

# Ervaringen met de aanpak van regenwateroverlast in bebouwd gebied

Voorbeelden en ontwikkelingen anno 2014



## Ervaringen met de aanpak van regenwateroverlast in bebouwd gebied

Hoe ver moeten we gaan in het investeren in maatregelen om regenwateroverlast nu en in de toekomst tegen te gaan? Dit is een kernvraag in het huidige stedelijk waterbeheer. In dit boek delen ruim twintig auteurs van adviesbureaus, gemeenten en bedrijven hun inzichten, benaderingen en aanpakken. Een scala aan analysemethoden, modelontwikkelingen en maatregelen op het gebied van berging, afvoer, ruimtelijke inrichting, in en om de woning komen aan bod. Een bundel met 'state of the art' methodologische ontwikkelingen en praktische voorbeelden voor het omgaan met hevige buien. U hoeft de extreme bui niet meer af te wachten, met dit boek kunt u nu al ervaring opdoen.

ISBN/EAN 97 890 73645 00 4



Stichting RIONED

# **Ervaringen met de aanpak van regenwateroverlast in bebouwd gebied.**

*Voorbeelden en ontwikkelingen anno 2014*

© februari 2014

**Stichting RIONED, Ede**

Stichting RIONED is zich volledig bewust van haar taak een zo betrouwbaar mogelijke uitgave te verzorgen. Niettemin kunnen Stichting RIONED en de auteur geen enkele aansprakelijkheid aanvaarden voor eventueel in deze uitgave voorkomende onjuistheden.

|                               |                                                                                   |
|-------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|
| <i>Auteurs</i>                | Harry van Luijtelaar et al.                                                       |
| <i>Tekstadvies</i>            | LijnTekst, Utrecht                                                                |
| <i>Eindredactie</i>           | Harry van Luijtelaar, Stichting RIONED,<br>met dank aan de ‘meelezers’            |
| <i>Vertaling samenvatting</i> | De Geus Translations, Delft,<br>met dank aan George Stockell (gemeente Bergen NH) |
| <i>Omslagfoto</i>             | Fam. van den Broek, Veldstraat, Deurne;                                           |
| <i>Vormgeving</i>             | GAW ontwerp+communicatie, Wageningen                                              |
| <i>Druk</i>                   | Modern, Bennekom                                                                  |
| <i>ISBN/EAN:</i>              | 978-90-73645-00-4                                                                 |



# Voorwoord

Bij extreme neerslag gaat het om gevallen die veel verder gaan dan de norm waaraan in rioleringsmodellen wordt getoetst. De norm die stelt dat net geen water op straat mag optreden, bijvoorbeeld bij bui08 uit de Leidraad riolering.

Ervaringen met aanpak van regenwateroverlast in bebouwd gebied biedt u een breed overzicht van toegepaste analyses en onderbouwingen van verschillende oorzaken en typen maatregelen om overlast en schade door extreme neerslag in bebouwd gebied te beperken of voorkomen. Deze bundeling van artikelen kan u als stedelijk waterbeheerder helpen potentiële regenwateroverlast eerder te herkennen en een duidelijk beeld geven van mogelijke aanpakken en maatregelen.

| 3

Het bestrijden van regenwateroverlast vraagt per situatie om maatwerk en nieuwe rekenmethoden zijn volop in ontwikkeling. Dit boek is dan ook niet bedoeld om methoden en technieken vast te leggen als algemene standaarden of om een oordeel uit te spreken over toegepaste methodieken. Wel is getracht om in de beperkte omvang van artikelen de stand van zaken anno 2014 helder uit te leggen, in het besef dat nog grote ontwikkelingen gaande zijn.

De auteurs van de artikelen in dit boek zijn medewerkers van gemeenten, adviseurs en leveranciers. Ik dank hen hartelijk voor hun inzet, betrokkenheid en openheid. De eindredactie was in handen van Harry van Luijtelaar van Stichting RIONED.

Ik hoop dat de bijdragen u inspireren om waar nodig op doelmatige wijze waterschade door hevige buien te voorkomen.

**Hugo Gastkemper**  
**directeur Stichting RIONED**

*februari 2014*



# Inhoud

|                        |           |
|------------------------|-----------|
| <b>1 Over dit boek</b> | <b>11</b> |
| 1.1 Aanleiding         | 11        |
| 1.2 Doel               | 11        |
| 1.3 Uitwerking         | 11        |
| 1.4 Proces             | 11        |
| 1.5 Redactiecommissie  | 12        |
| 1.6 Leeswijzer         | 12        |

## A Maatregelen

|                                                            |           |
|------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>2 Loon op Zand</b>                                      | <b>18</b> |
| 2.1 Aanleiding, doel en aanpak                             | 19        |
| 2.2 Situatieschets, rioolstelsel en kenmerken              | 20        |
| 2.3 Analyse functioneren stelsel en oorzaken wateroverlast | 21        |
| 2.4 Toetsing theorie en onderbouwing afweging maatregelen  | 24        |
| 2.5 Gekozen maatregelen                                    | 26        |
| 2.6 Uitvoering maatregelen                                 | 27        |
| 2.7 Ervaringen na afronding project                        | 29        |
| 2.8 Nabeschouwing en evaluatie                             | 30        |

|                                        |           |
|----------------------------------------|-----------|
| <b>3 Enschede</b>                      | <b>31</b> |
| 3.1 Historie functioneren rioolstelsel | 33        |
| 3.2 Uitwerken maatregelen              | 35        |
| 3.3 Ervaringen met maatregelen         | 37        |

|                                          |           |
|------------------------------------------|-----------|
| <b>4 Egmond aan Zee</b>                  | <b>40</b> |
| 4.1 Inleiding                            | 41        |
| 4.2 Situatie in 2006                     | 41        |
| 4.3 Analyse wateroverlast en maatregelen | 42        |
| 4.4 Meet- en monitoringsprogramma        | 44        |
| 4.5 Resterende opgave anno 2013          | 49        |
| Literatuur                               | 49        |

|                            |           |
|----------------------------|-----------|
| <b>5 Tholen</b>            | <b>50</b> |
| 5.1 Situatie kern Tholen   | 51        |
| 5.2 Oorzaken wateroverlast | 51        |
| 5.3 Maatregelen            | 55        |
| 5.4 Nabeschouwing          | 58        |

|                                                                 |            |
|-----------------------------------------------------------------|------------|
| <b>6 Helmond</b>                                                | <b>59</b>  |
| 6.1 Aanleiding en doel                                          | 60         |
| 6.2 Ontwerp en aanleg maatregelen                               | 62         |
| 6.3 Ervaringen met maatregelen                                  | 63         |
| <b>7 Heuvelrug (Leersum)</b>                                    | <b>66</b>  |
| 7.1 Situatieschets                                              | 67         |
| 7.2 Aanpak                                                      | 67         |
| 7.3 Maatregelen                                                 | 69         |
| 7.4 Metingen                                                    | 73         |
| 7.5 Ervaringen met maatregelen                                  | 76         |
| 7.6 Overdracht naar beheerders                                  | 78         |
| 7.7 Nabeschouwing                                               | 78         |
| <b>8 Borger-Odoorn (Exloo)</b>                                  | <b>79</b>  |
| 8.1 Situatieschets en maatregelen                               | 80         |
| 8.2 Dimensionering verticaal infiltratiesysteem                 | 82         |
| 8.3 Ervaringen met maatregelen                                  | 84         |
| <b>B Analysemethoden</b>                                        |            |
| <b>9 Albergen</b>                                               | <b>88</b>  |
| 9.1 Aanleiding en doel                                          | 89         |
| 9.2 Situatieschets                                              | 90         |
| 9.3 Modelbenaderingen, neerslagbelasting en scenario's          | 93         |
| 9.4 Analyse                                                     | 96         |
| 9.5 Afweging onderbouwing en effecten van maatregelen           | 102        |
| 9.6 Conclusies en aanbevelingen                                 | 102        |
| <b>10 Nijmegen</b>                                              | <b>104</b> |
| 10.1 Aanleiding en aanpak                                       | 105        |
| 10.2 Documenteren extreme bui                                   | 106        |
| 10.3 Aanpak analyse mogelijkheden rekenmodellen                 | 109        |
| 10.4 Resultaten toetsing aan water op straat                    | 110        |
| 10.5 Resultaten toetsing aan hydraulische metingen rioolstelsel | 114        |
| 10.6 Conclusies                                                 | 118        |
| Literatuur                                                      | 119        |

|                                 |            |
|---------------------------------|------------|
| <b>11 Gilze en Rijen</b>        | <b>121</b> |
| 11.1 Aanleiding, doel en aanpak | 122        |
| 11.2 Situatieschets 2009        | 123        |
| 11.3 Stapsgewijze analyse       | 124        |
| 11.4 Oorzaken wateroverlast     | 128        |
| 11.5 Maatregelen                | 129        |
| 11.6 Ervaringen met maatregelen | 133        |
| 11.7 Nabeschouwing              | 134        |

## **C Ruimtelijke inrichting**

|                                                                 |            |
|-----------------------------------------------------------------|------------|
| <b>12 New Orleans</b>                                           | <b>138</b> |
| 12.1 Aanleiding en doel                                         | 139        |
| 12.2 Ontstaan New Orleans en hemelwatersysteem                  | 141        |
| 12.3 Waterbeheerders in New Orleans                             | 142        |
| 12.4 Situatieschets: stelsel, regenintensiteit en wateroverlast | 143        |
| 12.5 Berekeningen hydraulisch functioneren                      | 146        |
| 12.6 Maatregelen en scenario's                                  | 148        |
| 12.7 Vervolgonderzoek en nader uit te werken maatregelen        | 151        |
| 12.8 Conclusies en leerpunten                                   | 153        |
| Literatuur                                                      | 155        |

| 7

|                                                          |            |
|----------------------------------------------------------|------------|
| <b>13 Gemeenten</b>                                      | <b>156</b> |
| 13.1 Aanleiding en aanpak                                | 157        |
| 13.2 Ervaren regenwateroverlast en getroffen maatregelen | 159        |
| 13.3 Hinder en overlast                                  | 161        |
| 13.4 Succes- en faalfactoren integrale projectaanpak     | 162        |
| 13.5 Samenwerking tussen sectoren                        | 164        |
| 13.6 Verankering in planvormen                           | 166        |
| 13.7 Conclusies                                          | 168        |
| 13.8 Aanbevelingen                                       | 169        |
| Literatuur                                               | 170        |

|                                                                       |            |
|-----------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>14 Rotterdam</b>                                                   | <b>171</b> |
| 14.1 Aanleiding, doel en aanpak                                       | 172        |
| 14.2 Situatieschets Rotterdam-Centrum                                 | 173        |
| 14.3 Analyse functioneren riool- en watersysteem bij extreme neerslag | 176        |
| 14.4 Afweging en onderbouwing maatregelen                             | 180        |
| 14.5 Effect van de uitgevoerde grote maatregelen                      | 183        |
| 14.6 Visie op regenwaterafvoer in de stad                             | 184        |

## **D Woning en bewoners**

|                                                       |            |
|-------------------------------------------------------|------------|
| <b>15 IJsselstein</b>                                 | <b>190</b> |
| 15.1 Met angst en beven de zomer in                   | 191        |
| 15.2 Onderzoek gemeente                               | 191        |
| 15.3 Oplossingen                                      | 194        |
| 15.4 Nabeschouwing                                    | 196        |
| <b>16 Informatie</b>                                  | <b>197</b> |
| 16.1 Inleiding                                        | 198        |
| 16.2 Archiefonderzoek                                 | 199        |
| 16.3 Onderzoek overlastmeldingen                      | 203        |
| 16.4 Veldonderzoek                                    | 207        |
| 16.5 Bewonersonderzoek                                | 210        |
| Literatuur (referenties)                              | 213        |
| <b>17 Woning</b>                                      | <b>214</b> |
| 17.1 Werking gebouw- en openbare riolering            | 215        |
| 17.2 Oorzaken en oplossingen in de woning             | 218        |
| 17.3 Oorzaken en oplossingen rond de woning           | 224        |
| 17.4 Oorzaken en oplossingen in de openbare riolering | 230        |
| 17.5 Nabeschouwing en adviezen                        | 232        |

## **E Het nieuwe rekenen**

|                                                   |            |
|---------------------------------------------------|------------|
| <b>18 Amersfoort</b>                              | <b>236</b> |
| 18.1 Aanleiding en doel                           | 237        |
| 18.2 Basisprincipes van PriceXD                   | 238        |
| 18.3 Benodigde input voor PriceXD                 | 240        |
| 18.4 Kalibratie en verificatie                    | 242        |
| 18.5 Voorbeeldtoepassing PriceXD                  | 244        |
| 18.6 Conclusies en aanbeveling                    | 246        |
| Literatuur                                        | 247        |
| <b>19 3Di-ontwikkeling</b>                        | <b>248</b> |
| 19.1 Virtuele maquette als stromingsmodel         | 249        |
| 19.2 Van modelinstrumentarium naar omgevingsmodel | 251        |
| 19.3 Opbouw visualisatie in 3Di                   | 252        |
| 19.4 Kijkje onder de 3Di-motorkap                 | 256        |
| 19.5 3Di in de praktijk                           | 260        |
| 19.6 De toekomst met 3Di in de stad               | 261        |

|                                                                        |     |
|------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>20 Maaiveld</b>                                                     | 264 |
| 20.1 Inleiding                                                         | 265 |
| 20.2 Beschikbare bronnen van maaiveldinformatie                        | 268 |
| 20.3 Welke data kiezen voor modellering maaiveld?                      | 274 |
| 20.4 Praktijktest: effecten bij toepassing in modelberekeningen        | 276 |
| 20.5 Aandachtspunten voor gebruik AHN2 en MLM in praktijk              | 282 |
| 20.6 Toekomstige ontwikkelingen                                        | 283 |
| 20.7 Nabeschouwing                                                     | 283 |
| <b>21 Radar bebouwd gebied</b>                                         | 284 |
| 21.1 Belang van regenmetingen in de stad                               | 285 |
| 21.2 Radar, klimatologische radardatasets en extremeneerslagstatistiek | 285 |
| 21.3 Frequentie extreme neerslag ergens in Nederland/de stad           | 289 |
| 21.4 Meest extreme neerslaggebeurtenissen in stedelijk gebied          | 293 |
| 21.5 Frequentie extreme neerslag per gemeente                          | 296 |
| 21.6 Beperkingen en toekomstige ontwikkelingen                         | 302 |
| Literatuur                                                             | 304 |
| <b>22 Maatstaven / meetmethoden</b>                                    | 306 |
| 22.1 Water op straat versus wateroverlast                              | 307 |
| 22.2 Wateroverlast: ontwikkeling en oorzaken                           | 308 |
| 22.3 Toetsen water op straat, methode C2100                            | 310 |
| 22.4 Functioneren infiltratievoorzieningen versus rioolstelsels        | 312 |
| 22.5 Toetsen wateroverlast: het 'nieuwe' rekenen                       | 315 |
| Literatuur                                                             | 323 |
| <b>F Werksessie auteurs</b>                                            |     |
| <b>23 Verslag werksessie</b>                                           | 326 |
| 23.1 Regenwateroverlast in de praktijk                                 | 327 |
| 23.2 Wat is genoeg?                                                    | 330 |
| 23.3 Modellen                                                          | 331 |
| 23.4 Maatstaven en meetmethoden                                        | 333 |
| <b>24 Resultaten peiling</b>                                           | 336 |
| <b>Summary</b>                                                         | 342 |
| A review of solutions for rainwater problems in built-up areas         | 344 |
| <b>Nabeschouwing van de redacteur</b>                                  | 358 |





# 1 Over dit boek

## 1.1 Aanleiding

De kans op overlast en schade als gevolg van extreme neerslag is relatief laag, één keer in de tien tot vijftig jaar. Het opbouwen van kennis en ervaring met deze problematiek is dan ook moeilijk, omdat het zelden echt misgaat. Ook zijn er dus nauwelijks mogelijkheden om van (praktijk)ervaringen te leren, het kan immers jaren duren voordat een uitgevoerde maatregel beproefd wordt. Daarom brengen we enkele relevante en uiteenlopende ervaringen uit het hele land samen in dit voorbeeldenboek, dat verschijnt in de RIONEDreeks.

## 1.2 Doel

| 11

Met deze publicatie willen we een relevant en helder beeld schetsen van de stand der techniek op het gebied van probleemanalyse en onderbouwing van maatregelen om regenwateroverlast in bebouwd gebied te voorkomen. Dit kan u als stedelijk waterbeheerder helpen om potentiële regenwateroverlast eerder te herkennen. Ook krijgt u hiermee inzicht in de voor- en nadelen van mogelijke maatregelen en de sterke en zwakke punten in de onderbouwing daarvan.

## 1.3 Uitwerking

In dit boek is bijzondere aandacht besteed aan de analyse en uitleg van de onderbouwing van maatregelen, de gebruikte toetsingscriteria en het gebruik van waarnemingen en metingen. Naast beschrijvingen van praktijkcases komen interessante aanverwante onderwerpen aan bod, zoals extreme neerslag via radarbeelden, maaiveldhoogtemodellering van het bebouwde gebied, de rol van gemeenten en bewoners, aansluiting van de woning op de riolering, het nieuwe rekenen en het verder kijken dan normbui08. Het boek is rijk geïllustreerd met kaarten, grafieken, tabellen en foto's.

De auteurs zijn medewerkers van gemeenten, adviseurs en leveranciers, die u op een open, kritische en toegankelijke wijze een kijkje in hun keuken geven.

## 1.4 Proces

In dit project zijn de volgende stappen doorlopen:

- Stichting RIONED heeft de vakwereld benaderd met het verzoek om voorbeeldprojecten in te dienen, aan de hand van een heldere samenvatting (abstract) en een zo volledig mogelijk ingevulde vragenlijst met nadere informatie.
- De redactiecommissie heeft 14 voorbeeldprojecten geselecteerd voor een paper (artikel) in een voorkeursstramien. De selectie vond plaats op basis van de kwaliteit van de aanpak van het project en de diversiteit in soorten oorzaken van overlast in

samenhang met de voorgestelde maatregelen (oplossingen). (De selectie was gericht op een zo breed mogelijk beeld van typen problemen, aanpakken en oplossingen. Het is dus mogelijk dat goede voorstellen niet zijn gehonoreerd, omdat we moesten kiezen uit meerdere op elkaar lijkende voorbeelden.)

- De redactiecommissie heeft de conceptartikelen kritisch beoordeeld op inhoud, consistentie, heldere uitleg en relevantie van de inhoud voor de vakwereld.
- Daarnaast heeft Stichting RIONED specifieke onderwerpen rond de wateroverlastproblematiek laten onderzoeken, zoals de digitale hoogtekaart en extreme neerslag uit radarbeelden. Hierover zijn vervolgens thema-artikelen voor dit boek geschreven. Ook de inhoud van deze artikelen heeft de redactiecommissie beoordeeld.
- Met de auteurs is een werksessie georganiseerd, waarin deelnemers aan het project feedback hebben gegeven op elkaars artikelen. Het verslag van deze werksessie en een korte samenvatting van de resultaten van een peiling onder de deelnemers staan ook in dit boek.
- Het plan is om in de loop van 2014 een studiedag regenwateroverlast te organiseren, waarin onder meer een selectie van de artikelen wordt gepresenteerd aan en bediscussieerd met de vakwereld.

12 |

### 1.5 Redactiecommissie

De redactiecommissie die de artikelen heeft beoordeeld, bestond uit:

- |                        |                  |
|------------------------|------------------|
| • Peter Ganzevles      | Archirion        |
| • Daniel Goedbloed     | Rotterdam        |
| • Almer de Jong        | Apeldoorn        |
| • Erwin Rebergen       | Utrecht          |
| • Kees Broks           | STOWA            |
| • Harry van Luijtelaar | Stichting RIONED |

### 1.6 Leeswijzer

De inhoud van de artikelen zijn voor de volgende zes blokken samengevat.

A Maatregelen

B Analyse methoden

C Ruimtelijke inrichting

D Woning en bewoners

E Nieuwe rekenen

F Werksessie auteurs

## A Maatregelen

- Het artikel van **Loon op Zand** beschrijft de analyse en onderbouwing van de aanleg van bergings- en infiltratievoorzieningen. Hierbij zijn nieuwe rekentechnieken gebruikt, waarvan de resultaten zijn getoetst aan praktijkwaarnemingen.
- In **Enschede** is in overleg met bewoners een maatregelenpakket samengesteld. Bepaalde wegen zijn verlaagd en naast die wegen zijn brede greppels aangelegd. Hierdoor stroomt regenwater via het natuurlijke verhang van het maaiveld naar drie retentiegebieden.
- In **Egmond aan Zee** (Bergen NH) wordt de afstroming van regenwater uit hogergelegen gebieden beperkt door het water zo veel mogelijk ter plekke te bergen en infiltreren. Met metingen houdt de gemeente het functioneren van de voorzieningen in de gaten.
- In **Tholen** bleken te lage deurdorpsels en verkeersdrempels wateroverlast in en schade aan woningen te veroorzaken. Op basis van 1D/2D-modelberekeningen zijn redelijk eenvoudig effectieve maatregelen in de bovengrondse inrichting bepaald en uitgevoerd.
- Ter vervanging van het oude gemengde riool heeft **Helmond** in 2000 in de Luchtvaartbuurt een gescheiden stelsel aangelegd. Het regenwater voert sindsdien (deels via infiltratieriolen) naar meerdere speelvelden af om regenwateroverlast te voorkomen en dat blijkt te werken.
- In het hellende dorp **Leersum (Heuvelrug)** zijn van boven naar beneden diverse grote en kleine bergings- en infiltratievoorzieningen aangelegd. Deze beperken de waterstroom bij hevige regen, wat uitspoeling en schade voorkomt.
- In de goed doorlatende zandbodem van **Borger-Odoorn (Exloo)** blijkt de innovatieve ‘verticale infiltratietechniek’ een succesvolle en kostenbesparende manier om regenwateroverlast tegen te gaan.

| 13

## B Analyse methoden

- In **Albergen** had een integrale 1D/2D-modelbenadering duidelijk meerwaarde om zes wateroverlastsituaties in beeld te brengen. De resultaten van het vergelijkend onderzoek ondersteunen de keuze van geavanceerde modelaanpak bij regenwateroverlast.
- In **Nijmegen** zijn combinaties van vier rekenmodellen en vier soorten neerslaggegevens doorgerekend en getoetst. Hieruit blijkt dat modelmatige analyse van wateroverlast goed mogelijk is met hoogwaardige radardata en gedetailleerde rekenmodellen.
- Gemeente en waterschap kwamen in **Gilze en Rijen** via stapsgewijze riooltechnische en waterhuishoudkundige analyses tot een integrale gebiedsbenadering. Hierbij zijn lokale meetdata gebruikt en doorgerekend naar een statistische gegenereerde 100-jarige neerslagreeks.

## C Ruimtelijke inrichting

- In een Amerikaans-Nederlandse samenwerking is voor **New Orleans** het eerste waterplan voor stedelijk gebied in de VS ontwikkeld. Maatregelen hierin zijn onder meer het slim koppelen van de stroomgebieden, het creëren van ruimte voor water door het ondergrondse stelsel open te maken en het benutten en vasthouden van hemelwater op eigen en openbaar terrein.
- Een onderzoeksteam van de Hogeschool van Amsterdam heeft onderzocht hoe **gemeenten** kunnen anticiperen op extreme neerslag in de stad. Tijdige afstemming met andere beheerders van de openbare ruimte en met bewoners blijken belangrijke succesfactoren.
- In het centrum van **Rotterdam** hebben gemeente en waterschap gezamenlijk veel extra bergingsruimte gecreëerd, zowel onder- als bovengronds. Het gekozen maatregelenpakket beperkt de regenwateroverlast in het centrum en maakt tegelijkertijd de stad aantrekkelijker.

14 |

## D Woning en bewoners

- Hevige zomerse buien zorgden in **IJsselstein** voor wateroverlast in woningen. Op basis van metingen, uitgewerkte dwarsprofielen van maaiveld en bodem, en gesprekken met bewoners kwam de gemeente tot effectieve maatregelen.
- Op basis van eigen onderzoekservaringen beschrijft Antal Zuurman vier manieren om aan goede gegevens over regenwateroverlast te komen. Door gegevens te combineren, komt **relevante informatie** naar voren voor het bepalen van maatregelen.
- De analyse van **wateroverlast in woningen** vergt de nodige inspanning van een rioleringspecialist. Door aanpassingen en verbouwingen is de werking van de binnenriolering soms nauwelijks nog te doorgronden. Hoe zijn oorzaken van regenwateroverlast te achterhalen en oplossingen te bieden?

## E Het nieuwe rekenen

- In het HydroCity-project in **Amersfoort** is een hoogwaardig afstroom- en infiltratiemodel ontwikkeld. Hiermee kan de stedelijk waterbeheerder beter extreme neerslag-events modelleren, inzicht krijgen in de werkelijk opgetreden wateroverlast en de effectiviteit van (bovengrondse) maatregelen bepalen.
- Binnen het onderzoeksprogramma **3Di Waterbeheer** wordt een rekenmodel ontwikkeld dat afstroming van water in de buitenruimte en riolering integreert. Dit model geeft in korte tijd een realistisch en gedetailleerd beeld van de waterstroming in een gebied. Bovendien geeft het inzicht in de effecten van ingrepen in (afval) watersysteem en buitenruimte.
- De belangrijkste bronnen voor zeer gedetailleerde **maaiveldinformatie** zijn AHN2- en MLM-laserdatasets. De combinatie van beide bronnen biedt interessante mogelijkheden bij modelberekeningen. Hoe komen de gegevens tot stand en wat leveren ze op voor het bepalen en onderbouwen van verbetermaatregelen?

- Twee recent opgebouwde klimatologische **radardatasets** over de perioden 1998-2012 en 2009-2012 geven landsdekkende neerslaginformatie met veel ruimtelijk detail. Aart Overeem analyseert deze gegevens om meer inzicht te krijgen in het optreden van extreme neerslag in Nederland.
- Het bergen van water op straat is de laatste jaren nog belangrijker geworden. Met **nieuwe rekentechnieken** zijn de effecten van extreme neerslag zowel boven- als ondergronds te berekenen. Op basis daarvan zijn steeds beter onderbouwde uitspraken te doen over de kwetsbaarheid van een gebied en vervolgens effectieve (doelmattige) maatregelen te kiezen.

## F Werksessie auteurs

- De auteurs van de artikelen in dit boek namen begin november 2013 deel aan een werksessie over omgaan met extreme neerslag. Een **verslag** van deze inspirerende dag, die gevuld was met korte presentaties en geanimeerde discussies.
- Na de werksessie begin november 2013 hebben de deelnemers online gereageerd op een **peiling** met zestig stellingen. De resultaten worden gebruikt om de discussies en de ontwikkeling en uitwisseling van kennis met deskundigen, belangstellenden en betrokkenen te voeden.

Dit boek besluit met een summary en een nabeschuwing van de eindreacteur.

# A Maatregelen

- Het artikel van **Loon op Zand** beschrijft de analyse en onderbouwing van de aanleg van bergings- en infiltratievoorzieningen. Hierbij zijn nieuwe rekentechnieken gebruikt, waarvan de resultaten zijn getoetst aan praktijkwaarnemingen.
- In **Enschede** is in overleg met bewoners een maatregelenpakket samengesteld. Bepaalde wegen zijn verlaagd en naast die wegen zijn brede greppels aangelegd. Hierdoor stroomt regenwater via het natuurlijke verhang van het maaiveld naar drie retentiegebieden.
- In **Egmond aan Zee** (Bergen NH) wordt de afstroming van regenwater uit hogergelegen gebieden beperkt door het water zo veel mogelijk ter plekke te bergen en infiltreren. Met metingen houdt de gemeente het functioneren van de voorzieningen in de gaten.
- In **Tholen** bleken te lage deurdorpels en verkeersdrempels wateroverlast in en schade aan woningen te veroorzaken. Op basis van 1D/2D-modelberekeningen zijn redelijk eenvoudig effectieve maatregelen in de bovengrondse inrichting bepaald en uitgevoerd.
- Ter vervanging van het oude gemengde riool heeft **Helmond** in 2000 in de Luchtvaartbuurt een gescheiden stelsel aangelegd. Het regenwater voert sindsdien (deels via infiltratieriolen) naar meerdere speelvelden af om regenwateroverlast te voorkomen en dat blijkt te werken.
- In het hellende dorp **Heuvelrug (Leersum)** zijn van boven naar beneden diverse grote en kleine bergings- en infiltratievoorzieningen aangelegd. Deze beperken de waterstroom bij hevige regen, wat uitspoeling en schade voorkomt.
- In de goed doorlatende zandbodem van **Borger-Odoorn (Exloo)** blijkt de innovatieve 'verticale infiltratietechniek' een succesvolle en kostenbesparende manier om regenwateroverlast tegen te gaan.



- 2 Loon op Zand
- 3 Enschede
- 4 Egmond aan Zee
- 5 Tholen
- 6 Helmond
- 7 Heuvelrug (Leersum)
- 8 Borger-Odoorn (Exloo)

## 2 Loon op Zand

### *Analyse en onderbouwing aanleg bergings- en infiltratievoorzieningen tegen wateroverlast in Loon op Zand*

Tussen 2004 en 2008 is in de wijk Molenwijck in Loon op Zand drie keer ernstige wateroverlast voorgekomen. Hierover kreeg de gemeente veel klachten binnen. De overlast ontstond door zeer zware regenbuien en de lage ligging van het maaiveld ten opzichte van de directe omgeving. Om deze problemen aan te pakken, is een uitgebreid onderzoek uitgevoerd. Hierbij zijn nieuwe rekentechnieken toegepast. De resultaten van deze berekeningen zijn gekoppeld aan meerdere praktijkwaarnemingen, om de betrouwbaarheid van het model te verbeteren. Na het bepalen van de maatregelen heeft de gemeente de bewoners uitgebreid geïnformeerd via informatieavonden en nieuwsbrieven. Ook heeft zij de bewoners betrokken bij de inrichting van twee plantsoenen. Door de aanleg van bergings- en infiltratievoorzieningen in het gebied kan een bui met een herhalings-tijd van 100 jaar worden verwerkt.

#### **Inhoud**

- 2.1 Aanleiding, doel en aanpak
- 2.2 Situatieschets, rioolstelsel en kenmerken
- 2.3 Analyse functioneren stelsel en oorzaken wateroverlast
- 2.4 Toetsing theorie en onderbouwing afweging maatregelen
- 2.5 Gekozen maatregelen
- 2.6 Uitvoering maatregelen
- 2.7 Ervaringen na afronding project
- 2.8 Nabeschouwing en evaluatie

#### **Auteurs**

ing. Ronnie van Boekel (Buiten-Ruimte), [r.vanboekel@buiten-ruimte.nl](mailto:r.vanboekel@buiten-ruimte.nl)  
ing. Gert Lemmen (Grontmij), [gert.lemmen@grontmij.nl](mailto:gert.lemmen@grontmij.nl)

#### **Contactpersoon gemeente Loon op Zand**

Ruud Scheffer BPA (gemeente Loon op zand), [r.scheffer@loonopzand.nl](mailto:r.scheffer@loonopzand.nl)



## 2.1 Aanleiding, doel en aanpak

De aanleiding voor dit project was grootschalige wateroverlast bij hevige regen in de wijk Molenwijck in de kern Loon op Zand. De wateroverlast concentreerde zich vooral in de straten Ecliptica, Cassiopeia en Ursa Major. Met name bij de buien op 30 april 2004, 29 juli 2005 en 8 juni 2007 liep water in woningen en garages en in een kelder van Serviceresidentie Molenwijck. Hierbij is veel schade ontstaan aan vloeren, stucwerk, meubels en auto's. Alleen al bij de serviceresidentie bedroeg de schade meer dan één miljoen euro.

Vóór 30 april 2004 was bij hevige regen ook al sprake van wateroverlast in de vorm van water op straat. Maar de gemeente heeft in die periode nooit klachten over water in woningen en/of kelders ontvangen.

| 19

Naar aanleiding van de klachten in 2004, 2005 en 2007 heeft de gemeenteraad vragen gesteld over de wateroverlast. Tijdens een commissievergadering in oktober 2007 heeft de wethouder vervolgens een toelichting gegeven. Hierbij gaf hij aan dat de gemeente zich maximaal zou inspannen om de wateroverlastsituaties aan te pakken.

### *Doel*

Met dit project wilde de gemeente:

- 1 de wateroverlastproblemen in kaart brengen;
- 2 de probleemorzaken analyseren;
- 3 de oplossingsrichtingen inzichtelijk maken;
- 4 de wateroverlast aanpakken.

### *Aanpak*

Het onderzoek naar de oorzaken van en oplossingen voor de wateroverlast ging in 2010 van start. Het bestond uit de volgende stappen:

- 1 De gemeente heeft diverse oplossingsrichtingen onderzocht. Zoals mogelijkheden voor diepinfiltratie, afvoer en berging van hemelwater in de nabijgelegen Kasteelweide en berging in het overlastgebied zelf. De meest haalbare optie bleek het creëren van voldoende berging in het overlastgebied. Deze optie is verder uitgewerkt.
- 2 Toetsing van de afvoercapaciteit van het rioolstelsel met Sobek 1D-berekeningen.
- 3 Het totale gebied is op kritieke punten (dorpelhoogten en hoogteligging van garages en kelders) nauwkeurig ingemeten. Alle puthoogten waren al bekend door recente inmetingen en vanuit het Actueel Hoogtebestand Nederland (AHN2) waren gegevens beschikbaar.
- 4 Op basis van de verzamelde gegevens in stap 3 is een hoogtemodel gemaakt van het maaiveld, met een resolutie van 1 x 1 meter. Voor de complete kern Loon op Zand is met een GIS-analyse de afstroming van water over straat geanalyseerd. Zo ontstond

inzicht in de locaties die gevoelig zijn voor wateroverlast door de hoogteligging van het terrein.

- 5 Het hoogtemodel is gekoppeld aan het Sobek-rioleringsmodel. Het hierdoor ontstane Sobek 1D/2D-model integreert de stroming van water over straat en via het rioolstelsel.
- 6 Het Sobek 1D/2D-model is vervolgens belast met meerdere extreme buien. Vanuit deze berekeningen is bepaald hoeveel water op straat blijft staan en welke maatregelen effectief zijn. Met behulp van 1D/2D-berekeningen zijn de benodigde maatregelen en het effect hiervan goed onderbouwd.
- 7 De maatregelen zijn op basis van een projectplan projectmatig uitgevoerd.
- 8 Voor en tijdens de aanleg van de voorzieningen heeft de gemeente de bewoners actief bij het project betrokken.

