



## **Bodemvervuiling in wadi's onderzocht met nieuwe methode**

**Klimaatadaptatie staat in Nederland hoog op de agenda en vraagt om een andere inrichting van de openbare ruimte. Grote regenbuien passen niet in rioolbuizen dus wordt verharding vervangen door groen. Groenvoorzieningen krijgen functies als waterberging en infiltreren regenwater in de bodem, zoals bij wadi's (water afvoer drainage en infiltratie). Het afstromend regenwater dat infiltreert bevat verontreinigingen zoals PAK en zware metalen die in de toplaag van de wadi worden afgevangen. De concentraties zijn echter zo laag dat vervuiling pas na jaren meetbaar is.**

*Door: Floris Boogaard (Hanzehogeschool/Tauw)*

Omdat de oudste Nederlandse wadi anno 2019 20 jaar is, heeft een oriënterend onderzoek plaatsgevonden naar bodemkwaliteit van 30 wadi's met een nieuwe onderzoeksmethodiek. Uit dit onderzoek blijkt dat de XRF (X-ray Fluorescence) een kosteneffectieve methode is om een bodemkwaliteitscan bij wadi's uit te voeren en het milieutechnisch functioneren van wadi's te beoordelen. Op diverse locaties is oplading van de bodem met zware metalen geconstateerd en in enkele gevallen zijn maatregelen gewenst. Een workshop over deze onderzoeksresultaten leverde veel reacties op.

Dit artikel geeft een kort overzicht van 20 jaar Nederlandse literatuur over de kwaliteit en infiltratie van afstromend regenwater en de eerste resultaten van oriënterend onderzoek naar de bodemkwaliteit van wadis in Nederland met een nieuwe in situ bemonsteringsmethodiek.

### **Wadi's**

De eerste wadi's zijn twintig jaar geleden aangelegd om hemelwater te bergen, infiltreren en zuiveren en negatieve effecten als riooloverstorten te verminderen. Anno 2019 zijn er verspreid over Nederland meer dan 250 woonwijken met wadi's in kaart gebracht door het open source platform [www.climatescan.nl](http://www.climatescan.nl) (Boogerd e.a. 2017) (afbeelding 1).

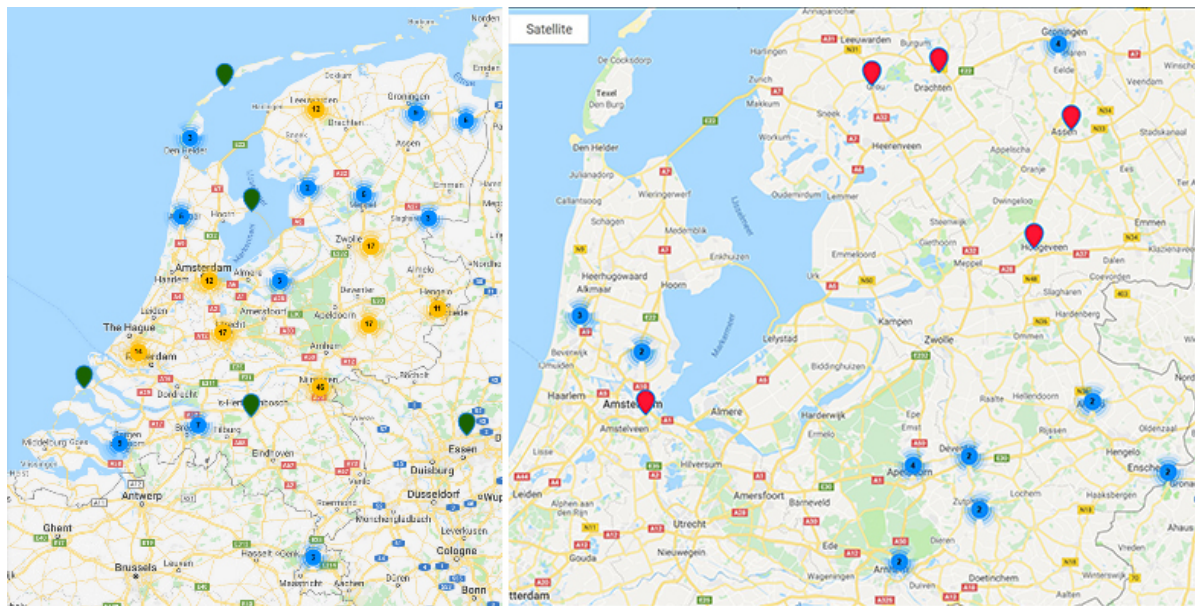
Die gegevens zijn echter niet volledig, waarschijnlijk zijn er meer dan 500 woonwijken waar regenwater zichtbaar wordt afgevoerd naar wadi's. Een

