

**Integrale benadering van klimaatadaptatiemaatregelen voor  
gezondheid in de stedelijke leefomgeving**

NKWK onderzoekslijn 'Klimaatbestendige Stad' (2017)

Lampén et al., 2018



**Auteurs**

Heidi Lampén M.Sc., RIVM

Dr. Jeroen van Leuken (projectleider), RIVM

Dr. Ciska Schets, RIVM

Dr. Heleen de Man, Sanitas Water

Prof. Dr. Ana Maria de Roda Husman, RIVM en Universiteit Utrecht

**Contact**

Dr. Jeroen van Leuken, RIVM

[jeroen.van.leuken@rivm.nl](mailto:jeroen.van.leuken@rivm.nl)

Dit onderzoek werd verricht in opdracht van het Nationaal Kennis- en Innovatieprogramma Water en Klimaat (NKWK) en werd gefinancierd door het Deltaprogramma Ruimtelijke Adaptatie (Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat) en Stichting RIONED.

## Samenvatting

De veerkracht van de stedelijke leefomgeving zal de komende jaren verder onder druk komen te staan door klimaatverandering. Om die kwetsbaarheid te verminderen, zullen in steeds meer gemeenten groenblauwe klimaatadaptatiemaatregelen ingezet worden die de effecten van hitte en wateroverlast moeten verminderen. Tegelijkertijd hebben gemeenten en Gemeentelijke Gezondheidsdiensten (GGD) steeds meer aandacht voor de bijdrage die de stedelijke leefomgeving kan leveren aan de **gezondheid**. Te denken valt aan het vergroten van welzijn en het bevorderen van beweging door meer groen en blauw.

Door klimaatadaptatie en gezondheid integraal te benaderen kunnen mogelijk nieuwe kansen ontstaan. Tegelijkertijd is het van belang om al vroegtijdig in de ontwerpfase van adaptatiemaatregelen rekening te houden met mogelijke **gezondheidsrisico's** die kunnen ontstaan, zoals blootstelling aan ziekteverwekkers in stedelijk groen en blauw. Dit kan bijvoorbeeld optreden wanneer afvalwaterstromen in waterpleinen of waterspeelplaatsen terecht komen of wanneer mensen worden blootgesteld aan teken in groenstroken die de ziekte van Lyme kunnen overbrengen. Door integraal rekening te houden met deze risico's, is de mogelijke gezondheidswinst groter en zijn de kosten van het beheer van groen en blauw lager.

In dit rapport is onderzocht hoe op dit moment rekening gehouden wordt met de microbiologische waterkwaliteit in blauwe adaptatiemaatregelen en welke mogelijke gezondheidsrisico's hieraan verbonden zijn. Daartoe is een **bestuursstelsel** van actoren, vigerende wet- en regelgeving en belanghebbenden grafisch uitgewerkt op basis van systematische diepte-interviews. Eén van de belangrijkste conclusies is dat gezondheidsaspecten gerelateerd aan de microbiologische waterkwaliteit op dit moment onvoldoende worden meegewogen in het proces van besluitvorming, ontwerp, bouw en onderhoud van adaptatiemaatregelen. Dit is onder meer toe te schrijven aan de verdeling van rollen en verantwoordelijkheden, financiering en het ontbreken van (toegankelijke) kennis. Daarom zouden nieuwe, innovatieve vormen van samenwerking opgezet moeten worden tussen verschillende actoren om bewustwording te creëren en synergie te ontdekken in gezamenlijke, integrale projecten. Ook zou (wetenschappelijke) kennis beter ontsloten moeten worden en kunnen richtlijnen bijdragen aan het in beschouwing nemen van gezondheidsrisico's.

Een **systematisch literatuuronderzoek** werd uitgevoerd om in de internationale wetenschappelijke literatuur na te gaan wat bekend is over de microbiologische waterkwaliteit en de daaraan verbonden gezondheidsrisico's van nieuw stedelijk water. De meest beschreven adaptatiemaatregelen in de literatuur waren waterspeelplaatsen en fontein. Verder werden de risico's van drinkwatertappunten, waterpleinen, wadi's en wonen aan het water beschreven. Bij waterspeelplaatsen zijn wereldwijd zeven uitbraken beschreven. In al deze gevallen was humaan afvalwater de meest waarschijnlijke bron van besmetting. In de onderzochte publicaties werden in totaal 20 verschillende ziekteverwekkers beschreven, zoals de bacteriën *Legionella*, *Cryptosporidium*, en *Campylobacter*. Dit onderzoek vormt daarmee de basis voor een mogelijk te ontwikkelen waterkwaliteitscheck, waarmee professionals in het ontwerp al rekening kunnen houden met de waterkwaliteit. Een dergelijke waterkwaliteitscheck is gebaseerd op dezelfde systematiek als de risicobeoordeling die wettelijk verplicht is voor bijvoorbeeld drinkwater.

Voor de gezondheidsrisico's van **water op straat en waterpleinen** zijn aan de hand van huidige inzichten en data uit recente studies scenario's opgesteld. Blootstelling aan dit water kan tot ziekte leiden, doordat het bijvoorbeeld besmet kan zijn met afvalwater. Per scenario werd berekend hoeveel kinderen een infectie oplopen wanneer zij tijdens het spelen in dit water blootgesteld worden. Om de gezondheidsrisico's te beperken, is het belangrijk om het bewustzijn hierover te vergroten middels informatievoorziening, waarvoor de infographics in dit rapport een basis kunnen vormen. Ook kunnen verschillende maatregelen van gemeenten de kans op infectie verminderen, zoals het wegnemen van foutieve aansluitingen.

Geinventariseerd is in hoeverre het mogelijk is een **centrale microbiologische waterkwaliteitsdatabase** op te zetten om versneld toe te werken naar een waterkwaliteitscheck. De meest voor de hand liggende optie is het gebruiken van de reeds bestaande STOWA Database Regenwater, die momenteel al meerdere typen gebruikers heeft. Deze database zou dan uitgebreid moeten worden met microbiologische parameters. Daarnaast is het belangrijk informatie op te nemen over het toepassen van desinfectie en de bronnen van verontreiniging.

De **microbiologische waterkwaliteitscheck** voor nieuw en bestaand stedelijk water kan ontwikkeld worden binnen de applicatie RainTools van Stichting RIONED. Met deze tool kunnen gebruikers de

functionaliteiten van verschillende regenwatersystemen simuleren in geval van extreme regenval. Er zijn naar verwachting weinig technische belemmeringen om een microbiologische waterkwaliteitscheck te realiseren in RainTools.

Met dit rapport is een eerste aanzet geleverd om de gezondheidseffecten van groenblauwe maatregelen in beeld te brengen en daarop te anticiperen met kwantitatieve risicoschattingen en ontsluiting van nieuwe en bestaande kennis. Deze kennis kan daarom een bijdrage leveren aan het integraal afwegen van kosten en baten bij het ontwerp en realisatie van groenblauwe klimaatadaptatiemaatregelen. Ook faciliteert deze kennis het gesprek tussen en met belanghebbenden, zoals gemeenten, GGD'en, waterschappen, adviesbureaus en bewoners.

## Inhoudsopgave

|   |           |
|---|-----------|
| <b>1. Inleiding</b>   | <b>8</b>  |
| <b>2. Overzicht van gezondheidseffecten gerelateerd aan klimaatverandering, -mitigatie en -adaptatie</b>  | <b>9</b>  |
| A. Wat is gezondheid?   | 9         |
| B. Gezondheidseffecten van klimaatverandering   | 9         |
| C. Gezondheidseffecten van mitigatie  | 9         |
| D. Gezondheidseffecten van adaptatie  | 9         |
| E. Het bevorderen van de gezondheid met klimaatadaptatiemaatregelen   | 10        |
| <b>3. Het effectief sturen op gezonde klimaatadaptatiemaatregelen in stedelijk gebied</b>   | <b>11</b> |
| A. Een integrale benadering van gezond stedelijk water  | 11        |
| B. Systematische interviews   | 11        |
| C. Beschrijving van het bestuursstelsel   | 11        |
| D. Huidige processen die van invloed zijn op gezondheidsaspecten van blauwe klimaatadaptatiemaatregelen   | 13        |
| E. Mogelijkheden om te zorgen voor gezonde blauwe adaptatiemaatregelen  | 13        |
| <b>4. Huidige kennis over gezondheidsrisico's door blootstelling aan ziekteverwekkers in blauwe adaptatiemaatregelen (systematische literatuurreview)</b> | <b>14</b> |
| A. Doel van deze systematische literatuurreview   | 14        |
| B. Methode  | 14        |
| C. Resultaten   | 15        |
| D. Belangrijkste conclusies   | 15        |
| <b>5. Gezondheidsrisico's van water op straat bij extreme buien</b>   | <b>17</b> |
| A. Toenemende kans op water op straat door klimaatverandering   | 17        |
| B. Blootstelling aan water op straat  | 17        |
| C. Gezondheidsklachten na blootstelling aan water op straat   | 17        |
| D. Aanwezigheid van ziekteverwekkers in water op straat   | 17        |
| E. Infectierisico's na blootstelling aan water op straat  | 17        |
| F. Op welke manier kan het risico verlaagd worden?  | 18        |
| <b>6. Gezondheidsrisico's van waterpleinen bij extreme buien</b>  | <b>19</b> |
| A. Waterpleinen in Nederland  | 19        |
| B. De urgentie voor een waterplein in de gemeente Tiel  | 19        |
| C. Hydrologie van het waterplein  | 19        |
| D. Gezondheidsrisico's door blootstelling aan verontreinigd water in waterpleinen   | 19        |
| E. Mogelijke maatregelen om de risico's te verminderen  | 20        |
| <b>7. Een microbiologische waterkwaliteitsdatabase voor klimaatadaptatiemaatregelen in stedelijk gebied (inventarisatie)</b>                              | <b>21</b> |
| A. Doel van dit hoofdstuk   | 21        |
| B. STOWA Database Regenwater  | 21        |
| C. Nieuwe informatie  | 21        |
| D. Doelgroep  | 21        |
| <b>8. Het ontwikkelen van een waterkwaliteitscheck voor blauwe adaptatiemaatregelen in RainTools (inventarisatie)</b>                                     | <b>22</b> |
| A. Het meewegen van gezondheidsaspecten in blauwe adaptatiemaatregelen  | 22        |
| B. Is een waterkwaliteitscheck in RainTools mogelijk?   | 22        |
| C. Huidige en mogelijk toekomstige gebruikers van RainTools   | 22        |
| D. Conclusies   | 22        |

|  |           |
|--|-----------|
| <b>9. Referenties</b>  | <b>24</b> |
| <b>Bijlage 1 – Infographic ‘Gezondheidsrisico’s van water op straat’</b> | <b>27</b> |
| <b>Bijlage 2 – Infographic ‘Gezondheidsrisico’s van waterpleinen’</b>    | <b>28</b> |

## 1. Inleiding

Door klimaatverandering zullen steden in toenemende mate aanpassingen moeten doen om de gevolgen van hitte en overlast door water te beperken (1). Op bestuurlijk niveau hebben de Europese adaptatiestrategie, de Nederlandse nationale adaptatiestrategie (NAS) en het Deltaplan Ruimtelijke Adaptatie hiervoor een sterke basis voor gelegd. Op gemeentelijk niveau worden in 2018 klimaatstresstesten uitgevoerd die de knelpunten op onder meer hitte, wateroverlast en droogte in beeld zullen brengen. Op basis daarvan zullen gemeenten de komende decennia allerlei groenblauwe klimaatadaptatiemaatregelen inzetten om de effecten van klimaatverandering op te vangen en daarmee de kwaliteit van de stedelijke leefomgeving te waarborgen (2). Zo kunnen groenblauwe maatregelen de temperatuur in steden dempen tijdens hete perioden en bijdragen aan een vergroting van de tijdelijke waterberging in geval van extreme regenval. Ook kan nieuw stedelijk water bijdragen aan extra verkoeling, bijvoorbeeld als het gaat om waterspeelplaatsen of fontein.