## 20 | 2.2 Situatieschets, rioolstelsel en kenmerken

Het overlastgebied ligt in de wijk Molenwijck in de kern Loon op Zand (zie figuur 2.1). De wateroverlast concentreert zich met name in de straten Ecliptica, Ursa Major en de Cassiopeia. Via de Ecliptica kom je de wijk Molenwijck binnen, waarbij direct opvalt dat de Ecliptica richting de Ursa Major flink naar beneden loopt. Het gebied waar de wateroverlast vooral optreedt, ligt gemiddeld 80 tot 100 cm lager dan de directe omgeving.

De wateroverlast in panden, kelders en garages komt met name voor in de woningen aan de Cassiopeia (12 woningen), Ursa Major (10 woningen) en in de Serviceresidentie Molenwijck. De serviceresidentie ligt tussen de Ecliptica en Hydra in (het grotere gebouw in figuur 2.1).

### *Rioolstelsel*

In het grootste deel van Molenwijck ligt een gemengd rioolstelsel, dat afwatert naar een gemeentelijk rioolgemaal aan de westkant van de wijk. Het rioolstelsel van Molenwijck is niet verbonden met dat van de kom Loon op Zand. Aan de oostkant van de wijk liggen twee externe riooloverstorten, die via één overkluizing in de Molenstraatse loop lozen. In het gebied Cassiopeia en Ursa Major ligt een gescheiden stelsel. Het regenwaterriool heeft infiltratierioolbuizen. In de directe omgeving van het projectgebied is geen oppervlaktewater.

### *Kenmerken*

Het gebied kenmerkt zich door zandgronden, afgewisseld met leemschollen en leemlagen. Uit bodemonderzoek blijkt dat op een diepte tussen 2 en 3 meter onder maaiveld een leemlaag zit. De grondwaterstand fluctueert ruim 2 meter tussen de gemiddeld hoogste en gemiddeld laagste grondwaterstand. Het grondwaterpeil is overwegend lager dan 1,5 meter onder maaiveld, in de zomerperiode zakt dit naar 3 tot 3,5 meter onder maaiveld.



Figuur 2.1 Overlastgebied in de wijk Molenwijk in Loon op Zand.

### 2.3 Analyse functioneren stelsel en oorzaken wateroverlast

De toetsing van de afvoercapaciteit van het rioolstelsel met onder andere bui08 en bui09 laat zien dat het rioolstelsel de neerslag zonder water op straat kan afvoeren. Pas bij belasting met zwaardere buien blijft water op straat staan. De afvoercapaciteit voldoet hiermee aan de door de gemeente gestelde normen.

#### *Stroming water over straat en door riool*

Als het rioolstelsel vol is, stroomt de neerslag die nog valt over straat af. Met een GIS-analyse zijn de afstromingspatronen over straat in beeld gebracht met stroombanen en afstroomgebieden. Daarnaast is de accumulatie van water op de laagste punten in het maaiveld inzichtelijk gemaakt. Op basis van de berekende waterhoeveelheden bij de woningen is ook het risico per woning in kaart gebracht (zie figuur 2.2).

De kleuren van de bebouwing in figuur 2.2 geven de ernst van het berekende risico aan. De resultaten hiervan kwamen erg goed overeen met de praktijksituatie. De rode gebouwen vormen in de praktijk ook het gebied met wateroverlast. Het risicogebied eromheen is doorgerekend met een rioleringsmodel (Sobek), gekoppeld aan het digitale

## Risico bebouwing Wateroverlast Loon op Zand

Waterstand gevel waterstand [m +mv]

|                                                                                   |             |                                                                                   |            |
|-----------------------------------------------------------------------------------|-------------|-----------------------------------------------------------------------------------|------------|
|  | < 0,05      |  | 0          |
|  | 0,05 - 0,10 |  | 0 - 0,05   |
|  | 0,10 - 0,25 |  | 0,05 - 0,1 |
|  | > 0,25      |  | 0,1 - 0,15 |
| <b>achtergrond</b>                                                                |             |  | 0,15 - 0,2 |
|  | bebouwing   |  | 0,2 - 0,25 |
|  | water       |  | 0,25 - 0,5 |
|  | topografie  |  | 0,5 - 1    |
|                                                                                   |             |  | > 1        |



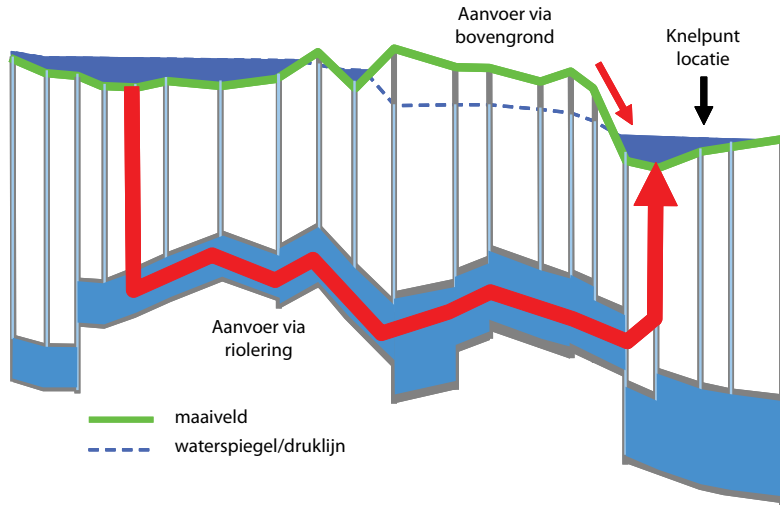
Figuur 2.2 Visualisatie 2D-berekening situatie vóór aanleg bergingsvoorzieningen.

hoogtemodel. Hiermee is zowel stroming van water door riolering als over maaiveld gemodelleerd (1D/2D berekeningen).

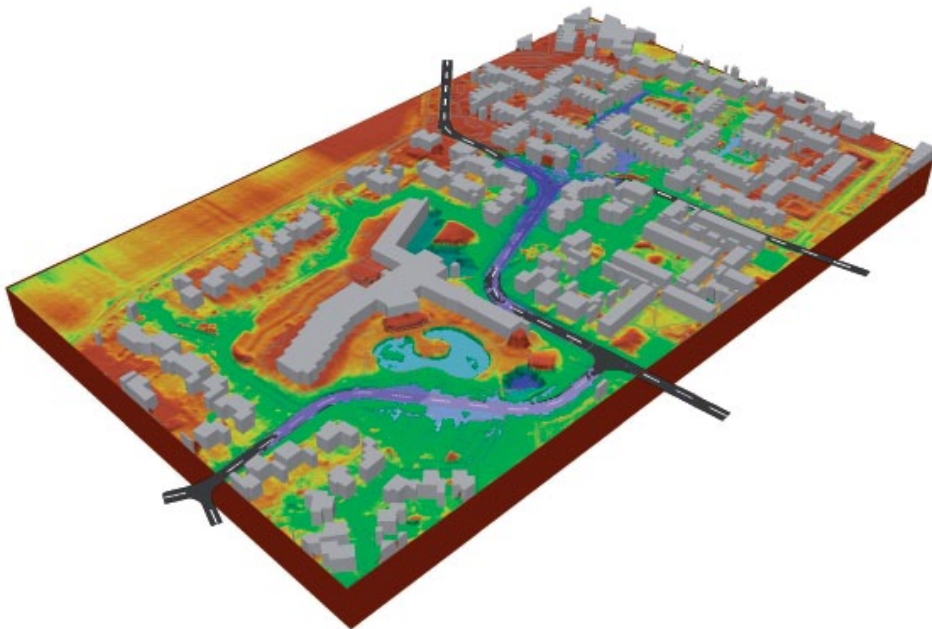
### *Meer afstroming over straat dan ingeschat*

Uit de berekeningen bleek dat veel meer water over straat naar de knelpuntlocaties stroomde dan ingeschat. Verder werd duidelijk dat water op straat in een ander deel van de wijk via het rioolstelsel naar de Ecliptica stroomde, waar het via de kolken op straat kwam. Figuur 2.3 is een dwarsdoorsnede vanuit de 1D/2D berekening door de wijk Molenwijk. In de dwarsdoorsnede is het maaiveld weergegeven met de groene lijn. Onder het maaiveld is het rioolstelsel zichtbaar. De waterstand in het stelsel is met de blauwe lijn weergegeven. Deze ligt gedeeltelijk boven het maaiveld: op deze plaatsen is sprake van water op straat. Bovengronds stroomt het water over een relatief beperkte afstand naar de laaggelegen knelpuntlocatie. Het plaatje laat door middel van de pijl zien dat het water via het riool over een veel grotere afstand kan toestromen naar de knelpuntlocatie.

Figuur 2.4 visualiseert de wateroverlastproblemen in 3D. De blauwe delen geven de plekken aan waar het water accumuleert bij een extreme regenbui. Het grote gebouw met vijver is de Serviceresidentie Molenwijk.



Figuur 2.3 Resultaat van een 1D/2D-berekening, het water stroomt vooral via de riolering naar een laaggelegen knelpuntlocatie.



Figuur 2.4 3D-weergave wateroverlast in Molenwijk.

### *Oorzaken wateroverlast*

Via inmetingen van de putdeksels, drempelniveaus en de dorpelhoogten van woningen is een goed beeld ontstaan van het hoogteverloop in het projectgebied. Het is duidelijk dat de verdiepte ligging van het overlastgebied (gemiddeld 80 tot 100 cm) ten opzichte van de directe omgeving een belangrijke oorzaak is van de wateroverlastproblemen. Daarnaast zijn verschillende dorpelpeilen maar enkele centimeters hoger dan de aansluitende wegverharding.

De oorzaken van de wateroverlast zijn:

- 1 Laaggelegen gebied ten opzichte van directe omgeving.
- 2 Lage dorpelpeilen ten opzichte van de openbare verharding.
- 3 Zware regenbuien.

24 |

## **2.4 Toetsing theorie en onderbouwing afweging maatregelen**

De toetsing van de theorie (resultaten berekeningen) is op basis van waarnemingen, klachten en metingen uitgevoerd. De gemeente houdt klachten en meldingen van burgers bij via een klachtenmeldsysteem. Hiermee is inzichtelijk waar en wanneer klachten zijn geweest over wateroverlast. Verder heeft de gemeente drie eigen regenmeters en gebruikt zij sinds enkele jaren radarregenmeetgegevens. In de periode 2004 tot en met 2008 beschikte de gemeente nog niet over radarregenmetingen. Daarom zijn de gegevens van de eigen regenmeters aangevuld met gegevens van Meteoconsult.

De meetgegevens van de drie zware buien die tot ernstige overlast hebben geleid, zijn:

- 30 april 2004: 50 mm in circa 90 minuten;
- 29 juli 2005: 65 mm in circa 45 minuten;
- juni 2007: 60 mm in circa 60 minuten.

### *Theorie benadert praktijk*

De berekeningsresultaten kwamen nagenoeg overeen met de praktijkwaarnemingen. Zo waren op meerdere plekken hoogten bekend van het waterniveau bij de extreme regenbuien. Via de rekenresultaten van de 1D/2D berekening zijn deze hoogten vergeleken met de waterhoogten in het rekenmodel. Ook deze kwamen goed overeen, waarmee voorzichtig is te concluderen dat de theorie de praktijk zo goed mogelijk benadert.

### *Creatieve oplossingen bewoners*

Op verschillende plekken hadden de bewoners zelf al actie ondernomen, nadat ze enkele keren geconfronteerd waren met water in de woning. Zo zijn op diverse plekken u-profielen in het voordeurkozijn geschroefd, waar de bewoners schotten in kunnen zetten tijdens zware regenbuien. Verder hebben zij rondom de woningen ook creatieve maatregelen genomen (zie figuren 2.5 en 2.6).



Figuur 2.5 Creatieve oplossing bewoners: schotbalkspinning.



Figuur 2.6 Creatieve oplossing bewoners: oplopende stoep richting voordeur, met trede naar beneden voor de voordeur (particuliere dijk).

De creatieve oplossingen van de bewoners zijn destijds gebaseerd op de diverse wateroverlastsituaties. De hoogten van de voorzieningen zijn afgestemd op de hoogte van het water tijdens wateroverlast. Op enkele plekken zijn op muren peilen aangegeven tot waar het water heeft gestaan. Deze informatie is door de gemeente gebruikt om de waterhoogten in het 1D/2D rekenmodel te toetsen.

#### *Onderbouwing afweging maatregelen*

Door de nieuwe rekentechnieken via de 1D/2D-berekeningen is de onderbouwing van de effecten van de maatregelen goed in beeld gebracht. De maatregelen zijn getoetst met meerdere buien, waaronder twee blokbuien van 70 mm en 50 mm in een uur. Bij de blokbui van 70 mm blijkt wateroverlast praktisch (en economisch) niet te voorkomen. Bij de toetsing met de blokbui van 50 mm blijkt geen sprake van wateroverlast in woningen, kelders of garages. Alleen op het laagste punt in het plangebied blijft een klein beetje water op straat staan. Omdat de blokbui van 50 mm in een uur op basis van de huidige KNMI-statistiek een grotere herhalingstijd heeft dan 100 jaar, heeft de gemeente gekozen om de maatregelen hierop te baseren. Deze keuze komt voort uit het water- en rioleringsplan 2011-2015. In dit plan staat dat de gemeente geen wateroverlast accepteert waarbij water in gebouwen stroomt.

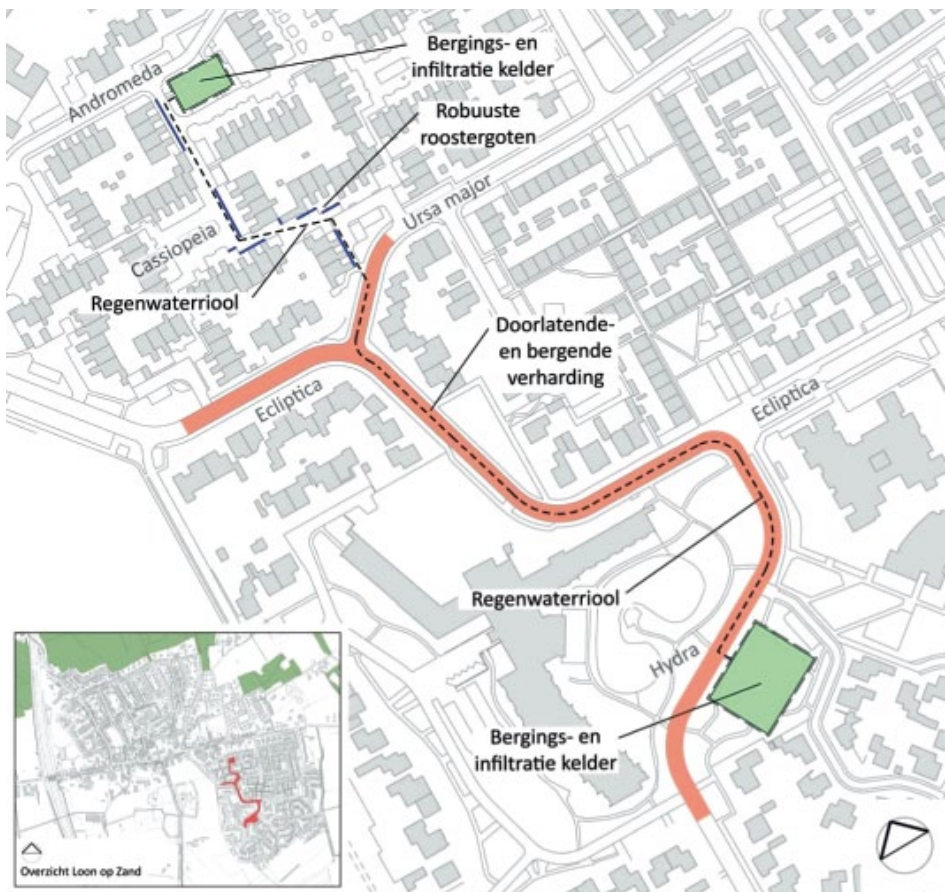


## 2.5 Gekozen maatregelen

In het projectgebied zijn de volgende maatregelen genomen:

- Aanleg doorlatende en bergende verharding onder de Ecliptica, stukje Ursa Major en Hydra (zie gekleurde wegverharding in figuur 2.7). Hoogte bergend pakket is 85 cm en de totale effectieve berging onder de weg is 1.200 m<sup>3</sup>.
- Aanleg 12 WT-kolken (water treatment) op de laagste punten in de doorlatende verharding.
- Aanleg bergings- en infiltratiekelder (300 m<sup>3</sup>) onder plantsoen aan de Cassiopeia.
- Aanleg bergings- en infiltratiekelder (950 m<sup>3</sup>) onder plantsoen aan de Hydra.
- Aanleg nieuw regenwaterriool Ø 800 mm, dat beide kelders met elkaar verbindt, inhoud 200 m<sup>3</sup>.

26 |



Figuur 2.7 Projectgebied met overzicht uitgevoerde maatregelen.



- Aanleg 128 meter zeer robuuste roostergoten in het gebied Cassiopeia en Ursa Major, die via het regenwaterriool afwateren naar de kelders.
- Aanleg stuwputten met wervelventiel in het bestaande rioolstelsel om de berging in het bovenstroomse riool beter te kunnen benutten.
- Afkoppelen verhard oppervlak (waar mogelijk), waaronder twee basisscholen (circa 20.000 m<sup>2</sup>).

Figuur 2.8 visualiseert de overlastsituatie en de situatie na aanleg van de voorzieningen.



Figuur 2.8 Visualisatie situatie vóór (links) en na maatregelen (rechts).

Dankzij deze maatregelen kan het watersysteem een regenbui van 50 mm in een uur verwerken. Hiermee voldoet het systeem aan de projectdoelstelling en de vraag vanuit de gemeenteraad om de wateroverlast in het gebied aan te pakken.

## 2.6 Uitvoering maatregelen

De maatregelen zijn projectmatig uitgevoerd. Hiervoor is eerst een projectplan opgesteld, waarna het benodigde krediet is aangevraagd.

Voor de omwonenden is op 6 april 2011 de eerste informatieavond gehouden. Hierbij heeft de gemeente de plannen toegelicht en vragen beantwoord. Na deze eerste informatieavond is door een late wijziging in de 1D/2D berekening de locatie van een bergings- en infiltratiekelder veranderd. Daarom vond op 27 oktober 2011 een tweede informatieavond plaats.

Voor de aanleg van de ondergrondse bergings- en infiltratiekelders en het kappen van bomen is een omgevingsvergunning aangevraagd.

Op 12 november 2012 is een derde informatieavond voor omwonenden gehouden. Hierbij hebben bewoners en gemeente samen het ontwerp van het nieuwe plantsoen aan de Cassiopeia bepaald (samen werken aan de wijk). In dit plantsoen zijn meer dan 30 bomen gekapt voor de aanleg van een ondergrondse bergings- en infiltratiekelder. Bij aanvang en tijdens de uitvoering hebben de bewoners meerdere nieuwsbrieven ontvangen, zodat ze goed op de hoogte bleven van de werkzaamheden en de planning.

Op 19 juni 2013 is het project onder grote belangstelling van de bewoners feestelijk afgesloten. Hierbij demonstreerde de wethouder de werking van de doorlatende en bergende verharding (Aquaflow, zie figuur 2.9). De figuren 2.9, 2.10 en 2.11 geven een impressie van de uitvoering.

28 |



Figuur 2.9 Aanleg doorlatende en bergende verharding (Aquaflow).



Figuur 2.10 Aanleg bergingskelders (Waterblock).



Figuur 2.11 Aanleg roostergoten.

## 2.7 Ervaringen na afronding project

Tot nu toe werkt het systeem goed, maar sinds de oplevering zijn ook nog geen extreme regenbuien gevallen.

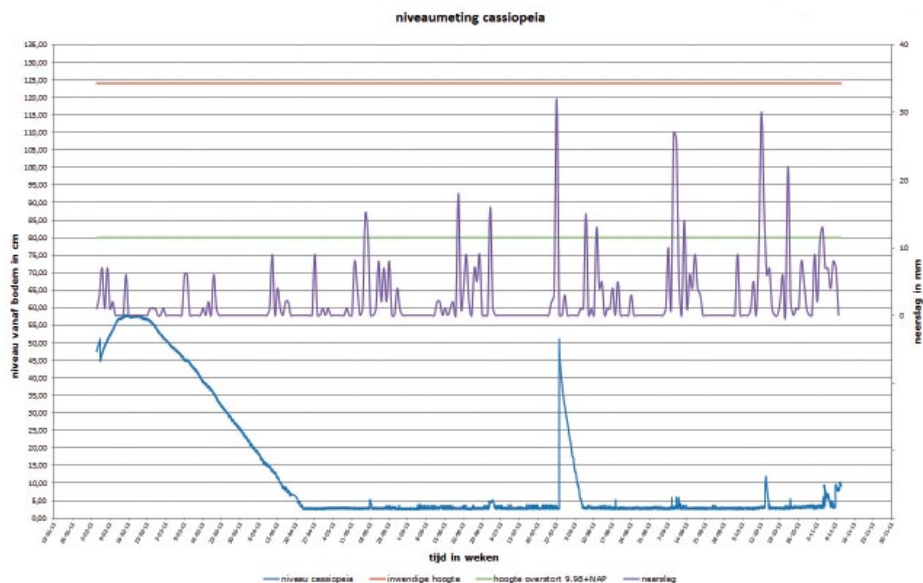
Via sensoren in de aangelegde bergingskelders en via twee peilbuizen met meetapparatuur in de Aquaflow monitort de gemeente de bergings- en infiltratievoorzieningen. De vullingsgraad, vullingssnelheid en ledigingstijd (door infiltratie) houdt zij online bij. Figuur 2.12 laat een voorbeeld zien van de vulling en lediging van de bergings- en infiltratievoorziening Cassiopeia. De lichtblauwe lijn geeft de vullingsgraad van de kelder weer. De regenbui van 28 juli 2013 zorgt voor een stijging van 50 cm. Deze vulling is in korte tijd via infiltratie weer verdwenen.

De peilbuizen in de Aquaflow zijn opgenomen in het geautomatiseerde grondwatermeetnet van de gemeente. Hierin is online de vulling van de Aquaflowfundering te zien en hoe lang het duurt voordat de berging weer beschikbaar is. Tot nu toe is nog geen bui gevallen waarbij in het Aquaflowpakket een stijging te zien was. Dit komt ook door de goed infiltrerende ondergrond.

| 29

### Onderhoudsprotocol

In overleg met de leveranciers van de infiltratievoorzieningen is een onderhoudsprotocol opgesteld. Dit protocol is verwerkt in een onderhoudsbestek. Zo blijft de werking van de infiltratievoorzieningen gewaarborgd.



Figuur 2.12 Meetgrafiek bergings- en infiltratiekelder Cassiopeia.

## 2.8 Nabeschuiving en evaluatie

### *Sterke punten*

- 1 Goede koppeling gemaakt tussen de praktijksituatie en de theoretische vertaling van de maatregelen. De inmetingen zijn nauwkeuring uitgevoerd en de resultaten uit het model kwamen goed overeen met de praktijkwaarnemingen van de bewoners.
- 2 Robuuste inrichting van de bergings- en infiltratievoorzieningen. De kelders en de roostergoten zijn eenvoudig te onderhouden. Onderhoud van de doorlatende en bergende verharding kost wel extra werk.
- 3 Projectmatige aanpak: de gemeente heeft gewerkt vanuit een projectplan.
- 4 Informatievoorziening in voorbereidings- en uitvoeringsfase is goed opgepakt met de omwonenden. Hierdoor is begrip voor de overlast die mensen ervaren in de uitvoeringsfase. Vanuit 'samen werken aan de wijk' zijn diverse voorzieningen in overleg met de omwonenden uitgewerkt en aangelegd.

30 |

### *Zwakke punten*

- 1 Door een late wijziging in de 1D/2D berekening bleek dat een van de twee kelders op een andere plek moest komen. Doordat de locaties al met de omwonenden waren gecommuniceerd, gaf dit enige commotie over de nieuwe locatie van de kelder.
- 2 Mogelijk als gevolg van punt 1 hebben bewoners bezwaren ingediend tegen het kappen van circa 30 bomen voor de aanleg van de bergingskelder aan de Cassiopeia. Dit zorgde voor een vertraging in het proces.
- 3 Ondanks meerdere grondboringen in de voorbereidingsfase bleek er veel meer leem in de grond te zitten dan ingeschat. Omdat de bergingsvoorzieningen via infiltratie ledigen, is veel grondverbetering (leem verwijderen en zand aanvullen) toegepast.
- 4 Het effect van klimaatontwikkelingen op de herhalingsstijden van buien en de daarmee gepaard gaande onzekerheden, komen niet in het onderzoek naar voren.

### *Leerpunten*

- 1 Zorg dat wijkbewoners die geen overlast ondervinden, begrip krijgen voor de bewoners die wel wateroverlast hebben. Zo creëer je een breder draagvlak voor ingrijpende maatregelen.
- 2 Start de voorbereiding met een goede enquête onder de bewoners in het overlastgebied. Dit scheelt tijd en levert waardevolle informatie op voor de verdere uitwerking.
- 3 Zorg dat de projectdoelstelling voor alle betrokkenen duidelijk is. Ondanks alle uitgevoerde maatregelen kan altijd een grotere bui vallen dan waarop de voorzieningen zijn gedimensioneerd.

## 3 Enschede

### *Nieuwe afvoerroutes via maaiveld en retentiegebieden voorkomen wateroverlast in Enschede-Noord*

Het noorden van Enschede is in de loop van de vorige eeuw veranderd van een sterk landelijk en vrijwel onbebouwd gebied in een stedelijk gebied met veel verhard oppervlak. Het rioolstelsel is hierop gaandeweg aangepast, onder meer door de aanleg van extra berging. De laatste decennia is er nog iets meer verhard oppervlak bijgekomen en neemt ook de regenintensiteit toe. Hierdoor is het rioolstelsel steeds gevoeliger geworden voor wateroverlast. In 2010 stroomde bij hevige buien water gebouwen in en moest de gemeente ondergelopen wegen afsluiten. Om overlast in de toekomst te voorkomen, heeft de gemeente in overleg met bewoners een maatregelenpakket samengesteld. In 2012 zijn onder meer nieuwe afvoerroutes via maaiveld en drie retentiegebieden in bestaande weilanden aangelegd. Op enkele aandachtspunten na doen de maatregelen hun werk goed.

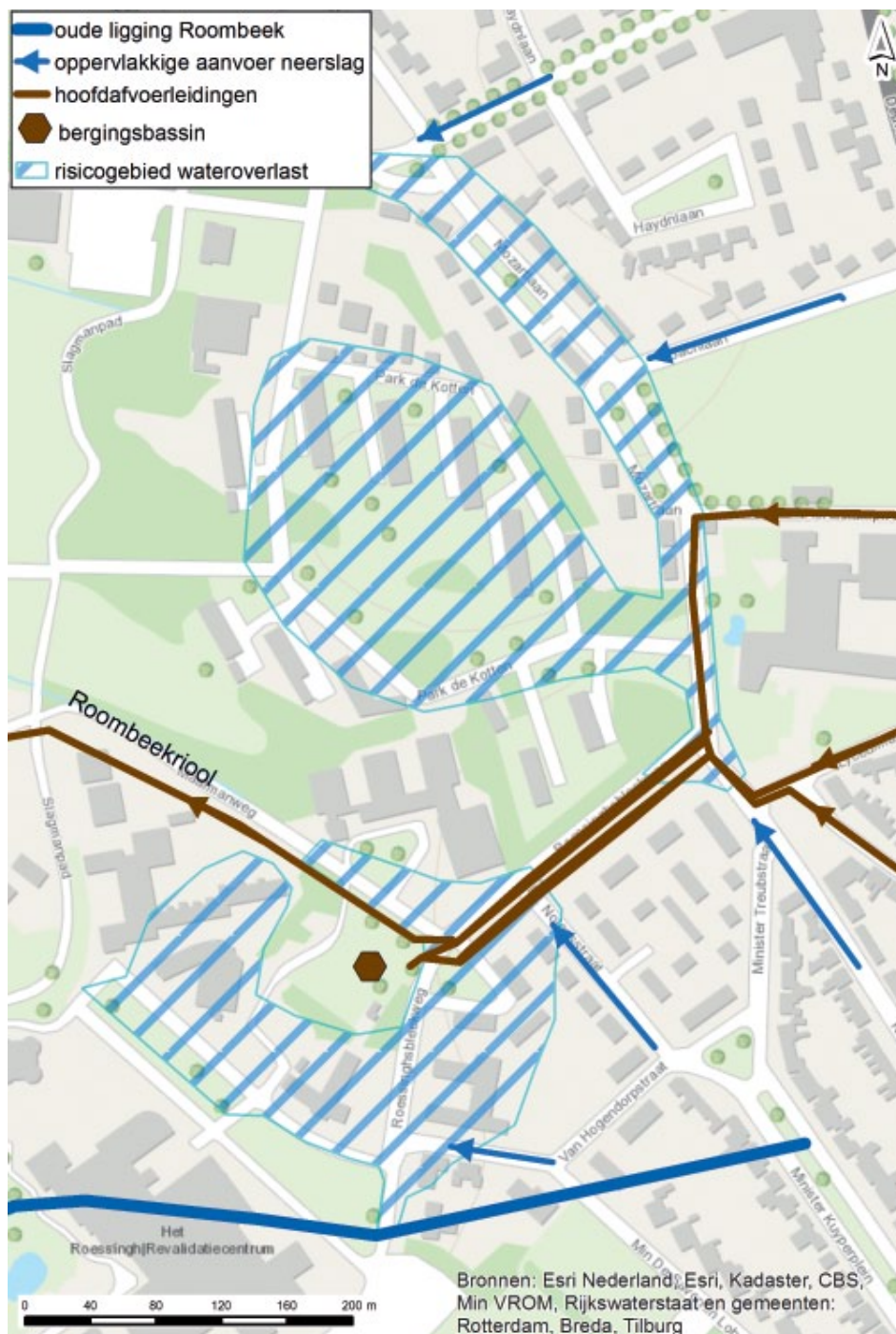
#### **Inhoud**

- 3.1 Historie functioneren rioolstelsel
- 3.2 Uitwerken maatregelen
- 3.3 Ervaringen met maatregelen

#### **Auteur**

ir. Erik Dekker (Witteveen+Bos), e.dekker@witteveenbos.nl  
ing. Koen Wagelaar (gemeente Enschede), k.wagelaar@enschede.nl





Figuur 3.1 Situatie rond Roombeekriool in Noord-Enschede.

### 3.1 Historie functioneren rioolstelsel

Tot in de vorige eeuw stroomde door het noorden van Enschede de Roombeek. Honderd jaar geleden was het gebied nog landelijk en was het stroomgebied van de Roombeek onbebouwd. In de loop van de tijd nam de bebouwing toe en werd ook het laaggelegen gebied rond de Roombeek steeds meer bebouwd. De Roombeek zelf is in het stedelijke gebied geleidelijk aan gedempt.

#### *Riool, overstorten en rwzi*

De eerste rioolstelsels loosden nog ongezuiverd in de Roombeek, aan de rand van het stedelijke gebied. Vanwege problemen met waterkwaliteit en volksgezondheid is op een gegeven moment besloten om het rioolstelsel te verbeteren en een rwzi te bouwen. Bij de lozingspunten in de Roombeek zijn overstorten geplaatst en het afvalwater voerde grotendeels af naar de rwzi. Maar bij hevige regen kwam er soms vuil water op straat te staan. Ook kwamen weleens overstromingen in het benedenstroomse gebied van de Roombeek voor, veroorzaakt door overstortingen in de Roombeek.

| 33

#### *Bergingsbassin en 'afleidingsriool'*

Om wateroverlast zo veel mogelijk te voorkomen, is in de jaren 70 besloten een groot bergingsbassin aan te leggen. Ook zijn de aanvoerende riolen vergroot en de overstorten gesloten. Verder is een nieuw 'afleidingsriool' naar de rwzi aangelegd. De Roombeek zelf is rond het afleidingsriool nog verder gedempt en deels teruggebracht op een andere locatie. Het bergingsbassin kan 15.000 m<sup>3</sup> water bergen. Dit komt overeen met 10 mm berging over het destijds aangesloten verharde oppervlak. Het afleidingsriool (het 'Roombeekriool') is bijna 3 km lang en heeft een diameter van 1,25 meter. Het kan ongeveer 10 mm neerslag per uur afvoeren. Figuur 3.1 geeft de situatie globaal weer. Destijds is de afweging gemaakt dat een extra berging van 10 mm in het bassin (naast de bestaande berging in het rioolstelsels zelf) en een afvoercapaciteit van 10 mm/uur voldoende waren om het risico op wateroverlast zo beperkt mogelijk te houden. Kennelijk was deze maatregel destijds voldoende om wateroverlast zo veel mogelijk te beperken.

Omdat Enschede in een hellend gebied ligt, is de berging in het rioolstelsel kleiner dan de berging in het referentiestelsel van 7 + 2 mm. Door het bergingsbassin is de totale berging toegenomen tot ongeveer 15 mm. De afvoercapaciteit van het rioolstelsel is met 10 mm/h (circa 30 l/s/ha) echter een stuk kleiner dan de afvoercapaciteit van 30 mm/h (circa 90 l/s/ha) van een gemiddeld rioolstelsel.

#### *Wateroverlastgevoelig*

Omdat de overstorten zijn verwijderd, heeft het noorden van Enschede geen directe overstortmogelijkheden meer. Hierdoor is het systeem gevoeliger voor wateroverlast geworden. Zodra het bergingsbassin vol is en meer dan 10 mm neerslag in een uur valt,



Figuur 3.2 Wateroverlast Mozartlaan op 26 augustus 2010.



kan het stelsel niet meer voldoende water afvoeren. Daar komt nog bij dat de aanvoercapaciteit van het rioolstelsel naar het bergingsbassin drie keer zo groot is (circa 30 mm/h) als de afvoercapaciteit van het Roombeekriool. Bovendien stroomt via het maaiveld ook regenwater naar het laaggelegen gebied rond de vroegere Roombeek. Al dit water verzamelt zich op het maaiveld voor het bergingsbassin, voornamelijk in de Mozartlaan en Roessinghsbleekweg.

