplicht voor de inzameling van stedelijk afvalwater op grond van de Wet milieubeheer. Op grond van de Drinkwaterwet moeten de eigenaren van een collectieve watervoorziening en een collectief leidingnet ervoor zorgen dat de collectieve watervoorziening en het leidingnet geen gevaar voor verontreiniging van dat leidingnet en het aan consumenten of andere afnemers ter beschikking gestelde drinkwater kunnen opleveren. Het ter beschikking gestelde drinkwater mag geen organismen, parasieten of stoffen bevatten, in aantallen per volume-eenheid of concentraties, die nadelige gevolgen voor de volksgezondheid kunnen hebben. Op grond van de Drinkwaterwet geldt voor eigenaren van collectieve waterinstallaties eveneens de zorgplicht Legionellapreventie.

4.16 Nationaal Waterplan

In december 2009 heeft het kabinet het Nationaal waterplan vastgesteld. Dit plan geeft op hoofdlijnen aan welk beleid het Rijk in de periode 2009-2015 voert om te komen tot een duurzaam waterbeheer. Het Nationaal waterplan richt zich op bescherming tegen overstromingen, voldoende en schoon water en diverse vormen van gebruik van water. Ook worden de maatregelen genoemd die hiervoor worden genomen. Het Nationaal waterplan vervangt alle voorgaande nota's waterhuishouding en is opgesteld op basis van de Waterwet. In het Nationaal waterplan is een eerste uitwerking gegeven van het Deltaprogramma dat wordt opgesteld naar aanleiding van het advies van de Deltacommissie in 2008. Dit programma is gericht op duurzame veiligheid en zoetwatervoorziening. In december 2015 is het Nationaal Waterplan 2016-2021 van kracht geworden. De Deltabeslissingen uit het Nationaal Waterplan 2009-2015 zijn hierin geïntegreerd. Het in het Nationaal Waterplan genoemde Handboek water (voluit Handboek wet- en regelgeving waterbeheer) maakt voor de praktijk van het waterbeheer inzichtelijk welke wet- en regelgeving van toepassing is. Het heeft als doel de bekendheid van de wetgeving te vergroten en de rolverdeling, verantwoordelijkheden en de werking van het instrumentarium toe te lichten. Het Handboek water is voortdurend in ontwikkeling.



.....
F.M. Schets | H. de Man | J.P.G. van Leuken | A.M. de Roda Husman
.....

RIVM Rapport 2017-0012

Dit is een uitgave van:

**Rijksinstituut voor Volksgezondheid
en Milieu**

Postbus 1 | 3720 BA Bilthoven
Nederland
www.rivm.nl

Februari 2017