Tegelijkertijd hebben gemeenten en Gemeentelijke Gezondheidsdiensten (GGD) steeds meer aandacht voor de bijdrage die de stedelijke leefomgeving kan bieden aan een goede gezondheid van mensen (3). Voorbeelden hiervan zijn het vergroten van het welzijn en het uitnodigen van mensen om meer te bewegen (4). Op deze wijze kan de (maatschappelijke) ziektelast, bijvoorbeeld door hart- en vaatziekten of stress, op langere termijn mogelijk verminderd worden (5).

Door bij het (her)inrichten van de stedelijke leefomgeving ten behoeve van klimaatadaptatie rekening te houden met de gezondheid en het welzijn van de stedelijke bewoners, kunnen dus meerdere doelstellingen op gebied van milieu en gezondheid bereikt worden. Wel is het daarbij belangrijk ook oog te hebben voor mogelijk nieuwe gezondheidsrisico's door groenblauwe maatregelen die de bereikte gezondheidswinst mogelijk deels te niet doen (6).

In dit rapport is daarom onderzocht hoe op dit moment in Nederland rekening gehouden wordt met de microbiologische waterkwaliteit in blauwe adaptatiemaatregelen en welke mogelijke gezondheidsrisico's hieraan verbonden zijn. Daartoe is een bestuursstelsel van actoren, vigerende wet- en regelgeving en stakeholders grafisch uitgewerkt op basis van diepte-interviews (**hoofdstuk 3**). Daarnaast is een systematisch literatuuronderzoek uitgevoerd om in de internationale wetenschappelijke literatuur na te gaan wat bekend is over de microbiologische waterkwaliteit en de daaraan verbonden risico's van nieuw stedelijk water (**hoofdstuk 4**). Ook zijn huidige inzichten hierover vertaald naar scenario-analyses en concrete infographics voor bewoners en gemeenten voor de gezondheidsrisico's van water op straat (**hoofdstuk 5**) en waterpleinen (**hoofdstuk 6**). Tenslotte is onderzocht op welke manier microbiologische waterkwaliteitsdata beter centraal opgeslagen en gedeeld kan worden (**hoofdstuk 7**) en welke mogelijkheden er zijn om een waterkwaliteitscheck te realiseren in RainTools van Stichting RIONED (**hoofdstuk 8**).

Daarmee is dit rapport een eerste aanzet om de gezondheidseffecten van groenblauwe maatregelen in beeld te brengen. Doel is dat kennis over de gezondheidsaspecten van klimaatadaptatie bijdraagt aan een integrale afweging van inzet van groenblauwe maatregelen en het gesprek faciliteert tussen en met belanghebbenden, zoals gemeenten, GGD'en, waterschappen, adviesbureaus en bewoners.



## 2. Overzicht van gezondheidseffecten gerelateerd aan klimaatverandering, -mitigatie en -adaptatie

### A. Wat is gezondheid?

In 1948 heeft de Wereldgezondheidsorganisatie (WHO) gezondheid gedefinieerd als 'een staat van volledig fysiek, mentaal en sociaal welbevinden en niet slechts de afwezigheid van ziekte of gebreken' (7). Destijds was deze definitie grensverleggend, omdat hij veel ambitieuzer en positiever was dan de eerdere definitie ('afwezigheid van ziekte') (5). Tegenwoordig relateert men het woord 'volledig' echter aan de medicalisering van de maatschappij, omdat bijna niemand een dergelijke staat van gezondheid bereikt (5). Bovendien zijn ziektepatronen in de loop van de tijd veranderd, onder meer door de ontwikkelingen in de bestrijding van infectieziekten. Ook hebben veranderingen in levensstijl er toe geleid dat relatief veel mensen te maken hebben met een chronische ziekte (5). Daarom is recentelijk een definitie van positieve gezondheid voorgesteld als: 'het vermogen tot autonomie in het licht van sociale, fysieke en emotionele uitdagingen' (5). Deze definitie wordt meer en meer door professionals omarmd, inclusief GGD Nederland (8).

Dit hoofdstuk geeft een algemeen overzicht van de relatie tussen (a) klimaatverandering en gezondheid, (b) klimaatmitigatie en gezondheid en (c) klimaatadaptatie en gezondheid, met een sterke nadruk op adaptatie. Mitigatie en adaptatie zijn daarbij belangrijke beleidsresponsen op klimaatverandering en kunnen bijdragen aan positieve gezondheid.

### B. Gezondheidseffecten van klimaatverandering

Op dit moment draagt klimaatverandering al bij aan vroegtijdige sterfgevallen en ziektelast (9). Dit is vooral gerelateerd aan extreem weer, veranderingen in de verspreiding van ziekteverwekkers die gevoelig zijn voor klimaat, en veranderingen in sociale- en milieuomstandigheden (9). Een aantal van de belangrijkste gezondheidseffecten gerelateerd aan klimaatverandering zijn temperatuur gerelateerde sterfte en ziekte, toegenomen gezondheidslast als gevolg van allergieën en veranderingen gerelateerd aan vector-overdraagbare, water-overdraagbare en voedsel-overdraagbare infectieziekten (10).

Deze gezondheidseffecten zijn recent ook beschreven Nederlandse Nationale Adaptatiestrategie Klimaat (NAS) (1). Onder de vijf urgente effecten van klimaatverandering die voor Nederland worden voorzien, vallen toenemende hittestress, toename van infectieziekten en allergieën en het uitvallen van vitale infrastructuur en de ruimtelijke verschuiving van ecosystemen (1).

### C. Gezondheidseffecten van mitigatie

Klimaatmitigatie omvat beleidsmaatregelen om de emissie van broeikasgassen te verminderen en het (waar mogelijk) opslaan van broeikasgassen (11). Als effectieve mitigatie wordt gehanteerd, kunnen de verwachte effecten en risico's van klimaatverandering worden verminderd of beheerst (12). De meeste maatregelen waarmee de uitstoot van broeikasgassen wordt beperkt, hebben ook gezondheidsvoordelen (13). Een voorbeeld hiervan is de reductie van de uitstoot van en blootstelling aan (ultra) fijnstof en roet door verminderde verbranding van fossiele brandstoffen. Daarnaast kan een verschuiving van gemotoriseerd transport naar meer fietsen en lopen een belangrijke bijdrage leveren aan gezondheid (13).

### D. Gezondheidseffecten van adaptatie

Klimaatadaptatie richt op aanpassing. Daarbij wordt ervan uitgegaan dat klimaatverandering optreedt. Door klimaatadaptatie wordt de uitwerking van klimaatverandering verminderd en worden kansen benut (14). De mate waarin adaptatie nodig is om de veerbaarheid van een gebied te vergroten, hangt sterk samen met de huidige kwetsbaarheid van een gebied (15). Dat gaat breder dan alleen het beperken van de directe effecten van klimaatverandering. Zo kan de veerbaarheid van een stad of wijk ook vergroot worden door bijvoorbeeld kan klimaatadaptatie in te zetten om de sociale cohesie te vergroten. Klimaatadaptatie kan dus meegekoppeld worden met andere waarden, behoeften of ontwikkelingen. Ook kunnen groenblauwe maatregelen gecombineerd toegepast worden om de veerkracht verder te vergroten (16).

## **E. Het bevorderen van de gezondheid met klimaatadaptatiemaatregelen**

GGD Nederland en het RIVM hebben recentelijk met maatschappelijke partners een aanzet gemaakt tot het definiëren van de kernwaarden van een gezonde leefomgeving (3). Volgens dit rapport is het cruciaal om aantrekkelijke plekken dicht bij woningen van mensen te creëren waar men elkaar kan ontmoeten en waar men kan ontspannen. Dat kan bijvoorbeeld een sport- en speelgebied zijn, maar ook een natuurgebied of stiltegebied. Op die manier kan bijgedragen worden aan een verbeterde sociale cohesie, vermindering van eenzaamheid en bevordering van lichaamsbeweging. Ook indirect zijn er gezondheidseffecten, zoals preventie van hart- en vaatziekten, obesitas, stress-gerelateerde ziekten en diabetes.

Door klimaatadaptatiemaatregelen te realiseren kan dus tegelijkertijd geïnvesteerd worden in een aantrekkelijke en gezonde stedelijke leefomgeving. Positieve gezondheidsaspecten geassocieerd met groene adaptatiemaatregelen omvatten bijvoorbeeld de bevordering van fysieke activiteit, verbetering van luchtkwaliteit en vermindering van hittestress (17). Groene klimaatadaptatiemaatregelen dragen bij aan de levensverwachting, de kwaliteit van (zelf-gerapporteerde) gezondheid, lagere bloeddruk, vermindering van geluidhinder en vermindering van stress (17). Mensen die dichter bij groene ruimten wonen, zijn gezonder dan mensen die verder weg wonen, zelfs rekening houdend met sociaaleconomische verschillen (18).

Positieve gezondheidsaspecten gerelateerd aan blauw adaptatiemaatregelen omvatten vermindering van hittestress, bijdrage aan geluk, vermindering van stress, bevordering van deelname aan sociale interacties en het meer tijd doorbrengen in 'blauwe ruimtes' (19). Ook is er een positief verband tussen blootstelling aan blauwe ruimten en het bevorderen van fysieke activiteit, mentale gezondheid en welbevinden (20). Verder onderzoek op dit gebied wordt momenteel uitgevoerd in het Europese Horizon2020 project 'BlueHealth' (19).

Wel is het - om effectief bij te dragen aan een betere gezondheid - belangrijk om rekening te houden met mogelijke negatieve gezondheidseffecten van klimaatadaptatiemaatregelen. Daarbij gaat het bijvoorbeeld om microbiologische gezondheidsrisico's door slechte waterkwaliteit (6), bijvoorbeeld in het geval van fontein (21). Andere gezondheidsrisico's bestaan uit een mogelijke toename van teken, muggen en ratten, toxische algenbloei en toename van allergie voor pollen (17). Daarom is het essentieel om bij het ontwerpen en beheren van groenblauwe klimaatadaptatieprojecten rekening te houden met deze aspecten. Op die manier kan klimaatadaptatie ingezet worden om de gezondheid van mensen in de stedelijke leefomgeving optimaal te bevorderen.

### 3. Het effectief sturen op gezonde klimaatadaptatiemaatregelen in stedelijk gebied

#### A. Een integrale benadering van gezond stedelijk water

Blauwe adaptatiemaatregelen hebben als doel tijdelijk water te bergen of hittestress te verminderen. Maar, deze maatregelen kunnen ook tot andere voordelen leiden, bijvoorbeeld op het gebied van gezondheid als mensen meer gaan bewegen of doordat het sociaal welzijn vergroot wordt (22). Stedelijk waterbeheer, gezondheid en duurzaamheid zouden dan ook meer als één geïntegreerd systeem benaderd moeten worden (22, 23). Daardoor kan kennis over deze aspecten vergroot worden en kunnen gezamenlijke inspanningen van beleidsmakers, gemeentelijk adviseurs en wetenschappers nieuwe oplossingen opleveren van (complexe) problemen (22, 24).

