



Hogeschool van Amsterdam

KENNISCENTRUM TECHNIEK

EXTREME NEERSLAG

ANTICIPEREN OP EXTREME NEERSLAG IN DE STAD

Jeroen Kluck
Rutger van Hogezaad
Eric van Dijk
Jan van der Meulen
Annelies Straatman

PUBLICATIREEKS HVA KENNISCENTRUM TECHNIEK

In deze publicatiereeks bundelt het Kenniscentrum Techniek van de Hogeschool van Amsterdam de resultaten van praktijkgericht onderzoek. De publicatie is gericht op professionals. Het ontsluit kennis en expertise die via praktijkgericht onderzoek van de HvA in en vanuit de Metropoolregio Amsterdam wordt verkregen. Deze publicatie geeft de lezer handvatten om tot verbetering en innovatie in de technische beroepspraktijk te komen.

Domein Techniek

Domein Techniek van de Hogeschool van Amsterdam is de grootste technische HBO van Nederland. Het domein bestaat uit elf technische opleidingen en twee technische leerroutes. Het palet aan opleidingen is zeer divers, van E-Technology tot Logistiek, van Bouwkunde tot Forensisch Onderzoek en van Maritiem Officier tot Aviation Studies.

Onderzoek bij domein Techniek

Onderzoek heeft een centrale plek bij domein Techniek. Dit onderzoek is geworteld in de beroepspraktijk en draagt bij aan de continue verbetering van de kwaliteit van het onderwijs en aan praktijkinnovaties. Het praktijkgericht onderzoek van de HvA heeft drie functies:

- Het ontwikkelen van kennis
- Ervoor zorgen dat (de ontwikkelde) kennis ten goede komt aan de beroepspraktijk en maatschappij
- Ervoor zorgen dat (de ontwikkelde) kennis doorwerkt in het onderwijs, inclusief de professionalisering van docenten

Domein Techniek kent 5 onderzoeksprogramma's die allen nauw gekoppeld zijn aan een deel van de opleidingen. De programma's zijn:

1. Aviation
2. CleanTech
3. De Stad
4. Forensisch onderzoek
5. Mainport Logistiek

Het HvA Kenniscentrum Techniek is dé plek waar de resultaten van het praktijkgericht onderzoek worden gebundeld en uitgewisseld.

Redactie

De publicatiereeks is uitgegeven door het HvA kenniscentrum Techniek. De redactie is gevormd door lectoren en onderzoekers van het domein Techniek van de HvA, eventueel aangevuld met vertegenwoordigers van bedrijven en ander kennisinstellingen. De redactie verschilt per publicatie.

COLOFON**Uitgave:**

Hogeschool van Amsterdam

Kenniscentrum Techniek

<http://www.hva.nl/kenniscentrum-dt/>

Onderzoeksprogramma 'Water in de stad'

<http://www.water-hva.nl>

Deze publicatie is op bovenstaande sites als pdf te downloaden

Tekst:

Jeroen Kluck (HvA)

Rutger van Hogezaand (HvA)

Eric van Dijk (HvA)

Jan van der Meulen (HvA)

Annelies Straatman (HvA)

Eindredactie:

prachtig, Utrecht

Grafische vormgeving:

Abdelkader Nassiri (HvA)

Opmaak:

Nynke Kuipers

Drukwerk:

SDA Print +Media

September 2013

©Kenniscentrum Techniek, Hogeschool van Amsterdam

1	INLEIDING	07
1.1	Inleiding	07
1.2	Aanleiding	07
1.3	Doelgroep en scope	07
1.4	Probleemstelling.....	09
1.5	Doel onderzoek en onderzoeksvragen	11
1.6	Leeswijzer	11
2	OMGAAN MET ONZEKERHEDEN	13
2.1	Inleiding.....	13
2.2	Welke onzekerheden zijn er?	15
2.3	Welke zekerheden zijn er wel?	15
2.4	Werkwijze	17
3	WERKWIJZE ANTICIPEREN OP EXTREME NEERSLAG	19
3.1	Inleiding.....	19
3.2	Werkwijze.....	19
3.3	Evaluatie werkwijze aan de hand van casestudies	26
4	CONCLUSIES ANTICIPEREN OP EXTREME NEERSLAG	31
	ONDERZOEKSRESULTATEN	35
	BIJLAGE A: BIJLAGE: EXTREME NEERSLAG	37
	BIJLAGE B: BIJLAGE: ANALYSE EXTREME NEERSLAG	51
	BIJLAGE C: BESLUITVORMING	61
	BIJLAGE D: SCHADE DOOR EXTREME NEERSLAG	71
	LITERATUURLIJST	76

1 INLEIDING

1.1 Aanleiding

'Brandweer uren bezig om water uit kelders en tunnels te pompen'. 'Ondergelopen kelders, woningen en tunnels'. 'Straten staan blank en putdeksels komen omhoog'. Het zijn zomaar wat koppen over extreme neerslag die afgelopen jaar het nieuws haalden. Gemeenten worden steeds vaker geconfronteerd met wateroverlast als gevolg van hevige neerslag. Ze vragen zich met recht af of de extreme buien van de laatste jaren een voorbode zijn voor de toekomst. En of de toegenomen kans op wateroverlast gevolgen zou moeten hebben voor de manier waarop gemeenten de openbare ruimte inrichten en rioolstelsels ontwerpen en bouwen.

Bovenstaande vragen vormen het uitgangspunt voor het onderzoek 'Anticiperen op extreme regenval in de stad' aan de Hogeschool van Amsterdam. Het onderzoeksteam, onder leiding van Jeroen Kluck, lector water in en om de stad, bestaat uit drie ervaringsdeskundigen die werkzaam zijn, of zijn geweest, bij verschillende adviesbureaus. Een consortium, bestaande uit de gemeenten Eindhoven, Apeldoorn, Bergen en Beverwijk, en Waternet, Stichting RIONED, Tauw en de Urbanisten, begeleidt het onderzoek. Daarnaast hebben studenten in minor (onderdeel van studie) en

afstudeerstudenten bijgedragen aan het onderzoek. Het onderzoek wordt gefinancierd vanuit RAAK-Publiek van de Stichting Innovatie Alliantie (SIA). RAAK-publiek is gericht op het stimuleren van samenwerking en kennisuitwisseling tussen hogescholen en professionals in de publieke sector.

1.2 Doelgroep en scope

Doelgroep

Deze publicatie is bedoeld voor professionals in het werkveld van water en riolering, en van groen, verkeer, beheer, stedenbouw en RO.

Extreme neerslag

Onder extreme neerslag verstaan we neerslag met een tijdsduur van maximaal enkele uren.

Onzekerheden

Deze publicatie geeft inzicht in de onzekerheden die spelen bij het omgaan met extreme neerslag, waarom u ermee aan de slag moet en hoe u het onderwerp kunt aanpakken. Ook hebben we, ter inspiratie, verschillende kaders opgenomen met ervaringen van andere gemeenten.



Deventer, 26 augustus 2010

Wateroverlast in gemeenten

Enschede en Deventer, 20 juni 2013: Binnen één uur valt er in Enschede net zo veel regen als er normaal in een maand valt. In sommige straten staat wel 15 tot 30 centimeter water. Veel winkels en kelders lopen onder. In Deventer zorgt de regenval voor een laag water in alle viaducten onder het spoor.

Apeldoorn, 3 juli 2009: In 1,5 uur valt 115 millimeter regen. Winkels, restaurants en hoofdstraten staan blank.

Egmond aan Zee, augustus 2006: twee stortbuien binnen twee weken zorgen ervoor dat de winkelstraat en winkels twee keer blank staan.

Wijk aan Zee loopt in 2005 en 2006 onder.

Kader 1.1 Voorbeelden extreme neerslag

1.3 Probleemstelling

Steeds vaker wateroverlast

Als gevolg van de klimaatverandering stijgt de temperatuur. Daar zijn de meeste klimaatdeskundigen het inmiddels wel over eens. Omdat warmere lucht meer vocht kan bevatten, leidt dit tot meer en hevigere regenbuien. Gemeenten krijgen daarom steeds vaker te maken met wateroverlast: ondergelopen straten, tunnels, kelders en winkels.

Naast hevigere buien, zijn er meer factoren die ervoor zorgen dat gemeenten steeds vaker kampen met wateroverlast. Zo is het oppervlak bebouwd gebied in de laatste dertig jaar met meer dan 50% toegenomen, waardoor de neerslag minder goed de bodem kan infiltreren. Verder is er minder ruimte voor het bergen van neerslag door het verdwijnen van stoepanden. En heeft het saneren van riooloverstorten voor minder noodafvoermogelijkheden naar het oppervlaktewater gezorgd.

Kwetsbaar hemelwatersysteem

Door bovengenoemde factoren is ons boven- en ondergrondse hemelwatersysteem kwetsbaarder, wat een onwelkome bijdrage levert aan het feit dat ruim 80% van de gemeenten in de afgelopen jaren aansprakelijk is gesteld voor schade door regenwateroverlast. (bron: Stichting RIONED, Inventarisatie regenwateroverlast in de bebouwde omgeving 2013)

Waarom elke gemeente moet anticiperen op extreme neerslag

Er zijn een aantal redenen waarom gemeenten moeten anticiperen op extreme neerslag:

1 Wetgeving

Gemeenten hebben een zorgplicht voor het doelmatig inzamelen en verwerken van afvloeiend hemelwater. Dit is een inspanningsverplichting met een grote beleidsvrijheid. Bij de invulling van deze zorgplicht dient de gemeente een afweging te maken tussen het nemen van preventieve maatregelen en de kosten die schade door wateroverlast met zich meebrengen. De VNG (2007) beveelt gemeenten aan om de gebieden die kwetsbaar zijn voor wateroverlast en de kwetsbaarheid van daarin aanwezige panden te kennen.

2 Geld

Het anticiperen op extreme neerslag betekent veelal het creëren van ruimte voor water op het maaiveld. Aanpassingen hiervoor zijn doorgaans met relatief weinig extra geld uit te voeren tijdens (her)inrichting van de openbare ruimte. Wanneer gemeenten niet anticiperen, maar er toch wateroverlast ontstaat kunnen de kosten, onder hoge politieke druk, flink oplopen.

3 Verbeteren van de leefomgeving.

Door te weten wat de kwetsbare plekken zijn, kan de gemeente potentiële maatregelen direct meenemen in toekomstige (herinrichting)projecten en in beleid. Het resultaat is een robuuster regenwaterafvoersysteem en proactievere klimaatadaptatie. Bovendien is het mogelijk door het scheppen van meer ruimte voor waterberging de leefomgeving te verbeteren, omdat slimme watervoorzieningen in de openbare ruimte ook voor andere doelen in te zetten zijn en voor dynamiek en variatie kunnen zorgen.



Figuur 1.1 24-uur neerslagsom, 20 juni 2013

Case Kapelle: zorgplicht in de praktijk

Eisers hebben in deze zaak wateroverlast bij een fikse bui. Bij hevige neerslag is de capaciteit van het riool namelijk onvoldoende. Bovendien is het straatprofiel van de weg zodanig dat de straat nauwelijks water kan bergen. Het water loopt naar het laagst gelegen perceel: Het perceel van de eisers. De eisers voeren onder meer aan dat de gemeente niet zorgvuldig is omgegaan met haar wettelijke zorgplicht. Zij willen dat de gemeente een muurtje optrekt (kosten circa € 37.000). De rechtbank stelt de eisers in het gelijk. De gemeente heeft niet aan haar wettelijke hemelwaterzorgplicht voldaan. Deze zorgplicht geldt namelijk ook voor afvloeiend hemelwater op de gemeentelijke straten. De rechter veroordeelt de gemeente tot het treffen van maatregelen om overstroming van de tuin en het onderlopen van het huis van de eisers te voorkomen.

Bron: LJN: B17438, Voorzieningenrechter Rechtbank Middelburg, zaaknummer / rolnummer: 67489 / KG ZA 09-77

Kader 1.2 Zorgplicht in de praktijk

Gemeenten hebben de zorgplicht voor het doelmatig inzamelen en verwerken van afvloeiend hemelwater. Hoe ze met deze zorgplicht om moeten gaan, wat ze wel of niet acceptabel vinden, is aan de gemeenten. Ze mogen zelf een afweging maken tussen het nemen van maatregelen en de kans op mogelijke schade door wateroverlast. Dit geeft gemeenten weliswaar veel vrijheid, maar het werkt ook belemmerend. Hoe en waar moet je namelijk beginnen? Wat is de definitie van acceptabel? Deze vragen en alle fysieke en bestuurlijke onzekerheden rondom extreme neerslag vormen een drempel voor gemeenten om met de materie aan de slag te gaan.

1.4 Doel onderzoek en onderzoeksvragen

Het doel van het onderzoek is gemeenten te ondersteunen bij het anticiperen op extreme neerslag in de stad. Door in te gaan op de noodzaak van het anticiperen op extreme neerslag en handvatten te bieden voor het omgaan met onzekerheden over dit onderwerp, verlagen we de drempel voor gemeenten om met extreme neerslag aan de slag te gaan.

Op basis van de doelstelling zijn de volgende onderzoeksvragen opgesteld:

- 1 Op welke manier kunnen gemeenten omgaan met de onzekerheden die gepaard gaan met het anticiperen op extreme neerslag?
 - Met welke neerslagbelasting dienen gemeenten rekening te houden?
 - Hoe krijgen gemeenten inzicht in wat er gebeurt op het maaiveld bij een extreme regenbui?
 - Hoe zorgen gemeenten ervoor dat maatregelen in de openbare ruimte van de grond komen en in de toekomst gewaarborgd blijven?
 - Weegt de reductie van de schade door wateroverlast op tegen de kosten van de te nemen maatregelen?
- 2 Welke stappen dienen gemeenten te ondernemen als zij willen anticiperen op extreme neerslag?

1.5 Leeswijzer

Hoofdstuk 2 geeft een inhoudelijke beschouwing van de onzekerheden die een rol spelen bij het omgaan met extreme neerslag. Hoofdstuk 3 beschrijft een werkwijze waarmee gemeenten aan de slag kunnen en waarmee ze onzekerheden kunnen ondervangen door ze te erkennen. We omzeilen een expliciete keuze, maar bieden afdoende handvatten om toch tot een besluit te komen. Hoofdstuk 4 beschrijft ten slotte de belangrijkste conclusies van het onderzoek. De bijlagen bevatten de onderzoeksresultaten van de deelonderzoeken over extreme neerslag, modeltechnieken, besluitvorming en schade.



2 OMGAAN MET ONZEKERHEDEN

2.1 Inleiding

Gemeenten dienen te anticiperen op extreme neerslag. Vanwege hun zorgplicht en om de leefomgeving te verbeteren. Maar ook omdat maatregelen tegen wateroverlast vaak relatief goedkoop door te voeren zijn tijdens (her-)inrichting van de openbare ruimte. Let wel,

anticiperen op extreme neerslag betekent omgaan met onzekerheden. Het is bijvoorbeeld onduidelijk hoeveel warmer het wordt door klimaatverandering en welke invloed dit heeft op extreme neerslag. Ook is onduidelijk welke schade (in frequentie en schade) acceptabel is

Top-down- en bottom-up-benadering

Het rapport *Uncertainty and Climate Change Adaptation – a Scoping Study* beschrijft twee benaderingen bij het omgaan met onzekerheden (in kennis) bij klimaatadaptatiebeslissingen: de top-down-georiënteerde voorspellingsbenadering en de bottom-up-georiënteerde veerkrachtbenadering.

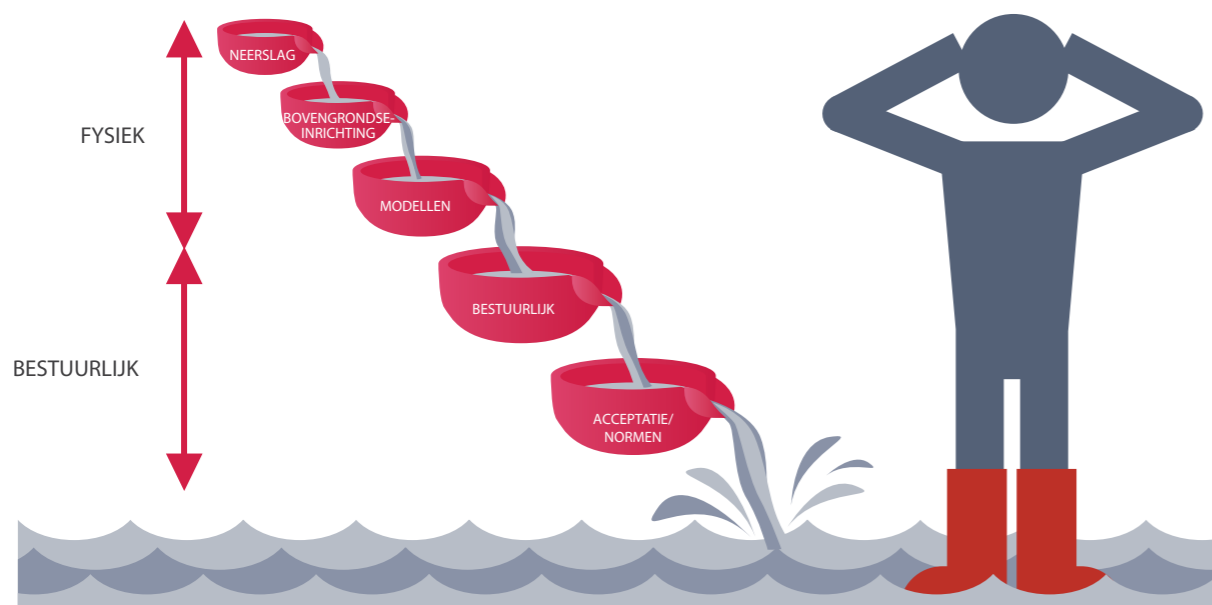
De top-down-benadering bepaalt stap voor stap de doorwerking van onzekerheden. Het doel is om binnen de grenzen van onze beperkte kennis toch zo precies mogelijk te voorspellen en te kwantificeren welke range van mogelijke klimaatuitkomsten er op ons afkomen.

De bottom-up-benadering kijkt vooral naar het systeem waarop de klimaatverandering ingrijpt (bijvoorbeeld het landbouwsysteem, watersysteem of een stad). Deze benadering zoekt naar opties om de kwetsbaarheid voor klimaatstress van dat systeem te verlagen en de veerkracht te verhogen, zodat het systeem minder te lijden heeft onder grotendeels onvoorspelbare variaties en trends in het klimaat.

Ten slotte zijn er benaderingen die elementen van top-down en bottom-up verenigen, zoals de robuustheidsbenadering. Hierbij wordt het systeem zo aangepast dat het bestand is tegen alle relevante onzekerheid. Welke kant het ook met de klimaatverandering opgaat.

Bron: *S. Dessai and J.P. van der Sluijs, 2007, Uncertainty and Climate Change Adaptation – a Scoping Study, report NWS-E-2007-198, Department of Science Technology and Society, Copernicus Institute, Utrecht University. 95 pp*

Kader 2.1 De top-down- en bottom-up-benadering



Figuur 2.1 Cascade van onzekerheden

Er zijn verschillende manieren om om te gaan met onzekerheden. In kader 2.1 staan twee benaderingen beschreven.

In ons onderzoek naar extreme neerslag zijn we aanvankelijk gestart met een top-down-benadering (onzekerheden verminderen). Dit bleek niet de beste weg. Er waren te veel onzekerheden om met deze benadering verder te komen. De bottom-up-benadering, die gericht is op het verminderen van de kwetsbaarheden het systeem, sluit beter aan op de problematiek die we onderzoeken. Op basis van een analyse van de regenwaterafvoer bij extreme neerslag willen we gemeenten aanzetten de leefomgeving robuuster te maken.

2.2 Welke onzekerheden zijn er?

We maken onderscheid tussen fysieke en bestuurlijke onzekerheden, waarbij fysieke onzekerheden onder te verdelen zijn in neerslag, fysieke leefomgeving en rekenmodellen.

Neerslag

Uit ons onderzoek (bijlage A) volgt een zeer grote bandbreedte voor de kortdurende extreme neerslag. Eens in de honderd jaar kan wel 50 tot 90 millimeter in een uur vallen. Deze grote bandbreedte is vooral het gevolg van de verwachte stijging van de temperatuur (warmere lucht kan meer vocht bevatten). Overigens is de toename in de extreme neerslag ook al zichtbaar in de meetgegevens van de laatste jaren. Er is dus alle reden om met een toename van de extreme neerslag rekening te houden, maar niet exact is te bepalen hoe hard het zal regenen.

Bovengrondse inrichting

Het wel of niet optreden van wateroverlast hangt sterk af van de inrichting van het maaiveld. Denk aan de aan- of afwezigheid van stoepranden, verkeersdrempels en onverharde vlakken. Stoepranden zorgen er bijvoorbeeld voor dat het water het park, in plaats van de tuinen/huizen van particulieren, instroomt. Ook verkeersdrempels sturen het water bovengronds. Opvallend genoeg houden gemeenten bij de inrichting van het maaiveld weinig rekening met zeer extreme neerslag. Ook hebben ze weinig data paraat over de potentiële gevolgen van extreme neerslag

Datasets met maaiveldhoogte

Gelukkig zijn er inmiddels behoorlijke, nauwkeurige datasets met maaiveldhoogten, die gemeenten inzicht geven in de gevolgen van extreme neerslag. Van belang is dat deze datasets zeer functioneel maar niet perfect zijn. Bij het scannen van een maaiveldhoogte worden tunnels, muurtjes en duikers niet meegenomen.

Modellen

Er zijn verschillende typen rekenmodellen om de kwetsbare plekken in een stad bij extreme neerslag te bepalen. Aangezien bij zeer extreme neerslag een groot deel van het water bovengronds blijft of stroomt, zijn modellen nodig die juist dat (ook) kunnen simuleren. Dit soort modellen zijn de afgelopen jaren ontwikkeld, wat een grote stap voorwaarts is. Er zijn complexe rekenmodellen, die de onder- en bovengrondse stroming zo waarheidsgetrouw simuleren. Daarnaast zijn er modellen die alleen de bovengrondse stroming bekijken. De keuze van het te gebruiken model is een afweging tussen nauwkeurigheid en gewenste snelheid en zekerheid. Dat kan een lastige keuze zijn, want verschillende aanbieders van simulatiewerk geven verschillende boodschappen.

Daarbij komt dat de modellen ook onzekerheden bevatten. Dit betekent dat modelleers de rekenresultaten kritisch moeten beschouwen. Temeer omdat er amper een mogelijkheid tot validatie is. Meer uitleg over de modellen en de onzekerheden staat in bijlage B.

De onzekerheden in de modellering zullen de komende jaren door verdere ontwikkeling van de modellen en door ervaring in gebruik afnemen. Door toenemende rekenkracht en slimmere verwerking van data zullen de gekoppelde geavanceerde modellen voor steeds grotere gebieden beschikbaar zijn.