De laatste decennia is het afvoerende oppervlak nog iets verder toegenomen. Ook de intensiteit van regenbuien neemt toe. De laatste 20 jaar is in dit gebied steeds vaker wateroverlast geweest. Op 26 augustus 2010 viel in 7 uur tijd zelfs ruim 100 mm neerslag, verspreid over verschillende hevige regenbuien. Tijdens het laatste uur viel zelfs 35 mm neerslag, waardoor veel wateroverlast is ontstaan. Door eerdere neerslagpieken van meer dan 10 mm/h was het bergingsbassin al vóór dit laatste uur vol. Het bassin is tussentijds ook niet geledigd, omdat het bergbezinkbassin benedenstrooms van het Roombeekriool nog volstond. Water stroomde bij woningen en bedrijven naar binnen en wegen liepen onder (zie figuur 3.2). Op het dieptepunt stonden tienduizenden kubieke meters water op straat.

| 35

### 3.2 Uitwerken maatregelen

Door de mate van overlast op 26 augustus 2010 en de klachten van bewoners heeft de gemeente besloten snel maatregelen te nemen. De gemeente vond het belangrijk om de bewoners goed bij dit proces te betrekken. Ten eerste is hun input essentieel om meer inzicht te krijgen in de opgetreden wateroverlast. Ten tweede ontstaat zo meer begrip voor de omvang van het probleem en daarmee meer draagvlak voor het uitvoeren van maatregelen.

#### *Toetsen theorie aan praktijk*

Eerst heeft de gemeente de mate van de wateroverlast in beeld gebracht en alvast mogelijke oplossingen geïnventariseerd, zowel voor de korte als de lange termijn. Met modelberekeningen is bekeken of het theoretische functioneren van het rioolstelsel overeenkomt met de praktijk. Om ook de oppervlakkige afstroming via maaiveld naar het gebied en vanuit het gebied inzichtelijk te kunnen maken, zijn leidingen op straatniveau met een straatprofiel gebruikt (1D/1D-Infoworks model). Hiermee 'stapelt' het berekende water op straat zich niet in het bovenstroomse gebied op, maar stroomt het via de leidingen op het maaiveld naar beneden. Ook is zo globaal bepaald hoeveel water via maaiveld doorstroomt naar het Roombeekriool. Om dit in het rekenmodel te kunnen verwerken, is het gebied rondom en benedenstrooms van de Mozartlaan en Roessinghsbleekweg ingemeten. Het resultaat van de modelberekeningen kwam goed overeen met de geconstateerde overlast en met enkele waterstandmetingen bij het bergingsbassin.

### *Bewonersavond*

Vervolgens heeft de gemeente een informatieavond georganiseerd voor de bewoners in en rond de Mozartlaan en Roessinghsbleekweg. Op deze avond heeft zij de bewoners laten zien hoe het rioolstelsel functioneert en waarom juist in dit gebied zo veel wateroverlast voorkomt. Ook heeft ze de bewoners gevraagd hoe zij de wateroverlast hebben ervaren. De gemeente wilde weten of haar beeld van de overlast klopte en welke maatregelen de bewoners voor zich zagen.

### *Uitgangspunten maatregelen*

Na de bewonersavond begon de gemeente met het uitwerken van maatregelen. Hierbij waren de uitgangspunten:

- water mag niet meer in woningen of bedrijven stromen;
- wegen hoeven niet meer afgezet te worden, ook niet bij nóg extremer neerslag dan op 26 augustus 2010;
- de waterdiepte op straat mag maximaal 15 cm zijn. In gebieden waar meer water kan blijven staan, moeten afvoermogelijkheden komen.

36 |

Na afweging van enkele oplossingsrichtingen besloot de gemeente op korte termijn het maaiveld in en rond de Mozartlaan en Roessinghsbleekweg opnieuw in te richten. Het doel was om de afvoer naar het buitengebied te verbeteren en via maaiveld betere afvoermogelijkheden te maken vanuit de laagstgelegen gebieden. Door bepaalde wegen te verlagen en naast deze wegen brede greppels aan te leggen, stroomt het water via het natuurlijke verhang van het maaiveld naar drie retentiegebieden. De gekozen maatregelen zijn relatief goedkoop, op korte termijn te realiseren en ook bij nóg extremer neerslag dan op 26 augustus 2010 effectief.

### *Maatregelen korte termijn*

Voor realisatie van de drie retentiegebieden zijn bestaande weilanden gebruikt en is circa 0,5 meter grond afgegraven. In totaal kunnen deze gebieden ongeveer 10.000 m<sup>3</sup> water bergen. De gemeente vindt het belangrijk dat het water zichtbaar afstroomt. Zo is voor iedereen duidelijk wat er met het water gebeurt en hoeveel water moet worden afgevoerd. De drie retentiegebieden bergen het water tijdelijk en voeren het vertraagd af via bestaande sloten en beken. In de praktijk moet blijken of de vertraagde afvoer problemen veroorzaakt voor het bekenstelsel.

Met deze maatregelen zou zelfs bij zeer extreme neerslag nooit meer water in gebouwen kunnen stromen. Ook zal er veel korter water op straat staan. Door bepaalde straten zal nog wel water stromen, maar door de beperkte waterdiepte zal hooguit sprake zijn van hinder en niet van wateroverlast.

*Maatregelen lange termijn*

Voor de lange termijn probeert de gemeente de wateraanvoer te beperken. Voornamelijk door het afkoppelen van verhard oppervlak in de bovenstroomse gebieden. Om de situatie echt significant te kunnen verbeteren, zal zij veel moeten afkoppelen: minimaal 30-50% van het aangesloten oppervlak. Herstel van de Roombeek in het stedelijke gebied is niet aan de orde geweest. Dan zou een deel van dit gebied helemaal opnieuw ingericht moeten worden. Wellicht is dit in de toekomst een optie in combinatie met herinrichting en grootschalig afkoppelen. Voor de korte tot middellange termijn is dat geen optie.

*Tweede bewonersavond*

Op een tweede bewonersavond heeft de gemeente de plannen teruggekoppeld aan de bewoners. Ook zijn toen afspraken gemaakt over de uitvoeringsplanning van de maatregelen.

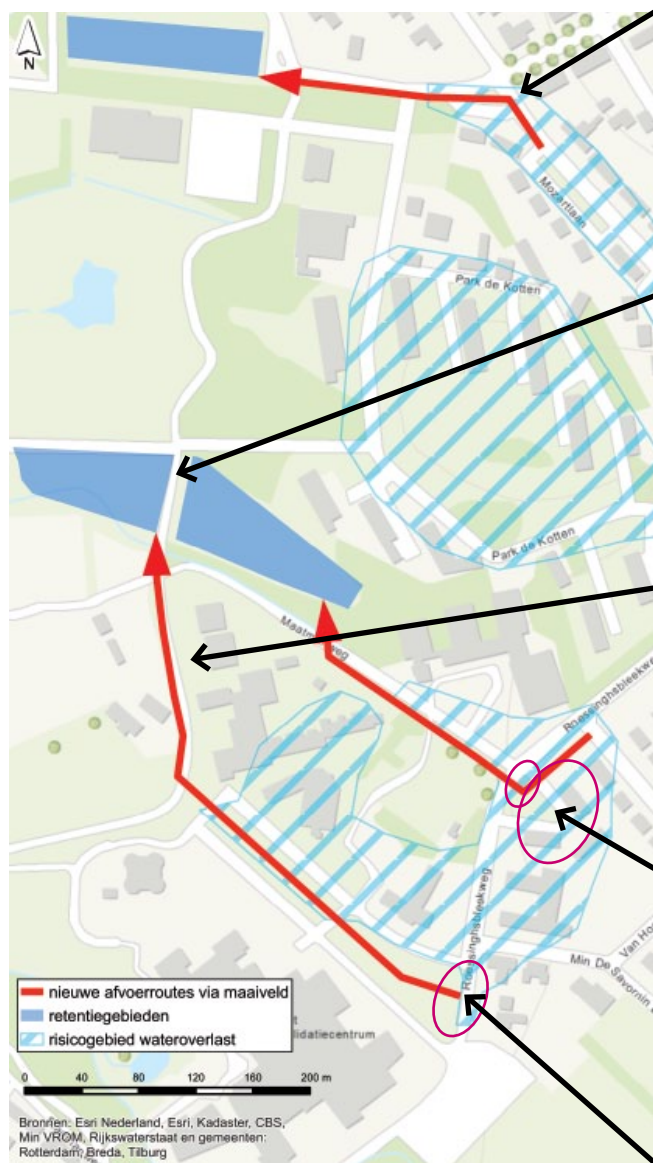
**3.3 Ervaringen met maatregelen**

De maatregelen zijn in 2012 voltooid en op 20 juni 2013 was de vuurdoop. Op deze avond viel in één uur 50 mm neerslag. Hiermee was de piek van de neerslag zelfs groter dan op 26 augustus 2010. In het algemeen hebben de maatregelen goed gewerkt. De waterdiepte op straat is beperkt gebleven en er is geen water in huizen en gebouwen gelopen. De verlagingen in het maaiveld werkten goed, er zijn grote hoeveelheden water afgevoerd naar de retentievoorzieningen in het buitengebied. Benedenstrooms van de retentiegebieden hebben zich geen problemen voorgedaan. Het bestaande bekenstelsel lijkt het water vanuit de retentiegebieden goed te kunnen afvoeren.

*Aandachtspunten*

Er zijn nog wel enkele aandachtspunten. Zo is enige opstuwing geconstateerd op de punten waar het water vanaf de Roessinghsbleekweg via maaiveld verder afgevoerd moet worden. Hierdoor was de waterdiepte op straat nog iets hoger dan verwacht. Ook is een auto gestrand in de plaatselijk verlaging in de Roessinghsbleekweg. Op deze locatie moet het via maaiveld afstromende water de Roessinghsbleekweg kruisen om verder omlaag te stromen naar de retentiegebieden.

De grootste problemen deden zich voor in een hofje naast de Roessinghsbleekweg. Hier komt veel water samen, waarna het de weg kruist en wordt afgevoerd. Hoewel de waterdiepte in het hofje lager was dan bij de overlast in 2010, was de waterdiepte toch nog aanzienlijk en stond het water net onder de drempels van de woningen. Ook is water in de kruipruimten onder een paar woningen gelopen. Hier zal de gemeente in overleg met de bewoners enkele aanvullende maatregelen nemen.



Figuur 3.3 Overzicht gebied en uitgevoerde maatregelen.

### *Positieve reacties*

Gemeenteambtenaren waren tijdens de bui van 20 juni 2013 ter plaatse en hebben foto's en filmpjes gemaakt. Ook bewoners hebben filmpjes opgestuurd. In het algemeen waren de reacties van bewoners positief. De gemeente bekijkt de resterende probleemsituaties en optimaliseert waar mogelijk de maatregelen. De meeste omwonenden waarderen deze aanpak. De gemeente heeft verder geen speciale evaluatie met de bewoners gehouden.

## 4 Egmond aan Zee

### *Expertbenadering lost ernstige wateroverlast in Egmond aan Zee op*

In Egmond aan Zee hebben intensieve buien diverse malen geleid tot ernstige wateroverlast in het centrum en schade aan woningen en bedrijfspanden. Na de overlast in augustus 2006 heeft de gemeente Bergen in samenwerking met ingenieursbureau Tauw een maatregelenprogramma opgesteld om wateroverlast voortaan te voorkomen. Anno 2013 heeft de gemeente veel van de maatregelen geïmplementeerd en evalueert zij het functioneren van de voorzieningen door monitoring. Bij enkele recente intensieve buien is geen overlast meer geconstateerd. De gemeente moet nog een klein deel van de geplande berging in het uitvoeringsprogramma realiseren. Hoe en waar dat het best kan, bepaalt zij op basis van de geanalyseerde meetdata. De gemeente zal de hemelwatervoorzieningen in Egmond aan Zee blijven monitoren en beheren, zodat deze goed blijven functioneren.

#### **Inhoud**

- 4.1 Inleiding
- 4.2 Situatie in 2006
- 4.3 Analyse wateroverlast en maatregelen
- 4.4 Meet- en monitoringsprogramma
- 4.5 Resterende opgave anno 2013
- Literatuur

#### **Auteurs**

ir. Floris Boogaard (Tauw, TU Delft, Hanzehogeschool Groningen),  
floris.boogaard@tauw.nl  
George Stockell (gemeente Bergen), g.stockell@bergen-nh.nl

## 4.1 Inleiding

Op 14 en 26 augustus 2006 leidde hevige neerslag tot overlast en waterschade in Egmond aan Zee (kern in de gemeente Bergen). Er viel respectievelijk 50,2 mm regen in 60 minuten en 83 mm in 120 minuten. De wateroverlast is met name ervaren in het lagergelegen centrum van Egmond: de Voorstraat. Deze gebeurtenissen waren voor de gemeente aanleiding om met diverse deskundige partijen een maatregelenprogramma op te stellen. Zij vindt dat in de toekomst bij vergelijkbare extreme buien geen wateroverlast meer mag optreden.

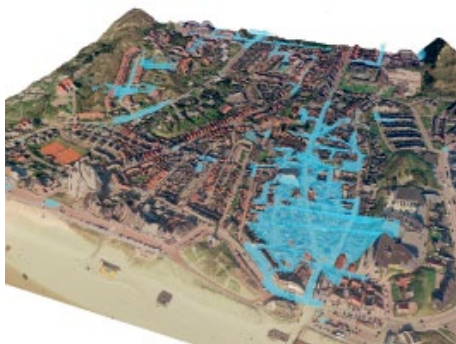
Dit artikel beschrijft de situatie in 2006, de expertbenadering van de wateroverlast en de in dat kader uitgevoerde maatregelen. Onderdeel van deze benadering is ook een hoogwaardig meet- en monitoringsprogramma. De hiermee opgedane kennis past de gemeente toe om de nog te realiseren maatregelen te optimaliseren en het beheer- en onderhoudsbeleid van de voorzieningen verder in te vullen.

| 41

## 4.2 Situatie in 2006

Egmond aan Zee heeft een gescheiden rioolstelsel. In een groot deel van het dorp stroomt het regenwater van de daken en straten direct naar een van de ongeveer 450 zakputten. Vanuit de zakputten infiltreert het water in de bodem. In circa 1/3 van het dorp ligt een hemelwaterriool dat is verbonden met de centrale zakput onder het Pompplein (centrum) van circa 20 m<sup>3</sup>. Bij te veel neerslag loopt water uit deze zakput via een deels ondergrondse leiding naar de kust.

Vanwege de lage ligging is het centrum kwetsbaar voor wateroverlast. Bij hevige regen stroomt het water van een groot verhard gebied vanuit de hogergelegen delen richting het centrum (zie figuur 4.1).



Figuur 4.1 Links: 3D-hoogtekaart impressie situatie 2006 bij circa 60 mm in 1 uur. Rechts de laaggelegen Voorstraat met overlast in augustus 2006 (foto Roland Stam).

### 4.3 Analyse wateroverlast en maatregelen

Op 14 en 26 augustus 2006 leidde hevige neerslag tot veel schade in het centrum van Egmond aan Zee. Volgens niet geverifieerde bronnen viel er respectievelijk 50,2 mm regen in 60 minuten en 83 mm in 120 minuten. Op het laagste punt in de Voorstraat stond ongeveer 1 meter water en stroomde huizen en winkelpanden binnen. De schade werd geschat op 'een paar honderdduizenden euro's'.

De gebeurtenissen in augustus 2006 waren voor de gemeente aanleiding om met experts van advies- en ingenieursbureau Tauw een maatregelenprogramma op te stellen. Bergen heeft in 2007 aangegeven dat in de toekomst bij vergelijkbare buien in Egmond aan Zee geen wateroverlast meer mag optreden. In dat kader staan in het GRP de volgende definities:

- hinder = water op straat;
- overlast = ernstige hinder door forse hoeveelheden water op straat;
- schade = water in gebouwen.

Rekening houdend met klimaatverandering in de toekomst (aanname + 25% in 2050) is gekozen voor een maatgevende bui van 60 mm binnen één uur die het hemelwaterstelsel zonder wateroverlast moet kunnen verwerken.

#### *Oplossingsrichtingen op hoofdlijnen*

Onbeperkte afvoer uit het centrum naar de kust is niet altijd mogelijk en toegestaan. Vergroting van berging en afvoercapaciteit van het riool zou kostbaar en niet doeltreffend zijn. Omdat de overlast in het centrum ontstaat door de grote toestroom van water vanuit hogergelegen delen, is besloten de afstroming naar het centrum te beperken. Uit diverse onderzoeken blijkt dat de ondergrond van Egmond goed doorlatend is. Daarom zijn de maatregelen gericht op zo veel mogelijk berging en infiltratie in de bodem in de hogergelegen gebieden. Zo wordt op een kosteneffectieve en duurzame manier de kans op wateroverlast in het centrum fors kleiner en kan de overlast zich ook niet naar andere delen verplaatsen. De voorgestelde opsplitsing in afstroomgebieden staat in figuur 4.2. Het afstroomgebied naar het centrum (lichtblauw) is aanzienlijk kleiner.

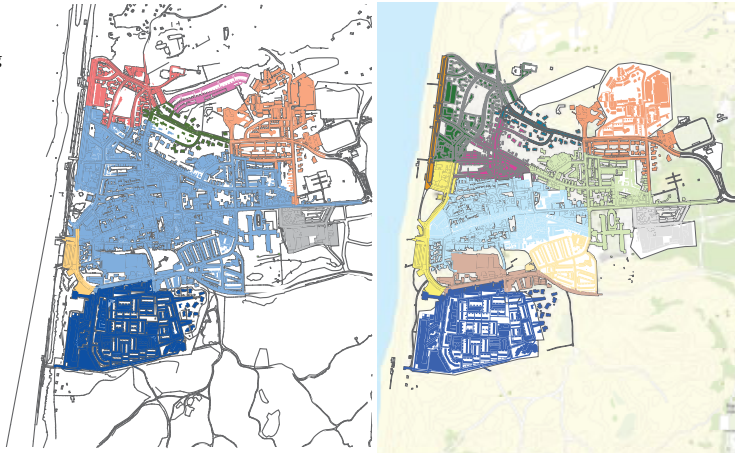
#### *Gekozen maatregelen*

Op basis van maaiveldanalyses en rioleringsberekeningen is voor boven- en ondergrondse maatregelen gekozen:

- Bovengronds regenwater vasthouden en infiltreren: vasthouden met verkeersdrempels en tussen de banden op straat, infiltreren in groenvoorzieningen en doorlatende verharding.
- Ondergronds regenwater vasthouden en infiltreren: 3 infiltratiebassins, infiltratiekratten, lavakoffers, IT-leidingen en zakputten.
- Ondergrondse afvoerleiding (strandpijp) naar duinen en strand vergroten.



### Afvoerend Oppervlak 2006



Figuur 4.2 Afstroomgebieden 2006 (links) en in 2013 (rechts).

Waar ruimte bovengronds beschikbaar was voor maatregelen is de eerste categorie gekozen. Vaak zijn deze goedkoper, makkelijker te beheren en is minder kans op bijvoorbeeld foutieve aansluitingen. Waar in de openbare ruimte geen plaats was zijn ondergrondse voorzieningen toepast zoals infiltratiekragen onder de wegen (gemiddelde berging in de orde van 10-15 mm). Onder 3 pleinen zijn infiltratiebassins aangelegd (berging variërend van 1.900- 3.500 m<sup>3</sup> tot 2 meter hoogte). De afvoercapaciteit van de voorzieningen is berekend met InfoWorks en het bergend en infiltrerend vermogen van de voorzieningen is bepaald met een reservoir model die belast is met een langdurige neerslagreeks.

### Locaties voorzieningen

De locaties van de voorzieningen zijn grotendeels bepaald met een model dat op basis van maaiveldhoogte berekent hoe het water van hoog naar laag stroomt en waar het zich verzamelt. Hiervoor is een WOLK (wateroverlast landschapskaart) gebruikt. De WOLK geeft inzicht in ervaren en mogelijke wateroverlastlocaties en het functioneren van de regenwaterafvoer bij extreme neerslag.

De gebruikte GIS-module gaat uit van een nauwkeurig Actueel Hoogtebestand Nederland (AHN2), identificeert lokale laagten in het terrein en bepaalt in welke mate het overlastgevoelige centrum volloopt. WOLK bepaalt de afvoer bij een neerslag van 60 mm in een uur waarbij wordt aangenomen dat de riolering in een uur 20 mm kan verwerken. De overige 40 mm verspreidt zich over het maaiveld naar lager gelegen gebieden.

Voor de WOLK van Egmond aan Zee zijn de berging en ondergrondse afvoercapaciteit per deelgebied zo verschillend, dat is gekozen om per deelgebied de volledige 60 mm mee te nemen en de ondergrondse capaciteit in WOLK te verrekenen. Het resultaat van de WOLK zijn kaarten die visueel de wateroverlastlocaties en afwateringsrichtingen op maaiveldniveau weergeven (zie figuur 4.3). Deze kaarten zijn gecontroleerd aan de hand van film- en fotomateriaal en klachten van bewoners. De rode vlek links in figuur 4.3 is het overlastgevoelige gebied in het centrum van Egmond aan Zee.



Figuur 4.3 WOLK Egmond aan Zee met stroombanen situatie 2006 (links) en WOLK na maatregelen in 2013 (rechts).

#### *Realisatie maatregelen*

Enkele kleine voorzieningen (zoals de verkeersdrempels) hebben relatief weinig impact op de omgeving maar zijn snel en tegen relatief lage kosten aangelegd. Andere maatregelen kostten anderhalf jaar tijd om te realiseren, zoals de drie grote infiltratiebassins. Deze bassins zorgden tijdens de aanleg voor bouwoverlast (verkeer, geluid) gezien de werkzaamheden dicht bij de gevel plaatsvonden om de berging te optimaliseren.

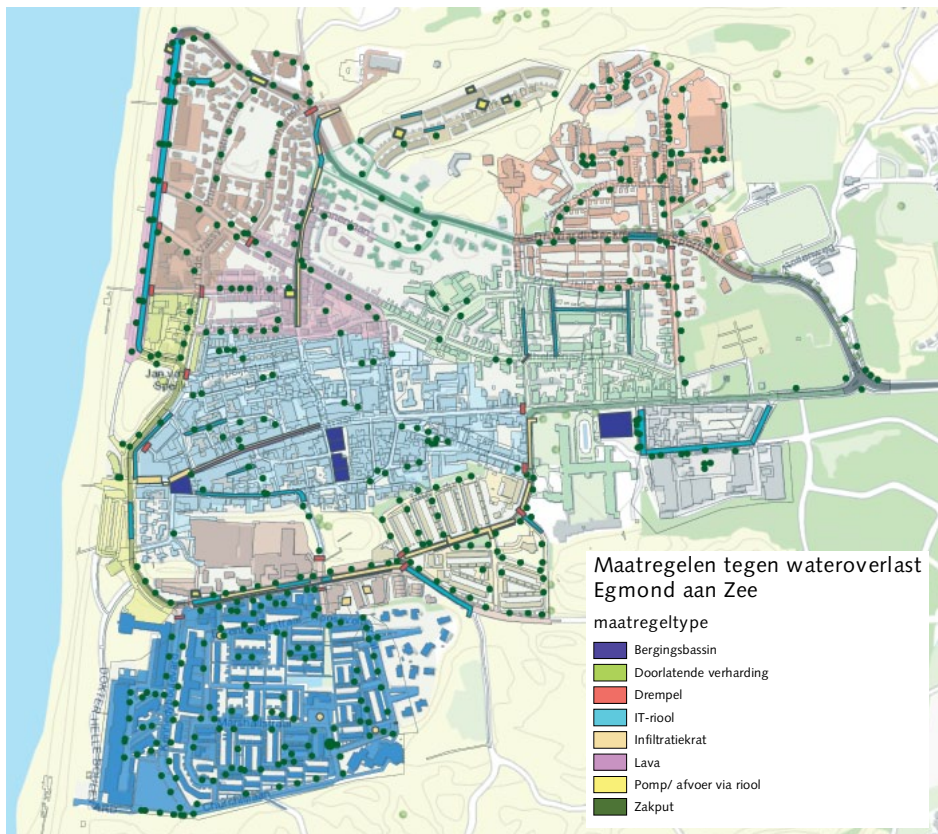
Figuur 4.4 laat de aanleg van de infiltratiebassins zien, figuur 4.5 geeft een overzicht van de diverse maatregelen in de afstromingsgebieden.

#### **4.4 Meet- en monitoringsprogramma**

Sinds de aanleg volgt de gemeente het functioneren van de hemelwatervoorzieningen in Egmond aan Zee. Hiervoor is een hoogwaardig meet- en monitoringsprogramma opgesteld. Jaarlijks krijgt de gemeente een overzicht van de geanalyseerde meetdata in een gemeentebrede meetrapportage die met alle betrokken partijen zoals het waterschap en provincie wordt besproken.



Figuur 4.4 Aanleg infiltratiebassins in het centrum.



Figuur 4.5 Kaart met waterbergende en infiltrerende maatregelen.

In relatie tot de hemelwaterafvoer meet de gemeente onder meer:

- Waterstanden in de volgende bergings/infiltratievoorzieningen:
  - Pompplein
  - Eymaplein
  - Prins Hedrikstichting
  - Krattenvelden Jullianastraat
  - Krattenvelden Zeeweg.
- Debieten in de strandpijp (noodoverloop).
- Het functioneren van zakputten en (verticale) infiltratieriolen.
- Het functioneren van waterdoorlatende verharding.

Ook ontvangt de gemeente neerslagdata via Hydronet (radar).

46 |

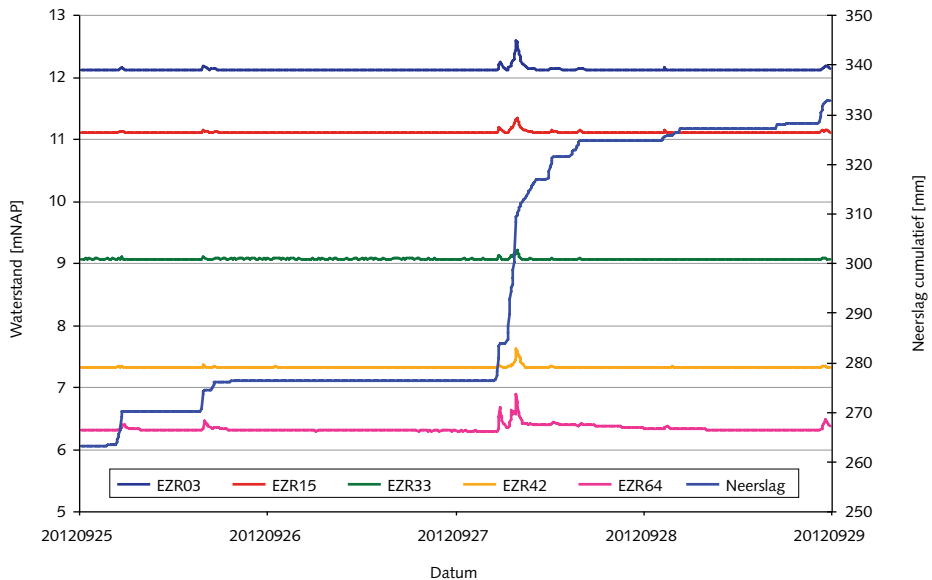
### *Twee meetvoorbeelden*

Ter illustratie volgen hier twee meetvoorbeelden:

- 1 Ondergrondse berging en infiltratie: infiltratiekratten aan de Zeeweg.
- 2 Bovengrondse berging en infiltratie: doorlatende verharding.

### *Ondergrondse berging en infiltratie: infiltratiekratten aan de Zeeweg*

Figuur 4.6 toont de relatie tussen neerslag, waterberging en infiltratie in de infiltratiekratten aan de Zeeweg. Vanwege het verval van de weg liggen de kratten op verschillende hoogten om het water vast te houden. Als een compartiment vol is, stroomt het



**Figuur 4.6** Gemeten cumulatieve neerslag en waterstanden in de kratten bij de Zeeweg, Admiraal de Ruijterweg en P.H. Straat op 27-9-2012.

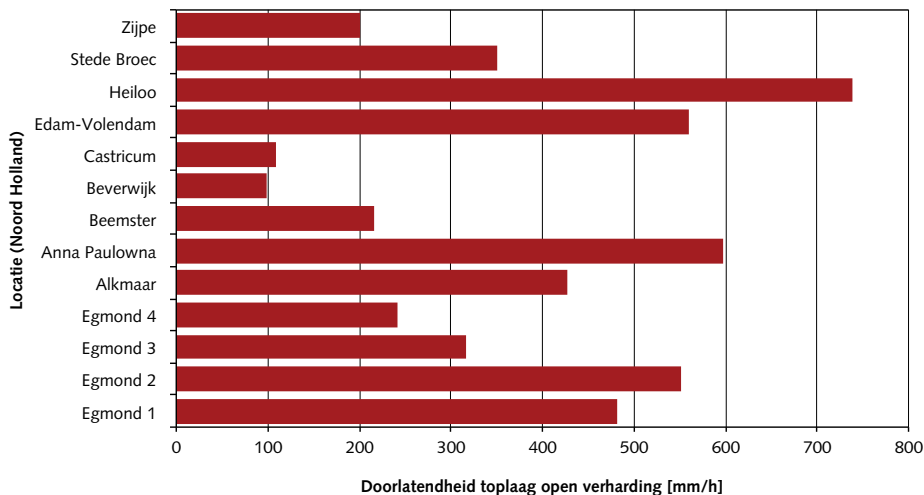
water naar een volgend lagergelegen compartiment over. Zo wordt zo veel mogelijk bergings- en infiltratiecapaciteit benut.

In de monitoringsperiode van figuur 4.6 is in enkele uren circa 50 mm regen gevallen. Te zien is dat de berging van de kratten zich na de start van de bui vult en het water vervolgens in bodem en grondwater infiltreert. De doorlatendheid van de bodem in Egmond aan Zee is redelijk hoog (gemiddeld enkele meters per dag), waardoor de berging van een krat van circa 40 cm hoog binnen enkele uren weer beschikbaar kan zijn.

#### *Bovengrondse berging en infiltratie: doorlatende verharding in Julianastraat*

Verkeersdrempels op verschillende wegen houden het water tegen, zodat het water niet naar laagliggende gebieden stroomt en voor overlast kan zorgen. Op enkele plekken is op deze wegen doorlatende verharding aangelegd. Hierdoor infiltreert het water door de nokken van de stenen. Onder de stenen ligt een granulaat dat meer water kan bergen en sneller kan infiltreren dan een reguliere weg met zandbed. In de Julianastraat meet de gemeente aan de doorlatende verharding en aan de traditionele verharding in de omgeving, om de meerwaarde van doorlatende verharding aan te tonen (zie figuur 4.7). Ter vergelijking zijn meerdere metingen naar de infiltratiecapaciteit van verhardingen weergegeven uit Noord Holland (Boogaard 2012). Alle metingen zijn verricht met de infiltrometer test.

| 47



**Figuur 4.7 Resultaten doorlatendheidsmeting toplaag doorlatende verharding Julianastraat op 14-11-2012.**

De metingen in figuur 4.7 zijn kort na aanleg van de voorzieningen gedaan. De overige metingen op andere locaties zijn verricht na enkele jaren functioneren. Bekend is dat de infiltratiecapaciteit van doorlatende verharding in de tijd afneemt doordat de voegen dichtslibben. Om de infiltratiecapaciteit van de doorlatende verharding op peil te houden, kan binnen enkele jaren onderhoud nodig zijn. De onderhoudstermijn is moeilijk te voorspellen. Hierbij wordt vaak na enkele jaren als er langdurig plassen op straat blijven staan, het split tussen de verharding uitgezogen en nieuw split ingeveegd.

#### *Testcase functioneren voorzieningen*

Op 14 augustus 2012 viel een hevige en zeer lokale regenbui die een goede testcase bleek om te zien hoe het hemelwaterstelsel op hoofdlijnen functioneert. De belangrijkste conclusies uit de analyse zijn:

- De neerslag was kortdurend, maar zeer hevig. Neerslaghoeveelheid en -intensiteit waren niet in het hele dorp gelijk.
- In het centrumgebied is geen wateroverlast opgetreden.
- Plaatselijk (in Jan Drik z'n Dal) stond langdurig water op straat maar er zijn voor zover bekend geen schademeldingen geweest..
- De krattenvelden in de Julianastraat en de Zeeweg hebben ruim voldoende bergingscapaciteit en het regenwater infiltreert snel (zie figuur 4.6).
- De bergings- en infiltratievoorzieningen Pompplein, Eymaplein en Prins Hendrikstichting hebben voldoende berging.
- Bij verschillende strandopgangen stroomde water uit het dorp het strand op. Maatregelen om afstroming naar het dorp te verhinderen, lijken hiermee te werken.

Op internet is veel foto- en filmmateriaal te vinden, zoals:

- [www.noordzeefotograaf.nl/wateroverlast-egmond.html](http://www.noordzeefotograaf.nl/wateroverlast-egmond.html)
- [www.youtube.com/watch?v=a4Eav2oWrnw](http://www.youtube.com/watch?v=a4Eav2oWrnw) (matig geluid)
- [www.youtube.com/watch?v=Ydd3fVMQJfw](http://www.youtube.com/watch?v=Ydd3fVMQJfw)
- [www.youtube.com/watch?v=TgXH3uHClPU](http://www.youtube.com/watch?v=TgXH3uHClPU)
- [www.youtube.com/watch?v=lB0KvjuQtzk](http://www.youtube.com/watch?v=lB0KvjuQtzk)
- [youtube.com/watch?v=8IHAtsiEeU](http://youtube.com/watch?v=8IHAtsiEeU)

Ook is op internet een radio-interview met de wethouder te beluisteren:

<http://bit.ly/1baLXLd>

#### 4.5 Resterende opgave anno 2013

Hoewel de gemeente Bergen al veel maatregelen in Egmond aan Zee heeft genomen, staat zij nog voor een opgave. Van de in het uitvoeringsprogramma geplande 33.960 m<sup>3</sup> berging moet zij nog 4.500 m<sup>3</sup> realiseren. Op basis van de metingen en analyses kan de gemeente nader bepalen hoe, waar en in welke omvang zij deze berging het best kan realiseren.