In dit hoofdstuk wordt het Nederlandse bestuursstelsel van blauwe adaptatiemaatregelen beschreven en beoordeeld vanuit het gezondheidsperspectief. Daarbij ligt de nadruk op gezondheidsrisico's gerelateerd aan de microbiologische waterkwaliteit van blauwe maatregelen. Hiervoor zijn 17 diepte-interviews gevoerd met verschillende actoren op lokaal, regionaal en nationaal niveau. Zo kon inzicht verkregen worden in de (huidige) functionaliteit van het bestuursstelsel en in welke delen van het stelsel gezondheidsaspecten in overweging worden genomen. Ook zijn mogelijke verbeteringen geïdentificeerd om gezondheid in relatie tot blauwe adaptatiemaatregelen explicieter naar voren te brengen. Op die manier kunnen gezondheidsrisico's zo veel mogelijk gereduceerd en gezondheidsvoordelen zoveel mogelijk vergroot worden.

#### B. Systematische interviews

In totaal zijn zeventien actoren van tien organisaties op lokaal, regionaal en nationaal niveau systematisch geïnterviewd: het ministerie van Volksgezondheid, Welzijn en Sport (3 personen), het ministerie van Infrastructuur en Waterstaat (voorheen Ministerie van Infrastructuur en Milieu) (1), de provincie Overijssel (1), de gemeenten Zwolle (2) en 's-Hertogenbosch (3), GGD Rotterdam-Rijnmond (2), Hoogheemraadschap Delfland (2), adviesbureau Tauw (1), adviesbureau Sanitas-Water (1), en het bedrijf Rots Maatwerk dat fonteinen bouwt en beheert (1).

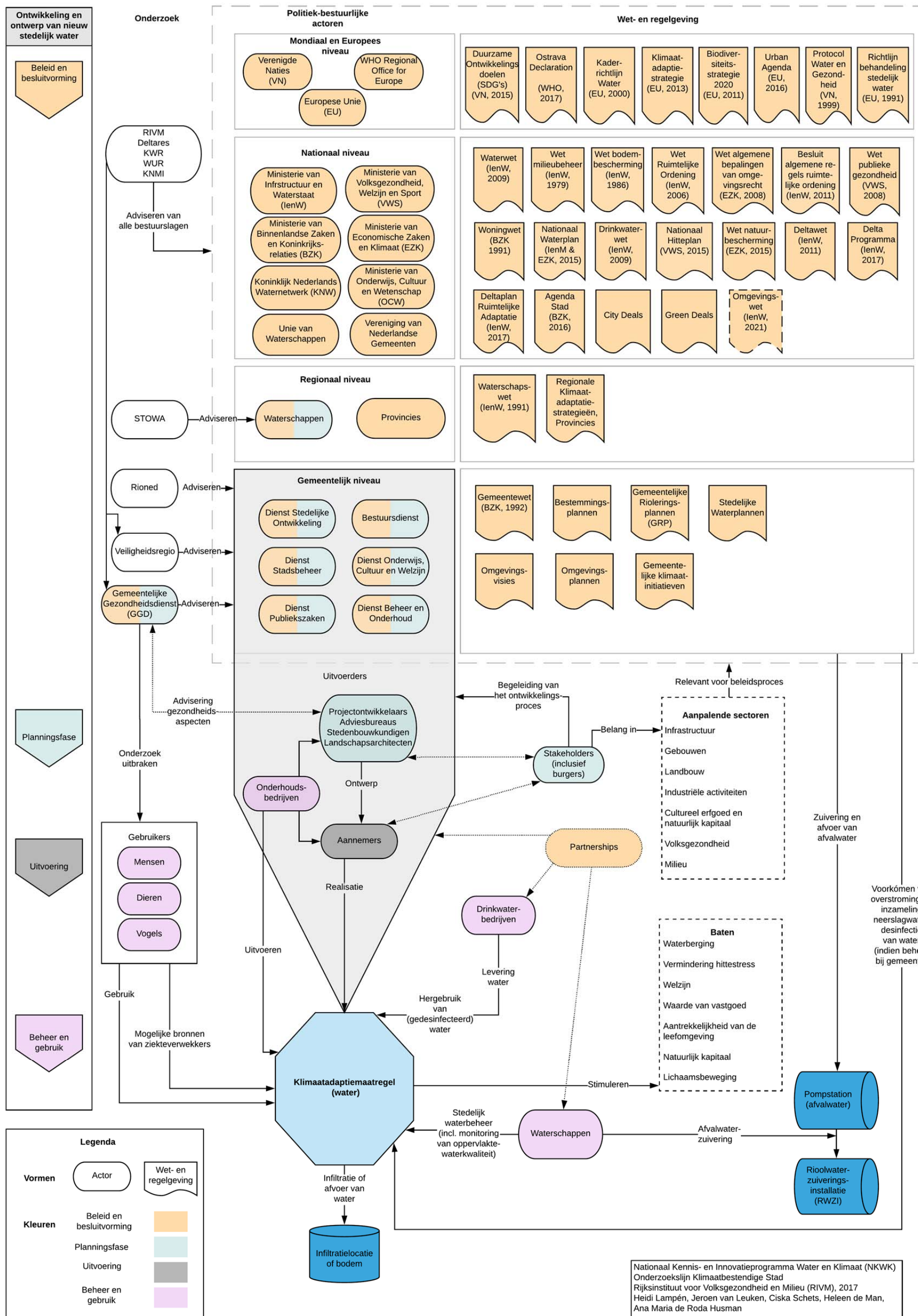
Het houden van systematische interviews en het grafisch weergeven van de resultaten daarvan is een iteratief en participatief proces (25). Gedurende de interviews zijn telkens de rollen en verantwoordelijkheden van actoren in het stelsel geïdentificeerd (25). Ook is telkens de mate waarin gezondheidsaspecten meegewogen worden, beoordeeld door de deelnemers. Zodoende werd het grafisch weergegeven bestuursstelsel na elk interview en op basis van nieuwe inzichten uit de door actoren aangedragen literatuur aangepast en verfijnd.

#### C. Beschrijving van het bestuursstelsel

Figuur 1 geeft het bestuursstelsel grafisch weer op basis van de zeventien interviews. De geïnterviewde personen identificeerden de volgende vijf hoofdstappen in het proces van totstandkoming van blauwe adaptatiemaatregelen: (a) beleid en besluitvorming, (b) projectplanning, (c) bouw, (d) onderhoud en (e) gebruik. De vier bestuursniveaus van fase (a) omvatten die van mondiaal/Europees, nationaal, regionaal en gemeentelijk. De politieke actoren op elk van deze niveaus worden geleid door en zijn verantwoordelijk voor een lijst aan beleidsdocumenten. De actoren in fase (a) worden geadviseerd door onderzoeksinstituten en de GGD.

Wanneer een blauwe adaptatiemaatregel geïmplementeerd wordt, wegen actoren in de beleids- en besluitvormingsfase belangen tegen elkaar af. Op basis daarvan kan een gemeente besluiten een bepaald ontwerp (intern of extern) te laten ontwikkelen. Vervolgens wordt de adaptatiemaatregel gebouwd (constructiefase).

Met betrekking tot het onderhoud zijn de gemeenten de belangrijkste actor. Zij kunnen het onderhoud zelf uitvoeren of uitbesteden aan een extern bedrijf. Een groot deel van de geïnterviewde personen was van mening dat idealiter gedurende alle fasen al rekening gehouden wordt met het onderhoud van de nieuwe inrichting.



Figuur 1. Grafische weergave van het bestuursysteem van blauwe adaptatiemaatregelen vanuit het perspectief van gezondheid.

#### **D. Huidige processen die van invloed zijn op gezondheidsaspecten van blauwe klimaatadaptatiemaatregelen**

Eén van de belangrijkste conclusies uit de systematische interviews was dat gezondheidsaspecten gerelateerd aan de microbiologische waterkwaliteit op dit moment niet voldoende worden meegewogen in het proces van besluitvorming, ontwerp, bouw en onderhoud van de stedelijke blauwe maatregelen. Dit is toe te schrijven aan de verdeling van rollen en verantwoordelijkheden, financiering en verschillende kennisiaten:

- Rollen en verantwoordelijkheden: een gebrek aan middelen werd zowel voor de gemeenten als voor de GGD geïdentificeerd als beperkend voor het ten uitvoer brengen van gezonde blauwe maatregelen. De GGD is formeel geen handhavend of bevoegd gezag, maar doet meestal pas onderzoek in geval van uitbraken. Wel adviseert de GGD over volksgezondheidsaspecten, maar in de praktijk ontbreken vaak de (financiële) middelen voor proactieve advisering als het gaat om (microbiologische) gezondheidsaspecten van stedelijk water. Veel gemeenten hebben geen medewerkers die aan stedelijk water werken en in het bijzonder aan het onderhoud hiervan.
- Korte-termijn financieringsprogramma's ondersteunen niet het op lange termijn in beschouwing nemen van gezondheidsaspecten van blauwe adaptatiemaatregelen. Op dit moment komt de financiering voor de bouw en het (toekomstig) onderhoud uit verschillende bronnen.
- Kennis: actoren die besluiten welk ontwerp het best past bij de doelstelling hebben niet noodzakelijkerwijs kennis over gezondheidsaspecten. Daardoor missen zijn vaak de kennis over de eisen aan een bepaald ontwerp die bijdragen aan goede waterkwaliteit en dus een betere gezondheid.

#### **E. Mogelijkheden om te zorgen voor gezonde blauwe adaptatiemaatregelen**

De geïnterviewde personen identificeerden de volgende manieren om actief gezondheidsaspecten in beschouwing te nemen bij het realiseren van blauwe adaptatiemaatregelen:

- Het is essentieel om de gezondheidsaspecten en het onderhoud van blauwe maatregelen in alle genoemde fasen in beschouwing te nemen, hier budgetten voor te reserveren en verantwoordelijkheden te beleggen.
- De geïnterviewde personen waren het er over eens dat richtlijnen voor de kwaliteit van stedelijk water essentieel zijn in de besluitvormingsfase. Het is nu onduidelijk wie verantwoordelijk is voor het in beschouwing nemen van gezondheidsaspecten, omdat structuur in de vorm van richtlijnen of regels ontbreekt.
- Het is belangrijk te starten met nieuwe innovatieve vormen van samenwerking tussen actoren om bewustwording te creëren en synergie te ontdekken in gezamenlijke projecten. Een eerste stap kan zijn het identificeren van elkaars partners die bij de besluitvorming betrokken (moeten) zijn. Een stakeholderanalyse gericht vanuit het perspectief van één of enkele actoren kan dit proces vereenvoudigen.
- Om gezonde klimaatadaptatiemaatregelen te realiseren is het belangrijk een integrale benadering toe te passen. Meest kritisch daarbij is de communicatievorm met lokale actoren als het gaat om bewustwording en motivatie om rekening te houden met gezondheidsaspecten.
- Het is belangrijk om een duurzame manier te vinden om projecten op het gebied van klimaatadaptatie en gezondheid te financieren, waarbij de voordelen voor alle partijen zo veel mogelijk geïdentificeerd worden en de financiering dienovereenkomstig verdeeld wordt. Verbeterde samenwerking en een kosten-batenanalyse kunnen hierbij helpen.