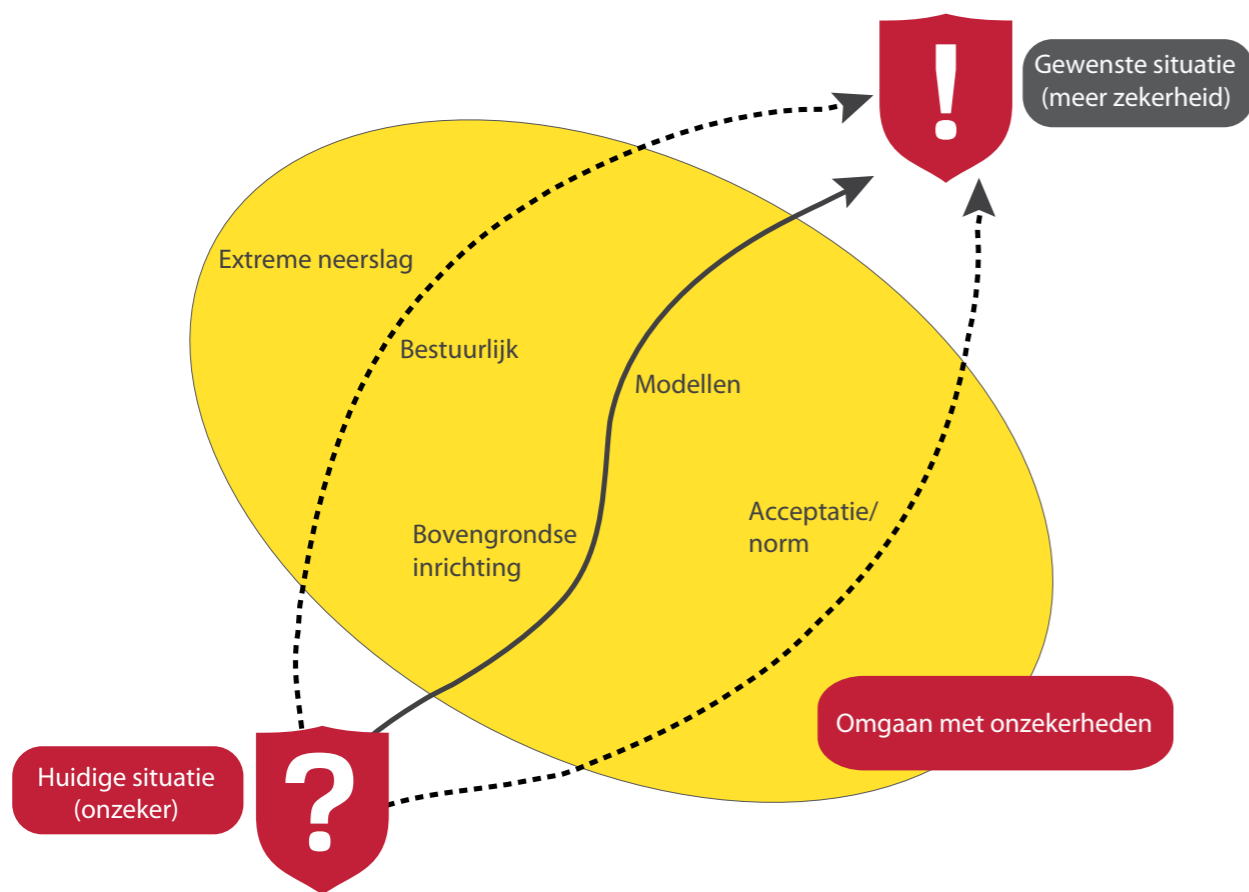
Bestuurlijk

Zolang er geen incidenten zijn, zal wateroverlast door extreme neerslag niet hoog op de politieke agenda prijken. Er is mede daardoor geen eenduidige mores over hoe vaak hinder of schade door wateroverlast mag optreden. Of over dat wateroverlast beperkt dan wel voorkomen dient te worden. Zelfs een rioleur weet veelal niet goed hoe andere beleidsvelden over wateroverlast denken. Wat is wel of niet acceptabel? Er is doorgaans wel overeenstemming over dat water

in woningen en gebouwen onwenselijk is, maar hoe vaak tunnels, hoofdstraten en winkelstraten blank mogen staan is onduidelijk. Een duidelijke norm ontbreekt en zal zeer lastig vast te stellen zijn.

Daar komt bij dat de omvang van de schade per geval sterk verschilt, maar meestal niet erg hoog is (zie bijlage D) Een zuiver financiële afweging geeft als gevolg niet altijd voldoende richting.

Kampt de gemeente de laatste tijd wel vaker met wateroverlast? Dan is de kans op overreactie aanwezig. Door (te) grote politieke druk, gaan gemeenten op dat moment wellicht (onnodig) duur investeren in het rioleringsysteem. Met een goed plan en kennis van de problematiek op ambtelijk niveau zijn zowel impasses als impulsinvesteringen te voorkomen.



Figuur 2.2 Omgaan met onzekerheden bij extreme neerslag

2.3 Welke zekerheden zijn er wel?

Buiten alle onzekerheden zijn er ook veel zekerheden. Een extreme bui gaat zeker een keer vallen. De bui is zo hevig dat de riolering het water niet kan verwerken: het water stroomt over straat en veroorzaakt naar alle waarschijnlijkheid overlast.

Ondergrondse maatregelen om wateroverlast te voorkomen of te verminderen zijn doorgaans duurder dan bovengrondse maatregelen, die mee te nemen zijn als de openbare ruimte op de schop gaat. En alle openbare ruimte gaat de komende 30 jaar waarschijnlijk wel een keer op de schop.

De 'stip aan de horizon', de situatie waar gemeenten naartoe willen, is meestal duidelijk. De stip bestaat uit een robuuster watersysteem, verbeterde leefomgeving en het oplossen van de incidentele waterproblemen door beter samen te werken met de andere stakeholders in de openbare ruimte.

2.4 Werkwijze

We hebben een werkwijze ontwikkeld die de onzekerheden omzeilt. De kenmerken van de door ons voorgestelde werkwijze zijn gebaseerd op een selectie van methodieken en instrumenten voor waterbeheersing en klimaatadaptatie, de resultaten van interviews en onze eigen input. Dit heeft geresulteerd in de volgende criteria voor de werkwijze:

- eenvoudig en logisch;
- niet uitgaand van een norm;
- werkend van grof naar fijn;
- samen oppakken met andere stakeholders in de openbare ruimte;
- uitgaand van lokale kennis.

Instrumenten waterbeheersing en klimaatadaptatie

Tijdens het proces van klimaatadaptatie zetten gemeenten diverse instrumenten in, zoals een werksessie of ontwerpatelier. Doel hiervan is het op gang brengen van communicatie tussen de verschillende partijen. De bijeenkomsten leiden tot nieuwe perspectieven op lang bestaande opgaven als meer willen doen met dezelfde ruimte. Deelnemers sluiten vraagstukken in een werksessie direct kort en erkennen elkaars belangen. Dit draagt ertoe bij dat deelnemers aan dit soort sessies bereid zijn verder te kijken dan het eigen belang. Lokale veldkennis, goede analyse van (water)systemen en beeldmateriaal (kaarten) blijken de belangrijkste ingrediënten om tijdens werksessies tot gedegen besluiten te komen.

Interviews

De kenmerken van de instrumenten komen overeen met de resultaten uit interviews. De meeste ondervraagden geven aan dat een goed gesprek de succesfactor van een project is. Als de verschillende partijen met elkaar aan tafel gaan, lukt het prima de (water) belangen in een project in kaart te brengen. Het met elkaar in contact komen, vraagt wel om enige organisatie. Bij een kleinere gemeente of instelling gaat dit van nature meestal vlot. Bij grotere organisaties kost dit meer moeite en moet het gesprek onderdeel zijn van het werkproces. Verder geven bijna alle ondervraagden aan dat de kwaliteit van een project omhoog gaat als verschillende disciplines bij het project betrokken worden. De resultaten van de interviews staan in bijlage C.

In de door ons voorgestelde werkwijze geven wij onderbouwde adviezen over onder meer de keuze voor een te beschouwen neerslagbelasting en een type model, en over de implementatie van de maatregelen. Het werken van grof naar fijn is een manier om met onzekerheden om te gaan. Verder gaan we uit van de bottom-up-benadering. We verkennen het systeem, zoeken naar maatregelen die het hele systeem robuuster maken en laveren zo om de onzekerheden heen.



3 WERKWIJZE ANTICIPEREN OP EXTREME NEERSLAG

3.1 Inleiding

Om te anticiperen op extreme neerslag in de stad hebben we een werkwijze ontwikkeld. Met deze werkwijze proberen wij de onzekerheden uit hoofdstuk 2 te ondervangen door ze ten eerste te erkennen. We omzeilen een expliciete keuze voor de omgang met extreme neerslag, maar bieden voldoende handvatten om tot een goed onderbouwd besluit te komen. De werkwijze is in basis eenvoudig en biedt nog alle ruimte om op onderdelen uit te wijden of dieper op de materie in te gaan.

3.2 Werkwijze

Stap 1: Analyse extreme situatie

In figuur 3.1 staat de werkwijze schematisch weer gegeven. Zoals in hoofdstuk 1 verwoord, is het cruciaal dat gemeenten op zijn minst weten wat er bij een zeer extreme bui kan gebeuren. Op basis van dat inzicht kan de gemeente verdere besluiten nemen. De stap voorafgaand aan dit schema is dan ook dat de gemeente besluit aandacht te besteden aan extreme neerslag.



Figuur 3.1 Schema werkwijze

De eerste stap is een analyse van de extreme situatie. Hier bepaalt de gemeente voor een extreme bui (bijvoorbeeld 60 millimeter in een uur) op welke locaties overlast kan ontstaan. In deze stap nemen we ook, indien aanwezig, de in de praktijk ervaren wateroverlast mee. Het doel van de analyse is inzicht krijgen in hoe de regenwaterafvoer in de gemeente bij zeer extreme neerslag functioneert. Welk type model (geavanceerd of eenvoudig) daarvoor wordt gebruikt is minder relevant. Ons advies is te beginnen met een verkenning op basis van alleen de stroming over het maaiveld.

Nadere toelichting stap 1:

Welke neerslagbelasting?

De verwachting is dat, rekening houdend met klimaatverandering, uit een extreme bui die theoretisch eens in de honderd jaar voorkomt, tussen de 50 en 90 millimeter neerslag in een uur valt. De onzekerheid in de neerslagbelasting is dus zeer groot. Dit komt door de onzekerheden over de snelheid van de opwarming van de aarde en de gevolgen daarvan. Verschillende gemeenten hebben ervoor gekozen om een eerste analyse te doen bij 60 millimeter neerslag in een uur. Dit is een prima vertrekpunt.

Uit onze ervaring en uit de casestudies blijkt dat het eerste inzicht door analyse van 60 millimeter in een uur al een heel eind helpt om kwetsbare plekken in het stedelijk gebied te identificeren. Aanvullende simulaties met andere hoeveelheden neerslag, bijvoorbeeld 20, 40 of 100 millimeter in een uur geven weliswaar meer antwoorden, maar maken het niet per se makkelijker een keuze te maken. Het blijft onzeker welke herhalingstijden bij deze neerslaghoeveelheden horen. Meer informatie over de te verwachten neerslagbelasting staat in hoofdstuk 4.

Heeft een gemeente een zeer extreme bui geregistreerd? Dan kan het zinvol zijn om juist die bui door te rekenen, zodat de resultaten beter met de ervaren wateroverlast te vergelijken zijn. Let wel: de registratie is mogelijk niet maatgevend voor het gehele gebied, omdat extreme neerslag sterk van locatie tot locatie kan verschillen.

Welk type model?

Om inzicht te krijgen in wat er bij zeer extreme neerslag gebeurt, is vooral een analyse van de bovengrond van belang. Daarvoor zijn verschillende typen modellen beschikbaar, variërend van geavanceerde

Model	Maaiveld	Ondergronds systeem	Maaiveld en bovengrond gekoppeld
Sobek	2D stromingsvergelijking	1D stromingsvergelijking	ja
Infoworks	2D stromingsvergelijking	1D stromingsvergelijking	ja
Wolk	Opvulling maaiveld - stationair		
WODAN123	Opvulling maaiveld - dynamisch		
3Di	2D stromingsvergelijking		*
PriceXD	2D stromingsvergelijking		*

* 3Di en PriceXD hebben nog geen mogelijkheid om het maaiveld gekoppeld met het ondergrondse rioleringsstelsel door te rekenen, maar zijn wel bezig om dit in de toekomst mogelijk te maken.

Tabel 3.1 Meest gebruikte modelinstrumentaria in Nederland en hun toepassingsbereik

modellen met koppeling tussen boven- en ondergrond tot statische maaiveldanalyses. Welk type model te gebruiken is volgens ons geen bottleneck. De geavanceerde modellen verbeteren met de dag en zijn door hun rekentijd nu goed bruikbaar voor kleine gebieden. De eenvoudigere maaiveldanalyses zijn weliswaar minder nauwkeurig in het resultaat, maar geven in de meeste situaties snel een goed eerste inzicht. De grote onzekerheden in de neerslag maken voor een eerste verkenning een exacte modellering minder noodzakelijk, omdat een grof antwoord veelal voldoende is. Op basis van dit eerste inzicht zijn later alsnog relevante deelgebieden nader te analyseren met een geavanceerd model.

Bijlage B geeft een vergelijking van analyses met verschillende typen modellen en laat zien dat in de meeste gevallen een analyse van de maaiveldhoogte ongeveer hetzelfde inzicht geeft als de meest nauwkeurige modelopzet met koppeling van het boven- en ondergronds systeem. Om snel inzicht te krijgen in de situatie bij extreme neerslag is een maaiveldanalyse dus prima. Dit blijkt ook uit de casestudies Leerdam en Helmond en uit advieservaringen bij onder meer de gemeente Apeldoorn, Eindhoven en Bergen (NH). In situaties waarbij het ondergrondse aanvoergebied

naar het knelpunt aanzienlijk afwijkt van het bovengrondse aanvoergebied geeft een maaiveldanalyse alleen niet voldoende inzicht en zijn complexere modellen noodzakelijk.

Tabel 3.1 toont welke modelinstrumentaria het meest gebruikt worden in Nederland.

Ondergronds systeem

Indien een gemeente kiest voor een modellering zonder koppeling van boven- en ondergrond is het verstandig ook inzicht in het functioneren van de riolering bij extreme neerslag in de analyse mee te nemen. Wij stellen voor gebruik te maken van rioleringsberekeningen met de Leidraad T10 bui. Gemeenten hebben deze berekeningen meestal al voorhanden. Deze berekening toont aan op welke plekken het ondergrondse systeem knelpunten vertoont, op welke plekken het riool overloopt en waar ruimte voor waterberging is. Een gekoppelde berekening van boven- en ondergrond is natuurlijk het mooiste, maar voornamelijk zijn de daarvoor benodigde rekentijden een obstakel om dat in korte tijd voor een complete stad te doen.

Praktijkervaringen

Om een kwetsbare plek op waarde te schatten, is praktijkkennis van het gebied noodzakelijk. Beschikbare foto's en filmpjes die gemaakt zijn tijdens een hevige bui, zijn hierbij handige hulpmiddelen. Een analyse van dergelijk materiaal maakt duidelijk waar wateroverlast kan ontstaan. Waarmee we niet zeggen dat gemeenten al deze kwetsbare plekken direct moeten aanpakken. Welke locaties wel aandacht verdienen, bespreken we in de volgende stap.

Stap 2: Aanpakken kwetsbare plekken

Het doel van stap 2 is de analyse van de situatie bij zeer extreme neerslag te vertalen naar kwetsbare plekken en om te kiezen welke locaties aan te pakken en welke niet. Dit is idealiter een gezamenlijke stap voor de verschillende beheerders van de openbare ruimte (water, verkeer, groen, stedenbouw en ruimtelijke ordening). Deze stap leidt tot een onderscheid in locaties die in verschillende mate aandacht in de toekomst vergen. Een logisch onderscheid om op te sturen is:

- locaties met overlast die urgent moeten worden aangepakt;
- locaties met overlast die niet urgent zijn, maar bij gelegenheid wel opgepakt dienen te worden;
- locaties met overlast die niet urgent zijn, maar waar maatregelen evident zijn en dus bij gelegenheid meegenomen kunnen worden;
- locaties waar nader onderzoek nodig is.

Het inzicht in de situatie bij extreme neerslag geeft in veel gevallen ook al inzicht in mogelijke oplossingen. Stap 2 loopt daarmee over in stap 3.

De uitkomst van stap 2 kan zijn dat een gemeente voor geen enkele locatie maatregelen wil treffen om overlast te voorkomen. Als de gemeente dit vervolgens als keuze vastlegt, bijvoorbeeld in het GRP, is dat voor iedere betrokkene duidelijk.

Nadere toelichting bij stap 2:

De analyse van de situatie bij zeer extreme neerslag gaat uit van modelresultaten en een overzicht van ervaren overlast. Dit kan op tekening, maar op een groot scherm in een GIS-omgeving heeft de voorkeur. Op die manier is gedetailleerde lokale informatie uit verschillende geografische informatiesystemen overzichtelijk te raadplegen. De modelresultaten verdienen als gezegd een kritische blik, aangezien er doorgaans geen echte validatiemogelijkheden zijn en de modellering onzekerheden bevat. Een discussie over de resultaten en over praktijkervaringen van de verschillende beheerders leidt doorgaans al vlot tot een duidelijke keuze welke gebieden aandacht nodig hebben en welke niet. Ook de richting van mogelijke maatregelen is vaak snel helder.

Het helpt om nagedacht te hebben welke mate van wateroverlast (in frequentie, diepte van water op straat en duur van water op straat) bij welke functies van de locaties (winkelstraat, woonstraat, tuin, park, tunnel) acceptabel is. Maar dit is vooral om het denkproces op gang te brengen. Het blijkt niet handig hier in detail te treden. Het is namelijk, zeker in de verkennende fase, niet mogelijk om een goed beeld te krijgen van de verschillende frequenties en de duur van wateroverlast. Dit staat ook beschreven in het kader over Apeldoorn.

Het is belangrijk alle relevante beheerders van de openbare ruimte te betrekken bij de werksessie. Enerzijds om een kwetsbare plek te classificeren; moet hier wel of geen actie ondernomen worden? Anderzijds om bij elkaar na te gaan of bedachte oplossingen mogelijk en inpasbaar zijn. Is een groenvoorziening of weg anders in te richten? Door alle actoren uit te nodigen voor de werksessie weten ze dat dit probleem speelt. Een bijeffect is hopelijk dat zij bij een op stapel staand project contact opnemen met de beleidsmedewerker Water om te vragen of zij in de uitvoering maatregelen moeten treffen voor de omgang met extreme neerslag.

In tabel 3.2 staat welke informatie noodzakelijk en nuttig is om te gebruiken bij een werksessie.

Informatie	Noodzakelijk	Nuttig
Maaiveldhoogte (AHN2)	X	
Maaiveldanalyse	X	
Stroombanen	X	
Klachtenregistratie/praktijkinfo	X	
Resultaten berekeningen rioolstelsel	X	
Digitale ondergrond	X	
Luchtfotos/ Google Maps	X	
Streetview/ cylorama	X	
Bodemkaart		X
Archeologie		X
Ruimtelijke plannen		X
Groenstructuur		X
Hoofdwegenstructuur		X
Rioolvervangning		X
Wegvervangning		X
Gevallen neerslag		X

Tabel 3.2 Informatie te gebruiken bij werksessie

Stap 3: Hoe aan te pakken en nader onderzoek

Stap 3 begint in de werksessie met de verschillende beheerders van stap 2. Samen bedenken zij voor de locaties die aandacht verdienen mogelijke maatregelen en verkennen ze deze globaal. Bovengrondse maatregelen hebben de voorkeur. Denk aan maatregelen die hinder of overlast tegengaan door het water bovenstrooms vast te houden of die voorkomen dat water een probleemgebied inloopt (handig geplaatste verkeersdrempels, waterdoorlatende verharding, aanpassing straatprofiel). Deze stap resulteert in een selectie van één of meerdere mogelijke maatregelen per locatie.

In deze stap past ook het afwegen van de kosten en baten van maatregelen. De gemeenten dienen de vereiste inspanning (kosten) om op een locatie wateroverlast te voorkomen (of de kans daarop te beperken) af te wegen tegen de baten van deze kleinere kans op wateroverlast. Uiteindelijk leidt deze stap, met mogelijk een aantal tussenstappen van verfijning en het afwegen van maatregelen, tot een keuze van maatregelen en een visie op het omgaan met extreme neerslag.

Nadere toelichting stap 3:

Een eenvoudige maatregel wordt vaak al tijdens de sessie bedacht. Denk aan het verhogen van een stoeprand. Wanneer de maatregel duur en/of onzeker is, of de schadesituatie onduidelijk, is nader onderzoek nodig. Bijvoorbeeld door het maken van berekeningen met complexere gekoppelde (boven- en ondergrond) modellen.

Complexere modellen of het doorrekenen van verschillende buien en scenario's komen aan de orde bij het oppakken van projecten. Bij het ontwerpen van de maatregelen kan het nodig zijn in meer detail te modelleren en de effecten van de maatregel op de omgeving (zijn er geen ongewenste neveneffecten) beter in beeld te brengen. In tabel 3.1 staat aangegeven welke modellen te gebruiken zijn.

Naast de maatregelen die gericht zijn op het aanpakken van urgente problemen, zullen er ook maatregelen bovendien die niet per se noodzakelijk zijn. Toch is het waardevol deze maatregelen te benoemen en, wanneer mogelijk, uit te voeren. Dit vergroot de robuustheid van het regenwaterafvoersysteem en vermindert de kans op wateroverlast. Dit geldt natuurlijk alleen voor maatregelen die tegen weinig meerkosten in andere projecten mee te nemen zijn.

Stap 4: Vastleggen in beleid/ implementatie

Stap 4 is erop gericht de gemaakte keuzes over het omgaan met extreme neerslag vast te leggen in beleid. De beleidsuitgangspunten voor het omgaan met extreme neerslag komen in het Gemeentelijk Rioleringsplan (GRP). Hierin wordt ook de financiering van de maatregelen geregeld. Ook als er uit de berekeningen blijkt dat er geen kwetsbare plekken zijn of als de gemeente besluit geen maatregelen te treffen, is dit met onderbouwing op te nemen in het GRP. Treedt er toch wateroverlast op? Of krijgt de gemeente er vragen over? Dan kan de gemeente eenvoudig doorverwijzen naar het GRP. In kader 3.1 zijn enkele voorbeelden van vastlegging opgenomen.

Voor het verankeren van de maatregelen is onderscheid te maken tussen realisatie op de korte en op de lange termijn. Bovendien is het nodig de maatregel of

voorziening, eenmaal uitgevoerd, te verankeren. Dit om te voorkomen dat aanpassing bij een volgende herinrichting van de straat of het park weer verloren gaat.

Structuurvisie

Maatregelen voor de lange termijn zijn op te nemen in de structuurvisie. De structuurvisie is een vormvrije planvorm. Hierin zijn zowel zoekgebieden als concrete locaties voor waterberging aan te geven. De structuurvisie is kaderstellend voor het bestemmingsplan. Om waterbergingslocaties juridisch te verankeren, dient de gemeente ze op te nemen in het bestemmingsplan. In het bestemmingsplan zijn zowel boven- als ondergrondse voorzieningen vast te leggen. Bij veel gemeenten is de structuurvisie vrij abstract. In dat geval is het aan te raden om de maatregelen ook vast te leggen in wijkplannen, wijkvisies of andere integrale plannen.

Uitgevoerde maatregelen

We raden ook aan om eenmaal uitgevoerde maatregelen vast te leggen in het bestemmingsplan. Hiermee is bijvoorbeeld geregeld dat een groene waterberging niet zomaar verhard kan worden. Ook voorzieningen op particulier terrein zijn op deze wijze beter gewaarborgd. Verder zijn maatregelen of voorzieningen te verankeren in verschillende beheerpakketten. Hierbij is het van belang dat ze niet alleen in het rioolbeheerpakket beschreven zijn, maar waar nodig ook in het groen- (bij groene waterberging) of wegbeheerpakket (b.v. waterdoorlatende verharding).

De genoemde stappen (het beleid en het opnemen van de maatregelen in verschillende plannen) waarborgen niet dat extreme neerslag in de toekomst ook daadwerkelijk voldoende aandacht krijgt. Het onder de aandacht brengen én houden van extreme neerslag is een continu proces. Bij een kleine gemeente, waar alle actoren in dezelfde afdeling of op dezelfde verdieping werken, verloopt dit makkelijker dan bij een grote gemeente waar de 'watermensen' versnipperd zijn over verschillende afdelingen en gebouwen. Een hulpmiddel om extreme neerslag onder de aandacht te houden is door het opnemen van de wateroverlastkaart in gemeenteGIS. Deze kaart is altijd te raadplegen bij het uitvoeren van ruimtelijke projecten.

Beleid vastleggen in Gemeentelijk Rioleringsplan (GRP)

Het beleid over het omgaan met extreme neerslag is op verschillende manieren op te nemen in het GRP. Dit kan op een kwalitatieve, beschrijvende of kwantitatieve manier. Een voorbeeld van een kwantitatieve manier is:

In 2020 zijn wij in staat 40 millimeter neerslag te verwerken (boven- en ondergronds), zonder dat dit tot wateroverlast leidt. In 2030 is dit 60 millimeter.

Ook is het mogelijk een prioriteitstelling op basis van een gebied te beschrijven. Bijvoorbeeld winkelstraten voor 2020, woongebieden voor 2025 en industrie voor 2030.

We kiezen er bewust voor om millimeters te noemen in plaats van herhalingstijden (eens in de 100 jaar mag er geen wateroverlast optreden). De belangrijkste reden hiervoor is dat het, door de verwachte klimaatverandering, onduidelijk is welke neerslaghoeveelheid er bij een bepaalde herhalingstijd hoort.

Ook bij een kwantitatieve vastlegging is het belangrijk om het uitgangspunt te noemen. En ook hier kan vermeld worden op welke wijze de gemeente dit realiseert: autonoom of alleen door mee te liften op andere projecten in de openbare ruimte.