De opgave voor de gemeente in de nabije toekomst omvat dus:

- het creëren van de resterende berging;
- het monitoren en evalueren van de maatregelen;
- het onderhouden van de voorzieningen, zodat deze goed blijven functioneren.

| 49

#### Literatuur

Suds and flood mapping urban floods in Bergen from SKINT water series 1, sustainable urban water planning across boundaries. 2012, pg 56. ([http://www.skintwater.eu/documents/upload/SKINT\\_Waterseries\\_final.pdf](http://www.skintwater.eu/documents/upload/SKINT_Waterseries_final.pdf))

Boogaard F.C. Functioneren doorlatende verhardingen Noord Holland. 2012

Geldof G, Boogaard F Bürgerbeteiligung und Baumaßnahmen, Neue Denkansätze am Beispiel der Regenwasser bewirtschaftung in Egmond aan Zee (NL). fbr -wasserspiegel 4/13, 2013

## 5 Tholen

### *Bovengrondse maatregelen blijken robuuste, eenvoudige en goedkope aanpak van wateroverlast in Tholen*

De afgelopen jaren vielen in Tholen meerdere buien die resulteerden in wateroverlast en schade aan woningen en eigendommen. De gemeente heeft in 2009 al op diverse plekken een regenwaterriool aangelegd om het gemengde riool minder te belasten. Maar de neerslag in 2012 was zo hevig dat ook deze maatregelen wateroverlast en schade niet konden voorkomen. Na gesprekken met bewoners en aanvullend veldonderzoek bleek bij veel woningen de deurdorpel gelijk of lager te liggen dan het straatprofiel. Bovendien sloten verkeersdrempels het water op straat in, waardoor het de woningen binnenstroomde. Op basis van berekeningen in een 1D/2D-model zijn maatregelen in de bovengrondse inrichting bepaald en uitgevoerd. Nu stroomt het water bij hevige regen naar minder schadegevoelige locaties. Bovengrondse maatregelen zijn niet nieuw, maar blijken een robuuste, eenvoudige en goedkope aanpak om wateroverlast tegen te gaan.

#### **Inhoud**

- 5.1 Situatie kern Tholen
- 5.2 Oorzaken wateroverlast
- 5.3 Maatregelen
- 5.4 Nabeschouwing

#### **Auteur**

Daniël van Veen BEng (gemeente Tholen), [veen.d@tholen.nl](mailto:veen.d@tholen.nl)



## 5.1 Situatie kern Tholen

In de gemeente Tholen kwam wateroverlast tot ongeveer rond de eeuwwisseling maar sporadisch voor. Als wateroverlast (incidenteel) optrad, vergrootte de gemeente op die locaties vaak het riool, geheel volgens de algemene opvattingen van toen.

Terugkijkend met de kennis van nu, is in 2007 een omslag ingezet. In 2007, 2009, 2012 en 2013 zijn er per jaar meerdere buien gevallen die resulteerden in wateroverlast en schade aan woningen en eigendommen. Niet alleen treedt wateroverlast vaker op, ook de neerslagintensiteit lijkt sterk toegenomen. Hiervan getuigen de grote hoeveelheden water op straat en in de woningen, soms tot tientallen centimeters diep.



Figuur 5.1 Water op straat en in woningen na 50 mm neerslag in 1 uur in Venkelstraat (links) en Koningin Julianastraat (rechts).

In 2009 werd duidelijk dat een extra inspanning noodzakelijk was om de kans op schade te beperken. De gemeente heeft daarom in 2009 in diverse delen van de kern een regenwaterriool aangelegd om het gemengde riool minder te belasten. Maar de neerslag in 2012 was zo hevig dat ook deze maatregelen wateroverlast en schade niet konden voorkomen. Behalve in Tholen lijkt wateroverlast ook landelijk vaker op te treden en daarmee een maatschappelijk probleem te worden. De klimaatscenario's van het KNMI geven aan dat de situatie waarschijnlijk niet zal verbeteren. Om de risico's van en schade door wateroverlast in de toekomst te voorkomen, is allereerst inzicht in de oorzaken nodig.

## 5.2 Oorzaken wateroverlast

Om de oorzaken van de wateroverlast in Tholen vast te stellen, heeft de gemeente de volgende stappen uitgevoerd:

### *Neerslaggegevens*

Allereerst is de gemeente nagegaan hoe hard het bij de overlastsituaties werkelijk heeft geregend. Valt er inderdaad veel meer regen dan bij de normbui waarop de riolering is gedimensioneerd? En zo ja, is dat dan de oorzaak van de wateroverlast of ligt die elders?

Tabel 5.1 geeft de neerslaggegevens weer. Bui 08 is de normbui waarop het (gemengde) riool is ontworpen. Het totaalvolume van de gevallen buien is vastgesteld met amateur- en radargegevens.

**Tabel 5.1 Neerslaggegevens bij wateroverlastsituaties sinds 2007.**

|                  | Totaal volume en duur | Maximumhoeveelheid in korte duur |
|------------------|-----------------------|----------------------------------|
| <b>Bui 08</b>    | 19,8 mm in 1 uur      | 6,6 mm in 10 minuten             |
| <b>2007</b>      | 40 mm in 1 uur        | 14 mm in 15 minuten              |
| <b>2009</b>      | 50 mm in 1 uur        | 12 mm in 10 minuten              |
| <b>2012</b>      | 50 mm in 1 uur        | 40 mm in 20 minuten              |
| <b>2013 (2x)</b> | 30 mm in 40 minuten   | 11 mm in 10 minuten              |

52 |

Uit de tabel blijkt dat in 2009 ruim twee keer zo veel en in 2012 drie keer zo veel neerslag is gevallen dan dat het riool in theorie kan afvoeren zonder water op straat. Het water dat op straat bleef staan, stroomde af naar de lageregelegen overlastgebieden.

#### *Praktijkervaringen*

Naast de neerslaggegevens is het belangrijk te achterhalen waarom een water-op-sstraat-situatie tot schade heeft geleid. Daarom heeft de gemeente diverse bewonersavonden georganiseerd. Hierbij konden bewoners uitgebreid vertellen wat zij hadden ervaren en antwoord geven op vragen van de gemeente. Op haar beurt heeft de gemeente het functioneren van de riolering toegelicht en hoe dit in verhouding staat tot de gevallen neerslag. Vervolgens zijn per overlastlocatie mogelijke maatregelen besproken, die bewoners en/of gemeente kunnen uitvoeren. Beide partijen waardeerden deze avonden zeer. Op deze manier is het besef ontstaan dat gemeente én bewoners voor een gezamenlijke taak staan.

#### *Ruimtelijke inrichting*

Na de bewonersavonden heeft de gemeente onderzocht hoe het water bij hevige neerslag over de straten stroomt en hoe het de woningen kan binnenkomen. Hiervoor heeft zij hoogtemetingen gedaan van onder meer de dorpels, schrobputjes en straatprofielen. Zoals de bewoners al hadden aangegeven, blijkt dat bij veel woningen de deurdorpel gelijk of lager ligt dan het straatprofiel. Ook sluiten verkeersdrempels het water in, waardoor het de woningen binnenstroomt.

### Theorie

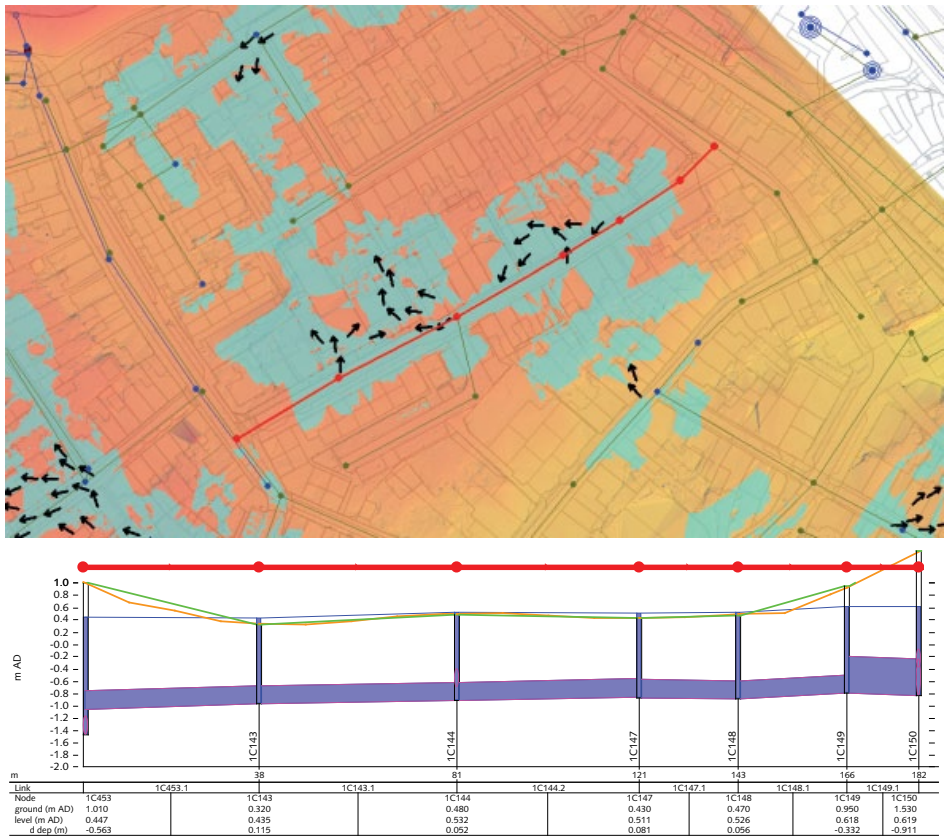
De riolering in Tholen is op basis van theoretische rekenmodellen ontworpen en getoetst. Om na te gaan of de praktijk overeenkomt met de theorie, zijn de neerslaggegevens en de hoogtemetingen ingevoerd in een hydraulisch rekenprogramma.

Voorheen gebeurde dit met een 1D-model, dat laat zien waar een riool (on)voldoende afvoercapaciteit heeft. De huidige 1D/2D rekenmodellen met gegevens van de Actuele Hoogtekaart Nederland (AHN2) laten ook zien waar het water bovengronds naartoe stroomt. In het rekenmodel is nog niet gerekend met inloop via de straatkolken omdat de benodigde informatie (nog) niet beschikbaar is.



Figuur 5.2 Doelweg, net na de bui uit 2012.

Op figuur 5.2 is de Doelweg te zien net na de bui uit 2012. Het waterniveau op straat ligt bij woning nummer 33 enkele centimeters boven het trottoir. Volgens de AHN2-hoogtekaart ligt het trottoir hier op NAP+ 0,46 m.



Figuur 5.3 Doorsnede Doelweg in 1D/2D-rekenmodel net na de piek in 2012.

Figuur 5.3 laat een doorsnede zien van de Doelweg in het 1D/2D-rekenmodel net na de pieksituatie. Het berekende waterniveau op straat in het rekenmodel is NAP+ 0,51 m. Uit de foto en het rekenmodel is op te maken dat het berekende waterpeil en de praktijk redelijkerwijs overeenkomen.

Deze toetsing is op meerdere overlastlocaties uitgevoerd, waarbij de berekende water-niveaus op straat zeer goed overeenkwamen met de bewonersverklaringen. Hieruit concludeert de gemeente dat het rekenmodel de praktijk heel goed benadert en dat het riool functioneert zoals het hoort. Dit betekent dat de gemeente het rekenmodel als controletool kan gebruiken om beoogde maatregelen te toetsen.

Uit de hydraulische 1D/2D-toetsing is vooral duidelijk geworden dat overlast optreedt in gebieden waar de woningen (door zetting) gelijk of lager liggen dan het straatniveau. De aangelegde verkeersdrempels op de weg fungeren als kleine dijken, met als gevolg nog

meer opstuwing. Als het harder regent dan bij normbui 08, kan de riolering het water niet volledig afvoeren. Het water kan niet weg, waardoor het waterniveau op straat stijgt en het water uiteindelijk naar lagergelegen locaties stroomt. Met name in de Koningin Julianastraat, Molenvlietsestraat en de Jan van Bloisstraat is dit duidelijk zichtbaar.

### 5.3 Maatregelen

Bij het bepalen van de maatregelen heeft de gemeente het idee losgelaten dat de riolering alle neerslag moet afvoeren. Het op grote schaal vergroten van het riool is niet doelmatig en biedt geen robuuste oplossing voor de toekomst. De afvoercapaciteit van een groter riool blijft beperkt, waardoor grotere buien in de toekomst weer voor wateroverlast kunnen zorgen.

| 55

De oplossing ligt in de bovengrondse ruimte. Met de juiste inrichting kan het extra water bovengronds naar minder schadegevoelige gebieden afstromen. Met deze maatregel in gedachte gaat de gemeente nu na of het volledig bovengronds afkoppelen van (nieuwbouw)wijken haalbaar is.

#### *Jan de Bloisstraat*

De gemeente Tholen heeft voor elke overlastlocatie afzonderlijk bekeken hoe de openbare ruimte het regenwater daar kan verwerken. In figuur 5.4 ziet u de Jan van Bloisstraat, waar het verkeersplateau hoger ligt dan de voortuinen en dorpels van de woningen. Bij hevige neerslag staat hier water op straat. Het verkeersplateau houdt het water in de straat tegen, waardoor het water de woningen binnenstroomt. Om dit te voorkomen, heeft de gemeente het verkeersplateau en het voetpad verlaagd (zie figuur 5.5). Nu kan het water bovengronds naar een lagergelegen groot plein stromen, dat het water tijdelijk bergt.



Figuur 5.4 Verkeersplateau houdt water op straat tegen.

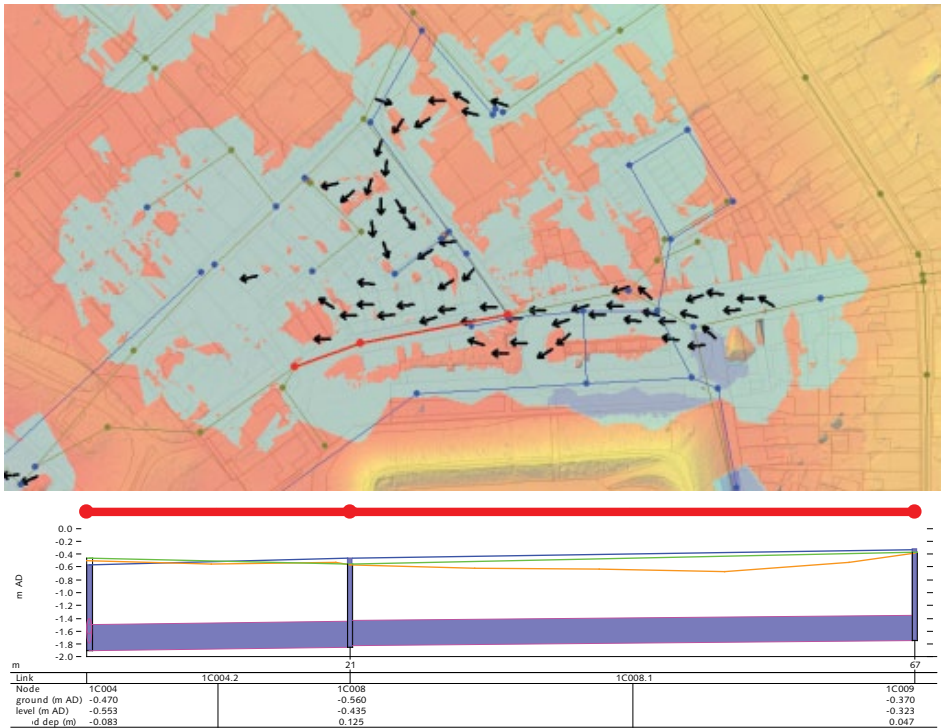


Figuur 5.5 Via verlaagd verkeersplateau stroomt water naar minder schadegevoelige locatie.

56 |

*Bosstraat*

In de binnenstad is de Bosstraat de laagstgelegen straat. Bij extreme neerslag stroomt het water via de andere straten naar de Bosstraat, waar het zich verzamelt en de woningen binnenstroomt. Figuur 5.6 geeft de bovengrondse afvoerroute grafisch weer in het Infoworks 2D-model.



Figuur 5.6 Modelleren in 2D: afvoerroute van water op straat in de Bosstraat.





Figuur 5.7 Locatie Bosstraat met laaggelegen woningen.



Figuur 5.8 Berging in een groenvoorziening (in aanleg).

Om de wateroverlast in de Bosstraat te voorkomen, heeft de gemeente berging in de groenvoorziening aangelegd met een afvoer naar het hemelwaterriool. Daarnaast heeft zij de wegverharding aangepast, zodat het water van de woningen af naar de berging stroomt.

#### *Overige aanpassingen*

Naast de genoemde maatregelen in de Jan van Bloisstraat en de Bosstraat heeft de gemeente op enkele andere locaties aanpassingen aan de openbare ruimte gedaan. Gebleken is dat deze bovengrondse maatregelen robuust zijn (mits goed aangelegd werken ze altijd) en goedkoper te realiseren dan aanpassingen aan het riool.

### **5.4 Nabeschouwing**

58 |

Als we naar het totaalplaatje van Tholen kijken, kunnen we eigenlijk concluderen dat niet de hoeveelheid neerslag maar vooral de bovengrondse inrichting de oorzaak van wateroverlast en schade is. Als woningen lager liggen dan de straat, is dat vragen om problemen. Toch leggen gemeenten na renovatie de wegverharding vaak weer in originele staat en niveau aan, terwijl de woningen blijven zakken door zetting.

Projectontwikkelaars hanteren bij nieuwbouw vaak een klein niveauverschil tussen woningen en straat in verband met de kosten. Maar dit beperkt de buffercapaciteit op straat. Hierdoor zit de gemeente jaren later bij een wateroverlastsituatie met een probleem. Voor verkeersdrempels geldt hetzelfde. Ze dienen een verkeerstechnisch doel, maar zorgen er ook voor dat bij hevige regen het water op straat niet weg kan. Om dergelijke situaties te voorkomen, is het belangrijk in een vroegtijdig stadium samen te werken met collega's van Ruimtelijke Ontwikkeling en projectontwikkelaars. Zoek ze op en vertel dat de inrichting van de bovengrond van belang is om wateroverlast op langere termijn en op een robuuste manier te voorkomen.



## 6 Helmond

### *‘Watervelden’ in Helmond: met afkoppelen anticiperen op regenwateroverlast*

Rond de eeuwwisseling was het gemengde rioolstelsel in de Luchtvaartbuurt van Helmond toe aan vervanging. Daarnaast kon de openbare ruimte in de wijk wel een facelift gebruiken. In het waterbeleid van de gemeente waren het vasthouden en zichtbaar maken van schoon water belangrijke uitgangspunten. Daarom besloot zij een gescheiden riool aan te leggen en het schone regenwater (deels via infiltratieriolen) naar meerdere speelvelden af te voeren. Het systeem functioneert nu ruim 13 jaar naar tevredenheid. De velden staan zo'n vijf à tien keer per jaar enige uren onder water, met plassen van 10 tot 20 cm diep. Een enkele keer zijn de plassen 50 cm diep, dan zijn de velden na twee dagen weer droog. Van wateroverlast is tot nu toe geen sprake. Met afkoppelen naar ruime groenvoorzieningen is extra buffercapaciteit voor regenwater gerealiseerd, een eenvoudige maatregel om regenwateroverlast rond woningen te voorkomen.

#### **Inhoud**

6.1 Aanleiding en doel

6.2 Ontwerp en aanleg maatregelen

6.3 Ervaringen met maatregelen

#### **Auteurs**

ing. Frank Ramaekers (gemeente Helmond), [f.ramaekers@helmond.nl](mailto:f.ramaekers@helmond.nl)

ing. Albert van Empel (gemeente Helmond), [a.van.empel@helmond.nl](mailto:a.van.empel@helmond.nl)

ir. Nina ter Linde (gemeente Helmond), [n.ter.linde@helmond.nl](mailto:n.ter.linde@helmond.nl)

## 6.1 Aanleiding en doel

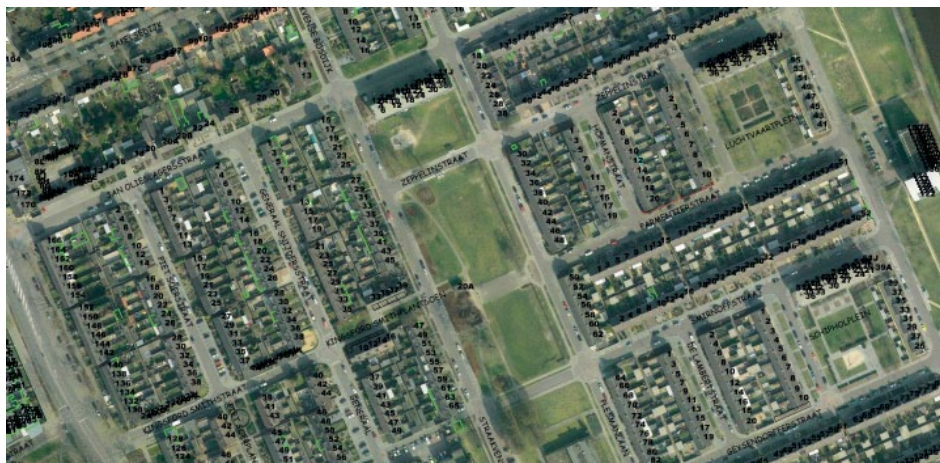
In de jaren 50 werd Helmond aan de oostkant uitgebreid met de wijk Luchtvaartbuurt. Naar goed gebruik in die tijd legde de gemeente daar een gemengd rioolstelsel aan. Bij hevige regen stortte het teveel aan water over in het riviertje De Aa.

De wijk is vrij ruim van opzet met een recht stratenpatroon en huizenblokken met voornamelijk rijtjeshuizen (zie figuren 6.1 en 6.2). In de wijk liggen vrij grote gebieden met openbaar groen, die als speelveldjes fungeren (zie figuur 6.3).

60 |



Figuur 6.1 GBK-overzichtskaart Luchtvaartbuurt.



Figuur 6.2 Luchtfoto van de Luchtvaartbuurt (2013).



Figuur 6.3 Speelveldje in de Luchtvaartbuurt.

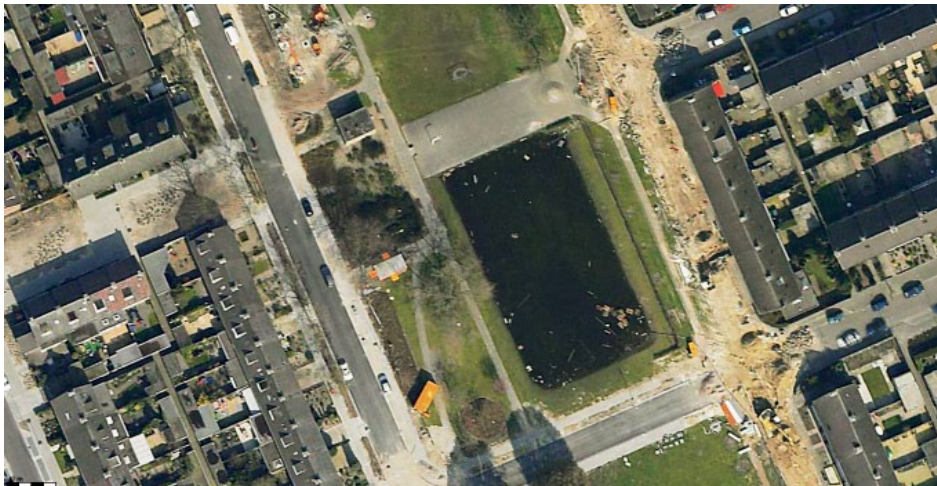
Rond 2000 was de riolering in de wijk aan vervanging toe en de openbare ruimte aan een facelift. In die periode stelde de gemeente ook haar eerste Waterplan op. Belangrijke uitgangspunten hierbij waren het vasthouden en zichtbaar maken van schoon water. De vraag was hoe de gemeente dit beleid zou kunnen vertalen naar een concreet project. Zij besloot het gemengde stelsel te vervangen door een gescheiden stelsel en het schone regenwater, deels via infiltratieriolen, naar de speelvelden af te voeren.

In gebieden die zich daarvoor lenen, is een dergelijke aanpak tegenwoordig gemeengoed. Maar eind jaren negentig van de vorige eeuw was het een volledig nieuwe kijk op het omgaan met regenwater. De gemeente zag dit project dan ook

| 61

als een 'pilot', een probeersel om te kijken of deze oplossing zou kunnen werken. Daarom is geen uitvoerige afweging gemaakt of afkoppelen in deze situatie doelmatig was. Het leereffect was belangrijker. Bovendien was het vraagstuk van regenwateroverlast destijds geen 'hot item'.

Bij het systeemontwerp was veiligheid niet echt een item. Een speelveld waarop tijdens en na een regenbui een laagje water staat, is ongevaarlijk. Ook als er meer water op



Figuur 6.4 Luchtfoto aanleg gescheiden riool.

staat, nodigt het de jeugd niet uit. Ongedierteoverlast zou door de toegankelijkheid van de riolen een item kunnen worden. Vooraf zijn bodem en de kwaliteit van ondiep grondwater getest. De doorlatendheid op 0,5 tot 1,5 m onder maaiveld is 1,5 m/d. Het grondwater staat circa 2 m onder maaiveld. De ondergrond is dus al goed doorlatend.

## 6.2 Ontwerp en aanleg maatregelen

Het project is tussen 2000 en 2005 in fasen uitgevoerd. De voorkanten van de woningen en de openbare verharding in de wijk zijn afgekoppeld. De achterkanten van de huizen zijn aangesloten op het vuilwaterriool. Het was te kostbaar en te ingrijpend om deze ook af te koppelen.

62 |

Om het regenwater te kunnen bergen, zijn infiltratieriolen aangelegd en de bestaande speelvelden met circa 50 cm verlaagd. Hierbij is de teelaarde weggehaald, waarna een laag van de ondergrond is afgehaald. Daarna is de teelaarde teruggebracht en met normaal gras ingezaaid.

### *Systeemgegevens*

Het stelsel is in absolute zin gescheiden. Dit betekent dat al het regenwater dat is aangesloten op het regenwaterriool, uiteindelijk infiltreert in de bodem. Bij hevige neerslag komt een groot deel van het regenwater via een overstort/uitstroomconstructie in de speelvelden terecht en infiltreert via de velden in de bodem. Bij weinig neerslag blijft het regenwater in de infiltratieriolen en komt het niet op de speelvelden terecht. Het infiltreert dan vanuit de riolen in de ondergrond.

Op de speelvelden is circa 3.700 m<sup>2</sup> bodemoppervlak beschikbaar, dat zo'n 1.850 m<sup>3</sup> regenwater kan bergen. Het hele systeem, de velden en infiltratieriolen verwerkt de regen van ongeveer 12 ha verhard oppervlak (netto). Het regenwaterstelsel kan zo'n 5 mm neerslag bergen, de velden ongeveer 15-20 mm.

De bestaande ruimte was bepalend voor de hoeveelheid berging. In het bestemmingsplan waren groen- en waterfuncties al gecombineerd, dus een planologische wijziging was niet nodig: de velden diende functioneel gezien nog verlaagd te worden.

### *Grondwaterbeschermingsgebied*

Extra aandachtspunt was het feit dat de speelvelden in een grondwaterbeschermingsgebied liggen. Daarom was voor regenwaterinfiltratie in de speelvelden een vergunning nodig. Deze heeft de provincie afgegeven: als voorwaarde moest de gemeente wel een systeem inrichten om de kwaliteit van de bodem en het ondiepe grondwater te monitoren.





Figuur 6.5 Speeltuin met verlaagd speelveld.

#### *Communicatie met bewoners*

Tijdens de aanleg van het systeem hebben we informatiebijeenkomsten voor omwonenden gehouden. Verder is geen apart communicatietraject opgezet om deze afwijkende aanpak nog extra over het voetlicht te brengen. We hebben mensen ook niet verboden hun auto's op straat te wassen of hen verplicht zinken dakgoten te vervangen. De inschatting was dat dit veel inspanning zou kosten en voor de waterkwaliteit weinig zou

opleveren. Op basis van de meetgegevens van bodem en grondwater lijkt deze conclusie voor deze specifieke situatie gerechtvaardigd (zie ook paragraaf 6.3).

| 63

### **6.3 Ervaringen met maatregelen**

Het systeem functioneert nu ruim 13 jaar naar tevredenheid, er zijn geen klachten van bewoners. In de praktijk staan de velden zo'n vijf à tien keer per jaar enige uren onder



Figuur 6.6 Speelveld in gebruik voor waterberging.

water, met een waterdiepte van 10 tot 20 cm. Twee à drie keer per jaar zijn de velden met een waterdiepte tot 50 cm gevuld. Dan duurt het zo'n twee dagen voordat ze weer droog zijn.



Figuur 6.7 Rooster bij uitstroomconstructie is lastig te reinigen.

De speelvelden hebben met 22 maaibeurten per jaar een intensief maaiprogramma. Om het gras in goede conditie te houden en dichtslaan te voorkomen, wordt het veld elke drie à vier jaar geverticuteerd. Het beheer is qua manuren en kosten wel intensiever dan dat van andere trapveldjes in Helmond. Dat komt omdat de infiltratievelden vaker schoongemaakt moeten worden. Bovendien zijn de roosters bij de uitstroomconstructies lastig te reinigen. Vuil van de straat zit tussen de uitstroomput en het aan de buitenzijde schuin gemonteerde rooster in (zie figuur 6.7).

Op basis van meldingen en gegevens van de ongediertebestrijding heeft de Luchtvaartbuurt niet meer of minder last van ongedierte dan andere wijken. Uit de meetgegevens van bodem en ondiep grondwater blijkt dat de regenwaterinfiltratie de kwaliteit niet significant beïnvloedt. In elk geval is geen sprake van verslechtering.

Vóór het afkoppelen was niet bekend of de wijk problemen had met regenwateroverlast. Ook nu constateren we geen wateroverlast. Het is dus lastig om een conclusie te trekken of de maatregel ook voor wateroverlast gunstig heeft gewerkt. De verwachting is, dat het ook hierop een positief effect heeft en eventuele regenwateroverlast, voor zover al aanwezig, verder zal verminderen. Dus we kunnen concluderen dat vanuit het oogpunt van regenwateroverlast dat het sowieso een no-regret-maatregel is geweest. Met afkoppelen naar ruime groenvoorzieningen is extra buffercapaciteit voor regenwater gerealiseerd, een eenvoudige maatregel om regenwateroverlast rond woningen te voorkomen.



**Figuur 6.8** Uitstroom bij flatgebouw.

## 7 Heuvelrug (Leersum)

### *Trapsgewijze opvang en infiltratie van regenwater in hellend Leersum*

In 2005, 2006 en 2007 leidden extreme buien in het hellende dorp Leersum tot zware wateroverlast in onder meer woningen, winkels en de kerk. Hierop besloot de gemeente Utrechtse Heuvelrug de wateroverlast in Leersum structureel aan te pakken. Na onderzoek en analyses door advies- en ingenieursbureaus DHV, Copier en Grontmij heeft de gemeente diverse grote en kleine voorzieningen aangelegd om het water trapsgewijs op te vangen en te laten infiltreren in de bodem. Hierover leest u in dit artikel. Daarbij ligt de nadruk op de ontwerpuitgangspunten, de modelberekeningen, de dimensionering van de voorzieningen, de metingen aan het nieuwe bergings- en infiltratiesysteem en de overdracht van realisatie naar beheer.

#### **Inhoud**

- 7.1 Situatieschets
- 7.2 Aanpak
- 7.3 Maatregelen
- 7.4 Metingen
- 7.5 Ervaringen met maatregelen
- 7.6 Overdracht naar beheerders
- 7.7 Nabeschouwing

#### **Auteurs**

ing. Harm Middelburg (Copier Advies), [h.middelburg@copiergroep.nl](mailto:h.middelburg@copiergroep.nl)  
ing. Gert Lemmen (Grontmij), [gert.lemmen@grontmij.nl](mailto:gert.lemmen@grontmij.nl)

#### **Contact gemeente**

Kees van Zutphen (gemeente Heuvelrug), [kees.van.zutphen@heuvelrug.nl](mailto:kees.van.zutphen@heuvelrug.nl)



## 7.1 Situatieschets

De gemeente Utrechtse Heuvelrug bestaat uit zeven dorpen: Amerongen, Doorn, Driebergen-Rijsenburg, Leersum, Maarn, Maarsbergen en Overberg. Leersum ligt aan de voet en tegen de helling van de Utrechtse Heuvelrug. In het dorp is sprake van een hoogteverschil van 25 meter. Bij hevige regen stroomt veel water via de straat naar het lagergelegen gebied in het centrum, onder andere bij de rotonde op de Rijksstraatweg.

In 2005, 2006 en 2007 heeft Leersum te maken gehad met zeer hevige buien met als gevolg zware wateroverlast. Daarbij ging het om:

- water in woning, garage en kelder met schade aan inboedel, archieven en auto's;
- water in kerk met schade aan inboedel, vloeren en wanden;
- water op de begraafplaats met uitspoeling van graven en modder op grafstenen;
- water in winkels met schade aan een monumentaal pand en de voorraad van een wijnhandel;
- rioolwater op straat, putdeksels van hun plaats;
- rioolwater in huis door de wc-pot omhoog;
- verkeersstremmingen door lokaal 40 cm water op straat.

De totale schade bedroeg meer dan een miljoen euro.

Hierop besloot de gemeente om de regenwateroverlast structureel aan te pakken.

## 7.2 Aanpak

Bij aanvang van het project heeft de gemeente de adviesbureaus DHV en Copier gevraagd meerdere oplossingsrichtingen te onderzoeken, zoals het vergroten van de afvoercapaciteit van de riolering en het opvangen (bergen) en infiltreren van regenwater. Omdat de voormalige gemeente Leersum al op grote schaal had afgekoppeld, heeft Utrechtse Heuvelrug gekozen voor het bergen en infiltreren van de extreme regenbuien.

Vervolgens zijn de maatregelen in kaart gebracht die nodig zijn om de wateroverlast vanuit riolering, oppervlaktewater en grondwater te voorkomen. Bij dat onderzoek zijn de volgende analyses uitgevoerd:

- 1D-rioleringsberekeningen T=2 en T=10;
- oppervlaktewaterkwantiteitsberekeningen;
- effect afkoppelen op grondwaterstanden.

Grontmij is gevraagd om de wateroverlast vanuit riolering, oppervlaktewater en grondwater in kaart te brengen, met WODAN-2D-berekeningen voor een bui van 70 mm in een uur.

### WODAN-2D

WODAN-2D is ontwikkeld door Grontmij en simuleert de afstroming van water over het maaiveld. Het model gebruikt de hoogtegrid van het Actueel Hoogtebestand Nederland (AHN). De grid wordt gedurende een bepaalde periode belast met neerslag. Het model berekent per tijdstap en per gridcel de uitwisseling met de acht aangelegene gridcellen met een vereenvoudigde stromingsformule. Naast het hoogtemodel wordt een laag toegevoegd waarmee de effecten van het verhardingstype zijn mee te nemen, bijvoorbeeld de infiltratiecapaciteit bij niet-verharde oppervlakken.

Het model geeft als resultaat de waterdiepten op straat in de eindsituatie, als het water naar de lagere delen is gestroomd. Daarnaast geeft het model door de dynamische afstroming ook inzicht in de routes die het afstromende water volgt en globaal in de waterhoeveelheden op straat tijdens het afstromen. Met het model zijn grote gebieden in een relatief korte tijd door te rekenen.