## 4. Huidige kennis over gezondheidsrisico's door blootstelling aan ziekteverwekkers in blauwe adaptatiemaatregelen (systematische literatuurreview)

### A. Doel van deze systematische literatuurreview

Klimaatadaptatiemaatregelen hebben bij de stadsplanning veel aan populariteit gewonnen. Voorbeelden hiervan zijn fontein, wadi's, waterspeelplaatsen en waterpleinen. Schets et al. (2017) brachten recent het belang van aandacht voor de microbiologische kwaliteit van dergelijke maatregelen onder de aandacht, vanwege de mogelijke gezondheidsrisico's bij blootstelling aan dit water (6). Het rapport beschrijft in het bijzonder het risico van wateroverdraagbare infectieziekten in relatie tot verschillende bestaande blauwe adaptatiemaatregelen in Nederland en de huidige initiatieven en trends in relatie tot hun realisatie en gebruik. Het rapport heeft een basis opgeleverd voor het ontwikkelen van een waterkwaliteitscheck om microbiologische risico's van blauwe maatregelen te berekenen.

Als een volgende stap naar het operationaliseren van deze waterkwaliteitscheck is een systematische literatuurreview uitgevoerd om te analyseren wat bekend is over het vóórkomen van ziekteverwekkers in blauwe adaptatiemaatregelen en welke mogelijke infectierisico's daaraan gerelateerd zijn. Dit hoofdstuk is een samenvatting van een in 2018 te publiceren wetenschappelijk artikel.

### B. Methode

In een systematische literatuurreview worden wetenschappelijke artikelen gescreend volgens een goed gedefinieerde zoekopdracht en een vaste procedure. Zodoende worden alle relevante wetenschappelijke artikelen over een specifiek onderwerp geïdentificeerd.

De onderzoeksvragen van deze systematische literatuurreview waren:

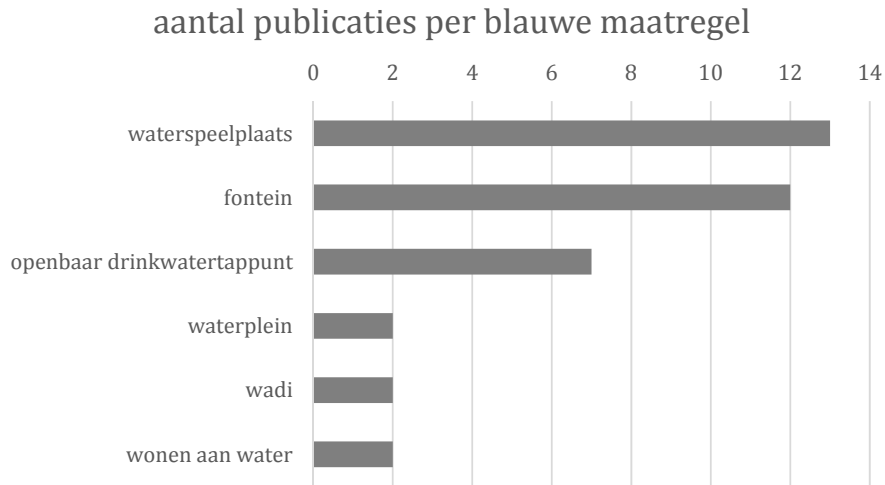
- 1) Welke blauwe adaptatiemaatregelen bestaan er aanvullend op de lijst van Schets et al. (2017)?
- 2) Welke voor de mens ziekteverwekkende micro-organismen komen voor in blauwe adaptatiemaatregelen?
- 3) Op welke manier kunnen mensen blootgesteld worden aan ziekteverwekkers in water van blauwe adaptatiemaatregelen?
- 4) Wat zijn de blootstellingsrisico's en infectierisico's gerelateerd aan blauwe adaptatiemaatregelen?
- 5) Welke (microbiologische) indicatoren voor waterkwaliteit worden gebruikt en zouden moeten worden gebruikt voor blauwe adaptatiemaatregelen?
- 6) Wat zijn de belangrijkste klimatologische, hydrologische, biologische, fysische en andere processen in blauwe adaptatiemaatregelen?
- 7) Wat zijn de belangrijkste klimaatfactoren die het aantal, het type, de virulentie en de infectiviteit van ziekteverwekkers in blauwe maatregelen bepalen??
- 8) Welke modellen bestaan er voor het simuleren van het vóórkomen van, de blootstelling aan en de infectierisico's van ziekteverwekkers uit blauwe adaptatiemaatregelen?

Gebaseerd op deze vragen is een zoekopdracht opgesteld die is ingevoerd in de databases van Scopus en Embase.com. Dit resulteerde in 148 unieke publicaties die op basis van de titels en de abstracts op relevantie zijn gescreend. De publicaties moesten op zijn minst gerelateerd zijn aan één van de geïdentificeerde blauwe maatregelen en moesten zich tenminste op één ziekteverwekker of infectieziekte richten.

Er werden 97 publicaties geselecteerd en in detail gelezen. Sommige publicaties werden alsnog buiten beschouwing gelaten, omdat ze geen van de onderzoeksvragen beantwoordden. De informatie uit de 39 artikelen die bijdroegen aan het beantwoorden van de onderzoeksvragen werd uitgewerkt in een database. De informatie in de database werd gebruikt om de bevindingen voor elke maatregel te beschrijven in de vorm van een kwantitatieve microbiologische risicoschatting.

### C. Resultaten

De 39 geselecteerde artikelen beschreven de volgende blauwe maatregelen (Figuur 2): waterspeelplaats (13 artikelen), fontein (12), openbaar drinkwaterpunt (7), waterplein (2), wadi (2) en wonen aan het water (2). Groene daken, recreatie in stedelijk water, blauwe daken, ondergrondse infiltratie en waterattractie werden niet beschreven. Geen van de artikelen bediscussieerde deze maatregelen vanuit een microbiologisch gezondheidsperspectief, wat mogelijk kan worden verklaard door het feit dat sommige van deze concepten relatief nieuw zijn.



Figuur 2. Aantal publicaties per blauwe maatregel.

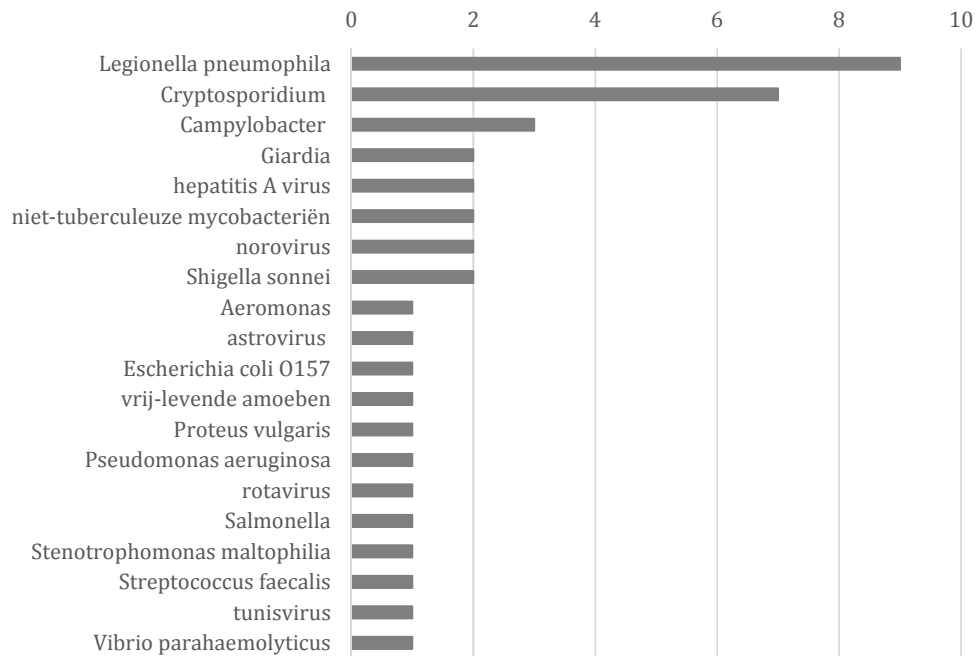
In de geselecteerde artikelen zijn in totaal 20 verschillende ziekteverwekkers beschreven (Figuur 3). De drie ziekteverwekkers die het meest in blauwe maatregelen werden geïdentificeerd, waren: *Legionella pneumophila* (9 artikelen), *Cryptosporidium* (7) en *Campylobacter* (3). De andere ziekteverwekkers waren hepatitis A-virus, *Shigella sonnei*, norovirus, niet-tuberculeuze mycobacteriën, *Giardia*, *Salmonella*, tunisvirus, vrij-levende amoeben, *Stenotrophomonas maltophilia*, *Escherichia coli* O157, *Aeromonas*, *Proteus vulgaris*, *Streptococcus faecalis*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Vibrio parahaemolyticus*, astrovirus and rotavirus.

### D. Belangrijkste conclusies

Deze systematische literatuurreview toonde aan dat water in blauwe maatregelen een risico voor de volksgezondheid kan vormen. De hoogste risiconiveaus waren geassocieerd met maatregelen waar mensen direct in contact kunnen komen met het water en waar de mate van blootstelling hoog is. Waterspeelplaatsen bevonden zich onder deze hoog-risico concepten: in de geanalyseerde artikelen werden wereldwijd zeven uitbraken (met 8 – 746 ziektegevallen per uitbraak) genoemd. In al deze gevallen was humane feces de meest waarschijnlijke bron van ziekteverwekkers. Problemen ontstonden meestal als gevolg van slecht functionerende mechanismen voor verwijdering van ziekteverwekkers, zoals de chlorering of het filtratiesysteem. Daarnaast behoren openbare drinkwatertappunten ook tot de hoog-risico maatregelen: in de artikelen kwamen drie hieraan gerelateerde uitbraken voor. Andere blauwe maatregelen waarvoor risico's werden geïdentificeerd zijn wadi's, waterpleinen, wonen aan het water en fonteinen.

Daarom is het van belang bij het ontwerpen van dergelijke blauwe maatregelen het gezondheidsaspect mee te wegen. Dit kan gedaan worden middels een kwantitatieve microbiologische risicoschatting (QMRA). Dit is een systematisch wiskundig raamwerk om op een kwantitatieve manier gezondheidsrisico's te schatten, van bron tot infectie (26). Ook kan met QMRA het effect van verschillende interventie maatregelen op het microbiologische risiconiveau worden geschat.

## aantal publicaties per ziekteverwekker



Figuur 3. Aantal publicaties per ziekteverwekker

QMRA wordt in Nederland gebruikt als wettelijk raamwerk om het microbiologische risico van drinkwater te schatten op basis van de Drinkwaterwet. Deze wet vereist dat elk drinkwaterbedrijf een QMRA uitvoert voor water-overdraagbare ziekteverwekkers om aan te tonen dat de drinkwaterzuivering goed functioneert en het gedistribueerde drinkwater microbiologisch veilig is (27). Modellen die gebaseerd zijn op het QMRA-raamwerk kunnen helpen de dynamiek van een watergebied te begrijpen door verschillende scenario's gerelateerd aan verontreiniging te beoordelen. Zij kunnen helpen bij het bevorderen van de beste waterveiligheid en milieumaatregelen (28).

In de onderzochte studies is ook QMRA uitgevoerd om de blootstelling aan vier ziekteverwekkers te schatten, te weten voor *Cryptosporidium* (29), *Campylobacter* (30), *Legionella pneumophila* (30), (31) en *Giardia* (32). Daarnaast is een QMRA uitgevoerd om blootstelling te schatten aan *Legionella pneumophila* en *Campylobacter* in een waterplein (33) en voor blootstelling aan *Campylobacter* in een wadi (34).