Voorbeeld van een kwalitatieve beschrijving:

Apeldoorn

Bij het verwerken van afvloeiend hemelwater spelen het klimaat en de openbare ruimte een belangrijke rol. Omdat Apeldoorn in een hellend gebied ligt, is het belangrijk om afvloeiend hemelwater zo min mogelijk ondergronds af te voeren. Daardoor raakt de relatie ruimtelijke ordening-riolering steeds meer 'verweven'. Apeldoorn anticipeert op de klimaatverandering door het huidige beschermingsniveau tegen wateroverlast te handhaven. Dat wil zeggen: schade voorkomen en hinder en overlast tegengaan (indien doelmatig) en anders accepteren (mits maatschappelijk aanvaardbaar). Door de openbare ruimte optimaal te gebruiken, zijn we in de toekomst goed toegerust om de gevolgen van klimaatverandering op te vangen. Waar noodzakelijk en waar de kans zich voordoet gaan we door met het (doelmatig) autonoom afkoppelen van regenwater.

Kader 3.1 Vastleggen in Gemeentelijk Rioleringsplan



3.3 Evaluatie werkwijze aan de hand van casestudies

De werkwijze hebben wij getest in de case-studies van Helmond en Leerdam. Een beschrijving van deze casestudies vindt u in kader 3.2 Leerdam en kader 3.3 Helmond

De casestudie van Helmond is een duidelijk voorbeeld waarin de ontwikkelde werkwijze succesvol is toegepast. De analyse van de regenwaterafvoer bij een gekozen extreme belasting op basis van een maaiveldanalyse gaf voldoende inzicht voor een eerste oordeel over kwetsbare gebieden. In de werksessie konden de verschillende actoren hier goed mee uit de voeten. Waar meer ingrijpende maatregelen nodig zijn, wil de gemeente aanvullend onderzoek uitvoeren.

In de case van Leerdam is voor twee wateroverlastlocaties aanvullend onderzoek gedaan. Hiervoor zijn verschillende maatregelpakketten doorgerekend. Aangezien het zowel boven- als ondergrondse maatregelen betroffen, is voor die doorrekening een gekoppeld model gebruikt. Ook zijn verschillende buien doorgerekend. Deze doorrekening gaf de gemeente meer inzicht in de frequentie van wateroverlast voor specifieke locaties. Voor het krijgen van een eerste algemeen beeld gaf het doorrekenen van een extreme bui voor de meeste aanwezigen in de werksessie al voldoende inzicht.

Casestudie Leerdam

In de casestudie Leerdam hebben we onze werkwijze getest. We organiseerden twee werksessies. Voor deze sessies hebben we alle actoren in de openbare ruimte van de gemeente uitgenodigd. Aanleiding voor de gemeente om mee te doen aan de casestudie zijn twee extreme buien in de gemeente in de zomer van 2011. Een bui begin juni van 50 millimeter in een uur en een bui van 70 millimeter in een uur enkele weken later. De buien zorgden op diverse plaatsen voor wateroverlast in woningen en winkels. Nadat vorig jaar al direct enkele ad-hoc-maatregelen zijn getroffen, heeft de gemeenteraad om een actieplan gevraagd.

Om de wateroverlastlocaties in beeld te brengen is een maaiveldanalyse uitgevoerd met een bui van 60 millimeter in een uur. Deze maaiveldanalyse is besproken in de eerste werksessie. De wateroverlastlocaties die met deze analyse berekend zijn, worden door de gemeente ook als zodanig herkend. Deze wateroverlastlocaties zijn:

1. Centrum/Fonteinstraat
2. Generaal Pironstraat

Door het ontbreken van drempels bij de winkels treedt in het centrum van Leerdam al snel wateroverlast op. Naast beperkte bergingsmogelijkheden op straat, veroorzaakt ook de grote toevoer van water vanaf hoger gelegen gebieden wateroverlast. Een van de toevoergebieden is de Westwal. Deze wordt nu opnieuw ingericht. Op basis van de maaiveldanalyse met stroombanen (stroombanen laten zien waar het water vandaan komt) besluit de gemeente of er nog aanpassingen in de herinrichting van de Westwal door te voeren zijn, zodat minder water van de Westwal afstroomt naar het centrum.

In de Generaal Pironstraat staan vijf woningen. De drempels van de deze huizen liggen maar enkele centimeters boven straatniveau. Ook is er een forse ondergrondse aanvoer van water vanuit het centrum.

Aanvullend onderzoek

Voor twee wateroverlastlocaties is aanvullend onderzoek uitgevoerd. Hiervoor zijn verschillende maatregelpakketten doorgerekend. Aangezien het zowel boven- als ondergrondse maatregelen betroffen, is voor de doorrekening een gekoppeld model gebruikt dat zowel de boven- als ondergrond meeneemt in de berekeningen. Daarnaast zijn verschillende buien doorgerekend (36 mm in 45 minuten en 50 mm in 45 min). De resultaten van deze berekeningen zijn besproken in de tweede sessie.

Onvoldoende inloop

Uit de berekeningen voor het centrumgebied bleek dat de riolering voldoende capaciteit heeft om het water af te voeren. De oorzaak van de wateroverlast moet dus, naast het gebrek aan berging op straat en de toestroom van bovenaf, gezocht worden in de inloop: Het regenwater kan onvoldoende het riool instromen. Verder blijkt dat bij een bui tot 30 millimeter neerslag er geen wateroverlast in de Generaal Pironstraat optreedt. Buien met meer dan 30 millimeter neerslag zorgen voor water op straat. Door de lage drempels van de huizen leidt dit al snel tot wateroverlast (water in de woningen). Tot slot is geconcludeerd dat de kosten voor een maatregelenpakket dat 50 millimeter kan bergen niet zo veel meer zijn dan een maatregelenpakket dat 36 millimeter kan bergen.

Het doorrekenen van meerdere buien gaf de aanwezigen meer inzicht in de frequentie van wateroverlast. Echter, het presenteren van de resultaten van meerdere modelinstrumentaria (WODAN123 en Sobek) werkte misleidend omdat deze elkaar op enkele locaties tegenspraken.

Casestudie Helmond: De badkuip

Omdat de Henri Dunant-tunnel in Helmond regelmatig blank staat, wordt de tunnel in de volksmond ook wel 'de badkuip van Helmond' genoemd. Deze tunnel is in het kader van ons onderzoek onderzocht.

De Henri Dunant-tunnel staat ongeveer twee keer per jaar enkele uren onder water als gevolg van extreme neerslag. De belangrijkste oorzaak van de wateroverlast in de tunnel is dat het gebied dat afwatert op de tunnel vele malen groter is dan waar bij het ontwerp van de pompkelder rekening mee is gehouden. Ook pompt de pomp van de tunnel het water naar een, bij hevige buien, overbelast rioolstelsel. Het water wordt zodoende rondgepompt in plaats van afgevoerd.

Maaiveldanalyse

Om de wateroverlast in beeld te brengen is een maaiveldanalyse uitgevoerd met een bui van 60 millimeter in een uur. Volgens deze analyse veroorzaakt een bui van deze omvang ongeveer 1 meter water in de tunnel. Het water stroomt van alle kanten toe. Vooral vanuit het nabijgelegen bedrijventerrein (Engelseweg).

In een werksessie met alle actoren in de openbare ruimte zijn de resultaten van de maaiveldanalyse bekeken. Bij het bespreken van de resultaten zijn ervaringen van de aanwezigen met de wateroverlast, foto's en YouTube-filmpjes noodzakelijk om de berekende wateroverlast op waarde te kunnen schatten. Eén YouTube-filmpje liet zien dat een trap nabij de tunnel bij extreme neerslag als waterval fungeert.

In de werksessie zijn vervolgens mogelijke oplossingen bedacht voor het probleem. Doordat alle disciplines aan tafel zaten, was snel duidelijk welke oplossingen wel of niet mogelijk zijn. Kan een groenvoorziening aangepast worden of een drempel aangelegd? Uiteindelijk zijn de volgende maatregelen bedacht:

- Aanleggen drempel voor 'watervaltrap';
- Groenstrook verlagen en verkeersdrempel aanleggen bij kruising tussen bedrijventerrein Engelseweg en tunnel;
- Park noordzijde gebruiken als waterberging.

De maatregelen zijn doorgerekend en leveren bij een bui van 60 millimeter in een uur een waterdieptereductie op van ongeveer 20 centimeter. Deze maatregelen zijn dus nog niet afdoende om de problemen bij de tunnel helemaal op te lossen.

De resultaten van deze maatregelen zijn in een tweede werksessie besproken. De actoren begrijpen dat het bij deze tunnel lastig is om de wateroverlast bij extreme neerslag helemaal op te lossen. Het verminderen van de frequentie en duur van wateroverlast in de tunnel is voor de verschillende actoren onverminderd van belang. In de werksessie zijn daarom de volgende extra acties en maatregelen afgesproken:

- Het op korte termijn aanleggen van een drempel bij de trap
- Meenemen van afstroming hemelwater bij herinrichting Engelseweg.

Eind 2014 starten de voorbereidingen voor de herinrichting van de Engelseweg. Afgesproken is dat de afstroming van hemelwater naar de tunnel meegenomen wordt in het ontwerp. Om dit goed te kunnen doen is aanvullend onderzoek nodig met complexere modellen en wellicht meerdere buien. Uiteraard moet de aanpak het risico op wateroverlast op andere plekken niet vergroten.

Verder plaatst de gemeente de resultaten van de maaiveldanalyse op intranet. Op deze wijze is wateroverlast door extreme neerslag, net als de archeologische waardenkaart, een aspect waar de gemeente standaard rekening mee gaat houden in andere projecten. Helmond neemt het beleid voor de omgang met extreme neerslag aansluitend ook op in het GRP. De gemeente vindt het tot besluit ook verstandig om wateroverlast door extreme neerslag in integrale plannen, zoals wijkplannen, te krijgen, zodat de aandacht voor dit onderwerp gewaarborgd blijft.



Inschatting waterdiepte bij 60 mm neerslag in Helmond





4 CONCLUSIES ANTICIPEREN OP EXTREME NEERSLAG

De kans op wateroverlast door kortdurende zeer extreme neerslag in stedelijk gebied neemt toe. Door klimaatverandering, meer verhard oppervlak en een minder gunstige inrichting voor bovengrondse afvoer zullen straten en mogelijk winkels en woningen vaker onder water lopen.

Iedere gemeente moet anticiperen op extreme neerslag. Dit betekent op zijn minst het analyseren van de gevolgen van extreme neerslag voor de gemeente. Vervolgens dienen gemeenten te besluiten voor welke gebieden ze maatregelen wensen te treffen om wateroverlast tegen te gaan.

Wanneer 60 millimeter neerslag in een korte tijd valt, zal een aanzienlijk deel van het water bovengronds blijven staan. Een groot deel past simpelweg niet in het riool dat is ontworpen op grofweg 20 millimeter neerslag in een uur. Met handig aangelegde verkeersdrempels, de aanpassing van stoepen en het weg leiden van water naar laaggelegen groenvoorzieningen is vaak te voorkomen dat water zich op één plek ophoopt en daar overlast veroorzaakt.

Bovengrondse maatregelen

Bovengrondse maatregelen zijn goedkoper dan de aanleg van ondergrondse berging of het vergroten van de ondergrondse afvoercapaciteit (vergroten riolering). Helemaal wanneer de gemeente de maatregelen in de loop der jaren uitvoert in combinatie met andere aanpassingen aan de openbare ruimte. Zo is het mogelijk de stad klimaatrobuuster te maken zonder hiervoor diep in de buidel te hoeven tasten. Om een dergelijk streven efficiënt uit te voeren is goede samenwerking tussen verschillende beheerders van de openbare ruimte belangrijk. Daarom zou het anticiperen op extreme neerslag één van de vaste uitgangspunten moeten zijn bij de (her)inrichting van de openbare ruimte.

Analyse

De eerste stap in het anticiperen op extreme neerslag is een analyse van de potentiële gevolgen van zeer extreme neerslag. Wij hebben een eenvoudige werkwijze ontwikkeld waarmee de gemeenten direct aan de slag kunnen. Om deze werkwijze zo concreet en bruikbaar mogelijk te maken, was het noodzakelijk om een aantal onzekerheden in het anticiperen op extreme neerslag te omzeilen, zoals hoeveelheid neerslag, rekenmodellen en acceptatie/normen over optreden van wateroverlast.

Methoden en modellen

Er zijn verschillende methoden en modellen voor de analyse van wat er zou kunnen gebeuren bij extreme neerslag. Uit ons onderzoek blijkt dat voor de eerste analyse om kwetsbare locaties te identificeren, een eenvoudige maaiveldanalyse al geschikt is. Als de kwetsbare locaties in beeld zijn gebracht, is het mogelijk voor deze gebieden in meer detail (geavanceerde) modelstudies uit te voeren. In de toekomst zullen geavanceerde modellen voor steeds grotere gebieden in te zetten zijn. Nu zijn deze vooral geschikt voor de nadere analyses van specifieke (kleinere) gebieden.

Omdat met de klimaatontwikkeling de koppeling tussen hoeveelheid neerslag en herhalingstijd onzeker is, hebben wij uitdrukkelijk voor een aanpak gekozen waarin we geen norm voor zeer extreme neerslag definiëren. Wel kan de gemeente een stip aan de horizon benoemen, bijvoorbeeld dat er bij 60 millimeter in een uur geen wateroverlast mag optreden. De gemeente kan vervolgens maatregelen treffen om de kans op wateroverlast op specifieke locaties te verkleinen.

Al met al vraagt het daadwerkelijk realiseren van ruimte voor water een lange adem en goede samenwerking tussen de verschillende beheerders van de openbare ruimte. Te beginnen met het anticiperen op extreme neerslag als regulier onderdeel bij de herinrichting van de openbare ruimte.

Egmond aan Zee waterproof

Egmond aan Zee ligt in een kom. In augustus 2006 viel in Egmond binnen twee weken twee keer fikse neerslag (50 mm in een uur en 83 mm in twee uur). Hierdoor stond de winkelstraat van Egmond aan Zee twee keer volledig blank en stroomde het water de winkels in.

Aangezien Egmond de grootste toeristische trekpleister van de gemeente Bergen is, vond de politiek het onacceptabel als dit nog eens gebeurde. De gemeente trof grootscheepse maatregelen om de wateroverlast door extreme regenval in de toekomst te voorkomen. Rekening houdend met klimaatverandering is bij de analyse gekozen voor een maatgevende bui van 60 millimeter binnen één uur die zonder wateroverlast te verwerken is. Op basis van maaiveldanalyses en rioleringsberekeningen voor het ondergrondse systeem heeft de gemeente de volgende maatregelen getroffen:

- Bovengronds sturen van water (bijvoorbeeld met verkeersdrempels)
- Ondergronds sturen van water (afvoerleidingen naar duinen of strand)
- Bovengronds bergen (op straat tussen de banden)
- Ondergronds bergen (kratten, kelders, lava, leidingen en zakputten)

De aanpak moet voorkomen dat het water probleemgebieden instroomt. Waar nodig wordt extra berging of afvoercapaciteit aangelegd. Egmond kan nu zonder problemen 60 millimeter neerslag bergen. Dit is ook in het GRP opgenomen.

ONDERZOEKSRESULTATEN

BIJLAGE A: BIJLAGE: EXTREME NEERSLAG	37
A.1 Inleiding.....	37
A.2 Is de frequentie en intensiteit van extreme neerslag toegenomen?.....	38
A.3 Geeft het gebruik van neerslagradargegevens meer inzicht?	39
A.4 Weke consequenties hebben klimaatveranderingen voor extreme neerslag?	42
A.5 Wat verwachten we nu?	44
A.6 Toepassing in het werkveld	46
A.7 Conclusie	47
BIJLAGE B: BIJLAGE: ANALYSE EXTREME NEERSLAG	51
B.1 Inleiding.....	51
B.2 Modelleren regenwaterafvoer bij extreme neerslag	51
B.3 Modelconcepten	52
B.4 Invloed van keuze modelconcept op voorspelling waterop-sstraat.....	53
B.5 Resultaten	55
B.6 Conclusies	59
B.7 Aanbevelingen	59
BIJLAGE C: BESLUITVORMING	61
C.1 Inleiding	61
C.2 Waarom is afstemming met andere sectoren nodig?	61
C.3 Vragen.....	62
C.4 Ervaren wateroverlast en getroffen maatregelen.....	62
C.5 Hinder en overlast	63
C.6 Succes- en faalfactoren.....	63
C.7 Samenwerking tussen sectoren.....	64
C.8 Verankering	64
BIJLAGE D: SCHADE DOOR EXTREME NEERSLAG	71
D.1 Inleiding	71
D.2 Risicobenadering	71
D.3 Omgaan met onzekerheden	72
D.4 Kosten/baten	72
D.5 Besluitvorming	74
D.6 Conclusie	74



BIJLAGE A: EXTREME NEERSLAG

A.1 Inleiding

Het regent de laatste jaren steeds vaker extreem hard. Voor de echte extreme buien die eens in de 50 tot 250 jaar voorkomen, zijn de veranderingen lastig aan te tonen. Simpelweg omdat ze zo weinig voorkomen en dus weinig gemeten zijn. Omdat de verwachte temperatuurstijging voor deze eeuw 2 tot 4 graden is, neemt de extreme urneerslag met ongeveer 15 tot 70 % toe. Op basis van die verwachting en een schatting van de neerslagradar stellen we voor rekening te houden met een maximale urneerslag van 50 tot 90 millimeter, eens per 100 jaar.

Ursommen

Voor het werkveld riolering zijn we vooral geïnteresseerd in veranderingen in de extreme neerslag voor kortdurende buien. We kijken daarom naar ursommen.

Tabel 1 toont de top 10 van de klokuursommen¹ van alle KNMI-uurstations (vanaf 1951 t/m 20 augustus 2013). De 79 millimeter in Herwijnen (de hoogste officiële waarde ooit) lijkt nauwelijks hoger dan die in Marknesse, maar Herwijnen registreerde in het verschoven klokuur² nog 14 millimeter extra, in totaal 93 millimeter in 60 minuten.

¹ Een klokuursom is de sommatie van de neerslag in een uur beginnende precies op het hele uur

² Een verschoven uursom is de maximale neerslag in 60 minuten, die op een willekeurig moment kan beginnen. Een verschoven uursom kan daarmee hoger zijn dan een klokuursom

Nr	Station	Klokuursom (mm)	Gevallen op
1	Herwijnen	79,0	28 juni 2011
2	Marknesse	72,8	2 juni 2003
3	Westdorpe	68,5	5 augustus 2002
4	Cabauw	64,4	29 juni 2005
5	Volkel	53,7	8 juni 1996
6	Maastricht	51,4	24 juni 1983
7	Hoogeveen	49,5	14 juni 2007
8	Leeuwarden	47,7	29 juni 1997
9	De Bilt	44,1	13 juni 1953
10	De Kooy	43,5	30 juli 1980

figuur toont de maximale jaarlijkse neerslag van drie achtereenvolgende perioden van 10 jaar, gemeten bij grondstations in Nederland. De gemeten waarden zijn naar grootte geordend en aan de waarde is een herhalingstijd toegekend. Daarbij is ervan uitgegaan dat reeksen van verschillende locaties zijn samen te voegen tot een langere reeks³, zodat voor een periode van 10 jaar met 32 grondstations een reeks van 320 jaar ontstaat. De meest extreme waarde is daarom weergegeven bij een herhalingstijd van 320 jaar. Het volgende punt komt twee keer in die periode voor en heeft grofweg een herhalingstijd van 160 jaar, enzovoort.

Figuur A.1 toont op de horizontale as de indicatie van de herhalingstijd en op de verticale as het aantal millimeter neerslag in een uur. Voor drie neerslagperiodes zijn de jaarlijkse maximale neerslaghoeveelheden van 32 KNMI-grondstations gesorteerd en weergegeven. Figuur A.1 laat zien dat de uurneerslag in 2002–2011 aanzienlijk hoger was dan in 1982–1991. Het gaat om circa 25% meer; een relevante toename. Boven een herhalingstijd van tien jaar ($T=10$) zijn de resultaten statistisch onzeker (te weinig metingen), maar de figuur maakt het aannemelijk dat ook deze extremen zijn toegenomen. Het grijs gearceerde vlak geeft aan dat hier de statistische betrouwbaarheid zeer laag is. Dit is ook duidelijk te zien aan de schommelingen in de lijnen in dit deel van het figuur.

Met de toename van de neerslag bij een bepaalde herhalingstijd blijkt ook de frequentie van een bepaalde hoeveelheid neerslag toegenomen. Terwijl 20 millimeter in een uur op basis van de gegevens van 1982–1991 een herhalingstijd van 4 jaar heeft, volgt voor de periode 2002–2011 een herhalingstijd van minder dan 2 jaar. Dezelfde hoeveelheid neerslag komt ook vaker voor⁴.

NB: Figuur A.1 geeft de verschoven uursommen weer. De basis voor figuur A.1 zijn de maximale klokuursommen. Volgens Overeem (2009) zijn verschoven uursommen gemiddeld 13% hoger dan klokuursommen. Om verwarring te voorkomen hebben we voor

Tabel A.1: Top 10 uursommen 1951 tot september 2013

In bovenstaande top 10 staan opvallend veel buien van na 1995. De vraag is met (de gevolgen van) welke neerslag we rekening moeten houden. Om die vraag te beantwoorden, proberen we de volgende deelvragen te beantwoorden:

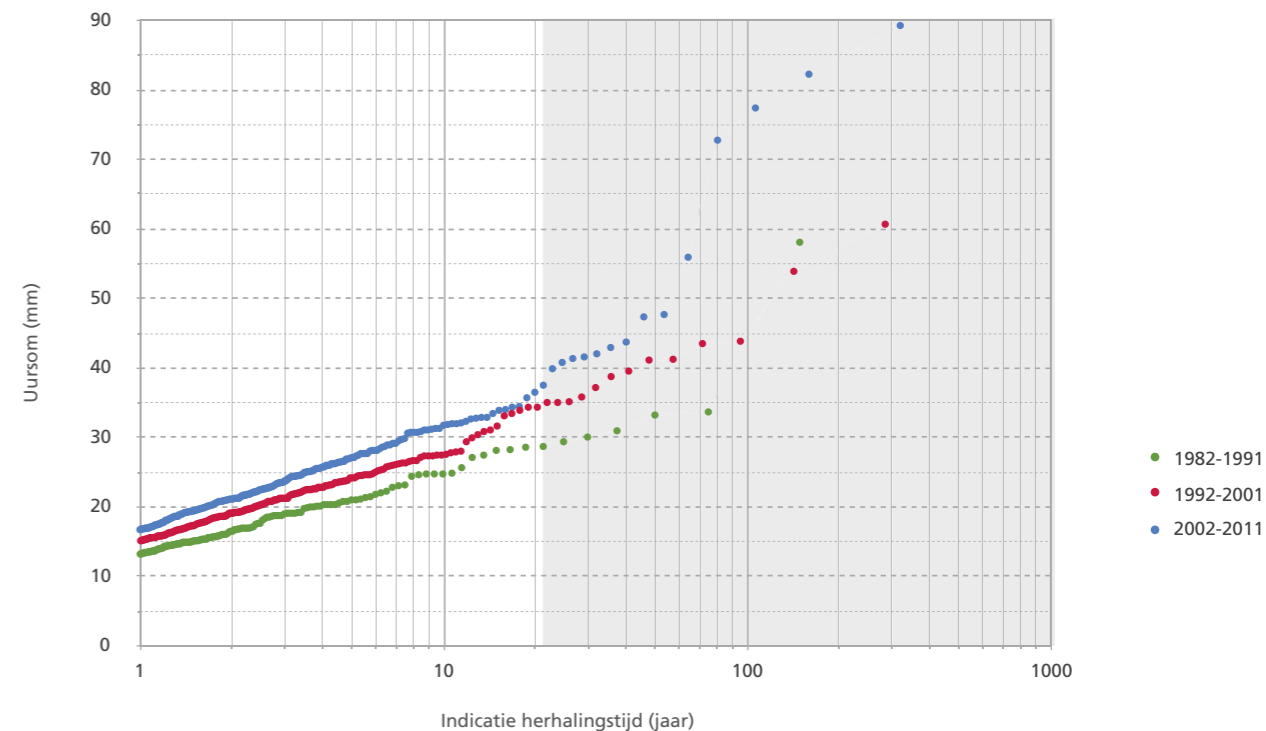
- 1 Is de frequentie en intensiteit van extreme neerslag toegenomen?
- 2 Geeft het gebruik van neerslagradargegevens meer inzicht?
- 3 Welke consequenties hebben klimaatveranderingen voor de kortdurende extreme neerslag?
- 4 Met welke neerslag dienen we rekening te houden?

A.2 Is de frequentie en intensiteit van extreme neerslag toegenomen?