Op basis van de WODAN analyse is gekozen om de bovengrondse afvoerroutes van het regenwater te beïnvloeden (zie figuur 7.1). In de figuur geeft de kleur per gridcel de hoeveelheid langsgestroomd water aan.



Figuur 7.1 WODAN-analyse: voorstel beïnvloeding bovengrondse afvoerroutes (Bron: Grontmij).

Vanuit de gemeente waren medewerkers van riolering, groen, wegen, stedenbouw en ruimtelijke ordening betrokken bij de uitwerking van maatregelen. In een aantal werksessies zijn knelpunten besproken en is gezocht naar te nemen maatregelen die tot afstemming van sectoren en verbetering van knelpunten kunnen leiden. Duidelijk werd dat oude oppervlakkige afstroomroutes die er vóór de bebouwing al waren nog steeds zichtbaar zijn in het gebied. Op locaties waar daarmee met de inrichting geen rekening is gehouden, kan wateroverlast ontstaan.

### 7.3 Maatregelen

Het maatregelenpakket waarvoor de gemeente uiteindelijk heeft gekozen, bestaat uit:

- ø1800 mm op 3 locaties (totaal 250 m<sup>1</sup>), ø2000 mm PE op 1 locatie (72 m<sup>1</sup>), ø2000 mm beton op 1 locatie (25 m<sup>1</sup>) infiltratieriolen ø1800 mm en ø2000 mm (PE-infiltratiebuizen, omstort met split 16/32 mm), systemen in inhoud variërend van 200 tot ruim 800 m<sup>3</sup>;
- 3 infiltratievelden, in inhoud variërend van 20 tot ruim 400 m<sup>3</sup>;
- 1 infiltratievijver van 57 m<sup>3</sup>;
- 1 goot van 1,2 x 0,55 m<sup>1</sup> als verbinding naar sloot in buitengebied;
- kleine overloopvoorzieningen;
- voor afvoer over straat en inloop in voorzieningen:
  - extra roosters in de weg;
  - aangepaste hoogteontwerpen wegen en kruisingen;
  - robuuste 3D-opvangputten.

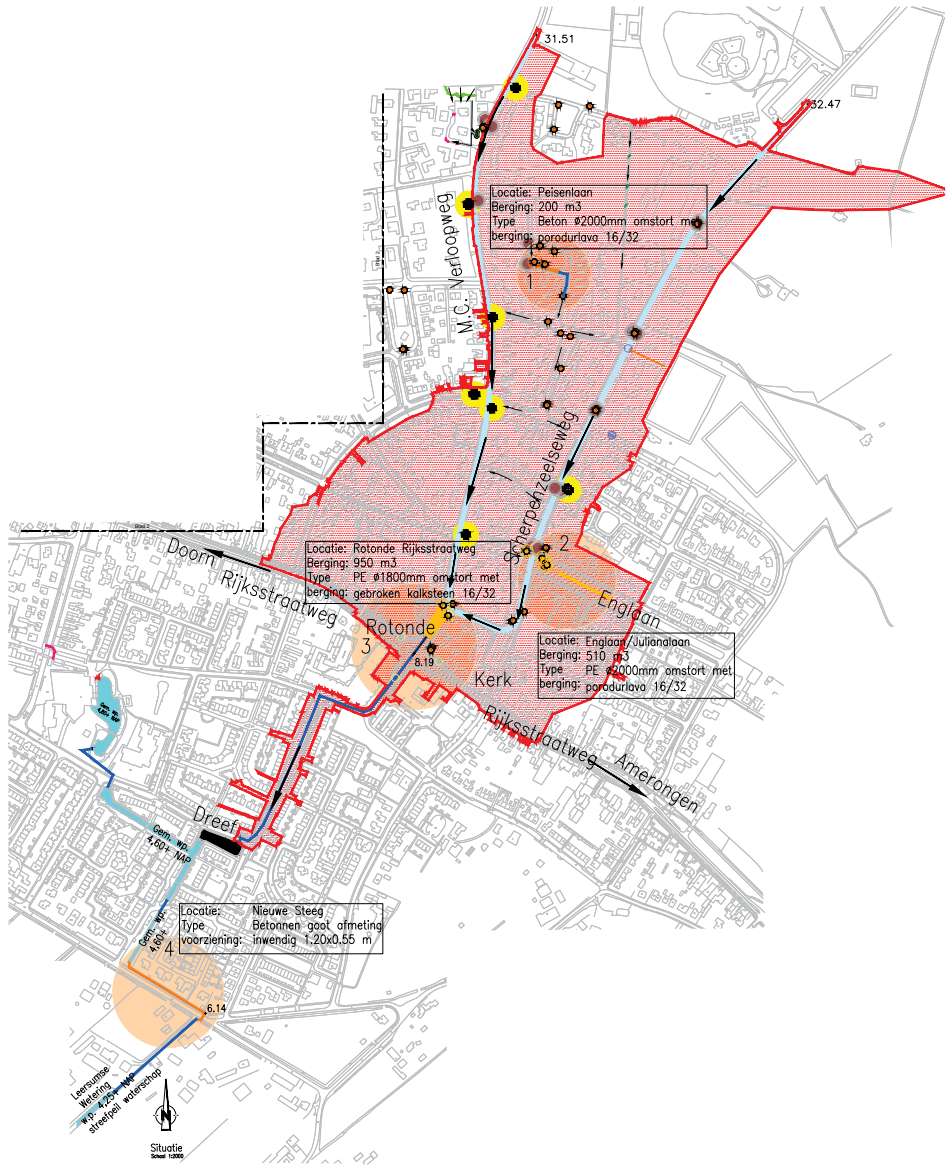
| 69

In figuur 7.2 ziet u het totale systeem dat de wateroverlast in Leersum tegengaat.

#### *Waterstroom van hoog naar laag*

De verschillende voorzieningen zijn van boven naar beneden (vanaf de Utrechtse Heuvelrug) aangelegd. Hiervoor is gekozen omdat de oorspronkelijke voorzieningen niet optimaal werkten en al snel overliepen. Bij meer dan gemiddelde regenbuien ontstond hierdoor een grote waterstroom. Om schade en uitspoeling te voorkomen, moet het dorp deze waterstroom trapsgewijs opvangen.

De infiltratieriolen en -velden heeft de gemeente op strategische plaatsen aangelegd. In figuur 7.3 ziet u de aanleg van een infiltratieriool en de infiltratievijver.



Figuur 7.2 Overzicht werking totaalsysteem voor afstromingsgebied rotonde Leersum.



Figuur 7.3 Aanleg PE-infiltratiebuizen  $\varnothing$  1.800 mm (links) en infiltratievijver (rechts).

De meeste voorzieningen zijn gerealiseerd in het hogergelegen deel van Leersum, waar de grondwaterstand dieper dan 5 m onder maaiveld ligt. De k-waarden (doorlatendheid van de bodem) bij deze hogergelegen voorzieningen liggen tussen 17 en 20 m/dag. Bij de laagst gelegen voorziening staat het grondwater 3,1 m onder maaiveld en is de gemeten k-waarde tussen 7 en 10 m/dag.

| 71

De overloop van de laagst gelegen voorziening is aangesloten op het vijversysteem in Leersum. De vijvers staan via een duiker in verbinding met de waterschapssloot in het buitengebied. Het watersysteem (open water) is doorgerekend voor de bui  $T=100$ . Hierbij is enige overstroming acceptabel, maar er mag geen water in woningen komen. Deze berekeningen zijn uitgevoerd conform de Europese richtlijn voor overstromingsrisico's. Om aan de norm te kunnen voldoen, is een extra verbindingsgoot aangelegd tussen het vijversysteem en de sloot. Als bij extreme neerslag het peil van de vijvers te veel stijgt, zorgt deze goot voor extra afvoercapaciteit naar het buitengebied (zie figuur 7.4).



Figuur 7.4 Aanleg goot onder het trottoir (links) en instroom goot vanuit vijvers boven reguliere duiker (rechts).

De verbindingsgoot gaat pas functioneren bij buien zwaarder dan  $T=10$ . Tot en met deze bui wordt de afvoer naar het oppervlaktewater beperkt tot 1,5 l/s/ha. In eerste instantie wordt het water zo veel mogelijk vastgehouden. Alleen als gevaar voor wateroverlast dreigt, wordt het water versneld afgevoerd. Om dit te realiseren, is de bestaande duikerverbinding in stand gehouden en de instroom van de verbindingsgoot een halve meter boven de normale waterspiegel gesitueerd. Het instroompeil van de goot is berekend op basis van de benodigde berging bij een maximale afstroming van 1,5 l/s/ha naar de sloot tot en met  $T=10$ .

#### **Dimensionering laagst gelegen voorziening**

De uitgangspunten voor de dimensionering van de voorziening bij de rotonde waren:

- De bodem van de voorziening slibt dicht.
- Afstroming vindt plaats vanaf verhard én onverhard terrein.
- Volledige oppervlakte binnen 'afstromingsgebied' wordt meegerekend.
- In het afstromingsgebied was al op kleine schaal afgekoppeld.
- De aanwezige (te kleine) voorzieningen worden gehandhaafd en uitgebreid met benodigde extra voorzieningen.
- Op onverhard terrein infiltreert de eerste 15 mm ter plaatse.

De afkadering van het afstromingsgebied is bepaald op basis van de AHN, aangevuld met ingemeten hoogten.

Net als de andere infiltratievoorzieningen is deze voorziening gedimensioneerd op bui09 van de Leidraad riolering, met een theoretische herhalingstijd van 5 jaar. De keuze voor deze ontwerpbui is in nauw overleg met de politiek gemaakt. Er is gerekend met een infiltratiedebiet dat onder meer afhankelijk is van de vuling van de voorziening. De ledigingstijd van maximaal 24 uur is bepaald met als uitgangspunt dat de bodem dichtgeslibd is.

#### *Afvoer via de straat*

Naast de aanleg van de grote(re) infiltratievoorzieningen heeft de gemeente aanpassingen gedaan om het water van de hellende wegen op te vangen en in de voorzieningen te leiden. Zo heeft zij in de weg extra roosters geplaatst, hoogteontwerpen van wegen en kruisingen aangepast en robuuste 3D-opvangputten aangelegd (zie figuur 7.5).





Figuur 7.5 3D-opvangput met horizontaal en verticaal rooster (links) en standaardroosterput (rechts).

| 73

## 7.4 Metingen

In de laagst gelegen voorziening (bij de rotonde) heeft de gemeente ook een meetopstelling aangebracht. Deze geeft via een openbare opstelling (meetzuil) informatie over de waterstanden in onder andere de infiltratievoorziening.



Figuur 7.6 Weergave meetgegevens voor bewoners.

De meetzuil (figuur 7.6) toont het niveau van de infiltratievoorziening (buffer), het niveau in een van de ontvangstputten (zakput) en de grondwaterstand. Hierdoor zijn deze gegevens zichtbaar voor voorbijgangers en omwonenden. Daarnaast wordt ter plekke de neerslag gemeten en de werking van overstort van de infiltratievoorziening.



Figure 1 is a combined bar and line chart showing precipitation (Neerslag) and water level (Waterstand zakput) over time. The x-axis represents time from 20:30 to 23:00. The left y-axis represents precipitation in mm/5 min (0 to 20, inverted). The right y-axis represents water level in meters (0 to 3). Precipitation is shown as blue bars, and water level is shown as a blue line. The water level rises sharply during the precipitation event, peaking around 21:15.

**Figuur 7.8 Meetgegevens bui 28 juni 2011 in Leersum.**

Met het meetsysteem kan de gemeente de theoretische uitgangspunten van het ontwerp toetsen. De donkerblauwe lijn in figuur 7.8 geeft de vulling weer van een van de ontangstputten tijdens de bui van 28 juni 2011 (in meters). Deze bui is vergelijkbaar met bui09 uit de Leidraad riolering, module C2100.



De maximale grondwaterstijging door infiltratie van de grote hoeveelheid water tijdens deze extreme bui werd om 23:30 uur gemeten en bedroeg 6 cm. De volgende ochtend om 09:00 uur stond het grondwater weer op het peil van voor de bui. De grondwaterstandmeting vindt naast het infiltratiesysteem plaats op 10 meter afstand.

Aan de afvlakking van de blauwe lijn is te zien dat de zakput gedurende circa 15 minuten heeft overgestort naar de infiltratievoorziening. De grondverbetering rond de zakput staat in verbinding met die van de voorziening, waardoor veel water via de grondverbetering naar de voorziening kan afvoeren. Vanuit de meetgegevens is te concluderen dat de uitgangspunten voor het ontwerp een zeer grote veiligheidsmarge bevatten.

De voorziening werkt in de praktijk veel beter dan verwacht, omdat:

| 75

- Voor de dimensionering is aangenomen dat de bodem is dichtgeslibt, maar in de praktijk is dat in een net aangelegde voorziening (nog) niet het geval.
- Bij de dimensionering rekening is gehouden met afstroming vanaf het volledige onverharde terrein binnen het afstromingsgebied. Dat wil zeggen: het gehele oppervlak aan voortuinen, achtertuinen, bermen, bosgebied, onverharde paden en overige onverharde terreinen binnen het afstromingsgebied (maar niet de volledige omvang van de bui, want uitgangspunt was dat de eerste 15 mm ter plekke infiltreert). Dit is achteraf gezien een zeer veilige aanname.
- De bovenstroomsgelegen voorzieningen mogelijk beter werken dan verwacht.

Door lokale barrières zal niet het gehele onverharde terrein binnen het afstromingsgebied tot afstroming komen. De hoeveelheid neerslag die ter plekke infiltreert, is afhankelijk van vele factoren. Denk aan de soort vegetatie, de opbouw van de bui, de mate van helling van het terrein en de vochtigheid (of droogte) van de ondergrond bij aanvang van de bui. Enkele van deze factoren zijn variabel. Daarom is het ook interessant om de ontwikkeling van de capaciteit in de loop van de jaren en bij meerdere buien te blijven volgen.

## 7.5 Ervaringen met maatregelen

Sinds de realisatie van de maatregelen en de aanleg van de meetopstelling in juli 2010 zijn al enkele zware buien gevallen. In de zomer van 2013 vielen in Leersum twee zeer hevige buien in ongeveer een etmaal. Bij de eerste bui viel circa 30 mm in 2 uur en bij de tweede 100 mm in circa 24 uur. Deze laatste bui is qua omvang gigantisch. Maar doordat geen extreme piekhoeveelheden vielen, leidde deze bui tot minimale afstroming vanaf onverhard terrein. Hierdoor bleef de infiltratiecapaciteit in de voorzieningen nagenoeg gelijk aan de aanvoer, waardoor nauwelijks vulling ontstond.

### *Praktijkproeven*

Naast de metingen aan de voorziening bij de rotonde is de (infiltratie)capaciteit van kleinere voorzieningen met meerdere tank- en pompproeven getest. De tankproeven maken eventuele knelpunten van stroomroutes op lokaal niveau inzichtelijk. Ook is hiermee de opvangcapaciteit van de roosters, lijngoten en opvangputten te bepalen.



Figuur 7.9 Test opvangcapaciteit: circa 70 m<sup>3</sup> water in enkele minuten op straat geloosd.

Uit de tankproeven is onder meer gebleken dat de aangelegde zakputten omstort met steenslag (of lava) en met een open bodem tientallen malen beter functioneren dan de 'oude' zakputten omsloten met doek en aangevuld met drainzand en met een dichte bodem.

Bij (hevige) buien zijn medewerkers van de gemeente naar buiten gegaan om te zien wat er gebeurt. Daarbij hebben zij onder meer gelet op:

- waar uitspoeling optreedt;
- wanneer kleinere voorzieningen overstromen;
- of het water daadwerkelijk naar de opvangpunten stroomt;
- of de opvangpunten het water kunnen verwerken;
- of het opvangpunt dichtslibt (figuur 7.10);
- of water uit het gemengde rioolstelsel op straat komt;
- of (en in welke mate) water op straat in de lagere delen van Leersum ontstaat (figuur 7.11);
- of water vanaf onverhard terrein afstroomt.



| 77

Figuur 7.10 Vuillast bij een opvangput na een hevige bui.



Figuur 7.11 Waterstroom verplaatst zich vanuit goot naar trottoir.

## 7.6 Overdracht naar beheerders

Om alle voorzieningen zo lang mogelijk goed te laten functioneren, is een goede overdracht naar de beheerders noodzakelijk. Hiervoor is binnen dit project een informatiemap samengesteld. In de informatiemap zitten onder meer:

- Productbladen van alle aangelegde onderdelen.
- Een overzichtstekening met alle aangelegde voorzieningen en de aanwezige oude kleine infiltratievoorzieningen (zie ook figuur 7.2).
- Een onderhoudsbestek dat tijdens het project gebruikt is om de bestaande en aangelegde voorzieningen te onderhouden. Dit bestek is de afgelopen jaren op basis van metingen en testen geoptimaliseerd.
- Een rapportage naar aanleiding van de metingen en bevindingen van de bui van 28 juni 2011.
- Resultaten van infiltratiemetingen.
- Tekeningen met de exacte weergave van de geplaatste informatiepanelen.
- Uitleg van de werking van het aangelegde meetsysteem, locatie van de geplaatste sensoren en revisie van de aangelegde kabels voor het meetsysteem.

Deze informatiemap is als dynamisch document te gebruiken om de werking van alle aangelegde systemen te volgen en de systemen makkelijk overdraagbaar te houden.

## 7.7 Nabeschuiving

Met de opgedane ervaring kan de gemeente de uitgangspunten voor volgende projecten bijstellen. Zo kan zij besparen op de bergingsomvang en naar een reële veiligheidsmarge toewerken. Een voorbeeld is de afstroming vanaf onverhard terrein. Het is niet nodig om al het onverharde oppervlak mee te rekenen. Aangezien het onverharde oppervlak over het algemeen groot is, loont het de moeite de omvang te inventariseren (voor zover haalbaar, want afwatering van achtertuinen via achterpaden is bijvoorbeeld moeilijk te bepalen).

Uiteraard is ook het detailontwerp van de voorziening belangrijk. Zo is voldoende zandvang nodig om de werking van de voorzieningen op termijn te waarborgen. Ook zijn duidelijke instroompunten nodig om het water de voorzieningen in te krijgen.

## 8 Borger-Odoorn (Exloo)

### *Verticale infiltratie in Exloo: succesvol en kostenbesparend*

Het Drentse brinkdorp Exloo (gemeente Borger-Odoorn) had tot 2007 regelmatig overlast van een gemengde riooloverstort die in een bos loosde. De overlast bestond uit stank en zichtbare vervuiling voor bewoners en recreanten. In 2007 besloot de gemeente een einde te maken aan de overbelasting van het rioolstelsel. Hierbij koos zij voor een innovatieve manier om regenwater af te koppelen. Deze ‘verticale infiltratietechniek’ bleek niet alleen succesvol, maar ook kostenbesparend ten opzichte van bestaande technieken. Verticale infiltratievoorzieningen zijn snel en eenvoudig te installeren, zonder noemenswaardige overlast voor omwonenden. Wavin heeft de techniek sindsdien al op grote schaal toegepast.

| 79

#### **Inhoud**

- 8.1 Situatieschets en maatregelen
- 8.2 Dimensionering verticaal infiltratiesysteem
- 8.3 Ervaringen met maatregelen

#### **Auteurs**

Fokko Dijkstra (Wavin), [fokko.dijkstra@wavin.nl](mailto:fokko.dijkstra@wavin.nl)  
ir. Mark Vlok (Wavin), [mark.vlok@wavin.nl](mailto:mark.vlok@wavin.nl)

#### **Contact gemeente:**

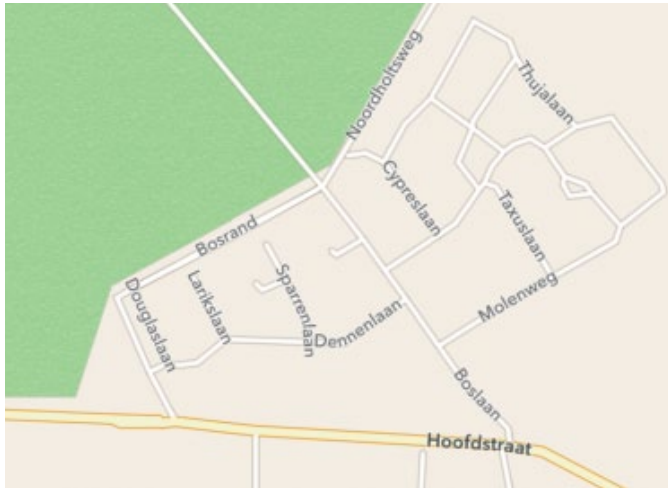
Aries Kuiper (gemeente Borger-Odoorn), [a.kuiper@borger-odoorn.nl](mailto:a.kuiper@borger-odoorn.nl)

#### **Betrokken partijen:**

MUG Ingenieursbureau (voorbereiding en ontwerp)  
Aannemingsbedrijf Hoornstra BV (uitvoering)  
Wavin (ontwerp en levering van de infiltratiesystemen)

## 8.1 Situatieschets en maatregelen

Borger-Odoorn is een gemeente in het zuidoosten van Drenthe met bijna 26.000 inwoners. De gemeente telt 25 kernen: authentieke brinkdorpen en uitgestrekte veendorpen. Het brinkdorp Exloo had tot 2007 regelmatig te kampen met overlast bij een riooloverstort die loosde in een droge sloot in een bos. Het rioolwater dat bij overstromingen regelmatig in het bos terechtkwam, zorgde voor stank en zichtbare vervuiling voor bewoners en recreanten. Deze overlast ontstond doordat in de buurt geen oppervlaktewater aanwezig was waarin het rioolstelsel kon lozen.



Figuur 8.1 Situatie bemalingsgebied Dennenlaan in Exloo.

De overlastlocatie ligt in het bemalingsgebied Dennenlaan (figuur 8.1). Dit deel van het dorp is in de jaren 70 van de vorige eeuw gebouwd. De ondergrond bestaat uit grof zand en is goed doorlatend.

### *Afkoppelen*

In 2007 zocht de gemeente naar een oplossing waarmee zij de werking van de overlastgevende overstort sterk zou kunnen terugdringen. Het idee was om de belasting van regenwater op het gemengde rioolstelsel sterk te reduceren door het regenwater te infiltreren in de goed doorlatende zandbodem.

Het totale afvoerende oppervlak in het bemalingsgebied Dennenlaan is circa 1,1 ha. De gemeente besloot het grootste deel hiervan (circa 9.000 m<sup>2</sup> verhard oppervlak) af te koppelen. Daarbij ging het om zo'n 5.500 m<sup>2</sup> dakoppervlak en zo'n 3.500 m<sup>2</sup> straatoppervlak, verspreid over een plangebied van 4 ha. Een belangrijke voorwaarde bij dit grootschalige afkoppelplan was dat de overlast voor de bewoners minimaal zou zijn.





Figuur 8.2 Afkoppelen regenwater van een woning.

### *Verticale infiltratie*

De gemeente koos voor ‘verticale infiltratie’, een techniek die zij in samenwerking met Wavin en Hoornstra BV heeft ontwikkeld. In het werkgebied zijn met een hydraulische boor 70 gaten aangebracht van 5 à 6 meter diep. In de gaten is een infiltratie-unit geïnstalleerd: een verticaal geplaatste Wavin Azura IT-buis van 50 cm doorsnee.

Vervolgens zijn de dakgoten van alle woningen via toevoerleidingen op zo’n infiltratiebuis aangesloten. Ook de straatkolken zijn van het riool afgekoppeld en op het infiltratiesysteem aangesloten. Om vervuiling van de infiltratievoorziening tegen te gaan, zijn in de regenpijpen bladvangers aangebracht en in de straat zijn kolken met extra zandvangcapaciteit geplaatst. Voor inspectie- en reinigingsdoeleinden is elke infiltratiebuis afgesloten met een deksel, inclusief valbeveiliging.

Verder is de wijk voorzien van verzonken bermen die afvoeren naar een buffer, een laagte in het terrein. Bij de verzonken bermen is de trottoirband langs de straat verwijderd. Dankzij het natuurlijke reliëf kan het regenwater bij hevige buien via de verzonken bermen overlopen naar de wadi en het bos. Zo raakt de riolering niet (over)belast en ontstaat ook geen stankoverlast.





Figuur 8.3 Het boren van gaten voor de verticale infiltratie-units.

## 8.2 Dimensionering verticaal infiltratiesysteem

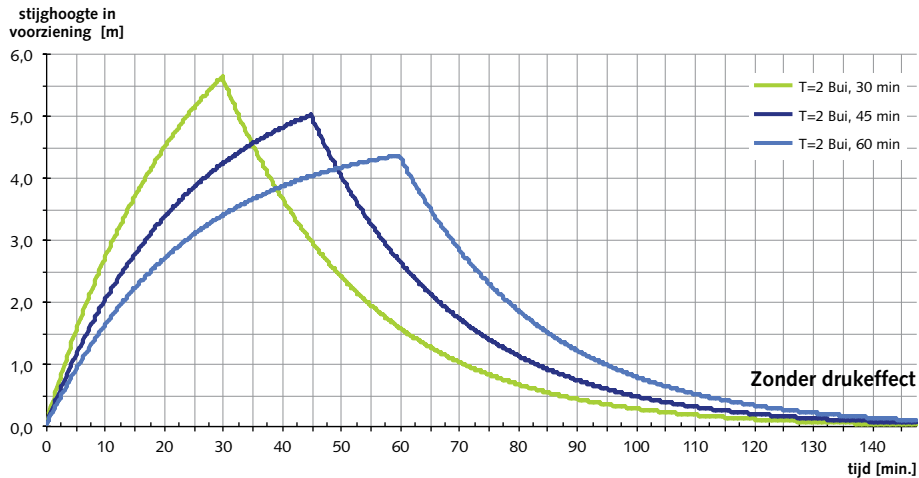
Vóór de aanleg van dit destijds nieuwe systeem zijn enkele praktijkproeven in de gemeente uitgevoerd. De doorlatendheid van de zandbodem bedraagt circa 5-10 m/dag. Het grondwater staat gemiddeld op circa 6 m onder maaiveld. De verticale infiltratie vindt dus plaats in de onverzadigde zone.

Op basis van de gemeten doorlatendheid is gekozen voor 70 verticale voorzieningen met een diameter van 50 cm en een lengte van circa 5 m. Per buis komt dit neer op een afvoerend oppervlak van circa 130 m<sup>2</sup>. Een infiltratiebuis kan een bui met een herhalingsstijd van 2 jaar (conform de eis van de gemeente) verwerken.

### Relativeren (en je realiseren)

Tijdens het gebruik kan een infiltratievoorziening vervuilen. Mede daarom is bij het ontwerp gerekend met een doorlatendheid van 50% van de gemeten waarde.

In totaal is daarmee ruim 7 mm extra berging in de infiltratievoorzieningen gerealiseerd. Bij maximale vulling heeft de buis een infiltratiecapaciteit van gemiddeld 6 mm/h, bij een doorlatendheid van 5 m/dag. Volgens module C2200 treedt de overloop van deze voorziening circa 3 keer in de 2 jaar in werking.



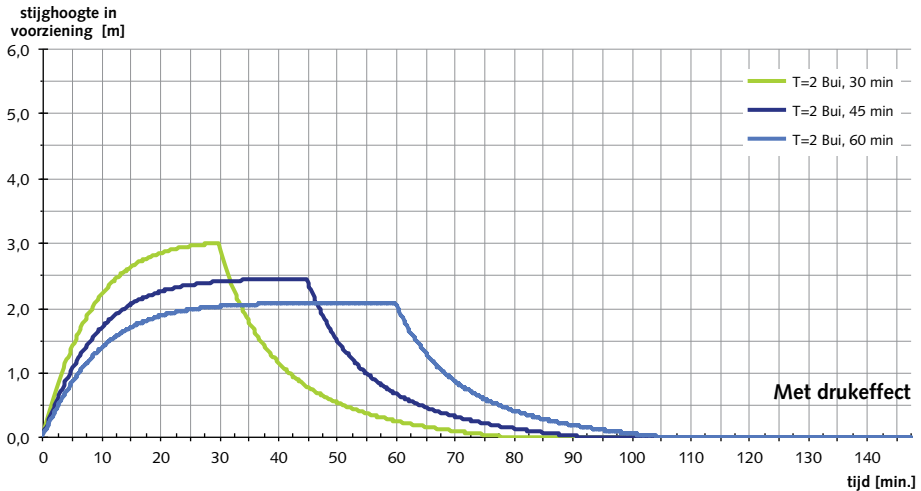
Figuur 8.4 Berekende vulling en lediging voorziening (zonder drukeffect) bij regenhoeveelheden van 14,9 mm in 30 minuten, 16,8 mm in 45 minuten en 18 mm in 60 minuten.

De combinatie van berging en infiltratiecapaciteit is voldoende om de regenhoeveelheden te verwerken met een herhalingstijd van 2 jaar volgens Buishand en Velds (figuur 8.4).

#### *Verbetering capaciteitsberekening*

De capaciteitsberekeningen zijn sinds de realisatie van dit project verfijnd. Zo heeft Wavin recent met advies- en ingenieursbureau DHV een rekenmethodiek ontwikkeld om het effect van de waterdruk mee te nemen bij het berekenen van het functioneren van (verticale) infiltratievoorzieningen. In een verticale infiltratievoorziening heeft de waterdruk een grote positieve invloed op de infiltratiecapaciteit (figuur 8.5).

Als veiligheid wordt daarbij gerekend met een ontwerpdoorlatendheid van 50% van de gemeten waarde en met een waking van 20 cm tussen maximaal berekende waterstand en maaiveld.



Figuur 8.5 Berekende vulling en lediging voorziening (met drukeffect) bij regenhoeveelheden van 14,9 mm in 30 minuten, 16,8 mm in 45 minuten en 18 mm in 60 minuten.

### 8.3 Ervaringen met maatregelen

Binnenkort start de gemeente een meet- en monitoringsproject bij de infiltratievoorzieningen in Exloo. Sinds de realisatie van de maatregelen is bij de overstort geen overlast meer waargenomen. De infiltratietechniek werkt dusdanig goed dat zelfs de extra buffer voor overtollig water tot nu toe nog maar één keer is gebruikt. Dat was bij een bui van circa 35 mm in een half uur.

De gemeente Borger-Odoorn was (en is) dermate tevreden over de resultaten dat zij de verticale infiltratietechniek inmiddels ook op andere plekken in de gemeente heeft toegepast en nog zal toepassen. Ook Wavin heeft de techniek sinds deze pilot in Exloo in 2007 verder uitgerold. Inmiddels hebben diverse partijen in Nederland zo'n 5.000 boringen uitgevoerd, onder meer in de Hondsrug, de Veluwe, Overijssel en de Noord-Hollandse duingebieden.

#### *Vergelijking verticale en horizontale infiltratie*

Achteraf zijn de voor- en nadelen van een verticale infiltratie vergeleken met infiltratie via een horizontaal IT-riool. (beide op openbaar terrein inclusief aanvullende leidingwerk).

De precieze kosten per m<sup>2</sup> zijn natuurlijk situatieafhankelijk. Duidelijk is dat de verticale techniek voordeliger is. Dat komt met name doordat de voorzieningen snel en met minimale overlast te installeren zijn.

Tabel 8.1 Vergelijking verticale en horizontale infiltratie

| Variant                                       | Verticale infiltratie                                                                            | Infiltratie met een IT-riool                                                                                                                                     |
|-----------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Voordelen                                     | Beperkte ingreep in openbare ruimte nodig.<br>Grote berging.<br>Beperkte overlast voor bewoners. | Ruimtebeslag na aanleg beperkt.<br>Beheer en onderhoud mogelijk door gemeente vanuit de openbare ruimte.                                                         |
| Nadelen                                       | Beheer en onderhoud van voorzieningen door particulieren.                                        | Aanpassing leidingen op particulier terrein.<br>Relatief kleine berging.<br>Kruising van uitleggers met weg.<br>Meer overlast bij aanleg (opgebroken trottoirs). |
| Kosten per m <sup>2</sup> afvoerend oppervlak | € 14,50 p/m <sup>2</sup>                                                                         | € 21,00 p/m <sup>2</sup>                                                                                                                                         |

### Aanbeveling

Uitgangspunt bij het bepalen van de infiltratiecapaciteit is de verzadigde (verticale) doorlatendheid van de bodem. Het is belangrijk de doorlatendheid in de praktijk met metingen te bepalen, dit geeft de meest nauwkeurige benadering. Hoeveel meetpunten nodig zijn, is afhankelijk van de homogeniteit van de opbouw van de ondergrond. Om de verzadigde doorlatendheid in de onverzadigde zone (boven de grondwaterspiegel) te meten, zijn de omgekeerde boorgatmethode voor de horizontale doorlatendheid en de infiltrometerproef (bij voorkeur met een dubbele ring) voor de verticale doorlatendheid aan te bevelen.

## B Analysemethoden

- In **Albergen** had een integrale 1D/2D-modelbenadering duidelijk meerwaarde om zes wateroverlastsituaties in beeld te brengen. De resultaten van het vergelijkend onderzoek ondersteunen de keuze van geavanceerde modelaanpak bij regenwateroverlast.
- In **Nijmegen** zijn combinaties van vier rekenmodellen en vier soorten neerslaggegevens doorge-rekend en getoetst. Hieruit blijkt dat modelmatige analyse van wateroverlast goed mogelijk is met hoogwaardige radardata en gedetailleerde rekenmodellen.
- Gemeente en waterschap kwamen in **Gilze en Rijen** via stapsgewijze riooltechnische en water-huishoudkundige analyses tot een integrale gebiedsbenadering. Hierbij zijn lokale meetdata gebruikt en doorgerekend naar een statistische gegenereerde 100-jarige neerslagreeks.



# B

- 9 Albergen
- 10 Nijmegen
- 11 Gilze en Rijen

## 9 Albergen

### *Albergen: meer inzicht in wateroverlast met integrale modelbenadering van riolering (1D), oppervlaktewater (1D) en maaiveld (2D)*

Naast de riolering spelen bij wateroverlast de afstroming over het maaiveld, de inrichting van de openbare ruimte en het ontvangende oppervlaktewater een rol. Hoe krijg je meer inzicht in de wisselwerking tussen deze systemen? En welke modelbenadering brengt de wateroverlast het best in beeld? In Albergen zijn deze vragen onderzocht aan de hand van zes bekende overlastlocaties. Een integrale 1D/2D modelbenadering had daar duidelijk meerwaarde om de wateroverlastsituaties in beeld te brengen. Of in ander stedelijk gebied zo'n integrale aanpak ook het best is, is sterk afhankelijk van de praktijkbevindingen en de lokale kennis. Dit artikel beschrijft het onderzoek in Albergen en de resultaten. Daarnaast biedt het een handreiking voor modelaanpak bij regenwateroverlast en overige aanbevelingen.