De komende jaren zullen blauwe maatregelen op grotere schaal worden geïmplementeerd. Echter, op dit moment zijn slechts enkele risicoschattingen uitgevoerd. Om kwantitatief de microbiologische waterkwaliteit van deze maatregelen te schatten en deze waarden te vertalen naar infectierisico's, is het waardevol om meer uitgebreide QMRA's uit te voeren om veilige ontwerpen te beoordelen en om richtlijnen voor veilig gebruik op te stellen. Verspreiding van deze kennis kan door middel van een softwaretool (zoals nu ook al bestaat voor drink- en oppervlaktewater), waar gebruikers de belangrijkste parameters van het stedelijk watersysteem kunnen invoeren om meer specifieke risicoschattingen te krijgen voor hun locaties en die informatie geeft over hoe deze risico's effectief te reduceren.



## 5. Gezondheidsrisico's van water op straat bij extreme buien

### A. Toenemende kans op water op straat door klimaatverandering

Tijdens hevige buien kan tijdelijk wateroverlast optreden. De kans hierop is in de toekomst groter door klimaatverandering (35). Veel gemeenten hebben al inzicht in de locaties waar wateroverlast optreedt op basis van gemeentelijke rioleringsplannen. In 2018 en 2019 zijn alle gemeenten wettelijk verplicht een klimaatstresstest uit te voeren als onderdeel van het Deltaplan Ruimtelijke Adaptatie (2). Hierin worden alle kritieke punten geïdentificeerd waar wateroverlast kan optreden na extreme neerslag.

Water op straat kan gezondheidsrisico's opleveren, doordat ziekteverwekkers vanuit vogelpoep of hondenpoep het water kunnen besmetten. Daarnaast komt bij extreme buien regelmatig verdund afvalwater op straat terecht. Mensen die aan hieraan blootgesteld worden, kunnen ziek worden (36).

Het doel van dit hoofdstuk is het beschrijven van de mogelijke gezondheidsrisico's door blootstelling aan water op straat en hoe deze risico's te verminderen, voor zowel burgers als de gemeente. Zie bijlage 1 voor een infographic over de gezondheidsrisico's van water op straat behorende bij dit hoofdstuk.

### B. Blootstelling aan water op straat

Wanneer mensen in direct contact komen met water op straat kunnen ze blootgesteld worden aan ziekteverwekkers. Dit treedt bijvoorbeeld op wanneer kinderen in het water spelen of wanneer mensen na wateroverlast hun stoep (of huis) schoonmaken. Het (per ongeluk) innemen van dit water kan optreden door hand-mond contact of bijvoorbeeld wanneer tijdens het spelen water ingeslikt wordt. Uit epidemiologisch onderzoek uitgevoerd na twee extreme buien in Nederland in 2013 werd geschat dat volwassenen bij direct contact gemiddeld 0.016 mL van dit water per keer inslikken en kinderen 1.7 mL per keer (37). In dit onderzoek had 53% van de onderzochte kinderen en 18% van de onderzochte volwassenen contact met water op straat, inclusief contact met water in een officiële tijdelijke berging (37).

### C. Gezondheidsklachten na blootstelling aan water op straat

Aanvullend werd onderzocht welke gezondheidsklachten bij mensen optraden (36). Bij in totaal 30 van de 68 (44%) onderzochte personen die waren blootgesteld, werden gezondheidsklachten geregistreerd: 16 van de 68 (23%) personen hadden maagdarmlklachten, 20 personen (29%) hadden griepachtige verschijnselen en 14 personen (20%) hadden huidklachten. Elf personen (16%) hebben ook daadwerkelijk een huisarts bezocht (ter vergelijking, het landelijk gemiddelde huisartsbezoek bedraagt 8% als het gaat om infectieziekten) (36).

### D. Aanwezigheid van ziekteverwekkers in water op straat

Uit monsternamen van water op straat op 18 plaatsen in Nederland werd een groot aantal ziekteverwekkers aangetoond (37). Het betrof de ziekteverwekkende bacterie *Campylobacter* die in 14 van de 23 monsters (61%) werd aangetoond; *Cryptosporidium* in 7 van de 23 monsters (30%); de parasiet *Giardia* in 8 van de 23 monsters (35%); enterovirus in 6 van de 17 onderzochte monsters (35%), en norovirus in 4 van de 17 monsters (24%). In een andere studie werden ook de aanwezigheid van *Legionella*-bacteriën aangetoond in 4 van de 13 monsters (31%) (38). Omdat specifiek het vóórkomen van *Legionella*-bacteriën geassocieerd wordt met warme en natte omstandigheden in het milieu, kunnen hierdoor in de toekomst als gevolg van klimaatverandering mogelijk extra gezondheidsrisico's, zoals longontstekingen, ontstaan (39-41).

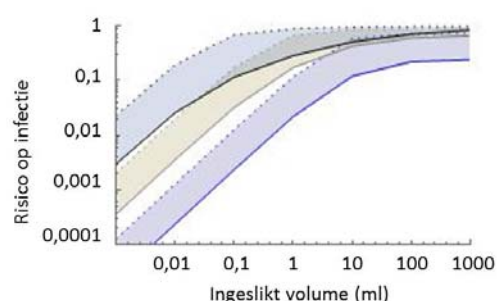
### E. Infectierisico's na blootstelling aan water op straat

De hierboven genoemde ziekteverwekkers zijn voornamelijk afkomstig uit drie bronnen: (1) Omhoogkomend rioolwater vanuit gemengde riolering; (2) Omhoogkomend regenwater afkomstig

uit hemelwaterriolering, maar mét foutaansluitingen; en (3) afstromend regenwater dat over daken en de straat spoelt en zo feces meeneemt. Afgaande op de in de literatuur beschreven data over concentraties ziekteverwekkers in water op straat en de bijbehorende dosis-effect relaties, zijn *Campylobacter jejuni*, norovirus en enterovirus de belangrijkste ziekteverwekkers (37). Op basis van de eerder gestelde volumes water die ingeslikt kunnen worden, betreft het bij blootstelling de volgende infectierisico's:

- 1) Bij water op straat dat besmet is met afvalwater afkomstig uit gemengde stelsels: ongeveer 33 van de 100 kinderen;
- 2) Bij water op straat afkomstig uit gescheiden stelsels met foutaansluitingen: ongeveer 23 van de 100 kinderen;
- 3) Bij water op straat dat besmet is met feces van vogels of honden: ongeveer 4 van de 100 kinderen.

Figuur 4 geeft het risico op infectie bij verschillende volumes die ingeslikt kunnen worden. Daarnaast hebben andere studies laten zien dat *Legionella pneumophila* vaak aanwezig was in plassen water op straat (42, 43)



Figuur 4 - Het risico op infectie is afhankelijk van ingeslikt volume (95% interval is gegeven door de gestippelde lijn) (37).

#### F. Op welke manier kan het risico verlaagd worden?

Het is in de eerste plaats belangrijk om het bewustzijn over de mogelijke gezondheidsrisico's van besmet water op straat te vergroten. Contact met water op straat, het inslikken van dit water of het inademen van aerosolen (zeer kleine waterdruppeltjes) moet zo veel mogelijk geminimaliseerd worden. Indien contact noodzakelijk is, dient men effectieve hygiënische maatregelen te treffen (44).

De belangrijkste kernboodschappen voor het communiceren over deze gezondheidsrisico's betreffen: (a) speel niet in het water; (b) was je na contact met water op straat; en (c) draag persoonlijke beschermingsmiddelen, zoals kleding, laarzen en een mondkapje, indien je in contact komt met water op straat.

Daarnaast zouden gemeenten verschillende maatregelen kunnen nemen om de gezondheidsrisico's te verminderen (37). Idealiter wordt per locatie de herkomst van water op straat geïnventariseerd en de mate van blootstelling in kaart gebracht. Zo kan een beeld verkregen worden van de zogenaamde 'hot spots' waar risico's optreden. Dit zijn de locaties waar het nemen van maatregelen het meest doeltreffend zijn voor de gezondheid. Voorbeelden hiervan zijn: (a) het gescheiden afvoeren van regenwater en afvalwater; (b) het verminderen van de hoeveelheid verhard oppervlak zodat regenwater makkelijker kan infiltreren in de bodem; en (c) het realiseren van meer bergingsruimte voor regenwater, zodat dit vertraagd kan worden afgevoerd naar de rioolzuivering of het oppervlaktewater. Op deze manier zal het water dát tijdens hevige buien op straat blijft staan een stuk en dus veiliger zijn.

## 6. Gezondheidsrisico's van waterpleinen bij extreme buien

### A. Waterpleinen in Nederland

Een waterplein is een klimaatadaptatiemaatregel in stedelijk gebied om tijdelijk grote hoeveelheden hemelwater te bergen bij extreme regenval. In afwezigheid van extreme buien biedt het waterplein recreatieve functies, zoals spelen of sporten. Op dit moment zijn in Nederland meerdere waterpleinen gerealiseerd, waaronder in de gemeenten Rotterdam en Tiel.

Tijdens en na hevige buien kunnen in waterpleinen gezondheidsklachten optreden, doordat mensen blootgesteld worden aan ziekteverwekkers in het water. Dit hoofdstuk beschrijft welke bronnen van ziekteverwekkers er zijn in waterpleinen en welke microbiologische gezondheidsrisico's dat kan opleveren. Daarnaast wordt beschreven op welke manier de gezondheidsrisico's verminderd kunnen worden. Daarbij wordt het waterplein in de gemeente Tiel als voorbeeld gebruikt.

### B. De urgentie voor een waterplein in de gemeente Tiel

In 2016 is een waterplein gerealiseerd in het oostelijk deel van de gemeente Tiel (45). Hier was sprake van wateroverlast door kwel vanuit de Waal en het Amsterdam-Rijnkanaal (46). Ook was er veel verhard oppervlak, waardoor tijdens regenval een groot deel van het afvloeiende regenwater direct in de regenwaterriolering terecht kwam.

In het nieuwe waterplein is ruimte gecreëerd voor tijdelijke berging van regenwater, terwijl bij droog weer het plein gebruikt kan worden om te spelen, sporten en skaten (45). Het waterplein is gelegen in een woonwijk. Het plein is samen met de leerlingen van de naastgelegen school ontworpen om een aantrekkelijke en uitnodigende speelplek te creëren. Alle bovengrondse delen van het waterplein zijn vrij toegankelijk.

### C. Hydrologie van het waterplein<sup>1</sup>

Regenwater stroomt via een waterpasserende verharding, groene bassins (grasveld) en een ondergrondse waterberging naar het waterplein (47). Het waterplein verzamelt het regenwater dat niet direct wordt afgevoerd of infiltreert. De waterpasserende verharding wordt gebruikt om het afstromende regenwater van de straten en de voorzijden van de woningen naar de ondergrondse waterberging te leiden. Het water van de achterzijden van de woningen wordt afgevoerd via de hemelwaterriolering en komt ook terecht in de ondergrondse waterberging. De groene bassins verzamelen het regenwater afkomstig van het schooldak en het schoolplein. Regenwater dat op het sportveld terecht komt, wordt samen met het regenwater van de omliggende straten via de ondergrondse waterberging naar de hemelwaterriolering geleid. Wanneer de capaciteit van de hemelwaterriolering wordt overschreden, stroomt het water vanuit de hemelwateropslag en riolering het sportveld op.

De waterstand in het waterplein is afhankelijk van de intensiteit en duur van de neerslag. Als er bijvoorbeeld 30 mm neerslag in een uur valt, is het waterniveau 30 cm. Als er 40 mm neerslag in een uur valt, dan stijgt het waterniveau tot 70 cm.