enkele gemeente telt zelfs meer dan 200 wadi-compartimenten. Naar het hydraulisch functioneren van wadi's is in de loop van de jaren veel onderzoek uitgevoerd. Van de meeste begroeide wadi's wordt het hydraulisch functioneren als goed beoordeeld door gemeenten en waterschappen. Het regenwater infiltreert vrijwel altijd binnen 24 uur, ook op plekken in laag Nederland met hoge grondwaterstanden en slechte doorlatende bodem (Boogaard e.a. 2000 en 2018).

Over het milieutechnisch functioneren van de Nederlandse wadi's op de lange termijn is minder bekend. Uit de regenwaterdatabase (STOWA, Boogaard e.a. 2007) is bekend dat afstromend regenwater verontreinigingen als PAK en zware metalen bevat. Anno 2019 zijn er meer dan 6000 metingen bekend van de zware metalen koper, lood en zink. De gemiddelde concentraties in het afstromend regenwater van woonwijken (dak en weg) zijn respectievelijk 5, 28 en 47 microgram per liter.

Deze metalen worden in de toplaag van wadi's worden vastgelegd (Boogaard e.a. 2004). Daarom zijn er 20 jaar geleden (waterschap afhankelijke) richtlijnen gepubliceerd die onder andere aangeven welke verharde oppervlakken je zou kunnen aansluiten op infiltratievoorzieningen (Boogaard e.a. 2003) en welk bodemmengsel en welke filterlaagdikte deze toplaag moet hebben (RIONED 2006). Daarnaast bevatten deze richtlijnen praktische aanbevelingen voor natuurvriendelijke begroeiing van wadi's (STOWA 2003, 2007).

De mate en snelheid van vervuiling van de toplaag van wadi's is van veel factoren afhankelijk (ontwerp, aanleg, gebruik en beheer van wadi en omgeving) en locatie specifiek, waardoor het milieutechnische gedrag van wadi's lastig is te voorspellen. Om deze reden wordt in richtlijnen voor infiltratievoorzieningen aanbevolen elke 5 jaar de bodemkwaliteit van de toplaag van wadi's te onderzoeken. Dit wordt echter in de praktijk vrijwel nooit gedaan, onder andere vanwege de kosten en onbekendheid met de zuiverende werking van het wadi systeem.



**Afbeelding 1.** Links: in meer dan 250 woonwijken verspreid over Nederland liggen wadi's (zie [hier](#) voor de bron). Rechts: onderzochte wadi's in dit onderzoek (zie [hier](#) voor de bron)

## Onderzoeksmethodiek

Het onderzoeken van meer dan 500 wadiwijken door middel van bodemonsters vergt veel tijd en geld. Daarom is het milieutechnisch functioneren van regenwatervoorzieningen niet grootschalig en systematisch onderzocht. Een XRF (X-ray Fluorescence, oftewel een röntgen fluorescentie spectrometer) meet diverse chemische elementen waaronder zware metalen.

De XRF zendt röntgenstraling uit; de aanwezige elementen in de monsters gaan daardoor fluoresceren, elk op hun eigen wijze, wat weer gemeten wordt. De resultaten zijn meteen in het veld zichtbaar zodat een meetplan op basis van voortschrijdende kennis kan worden aangepast. Geen onnodige bodemanalyses in wijken waar geen overschrijdingen van streef- en interventiewaarden worden aangetroffen, en meteen nader onderzoek naar omvang en bron van de vervuiling bij wadi's met hoge concentraties.

## Onderzoeklocaties

Met de XRF zijn 30 wadi's onderzocht (afbeelding 1) na oproepen op social media (LinkedIn, afbeelding 2). Uit de suggesties is een selectie gemaakt. De onderzochte wadi's zijn ouder dan 10 jaar en hebben een relatieve kleine berging (veel aangesloten verharding op relatief klein bodemoppervlak). Daarnaast is gekeken naar omstandigheden als het gebruik van zware metalen als dakbedekking. De voorkeur ging uit naar wadi's waarover relatief veel informatie beschikbaar was (milieukundige en hydraulische metingen, tekeningen, logboek van beheerders). De 30 wadi's liggen in diverse provincies, zowel in laag als in hoog Nederland (zie afbeelding 1).