#### **Inhoud**

9.1 Aanleiding en doel

9.2 Situatieschets

9.3 Modelbenaderingen, neerslagbelasting en scenario's

9.4 Analyse

9.5 Afweging onderbouwing en effecten van maatregelen

9.6 Conclusies en aanbevelingen

#### **Auteur**

ing. Benno Steentjes (Oranjewoud / Antea Group), [benno.steentjes@anteagroup.com](mailto:benno.steentjes@anteagroup.com)

#### **Contact gemeente**

Bart Horsselenberg (gemeente Tubbergen), [b.horsselenberg@noaberkracht.nl](mailto:b.horsselenberg@noaberkracht.nl)



## 9.1 Aanleiding en doel

Water speelt een steeds belangrijker rol in de samenleving. Te veel, te weinig of te vies water kan invloed hebben op de beleving van water bij bewoners en bestuurders. Bovendien worden burgers steeds mondiger en wordt wateroverlast door heftige buien steeds minder geaccepteerd. Of komt overlast door steeds meer en heftiger buien vaker voor, is de overlast gewoon erger geworden?

De vraag is wat mensen als ‘te veel’ regenwater beschouwen. En is het dan hinderlijk, is er (tijdelijk) overlast of treedt schade op? Vaak zeggen gemeenten dat wateroverlast overmacht is: ‘de riolering kan het regenwater niet aan’. Maar behalve het rioolstelsel spelen ook de afstroming over het maaiveld, de inrichting van de openbare ruimte en het ontvangende oppervlaktewater een rol.

| 89

De Stedelijke Wateropgave is een van de thema's in het Twents Waternetwerk. Aan de hand van casussen willen de gemeenten en het waterschap in de regio Twente onderzoeken hoe zij kostenefficiënte maatregelen kunnen nemen om de overlast vanuit riolering, grondwater en oppervlaktewater te voorkomen. De kern Albergen is een geschikte casus, omdat deze qua ligging in het glooiende gebied en afwatering uit het dorp door enkele watergangen kenmerkend is voor de dorpen in de regio. Medewerkers van het waterschap Regge en Dinkel, de toenmalige gemeente Tubbergen en het advies- en ingenieursbureau Oranjewoud / AnteaGroup hebben het onderzoek gezamenlijk in 2012-2013 uitgevoerd.

### *Doel*

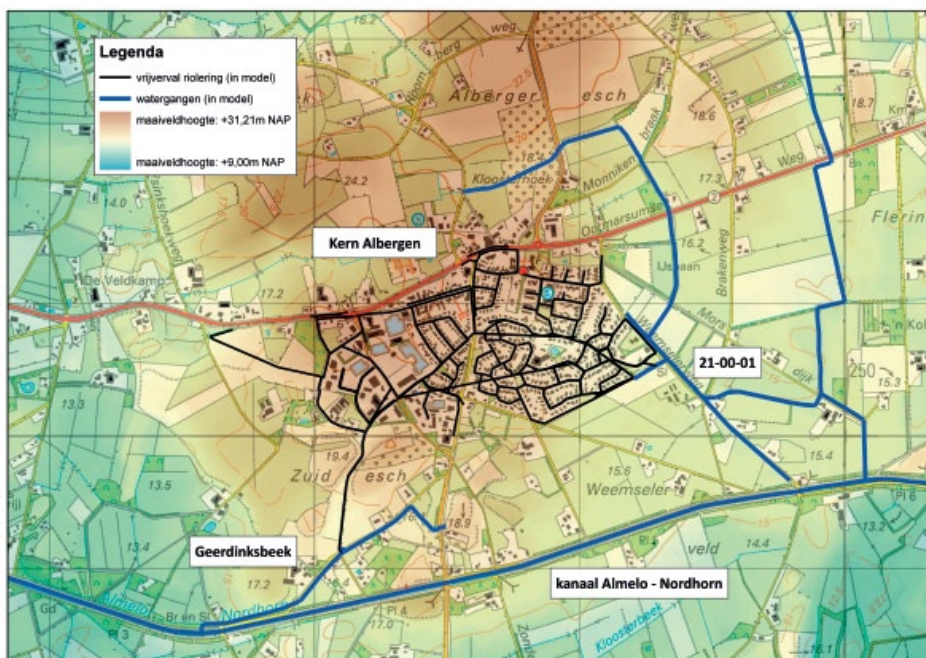
Doel van het in dit artikel beschreven onderzoek is om:

- meer inzicht te krijgen in de interactie tussen riolering, stedelijk water en afwatering in landelijk gebied;
- te bepalen welke modelbenadering het best bij de wateroverlastproblematiek in Albergen past. Volstaat een benadering met ‘boerenverstand’ en snelle GIS-analyse of heeft de analyse met een integraal gekoppeld model (riolering, oppervlaktewater en maaiveld) duidelijk meerwaarde? En is de inspanning om een dergelijk model te bouwen de moeite waard?

## 9.2 Situatieschets

Het onderzoek richt zich op de wateroverlast in en ten zuidwesten van de kern Albergen (zie figuur 9.1). De analyses betreffen:

- de vrijvervalriolen (zwart in figuur 9.1) in de kern Albergen;
- de watersystemen (lichtblauw) ten zuidwesten (Geerdinksbeek) en ten oosten (21-00-01) van de kern;
- het kanaal Almelo-Nordhorn (lichtblauw) ten zuiden van Albergen.



Figuur 9.1 Overzichtskaart.

In en rondom Albergen is duidelijk reliëf aanwezig. Tussen het noorden en westen van de kern zit 12 meter hoogteverschil. Het rioolsysteem bestaat uit enkele deelstelsels, onderling gekoppeld door gemalen, interne overstorten en koppelleidingen met terugslagkleppen. Het afvalwater voert af naar het waterschapsgemaal aan de westkant. Het rioolsysteem heeft diverse lozingspunten van hemelwateruitlaten en riooloverstorten. Alle lozingen concentreren zich in twee waterlopen: de Geerdinksbeek en waterloop 21-00-01. Beide monden uit in het kanaal Almelo-Nordhorn.

*Overlastlocaties*

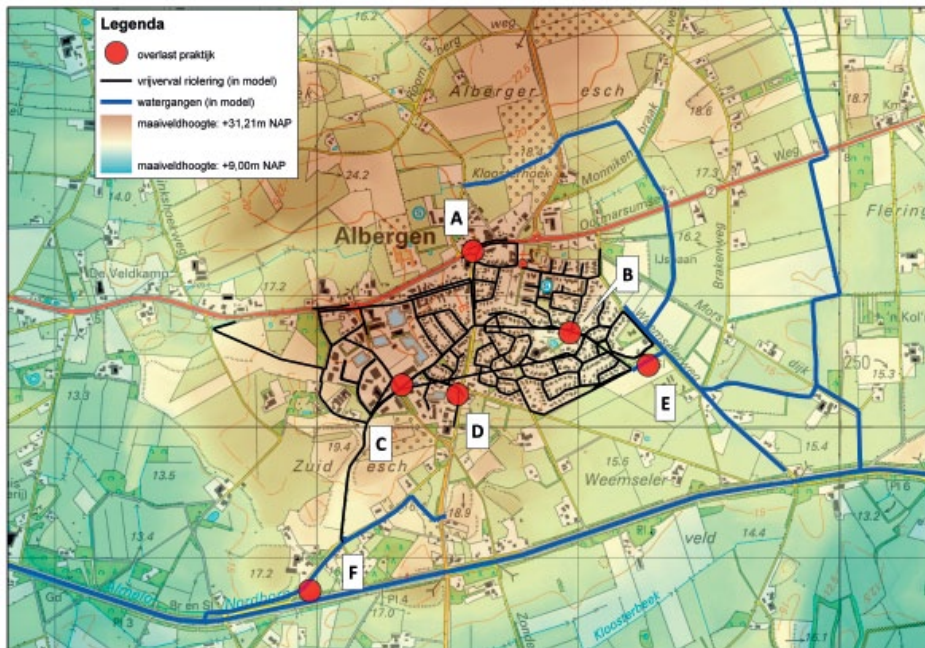
In en rond de kern Albergen vormen zes locaties de knelpunten waarop dit onderzoek zich richt:

Tabel 9.1 Zes knelpunten.

|   | Locatie               | Soort overlast                                                      | Ernst                |
|---|-----------------------|---------------------------------------------------------------------|----------------------|
| A | Woningen              | Water op de rijbaan                                                 | Hinder               |
| B | Woningen              | Water op de rijbaan, onbegaanbaar<br>Water in de tuinen             | Overlast<br>Overlast |
| C | Bedrijven             | Water op de rijbaan, onbegaanbaar<br>Water op terrein, onbegaanbaar | Overlast<br>Overlast |
| D | Woningen              | Water op de rijbaan, onbegaanbaar<br>Water op terrein               | Overlast<br>Overlast |
| E | Bedrijven (agrarisch) | Water op terrein, ondergelopen voerkuil                             | Schade               |
| F | Woningen              | Water op de rijbaan, onbegaanbaar                                   | Overlast             |

| 91

In figuur 9.2 ziet u deze zes knelpunten op kaart.



Figuur 9.2 Kaart overlastlocaties.

### *Eerder getroffen maatregelen*

In april 2007 heeft de gemeente het basisrioleringsplan (BRP) voor de kern Albergen opgesteld. Op basis hiervan heeft de gemeente de afgelopen jaren enkele maatregelen aan de riolering getroffen. Zo is in 2010 een deel van de riolering vervangen en een bergbezinkbassin gerealiseerd. Ook heeft de gemeente een regenwaterriool aangelegd. Door deze extra afvoer was gelijk een probleem met wateroverlast in het centrum aangepakt.

Dankzij de maatregelen is de overlast lokaal opgelost, maar nu lijkt deze zich te verplaatsen naar de randen. Daarnaast is de invloed van het automatisch dalen van een klepstuw in het kanaal Almelo-Nordhorn op de overige watergangen niet bekend. Ook lijkt de capaciteit van sloten en duikers beperkt. Verder is de wisselwerking tussen de riolering, het stedelijk water en het watersysteem van het landelijke gebied onduidelijk.

92 |

### *Gegevens maaiveld, riolering en oppervlaktewater*

De situatie is op te delen in drie onderdelen: maaiveld, riolering en oppervlaktewater. Van belang is de betrouwbaarheid van de gebruikte data: zijn de gegevens volledig, valide en actueel?

#### *Maaiveld*

Voor het maaiveld is de dataset van de Algemene Hoogtekaart Nederland (AHN) gebruikt. Deze heeft het waterschap verstrekt. Dit zijn hoogtegegevens met een resolutie van 5 x 5 m en een nauwkeurigheid van 5 tot 15 cm. De AHN is gebaseerd op data uit 2005 en is relatief grofschalig en onnauwkeurig. De AHN is gevalideerd met de putdeksels-hoogten uit het rioolbeheer.

#### *Riolering*

Het Sobek-model dat als basis diende voor het BRP 2007 dient ook als basis voor dit onderzoek. De gemeente heeft de beschikbare data vanuit het beheersysteem aangeleverd (2012). Omdat de rioolkaart in het systeem niet actueel is, zijn revisietekeningen van rioolwijzigingen (2011) aangeleverd. Uit veldbezoek (aangevuld met lokale kennis) bleek welke data juist zijn.

#### *Oppervlaktewater*

De gegevens over de geometrie van het oppervlaktewatersysteem zijn beoordeeld en waar nodig geactualiseerd met nametingen in het veld. De data van de afstromingsgebieden zijn niet actueel. Bij het koppelen van modellen kan dit voor onder- of overschatting van het aanbod zorgen. Daarom moest ook hier een veldbezoek (aangevuld met metingen) uitwijzen welke data juist zijn.

### 9.3 Modelbenaderingen, neerslagbelasting en scenario's

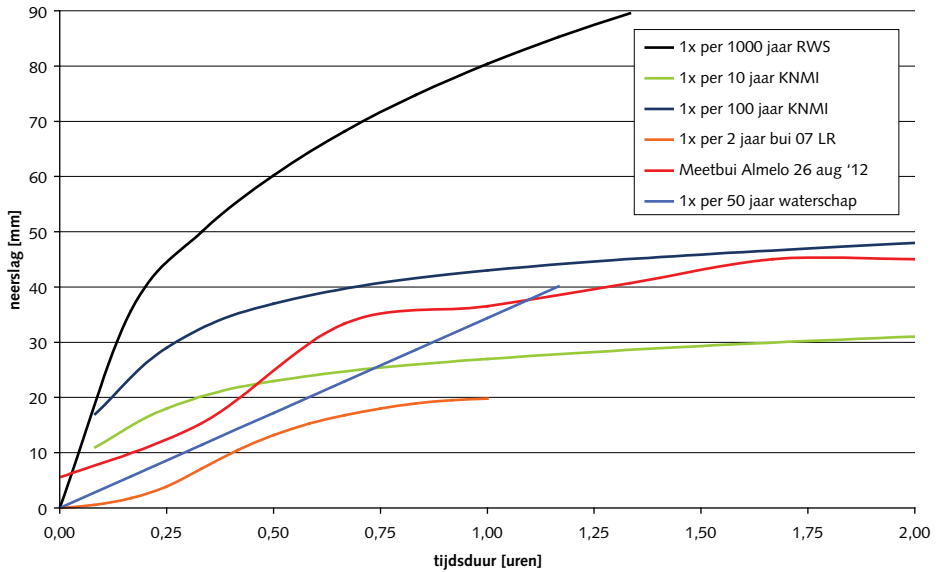
De situatie is op vijf verschillende manieren benaderd, uitgaande van de driedeling maaiveld, riolering (in beheer bij de gemeente) en oppervlaktewater (in beheer bij het waterschap). Tabel 9.2 geeft een overzicht.

**Tabel 9.2 Toelichting modelbenaderingen.**

| Modelbenadering                                                 | Omschrijving                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | Aandachtspunten                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|-----------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Maaiveldanalyse – GIS, geen afstroming                          | De maaiveldhoogte is een vaste waarde, gekoppeld aan een raster (pixels). Het afstromingsmodel in GIS is een rekenkundige benadering van deze vaste waarden, zonder achterliggende variabele parameters. Een pixel uit het raster voert af naar het laagste omliggende pixel.                                                                                                       | De factor tijd is niet meegenomen. Ook is geen rekening gehouden met de weerstand voor de stroming over het maaiveld, door bijvoorbeeld het type begroeiing.                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| Riolering (Sobek 1D)                                            | Alle putten, leidingen en bijzondere constructies (zoals overstorten en gemalen) zijn als zodanig ingevoerd. De modelparameters zijn ingevoerd conform module C2100 van de Leidraad riolering.                                                                                                                                                                                      | Uitgangspunt is een goed onderhouden stelsel, zonder belemmering door zand-inloop, wortelingroei, slibophoping of andere obstakels. Het afvoerende verharde oppervlak is in het model gekoppeld aan de putten. Er is niet gerekend met belemmering van regenwater op detailniveau (via kolken e.d.). De afstroming van onverhard oppervlak is niet meegenomen.                                                                                  |
| Oppervlaktewater (Sobek 1D)                                     | Het oppervlaktewatersysteem is apart gemodelleerd, de grote watergangen, duikers en stuwen zijn als zodanig ingevoerd. De modelparameters zijn conform de richtlijnen van het waterschap.                                                                                                                                                                                           | Het uitgangspunt voor de onderhouds-toetsen: voor deze casus is het onderhoud van de waterlopen (vóór of ná het maaiveld) als variabele beschouwd.                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| Integraal riolering en oppervlaktewater (Sobek 1D/1D)           | Het rioolmodel en het oppervlaktewater-model zijn eenvoudig gekoppeld. De lozingspunten van het rioolmodel zijn direct gekoppeld aan het watersysteemmodel.                                                                                                                                                                                                                         | In aanvulling op het voorgaande: Het hanteren van uitwisselbare Sobek-versies van de modellen. In het oppervlaktewatermodel is de afvoer van verhard en onverhard oppervlak gemodelleerd als lozingspunt. Verhard oppervlak is ook onderdeel van het rioleringsmodel, dubbeling moet worden voorkomen. Het verwijderen van dubbelingen. Een leiding dan wel waterloop kan al opgenomen zijn in het riolerings- en/of het oppervlaktewatermodel. |
| Integraal riolering, oppervlaktewater en maaiveld (Sobek 1D/2D) | Ook de maaiveldcomponent is als raster relatief eenvoudig te koppelen aan het rioolmodel en/of het oppervlaktewater-model. Water dat uit het rioolstelsel of het oppervlaktewater treedt, zoekt vanaf dat punt zijn weg over het maaiveld, gebaseerd op de AHN-grid. Ook terugstroming vanaf het maaiveld naar de riolering en het oppervlaktewater is in de modellering opgenomen. | In aanvulling op het voorgaande: Neerslag op en verdamping vanaf het maaiveld wordt gemodelleerd. Dit wordt toegepast op het volledige raster. Dubbeling met het verharde en onverharde oppervlak is aanwezig, dit is modelmatig ondervangen. Voor afstroming over het maaiveld zijn waarden voor ruwheid van en vertraging over het oppervlak aangenomen.                                                                                      |

### Neerslagbelasting

In dit onderzoek is ervoor gekozen verschillende vooraf gedefinieerde buien te hanteren. Het idee hierbij is dat de kans dat de bui optreedt net zo groot is als de kans dat de berekende wateroverlast optreedt. Door dit voor verschillende herhalingsstijden in beeld te brengen, ontstaat een indruk van de gevoeligheid van het gebied. Overigens kan wateroverlast op een berekende locatie ook frequenter optreden dan de herhalingsstijd van de bui.

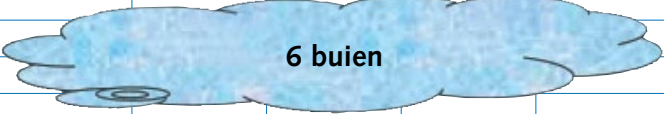


Figuur 9.3 Neerslagbelasting.

Geconstateerd is dat de wijze van modelleren van de intensiteit (de buivorm) een belangrijke factor is. (10 mm in 5 minuten + 2 mm in 5 minuten  $\neq$  12 mm in 10 minuten.) Het best is om de tijdstap zo klein mogelijk te houden.

### Scenario's

Voor de verschillende modelbenaderingen zijn diverse scenario's geanalyseerd door te variëren in neerslag, onderhoudstoestand en de klepstand van een specifieke stuw (zie figuur 9.4).

| modelbenadering |                          | maaiveld    | riolering                                                                          | oppervlakte-<br>water | Riolering en<br>oppervlakte-<br>water | Maaiveld,<br>riolering en<br>oppervlakte-<br>water |
|-----------------|--------------------------|-------------|------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|---------------------------------------|----------------------------------------------------|
| Configuratie    |                          | GIS analyse | -separaat<br>Sobek 1D                                                              | -separaat<br>Sobek 1D | -integraal<br>Sobek 1D                | -integraal<br>Sobek 1D                             |
| 1               | beheerssituatie aug 2012 |             |                                                                                    |                       |                                       |                                                    |
| 2               | stand stuw               | normaal     |  |                       |                                       |                                                    |
| 3               |                          | gestreken   |                                                                                    |                       |                                       |                                                    |
| 4               | onderhoud                | normaal     |                                                                                    |                       |                                       |                                                    |
| 5               |                          | slecht      |                                                                                    |                       |                                       |                                                    |
| 6               | worst-case               |             |                                                                                    |                       |                                       |                                                    |

Figuur 9.4 Scenario's.

### Waarom deze scenario's?

Eind augustus 2012 zijn heftige buien in het gebied gevallen (48 mm in 12 uur, met een piek van 18 mm in 20 minuten). Van deze periode zijn ook meetgegevens beschikbaar. Daarom is deze situatie gebruikt voor de validatie van de modellen. Enkele theoretische buien zijn gekoppeld aan de landelijk gebruikelijke normstellingen voor riolering (Leidraad riolering) en het oppervlaktewater (Bestuursakkoord Water). Daarnaast is een zeer extreme bui beschouwd volgens de statistiek van Rijkswaterstaat.

Onder normale omstandigheden is het hoogteverschil over de stuw in het kanaal Almelo-Norhorn bijna 2 meter. Afhankelijk van de bovenstroomse waterstand wordt de stuw automatische volledig gestreken. Dit betekent dat het volledige bovenliggende kanaalpand binnen enkele uren leegstroomt. In Albergen leidt dit tot een hogere waterstand bij de uitmonding van de Geerdinksbeek.

Een andere belangrijke parameter voor de hoeveelheid water die het systeem kan verwerken, is de begroeiing in de watergang. Dit is afhankelijk van het onderhouds-regime, de maaifrequentie en de voedselrijkheid van de bodem. In figuur 9.5 ziet u de benedenloop van de Geerdinksbeek net na een maaionde.





Figuur 9.5 Geerdinksbeek kort na een maaironde.

### *Validatie*

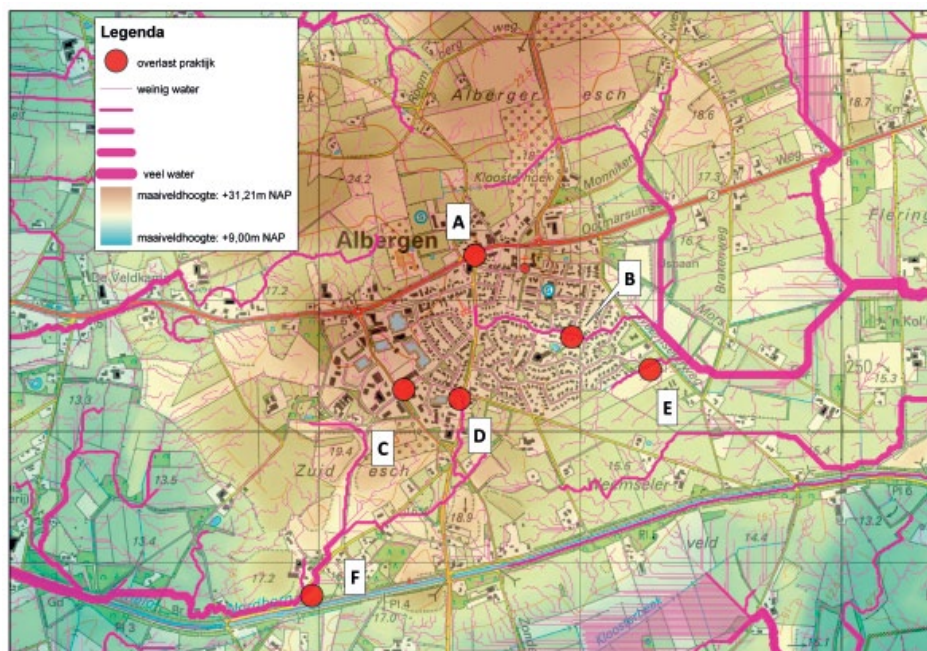
Helaas zijn weinig rioolmeetgegevens beschikbaar. De dataset die voor deze periode wel voorhanden is, bestaat uit het debiet en de waterstand van het hoofdgemaal van de riolering. Ook voor dit deel van het oppervlaktewatersysteem zijn weinig meetgegevens beschikbaar: twee waterstandsmetingen in het kanaal en de hoogte van de klepstuw. Uit de validatie is geconcludeerd dat het hoofdgemaal heeft gedaan wat het zou moeten doen en dat het functioneren van de klepstuw goed is na te bootsen in Sobek.

## **9.4 Analyse**

Uiteindelijk zijn voor de casus 5 x 6 x 6 rekenvarianten (5 modelbenaderingen, 6 scenario's en 6 overlastlocaties) beschouwd. Elke variant is vergeleken met de waarnemingen, klachten en metingen uit de praktijk. Deze paragraaf beschrijft in het kort de analyseresultaten per modelbenadering.

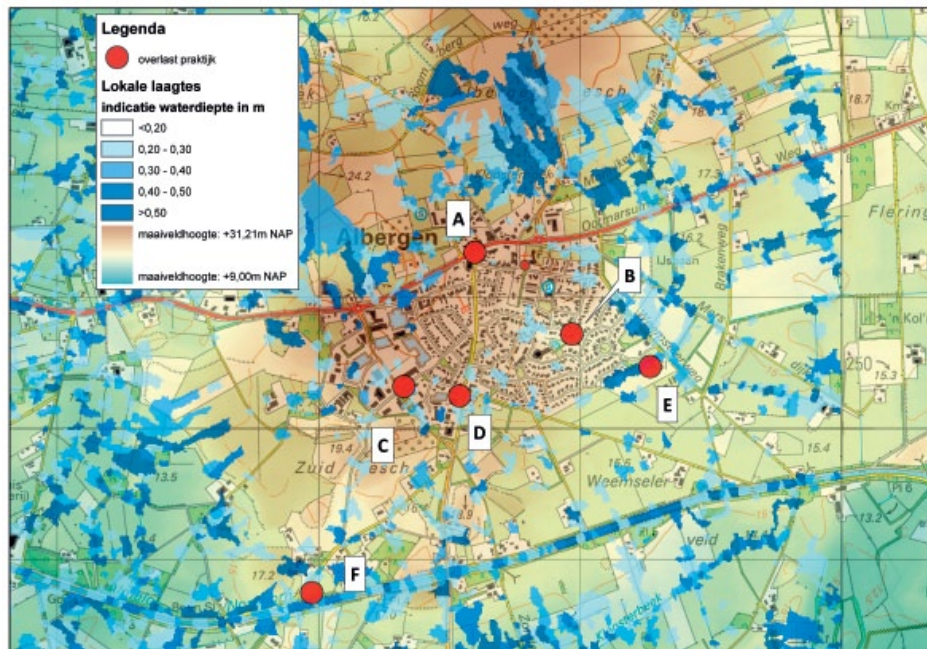
### *Maaiveldanalyse – GIS (geen afstroming)*

De stroombanen zijn op basis van de AHN in beeld gebracht. Hoe dikker de paarse lijn, hoe meer water via die route afstroomt. De watergangen buiten de kern komen duidelijk naar voren.



| 97

Figuur 9.6 Stroombanen op basis van AHN.



Figuur 9.7 Lokale laagten.



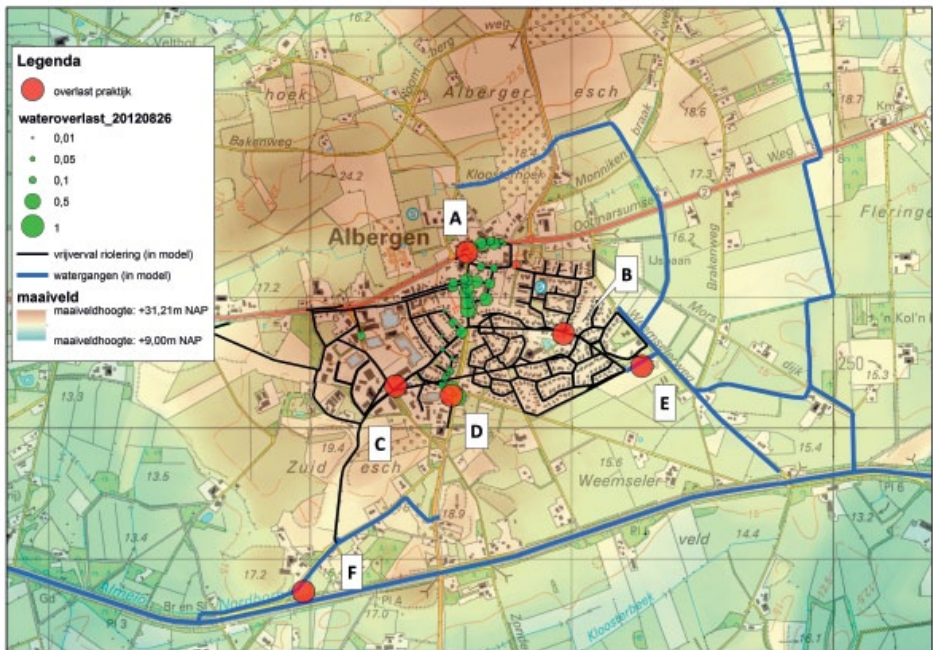
De overlastlocaties A en C zijn niet direct te herleiden vanuit de stroombanen. Bekend is dat bij locatie C een verkeersdrempel ligt, maar deze volgt niet uit de AHN. Hiervoor blijkt het raster relatief te grofschalig en onnauwkeurig. De overige overlastlocaties liggen duidelijk op of naast een stroombaan.

De overlastlocaties in de praktijk zijn niet direct te herleiden vanuit de AHN. De stroombanen volgen herkenbare patronen, maar ingesloten laagten worden op de probleemlocaties zelf niet herkend. De conclusie is dat de AHN te grofschalig (5 x 5 m) en niet gedetailleerd genoeg (5 - 15 cm) is voor een goede analyse. Wel geeft het stroombanenbeeld input voor een verkenning van de oplossingsrichtingen, bijvoorbeeld zoekgebieden voor het vasthouden of omleiden van overtollig water bovenstrooms.

98 |

### Rioleringsmodel (Sobek 0D/1D)

Met Sobek zijn de theoretische waterstanden boven het maaiveld bij de putdeksels berekend. Bovengrondse afstroming vindt hierbij niet plaats. Het algemene beeld op basis van deze benadering is dat de riolering feitelijk doet wat ze moet doen. Maar de daadwerkelijke probleemlocaties volgen slechts ten dele uit de analyse. De locaties A en D komen in beeld als overlastlocaties. Opvallend is dat voor het oostelijke deel van de kern geen water op straat wordt berekend, terwijl zich hier wel twee probleemlocaties (B en F) bevinden. Tot slot volgt locatie C niet uit dit model, zelfs niet bij de meest



Figuur 9.8 Rioleringsmodel (Sobek 0D/1D).

extreme bui. Locaties E en F liggen buiten het gerioleerde gebied. Met alleen het rioleringsmodel zijn hierover dus geen uitspraken te doen.

Deze modelbenadering is geschikt om knelpunten in de afvoercapaciteit van de riolering te analyseren, maar minder geschikt om probleemlocaties te duiden. Aanvullende informatie over het maaiveldverloop is nodig om de afstroming over het maaiveld te kunnen inschatten.

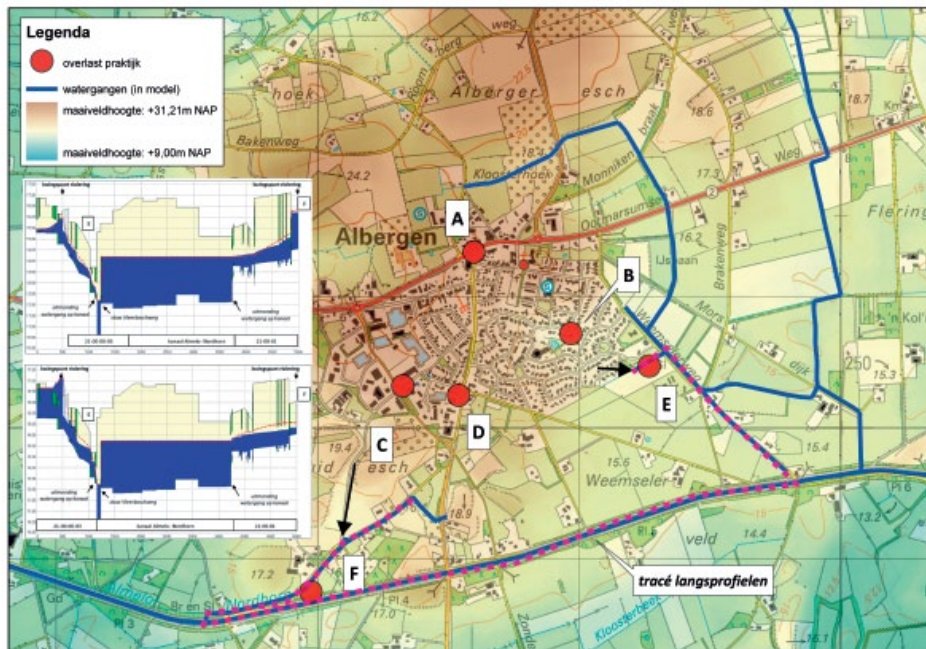
### Oppervlaktewatermodel - Sobek 1D

Dit model geeft alleen inzicht in de afvoercapaciteit van het oppervlaktewater en de eventuele tekortkomingen hierin. Deze modelbenadering reikt niet verder dan het landelijke gebied en is dus ongeschikt om stedelijke wateroverlast te bepalen. Wel zijn knelpunten in het ontvangende watersysteem (de duiker aan de westkant en de stuw en duiker aan de oostkant) aan te geven en relevante parameters te analyseren, zoals standen van de klepstuw en onderhoudstoestand (de rode lijn in figuur 9.9).

| 99

### Integraal model riolering en oppervlaktewater (Sobek 1D/1D)

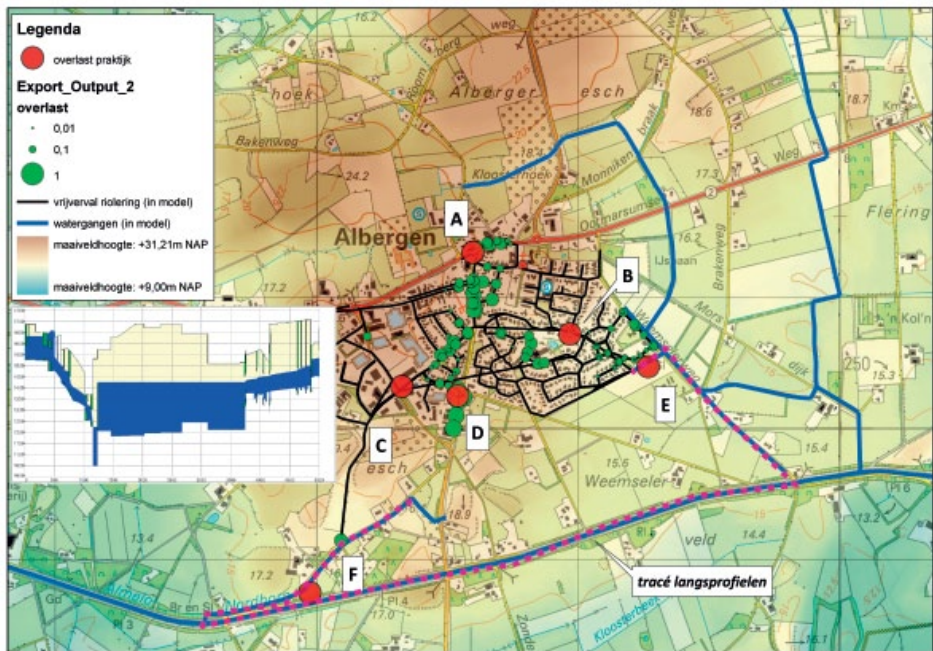
Met Sobek zijn de theoretische waterstanden boven het maaiveld berekend voor de putdekselhoogten. Hierbij vindt geen bovengrondse afstroming plaats. In aanvulling op de afzonderlijke modellen is de belangrijkste constatering dat de opstuwing vanuit



Figuur 9.9 Oppervlaktewatermodel (Sobek 1D).

het oppervlaktewater een duidelijke invloed heeft op de berekende wateroverlast. Ten opzichte van de separate benadering is meer water op straat berekend.