### D. Gezondheidsrisico's door blootstelling aan verontreinigd water in waterpleinen

Waterpleinen kunnen bijdragen aan de gezondheid van bewoners en bezoekers door beweging (48), positieve sociale interacties (49) en vergroting van de geestelijke gezondheid door de aanwezigheid van groen en water (50). Aan de andere kant kunnen gezondheidsrisico's optreden als gevolg van blootstelling aan verontreinigingen. Mensen kunnen in contact komen met ziekteverwekkers die aanwezig zijn in water van het waterplein (33). Deze ziekteverwekkers zijn voornamelijk afkomstig van fecaal materiaal in afvalwaterafvoer of uitwerpselen van dieren (33). Als mensen worden blootgesteld aan deze ziekteverwekkers, bijvoorbeeld door in het water te spelen, kunnen infecties optreden (37).

---

<sup>1</sup> Voor een gedetailleerdere beschrijving van het waterplein in Tiel wordt verwezen naar een artikel van de ontwerpers (47).

In dit hoofdstuk zijn drie scenario's doorgerekend op basis waarvan gezondheidsrisico's zijn geschat middels een kwantitatieve microbiologische risicoanalyse (QMRA). Deze risicoanalyse is gebaseerd op bestaande kwantitatieve microbiologische data uit de literatuur:

- 1) Blootstelling aan afstromend regenwater: voor het waterplein Tiel betreft dit het regenwater afkomstig van daken en de voorzijden van de woningen direct om het waterplein. Dit water kan verontreinigd zijn met vogel- en hondenpoep (37). Het risico op infectie voor dit scenario is berekend voor het referentiepathogeen *Campylobacter*. De gebruikte data zijn afkomstig van regenwatermonsters die zijn genomen van afstromend regenwater (37) en daken (51-54).
- 2) Blootstelling aan regenwater vanuit hemelwaterriolering zonder eventuele informatie over de aanwezigheid van foute aansluitingen: voor het waterplein Tiel betreft dit het sportveld dat wordt gevuld met water afkomstig vanuit de ondergrondse waterberging. Dit water is deels afkomstig uit de hemelwaterriolering vanuit de omliggende wijk en kan mogelijk verontreinigd zijn vanwege foute aansluitingen in gescheiden waterstelsels. Dat wil zeggen, bij foute aansluitingen is het hemelwater mogelijk verontreinigd met menselijke ontlasting. Naar schatting zijn ongeveer 3-10% van alle gescheiden huisaansluitingen in Nederland foutief (55).

Het risico op infectie voor dit scenario is eveneens berekend voor het referentiepathogeen *Campylobacter*. De gebruikte data zijn afkomstig van watermonsters genomen in water op straat met woningen met gescheiden stelsels (37). Het is onbekend of op deze locaties foute aansluitingen aanwezig waren.

- 3) Blootstelling aan regenwater vanuit hemelwaterriolering waarin vaststaat dat één of meerdere foute aansluitingen aanwezig zijn: dit scenario is gelijk aan scenario 2 behalve dat vaststaat dat er één of meerdere foute aansluitingen zijn. Hiervoor zijn data gebruikt waarin namelijk ook norovirus gemeten is, dat alleen aanwezig is in menselijke ontlasting. Daarom is het infectierisico voor dit scenario berekend voor de combinatie van *Campylobacter* en norovirus (37).

Deze scenarioanalyses tonen aan dat gemiddeld 2 van de 100 personen (met een onzekerheidsmarge tussen de 0 en 14) zullen worden geïnfecteerd als ze 1 mL afstromend regenwater binnen krijgen (scenario 1). Bij het inslikken van 1 mL water vanuit hemelwaterriolering zullen gemiddeld 11 van de 100 personen (onzekerheid: 0-42) geïnfecteerd raken (scenario 2). Wanneer dit water verontreinigd is door foute aansluitingen zullen 82 van de 100 personen (onzekerheid: 29-82) geïnfecteerd raken met *Campylobacter* of norovirus (scenario 3). De meest waarschijnlijke gezondheidsklachten die daarbij horen, zijn maagdarmlaaijken, zoals diarree, braken, buikpijn en misselijkheid (26).

## **E. Mogelijke maatregelen om de risico's te verminderen**

Waterpleinen dragen niet alleen bij aan klimaatadaptatie, maar bieden ook kansen om de gezondheid van mensen te bevorderen, bijvoorbeeld door meer beweging of door verbetering van welzijn. Echter, er kunnen ook belangrijke gezondheidsrisico's optreden door verontreiniging van het water met ziekteverwekkers. Om deze gezondheidsrisico's zoveel mogelijk te minimaliseren, dienen foute aansluitingen zo veel mogelijk te worden opgespoord en verwijderd. Hiervoor zouden monsternemen kunnen worden van water in de hemelwaterriolering en de ondergrondse hemelwaterberging, en getest worden op microbiologische en chemische parameters.

Daarnaast dienen bewoners en bezoekers geïnformeerd te worden over mogelijke gezondheidsrisico's en hoe zij deze zelf kunnen minimaliseren. Dit kan bijvoorbeeld door het opruimen van hondenpoep, door vogels niet te voeren en door de omgeving schoon te houden van zwerfvuil. Het toepassen van groene daken bij de huizen rondom het waterplein kan ook helpen om fecaal materiaal van vogels vast te houden in de vegetatie op het dak. Dit stimuleert afsterving van ziekteverwekkers op het dak en verlaagt daardoor de fecale verontreiniging van het water in het waterplein (52).

Zie bijlage 2 voor een infographic over de gezondheidsrisico's van waterpleinen bij extreme buien behorende bij dit hoofdstuk.

## 7. Een microbiologische waterkwaliteitsdatabase voor klimaatadaptatiemaatregelen in stedelijk gebied (inventarisatie)

### A. Doel van dit hoofdstuk

Op dit moment worden waterkwaliteitsgegevens van blauwe adaptatiemaatregelen door meerdere actoren verzameld. Deze data worden echter niet (centraal) gedeeld. Dat maakt het lastiger om tools te ontwikkelen waarmee het gezondheidsperspectief beter meegewogen kan worden in de ontwerp- en onderhoudsfase van nieuwe blauwe maatregelen (zie hoofdstuk 3).

Het doel van dit hoofdstuk is het geven van een aanzet om één database te realiseren waarin waterkwaliteitsgegevens van blauwe adaptatiemaatregelen centraal gedeeld kunnen worden. Hiermee kan de kennisbasis van microbiologische waterkwaliteit van klimaatadaptatiemaatregelen vergroot worden. Ook kan hiermee een tool ontwikkeld worden waarmee gebruikers gezondheidsrisico's beter kunnen afwegen en kunnen nagaan op welke manier de risico's verminderd kunnen worden (zie hoofdstuk 8).

### B. STOWA Database Regenwater

De meest voor de hand liggende optie is het uitbreiden van de reeds bestaande STOWA Database Regenwater met blauwe adaptatiemaatregelen en meer microbiologische parameters (56). Deze database werd in 2007 gerealiseerd en is in 2017 vernieuwd. Deze database is één van de grootste regenwaterdatabases van Europa en is open access (57). De STOWA database bevat al een aantal parameters voor de indicator micro-organismen *Escherichia coli*, intestinale Enterococci, thermotolerante coliforme bacteriën, totaal aantal coliformen, en ziekteverwekkende *Campylobacter*-soorten en *Streptococcus faecalis*.

### C. Nieuwe informatie

De database zou in ieder geval uitgebreid moeten worden met gegevens over andere ziekteverwekkers die tot dusver in blauwe adaptatiemaatregelen zijn gedetecteerd, zoals *Legionella pneumophila*, hepatitis A-virus, norovirus, *Aeromonas*-soorten en *Escherichia coli* type O157 (zie hoofdstuk 4).

Daarnaast is het belangrijk om informatie op te kunnen nemen over het type membraanfiltratie en het aantal bacteriën of virusdeeltjes.

Daarnaast is het belangrijk om informatie op te nemen over het toepassen van desinfectie en de bronnen van verontreiniging (gemengde riolering, gescheiden riolering, vogels, honden, effluent afvalwater, etc.) Om deze gegevens te kunnen gebruiken voor een kwantitatieve microbiologische risicoanalyse, dienen ook aspecten over monsternamen te worden opgenomen. Daarbij gaat het bijvoorbeeld over het volume van de monsters, de datum, het tijdstip en locatie van bemonstering.

### D. Doelgroep

De STOWA database heeft momenteel al meerdere type gebruikers. Door de database uit te breiden met microbiologische waterkwaliteitsgegevens van blauwe adaptatiemaatregelen kunnen ook waterschappen, gemeentelijk waterbeheerders, adviesbureaus of GGD-adviseurs gebruik maken van de nieuwe data. Op basis hiervan kan ook de advisering versterkt worden. Daarnaast kan de ontwikkeling van een tool om de waterkwaliteit te beoordelen hiermee gestimuleerd worden (zie hoofdstuk 8).

## 8. Het ontwikkelen van een waterkwaliteitscheck voor blauwe adaptatiemaatregelen in RainTools (inventarisatie)

### A. Het meewegen van gezondheidsaspecten in blauwe adaptatiemaatregelen

Op dit moment worden in Nederland steeds meer blauwe maatregelen ontwikkeld (6). Deze maatregelen dragen niet alleen bij aan klimaatadaptatie, ze kunnen ook ingezet worden om de gezondheid van mensen te bevorderen (zie hoofdstuk 2). Echter, als onvoldoende rekening gehouden wordt met de (microbiologische) kwaliteit van het water (wat blijkt uit hoofdstuk 2), kunnen ook gezondheidsklachten optreden, zoals aandoeningen aan de luchtwegen, het maagdarmkanaal en de huid (6).

Schets et al. (2017) stelden daarom dat het belangrijk is een (interactieve) waterkwaliteitscheck te ontwikkelen (6). Hiermee kunnen gebruikers risico's op wateroverdraagbare infectieziekten van blauwe adaptatiemaatregelen beoordelen, alsook interventies doorrekenen waarmee risico's verminderd worden. Op die manier kunnen gezondheidsaspecten vroegtijdig en effectiever in processen meegenomen worden.

In dit hoofdstuk worden op hoofdlijnen de mogelijkheden verkend om een waterkwaliteitscheck voor blauwe adaptatiemaatregelen te creëren in RainTools (ontwikkeld door Stichting RIONED en STOWA).

Dit hoofdstuk is mede tot stand gekomen op basis van een interview met Harry van Luijtelaar, senior projectmanager bij Stichting RIONED.

### B. Is een waterkwaliteitscheck in RainTools mogelijk?

Met de huidige rekenmodules van RainTools kunnen gebruikers de functionaliteiten van verschillende regenwatersystemen simuleren in geval van extreme buien (58). Er kan gekozen worden voor verschillende regenscenario's, zoals losse buien of reeksen van neerslag over meerdere jaren (59). Daarmee worden de mogelijke duur van blootstelling aan water op straat, de kans op wateroverlast, en de frequentie van het voorkomen van deze situaties berekend (nu en in de toekomst op basis van de KNMI klimaatscenario's). RainTools richt zich voornamelijk op het simuleren van waterbalansen, maar bevat ook al een module<sup>2</sup> gericht op de microbiologische waterkwaliteit van fonteynen in overstortvijvers (60).

RainTools heeft een gebruiksvriendelijke interface en geeft resultaten overzichtelijk weer. Volgens RIONED zijn er naar verwachting weinig technische uitdagingen om een waterkwaliteitscheck voor blauwe adaptatiemaatregelen te realiseren in RainTools. De grootste uitdagingen zullen het eenvoudig en begrijpelijk presenteren van de resultaten zijn, alsook het niet te ingewikkeld maken van het model.