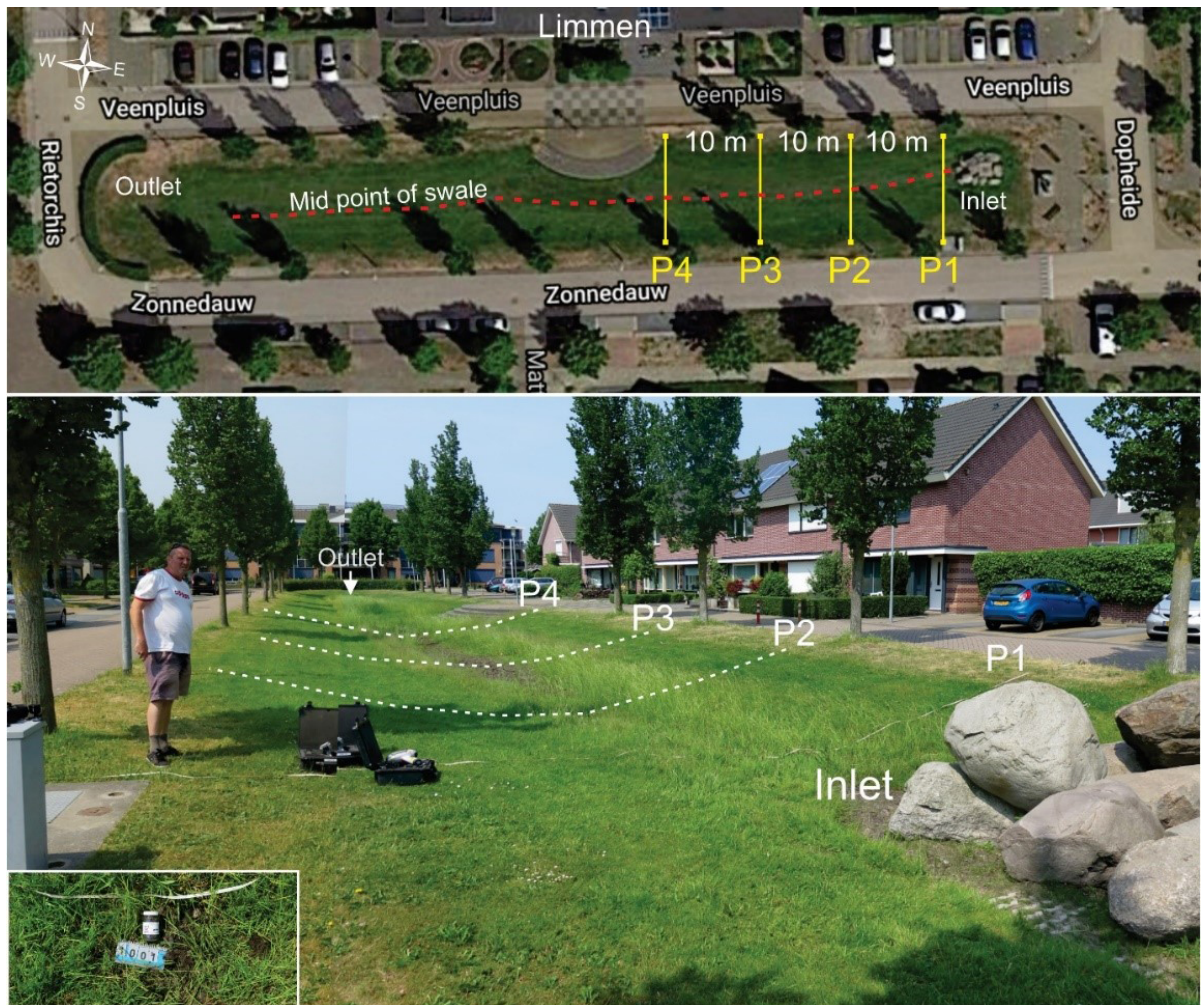


### ***Afbeelding 2. Gebruik van social media (LinkedIn) om onderzoekslocaties te vinden***

Afbeelding 3 toont de meetmethodiek. Haaks op de lengterichting van de wadi's zijn een aantal meettraaien aangebracht met een onderlinge afstand afhankelijk van de wadi (meestal 10 meter). In een meetraai is per meter een XRF-analyse uitgevoerd. Tevens zijn bodemonsters genomen

- ter verificatie van de XRF-metingen (zware metalen)
- voor de bepaling van overige stoffen (o.a. PAK, olie)
- om de bodemsamenstelling van de toplaag van de wadi vast te stellen (lutum- en humusgehalte).