Water op straat manifesteert zich in dit model in het midden van de kern. Het oostelijke deel lijkt nu wel gevoelig voor wateroverlast. De probleemlocaties A, B en D volgen uit deze modelbenadering. Locatie C niet, zelfs niet bij de meest extreme bui. Ten opzichte van de benadering met de aparte modellen wordt het oppervlaktewater vertraagd belast. De piekafvoeren vanuit de riolering naar het oppervlaktewater zijn wat uitgevlakt. De constatering over de locaties E en F wijzigt niet ten opzichte van het aparte oppervlakte-watermodel.



Figuur 9.10 Integraal model riolering en oppervlaktewater (Sobek 1D/1D).

### *Integraal model riolering, oppervlaktewater en maaiveld (Sobek 1D/2D)*

De hoogtekaart van het maaiveld is aan Sobek gekoppeld. De benadering van dit integrale model is wezenlijk anders. Het overtollige water dat de riolering of het oppervlaktewater niet meer kan verwerken, zoekt zijn weg over het maaiveld. Bovendien valt er neerslag direct op het maaiveld. Lokale laagten worden gevuld, maar water zal ook weer in de riolering of het oppervlaktewater stromen als daar ruimte is.

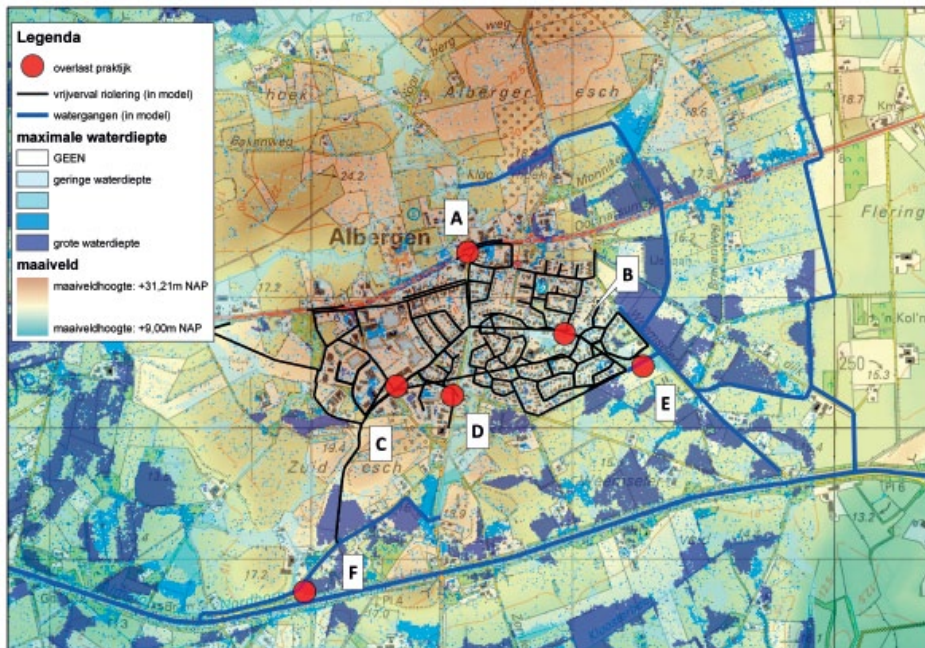


Ten opzichte van de andere benaderingen wordt overtollig water vanuit de kern bovengronds afgevoerd naar landelijk gebied. Het beeld van water op straat ziet er totaal anders uit dan bij de separate modelbenaderingen.

De locaties A en D volgen uit deze modelbenadering en ook locatie E komt prominent naar voren. Overtollig water kan in dit model nu via het maaiveld ('achterlangs') stromen. Locaties B en F zijn minder prominent en locatie C komt ook nu niet naar voren. De grofschaligheid en nauwkeurigheid van de AHN blijft een kanttekening voor deze casus.

Het integrale model geeft inzicht in de locaties waar water voor problemen kan zorgen. Dit geldt voor zowel stedelijk als landelijk gebied. Zo vallen de lage weilanden aan de oostkant van de kern op. Nadeel van dit model is de veel langere rekentijd vergeleken met de andere modellen.

| 101



Figuur 9.11 Integraal model riolering, oppervlaktewater en maaiveld (Sobek 1D/2D).

## 9.5 Afweging onderbouwing en effecten van maatregelen

Het doel van de casus Albergen was niet om tot een maatregelenpakket te komen voor de wateroverlast. De nadruk lag op de modelbenadering. Zijdelings is wel gekeken naar de doelmatigheid van nog te nemen maatregelen en de rioleringsinvesteringen uit het verleden.

### *Koers*

Sinds 2007 is voor de kern Albergen ingezet op het afkoppelen van verhard oppervlak en de aanleg van een bergbezinkvoorziening om met name de emissie te verminderen. Het afkoppelen is gerealiseerd met de aanleg van een regenwaterleiding naar de zuid-westkant op de Geerdinksbeek.

102 |

Op de probleemlocatie E is destijds een opslagplaats voor veevoer opgehoogd, dit was een relatief goedkope maatregel. Hiermee zijn met name de gevolgen van de wateroverlast aangepakt (reactief), een onderzoek naar de directe oorzaak is destijds niet uitgevoerd.

### *Constateringen nu*

Nu blijkt het ontvangende oppervlaktewater een knelpunt te zijn. Maar de probleemlocaties volgen pas met het integrale model van riolering, oppervlaktewater en maaiveld. Als destijds het juiste knelpunt bekend was geweest, was waarschijnlijk gekozen voor een andere afvoerroute of voor compenserende maatregelen, zoals waterberging.

## 9.6 Conclusies en aanbevelingen

Voor de casus Albergen biedt een integrale modelbenadering duidelijk meerwaarde om de wateroverlastsituaties in beeld te brengen. Met name de koppeling met het oppervlaktewatermodel was cruciaal om de overlastsituatie te 'begrijpen'. Het 2D-maaiveldmodel was nodig om de plekken waar juist wel of juist niet overlast optrad goed in beeld te brengen. Dat gaf duidelijke meerwaarde.

**Tabel 9.3 Handreiking modelaanpak.**

|                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                               |
|------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Maaiveldmodel GIS                                                | Sowieso doen. Een kleine inspanning geeft extra inzichten, zeker met nauwkeurige en fijnmazige hoogterasters. Deze zijn goed beschikbaar.                                                                                                     |
| Aparte modellen                                                  | Geschikt voor het bepalen van theoretische knelpunten in de afvoer, minder voor duiding praktijkproblemen.                                                                                                                                    |
| Integraal model riolering en oppervlaktewater                    | Geschikt voor het bepalen van theoretische knelpunten in de afvoer en analyse van vermoedens van wederzijdse beïnvloeding, minder voor duiding praktijkproblemen.                                                                             |
| Volledig integraal model riolering, oppervlaktewater en maaiveld | Toepassen bij vermoedens 'bypass' over maaiveld. Waar blijft het overtollige water echt, als de GIS-benadering onvoldoende inzicht biedt. Feit is dat de rekentijd voor het integrale 1D/2D model veel groter is dan voor de andere modellen. |



Of bij de analyse van wateroverlast in ander stedelijk gebied ook een integrale model-aanpak nodig is, is sterk afhankelijk van de praktijkbevindingen en de lokale kennis. Tabel 9.3 geeft hiervoor een handreiking.

### *Leerpunten en aanbevelingen*

Gedurende het onderzoekstraject zijn enkele leerpunten en aanbevelingen geformuleerd:

- Neem de tijd voor de modelbouw, steek energie in de betrouwbaarheid, validiteit en actualiteit van de data (veldbezoek en nametingen).
- Het valideren van het model vraagt de nodige aandacht, zeker als geen meetwaarden beschikbaar zijn en alleen praktijkconstateringen als wateroverlast en meldingen over overstorten voorhanden zijn.
- Het verkrijgen van de data uit het meetregistratiesysteem van het waterschap: Niet voor iedereen en op elke locatie zijn de data te ontsluiten, hiervoor is kennis nodig. Bovendien worden de data niet bewaard. Als bijvoorbeeld de opslag op het gemaal 'vol' is, worden de oude data overschreven. Tot hoever terug de data beschikbaar blijven, is dus afhankelijk van de instellingen van het gemaal. Vooral in relatie tot meetprogramma's aan de riolering (in samenwerking met gemeenten) kunnen ontsluiting en opslag van deze data meerwaarde bieden. Meetdoelen en onderzoeksvragen veranderen tenslotte steeds en er komen nieuwe bij.
- Verken de invloed van parameters modelmatig en onderbouw vermoedens (afstromingcoëfficiënten, stuwhoogten, onderhoudstoestand).
- De gemodelleerde intensiteit (de buivorm) is een belangrijke factor. (10 mm in 5 minuten + 2 mm in 5 minuten  $\neq$  12 mm in 10 minuten.) Houd de tijdstap zo klein mogelijk.
- Van de kleinere watergangen zijn geen meetgegevens beschikbaar. Vooral in relatie tot meetprogramma's aan de riolering zal (in samenwerking met gemeenten) uitbreiding van de metingen in de kleinere watergangen meerwaarde bieden.

## 10 Nijmegen

### *Onderzoek naar mogelijkheden om wateroverlast modelmatig te analyseren in Nijmegen*

Op 27 juni 2009 viel in Nijmegen een pittige bui met een herhalingstijd van eens per tien jaar. In delen van de stad ontstond wateroverlast, straten veranderden in snelstromende beken. De gemeente heeft direct zo veel mogelijk informatie verzameld over het verloop van de bui en de wateroverlast. Hierdoor was deze case zeer geschikt om de huidige mogelijkheden voor modelmatige analyse van wateroverlast te onderzoeken. In het onderzoek zijn vier modellen getest in combinatie met een 1D-rioleringsmodel. Daarnaast is de invloed van de aard van vier soorten neerslagdata (meters en radar) geanalyseerd. Combinatie van de neerslagbronnen en de modellen leverde 16 varianten op, die allemaal zijn doorgerekend. De uitkomsten zijn getoetst aan metingen in het rioolstelsel en water-op-sstraatwaarnemingen in het studiegebied. Hieruit blijkt dat modelmatige analyse van wateroverlast goed mogelijk is met hoogwaardige radardata en gedetailleerde rekenmodellen.

#### **Inhoud**

10.1 Aanleiding en aanpak

10.2 Documenteren extreme bui

10.3 Aanpak analyse mogelijkheden rekenmodellen

10.4 Resultaten toetsing aan water op straat

10.5 Resultaten toetsing aan hydraulische metingen rioolstelsel

10.6 Conclusies

Literatuur

#### **Auteurs**

dr. ir. Jeroen Langeveld (Royal HaskoningDHV/TU Delft), jeroen.langeveld@rhdhv.com

ing. Bram Stuurman (Royal HaskoningDHV), bram.stuurman@rhdhv.com

Eduard Schilling (gemeente Nijmegen), e.schilling@nijmegen.nl

## 10.1 Aanleiding en aanpak

De gemeente Nijmegen meet en monitort al enkele jaren het rioolstelsel. De meetgegevens heeft zij gebruikt om het rioleringsmodel te toetsen en verbeteren (*Langeveld et al., 2009*) in het kader van een optimalisatiestudie van het afvalwatersysteem (OAS). Hierdoor heeft de gemeente een behoorlijk goed beeld van het functioneren van het rioolstelsel onder normale condities.

Op zaterdagmiddag 27 juni 2009 viel in Nijmegen een pittige zomerbui met een herhalingsdij van ongeveer eens per tien jaar ( $T=10$ ). In delen van de stad heeft deze bui tot wateroverlast geleid. Ter vergelijking: rioolstelsels worden in Nederland ontworpen om een bui met een herhalingsdij van eens per twee jaar ( $T=2$ ) zonder water op straat te kunnen verwerken. De bui op 27 juni 2009 liet zien dat in delen van Nijmegen onder extremere condities wel water op straat blijft staan.

| 105

### *Modelmatige analyse wateroverlast*

De gemeente Nijmegen is direct aan de slag gegaan om zo veel mogelijk gegevens te verzamelen over het verloop van de bui van 27 juni 2009 en de wateroverlast (*Zuurman en Schilling, 2009*). Hierbij bleek dat internet en sociale media zoals YouTube veel bruikbare informatie kunnen opleveren voor de analyse van wateroverlast. De inzameling heeft een schat aan gegevens opgeleverd (*Langeveld en Schilling, 2010*). Hierdoor is de case Nijmegen zeer geschikt om de huidige mogelijkheden voor modelmatige analyse van wateroverlast te onderzoeken.

Kortdurende, lokale, intense buien zijn een belangrijke oorzaak van regenwateroverlast (*Luijtelaar, van, 2013*). Bij dergelijke buien is vaak sprake van overbelasting van het rioolsysteem. Met de recente ontwikkeling van 2D-(af)stromingsmodellen gekoppeld aan 1D-rioleringsberekeningen is het in theorie mogelijk gebeurtenissen te modelleren die het rioolstelsel en/of de kolken overbelasten. Het goed kunnen modelleren van straatkolken kan van groot belang zijn voor situaties en gebieden waar de inloop naar het riool via de straatkolken de limiterende factor is. Bij de bui van 27 juni 2009 bleken de maaiveldhelling en de neerslagintensiteit de bepalende factoren (*Zuurman, 2013*).

### *Aanpak*

Dit artikel beschrijft hoe de gemeente Nijmegen relevante informatie over de bui van 27 juni 2009 heeft verzameld en vastgelegd. Daarna gaan we in op de vraag of met de huidige beschikbare rekenmodellen en neerslaginformatie lokale wateroverlast bij korte, hevige buien te berekenen en analyseren is. De best beschikbare informatie op dit moment omvat lokaal gekalibreerde regenradardata met een ruimtelijke resolutie van 1 km<sup>2</sup> en een tijdsresolutie van 5 minuten (*Reichard et al., 2011*).

## 10.2 Documenteren extreme bui

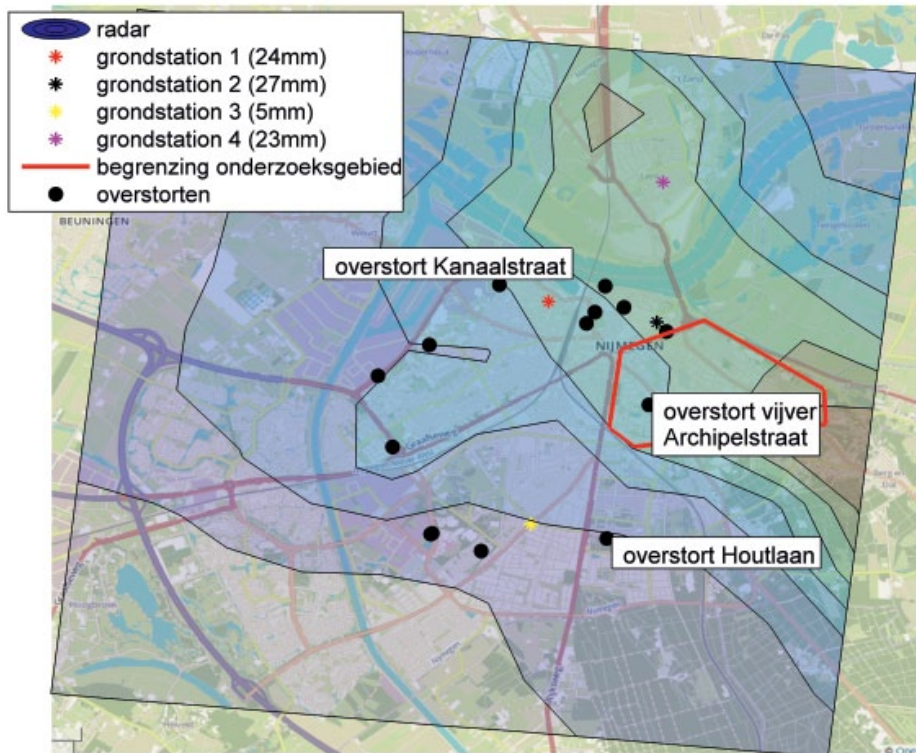
Om de beschikbare informatie vast te leggen, zijn de volgende informatiebronnen gebruikt:

- neerslagmetingen uit meetnet gemeente;
- niveaumetingen uit meetnet gemeente en bij gemaal waterschap;
- debietmetingen bij hoofdgemaal waterschap;
- beeldmateriaal van internet (o.a. YouTube);
- regionale media op internet (o.a. de website van De Gelderlander);
- veldbezoek tijdens bui (zaterdag 27 juni 2009);
- meldingen wateroverlast bij gemeente, brandweer, waterservicepunt en ontstop-pingsbedrijven;
- veldbezoek maandag 29 juni 2009.

106 |

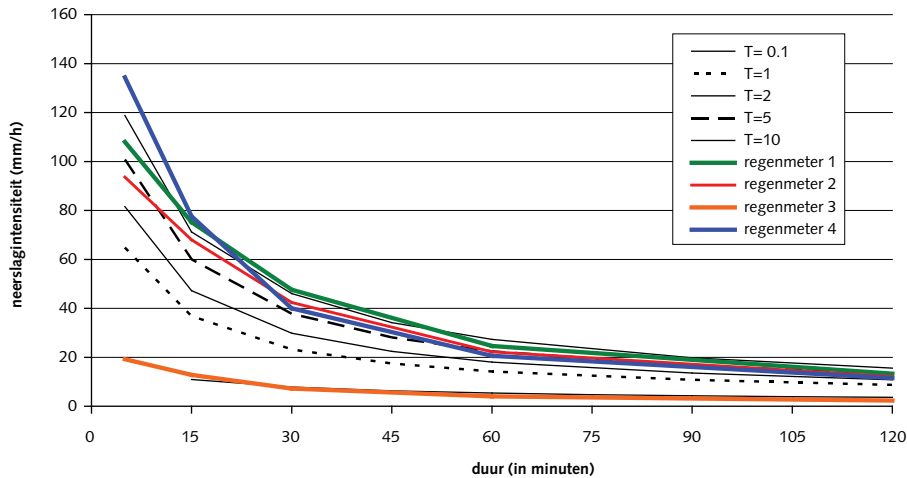
### Neerslagmetingen

De gemeente Nijmegen had in 2009 vier regenmeters verspreid over de stad (zie figuur 10.1). De groene stippen in de figuur zijn locaties van de riooloverstorten.



Figuur 10.1 Ruimtelijke variatie neerslag en studiegebied met wateroverlast.

De bui van 27 juni is globaal van zuid naar noord getrokken, vooral over het oostelijk deel van de stad. De neerslag had een sterk lokaal karakter. In figuur 10.2 is te zien dat drie neerslagmeters neerslag hebben gemeten die overeenkomt met een bui  $T=10$ . Bij de andere neerslagmeter, die net buiten de kern van de bui lag, was slechts sprake van een BUI  $T=0,5$ .



Figuur 10.2 Neerslagintensiteitsduurcurven voor gemeten neerslag.

### Niveaumetingen

De gemeente Nijmegen heeft een meetnet dat onder meer de waterstanden meet en registreert bij alle overstorten en bij de meeste bijzondere constructies, zoals interne bergingsvijvers.

### Beeldmateriaal

Direct na de bui verschenen op internet vele foto's en filmpjes van water dat over straat stroomt, de meeste via YouTube en de website van Omroep Gelderland. Deze beelden leveren behoorlijk 'harde' informatie op, doordat deze niet is gekleurd (behalve een soms licht cynische muzikale omlijsting als 'zachtjes tikt de regen...' van Rob de Nijs). De filmpjes maakten vooral duidelijk hoe snel na het begin van de bui sommige straten waren veranderd in snelstromende beken. Overigens blijven dergelijke beelden niet altijd voor langere tijd beschikbaar, dus is het belangrijk om relevante beelden kort na een gebeurtenis te verzamelen en op te slaan.

### *Reacties/discussies op internet*

Op diverse internetfora is uitgebreid gechat over de wateroverlast. Deze informatie is veel meer gekleurd dan het beeldmateriaal, maar bevat ook concrete opmerkingen als: “in mijn straat was het water binnen 20 minuten weer verdwenen”. Dergelijke opmerkingen zijn erg handig om een goed beeld van de wateroverlast te krijgen.

### *Veldbezoek tijdens bui*

Auteur Jeroen Langeveld woont in het deel van Nijmegen waar de bui overheen trok. Toen duidelijk was dat het echt een serieuze bui was, heeft hij een rondje door de stad gereden om te zien wat er aan de hand was. Dit veldbezoek bleek erg nuttig bij het interpreteren van de overige gegevens, omdat uit eigen waarneming is vastgesteld waar water over straat heeft gestroomd.

### *Meldingen wateroverlast*

Bij deze bui zijn in totaal 193 meldingen van wateroverlast binnengekomen: 65 bij de meldkamer van de brandweer, 41 bij het gemeentelijke waterservicepunt of de gemeentelijke bel- & herstellijn en 50 bij ontstoppings- of schoonmaakbedrijven. 16 van de 193 meldingen zijn via meerdere kanalen gemeld. Het feit dat slechts 41 meldingen bij de gemeente binnenkomen, laat zien dat burgers niet goed weten dat de gemeente in dit soort situaties hun eerste aanspreekpunt is. Als de gemeente alleen zou afgaan op de meldingen die zij zelf binnenkrijgt, zou dus een beperkt beeld van de situatie ontstaan.

### *Waarnemingen achteraf*

Auteur Eduard Schilling heeft op de maandagmorgen na de bui een ronde langs de belangrijkste locaties gemaakt. Toen waren de gevolgen voor het ontvangende oppervlaktewater en het leegpompen van ondergelopen kelders nog goed zichtbaar. In een fotoverslag heeft hij peilstijgingen achter overstorten in oppervlaktewater vastgelegd.



Figuur 10.3 Dode vissen (links) en vuilafzettingen na peilstijging in ontvangend oppervlaktewater (rechts).

Dit was eenvoudig door de goed zichtbare vuilafzettingen tot tientallen centimeters boven het normale waterpeil. Straten waar een paar dagen daarvoor het water door stroomde, bleken weer behoorlijk schoon.

### 10.3 Aanpak analyse mogelijkheden rekenmodellen

Om inzicht te krijgen in de mogelijkheden van de huidige generatie rekenmodellen, is een analyse uitgevoerd. Hierbij zijn vier varianten getest voor de modellering van het maaiveld, steeds in combinatie met een 1D-rioleringsmodel, gemodelleerd met Infoworks. Anders dan de modellen die *Van Dijk et al.* (2012) onderling hebben vergeleken, biedt het Infoworks-model wél mogelijkheden om de afstroming van water over straat naar (of langs) de straatkolken te simuleren.

| 109

#### *Vier modelopties*

De vier doorgerekende modelopties zijn:

- 1D/0D: standaardrekenmodel waarbij het stelsel water op straat boven de put bergt. Dit is de standaardrekenmethode in BRP's bij het doorrekenen van rioolstelsels.
- 1D/1D: methode 'overland flowpath', waarbij boven elke rioolbuis een straatprofiel wordt gemodelleerd waardoor water op straat ook over de straat kan stromen. Dit is een zeer eenvoudige methode die – behalve inspectieputdekselhoogten – geen detailgegevens over het maaiveld vereist.
- 1D/2D: een gedetailleerd terreinhoogtemodel om de stroming van water over straat te modelleren. Dit model is gebaseerd op zeer gedetailleerd en nauwkeurig vanuit de lucht bepaalde terreinhoogten (10 - 16 punten/m<sup>2</sup>, standaardafwijking in hoogtemeting tussen 2,3 en 3,7 cm). Hierdoor geeft het een realistischer beeld van de stroming van water over straat.
- 1D/2D+: dit rekenmodel gebruikt het terreinhoogtemodel ook om de afstroming te berekenen. Hierdoor is ook het effect mee te nemen van regenwater dat in hellend gebied langs de straatkolken stroomt. Dit vereist wel dat het rekenmodel alle straatkolken en alle kolkleidingen meeneemt. De straatkolken zijn gemodelleerd met een vaste Q-h-relatie (*Martin, 2011*). Dit model is daarmee behoorlijk arbeids- en rekenintensief.

#### *Vier soorten neerslagdata*

Tegelijk wilden we inzicht krijgen in nut en noodzaak van het gebruik van de volgens RIONEDreks 16 best beschikbare neerslagdata. Daarom is ook de invloed van de aard van de neerslagdata geanalyseerd.



Voor de neerslag zijn de volgende vier soorten data gebruikt:

- 1 Vier lokale regenmeters van de gemeente Nijmegen (zie figuur 10.1). Deze regenmeters zijn van het type 'tipping bucket', met een resolutie van 0,2 mm en registratie per minuut. Dergelijke meters kunnen bij intensiteiten vanaf 80 mm/h een onderschatting van de neerslag van enkele procenten opleveren. Zoals in figuur 10.2 te zien is, overschreed de bui op 27 juni 2009 deze intensiteit. De regenmeters hebben dus waarschijnlijk een kleine onderschatting gegeven.
- 2 Radar 0: het samengestelde Nederlandse radarcomposiet (het gemiddelde van de radars van Den Helder en De Bilt), gecorrigeerd op basis van de neerslaggegevens van de 330 KNMI-dagstations. Dit is de basisradar, zoals veel leveranciers deze beschikbaar stellen.
- 3 Radar I: het radarcomposiet van de radar in Essen (Duitsland), gecorrigeerd op basis van neerslaggegevens van Duitse stations en de lokale Nijmeegse regenmeters. Hierbij is de methode van Brandes (*Goudenhoofd en Delobbe, 2009*) gebruikt om de neerslagradar aan lokale regenmeters op uurbasis te corrigeren. Dit is een maatwerkoplossing.
- 4 Radar II: het samengestelde Nederlandse radarcomposiet (Den Helder en De Bilt), gecorrigeerd op basis van de neerslaggegevens van de 330 KNMI-dagstations en de Nijmeegse regenmeters. Hierbij is de methode van Conditional Merging (*Goudenhoofd en Delobbe, 2009; Niet, de et al., 2013; Sinclair en Pegram, 2005*) gebruikt om de neerslagradar aan lokale regenmeters op 5-minutenbasis te corrigeren. Ook dit is een maatwerkoplossing.

110 |

Combinatie van de vier neerslagbronnen met de vier typen rekenmodellen levert 16 varianten op, die allemaal zijn doorgerekend. De kwaliteit van de modeluitkomsten is getoetst aan de hand van metingen bij de overstorten in het gehele rioolstelsel en de water-op-sstraatwaarnemingen in het studiegebied uit figuur 10.1. De meeste riooloverstorten liggen langs de Waal en aan de lage westelijke kant van Nijmegen op een behoorlijke afstand van het wateroverlastgebied.

#### 10.4 Resultaten toetsing aan water op straat

De invloed van het modelconcept is duidelijk zichtbaar in de water-op-sstraatkaarten (zie figuur 10.4). Deze kaarten zijn gebaseerd op berekeningen met radar type I, oftewel gekalibreerde regenradar uit Essen als input. De rode pijlen geven de waargenomen stromingsrichting aan van water over het maaiveld. Het terrein stroomt af van oost (45 m+NAP) naar west (30 m+NAP). In het traditionele modelconcept waarbij het stelsel water op straat boven de put bergt, blijft het water als het ware op de berg staan. De berekende water-op-sstraatlocaties komen daardoor nauwelijks overeen met de waarnemingen.

0D-maaiveld: traditioneel model



| 111

1D-maaiveld



Figuur 10.4 Resultaten berekening water op straat bij vier verschillende rekenmodellen.



Overstortvæj Archipelstræt

**Legende**

- Købstadsgrøfter
- Købstadsgrøfter afmærkning
- Købstadsgrøfter uden for stiknet og vandløb
- Vandniveau (meters)
- Overstortvæj
- Muskegrøfter og vandløb + B&P

**Figuur 10.4 Resultaten berekening water op straat bij vier verschillende rekenmodellen (vervolg).**

Het toevoegen van een 1D-model voor stroming over het maaiveld zorgt ervoor dat het water dat op straat komt te staan wel degelijk de heuvel afstroomt. Maar ook in dit geval komt het niet aan op de plaats waar dit is waargenomen. De introductie van een 2D-model voor de stroming over het maaiveld verbetert de resultaten significant. Het water volgt nu de route die ook in de praktijk is waargenomen. Daarnaast kloppen de berekende waterdiepten vrij goed met de waarnemingen en beschikbare fotobeelden. Maar op de locaties met een cirkel (in figuur 10.4) wordt geen water op straat berekend, terwijl dit daar wel optrad.

Het meest gedetailleerde 2D-model neemt ook de afstroming over straat mee. Dit model berekent ook voor de locaties binnen de cirkel water op straat. Daarnaast blijken deze resultaten het best te passen op de met rode stippen aangegeven locaties met een melding van wateroverlast.

| 113



Figuur 10.5 Foto wateroverlast Van 't Santstraat: straat verandert in 'beekje'.

Tabel 10.1 geeft een overzicht van de resultaten waarbij de invloed van het modelconcept en het type neerslagdata is getoetst aan de hand van de waarnemingen van water op straat en wateroverlast. Het modelconcept blijkt hier de bepalende factor te zijn, voor de gebruikte neerslag is het onderscheid tussen lokale regenmeters en lokaal gekalibreerde regenradar klein.

Tabel 10.1 Overzicht resultaten modelconcept en neerslagdata: resultaten modellering wateroverlast in studiegebied.

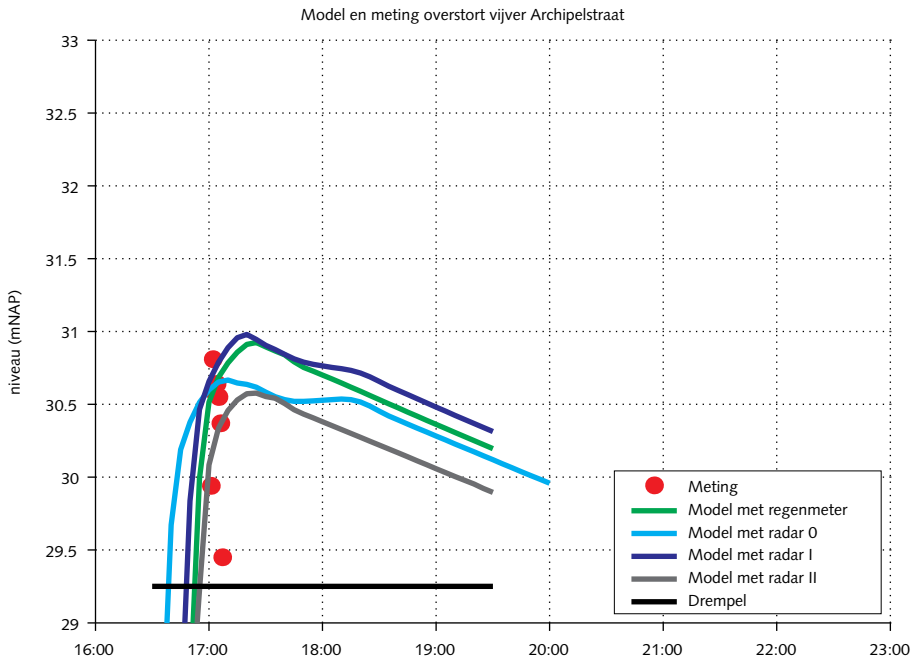
|                | 0D-maaiveld | 1D-maaiveld | 2D-maaiveld | 2D-maaiveld<br>+ afstroming |
|----------------|-------------|-------------|-------------|-----------------------------|
| neerslagmeters | --          | -           | +           | ++                          |
| radar 0        | --          | -           | +           | ++                          |
| radar I        | --          | -           | +           | ++                          |
| radar II       | --          | -           | +           | ++                          |

(- is negatief, 0 is neutraal en + is positief)

De resultaten berekend met de neerslagmeters en radar type I zijn vrijwel identiek. De resultaten met radar type II geven iets lagere waterstanden op straat, maar zonder dat het patroon zichtbaar verandert. Dit heeft waarschijnlijk te maken met het feit dat binnen en vlak naast het studiegebied regenmeters aanwezig zijn. Hierdoor zijn de verschillen in gebruikte neerslag in het studiegebied klein. Een andere oorzaak is wellicht dat de water-op-saatkaarten alleen de maximale waterstand tonen. De variatie in de tijd valt daardoor buiten beschouwing.

## 10.5 Resultaten toetsing aan hydraulische metingen rioolstelsel

De invloed van de verschillen tussen de gebruikte neerslagmeters en de drie radarversies komt vooral naar voren in de vergelijking van gemeten en berekende waterstanden bij de riooloverstorten. Figuur 10.6 toont de waterstanden bij de overstort Archipelstraat, die zich naast de overstortvijver uit figuur 10.4 bevindt. De modelresultaten in deze figuur zijn berekend met het meest gedetailleerde type rekenmodel: 2D maaiveld en afstroming via het maaiveld. De gemeten waterstand biedt hier alleen een indicatie, omdat de sensor na een aantal metingen ophield met meten. De verschillen tussen de vier modelresultaten zijn aanzienlijk.