### C. Huidige en mogelijk toekomstige gebruikers van RainTools

RainTools heeft een grote groep professionele gebruikers en wordt gebruikt door meer dan 400 Nederlandse gemeenten, waterschappen, adviesbureaus en onderwijsinstellingen (59). De belangrijkste gebruikersgroep vormen de mensen die werkzaam zijn in het gemeentelijk waterbeheer en –onderhoud. Met het realiseren van een waterkwaliteitscheck in RainTools kan een groter publiek bediend worden. Hieronder vallen bijvoorbeeld de ontwerpers van blauwe adaptatiemaatregelen, zoals landschapsarchitecten en stedenbouwkundigen in gemeenten en adviesbureaus. In het geval er een richtlijn zou komen voor stedelijke waterkwaliteit (zie hoofdstuk 3) vormen ook beleidsadviseurs een mogelijke doelgroep.

### D. Conclusies

---

<sup>2</sup> In deze module wordt de mogelijke blootstelling aan *Escherichia coli* bacteriën in fonteynen vergeleken met de richtlijnen voor goede zwemwaterkwaliteit uit de Europese Zwemwaterrichtlijn

Het grootste voordeel van het creëren van een waterkwaliteitscheck voor blauwe adaptatiemaatregelen in RainTools is deze tool reeds bestaat en gebruikt wordt door een groot aantal professionals. Als de focus van de tool vergroot wordt richting microbiologische waterkwaliteit van blauwe maatregelen, kan de potentiële doelgroep vergroot worden. Gebruikers kunnen dan bestaande en nieuwe ontwerpen doorrekenen en het effect van maatregelen waarmee gezondheidsrisico's geminimaliseerd worden, beoordelen. Zo kunnen *safe-by-design* adaptatiemaatregelen gerealiseerd worden voor optimale waterberging en vermindering van hittestress én kunnen gezondheidsrisico's zoveel mogelijk beperkt worden.

## 9. Referenties

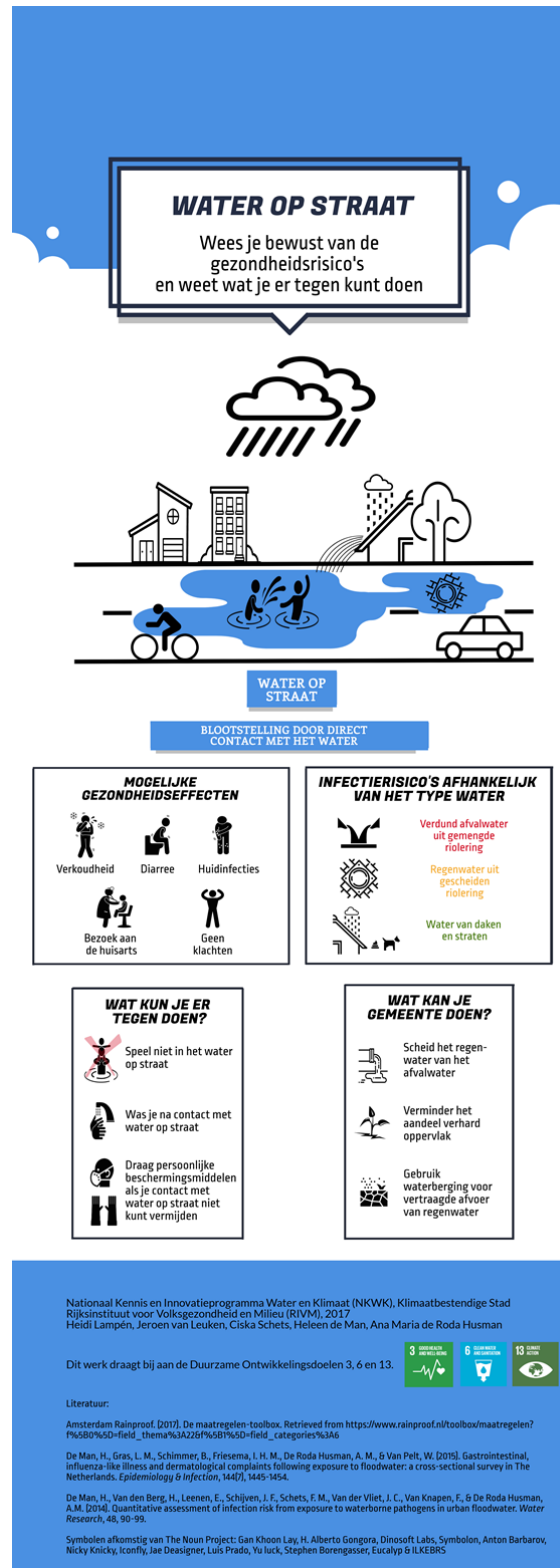
1. Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat (2016). Nationale klimaatadaptatiestrategie 2016 (NAS). URL: <https://ruimtelijkeadaptatie.nl/en/nas/>.
2. Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat (2017). Deltaplan Ruimtelijke adaptatie - Maatregelen om Nederland klimaatbestendig en waterrobuust in te richten. URL: <https://deltaprogramma2018.deltacommissaris.nl/viewer/chapter/1/2-deltaprogramma-chapter/deltaplan-ruimtelijke-adaptatie>.
3. GGD GHOR Nederland (2017). Van Normen naar Waarden - Kernwaarden voor een Gezonde Leefomgeving; Versie 1. URL: <https://www.ggdghorkennisnet.nl/nieuws/8046-van-normen-naar-waarden-kernwaarden-voor-een-gezonde-leefomgeving>.
4. Van Alphen Th LK, Kok L, Aben J, Den Hertog F, De Vries W, Maas R, Wesseling J, Staatsen B, Storm I (2018). Gezonde Omgeving Utrecht (GO! Utrecht): Handelingsperspectieven voor een gezonde leefomgeving; RIVM Rapport 2017-0189. URL: [http://rivm.nl/Documents\\_en\\_publicaties/Wetenschappelijk/Rapporten/2018/Januari/Gezonde\\_Omgeving\\_Utrecht\\_GO\\_Utrecht\\_Handelingsperspectieven\\_voor\\_een\\_gezonde\\_leefomgeving](http://rivm.nl/Documents_en_publicaties/Wetenschappelijk/Rapporten/2018/Januari/Gezonde_Omgeving_Utrecht_GO_Utrecht_Handelingsperspectieven_voor_een_gezonde_leefomgeving).
5. Huber M, Knottnerus JA, Green L, van der Horst H, Jadad AR, Kromhout D, et al. (2011). How should we define health? BMJ: British Medical Journal. 343.
6. Schets FM, De Man H, Van Leuken JPG, De Roda Husman AM (2017). De 'waterkwaliteitscheck' voor nieuwe en bestaande stedelijk waterconcepten. Bilthoven, The Netherlands: RIVM. Available from: <http://www.rivm.nl/dsresource?objectid=15ad88ce-e60f-409e-8bbe-f338f50ffa87&type=pdf&disposition=inline>.
7. World Health Organization (1948). Preamble to the Constitution of the World Health Organization as adopted by the International Health Conference, New York, 19 June - 22 July 1946; signed on 22 July 1946 by the representatives of 61 States (Official Records of the World Health Organization, 2: 100) and entered into force on 7 April 1948.
8. Van Steekelenburg E, Kersten I, Huber M (2016). 'Positieve gezondheid' in Nederland - Wie, wat, waarom en hoe? - Een inventarisatie. URL: [https://www.ggdghorkennisnet.nl/?file=34585&m=1498128506&action=file\\_download](https://www.ggdghorkennisnet.nl/?file=34585&m=1498128506&action=file_download).
9. European Environment Agency (2017). Climate change, impacts and vulnerability in Europe 2016 - An indicator-based report. EEA Report.
10. Wuijts S, Vros C, Schets FM, Braks MAH, Van Vliet AJH, Huynen MMTE (2014). Effecten klimaat op gezondheid. RIVM Rapport 2014-0044. URL: <http://www.rivm.nl/bibliotheek/rapporten/2014-0044.pdf>.
11. Huang CR, Vaneckova P, Wang XM, Fitzgerald G, Guo YM, Tong SL (2011). Constraints and Barriers to Public Health Adaptation to Climate Change; A Review of the Literature. American Journal of Preventive Medicine; 40(2):183-90.
12. IPCC (2014). Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Edenhofer O, Pichs-Madruga R, Sokona Y, Farahani E, Kadner S, Seyboth K, et al., editors. Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA: Cambridge University Press.
13. Whitmee S, Haines A, Beyrer C, Boltz F, Capon AG, de Souza Dias BF, et al. (2015) Safeguarding human health in the Anthropocene epoch: report of The Rockefeller Foundation–Lancet Commission on planetary health. The Lancet 386(10007):1973-2028.
14. Ebi KL, Semenza JC (2008). Community-based adaptation to the health impacts of climate change. American journal of preventive medicine; 35(5):501-7.
15. USGCRP (2016). The Impacts of Climate Change on Human Health in the United States: A Scientific Assessment. Washington, DC: U.S. Global Change Research Program.
16. Voskamp IM, Van de Ven FHM (2015). Planning support system for climate adaptation: Composing effective sets of blue-green measures to reduce urban vulnerability to extreme weather events. Building and Environment; 83(Supplement C):159-67.
17. Löhmus M, Balbus J (2015). Making green infrastructure healthier infrastructure. Infection Ecology & Epidemiology; 5:10.3402/iee.v5.30082.
18. Mitchell R, Popham F (2008). Effect of exposure to natural environment on health inequalities: an observational population study. The Lancet; 372(9650):1655-60.
19. Grellier J, White MP, Albin M, Bell S, Elliott LR, Gascón M, et al. (2017). BlueHealth: a study programme protocol for mapping and quantifying the potential benefits to public health and well-being from Europe's blue spaces. BMJ Open.; 7(6).