Voor buien die eens per jaar of eens in de twee jaar vallen, is een toename aantoonbaar. Een manier om de toename van extreme neerslag te onderzoeken, is door een ordening van de gemeten extremen. Onderstaande

³ Aangezien de grondstations grotendeels meer dan 30 km uit elkaar liggen, zijn de meetdata nauwelijks gecorrigeerd waardoor het aan elkaar plakken is toegestaan. Een beschouwing van deze meetdata liet zien dat in die 30 jaar 219 keer een neerslag groter dan 20 mm is gemeten. Hiervan zijn er 4 gecorrigeerd. (dus vlak na elkaar op hetzelfde station gemeten). Dat is acceptabel.

⁴ Opgemerkt dient te worden dat een periode van 30 jaar te kort is om klimaatveranderingen aan te tonen. Verschillende studies hebben laten zien dat er meerjarige schommelingen zitten in de hoeveelheden neerslag en dat het juist begin jaren '80 relatief droog was. Desalniettemin is ook volgens die studies over een langere periode de neerslag toegenomen.



Figuur A.1 Vergelijking reeksduur uursommen voor verschillende perioden op grondstation de Bilt

het vervolg van dit hoofdstuk telkens de klokuursommen omgerekend naar verschoven uursommen door ze te verhogen met een factor 1,13.

De omvang van de meetreeks met 32 KNMI-grondstations (en 10 meetjaren) is te kort om betrouwbare extreme waarden voor lange herhalingstijden te definiëren. We kunnen alleen stellen dat het aannemelijk is dat de neerslag voor herhalingstijden van 50 tot 250 jaar is toegenomen. De spreiding in de zeer extreme neerslag is bovendien zeer groot. Ook voorheen traden zeer extreme buien op.

Conclusie

Een toename in de neerslag (tot $T=10$) over de afgelopen 30 jaar is aantoonbaar. Ook de frequentie en de intensiteit zijn toegenomen. Voor hele zware buien is die verandering statistisch vooralsnog niet aan te tonen, maar wel erg aannemelijk.

A.3 Geeft het gebruik van neerslagradargegevens meer inzicht?

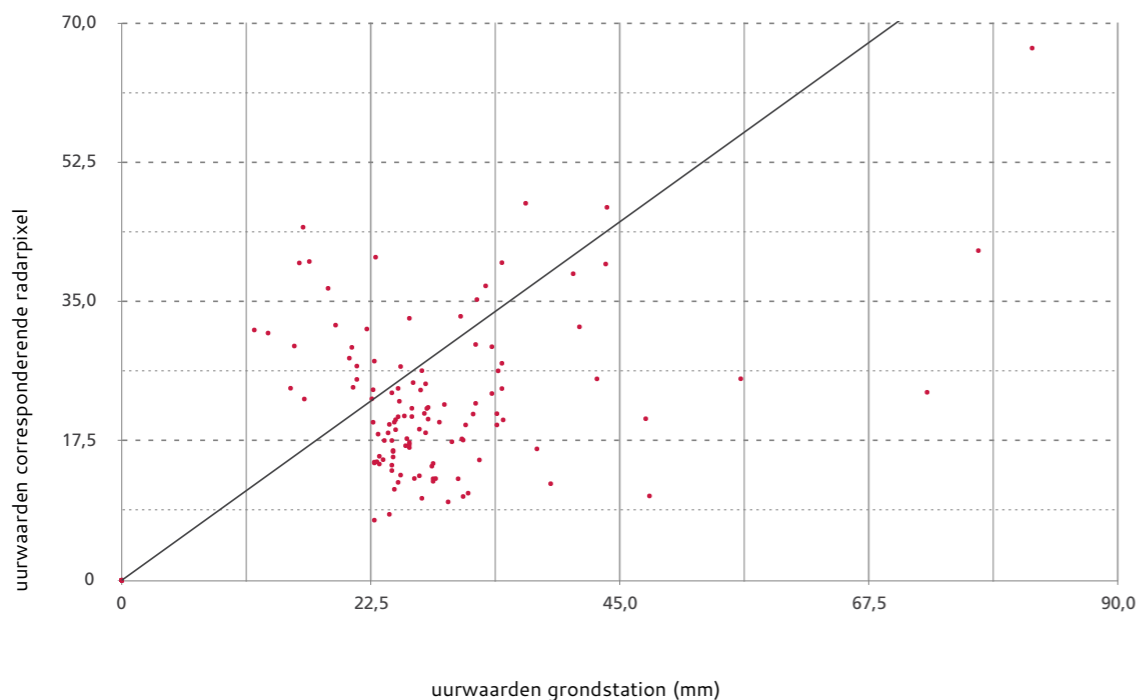
De neerslagradar geeft een lange reeks van extremen die laat zien dat ook waarden groter dan 40 millimeter in een uur vaak optreden. De neerslagradar lijkt echter de zeer extreme waarden aanzienlijk te onderschatten (gemiddeld 25% kleiner, maar met zeer grote spreiding). Een correctie van de geschatte waarden van de neerslagradar lijkt op zijn plaats.

De meeste schattingen van extreme neerslag zijn gebaseerd op meetgegevens van grondstations. Meetgegevens van neerslagradar kunnen daar een belangrijke aanvulling op zijn. Neerslagradar is interessant omdat het voor heel veel locaties inzicht geeft in de neerslag. We hebben een dataset gebruikt met 6190 meetpunten (2,4 km bij 2,4 km), met de geschatte waarden

voor neerslag per klokuur gedurende 10 jaar (2002–2011). Geschatte waarden, omdat de radar geen regen meet, maar op basis van de reflectie van een signaal op het water in de lucht een inschatting geeft van de hoeveelheid neerslag. De omrekening is vooral gericht op (en gefit voor) de meer reguliere regenhoeveelheden (< 20 mm). Voor zeer extreme neerslag is de nauwkeurigheid om verschillende redenen een stuk minder.

In figuur A.2 is de geschatte neerslag op basis van de radar⁵ (Overeem) uitgezet tegen de bijbehorende grondstationmeting, voor neerslag groter dan 20 millimeter.

Duidelijk is dat voor neerslag van meer dan 20 millimeter in een uur de radar in de meeste gevallen aanzienlijk lagere waarden 'meet' dan het grondstation. Dit is ondanks dat deze radarbeelden zo goed mogelijk zijn gefit voor meetgegevens van grondstations. Over deze 117 combinaties van radarwaarden en grondstationmetingen is de pixelwaarde van de radar gemiddeld circa 25% lager dan de grondmeting⁶. Dat er een grote spreiding is, is logisch: de radar meet op hoogte en over 2,4x2,4 kilometer, terwijl het grondstation een klein oppervlak heeft van 0,02 -0,04 m2. Vooral boven de 40 millimeter neerslag zijn de afwijkingen enorm. Er zit te veel spreiding in de gegevens om een relatie af kunnen te leiden. Nader onderzoek is nodig. Verderop in dit hoofdstuk zullen we voorzichtig uitgaan van een 20% onderschatting van extreme buien door de neerslagradar⁷.



Figuur A.2 Vergelijking uurwaarden grondstation en radar, jaarmaxima 1998 – 2008, grondstation of radar > 20 mm

⁵ MFBS-schatting volgens [Overeem, 2009]

⁶ Gemiddelde van radarwaarden is 63% van het gemiddelde van grondstationswaarden, dus 27% kleiner.

⁷ De keuze voor 20% is volledig arbitrair. De waarde volgens de neerslagradar is gemiddeld 27% lager dan de meting op het grondstation. Er is echter een zeer grote spreiding in de afwijking.

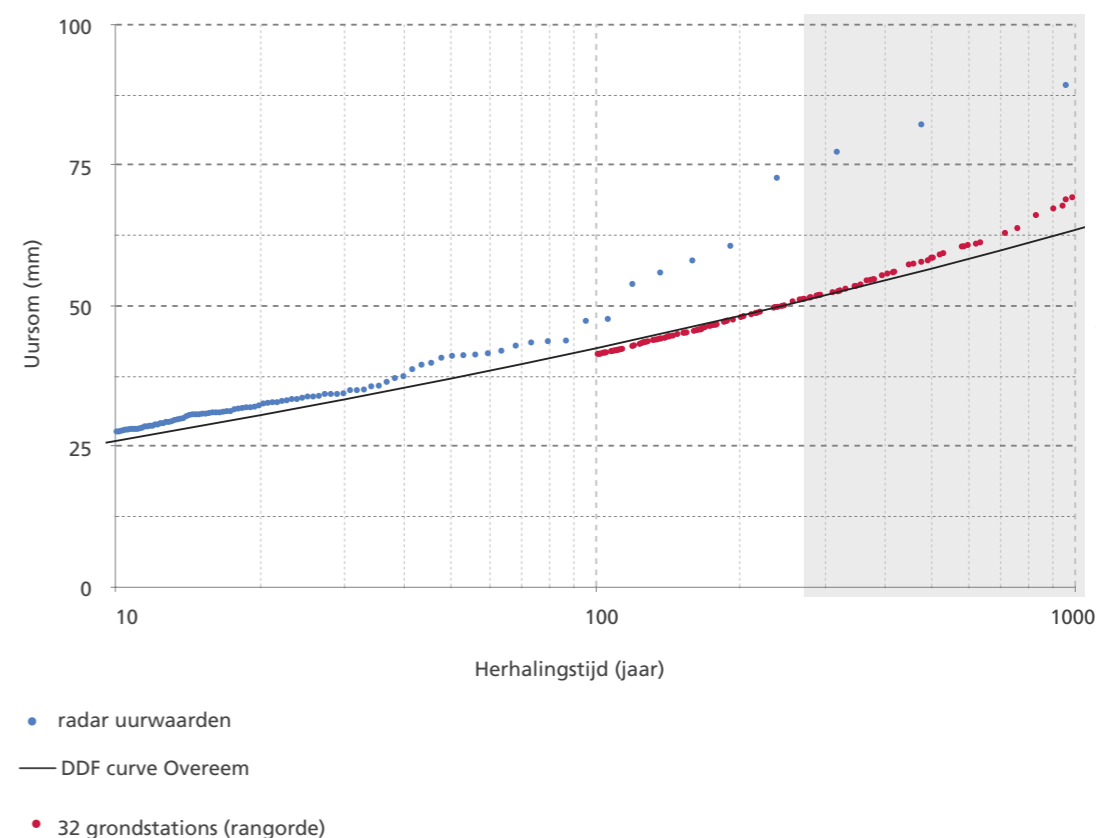
De waarde van de neerslagradar data is dat het gaat om 10 jaar meetgegevens van 6190 meetpunten. Oftewel om circa 62.000 jaarmaxima, als van elk meetpunt een jaarmaximum wordt gekozen.

Figuur A.3 toont een sortering van de waarden volgens de neerslagradar (inclusief +13% voor omrekening naar verschoven uursommen). Een zeer grove indicatie voor de herhalingsstijd is 60.000 jaar. Die valt buiten de grafiek. De hoogste waarde voor regenradar in de grafiek is 70 millimeter met een geschatte herhalingsstijd in de orde van 1000 jaar. Eén keer volgt meer dan 130 millimeter in een uur. Circa 750 keer was het jaarmaximum meer dan 40 millimeter (indicatie herhalingsstijd 80 jaar).

De grafiek in figuur A.3 toont ook de meetgegevens van de grondstations. Denkbeeldige lijnen door de onderste delen van de punten van de extreme waarden lijken niet helemaal op elkaar aan te sluiten. De lijn door de neerslagradarpunten loopt lager. Een correctie voor de waarden van de neerslagradar lijkt daarmee logisch. Deze correctie zit niet in de grafiek.

Radarwaarden

Ook laat de grafiek een lijn zien die Overeem (2009) heeft afgeleid van de radarwaarden. Deze lijn geeft een schatting van de verwachte extreme neerslag in een uur. Overeem geeft aan dat deze lijn geldig is voor herhalingsstijden tot 30 jaar. De noodzaak van een correctie naar boven voor hogere herhalingsstijden is ook wat dat betreft niet uitgesloten.



- radar uurwaarden
- DDF curve Overeem
- 32 grondstations (rangorde)

Figuur A.3: Sortering van extreme neerslag van grondstations en radar + voorspelling volgens Overeem

Een discussiepunt in het gebruik van deze radargegevens is het feit dat eenzelfde extreme bui voor meerdere meetpunten kan zorgen. De gegevens zijn dan gecorreleerd. Een analyse van dit fenomeen leert dat, uitgaande van een gebied van 20 kilometer rondom een maximum, en een duur van 5 uur, elke extreme waarde gecorreleerd is aan gemiddeld 10 andere waarden van meer dan 20 millimeter. Dus binnen dit gebied en binnen die 5 uur vallen gemiddeld 10 van de gemeten extremen.

Filter

Om rekening te houden met de correlatie hebben we een filter op de dataset toegepast waarbij van de gecorreleerde punten alleen de maximale waarden zijn gekozen, en de herhalingstijd vervolgens is gecorrigeerd aan de resterende lengte van de reeks. Omdat uit de grafiek duidelijk is af te leiden dat de lijn die ontstaat uit de gesorteerde extreme waarden, voor herhalingstijden kleiner dan eens per 500 jaar zeer gelijkmatig is, tonen we – ondanks de onzekerheden – toch de resultaten. In het algemeen geldt dat in een beschouwing van extreme waarden op basis van een sortering van de extremen ervan uit moet worden gegaan dat de meest extreme waarden erg onzeker zijn. In het algemeen wordt aangenomen dat pas voor herhalingstijden die gelijk zijn aan de wortel van de reeksduur betrouwbare waarden worden verkregen. In dit geval zijn de waarden tot T=250 jaar geoorloofd. Voor de waarden daaronder geeft de neerslagradar interessante aanvullende informatie bovenop die van de grondstations. Bovendien geeft de radar inzicht in het gebied dat de extreme buien beslaan.

A.4 Weke consequenties hebben klimaatveranderingen voor extreme neerslag?

Het is zeer waarschijnlijk dat door de klimaatverandering ook de verandering in de extreme kortdurende neerslag de komende decennia doorzet. De verandering in extremen is waarschijnlijk groter dan die voor de gemiddelde neerslagverandering. De bandbreedte van de mogelijke verandering is evenwel heel erg groot.

In de discussie over het aanpakken van wateroverlast is klimaatverandering vaak een heikel onderwerp. Klimaatverandering gaat over waargenomen trends tot op heden en projecties voor de toekomst. In diverse studies is de verandering van het klimaat onderwerp van onderzoek geweest. En zoals we hierboven hebben beschreven is ook de kortdurende neerslag veranderd. De grote vraag is of de in de afgelopen jaren gesignaleerde trend doorzet. En zo ja, in welke mate?

Het werkveld riolering maakt in haar modellen veelvuldig gebruik van zogenaamde standaardbuien. Dit zijn buien met een vooraf gedefinieerde hoeveelheid en een intensiteitsverloop binnen een bepaalde tijdsduur. Moeten deze buien in hoeveelheid en intensiteit omhoog worden bijgesteld of is een andere benadering gewenst?

Gemeenten komen regelmatig voor ingrepen aan rioolstelsels en andersoortige aanpassingen van de openbare ruimte te staan en vragen zich af met welke buien ze rekening moeten houden. Er is dus alle reden om te onderzoeken wat de huidige inzichten zijn in klimaatverandering en hoe deze inzichten of onzekerheden zijn door te vertalen in verwachte hoeveelheden kortdurende extreme neerslag.

Huidige inzichten in toekomstige klimaatverandering

Diverse wetenschappelijke onderzoeken staan aan de basis van de klimaatrapporten die het Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) uitbrengt. In de samenvatting voor beleidsmakers van de 'First Joint Session of Working Groups I and II' (IPCC, 2012) wordt ingegaan op de vele aspecten van klimaatverandering en ook op de mate waarin er overeenstemming is over waargenomen veranderingen en resultaten van modelberekeningen. Daarbij valt op dat naast alle grote onzekerheden over veel klimaatonderwerpen, er een zeer grote overeenstemming is over de verwachting dat de frequentie en omvang van warm weer zal toenemen (het IPCC gebruikt zelfs de term 'virtually certain', p. 11). De belangrijkste oorzaak van de temperatuurstijging is de uitstoot van CO₂. Wetenschappers verwachten dat de effecten hiervan nog tientallen jaren doorwerken.

Temperatuurstijging

Dát de temperatuur gaat stijgen, achten deskundigen nagenoeg zeker. Maar met hoeveel graden? En resulteert dat in algemene veranderingen of veranderingen van juist die incidentele gebeurtenissen? De KNMI '06 scenario's' gaan uit van een stijging van gemiddeld 1 of 2 graden Celsius. Omdat de hevige buien nagenoeg altijd in de zomer vallen is de verwachting voor deze maanden voor het werkveld riolering relevant. Het KNMI berekent voor 2050 een bandbreedte van 2–3 graden stijging van de gemiddelde maximum zomertemperatuur en een stijging van bijna 4 graden voor de warmste zomerdag.

Doorvertaling naar de kortdurende extreme neerslag

De vraag is hoe de temperatuurstijging moet worden vertaald naar de kortdurende extreme neerslag. Een fysiek uitgangspunt is de relatie tussen temperatuur en de hoeveelheid vocht die de atmosfeer kan bevatten. Dit gegeven is ook onderdeel van klimaatmodellen. Modelsimulaties over de toekomstige neerslag geven echter een zeer grote spreiding in de uitkomsten (Larsen et al, 2008; Hanel, 2010). Bovendien zijn er vragen over de bruikbaarheid van de simulaties voor de kortdurende extremen in Nederland. Het KNMI vericht hiernaar op dit moment onderzoek. Uit een recente publicatie van het KNMI (Van Haren et al, 2012) blijkt dat trends in de neerslagverandering groter zijn geweest dan tot op heden met klimaatmodellen is voorspeld. Maar voor de kortdurende neerslag op kleine tijdschaal en ruimte levert dat moeilijk te interpreteren resultaten op.

Het kernprobleem van huidige klimaatsimulaties is dat de modellen voor de kortdurende extreme neerslag niet voldoende ruimtelijke resolutie hebben. Met andere woorden: ze zijn te grof om dit type bui met bijbehorende karakteristieken goed te reproduceren (Hanel, 2010). Binnen enkele kilometers kunnen vele tientallen millimeters verschil in een bui optreden. Een klimaatmodel rekent met 50x50 km² of 25x25 km². De neerslag zou dus per saldo kunnen kloppen, maar wordt over een te groot gebied berekend. Hierdoor wordt de piek onderschat. Daarbij zijn de fysische processen van het bui-type die voor de kortdurende extremen zorgen volgens de deskundigen van het KNMI nog niet goed in de modellen ingebracht. Bovendien wordt de Noordzee vrijwel altijd als

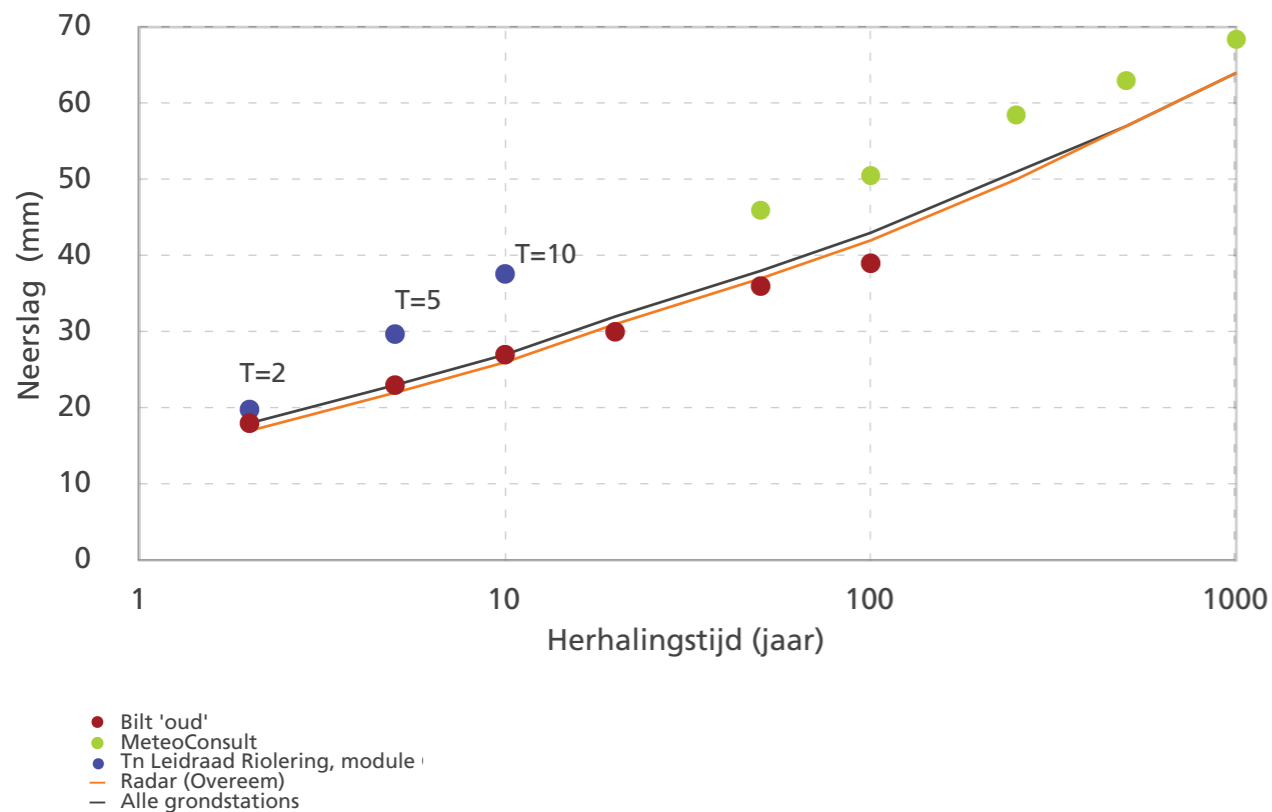
constante randvoorwaarde opgelegd. Uit dezelfde publicatie van het KNMI (Van Haren et al, 2012) blijkt dat wanneer je de oppervlaktewatertemperatuur van de Noordzee meeneemt in regionale klimaatmodellen, waargenomen trends wel beter te beschrijven zijn. Een indicatie van de verwachte toename van de neerslag is dan 7% per graad Celsius temperatuurstijging (Lenderink & Van Meijgaard, 2010)

Super-CC-relatie

Onderzoek van het KNMI (Lenderink & Van Meijgaard, 2010; Lenderink e.a., 2011) toont ook aan dat er een relatie is tussen (dauwpunt)temperatuur en de intensiteit van de extreme neerslag, de zogenaamde super-CC-relatie. Elke graad stijging resulteert in een toename van de neerslagintensiteit van ongeveer 14%. Als een temperatuurstijging van 2 tot 4 graden Celsius ook zou kunnen leiden tot een gelijke stijging van de dauwpunttemperatuur, zou dit volgens de super-CC-relatie tot een stijging van de intensiteit van 30–70% leiden. NB: uitgaande van 14% per graad Celsius. Dus bij 4 graden een factor 1,14 tot de macht 4.

Het onderzoek van Lenderink betreft een neerslagbereik dat voor ons werkveld niet tot problemen zal leiden (intensiteiten kleiner dan 20 mm/uur). Daarnaast is het de vraag of een toename in intensiteit ook betekent dat de neerslagsom met dezelfde factor toeneemt. De neerslag kan namelijk ook in een kortere tijd vallen. Dat een toename van zowel de neerslagsom als de intensiteit tot overbelasting van het rioolstelsel leidt, behoeft geen betoog.

De klimaatontwikkeling zorgt voor een grote onzekerheid in de waarschijnlijke toename van neerslagintensiteiten. Rekening houdend met alle onzekerheden kunnen wij niet anders dan de bandbreedte aangeven. Per graad Celsius temperatuurstijging gaat het nu om een toename van 7% tot 14%. Voor een temperatuurstijging van 2 graden betekent



Figuur A.4: Vergelijking statistische benaderingen kortdurende neerslag

dit 14% tot 31% en bij 4 graden 30% tot 69%. Een aanzienlijke bandbreedte.

A.5 Wat verwachten we nu?

Voor T=100 verwachten we 50-90 millimeter neerslag in een uur.

Analyse van extreme waarden (zonder verwachte klimaatontwikkeling)

Recente statistiek voor de korte neerslagduren gebaseerd op het KNMI-station in De Bilt is beschreven in het KNMI-rapport TR-295 (Buishand & Wijngaard, 2007). De afgelopen jaren zijn een aantal publicaties verschenen waarbij de statistiek is gebaseerd op meer

KNMI-stations dan alleen De Bilt (MeteoConsult, 2006; Overeem, 2008) of de neerslagradar (Overeem, 2009). De vraag is of de uitbreiding van het aantal stations, het toepassen van een andere methodiek of meetmethode (regenmeter of neerslagradar) tot grote verschillen in uitkomsten hebben geleid.