Voor de XRF-analyses zijn drie verschillende apparaten gebruikt en onderling vergeleken. De bodemanalyses zijn in twee verschillende laboratoria uitgevoerd.



**Afbeelding 3.** Vanuit het instroompunt van de wadi zijn 3 raaien gemaakt met een onderlinge afstand van 10 meter, waarin per meter een XRF-meting wordt verricht. Voor de verificatie van de XRF-resultaten zijn bodemonsters (linksonder) genomen.

### Internationaal Onderzoek en onderwijs

Het onderzoek is geïnitieerd door Hanzehogeschool Groningen in samenwerking met diverse partijen in het kader van twee EU projecten:

- Interregionaal VB-project WaterCoG (over governance bij implementatie van regenwatervoorzieningen). Centrale vraag: hoe houden we de diverse stakeholders in het waterbeheer betrokken bij aangelegde watervoorzieningen? (meer info: [www.northsearegion.eu/watercog](http://www.northsearegion.eu/watercog)).
- JPI Europe project INXCES (INnovations for eXtreme Climatic Events). Centrale vraag: hoe functioneren regenwatervoorzieningen op lange termijn en in diverse klimatologische omstandigheden? (project met Zweden, Noorwegen en Roemenië, meer info: [www.inxc.es](http://www.inxc.es)).

Bij deze projecten wordt bij voorkeur gewerkt in een *triple helix setting* (betrokkenheid van academische wereld en private en publieke partijen) waarbij de eindgebruiker vooraf en tijdens het onderzoek wordt betrokken: het onderzoek is *end user orientated*. Diverse gemeenten en waterschappen zijn betrokken bij dit onderzoek alsmede derden via de eerdergenoemde oproep op social media, en de resultaten zijn in een workshop met de landelijke organisaties STOWA en Stichting RIONED besproken.

In een internationaal *climatecafé* hebben ook het bedrijfsleven en het onderwijs een belangrijke rol vervuld. Bij een climatecafé staat onderzoek met onderwijs centraal alsmede de (wetenschappelijke) publicatie ervan. In [climatecafé Groningen](#) (zie afbeelding 4) kwamen diverse (inter-)nationale stakeholders samen om kennis uit te wisselen omtrent effecten van klimaatontwikkeling, en er zijn ook metingen verricht, waaraan docentonderzoekers en studenten hebben meegedaan.

In juni 2019 zal in het kader van het eindsymposium van de EU-projecten MUFFIN, INXCES en SURF een climatecafé plaatsvinden in Malmö (Zweden), waar meer dan 15 jaar geleden wadi's zijn aangelegd in de wijk Augustenburg (<https://climatecafe.nl/news>).

De onderzoeksresultaten van de wadi-metingen alsmede de samenwerking in climatecafés wordt *open source* gepubliceerd onder de vlag van WaterCoG en INXCES. Diverse internationale partners hebben interesse in de onderzoeksresultaten, omdat in de meeste landen wadi's nog niet of nog maar kort zijn geïmplementeerd, en wadi's in de toekomst op grote schaal zullen worden toegepast in het kader van klimaatadaptatie (bijvoorbeeld 'sponge cities' in Azië).



*Afbeelding 4. Wadi-onderzoek in samenwerking met bedrijfsleven, overheid (gemeente en waterschappen) en onderwijs en onderzoek (in dit geval Hanzehogeschool Groningen en Norges Geologiske Undersøkelse (NGU, geologische dienst Noorwegen).*

## **Resultaten**

Bij circa 1 op 5 locaties zijn de interventiewaarden bodemsanering voor koper, lood of zink overschreden (met name zink). Hoge concentraties in de bodem van wadi's zijn in het algemeen aangetroffen bij inlaten van regenwater, waar veel sediment met daaraan gebonden verontreinigingen zich ophoopt en het meeste water infiltreert. In de meeste gevallen zijn de zware metalen afkomstig van een duidelijke bron c.q. toepassing.