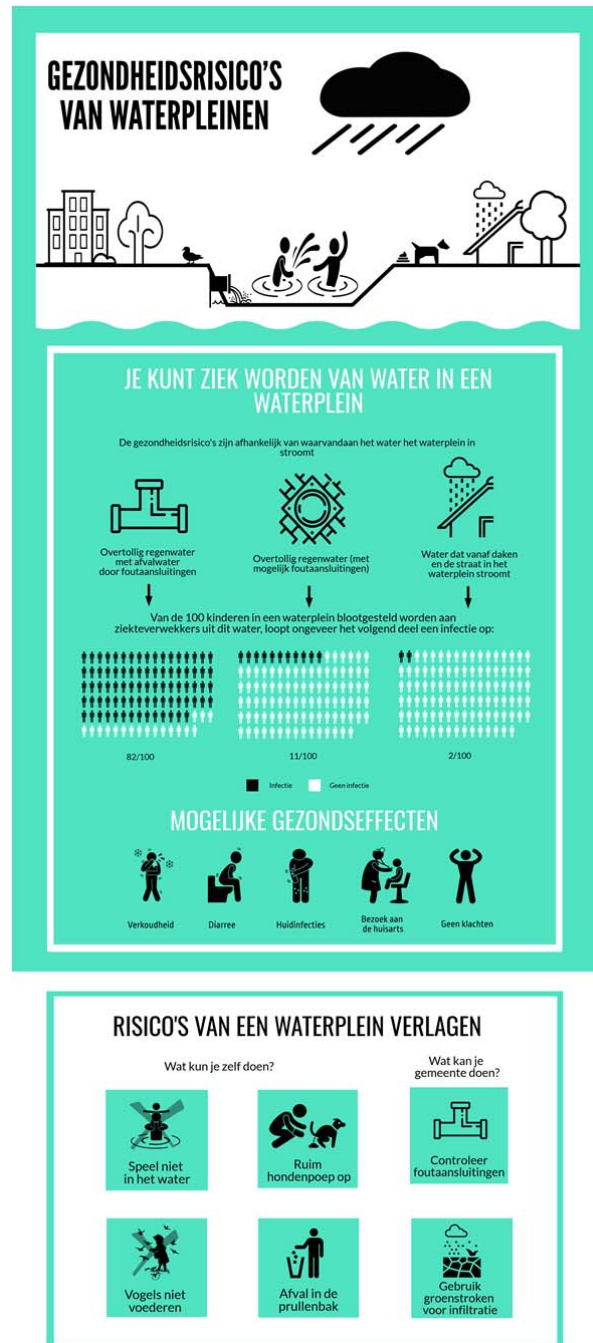
20. Gascon M, Zijlema W, Vert C, White MP, Nieuwenhuijsen MJ (2017). Outdoor blue spaces, human health and well-being: A systematic review of quantitative studies. *Int J Hyg Environ Health*. 220(8):1207-21.
21. De Man H, Heederik DDJ, Leenen EJTM, De Roda Husman AM, Spithoven JJG, Van Knapen F (2014). Human exposure to endotoxins and fecal indicators originating from water features. *Water Res*. 51: 198-205.
22. Rietveld LC, Siri JG, Chakravarty I, Arsénio AM, Biswas R, Chatterjee A (2016). Improving health in cities through systems approaches for urban water management. *Environmental Health* 15(1):S31.
23. Gleick PH (1998). Water in crisis: paths to sustainable water use. *Ecol Appl*.8.
24. Capon AG, Synnott ES, Holliday S (2009). Urbanism, climate change and health: systems approaches to governance. *N S W Public Health Bull* 20.
25. Gopal S, Clarke T (2015). System Mapping: A Guide to Developing Actor Maps. URL: <http://www.truevaluemetrics.org/DBpdfs/Initiatives/FSG/FSG-System-Mapping-Guide.pdf>.
26. World Health Organization (2011). Guidelines for drinking-water quality. URL: [http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/44584/1/9789241548151\\_eng.pdf](http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/44584/1/9789241548151_eng.pdf).
27. Petterson SR, Ashbolt NJ (2016). QMRA and water safety management: review of application in drinking water systems. *Journal of Water and Health*; 14(4):571.
28. Schijven J, Derx J, de Roda Husman AM, Blaschke AP, Farnleitner AH (2015). QMRACatch: microbial quality simulation of water resources including infection risk assessment. *Journal of environmental quality*; 44(5):1491-502.
29. Weir MH, Pepe Razzolini MT, Rose JB, Masago Y (2011). Water reclamation redesign for reducing Cryptosporidium risks at a recreational spray park using stochastic models. *Water Research* 45(19):6505-14.
30. De Man H, Bouwknegt M, van Heijnsbergen E, Leenen EJTM, van Knapen F, de Roda Husman AM (2014). Health risk assessment for splash parks that use rainwater as source water. *Water Research*; 54:254-61.
31. Sales-Ortells H, Medema G (2014). Screening-level microbial risk assessment of urban water locations: A tool for prioritization. *Environmental Science and Technology*; 48(16):9780-9.
32. Ehsan MA, Casaert S, Levecke B, Van Rooy L, Pelicaen J, Smis A, et al. (2015). Cryptosporidium and Giardia in recreational water in Belgium. *Journal of Water and Health*; 13(3):870-8.
33. Sales-Ortells H, Medema G (2015). Microbial health risks associated with exposure to stormwater in a water plaza. *Water Research*. 74:34-46.
34. Sales-Ortells H, Agostini G, Medema G (2015). Quantification of waterborne pathogens and associated health risks in urban water. *Environmental Science and Technology*. 49(11):6943-52.
35. Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut (2015). KNMI' 14 klimaatscenario's voor Nederland. URL: [http://www.climatescenarios.nl/images/Brochure\\_KNMI14\\_EN\\_2015.pdf](http://www.climatescenarios.nl/images/Brochure_KNMI14_EN_2015.pdf).
36. De Man H, Gras LM, Schimmer B, Friesema IHM, De Roda Husman AM, Van Pelt W (2015). Gastrointestinal, influenza-like illness and dermatological complaints following exposure to floodwater: a cross-sectional survey in The Netherlands. *Epidemiology & Infection*; 144(7):1445-54.
37. De Man H, van den Berg H, Leenen E, Schijven JF, Schets FM, van der Vliet JC, et al. (2014). Quantitative assessment of infection risk from exposure to waterborne pathogens in urban floodwater. *Water Res*; 48:90-9.
38. Schalk J, Docters van Leeuwen A, Lodder W, De Man H, Euser S, Den Boer J, et al. (2012). Isolation of Legionella pneumophila from pluvial floods by amoebal coculture. *Appl Environ Microbiol*. 78(12):4519-21.
39. Fisman DN, Lim S, Wellenius GA, Johnson C, Britz P, Gaskins M, et al. (2005). It's not the heat, it's the humidity: wet weather increases legionellosis risk in the greater Philadelphia metropolitan area. *The Journal of infectious diseases*; 192(12):2066-73.
40. Karagiannis I, Brandsema P, Van der Sande M (2009). Warm, wet weather associated with increased Legionnaires' disease incidence in The Netherlands. *Epidemiology & Infection*; 137(2):181-7.
41. Hicks L, Rose C, Fields B, Drees M, Engel J, Jenkins P, et al (2007). Increased rainfall is associated with increased risk for legionellosis. *Epidemiology & Infection*; 135(5):811-7.
42. Sakamoto R, Ohno A, Nakahara T, Satomura K, Iwanaga S, Kouyama Y, et al. (2009). Legionella pneumophila in rainwater on roads. *Emerging infectious diseases*; 15(8):1295.
43. Van Heijnsbergen E, Schalk JAC, Euser SM, Brandsema PS, den Boer JW, de Roda Husman AM (2015). Confirmed and Potential Sources of Legionella Reviewed. *Environmental Science and Technology*; 49(8).
44. De Man H (2014). Best urban water management practices to prevent waterborne infectious diseases under current and future scenarios: Utrecht University.

45. Dutch Water Sector (2016). De Urbanisten realises second iconic water square in Tiel, the Netherlands. URL: <https://www.dutchwatersector.com/news-events/news/20463-de-urbanisten-realises-second-iconic-water-square-in-tiel-the-netherlands.html>.
46. Gemeente Tiel (2008). Tiel East Drier and nicer - Preferred Scenario for the Fighting of Water Nuisance. URL: [http://www.future-cities.eu/uploads/media/01\\_Waterscenario\\_Tiel\\_East\\_English.pdf.pdf](http://www.future-cities.eu/uploads/media/01_Waterscenario_Tiel_East_English.pdf.pdf).
47. Rodenburg A (2014). Notitie Waterhuishouding Waterplein Tiel okt 2014 v3: Inter Delta Nederland.
48. Gehrels H, Van der Meulen S, Schasfoort F, Bosch P, Brolsma R, Van Dinther D, et al. (2016). Designing green and blue infrastructure to support healthy urban living. Available from: <https://repository.tudelft.nl/view/tno/uuid:a6836c45-9a45-4a66-b954-2c7d06e2e886/>.
49. Grellier J, White MP, Albin M, Bell S, Elliott LR, Gascón M, et al. (2017). BlueHealth: a study programme protocol for mapping and quantifying the potential benefits to public health and well-being from Europe's blue spaces. *BMJ open*; 7(6):e016188.
50. Nutsford D, Pearson AL, Kingham S, Reitsma F. (2016). Residential exposure to visible blue space (but not green space) associated with lower psychological distress in a capital city. *Health & place*; 39:70-8.
51. Schets FM, Van Den Berg HHJL, Lodder WJ, Docters van Leeuwen AE, In 't Veld S, De Roda Husman AM (2005). De microbiologische kwaliteit van hemelwater toegepast voor toiletspoeling, schoonmaken en tuinsproeien. Report No.: RIVM Report 703719009/2005.
52. Schets FM, Italiaander R, Van Den Berg HHJL, De Roda Husman AM (2010). Rainwater harvesting: quality assessment and utilization in The Netherlands. *Journal of water and health*; 8(2):224-35.
53. CRC for Water Quality and Treatment (2006). Water quality and health risks from urban rainwater tanks. In: Research Rep. Salisbury, SA,: Cooperative Research Center for Water Quality and Treatment.
54. Simmons G, Hope V, Lewis G, Whitmore J, Gao W (2001). Contamination of potable roof-collected rainwater in Auckland, New Zealand. *Water Res*; 35(6):1518-24.
55. Quist J (2012). Steeds meer detectoren sporen foute rioolaansluiting op. *Cobouw*; Sect. Techniek.
56. STOWA (2007). Achtergrondrapport Database Regenwater. URL: [http://stowa.nl/Upload/publicaties2/mID\\_4924\\_cID\\_3914\\_37570899\\_STOWA%202007%20W09.pdf](http://stowa.nl/Upload/publicaties2/mID_4924_cID_3914_37570899_STOWA%202007%20W09.pdf).
57. Boogaard FC, van de Ven F, Langeveld JG, van de Giesen N (2014). Stormwater quality characteristics in (Dutch) urban areas and performance of settlement basins. *Challenges*; 5(1):112-22.
58. Stichting RIONED (2016). Raintools controleert functioneren regenwatervoorzieningen. URL: <https://www.riool.net/-/raintools-controleert-functioneren-regenwatervoorzieningen>.
59. Van Luijtelaar DJ (2015). Raintools Software Development: Oulu University of Applied Sciences.
60. STOWA, Stichting RIONED (2016). Gezondheidsrisico's van fonteinen in overstortvijvers beoordelen met RainTools2016. URL: <http://stowa.nl/upload/Publicaties2016/2016-24%20Gezondheidsrisico%27s%20van%20fonteinen%20in%20overstortvijvers%20beoordelen%20met%20RainTools%20voor%20Web.pdf>.

# Bijlage 1 – Infographic 'Gezondheidsrisico's van water op straat'



## Bijlage 2 – Infographic 'Gezondheidsrisico's van waterpleinen'



Nationaal Kennis en Innovatieprogramma Water en Klimaat (NKWK), Klimaatbestendige Stad Ontwerp door Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM), 2017  
Heidi Lampén, Jeroen van Leuken, Ciska Schets, Heleen de Man, Ana Maria de Roda Husman

Dit werk draagt bij aan de Duurzame Ontwikkelingsdoelen 3, 6 en 13



Literatuur:

De Man, H., Van den Berg, H., Leenen, E., Schijven, J. F., Schets, F. M., Van der Vliet, J. C., Van Knapen, F., & De Roda Husman, A. M. (2014). Quantitative assessment of infection risk from exposure to waterborne pathogens in urban floodwater. *Water Research*, 48, 90-99.

De Man, H. (2014). Best urban water management practices to prevent waterborne infectious diseases under current and future scenarios. (Ph.D. thesis), Universiteit Utrecht.

Schets, F. M., Itallaender, R., Van Den Berg, H. H. J. L., & De Roda Husman, A. M. (2010). Rainwater harvesting: quality assessment and utilization in The Netherlands. *Journal of Water and Health*, 8(2), 224-235.

Symbolen afkomstig van: Andriwidodo, Anton Barbarov, Ben Davis, Gan Khoon Lay, Hopkins, Luis Prado, Symbolon, Yu luck