Verwachtingen neerslag/uur bij verschillende herhalingstijden

Tabel A.2 toont verschillende verwachtingen voor neerslag per uur bij verschillende herhalingstijden (aangeduid met zogeheten DDF-curves). In de grafiek staan de verwachting op basis van alleen De Bilt 1906-1977, alle grondstations van 1906-2008, radargegevens van het KNMI volgens Overeem, MeteoConsult 1995-2006 en de standaardbuien uit de Leidraad Riolering.

De 'oude' statistiek van De Bilt met een schatting van 39 millimeter in een uur voor een herhalingstijd van 100 jaar blijkt opvallend goed samen te vallen met radargegevens en alle grondstations. Op basis van alle grondstations (Buishand & Wijngaard, 2007) wordt eens in de 100 jaar 43 millimeter in een uur verwacht. Overeem geeft op basis van 12 grondstations en de neerslagradar bijna gelijke waarden. Sommige rapporten hebben alleen hoeveelheden bij een bepaalde herhalingstijd gemeld, in dat geval is geen curve weergegeven.

De puntwaarden van MeteoConsult uit figuur A.4 zijn verkregen door de waarden te vermenigvuldigen met 100/117,5 omdat MeteoConsult al rekening heeft gehouden met 17,5% bijstelling als inschatting van de verwachte klimaatverandering. MeteoConsult maakte gebruik van neerslaggegevens van de periode 1995-2006, een nattere periode dan de voorgaande decennia. Het gebruik van korte meetreeksen per station (ca. 10 jaar) zorgt ervoor dat MeteoConsult hogere waarden berekent bij de extrapolatie naar langere herhalingstijden.

De lijnen met verwachte extreme neerslag op basis van De Bilt, alle grondstations en de neerslagradar, blijken elkaar niet zozeer te ontlopen. De huidige statistiek is wat dat betreft behoorlijk eenduidig met een verwachting van circa 43 millimeter per uur bij een herhalingstijd van eens in de 100 jaar.

Verwachte neerslag in de toekomst

Om een schatting te geven van de toekomstige extreme neerslag gaan wij uit van de lijn op basis van de neerslagradar van Overeem. Zoals gesteld heeft Overeem aangegeven dat de lijncurve die hij heeft afgeleid, geldt tot circa T=30. Wij willen juist een indicatie hebben van neerslag met herhalingstijd van 50 tot 250 jaar. Zoals eerder gesteld zijn er aanwijzingen dat voor deze bandbreedte een correctie nodig is. We gaan uit van een verhoging van 20% op basis van onze vergelijking tussen waarden van grondstations en radar. Omdat we de correctie niet hard kunnen maken, voeren we hem hieronder apart op.

Voor een voorspelling van de toekomstige neerslag zijn ook de klimaatveranderingen van belang. De relatie temperatuurstijging-neerslag geeft een toe-

	nu	+ 2 graden	+ 4 graden
T (jaar)	Curve Overeem	Standard effect	super cc + correctie
jaar	mm	mm	mm
50	37	42	58
100	42	48	67
250	50	57	79

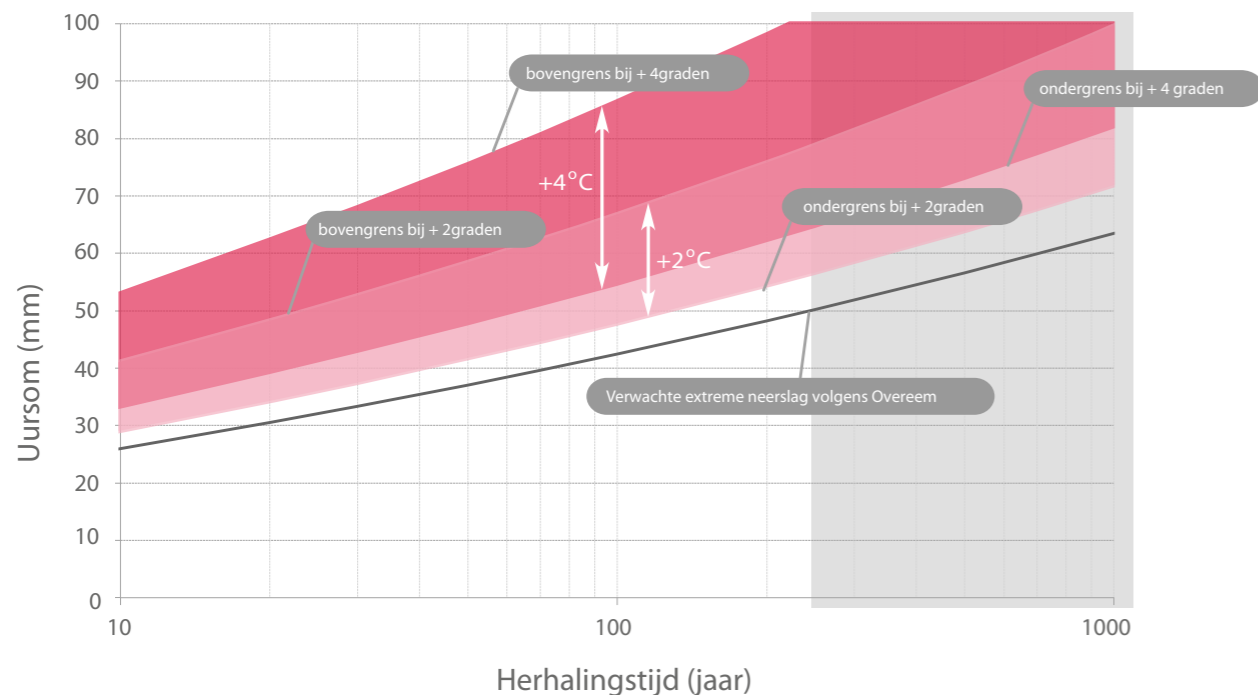
Tabel A.2 Verwachtingen voor extreme urenneerslag

name van 14% tot 31% bij respectievelijk 2 en 4 graden stijging. De super-CC-relatie leidt tot een toename van respectievelijk 30% tot 69%.

Hieruit ontstaat een zeer grote spreiding in de verwachte extreme neerslag. Tabel A.2 toont de onder- en bovengrens van de verwachte neerslag in een uur bij 2 en 4 graden temperatuurstijging. De ondergrens volgt uit de lijn van Overeem met daaroverheen de standaard klimaatontwikkeling. De bovengrens volgt uit de lijn van Overeem met daaroverheen de super-CC-relatie voor klimaatontwikkeling plus de 20% correctie.

Voor T=100 is de range al met al 50 tot 70 millimeter bij een stijging van 2 graden en tot 90 millimeter bij een stijging van 4 graden. Bij verschillende gemeenten is als indicatie voor de verwachte extreme neerslag 60 millimeter gebruikt. Dit past prima in deze bandbreedte.

Figuur A.5 toont de voorspelling volgens Overeem (zwarte lijn). Daarboven zijn twee bandbreedtes gegeven. De lichtrode kleur voor een klimaatontwikkeling van +2 graden en rood voor + 4 graden. De tussenliggende kleur toont de overlapping. De ondergrens van de bandbreedtes volgt uit de aanname dat de super-CC-relatie niet geldt en dat de lijn van Overeem niet hoeft te worden bijgesteld, wat een toename betekent van respectievelijk 14% en 31% bij 2 en 4 graden



Figuur A.5: Bandbreedte verwachte extreme neerslag in één uur bij 2 en 4 graden temperatuurstijging.

temperatuurstijging. De bovengrenzen volgen uit de super-CC-relatie (+30% en +69% bij respectievelijk 2 en 4 graden temperatuurstijging) plus de 20% correctie voor de lijn van Overeem. De figuur laat overigens ook zien dat 50 millimeter in een uur tussen eens in de 10 jaar en eens in de 100 jaar kan voorkomen.

A.6 Toepassing in het werkveld

Veel gemeenten zullen doelmatigheid willen betrekken bij de overweging tot hoever zij bereid zijn te investeren. De lokale situatie bepaalt sterk hoe eenvoudig of kostbaar het is om de robuustheid van hemelwatersystemen of de restveiligheid in de openbare ruimte te vergroten. Voor die afweging lijkt de rioleringssector heel precies te willen weten wat de te verwachte hoeveelheid is bij een bepaalde herhalingstijd. Figuur 5 geeft een inschatting van de bandbreedte waarbinnen de toekomstige statistiek zich zou kunnen bevinden. Hierbij is de bovengrens

bepaald door uit te gaan van de huidige bovengrens van de statistiek (Overeem, 2009), 4 graden klimaatverandering in de zomerperiode en 14% verandering in de neerslagsom per graad, plus 20% correctie van de extreme waarden. De grafiek laat helaas vooral zien hoe ontzettend groot de bandbreedte is.

De toekomst laat zich vooralsnog moeilijk voorspellen. Een exacte hoeveelheid neerslag aan een herhalingstijd koppelen is niet mogelijk. Elke gemeente maakt elk jaar opnieuw die (kleine) kans op een hele zware bui. Dat is op zich geen nieuw inzicht. Wel moeten we beseffen dat buien tot 100 millimeter in een uur nu al mogelijk zijn en dat het er dus in de toekomst waarschijnlijk nog heviger aan toe gaat. Dan hebben we het over neerslagsommen die de ontwerpwaarden van hemelwaterstelsels ver overschrijden. Vanwege al de onzekerheden is elke waarde in de aangegeven bandbreedte (50-90 mm in een uur) eigenlijk een goede keuze bij het doen van voorspellingen.

A.7 Conclusie

Onze verschillende analyses hebben niet geleid tot een duidelijke waarde voor hoe hard het gaat regenen bij een bepaalde herhalingstijd. De spreiding in de antwoorden is zeer groot. Dat geldt ook voor minder extreme herhalingstijden. Eens in de 10 jaar wordt bijvoorbeeld in één uur ongeveer 25 tot 50 millimeter neerslag verwacht en eens in de 100 jaar 45 tot bijna 90 millimeter. Met zulke grote verschillen is het lastig om een herhalingstijd aan een aantal millimeters te koppelen. Als het rioleringssysteem 45 millimeter aankan, dan is nog onduidelijk of dat eens in de 10 of 100 jaar tot capaciteitsproblemen leidt.

Door de onzekerheden te erkennen, maken we in ieder geval de weg vrij om ermee te leren omgaan. Wij stellen voor een hele extreme bui (bijvoorbeeld 60 millimeter in een uur) te kiezen en daar het systeem op te analyseren. Dat is dan het vertrekpunt van de in hoofdstuk 3 beschreven werkwijze.

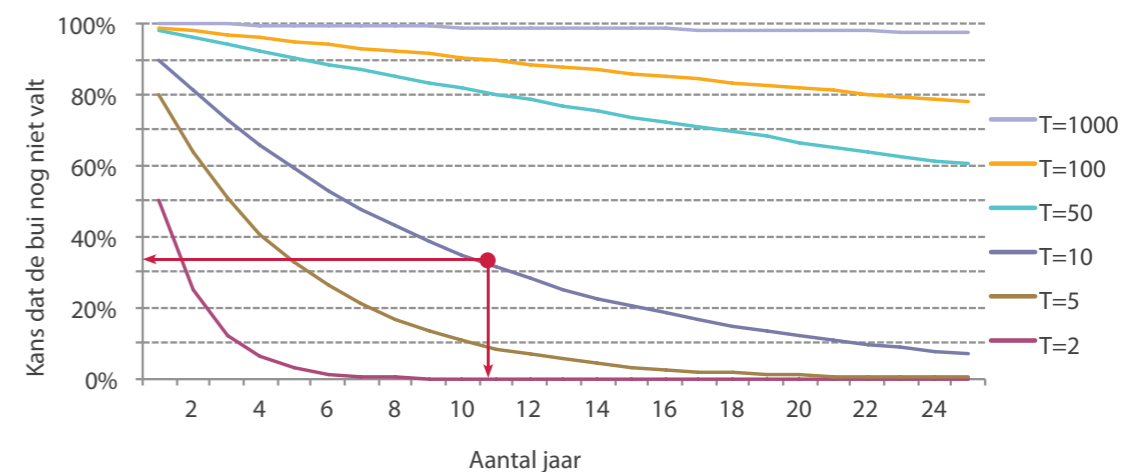
Aanvullend onderzoek is uiteraard zeer welkom om de onzekerheden verder te verkleinen. Waarbij de aandacht vooral zou moeten gaan naar het betrouwbaarder bepalen van de extreme waarden met radar (en dit valideren met grondmetingen). Er is reden om aan te nemen dat die verbeterslag er komt, omdat de reeks inmiddels langer is en radarmetingen verbeteren. Bovendien zetten ook de ons omringende landen radarmetingen in.



Niet iedereen ervaart vaker wateroverlast

Naast de groep gemeenten die aangaf vaker met wateroverlast te maken hebben gehad, is er ook een groep gemeenten die aangeeft nauwelijks tot geen problemen te ervaren. Is dat opvallend? Zijn hun systemen beter op orde? In onderstaande grafiek gelden de herhalingstijden van een bui voor een willekeurige plaats (punt) in Nederland. Een $T=2$ komt gemiddeld elke twee jaar voor. Maar net zoals er met een dobbelsteen na zes keer gooien niet 1 t/m 6 keurig één keer zijn geworpen, geldt dit principe ook voor buien. Er is een kans dat buien niet optreden, of juist vaker. In figuur 6 is dit eenvoudige principe weergegeven. Zeker voor de extremen geldt dat de kans ontzettend klein is, maar elk jaar opnieuw is er diezelfde kleine kans dat een extreme bui wél valt. In 2 jaar $2 \times T=100$ betekent dus niet dat de statistiek niet klopt.

Na 10 jaar is er gemiddeld ongeveer 35% kans dat er nog geen zware bui ($T=10$) is opgetreden en na 20 jaar is die kans nog altijd circa 10%. Een groep gemeenten heeft dus simpelweg nog geen zware bui gehad. Het is vanuit die optiek niet zo raar dat sommige gemeenten zeggen geen problemen te ervaren. Het niet vallen van een extreme bui in een gemeente kan leiden tot een onterecht gevoel van het op orde hebben van het hemelwatersysteem en het ontbreken van urgentie voor potentiële knelpunten.



Figuur A.6: Kans dat een bui met een bepaalde herhalingstijd nog niet is gevallen.

Kader A.1: Niet iedereen ervaart vaker wateroverlast



BIJLAGE B: ANALYSE EXTREME NEERSLAG

B.1 Inleiding

In deze bijlage vergelijken we verschillende concepten voor modellering van afstroming van regenwater bij extreme kortdurende neerslag. Deze vergelijking is uitgevoerd aan de hand van de casestudie Noordwijk. We doen een tweedimensionale analyse van de bovengrondse stroming van water. De vergelijking laat zien dat in de meeste gevallen een analyse van de maaiveldhoogtes ongeveer hetzelfde inzicht geeft als de meest nauwkeurige modelopzet met koppeling van boven- en ondergronds systeem. Voor specifieke gevallen geeft het gekoppeld simuleren van bovengrondse waterstroming en stroming door de riolering realistischere resultaten. Voor alle modelconcepten geldt dat de keuzes in de schematisatie de uitkomsten sterk beïnvloeden. Denk aan de omvang van het afvoerende onverharde oppervlak. De ruwheid van het maaiveld is daarentegen nauwelijks van invloed, omdat de afstroomafstanden relatief kort zijn. Het schematiseren van de uitwisseling tussen boven- en ondergrond heeft vooral invloed op de duur van water-op-straat.

B.2 Modellering regenwaterafvoer bij extreme neerslag

Bij extreme neerslag loopt het riool over en zoekt het water zich een weg over straat. Om in deze situatie iets over de te verwachten wateroverlast of schade te kunnen zeggen, is inzicht nodig in de regenwaterafvoer bij extreme neerslag. Aangezien meetgegevens of praktijkervaringen amper beschikbaar zijn (door het zeer zelden optreden van zulke extreme buien), zijn modelberekeningen een uitkomst.

Rekenmodellen voor het berekenen van het functioneren van rioolstelsels zijn oorspronkelijk niet ingericht op de simulatie van bovengrondse hemelwaterafvoer (Mark e.a., 2004). De laatste jaren zijn verschillende modelconcepten ontwikkeld voor de simulatie van bovengrondse regenwaterafvoer (Leandro e.a., 2009; Schellart e.a., 2011). De verschillende modelconcepten en ook de modelparameters beïnvloeden vanzelfsprekend de modelresultaten. En daarmee mogelijk de keuzes die gemaakt worden in het omgaan met extreme neerslag.

B.3 Modelconcepten

Regenwaterafvoer bij kortdurende extreme neerslag is te modelleren met 1D/2D-modellen, waarbij het ondergrondse systeem 1D gemodelleerd wordt en het bovengrondse systeem 2D. Het is ook mogelijk om alleen het bovengrondse systeem 2D te modelleren met behulp van een maaiveldanalyse.

Maaiveldanalyses

Maaiveldanalyses zijn onder te verdelen in twee typen: statische en dynamische maaiveldanalyses. Bij statische maaiveldanalyses (bijvoorbeeld WOLK) geeft een Geografisch Informatie Systeem (GIS), gebruikmakend van een nauwkeurig hoogtebestand, inzicht in de route die water op basis van de maaiveldhoogte kiest om van hoog naar laag te stromen. Dit geeft een beeld van de opvulling van lage delen bij een gekozen extreme neerslaghoeveelheid. Het effect van de riolering wordt zeer eenvoudig vooraf verrekend door aan te nemen dat deze een deel van de neerslag via de riolering afvoert en dat de rest van de neerslag oppervlakkig afstroomt. Op deze manier is met beperkte in-spanning een globaal beeld te krijgen van wat er gebeurt bij extreme neerslag. Rekeningtijden liggen in de orde van grootte van enkele uren voor hele grote gemeenten.

Dynamische maaiveldanalyses (bijvoorbeeld WODAN123, 3Di of Price3D) voeren een dynamische tweedimensionale simulatie van de bovengrondse berging en stroming uit. Zodoende is rekening te houden met het neerslagverloop over de tijd. Rekeningtijden zijn over het algemeen wel iets langer dan bij statische maaiveldanalyses. Recente initiatieven, waaronder 3Di, proberen deze wel te beperken.

Aandachtspunten bij maaiveldanalyses zijn:

- Er wordt geen rekening gehouden met interactie tussen bovengrond en riolering. Vooral plaatsen waar meer water in het riool past, of juist veel water het riool uitkomt, verdienen extra aandacht;
- Statische maaiveldanalyses bepalen een evenwichtssituatie. Ze geven dus geen inzicht in dynamische verschijnselen;
- De duur van water-op-straat (blank staan) wordt niet bepaald.

Gekoppelde 1D/2D modellen

Hydrodynamische 1D/2D-modellen simuleren zowel de stroming via de ondergrondse riolering (een-dimensionaal) als de bovengrondse omgeving (twee-dimensionaal). Ze geven daarmee een completer beeld van de processen tijdens extreme neerslag. Ze bieden bovendien de mogelijkheid om het effect van ondergrondse en bovengrondse interventies in stedelijk gebied gecombineerd te evalueren.

De maaiveldschematisering bestaat uit een grid (Sobek) of Triangular Irregular Network (TIN, Info-works), waarbij cellen water uitwisselen met naastgelegen cellen en gekoppelde putten of kolken. Met behulp van de continuïteits- en impulsvergelijkingen wordt de maaiveldstroming berekend. Rekeningtijden zijn sterk afhankelijk van het aantal elementen in het 2D-domein en de tijdstap om de stabiliteit van de berekening te waarborgen. Ze bedragen al snel enkele uren tot langer dan een dag voor gebieden met de omvang van een middelgrote stedelijke kern.

Belangrijke aandachtspunten van 1D/2D-modellen zijn:

- De lange rekeningtijden vormen voor de huidige modelinstrumentaria een belemmering om snel analyses uit te voeren;
- In de praktijk ontstaat er vrij snel een spanningsveld tussen de gewenste omvang van het door te rekenen gebied en de gewenste resolutie van het 2D-model (fijnmazigheid). Om rekeningtijden te beperken is het ook mogelijk om slechts een beperkt deel van het maaiveld tweedimensionaal te modelleren en het overige maaiveld een-dimensionaal;
- We gaan ervan uit dat de interactie tussen het boven- en ondergrondse systeem geen verlies van drukhoogte oplevert. Het verfijnen van de schematisering door het simuleren van verliezen is wel mogelijk, maar vergt meer tijd en vereist ook lastig te verwerven informatie over de plaats en het functioneren van de kolken. Daarbij is ook van belang te weten dat de uitwisseling tussen het boven- en ondergronds systeem in de praktijk mogelijk wordt beïnvloed door toevaligheden als verstoppingen in kolken, bladeren op kolken of opgeduwde putdeksels;

- Bij de huidig beschikbare modelinstrumentaria is het afvoerend oppervlak, en dus de neerslag, direct gekoppeld aan de leidingen of putten van de riolering. Water-op-straat door beperkingen in de inloop vanaf de straten naar de riolering wordt dus niet in beschouwing genomen. Pas als de riolering overstroomt, kan het water op het maaiveld worden geborgen of oppervlakkig afstromen. Hoewel het mogelijk is te rekenen met deze variabelen, gaat dit sterk ten koste van de rekensnelheid.

Algemene tekortkomingen en onzekerheden

Naast tekortkomingen en onzekerheden die samenhangen met het gekozen modelconcept, zijn er nog algemene tekortkomingen en onzekerheden voor alle typen modelconcepten. Welk modelconcept je dus kiest, de modelleur heeft altijd te maken met een zekere onzekerheid. Modelresultaten moeten als gevolg altijd kritisch onder de loep genomen worden.

De grootste algemene tekortkomingen en onzekerheden zijn:

- Voor een goede beschrijving van de bovengrondse infrastructuur wordt een ruimtelijke resolutie geadviseerd kleiner of gelijk aan 0,50 m (Mark e.a., 2004; Bertram e.a., 2009) tot 1,00 m (Klok, 2012). Als met een lagere resolutie wordt gerekend, kunnen lokale oneffenheden in het maaiveld ervoor zorgen dat de stroming niet correct wordt bepaald. Bovendien kunnen belangrijke mogelijke doorgangen, zoals steegjes, dan verdwijnen;
- Afstroming vanaf onverhard gebied is bijzonder lastig in te schatten. Niet alleen speelt de configuratie (bodemgesteldheid, helling en begroeiing) een rol; ook de intensiteit en duur van neerslag zijn bepalend. Op basis van veldinventarisatie is per locatie een keuze te maken. Een andere optie is om een uniforme factor op het onverharde gebied toe te passen.

B.4 Invloed van keuze modelconcept op voorspelling water op-straat

Voor de vergelijking van de modelconcepten is een casestudie uitgevoerd voor drie verschillende delen van het stedelijk gebied van de gemeente Noordwijk. Deze gemeente is de afgelopen jaren diverse malen getroffen door hevige regenval en heeft zodoende een goed beeld van overlastlocaties in de praktijk. Daarbij is een up-to-date beheerbestand van het rioolstelsel beschikbaar, inclusief ingemeten putdekselhoogtes, en een actuele inventarisatie van het aangesloten afvoerend oppervlak.

Voor de vergelijking is de situatie bij extreme neerslag geanalyseerd met zowel een maaiveldanalyse (WOLK, Tauw) als een 1D/2D-simulatie (Sobek, Deltares), gebaseerd op dezelfde dataset¹.

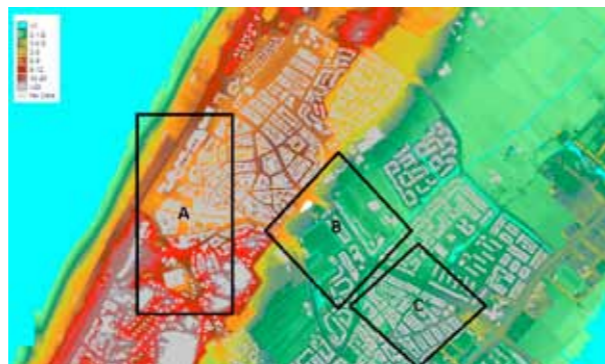
Er is gewerkt met de volgende uitgangspunten:

- De afvoer van regenwater is geanalyseerd voor een bui van 60 millimeter in een uur met een uniform verdeelde intensiteit gevolgd door twee droge uren. Dit is te zien als een eenvoudige projectie van een extreme bui met T=100, inclusief een schatting van de toename door klimaatverandering;
- In dit onderzoek is in de riolering als standaardwaarde voor ruwheid 3,0 mm (White-Colebrook) aangehouden voor de betonleidingen, 0,4 mm voor de PVC-leidingen en 0,015 (Manning) voor het straatoppervlak;
- Er is uitgegaan van een onderverdeling in afvoerend oppervlak zoals getypeerd door de Leidraad Riolering, module C2100;
- Voor de maaiveldanalyses en de analyse van de bovengrondse stroming in het 1D/2D-model is de gefilterde AHN2 gebruikt die verschaald is naar een horizontale resolutie van 1x1 meter. Dit is een praktisch uitgangspunt om te voorkomen dat het door te rekenen gebied in Sobek 1D/2D (in verband met rekeningtijd en de maximale omvang van het gebied van 1.000.000 gridcellen) te klein wordt om een goede analyse te kunnen uitvoeren.