In vrijwel alle gevallen vindt oplading plaats: in de wadibodem zijn hogere concentraties aangetroffen dan in de bodem net boven de slokop of net naast de wadi (referentie bodemkwaliteit). De referentie bodemkwaliteit is een plek in of nabij de wadi waar geen afstromend regenwater infiltreert maar waar de bodem wel blootstaat aan dezelfde atmosferische depositie en andere omstandigheden.

Aanvullend onderzoek zal plaatsvinden naar de herkomst en diepte van verontreiniging op locaties waar interventiewaarden zijn overschreden. Hierbij zullen bij voorkeur niet alleen zware metalen en PAK worden meegenomen, maar ook andere stoffen.

## **Bespreking met vakwereld**

Over de resultaten van dit onderzoek heeft op dinsdag 16 april 2019 de workshop 'Bodemkwaliteit van wadi's' plaatsgevonden. De workshop werd gehouden door Stichting RIONED en STOWA met ca 30 aanwezigen uit het werkveld: gemeenten, waterschappen, milieudiensten (Nederland en België), adviesbureaus en landelijke organisaties. De meeste aanwezigen werken al jaren met wadi's.

In de discussie bleek dat de conclusies globaal het beeld bevestigen dat 20 jaar geleden bestond bij het begin van grootschalige toepassing van wadi's. Niet iedereen is anno 2019 nog bekend met deze historische keuzes en met de effecten van wadi's op het waterbeheer. Bewustwording en communicatie is gewenst. Het betrekken van onderwijs bij deze metingen en workshops is daarin een goede eerste stap.

Onderhoud en monitoring van de wadi's blijft van belang om ongewenste effecten te voorkomen, met name in situaties waar de infiltratievoorzieningen

ook als speelplaatsen voor kinderen worden gebruikt. Een brainstorm over maatregelen leverde ideeën op over sanering maar ook over andere ontwerprichtlijnen en over aanpassing van bestaande wadi's om het contact met grond bij instroompunten te beperken. Aanbevolen wordt dat gemeenten, voor zover nog niet aanwezig, beheerplannen maken voor hun infiltratievoorzieningen inclusief monitoring.

De resultaten en ideeën uit de workshop worden gebruikt bij updates van richtlijnen voor ontwerp, aanleg en beheer van wadi's in de Kennisbank Stedelijk Water van Stichting RIONED.



***Afbeelding 5. Workshop 'Bodemkwaliteit van wadi's' op 16 april 2019***



### DRIE QUOTES UIT DE WORKSHOP 'BODEMKWALITEIT VAN WADI'S'

**Hugo Gastkemper** (stichting RIONED): *“Dit onderzoek met de XRF-methode geeft de aanwijzing dat de oplading van wadibodems vooral plaatsvindt bij instroompunten. Eventuele maatregelen, zoals afscherming of afgraven, zijn daardoor beperkt en goed te bepalen. De aanbeveling om wadi's te monitoren krijgt hiermee praktische en beheersbare invulling. Stichting RIONED neemt de onderzoeksresultaten mee in de actualisatie van de richtlijnen voor ontwerp, aanleg en beheer van wadi's in de Kennisbank Stedelijk Water.”*

**Gerdrick Bruins** (waterschap Vechtstromen, betrokken bij eerste wadi implementatie in Nederland): *“De conclusies uit dit onderzoek bevestigen globaal de aannames die we 20 jaar geleden hadden toen we begonnen met wadi's voor waterberging, grondwateraanvulling en zuivering van afstromend hemelwater. Wadi's waren juist bedoeld als oplossing voor de negatieve effecten van riooloverstorten en lozingen van gescheiden rioolstelsels. Niet iedereen is anno 2019 nog bekend met deze 'historische' keuzes en effecten op waterbeheer. Het is goed ons daarvan bewust te zijn als we de resultaten van dit onderzoek zien.”*

**Bert Palsma** (programmacoördinator STOWA): *“De resultaten van dit onderzoek komen op hoofdlijnen overeen met onze verwachtingen. De afgelopen jaren is al veel kennis van de kwaliteit van afstromend en infiltrerend regenwater in stedelijk gebied en bijvoorbeeld regenwater afkomstig van wegen verzameld en beschikbaar gemaakt. Veel stoffen – zoals bijvoorbeeld koper en zink – in regenwater hechten prima aan de bodem. Juist in een aangelegde voorziening zoals een wadi kan die filterende werking beheersbaar worden ingezet. Een vinger aan de pols hoort daarbij en ondersteunt het juiste ontwerp en beheer.”*

### Actualiteit en relevantie onderzoeksresultaten

Alle gemeenten zijn verplicht om voor 2020 door middel van stresstesten gebieden te identificeren waar klimaat adaptieve inrichting nodig is. In Nederland is het gebruik van wadi's de meest toegepaste methode om water te bergen en infiltreren.