¹ Ook is een vergelijking gemaakt met WODAN123. Voor de resultaten hiervan verwijzen wij u naar Van Dijk e.a. (2012).

Op de volgende drie gebieden zijn de beide modelconcepten toegepast (Afbeelding 5.1):

- Noordwijk aan Zee (A): een komvormig gebied in de duinen met hoogteverschillen tot twintig meter, waar de riolering onder vrij verval afvoert naar het lager gelegen Noordwijk Binnen;
- Noordwijk, Van Panhuysstraat (B): een gebied op de overgang van Noordwijk aan Zee naar Noordwijk Binnen. Dit gebied ligt onderaan een helling met een hoogteverschil van ongeveer zeven meter en heeft via de riolering een grote toevoer van het water van een flink deel van Noordwijk aan Zee;
- Noordwijk Binnen (C): een vlak gebied met een hoogteverschil van minder dan één meter.



Figuur B.1: Hoogteverloop Noordwijk en aanduiding locaties casestudie

Betondorp: alternatieve regenwaterafvoer

De opleiding Civiele Techniek heeft een minor 'Water in de stad' ontwikkeld. In deze minor leren studenten van verschillende opleidingsachtergrond (anders) omgaan met water in de stad. Wat gebeurt er bij toekomstige klimaat- en stadsontwikkelingen? En hoe kan water hierin een rol spelen?

Onderdeel van de minor is dat studenten met een 'echte' opdrachtgever een actuele projectopdracht uitvoeren. Opdrachtgevers zijn onder meer Waternet en Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier. Voor adviesbureau TAUW hebben studenten gekeken naar een alternatieve manier om om te gaan met regenwater in Betondorp (stadsdeel Amsterdam Oost).

Originele maatregelen

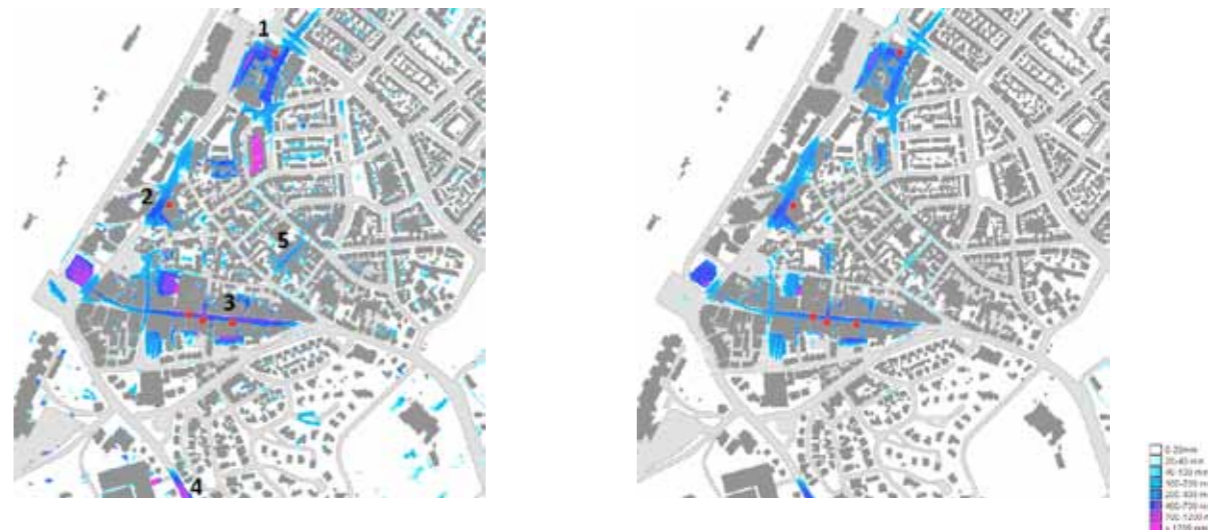
Na een knelpuntanalyse van het watersysteem in Betondorp hebben de studenten gekeken naar alternatieve oplossingen. Hierbij hebben ze het stappenplan, zoals beschreven in dit rapport, als leidraad gebruikt om de kwetsbare plekken in beeld te brengen. Bij het aandragen van oplossingen moesten ze rekening houden met een beperkt budget voor de uitvoering van de maatregelen. De studenten presenteerden verschillende originele maatregelen, zoals het gebruik van waterdoorlatende verhardingen, infiltrerende parkeerplaatsen en de aanleg van een goedkoop waterplein.

Kader 4.2 Studentenproject Betondorp

Ervaren wateroverlast in Noordwijk

Noordwijk ervaart op diverse plaatsen wateroverlast. Dit varieert van forse hoeveelheden water-op straat die het verkeer ernstig hinderen, tot soms water in woningen en winkels. In 2007 is Noordwijk getroffen door een wolkbreuk met veel schade tot gevolg. Exacte neerslaggegevens van die bui zijn niet beschikbaar. Vanaf 2009 meet Noordwijk de neerslag. Sinds de meting was de zwaarste bui op 26 augustus 2010: in drie uur tijd registreerde de gemeente 41,8 mm neerslag met een maximale uursom van 25 millimeter in een uur en een piekintensiteit van 4 millimeter in vijf minuten. Vooral het lage deel van Noordwijk ondervond hiervan wateroverlast. In de uren voorafgaand aan deze bui had het al zo veel licht geregend dat het stelsel bij aanvang van wolkbreuk vooral in dit deel al nagenoeg vol stond.

Kader B.1 Ervaren wateroverlast in de praktijk



Figuur B.2: Waterdieptes in Noordwijk aan Zee, bepaald met een maaiveldanalyse (links) en een 1D/2D-model (rechts). Met een cijfer en een rode stip zijn bekende knelpuntlocaties aangegeven.

B.5 Resultaten

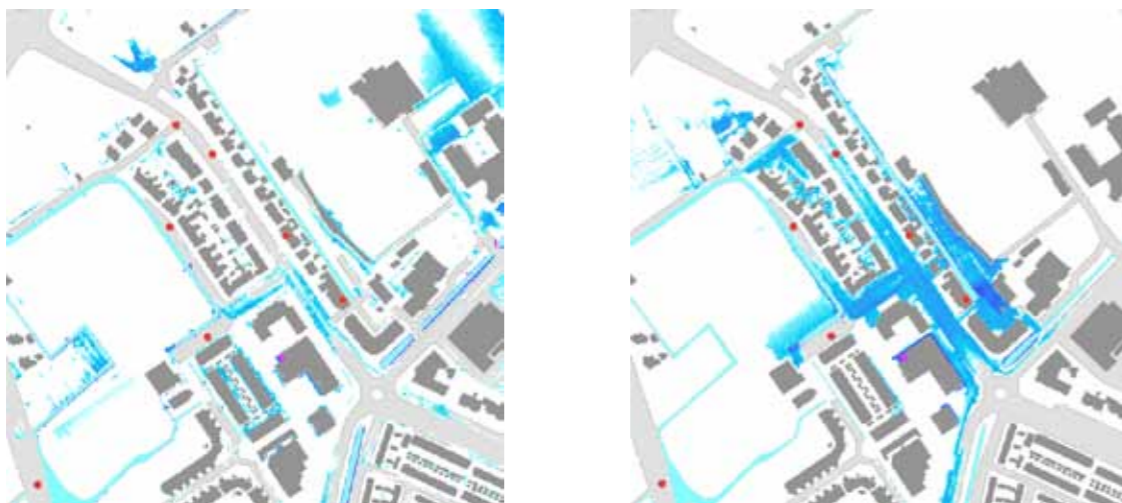
Noordwijk aan Zee (A)

Beide modelconcepten voorspellen een beeld van water-op straat dat goed overeenkomt met bekende klachtenlocaties en met elkaar (Afbeelding 5.2). Er zijn ook locaties waar deze modellen water-op straat voorspellen, maar die niet bekend zijn bij de gemeente. Dit is niet per definitie een modelafwijking. Het kan ook zijn dat water-op straat hier niet als hinderlijk wordt ervaren.

Er zijn op specifieke locaties wel verschillen tussen de modelresultaten. Voor enkele straten is wel water-op straat voorspeld met de maaiveldanalyses, maar niet met het gekoppelde 1D/2D-model. Ook wordt hier in de praktijk geen water-op straat gesignaleerd.

Waarschijnlijk kan de riolering hier dus meer afvoeren dan de voor de maaiveldanalyses aangenomen 20 millimeter in een uur, zodat het voor deze locatie belangrijk blijkt de riolering juist in beschouwing te nemen in de modellen.

Daarnaast valt op dat de maaiveldanalyse een aanzienlijke waterdiepte berekent ter plaatse van de roze vlek. Dit wordt in de praktijk niet waargenomen. Hier ligt een laag hofje dat wordt gevoed door een stroombaan door een steeg. In de praktijk zal hier waarschijnlijk weinig debiet doorheen kunnen stromen. Door het wel meenemen van de afvoerbepalingen van de steeg, is het aanvoervolume, dat ontoereikend is om het hofje geheel te vullen, beter in te schatten. Dat het een risicovol gebied is, is wel duidelijk.



Afbeelding B.3: Waterdieptes rond de Van Panhuysstraat, bepaald met een maaiveldanalyse (links) en een 1D/2D-model (rechts). Met een rode stip zijn bekende knelpuntlocaties aangegeven.

Noordwijk, Van Panhuysstraat (B)

Voor gebieden op de flank van een helling is het cruciaal om de riolering mee in beschouwing te nemen. Zo berekent het 1D/2D-model voor het gebied rondom de Van Panhuysstraat (afbeelding B.3) aanzienlijk meer water-op-straat dan de maaiveldanalyse, wat beter aansluit bij de praktijkervaringen.

Noordwijk Binnen (C)

Wanneer voor Noordwijk Binnen het beeld van water-op-straat, zoals voorspeld door het gekoppelde 1D/2D-model en de maaiveldanalyse, met elkaar wordt vergeleken, zijn nauwelijks verschillen zichtbaar (afbeelding B.4). De aan- en afvoer van riolering blijkt voor deze gebieden dus minder een rol te spelen dan voor de gebieden aan de rand van een helling. Beide modelconcepten berekenen een aanzienlijke hoeveelheid water-op-straat, terwijl in de praktijk weinig klachten bekend zijn. Dit hoeft echter geen verkeerde voorspelling door de modellen te zijn, omdat de doorgerekende uurintensiteit de laatste jaren niet gevallen is. Bij de ervaren intensiteit zouden dan mogelijk geen problemen ontstaan, terwijl vanaf

een gegeven kritieke intensiteit de hoeveelheid water op straat sterk toeneemt (Gersonius et al., 2011).

B.6 Invloed van parameterkeuze op voorspelling water-op-straat

Naar verwachting neemt de inzet van gekoppelde 1D/2D-modellen de komende decennia toe. Daarom is voor dit modelconcept ook bekeken hoe onzekerheden in invoerparameters doorwerken in modelresultaten en of deze gevoeligheden verschillen tussen diverse typen gebieden. Met een 1D/2D-model worden meer processen in beschouwing genomen dan in een 1D-model of een maaiveldanalyse. Daarnaast zijn modelverfijningen toe te passen die in andere modelconcepten niet mogelijk zijn. Denk aan het simuleren van het effect van kolken en aan de keuze voor neerslag op het maaiveld of via de rekenpunten van het 1D-model. Tot besluit is het mogelijk de duur van water-op-straat te analyseren. Met het gekoppelde 1D/2D-model van Noordwijk aan Zee is een aantal parameters gevarieerd en is onderzocht welke invloed deze variatie heeft op



Afbeelding B.4: Waterdieptes in Noordwijk Binnen, bepaald met een maaiveldanalyse (links) en een 1D/2D-model (rechts). Met een rode stip zijn bekende knelpuntlocaties aangegeven.

de voorspelling van water-op-straat. De volgende parameters zijn gevarieerd:

- Afstroming vanaf onverhard gebied. Het wel of niet meenemen van tuinen in de berekening heeft invloed op de hoeveelheid afstromend oppervlak. Voor de casestudie zijn, naast de referentiecasse waar de verharde oppervlakken op basis van veldinventarisatie zijn toegewezen, aanvullende berekeningen uitgevoerd waarbij 50% en 100% van het onverharde oppervlak wordt afgevoerd.
- Ruwheid oppervlak. Er is onderzocht of Manning-waarden van 0,01 (-33%) en 0,02 (+33%) tot andere resultaten leiden.
- Wel of niet toevoegen van kolken. In de referentieberekening is uitgegaan van een model waar afstromende neerslag direct onder in de rioolput terecht komt en waar water zonder vertraging bij de inspectieputten de riolering in of uit kan stromen. Door per leiding twee kolken aan het model toe te voegen en deze met doorlaten aan de riolering te koppelen, is een energiehoogte-

verlies, en daarmee een vertraging, in de in- en uitloop ingebouwd. Voor een aantal kolken is, met behulp van standaard verliescoëfficiënten en een aangenomen debiet van 0,020 m³/s, een inschatting gemaakt van het verwachte energiehoogteverlies. De waarde van de laterale contractiecoëfficiënt is zo gekozen dat het energieverlies overeenkomt met het totale verlies in een straatkolk, en een ronde aansluitleiding met diameter Ø 110 mm. Daarbij is rekening gehouden met energieverlies door inloop in de kolk, door wandwrijving, door instroom in het riool en door één haakse bocht in de verbindende leiding. Dit energiehoogteverlies correspondeert met een laterale contractiecoëfficiënt die voor de meeste kolken rond de 0,84 bleek te liggen.

- Neerslag op het maaiveld in plaats van op de leidingen. Berekeningen worden standaard uitgevoerd met een inloopmodel waarbij de neerslag aan de leidingen wordt toegevoegd. Bekeken is wat het effect is als de neerslag op het maaiveld valt en inloopbeperkingen dus een rol spelen.

Resultaten

Afbeelding B.5 toont voor vier locaties de verschillen in maximale waterdiepten op het maaiveld bij verschillende waarden voor de modelparameters.

Onverhard oppervlak

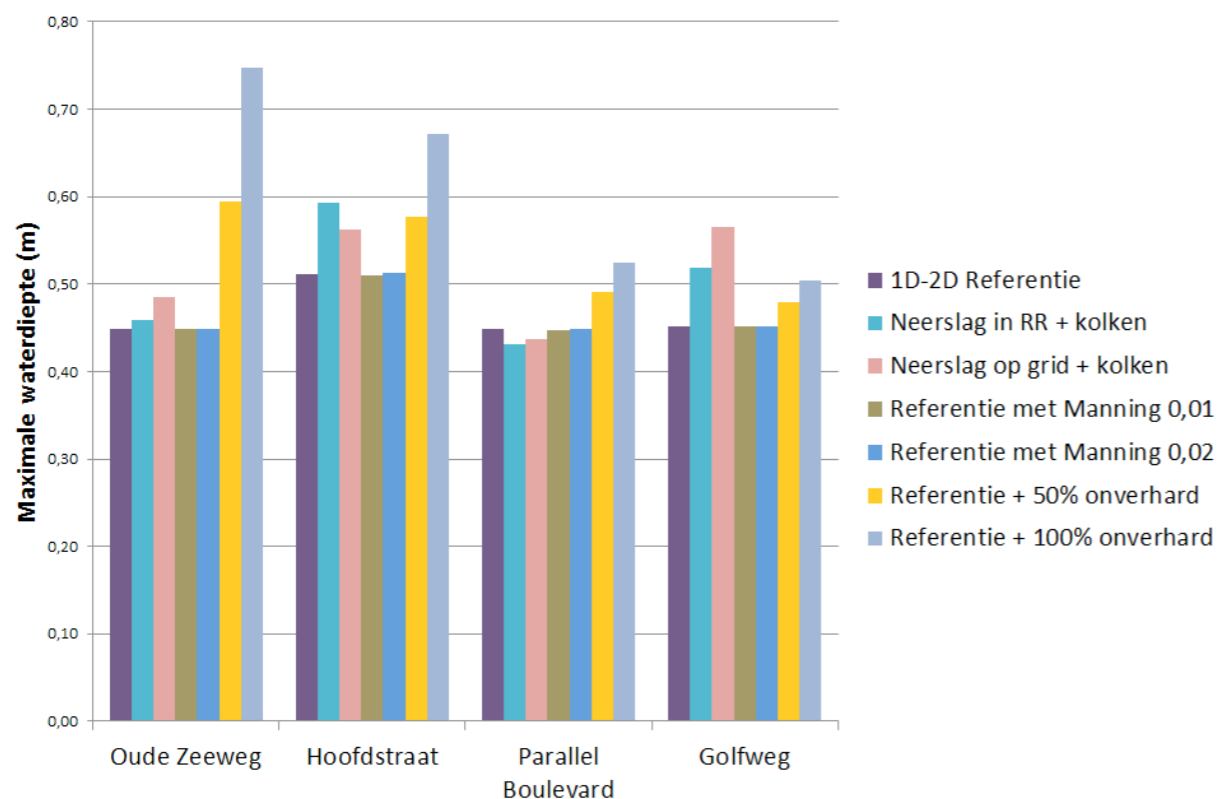
De keuze het onverhard gebied niet, gedeeltelijk of geheel tot afstroming te laten komen, is duidelijk van invloed op de resultaten. Hoe sterk een locatie wordt beïnvloed door deze keuze hangt vooral af van de relatie tussen waterdiepte en bergend oppervlak. Hoe meer het bergend oppervlak afhankelijk is van de hoogte, hoe gevoeliger de locatie zal zijn voor afwijkingen in de berekende waterdiepte.

Ruwheid maaiveld

Uit de uitgevoerde berekeningen blijkt dat de keuze van de ruwheid van het maaiveld, bij de onderzochte variatie van -33% en +33%, tot maximaal enkele millimeters verschil in de waterstanden leidt. Naar verwachting is dit voor de meeste situaties in Nederland het geval doordat de afstroomafstanden relatief kort zijn en de stroomsnelheden (behoudens sterk hellende gebieden) meestal vrij laag.

Wel of niet toevoegen van kolken

Toevoegen van kolken aan het model blijkt vooral effect te hebben op de waterstand in laaggelegen straten. Het water zal hier langzamer in en uit de riolering stromen. De resultaten laten zien dat dit



Figuur B.5: Berekende maximale waterdiepte (gekoppeld 1D/2D-model) op vier bekende knelpuntlocaties in Noordwijk aan Zee onder invloed van variatie van het afvoerend onverhard oppervlak, de ruwheid van het oppervlak, het toevoegen van straatkolken en de laterale contractiecoëfficiënt van de straatkolken.

vooral invloed heeft op de duur van het water-op straat en in mindere mate op de maximale waterdiepte.

Toekennen van neerslag aan maaiveld in plaats van leidingen

Het effect van het toekennen van de neerslag aan het maaiveld in plaats van aan de leidingen is zeer groot. Inloopbeperkingen spelen een grote rol in de diepte van water-op straat. De aanname dat de neerslag aan de leidingen kan worden toegekend is dus een essentiële aanname die tot veel onzekerheid in de modelresultaten leidt.

B.6 Conclusies

Zowel gekoppelde 1D/2D-modellen als maaiveldanalyses geven op veel plaatsen hetzelfde water-op straat beeld. Een beeld dat bovendien wordt bevestigd door de klachtenregistratie. Om snel inzicht te krijgen in de situatie bij extreme neerslag is een maaiveldanalyse dus prima in te zetten.

Een belangrijk aandachtspunt zijn de situaties waarbij het ondergrondse aanvoergebied aanzienlijk afwijkt van het bovengrondse aanvoergebied. De maaiveldanalyses geven geen goed beeld in situaties waar de capaciteit van de riolering afwijkt van de aangenomen 20 millimeter in een uur.

Voor alle modelconcepten geldt dat onzekere keuzes in de schematisatie de uitkomsten sterk beïnvloeden. Hierbij is de omvang van het afvoerend onverhard oppervlak een parameter die duidelijk van invloed is op de resultaten. De onzekerheid in de resultaten door onzekerheid in de omvang van het afvoerend onverhard oppervlak is groter (enkele decimeters extra maximale waterdiepte) dan de onzekerheid door de keuze voor een bepaald modelconcept. De ruwheid van het maaiveld is daarentegen nauwelijks van invloed, omdat de afstroomafstanden relatief kort zijn. Het schematiseren van kolken heeft vooral invloed op de (toename van de) duur van water-op straat. En het uitgangspunt dat neerslag direct aan de riolering is gekoppeld, is een essentiële aanname die tot veel onzekerheid in de modelresultaten leidt.

B.7 Aanbevelingen

Zowel landelijk als internationaal is een verschuiving van traditionele 1D-rioleringsmodellen naar

maaiveldanalyses en 1D/2D-simulatiemodellen zichtbaar. Die verschuiving is ook op basis van de uitkomsten in dit onderzoek gerechtvaardigd. Lastiger is het om voor een specifiek vraagstuk een uitspraak te doen over de keuze voor welk modelconcept. Het antwoord op de vraag welk modelconcept het meest geschikt is om wateroverlast te analyseren en te ondersteunen in het kiezen van oplossingen, hangt af van het type gebied dat gemodelleerd wordt, de urgentie voor maatregelen en het type maatregelen. Hierbij dienen de kosten voor analyse in verhouding te staan met de kosten voor de maatregelen. Naast geografische en economische motieven zijn ook reken-snelheid, databehoefte en communicatiemogelijkheden bepalend voor de keuze van een modelconcept.

Lastig in de keuze is dat het, zonder goede kennis van het modelleren, moeilijk is in te schatten welk soort model te gebruiken. Dit kan aanleiding zijn alleen op de beste modelleringen te vertrouwen. Omdat de simulatieresultaten veelal evident en logisch zijn (water stroomt van hoog naar laag en vult depressies) is het juist mogelijk eerst een grove verkenning te doen met alleen een maaiveldanalyse. Zodra simulatietechnieken zoals 3Di en Price3D voorhanden zijn en rekentijden verlagen, is deze stap over te slaan.

Getrapte benadering

Zolang deze technieken nog niet beschikbaar zijn, stellen wij dan ook een getrapte benadering voor. Te beginnen met een maaiveldanalyse als verkenning van de situatie en mogelijke maatregelen en vervolgens, wanneer daar aanleiding voor is, een nadere en meer nauwkeurige analyse met een gekoppeld model. Zo wordt meer inzicht verkregen in het effect van maatregelen bij interactie tussen maaiveld en riolering.

Wel blijven er in gekoppelde 1D/2D-modellen nog steeds belangrijke onzekerheden in de schematisatie over. Vooral de interactie tussen het boven- en ondergrondse systeem (kenmerken van straatkolken en aansluitleidingen en de aanwezigheid van vervuiling) en het feit of rekenkundig de neerslag eerst via het maaiveld tot afstroming komt of direct aan het 1D-rioleringsmodel wordt toegekend. Een ander aandachtspunt is dat een kleine helling al veroorzaakt dat een deel van het water onder invloed van impuls aan de kolken voorbij stroomt. Dit proces wordt in de huidige modellen buiten beschouwing gelaten. Ook de resultaten van deze beste modelmethode dienen dus kritisch te worden beschouwd.



BIJLAGE C: BESLUITVORMING

C.1 Inleiding

Wanneer er sprake is van wateroverlast in stedelijk gebied, zijn het doorgaans de rioleurs die hier op aangesproken worden. Zolang het om hevige neerslag gaat die het riool normaliter zou moeten verwerken, zijn rioleurs prima in staat dit op te pakken. Het wordt een ander verhaal wanneer er sprake is van zeer extreme regenval. Tegen wateroverlast in dergelijke uitzonderlijke gevallen is het voor rioleurs lastig maatregelen door te voeren. Overleg met andere beheerders van de openbare ruimte is dan noodzakelijk om in een gezamenlijke inspanning extra ruimte voor water te vinden.

In dit hoofdstuk gaan we in op de afstemming met andere sectoren en burgers. Hiervoor is in het kader van het onderzoek een groot aantal interviews gehouden met de gemeenten Apeldoorn, Bergen (NH), Beverwijk, Eindhoven, Utrecht en met Waternet. We hebben niet alleen de rioleur of waterdeskundige geïnterviewd, maar ook de groenbeleidsmedewerker, verkeerskundige en de ruimtelijk ordenaar. Een lijst van geïnterviewden vindt u in tabel C.1.

C.2 Waarom is afstemming met andere sectoren nodig?

Bij extreme neerslag stroomt het water niet meer het riool in, maar stroomt het bovengronds af. Knelpunten treden dan ook bovengronds op: tunnels, wegen, parken en gebouwen lopen onder.

Gemeenten moeten daarom vaak bovengrondse maatregelen treffen. Dat vraagt om afstemming met de verschillende beleidsvelden. Hoe is het profiel van de weg aan te passen? Past dit nog bij de uitstraling van de weg die de verkeerskundige voor ogen heeft? Is het mogelijk tijdelijk water in het park te bergen? En zo ja, welke inrichtingsmaatregelen horen hierbij? Kan de huidige beplanting wel tegen deze waterberging?

C.3 Vragen

In dit hoofdstuk behandelen wij de volgende vragen:

- 1 Hebben de gemeenten al te kampen gehad met wateroverlast en welke maatregelen hebben ze genomen?
- 2 Hoe denken verschillende beleidsvelden over hinder en overlast door extreme neerslag? Wat vinden ze acceptabel?
- 3 Wat zijn succes- en faalfactoren om maatregelen in de openbare ruimte gerealiseerd te krijgen?
- 4 Hoe verloopt de samenwerking tussen de verschillende sectoren nu?
- 5 Hoe kunnen de maatregelen verankerd worden?

C.4 Ervaren wateroverlast en getroffen maatregelen

Bijna alle geïnterviewden geven aan dat in hun gemeente de afgelopen 7 jaar een flinke bui is gevallen. De hoeveelheid neerslag varieert van 50 millimeter in een dag tot 115 millimeter in 1 uur en 15 minuten (Apeldoorn). In sommige gevallen is de neerslagsom geschat, omdat de gemeente nog geen neerslagsmeter heeft.

De ervaren wateroverlast bestaat uit ondergelopen tunnels, putdeksels die omhoog kwamen en hier en daar een ondergelopen woning of kelder. In Egmond aan Zee is twee keer de hele winkelstraat ondergelopen. In de gemeente Beverwijk is bebouwing op een industrieterrein en het centrum van de kern van Wijk aan Zee ondergelopen.

Schadeclaims

Een aantal gemeenten ontving schadeclaims voor de wateroverlast. Over het algemeen wijzen de gemeenten de claims die binnenkomen af. De gemeente beroept zich hier op overmacht. De claims die binnenkomen zijn volgens de geïnterviewden ook maar een fractie van wat er echt gebeurt. De meeste burgers dienen een claim in bij de verzekering. Hierdoor ontbreekt het bij de gemeenten aan een goed beeld waar sprake is van wateroverlast.

De oorzaak van de wateroverlast lag in veel gevallen deels bij beheer en onderhoud: kolken en duikers die verstopt zaten en watergangen die niet gemaaid waren. Hier is door de gemeenten direct actie op ondernomen. Op plaatsen waar woningen al meerdere keren ondergelopen zijn, is onderzoek uitgevoerd hoe dit in de toekomst te voorkomen is. Voor de ondergelopen tunnels zijn in de regel geen maatregelen genomen. De kosten van de maatregelen wegen niet op tegen de baten.

De geïnterviewden geven aan dat als probleemsituaties urgent zijn en doelmatig of makkelijk op te lossen zijn, de gemeente ze zeker uitvoert. Bij niet-urgente problemen liften eventuele oplossingen mee op andere projecten of wordt het op de lange baan geschoven.

Verder geven de geïnterviewden aan dat afkoppelen en het vasthouden en bergen op de plek waar de neerslag valt, maatregelen zijn om het overlastprobleem te verkleinen. Dit maakt het bestaande systeem robuuster.

Enkele specifieke aanpakken van de verschillende gemeenten:

- Gemeente Bergen heeft grootschalige maatregelen getroffen voor Egmond aan Zee. Vanuit de politiek is er grote druk om de wateroverlast op te lossen. Egmond aan Zee is de belangrijkste toeristische locatie van de gemeente. De strategie bij het beperken van de kans op overlast is vooral het verwerken van het regenwater waar het valt door compartimentering. De gemeente heeft onder meer kratten, IT-riolering en infiltratiebakken aangelegd. Ook werkt de gemeente voor Egmond aan Zee aan een herinrichtingsplan. Dit traject en het oplossen van de wateroverlast is in elkaar geschoven. Bij de herinrichting hebben interne afdelingen (zoals verkeer), bedrijven en bewoners betrokken.
- De gemeente Beverwijk heeft in Wijk aan Zee een infiltratiesysteem aangelegd met een overloop. Ook bij dit project zijn bedrijven en bewoners betrokken.
- De gemeente Apeldoorn pakt de problemen zoveel mogelijk bovengronds aan. Dit is mogelijk omdat Apeldoorn een flink hoogteverschil en

veel groenvoorzieningen heeft. Bij het bedenken van de maatregelen zijn de beheerders van de openbare ruimte betrokken.

C.5 Hinder en overlast

De meeste gemeenten ontwerpen en toetsen het stelsel op bui 08. Wel is bij de verschillende gemeenten een lichte trend waarneembaar om ook naar het bovengrondse systeem te kijken. De nadruk ligt hier op het voorkomen van schade (indien doelmatig).

De geïnterviewde gemeenteambtenaren zien wateropstraat niet als wateroverlast. Pas wanneer het water langer dan meerdere uren op straat blijft staan, is er sprake van hinder. Uitzondering vormt rioolwater op straat. In verband met gezondheidsrisico's ervaren geïnterviewden dit als onwenselijk.

Wat de ambtenaren wel als overlast beschouwen:

- Omhoog gekomen putdeksels. Dit kan gevaarlijke situaties opleveren;
- Onderlopen van woningen of andersoortige bebouwing.

Voor de verkeerskundige is het geen probleem als tunnels of hoofdwegen enkele uren blank staan. Ook voor evenementen sluiten ze wel eens tunnels of hoofdwegen af. Wel geven de geïnterviewden aan dat water op straat bij hoofdwegen minder vaak voor zou moeten komen dan in woonwijken. Zolang water op straat niet voor onveilig situaties zorgt en er alternatieve routes zijn, is het voor de verkeerskundige acceptabel. Wanneer het langer dan enkele dagen duurt, is het blank staan van parken en groenvoorzieningen met regenwater geen probleem voor groenmedewerkers. Het bergen van rioolwater in parken en groenvoorzieningen vinden zij doorgaans onwenselijk.

C.6 Succes- en faalfactoren

Aan de geïnterviewden is gevraagd wat succes- en faalfactoren zijn om (integrale) projecten bij de gemeente van de grond te krijgen. Hier is niet alleen gefocust op waterprojecten, maar is ingegaan op projecten in het algemeen. De antwoorden zijn gerubriceerd in de volgende categorieën:

- organisatie
- werkproces
- voorbereiding
- geld
- realisatie
- combinatie van functies

“Als je in gesprek raakt, komt het meestal wel goed.”

Organisatie

Ten eerste spelen de organisatiestructuur en de grootte van de gemeente een rol in het besluitvormingsproces over extreme neerslag. Als verschillende disciplines dicht bij elkaar of op een afdeling zitten, verloopt de samenwerking beter. Ze weten van elkaar wat er speelt en vinden elkaar sneller bij de voorbereiding van projecten. Als de organisatie groter is en de gemeente versnipperd zit over verschillende kantoren is meer energie nodig om plannen en ambities onder de aandacht te brengen. De aanwezigheid van een waternvisie is hierbij een handig hulpmiddel.

Werkproces

Het inbedden in het werkproces om elkaar vroegtijdig op de hoogte te brengen, helpt om projecten van de grond te krijgen. Een probleem is het afwijken van de standaard. Dit kost heel veel tijd en energie. Ook haast, tijdsgebrek en de afwezigheid van kennis bij de gemeente kan een belemmering zijn om een project goed uitgevoerd te krijgen. Bijna alle geïnterviewden zijn het eens dat de kwaliteit van een project omhoog gaat als verschillende disciplines erbij betrokken worden.

Voorbereiding

Vroeg in het proces betrokken raken, zorgt dat je kunt meepraten over het ontwerp in plaats van achteraf geconfronteerd te worden met een ontwerp dat er al ligt. Ook een tijdige analyse van het probleem is nodig, zodat de projectdoelstellingen goed te formuleren zijn. Het vroegtijdig hebben van een visie om het hele plan uit te werken is eveneens een goed vertrekpunt. Veel gemeenten geven aan dat de stedenbouwkundigen denken dat alles maakbaar is. De stedenbouwkundige schakelt de beleidsmedewerkers dikwijls te laat in, waardoor vooral water en groen er vaak bekaaid vanaf komen. Bij stedenbouwkundigen is water vaak nog een uitwerkingsvraag: een ontwerpvrage in plaats van een uitgangspunt.

Geld

De crisis heeft ook voordelen. Voor het uitvoeren van een project dient iedere discipline zijn eigen geldpotje mee te nemen. Dit maakt projecten integraler, omdat verschillende disciplines elkaar nodig hebben om een project van de grond te krijgen. Groen heeft bij de meeste gemeenten weinig tot geen geld. Zij liften zoveel mogelijk mee met projecten van andere disciplines. Verkeer heeft vaak middelen uit parkeergelden, maar dit is ook beperkt. Riolering heeft geld uit de rioolheffing. Ze hebben hierdoor vaak meer geld om projecten te verwezenlijken.

Realisatie

Voor de realisatie is het van belang om draagvlak bij de bewoners te hebben. Verschillende gemeenten gaven aan dat de wijkcoördinatoren hierin een belangrijke rol spelen. Zij hebben contact met de buurt en weten goed wat er speelt. De meeste geïnterviewden gaven aan dat bewoners pas bij het proces betrokken worden als het plan concreet is. Eerder heeft weinig zin. Het plan moet ook niet een te groot schaalniveau hebben. Voor het vergroten van het draagvlak helpt het enorm als de bewoners er iets mee kunnen of als het de kwaliteit van de openbare ruimte verbetert. De gemeenten moeten bij de realisatie de bezwaren van bewoners serieus nemen. Ze moeten goed uitleggen en onderbouwen waarom negatieve aspecten, zoals muggen of onveilige situaties voor kinderen, niet optreden bij de uitvoer van de werkzaamheden.

Ook zijn de verschillende geïnterviewden gevraagd wanneer ze elkaar inschakelen bij projecten. Hieruit blijkt dat bij rioleringsprojecten de rioleurs in de voorfase vrij autonoom aan de slag gaan. Groen betrekken ze niet, alleen als er beplanting vervangen moet worden. Pas als het project zijn definitieve vorm krijgt, betrekken ze doorgaans de andere partijen.

C.7 Samenwerking tussen sectoren

Ook vroegen we de ambtenaren welke combinatie van functies met waterberging mogelijk zijn. Hieronder de twee meest genoemde maatregelen.

Water en groen

De ondervraagden zien in waterberging en groen de ideale combinatie van functies. Randvoorwaarden hierbij zijn dat het geen vervuild rioolwater is, het water er niet langer dan enkele dagen blijft staan en dat de beplanting en inrichting van de groenvoorziening hierop aangepast zijn.

Water en verkeer

Het combineren van water en verkeer is afhankelijk van de situatie. Het bergen van water op straat kan in principe prima. Verkeerskundigen geven de voorkeur aan waterberging in rustige woonstraten in plaats van op doorgaande wegen. Trend in verkeersland is echter om woonwijken een woonerfuitstraling te geven. Dit betekent dat de stoep op gelijke hoogte ligt met de straat. Met een hoge stoep in de woonwijk lijkt de straat te veel op een doorgaande weg, waardoor hard rijden op de loer ligt. Doorgaande wegen mogen wel hoge stoepen hebben.

Vanuit Duurzaam veilig hebben alle wegen een functie. Bij een functie hoort ook een bepaalde inrichting. Deze inrichting kan botsen met de waterafvoer over de straat. Uitritconstructies zijn te gebruiken om te voorkomen dat water ergens heen stroomt. Verkeer gebruikt uitritconstructies bij de overgang van gebiedsontsluitingsweg naar erftoegangsweg. Deze uitritconstructies zijn niet zomaar ergens anders te gebruiken.

C.8 Verankering

De verankering van watermaatregelen in plannen is bij de gemeenten nog een ondergeschoven kindje. Het is een lastig onderwerp waar de meeste gemeenten mee worstelen. Met de ondervraagden worden de verschillende beleidsplannen doorgelopen en besproken wat mogelijk is. De meeste ondervraagden geven aan dat het het beste is om maatregelen in een integraal plan op te nemen. Het liefst ook in een plan dat bestuurlijk vastgesteld wordt.

Structuurvisie

Veel van de ondervraagden gaven aan dat ze de structuurvisie vaak te globaal vinden. Ze zien dit niet als een planvorm om hun ambities te verwezenlijken. Toch geeft de ruimtelijk ordenaar aan dat het in de



Wateroverlast in Deventer, 26 augustus 2010

structuurvisie goed mogelijk is om waterberging vast te leggen. In de structuurvisie zijn zoekgebieden voor water aan te geven. Het is ook mogelijk op wijkniveau aan te duiden hoeveel waterberging nodig is. In de structuurvisie is concreet aan te geven wat concreet is en globaal wat globaal is. De structuurvisie is ook kaderstellend voor het bestemmingsplan.

Bestemmingsplan

Rechten en plichten krijg je in het bestemmingsplan. In het bestemmingsplan zijn claims te leggen op bepaalde ruimten. Eenmaal vastgelegd in het bestemmingsplan is het niet zomaar meer te verwijderen. Voor een juridische binding moet het een aparte bestemming krijgen en opgenomen worden op zowel de plankaart als in de voorschriften. Wadi's zijn vaak als groen in het bestemmingsplan opgenomen. Om het beter te borgen zouden wadi's ook een waterbestemming of dubbelbestemming moeten krijgen. Ook ondergrondse voorzieningen zijn in het bestemmingsplan te regelen. Bij waterberging op particulier terrein is het aan te raden dit ook goed vast te leggen in het bestemmingsplan.

GRP

Het beleid voor omgaan met extreme neerslag is op te nemen in het GRP.

Groenbeheersysteem of verkeersbeleidsplan

Wadi's zijn verder op te nemen in het groenbeheersysteem. Water is als belang in de openbare ruimte mee te nemen in het verkeersbeleidsplan. Het voordeel van het meenemen van water in deze plannen is dat de groenbeheerder of wegbeheerder water op het netvlies houdt.

Andere plannen die tijdens de interviews ter sprake kwamen zijn:

- Waterplan/wijkwaterplan
- Digitaal op kaart (bijvoorbeeld in gemeenteGIS)
- Beheersysteem

Gemeente	Naam	Vakgebied
Apeldoorn	Diederik Anema	Water en riolering
Apeldoorn	Petra Bennink,	Groen
Apeldoorn	Jaap van de Rijt	Verkeer
Apeldoorn	Gerrit van Oosterom	Landschaparchitectuur, RO
Bergen (N-H)	George Stockel	Water en riolering
Bergen (N-H)	Edwin de Waard	Senior vormgever, ruimtelijk beleid
Bergen (N-H)	Pieter Korstanje	Groen en landschap
Bergen (N-H)	Rienk van der Meer	Verkeer
Beverwijk	Eric Warns	Water
Beverwijk	Annemarie Kok	Stedenbouw, openbare ruimte
Beverwijk	Ger Willemse	Openbare werken
Beverwijk	Ronny Muller	Riolering
Eindhoven	Luuk Postmes	Water
Eindhoven	Arjen uit den Broek	Stedenbouw en openbare ruimte
Eindhoven	Robert Teunissen	Verkeer
Eindhoven	Roel den Dikker	Groen
Utrecht	Erwin Rebergen	Water
Waternet	Egbert Baars	Water

Tabel C.1: Lijst met geïnterviewden

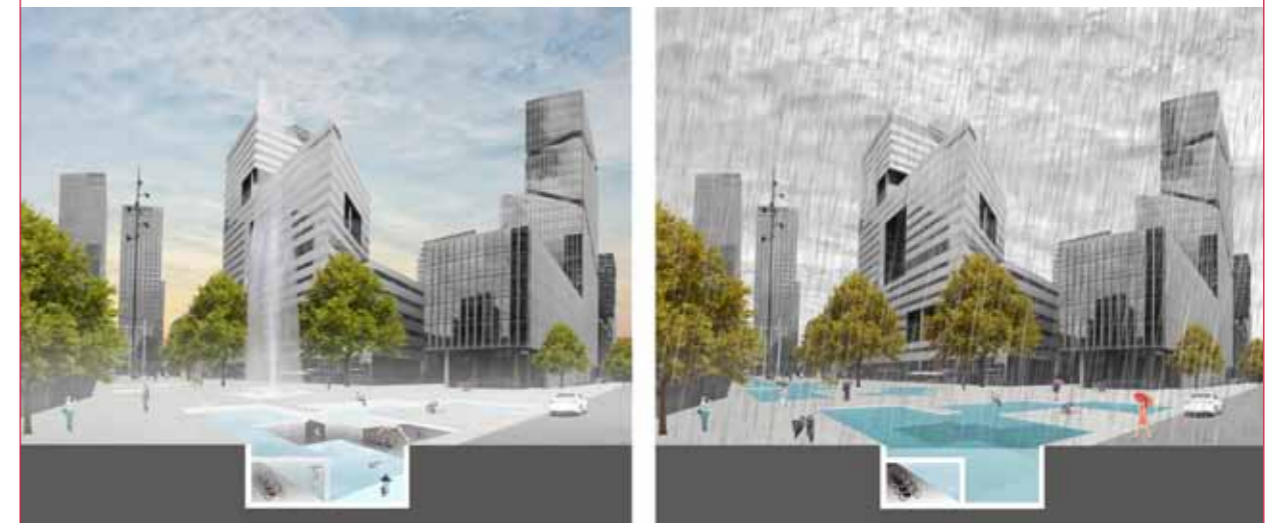
WaterBergen: aquapunctuur op de Zuidas

Het onderzoeksprogramma De Stad van de Hogeschool van Amsterdam heeft meegewerkt aan een ontwerpend onderzoek van de architecten Dingeman Deys, Jeroen Atteveld en Karin Christhof. De bijdrage heeft geleid tot WaterBergen: aquapunctuur op de Zuidas. In dit project is gekeken naar publiek toegankelijke en multifunctionele manieren van waterberging in de publieke ruimte.

Eenzijds is de berging bedoeld om piekbuien op te vangen om vervolgens het hemelwater voor nieuwe doeleinden te gebruiken. Anderzijds dient de waterberging in de stedelijke ruimte een meerwaarde te creëren voor zowel bedrijven, bewoners als gebruikers. De Amsterdamse Zuidas is hierbij als testcase genomen. De Zuidas wil zichzelf als toekomstig zelfvoorzienend en vooral duurzaam stedelijk gebied zien. Aantrekkelijk voor internationale bedrijven en organisaties.

Aquapunctuur

De voorgestelde oplossingsrichting, Aquapunctuur, zorgt met kleine ingrepen voor een duurzame omgang met water in dicht verstedelijkte gebieden. De ontwerpen integreren regenwateropslag en hergebruiken water op verschillende schaalniveaus; van publieke gebouwen (sporthal de Boelegracht) en de openbare ruimte (Beethoven Waterdok) tot de infrastructuur (waterplein van Mahler). Daarnaast houdt Aquapunctuur op vele plaatsen lokaal regenwater en afstromend water van gebouwen en openbare ruimtes tijdelijk vast om het vervolgens aan te bieden als tijdelijke recreatieve voorzieningen. WaterBergen verbetert niet alleen de kwaliteit van de publieke ruimte. Met de ontwikkeling van een zuiveringssysteem draagt het ook bij aan de zuivering van het hemelwater.



Figuren van waterberging in publieke gebouwen, de openbare ruimte tot en met de infrastructuur.

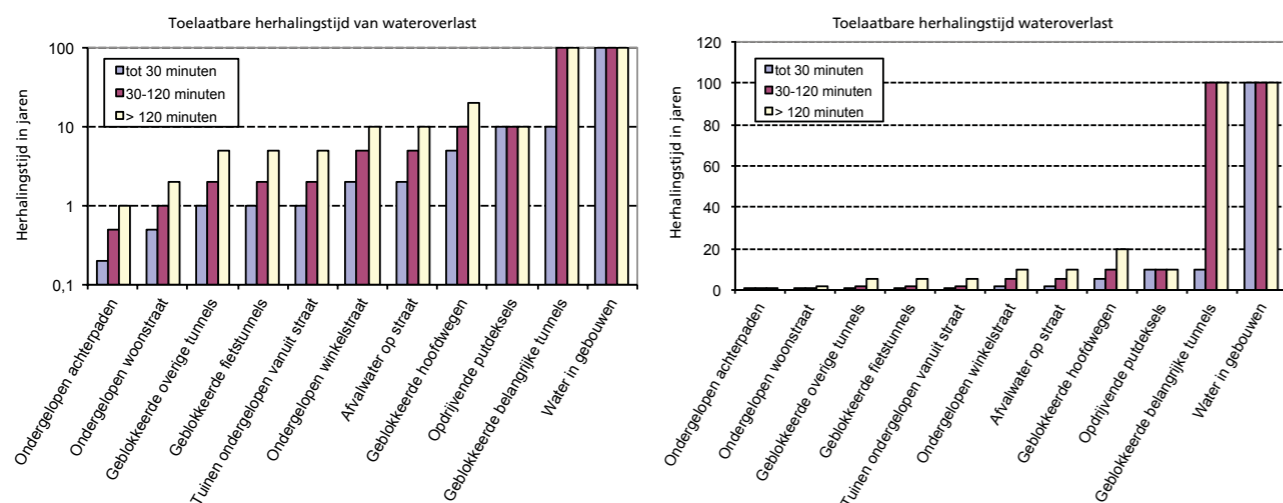
Uitwerking

Alle voorgestelde maatregelen zijn in principe gefaseerd in te voeren. Het project WaterBergen zal nu de stap van onderzoek naar uitwerking moeten krijgen. Prototypen dienen verder uitgewerkt te worden en er moeten lokaalspecifieke waterbergende toepassingen ontwikkeld worden. Het onderzoeksprogramma De Stad speelt hierin een actieve rol. "Voor de ontwikkeling van de Zuidas zou het gek zijn als ze dit niet zouden doen", aldus Jeroen Kluck, lector Water aan de Hogeschool van Amsterdam.

Omgaan met onzekerheid over norm wateroverlast voor Apeldoorn

Wat is acceptabel of niet?

Met de vraag welke vorm van wateroverlast wel of niet acceptabel is, is de gemeente Apeldoorn aan de slag gegaan. Daarbij heeft zij onderscheid gemaakt in locaties en (in eerste instantie ook) duur van wateroverlast. Dit heeft geresulteerd in een tabel met herhalingstijden per soort wateroverlast (zie onderstaande tabel). De tabel bleek uiteindelijk niet werkbaar: te gedetailleerd en in de praktijk niet realiseerbaar. Tevens zou het opnemen van deze tabel in het beleid betekenen dat ze dit ook gemeentebreed moeten realiseren.



Toelaatbare herhalingstijden wateroverlast

De gemeente Apeldoorn is vervolgens een andere weg ingeslagen. Op basis van een verkenning van het functioneren van de regenwaterafvoer bij zeer extreme neerslag heeft de gemeente een selectie gemaakt van mogelijk probleemlocaties en onderscheid gemaakt in urgente en niet urgente locaties. Voor de urgente locaties zijn maatregelen bedacht en uitgezet. De niet urgente locaties worden bij gelegenheid in de toekomst aangepakt. In het algemeen wil de gemeente bij de (her)inrichting van de openbare ruimte rekening houden met extreme neerslag teneinde de robuustheid van de regenwaterafvoer te vergroten.

Op deze manier omzeilt de gemeente een strakke norm, maar geeft zij wel een bewuste keuze te maken met risico's op wateroverlast en zet zij beleid uit om in de toekomst de kans op wateroverlast te verminderen.

Ervaringen met methodiek

De werkwijze in Apeldoorn heeft model gestaan voor de methodiek die in dit hoofdstuk is beschreven.

- 1 Analyse van regenwaterafvoer bij zeer extreme neerslag
- 2 Werksessie om locaties met relevante wateroverlast te selecteren en te bespreken
- 3 In enige stappen zoeken naar oplossingen
- 4 Vastleggen in beleid

Ad 1) De analyse is uitgevoerd met WOLK. De ervaring van de gemeente Apeldoorn met het werken met een maaiveldanalyse is positief. Het geeft een eerste indruk van waar het mis kan gaan; kwetsbare plekken. Tevens is het een sterk communicatief middel. De maaiveldanalyse geeft geen 100% beeld van de wateroverlast. Naast de maaiveldanalyse zijn ook resultaten van een rioolmodel nodig. Opmerkelijk is dat de gemeente bij het aanpakken van wateroverlast voor extreme neerslag nog geen behoefte heeft gehad aan het gebruik van complexere modellen.