Er is echter nog te weinig kennis omtrent het milieutechnisch functioneren op de lange termijn van de bodem van deze voorzieningen. Er is nog geen concreet beleid voor de mogelijke bodemverontreiniging door klimaat

adaptieve maatregelen als wadi's, bio-infiltratie, regenwatertuinen en dergelijke. De resultaten van dit onderzoek zijn van belang voor alle stakeholders in steden in binnen- en buitenland die bezig zijn met klimaatadaptatie, met 'sponge cities' en 'operatie steenbreek' in het bijzonder.

De resultaten worden (inter)nationaal gepubliceerd in (wetenschappelijke) tijdschriften en gepresenteerd op congressen als Bodembreed (16 mei 2019 in Nijmegen) en de 4th European Climate Change Adaptation conference ECCA van 28 tot 31 mei in Lissabon (klik [hier](#) voor meer info).

*Dit onderzoek is uitgevoerd met projectpartners van de Europese projecten INXCES (innovations for extreme climate events) and WaterCoG met dank aan Tauw, Stichting RIONED en STOWA.*

#### MEER INFO

Videos onderzoek en resultaten: <https://www.climatescan.nl/projects/2528/detail> (met Video Impressie bijeenkomst: <https://www.youtube.com/watch?v=Rk4jlfXU2aQ>)  
[www.climatescan.nl](http://www.climatescan.nl)  
[www.climatecafe.nl](http://www.climatecafe.nl)

#### REFERENTIES/LINKS

##### **Richtlijnen wadi's**

- STOWA (2003). [Vooronderzoek natuurvriendelijke wadi's Inrichting, functioneren en beheer](#). Rapportnummer 2003-04, ISBN nummer 90.5773.207.6 Stowa 2003
- Stichting RIONED (2006). [Wadi's: aanbevelingen voor ontwerp, aanleg en beheer](#). Stichting RIONED, 2006.
- STOWA (2007). Zuiverende voorzieningen regenwater – verkenning van de kennis van ontwerp, aanleg en beheer van zuiverende regenwaterstystemen. ISBN 978.90.5773.369.7 (rapport 2007-20), Amersfoort, 2007.

##### **Hydraulisch functioneren wadi's**

- Boogaard F.C., Wentink R, (2000). Eerste meetjaar in Enschede afgerond, wadi's lijken goed te functioneren. H2O nr. 16 2000.
- Boogaard F., Feringa K., Hof A., Kluck J. (2016). Floodfighting in Almere: [Onderzoeksresultaten hydraulisch functioneren wadi's en doorlatende verharding in Almere](#). H2O 2016.
- Boogaard F.C., Rozendaal B., Steenbruggen G.P.R (2017). [Overschatten we het hydraulisch functioneren van wadi's en doorlatende verharding?](#) H2O online, 21 juni 2017.
- Boogaard F.C., Klomp T. (2018). Onderzoek (in Dalfsen) naar [functioneren regenwaterinfiltratievoorzieningen, wat doet wadi na extreme droogte?](#) Riolering augustus/september 2018 (jaargang 24).

##### **Kwaliteit afstromend regenwater**

- Boogaard F.C, van de Meijden H., Speelman J.P. (2003). Beslisboom afkoppelen 2003, H2O 2003.
- Boogaard F.C, Schipper P, Speelman J.P (2004). [Wadi's laten nauwelijks metalen door](#). Riolering page 27-30, september 2004.
- Boogaard F.C. Lemmen G., Palsma B. (2007). [Analyse van de meest gestelde vragen over de kwaliteit van Regenwater](#), H2O nr. 24, 2007.
- STOWA 2007. De feiten over de kwaliteit van afstromend regenwater. Rapport 2007-21.

### ***Climatescan***

- F. Boogaard , J. Tipping , T. Muthanna , A. Duffy , B. Bendall , J. Kluck . (2017). [Web-based international knowledge exchange tool on urban resilience and climate proofing cities: climatescan](#), 14<sup>th</sup> IWA/IAHR international conference on urban drainage (ICUD), 10-15 September 2017, Prague.