Ad 2) Uitgaande van een maaiveldanalyse heeft de gemeente een werksessie gehouden met de water, groen, riool, weg en wijkbeheerder. Het doel van deze sessie was:

- Inzicht krijgen in wat er allemaal speelt in de openbare ruimte;
- Vergelijking maaiveldanalyse met klachten;
- Onderscheid maken tussen urgente en niet urgente situaties;
- Ruwe oplossingen bedenken.

Ad 3) Dit heeft geresulteerd in een aanpak, waarbij de gemeente de wateroverlast zoveel mogelijk bovengronds aanpakt. Daarnaast wordt regenwater afgekoppeld van het gemengde stelsel. Hierbij probeert men zoveel mogelijk mee te liften met andere projecten. Voor de meeste knelpunten hebben ze nu een plan van aanpak op de plank liggen. Zodra in deze gebieden de openbare ruimte op de schop gaat wordt dit plan van aanpak meegenomen.

Ad 4) Zoals in een ander kader over Apeldoorn uitgebreid is beschreven heeft Apeldoorn de keuzes voor het omgaan met extreme neerslag vastgelegd in het GRP.



BIJLAGE D: SCHADE DOOR EXTREME NEERSLAG

D.1 Inleiding

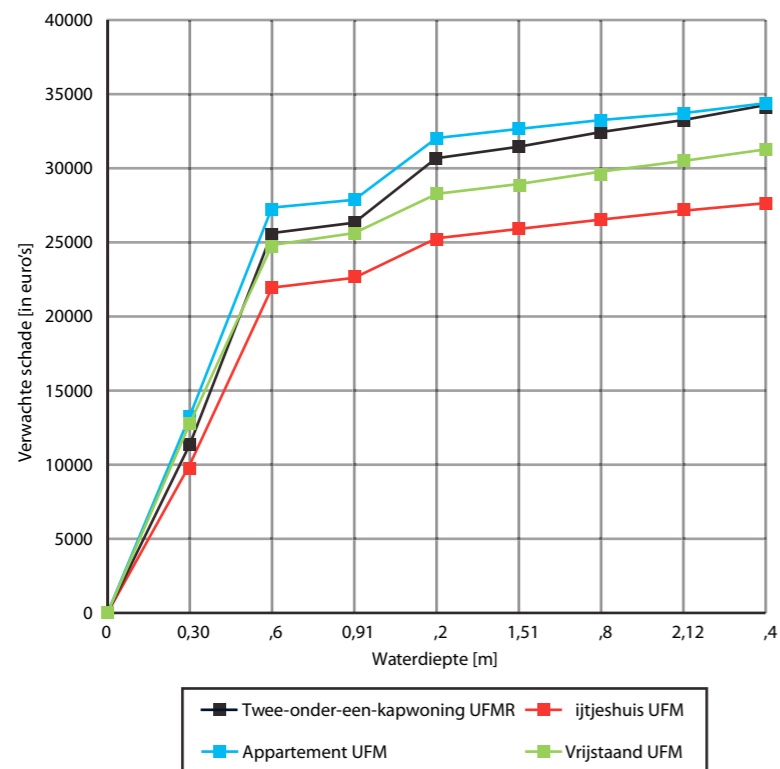
Extreme kortdurende neerslag kan directe en indirecte schade veroorzaken. Directe schade ontstaat doordat gebouwen, goederen en inboedel fysiek contact maken met het water. Indirecte schade wordt niet direct door het water veroorzaakt, maar staat daarmee wel in verband. Denk aan winkels die door wateroverlast tijdelijk hun deuren moeten sluiten en zo geen omzet draaien. Daarnaast spreken we nog over imponderabilia of immateriële schade. Dit is niet in geld uit te drukken bijkomende schade. Een voorbeeld hiervan is de angst van bewoners voor herhaling van wateroverlast.

De hoogte van de directe schade is afhankelijk van meerdere factoren, zoals de waterdiepte, het gebouwtype, de gebruiksfunctie van een object, de duur van wateroverlast, vervuiling enzovoort (Messner, 2007; Sterna, 2011). Gebleken is dat vooral waterdiepte, gebouwtype en gebruiksfunctie in stedelijke gebieden de hoogte van de schade bepalen. Schadefuncties die de relatie tussen waterdiepte en schadebedrag omschrijven, helpen om de parameters van wateroverlast om te zetten in een schadebedrag (zie figuur D.1). Met behulp van deze schadefuncties is het mogelijk om modelmatig de directe waterschade aan een gebouw in te schatten door eerst de waterdiepte te bepalen met een rekenmodel of maaiveldanalyse en daarna deze waterdiepte om te zetten in een schadebedrag.

D.2 Risicobenadering

Voor het beoordelen en kiezen van maatregelen om schade te beperken, is inzicht in de kosten en baten gewenst, waarbij de baten bestaan uit vermindering van de langjarige schade. Een veelgebruikte methode om de langjarige schade in te schatten is de risicobenadering. Deze houdt zowel rekening met de hoogte van de schade bij een bepaalde neerslagbelasting als de kans van optreden van die belasting (zie figuur D.2). Een kleine neerslagbelasting heeft een hoge kans van optreden, maar veroorzaakt geringe schade. Grote neerslagbelastingen leiden tot een hoge schade, maar hebben een kleine kans van optreden. Door kans en schade met elkaar te vermenigvuldigen en te sommeren over de kans, is het totale risico (uitgedrukt in €/jaar) te bepalen. Door tijdig maatregelen te treffen is het risico te verkleinen.

Welke neerslagbelasting de grootste bijdrage aan het totale risico (maximaal product van kans en schade) levert, is afhankelijk van de kenmerken van het rioolstelsel en de openbare ruimte. Uit de verschillende casestudies die uitgevoerd zijn in het kader van dit onderzoek waren dit steeds buien met een neerslagbelasting tussen 40 en 60 millimeter per uur (figuur D.3). Een hogere neerslagbelasting (100 mm/uur of meer) heeft zo'n kleine kans van voorkomen dat de bijdrage aan het totale risico, ondanks de hoge schade, beperkt is.



Figuur D.1: Schadefuncties voor diverse typen woningen volgens Urban Flood Manual (Veerbeek e.a., 2008)

D.3 Omgaan met onzekerheden

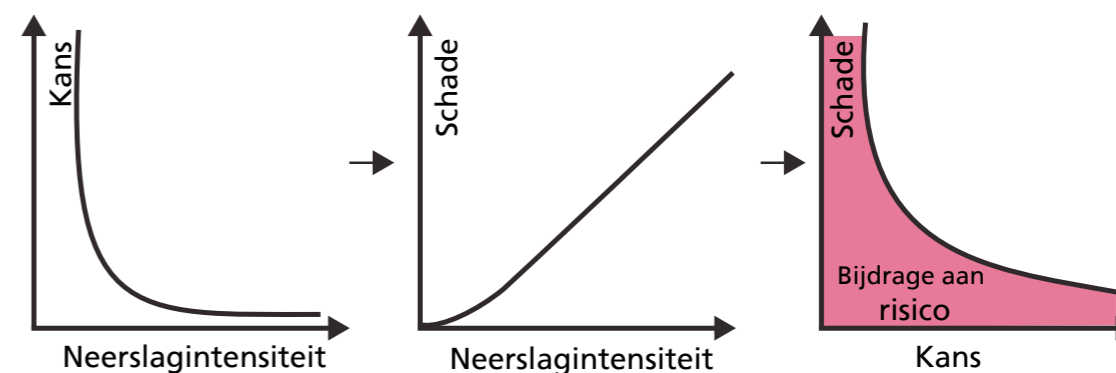
De omvang van de schade door extreme kortdurende neerslag is meestal niet eenduidig aan te geven. Ten eerste omdat niet alle schades gemeld worden. Daarnaast zijn verzekeraars terughoudend met het geven van informatieve hierover. Ook het bepalen van schade met behulp van rekenmodellen brengt onzekerheden met zich mee (Merz e.a., 2004; Veerbeek en Zevenbergen, 2009; Bubeck e.a., 2011; Van Riel e.a., 2011). Zowel vanwege onzekerheden in modelresultaten (zie bijlage B als onzekerheden in de schadefuncties. Dit doet de vraag rijzen of extra aandacht moet worden besteed aan het betrouwbaarder maken van schadefuncties en rekenmodellen, zodat betere beslissingen te nemen zijn over maatregelen.

Studies die de onzekerheid in het gebruik van schadefuncties hebben vergeleken met de onzekerheid in de resultaten van rekenmodellen (Apel e.a., 2009; Freni e.a., 2010; De Moel en Aerts, 2011) concluderen

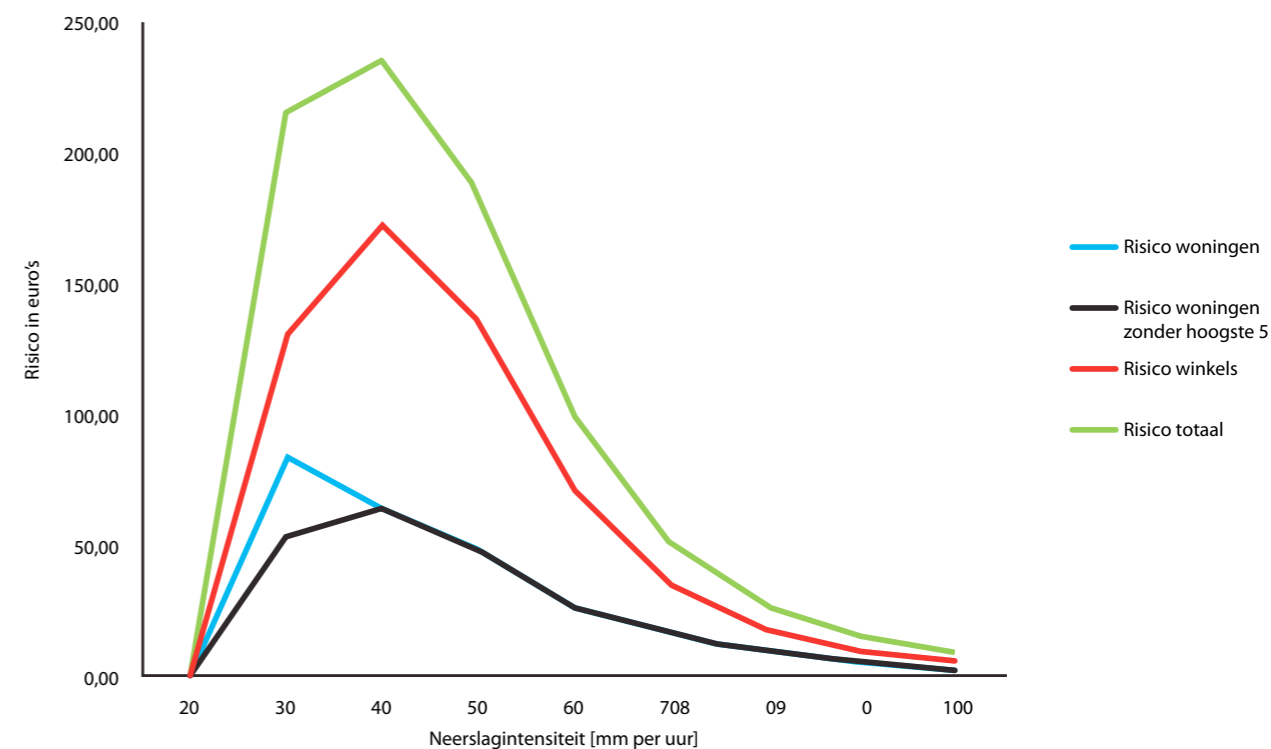
bijna unaniem dat de onzekerheid in schadefuncties dusdanig groot is dat de extra nauwkeurigheid door het gebruik van een gedetailleerder rekenmodel de onzekerheid in de eindresultaten nauwelijks compenseert. Verder blijkt uit die studies dat hoe extremer de neerslaggebeurtenis, hoe groter de onzekerheid in de schade is.

D.4 Kosten/baten

De verschillende casestudies die uitgevoerd zijn, tonen ook aan dat de kosten van de maatregelen om wateroverlast te voorkomen in alle gevallen vele malen hoger zijn dan de baten van die maatregelen. Schades zijn doorgaans relatief laag (enkele tienduizenden euro's per wateroverlastgebeurtenis) en maatregelen relatief kostbaar (enkele honderdduizenden euro's). Bovengrondse maatregelen lijken nog het meest kostenefficiënt te zijn (uitgedrukt door een lagere kosten/batenverhouding). Ook bij dit type maatregelen wegen de baten echter niet op tegen de kosten.



Figuur D.2: Relatie tussen neerslagintensiteit, kans, schade en risico



Figuur D.3: Bijdrage aan het totale risico (€/jaar) van buien met een bepaalde neerslagbelasting

Bovengrondse maatregelen	Eenheid	Kosten
Aanleg drempels	Per stuk	€ 500,-
Aanbrengen trottoirbanden	Per strekkende m	€ 100,-
Aanleg bovengrondse afwateringsgeul	Per strekkende m	€ 200,-
Aanpassen / Herstraten straatprofiel	Per m ²	€ 25,-
Vernieuwde bestrating	Per m ²	€ 40,-
Aanleg waterpasserende verharding	Per m ²	€ 50,-
Aanleg Sedum-vegetatiedak	Per m ²	€ 40,-
Aanleg wadi	Per m ³ /berging in wadi	€ 270,-
Ondergrondse maatregelen		
Vergroten rioolbuis naar 300 mm, 500 mm of 800 mm	Per strekkende m	€ 300,- € 500,- € 800,-
Aanleg stuwput	Per stuk	€ 550,-
Aanleg ondergronds bassin	Per m ³	€ 200,- tot € 1000,-
Aanleg bergingskratten	Per m ³	€ 450,-
Aanleg infiltratierolering rond 315 mm	Per m	€ 380,-

Alle bedragen zijn inclusief opslagen, maar exclusief BTW

Tabel D.1 Indicatie van de kosten van maatregelen ter voorkoming van wateroverlast door extreme neerslag. De kosten zijn gebaseerd op basis van ervaringen in projecten

D.5 Besluitvorming

Leidt meer inzicht in schade en risico tot beter onderbouwde besluiten over maatregelen ter voorkoming van wateroverlast door extreme kortdurende neerslag? Of zijn non-monetaire argumenten belangrijker? Uit de casestudies is naar voren gekomen dat het nauwkeuriger vaststellen van de schade niet leidt tot een andere afweging van potentiële maatregelen. Non-monetaire argumenten en immateriële schade zijn belangrijker bij het maken van afwegingen. Een voorbeeld hiervan is de beslissing in Egmond, waar op basis van het gewenste imago een afweging is gemaakt (zie Hoofdstuk 4).

D.6 Conclusie

De omvang van schade door extreme kortdurende neerslag is zeer onzeker, maar een inschatting van de

verhouding tussen kosten en baten van maatregelen wordt vaak gevraagd. Schadefuncties vormen de grootste bron van onzekerheid voor de inschatting van de baten. De onzekerheid in modelresultaten is van minder groot belang.

Desondanks kunnen we met een beperkt inzicht in de schades toch enkele uitspraken over maatregelen doen. Zo komt uit de verschillende casestudies naar voren dat schades doorgaans relatief laag zijn en de baten van maatregelen niet opwegen tegen de kosten. Daarnaast blijkt de kosten/batenverhouding van bovengrondse maatregelen in de casestudies lager dan die van ondergrondse maatregelen. Bij besluitvorming rond potentiële maatregelen zijn non-monetaire argumenten en immateriële schade belangrijker dan de daadwerkelijk geleden financiële schade.

Boven- of ondergrondse maatregelen in Noordwijk? Wat is efficiënter?

Studenten van de Hogeschool van Amsterdam sluiten hun studie af met een afstudeeronderzoek. Eén student van de opleiding Civiele Techniek, richting Watermanagement, heeft onderzoek gedaan naar de kostenefficiëntie van maatregelen tegen wateroverlast als gevolg van extreme neerslag in Noordwijk.

Noordwijk heeft regelmatig te kampen gehad met wateroverlast door extreme neerslag. Vooral de winkelstraat in het centrum lijdt schade door wateroverlast. Uit modelstudies, uitgevoerd door de student, is naar voren gekomen wat de mogelijke oorzaken van de wateroverlast zijn, hoe het water zich verspreidt onder en over het maaiveld en met welke maatregelen wateroverlast is te voorkomen.

De vraag rees of bovengrondse maatregelen kostenefficiënter zijn dan ondergrondse. Om deze vraag te beantwoorden is gebruikgemaakt van een risicobenadering. Hierin zijn de schades door wateroverlast voor en na het doorvoeren van de maatregelen bepaald.



Waterdiepte berekend voor Noordwijk



Afgeleid de verwachte schade in euro's per object

Kosten/baten

Uit het onderzoek bleek dat zowel bovengrondse als ondergrondse maatregelen niet kostenefficiënt zijn. De kosten van de verschillende maatregelen stonden in alle gevallen niet in verhouding tot de baten. Wel bleek dat de bovengrondse maatregelen kostenefficiënter waren dan de ondergrondse. Bovengrondse maatregelen zijn goedkoper aan te leggen en kunnen vaak meegenomen worden in andere ruimtelijke inrichtingsprojecten.

Literatuurlijst

- Apel, H., Aronica, G.T., Kreibich, H. & Thielen, A.H. (2009). *Flood risk analyses. How detailed do we need to be?* *Natural Hazards*, 49(1), 79–98.
- Bertram, D., Minto, J., Haynes, H. & Roberts, M. (2009). *Developing surface water management models. Integrating urban drainage features*. 33rd IAHR Congress: Water Engineering for a Sustainable Environment.
- Bubeck, P., De Moel, H., Bouwer, L.M. & Aerts, J. C. J. H. (2011). *How reliable are projections of future flood damage?* *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 11, 3293–3306.
- Buishand, T.A. & Wijngaard, J.B. (2007). *Statistiek van extreme neerslag voor korte neerslagduren*. KNMI technical report TR – 295.
- De Moel, H. & Aerts, J.C.J.H. (2011). *Effect of uncertainty in land use, damage models and inundation depth on flood damage estimates*. *Natural Hazards*, 58(1), 407–425.
- De Pater, F. (2011). *Ruimte voor klimaat : praktijkboek voor klimaatbestendig inrichten : cases, lessen, instrumenten*. Klimaat voor Ruimte/Kennis voor Klimaat.
- Dessai, S. & Van der Sluijs, J.P. (2007). *Uncertainty and climate change adaptation. A scoping study*. Report NWS-E-2007-198, Department of Science Technology and Society, Copernicus Institute, Utrecht University.
- Fratini, C. e.a., 2012, *Three Points Approach (3PA) for urban flood risk management: a tool to support climate change adaptation through transdisciplinarity and multifunctionality*, *Urban Water Journal*
- Freni, G., La Loggia, G. & Notaro, V. (2010). *Uncertainty in urban flood damage assessment due to urban drainage modelling and depth-damage curve estimation*. *Water Science and Technology*, 61(12), 2979–93.
- Gersonius, B., Ashley, R., Jeuken, A., Pathirana, A. & Zevenbergen, C. (2011). *Accounting for climate change in urban drainage and flooding. Contrasting alternative approaches to devising adaptive strategies*. 12th International Conference on Urban Drainage, Porto Alegre, Brazil.
- Hanel, M. & T.A. Buishand (2010). *On the value of hourly precipitation extremes in regional climate model simulations*. *Journal of Hydrology*, 393, 265–273.
- Hooimeijer, F.L. (2011). *The tradition of making: polder cities*. PhD Thesis, Delft University of Technology.
- IPCC (2012). *Managing the risks of extreme events and disasters to advance climate change adaptation*. Special Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change
- Klok T. (2012). *Modelling of stormwater overland flow in urban areas. Assessment of WOLK as an overland flow modeling tool*. University of Twente, Msc. Thesis.
- Kluck, J., 2011, *Water in en om de stad "meer energie voor water"*, Publicatie HVA openbare les, ISBN-13: 9789056296827, Publisher: Amsterdam University Press
- Larsen, M.C. (2008). *Rainfall triggered landslides, anthropogenic hazards, and mitigation strategies*. *Advances in Geosciences*, 14, 147–153.
- Leandro, J., Chen, A., Djordjevic, S. & Savic, D. (2009). *A comparison of 1D/1D and 1D/2D coupled (sewer/surface) hydraulic models for urban flood simulation*. *Journal of Hydraulic Engineering*, 135(6), 495–504.
- Lenderink, G. & Van Meijgaard, E. (2010). *Linking increases in hourly precipitation extremes to atmospheric temperature and moisture changes*. *Environmental Research Letters*, 2, 5, 025208.
- Lenderink, G., Mok, H.Y., Lee, T.C., & Van Oldenborgh, G.J. (2011). *Scaling and trends of hourly precipitation extremes in two different climate zones – Hong Kong and the Netherlands*. *Hydrology and Earth System Sciences*, 8, 4701–4719.

- Mark, O., Weesakul, S., Apirumanekul, C., Boonya-aroonnet, S. & Djordjevic, S. (2004). *Potential and limitations of 1D modelling of urban flooding*. *Journal of Hydrology*, 299(3–4), 284–299.
- Melger, E. (2007). *Wateroverlast in een model*. RIONEDdag 2007, sessie Tussen water op straat en wateroverlast.
- Merz, B., Kreibich, H., Thielen, A. H. & Schmidtke, R. (2004). *Estimation uncertainty of direct monetary flood damage to buildings*. *Natural Hazards And Earth System Sciences*, 4, 153–163.
- Messner, F., Penning-Rowsell, E., Green, C., Meyer, V., Tunstall, S. & Van der Veen, A. (2007). *Evaluating flood damages: guidance and recommendations on principles and methods*. FLOODsite report T09–06–01.
- Ministerie van Verkeer en Waterstaat (2011). *Gidsmodellen Water. Hulpmiddel voor ruimtelijke planvorming*.
- Ministerie van VROM (2009). *Ontwerpen op het raakvlak van water en ruimte*. VROM 8401.
- Tygron (2012). *Climategame*. Quick reference book.
- Overeem, A., Buishand, T.A. & Holleman, I. (2008). *Rainfall depth-duration-frequency curves and their uncertainties*. *Journal of Hydrology*, 348, 124–134.
- Overeem, A. (2009). *Climatology of extreme rainfall from rain gauges and weather radar*. PhD thesis, Wageningen University.
- Schellart, A., Ochoa, S., Simões, N., Wang, L.P., Rico-Ramirez, M., Liguori, S., Duncan, A., Chen, A.S., Keedwell, E., Djordjevic, S., Savic, D.A., Saul, A. & Maksimovic, C. (2011). *Urban pluvial flood modelling with real time rainfall information – UK case studies*. 12th International Conference on Urban Drainage, Porto Alegre, Brazil.
- Sterna, L. (2012). *Pluvial flood damage modelling. Assessment of the flood damage model HOWAD-PREVENT*. MSc Thesis, Delft University of Technology.
- Van Buuren, M. & De Koning, R. (2010). *Werkschrift Ronde van het Rivierenland*. Evaluatie van vijf Water & ruimte ateliers.
- Van Dijk, E., Van der Meulen, J., Kluck, J. & Straatman, J.H.M. (2012). *Vergelijking modelconcepten voor bepaling water-op-sstraat. Gevoeligheid voorspelling water-op-sstraat voor keuze modelconcept en parameterkeuze*. WT-Afvalwater, 12(1), 74–89.
- Van Haren, R., Van Oldenborgh, G.J., Lenderink, G., Collins, M. & Hazeleger, W. (2013). *SST and circulation trend biases cause an underestimation of European precipitation trends*. *Climate Dynamics*, 40(1–2), 1–20.
- Van Riel, W., Tollenaar, D. & Van de Ven, F. (2011). *Wateroverlast en onzekerheid: een integraal perspectief*. *H2O*, 13, 39–42.
- Veerbeek, W., Gersonius, B., Zevenbergen, C., Puyan, N., Billah, M. M. M. & Fransen, R. (2008). *Urban Flood management Dordrecht. Proceedings of workpackage 3: resilient building and planning*. UFM report UFM-WP301.
- Veerbeek, W. & Zevenbergen, C. (2009). *Deconstructing urban flood damages: increasing the expressiveness of flood damage models combining a high level of detail with a broad attribute set*. *Journal of Flood Risk Management*, 2, 45–57.
- VNG (2007). *Van rioleringszaak naar gemeentelijke watertaak. De wet gemeentelijke watertaken toegelicht*. VNG publicatie 2007/12–111.