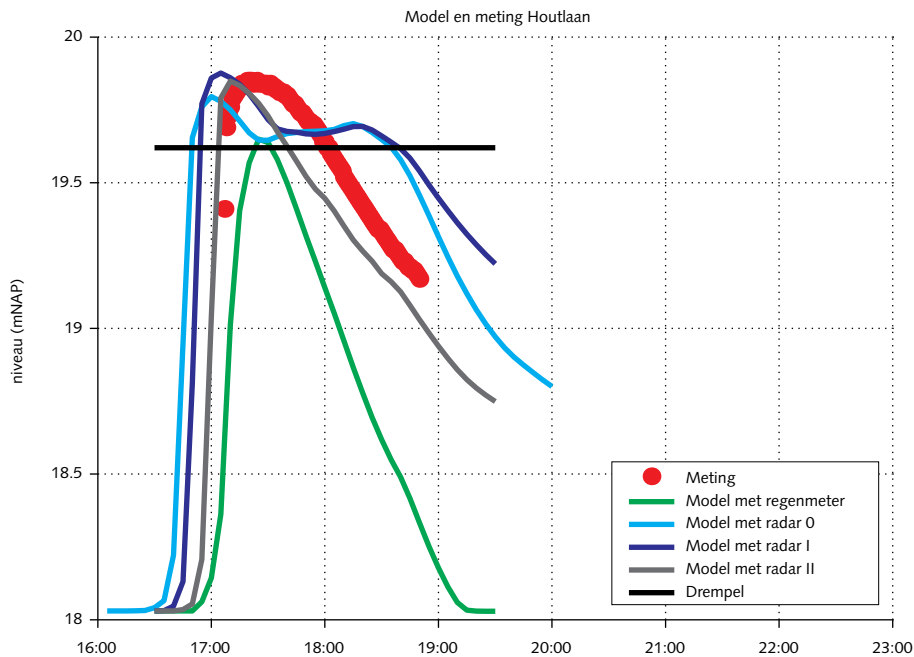
Figuur 10.6 Vergelijking rekenresultaten bij gebruik verschillende bronnen voor neerslagdata.

Figuren 10.7 en 10.8 tonen de rekenresultaten voor een overstort nabij het eindgemeal (Kanaalstraat, zie figuur 10.1) en een overstort in het zuiden van het rioolstelsel (Houtlaan, zie figuur 10.1). Op deze locaties zijn wel betrouwbare metingen aanwezig, zodat hier wel een uitspraak is te doen over de kwaliteit van de modelresultaten. Uit beide figuren komt naar voren dat de modelresultaten bij gebruik van radar type 0 en type I qua timing en dynamiek minder goed passen dan de resultaten bij gebruik van de lokale regenmeters. Duidelijk zichtbaar in figuur 10.7 voor overstort Houtlaan is dat het gebruik van radar type 0 en type I leidt tot het uitsmeren in de tijd: het berekende waterniveau stijgt eerder en daalt later dan in de metingen. Bij overstort Kanaalstraat in figuur 10.8 geldt ook dat de overstortduur bij gebruik van radar type 0 en I wordt overschat.

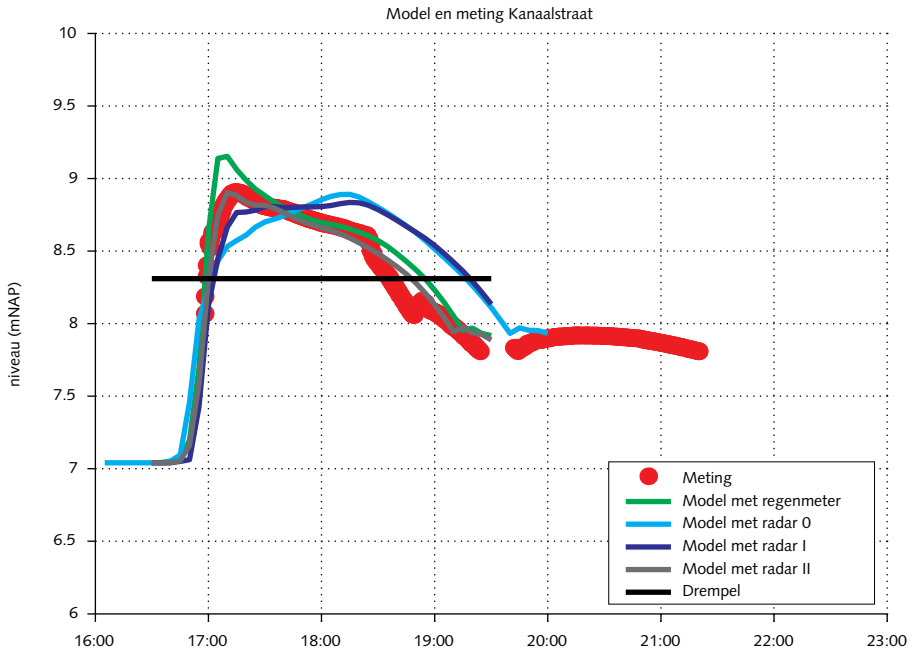
De toepassing van radar type II leidt overigens bij beide meetpunten tot de beste overeenkomst tussen berekende en gemeten waterstand.

| 115

Het gebruikte modelconcept heeft een beduidend kleinere invloed op de berekende waterstanden dan de gebruikte neerslagdata. Figuren 10.9 en 10.10 laten het effect van de modellen zien bij gebruik van de neerslagdata van radar type II, die de beste resultaten geeft. Bij overstort Archipelstraat, aan de rand van het gebied met wateroverlast,



Figuur 10.7 Berekende en gemeten waterstanden bij overstort Houtlaan bij gebruik van verschillende neerslagdata.

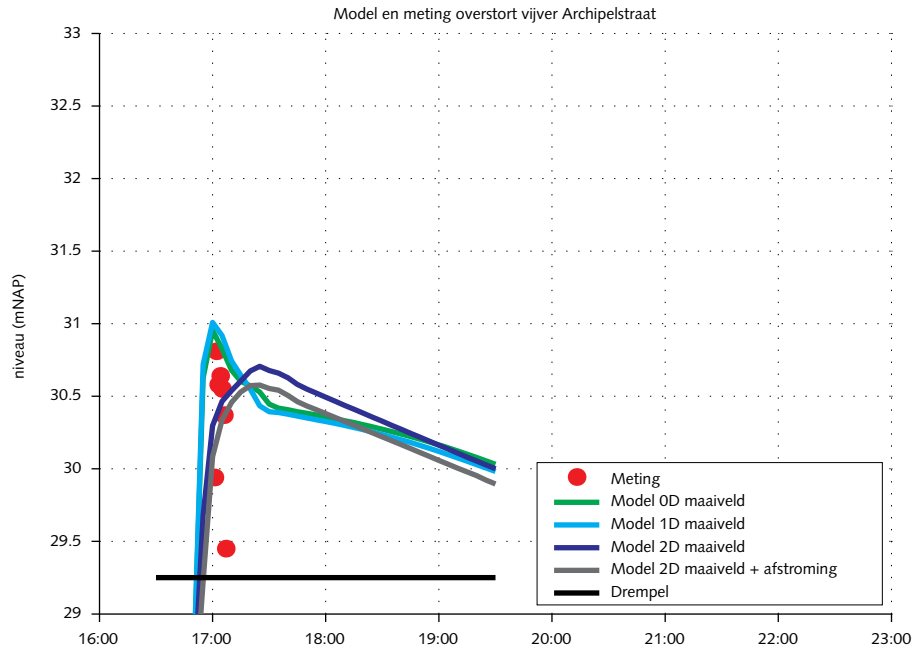


**Figuur 10.8** Berekende en gemeten waterstanden bij overstort Kanaalstraat bij gebruik van verschillende neerslagdata.

zijn verschillen waarneembaar tussen de modelvarianten. De meest simpele modelvarianten (met 0D- en 1D-maaiveld) leiden tot hogere berekende waterstanden bij deze overstort. De meer geavanceerde modellen met 2D-maaiveld tonen een lagere piekwaterstand en iets grotere vertraging. Kennelijk kan het water in deze rekenmodellen makkelijker wegstromen over het maaiveld. Bij de overstort Kanaalstraat nabij het eindgemaal zijn nauwelijks meer verschillen waarneembaar in de waterstand berekend met de vier modelconcepten. De invloed van de schematisatie van de stroming over maaiveld heeft alleen duidelijke invloed binnen het hooggelegen deelgebied. In het benedenstroomse deel van het stelsel heeft dit nauwelijks invloed meer.

De invloed van het modelconcept en het type neerslagdata is getoetst aan de hand van metingen in het rioolstelsel. Tabel 10.2 geeft een samenvatting van de resultaten. Het gekozen modelconcept voor het berekenen van water op straat heeft slechts beperkte invloed, de gebruikte neerslagbron is de dominante factor.



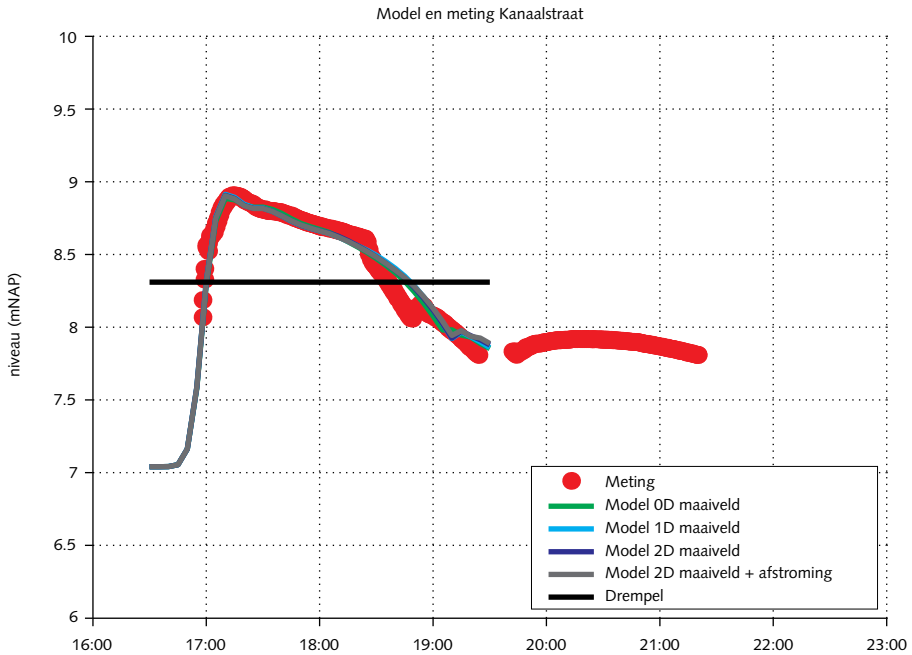


Figuur 10.9 Gemeten en berekende waterstanden bij de vier modelconcepten bij gebruik van neerslagdata radar type II bij overstort Archipelstraat.

Tabel 10.2 Overzicht resultaten modelconcept en neerslagdata: resultaten modellering hydraulisch gedrag geheel rioolstelsel.

|                | 0D-maaiveld | 1D-maaiveld | 2D-maaiveld | 2D-maaiveld + afstroming |
|----------------|-------------|-------------|-------------|--------------------------|
| neerslagmeters | +           | +           | +           | +                        |
| radar 0        | -           | -           | -           | -                        |
| radar I        | -           | -           | 0           | 0                        |
| radar II       | ++          | ++          | ++          | ++                       |

(- is negatief, 0 is neutraal en + is positief)



Figuur 10.10 Gemeten en berekende waterstanden bij de vier modelconcepten bij gebruik van neerslagdata radar type II bij overstort Kanaalstraat.

## 10.6 Conclusies

Extreme buien komen gelukkig niet heel vaak voor. Maar dit betekent ook dat de rioleeringsbeheerder nauwelijks kansen heeft om de kwaliteit van de rekenmodellen voor dergelijke situaties te toetsen en dat hij beperkt inzicht heeft in de reactie van het rioolstelsel op extreme neerslag. Zodra de kans zich voordoet, is het dus van groot belang alle beschikbare informatie te benutten om het inzicht in het functioneren van het stelsel te vergroten. Dit artikel heeft laten zien dat het beeldmateriaal dat ‘spontaan’ beschikbaar komt bij extreme buien in combinatie met doelbewust verzamelde meetdata een grote meerwaarde heeft bij de analyse van de effecten ervan. Dit maakt het mogelijk om indien gewenst gerichte maatregelen te definiëren.

Met de huidige stand van de techniek op het gebied van neerslaggegevens, neerslagradar en rekenmodellen is wateroverlast bij korte, hevige buien te modelleren en analyseren. De case Nijmegen heeft daarbij laten zien dat het belangrijk kan zijn om ook de stroming van neerslag over het maaiveld naar of juist langs de straatkolken mee te nemen in de modellering. Dit is alleen mogelijk met de gedetailleerde 2D-modellering van het maaiveld, inclusief het neerslagafvoerproces en de straatkolken. Juist bij korte, zeer

intense buien is dit vaak de bepalende factor voor zowel de locatie als de ernst van de overlast. Dit stelt forse eisen aan de kwaliteit van de ingemeten maaiveldgegevens en van de regendata. Lokale kalibratie van de regenradar aan neerslagmeters op 5-minutenbasis is daarbij een harde randvoorwaarde voor succes.

### Dankwoord

De auteurs bedanken de gemeente Nijmegen voor het aanleveren van de benodigde data. Een deel van het gebruikte materiaal is afkomstig uit het HydroCity-project, zie [www.hydrocity.com](http://www.hydrocity.com).

### Literatuur

- Niet, A. de, de Jonge, J., Korving, J., Langeveld, J., van Nieuwenhuijzen, A. (2012). *Het beste van twee werelden, correctie van neerslagradar op basis van grondstations voor toepassing in stedelijk gebied*. H<sub>2</sub>O online 22 april 2013, 5 pages.
- Dijk, E. van, van der Meulen, J., Kluck, J. en Straatman, J.H.M. (2012). *Vergelijking modelconcepten voor bepalen water op straat. Gevoeligheid voorspelling water op straat voor keuze modelconcept en parameterkeuze*. WT-Afvalwater jaargang 12, nr. 1. Februari 2012.
- Goudenhoofd, E. & Delobbe, L. (2009), *Evaluation of radar-gauge merging methods for quantitative precipitation estimates*. Hydrol. Earth Syst. Sci., 13, 195–203.
- Langeveld, J. en Schilling, E. (2010). 'Extreme' neerslag en riolering in de praktijk: een 'T=10' in Nijmegen in beeld gebracht. H<sub>2</sub>O 23 – 2010, pp. 27-29.
- Langeveld, J., Schilling, E., de Haas, P., en Reijnierse, M. (2009) *Integrale optimalisatiestudie van het afvalwatersysteem in Nijmegen*. H<sub>2</sub>O 10 – 2009, pp. 30-34.
- Luijtelaar, H. van (2013). *Inventarisatie regenwateroverlast in de bebouwde omgeving 2013*. RIONEDreks 17.
- Martin, A. (2011). *Modelling Road Gullies*. In: proceedings of the 2011 International Flood and Modelling Conference.
- Reichard, L., Clemens, F.H.L.R., Lobbrecht, A.H., Hartemink, J.W., Mantje, W., Poortinga, I.M. en Korving, J.L. (2011). *RIONEDreks 16, Neerslaginformatie voor het bebouwde gebied. Stand van zaken en ontwikkelingen*.

Sinclair, S. & Pegram, G. (2005) *Combining radar and rain gauge rainfall estimates using conditional merging*. Atmos. Sci. Let 6: 19-22.

Zuurman, A. (2013). *Rapportage macrospoor Nijmegen-Oost. Onderzoek oorzaken wateroverlast Corduwerstraat en omgeving in de openbare tuimte als gevolg van heftige neerslag 28 juli 2012*. Rapport gemeente Nijmegen 26-04 2013.

Zuurman, A.H.J. en Schilling, J.E. (2009). *Noodweer in Nijmegen op 27 juni 2009. Evaluatie werking riolering, infiltratievoorzieningen en inzicht wateroverlast/water op straat*. Rapport met kenmerk 09.0018118.

## 11 Gilze en Rijen

### *Knelpunten in bebouwd gebied in Gilze en Rijen deels opgelost in landelijk gebied dankzij unieke gezamenlijke aanpak van gemeente en waterschap*

In 2008 trad op meerdere locaties in de gemeente Gilze en Rijen ernstige wateroverlast op. Laaddokken, bedrijventerreinen, een benzinstation, een tunnel en een winkelcentrum liepen daarbij onder water. Omdat er al vaker overlast was geweest, vond de gemeente een structurele aanpak noodzakelijk. Samen met het waterschap koos de gemeente voor een stapsgewijze analyse om tot een integrale gebiedsbenadering te komen. Hierbij zijn zowel rioleringstechnische als waterhuishoudkundige oplossingen in stedelijk en landelijk gebied ontwikkeld en onderzocht. Uniek in de aanpak was de manier waarop is omgegaan met de neerslaggegevens en simulatiemodellen. MWH heeft recente lokale meetdata gebruikt en deze doorgerekend naar een statistische 100-jarige neerslagreeks, zodat de reeds opgetreden klimaatontwikkeling is verwerkt. Dankzij de goede samenwerking tussen gemeente en waterschap zijn knelpunten in bebouwd gebied deels opgelost in landelijk gebied.

| 121

#### **Inhoud**

- 11.1 Aanleiding, doel en aanpak
- 11.2 Situatieschets 2009
- 11.3 Stapsgewijze analyse
- 11.4 Oorzaken wateroverlast
- 11.5 Maatregelen
- 11.6 Ervaringen met maatregelen
- 11.7 Nabeschouwing

#### **Auteur**

ir. Ewald Oude Luttikhuis (MWH), ewald.oudeluttikhuis@mwhglobal.com

#### **In samenwerking met:**

Marius Tigchelaar en Alette Barel (gemeente Gilze en Rijen)  
Kees Peerdeman en Remco van Rijen (waterschap Brabantse Delta)  
Ruud van Ham (Waterblock)  
Sjoerd Dijkstra (MWH)

## 11.1 Aanleiding, doel en aanpak

In 2008 trad op meerdere locaties in de gemeente Gilze en Rijen ernstige wateroverlast op. Laaddokken, bedrijventerreinen, een benzinestation, een tunnel en een winkelcentrum liepen daarbij onder water. Omdat er al vaker overlast was geweest, vond de gemeente een structurele aanpak noodzakelijk. In de gezamenlijke Waternotitie uit 2007 hadden het waterschap Brabantse Delta en de gemeente al een grove raming van het waterbergingsstekort opgenomen en een onderzoek aangekondigd naar de mogelijkheden om samen meer waterberging te realiseren. Beide partijen hebben de Waternotitie destijds bestuurlijk vastgesteld. In het verbrede GRP van 2009 had de gemeente een budget opgenomen voor onderzoek naar en realisatie van maatregelen om de wateroverlast tegen te gaan. Dit project is in 2009 gestart.

122 |

### *Doel*

Het doel van het project is tweeledig:

- Maatregelen op de korte termijn realiseren, waarna maximaal eens per 10 jaar wateroverlast mag optreden (jaarlijkse kans 10%).
- Maatregelen op de lange termijn realiseren, waarna maximaal eens per 100 jaar overlast maar géén schade aan woningen mag optreden. Dit houdt in dat de weg tot aan de voordeurdrempels vol water mag staan.

De herhalingsjijd van 100 jaar sluit aan bij de Europese Richtlijn Overstromingsrisico's en het Bestuursakkoord Water. Voor waterschappen is dit een verplichting, voor gemeenten een vrije keuze.

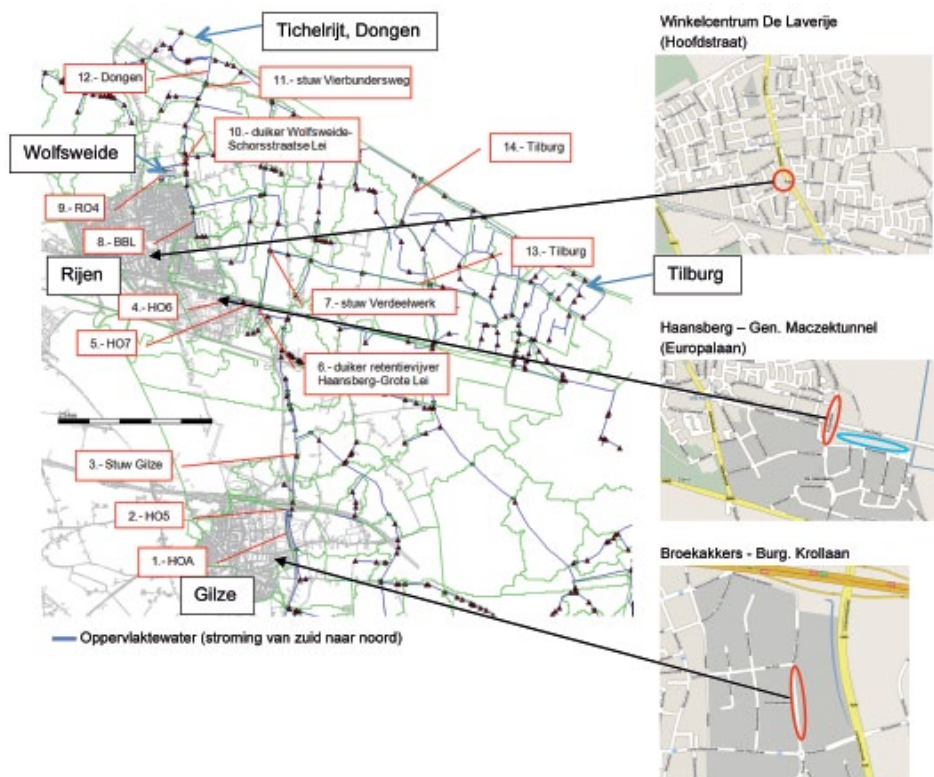
### *Aanpak*

De insteek van gemeente en waterschap was om met een stapsgewijze analyse tot een integrale gebiedsbenadering te komen. Zo kunnen zij de aanwezige voorzieningen optimaal benutten en aanvullende maatregelen zo doelmatig mogelijk kiezen. De analyse bestond in grote lijnen uit: vooronderzoek (locatiebezoek), rioleringstechnisch onderzoek, watersysteemonderzoek, voorontwerp belangrijkste maatregelen en na toetsing maatregelen bijstellen en aanvullen.

In dit artikel beschrijven we eerst de situatie in Gilze en Rijen en de omvang van de opgetreden wateroverlast. Vervolgens lichten we de stapsgewijze aanpak toe, waarbij we specifiek ingaan op de innovatieve manier waarop we met de neerslaggegevens en simulatiemodellen zijn omgegaan. Hiermee onderbouwen we de oorzaken van de wateroverlast en de gekozen maatregelen. Tot slot blikken we terug op onze ervaringen tijdens dit project.

## 11.2 Situatieschets 2009

In figuur 11.1 ziet u links het onderzoeksgebied en rechts detailkaartjes van de overlastlocaties. De retentievijvers op alle drie de locaties zijn via een knijpduiker aangesloten op het regionale oppervlaktewater.



| 123

Figuur 11.1 Het onderzoeksgebied met overlastlocaties (bovenstrooms gebied gedeeltelijk weergegeven).

### A. Gilze Broekackers, Burgemeester Krollaan

De wateroverlast op dit bedrijventerrein bestaat uit water op straat vanuit het gemengde stelsel en het hemelwaterstelsel. Hierbij lopen laaddokken, bedrijventerreinen en het bezinestation onder water. In totaal ligt hier 97,2 ha verhard oppervlak. Naar het oosten en zuiden loopt de maaiveldhoogte op. De riolering voert af naar de retentievijver langs de provinciale weg en via duikers naar de Aalstraatse Leij langs de oostzijde van de provinciale weg.



*B. Rijen Haansberg, Generaal Maczek Spoortunnel, Europalaan*

De 4 m diepe tunnel loopt vol door uitstromend water vanuit het hemelwaterstelsel en afstromend water over het maaiveld. Het gebied aan de westkant van de Europalaan loopt af naar de tunnel. Het aangesloten verharde oppervlak is 56,8 ha.

*C. Rijen2 Centrum, Winkelcentrum De Laverije, Hoofdstraat/Mangrovelaan*

Winkelcentrum De Laverije ligt in het centrum van de kern Rijen aan de Hoofdstraat en Mangrovelaan. Aan de Mangrovelaan loopt water het winkelcentrum in. Het vloerpeil ligt dicht op de weghoogte, waardoor de kans op wateroverlast groot is. In westelijke richting loopt het maaiveld op. Het gemengde stelsel (104,2 ha verharding) voert af naar de overstort in het noorden bij Wolfsweide.

### 11.3 Stapsgewijze analyse

De stapsgewijze analyse bestond uit de volgende stappen:

- 1 Vooronderzoek: Locatiebezoek naar de omstandigheden en mogelijkheden voor hemelwateropvang in de directe omgeving.
- 2 Rioleringstechnisch onderzoek: Onderzoek om oplossingen te vinden voor de wateroverlast in stedelijk gebied. Hierbij hebben we de afstroming over straat in het 1D-rioleringsmodel verwerkt. Ook zijn hierin de retentievijvers opgenomen, vanwege de geconstateerde hoge oppervlaktewaterstanden tijdens de wateroverlast. In deze stap maakte het regionaal oppervlaktewater nog geen deel uit van het onderzoek.
- 3 Watersysteemonderzoek: Om inzicht te krijgen in de wisselwerking tussen riolering, stedelijk en regionaal watersysteem van de Grote Leij, was een innovatieve werkwijze noodzakelijk. Omdat de ruimte ontbrak om waterberging aan te leggen wilden we optimaal gebruik maken van de bestaande bergingscapaciteit. Dat bespaart ook kosten. D.w.z. dat we scherper op de snede ontwerpen en daarvoor hebben we een verfijnder inzicht in de interactie tussen de watersystemen nodig. Normaal wordt uitgegaan van vaste kengetallen om watersystemen op elkaar af te stemmen. Door de te geringe waterberging in stedelijk gebied waren deze kengetallen niet geschikt voor een afstemming. De neerslagafvoer en de frequentie van waterstanden hebben we onder alle omstandigheden (zomer, winter en overgangsperioden) onderzocht. Hierbij hebben we recente neerslaggegevens gebruikt in plaats van de neerslagreeks De Bilt 1955-1964. Recente lokale data geven een betrouwbaarder beeld van de wateroverlastfrequentie.

De berekeningsscenario's zijn:

a Huidige situatie (2009).

b Plansituatie met maatregelenpakket 1.

c Plansituatie met maatregelenpakket 2 (bijstelling en aanvulling na stap 4).

De resultaten hebben we inzichtelijk gemaakt met overstromingsrisicokaarten, die

bij de herhalingstijden 10 jaar en 100 jaar de gebieden aangeven waar water op maaiveld is te verwachten. Ten slotte hebben we een extremewaardenanalyse van de rekenresultaten uitgevoerd om eenvoudig te kunnen aflezen hoe vaak extreme waterstanden voorkomen.

- 4 Voor drie belangrijke maatregelen is een voorontwerp opgesteld om de haalbaarheid te toetsen en snelle realisatie mogelijk te maken. In de eerstvolgende berekening hebben we het voorontwerp getoetst, zodat we de maatregelen beter konden uitwerken en nauwkeuriger in het model konden verwerken.

### *Innovatieve aanpak*

Het innovatieve aan deze analyse is vooral de manier waarop we met de neerslaggegevens en simulatiemodellen zijn omgegaan.

| 125

### *Gebruikte neerslagbelasting*

Voor dit project hebben we lokale neerslaggegevens 1995-2005 (uursommen) van KNMI-meetstation Vliegbasis Gilze-Rijen gebruikt met klimaatontwikkeling vanaf 1960 tot nu. Met lokale neerslaggegevens komen de berekende en in de praktijk ervaren overlastfrequenties beter met elkaar overeen. Voor dit project was al in 2008 gekozen om lokale en recente neerslaggegevens te gebruiken, omdat dit eenduidiger is uit te leggen naar bestuur en burgers. Bij langjarige historische reeksen komen de klimaatontwikkelingen niet of onvoldoende in de reeks tot uiting.

De ambitie is 'aanpassen aan de klimaatontwikkeling die met zekerheid is opgetreden'. Hiervoor moeten we een 100-jarige neerslagreeks hebben die het klimaat van de periode 1995-2005 bevat (de periode van de gebruikte KNMI-uursommen). Als we alleen meetwaarden zouden gebruiken, lopen we achter de feitelijke ontwikkeling aan. Om over een 100-jarige lokale neerslagreeks te beschikken, moeten we de meetdata 1995-2005 dus tot een statistische 100-jarige reeks bewerken. Hierbij is de toekomstige klimaatontwikkeling niet meegenomen, omdat de omvang en snelheid hiervan nog te onzeker zijn.

### *Lokale gegevens 'uitrekken'*

Bovengenoemde 10-jarige gemeten neerslagreeks (1995-2005) hebben we op een voor Nederland unieke manier in een speciaal ingeregeld statistisch model (Poisson-verdeling) uitgerekt tot 100 jaar. Dit is gebeurd met behulp van een 'random generator'. Deze zorgt voor een willekeurige opeenvolging van regenintensiteiten met eenzelfde kansverdeling als de 10-jarige gemeten neerslagreeks. Door de langere lengte van de reeks komen ook zeldzamere intensiteiten voor, zodat alle neerslagpatronen in de werkelijk optredende frequentie in de reeks zijn opgenomen. De gebruikte parameters hebben we afgeleid uit de gemeten neerslag en de gegenereerde reeks is en passend gemaakt op de gemeten

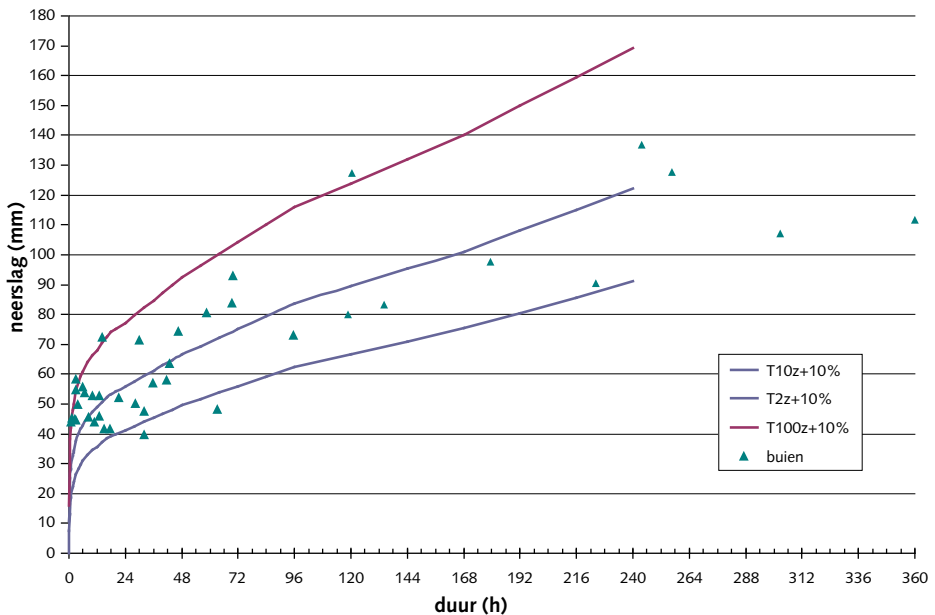
neerslagreeks. Dit 'uitrekken' is vastgelegd in een programma TSR-sim (Time Series Rainfall simulations), zodat we er zeker van zijn dat de statistische bewerkingen juist worden uitgevoerd. Dit programma is gebaseerd op werk van HR Wallingford, MET office, MWH en Imperial College voor het UKWIR Project CL 10 (Climate Change and the Hydraulic Design of Sewerage Systems). Hierbij hebben we de uursommen volgens een statistisch afgeleide verdeling gesplitst in vijfminutensommen. De daarbij gebruikte kansverdeling is ontleend aan de gemeten neerslag. De kansverdeling is daardoor specifiek voor Gilze en Rijen en voor de meetperiode.

### Mogelijke overlastperioden

De 100-jarige neerslagreeks is opgedeeld in perioden waarin de neerslag eventueel tot overlast kan leiden. Dit zijn er 47. De tussenliggende droge periode is minstens zo lang dat de Grote Leij de voorgaande vertraagde neerslagafvoer van onverhard oppervlak heeft afgevoerd.

### Beperkt rekenwerk

Het rekenwerk hebben we beperkt op basis van simulaties uit de 47 neerslagperioden. Er is gekozen voor 20 buien op basis van de resultaten en omdat de interactie tussen de watersystemen en de riolering bij 1x per 5 jaar (dus 20 buien in 100 jaar) belangrijk wordt, neerslagperioden te selecteren met de hoogste waterstanden in de retentievij-



Figuur 11.2 Overzicht 47 grootste neerslagperioden Vliegbasis Gilze-Rijen met regenduurlijnen (De Bilt+10%).

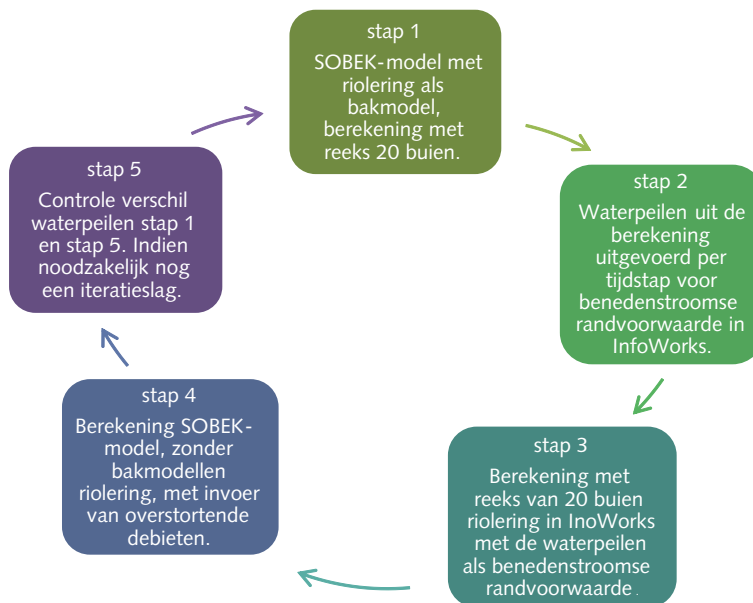
vers. Hierbij is geen onderscheid gemaakt tussen seizoenen. Dat kan ook niet in een statistisch samengestelde neerslagreeks, omdat de neerslagperioden niet zijn gekoppeld aan datum en tijd. Alle belangrijke neerslagperioden hebben we doorgerekend. De ruimte tussen het snel reagerende stedelijke systeem en het langzamer reagerende landelijke systeem is automatisch in de simulaties verwerkt. Deze ruimte is te benutten door daarop gerichte maatregelen te treffen.

### *Integraal simuleren riolering en watersysteem*

We hebben onderzocht of de beschikbare modellen voor oppervlaktewater (SOBEK) en riolering (InfoWorks) gelijktijdig konden draaien, waarbij in elke rekenstap de resultaten van het andere model worden gebruikt (Open MI). Hiervoor bleek SOBEK nog niet voldoende geschikt te zijn.

| 127

Het oppervlaktewatersysteem hebben we doorgerekend met het gekalibreerde SOBEK-model dat het waterschap heeft aangeleverd. Dit model houdt rekening met grondwaterstanden en verzadiging van de bodem. De riolering hebben we doorgerekend met het InfoWorks-model dat MWH eerder voor de gemeente heeft opgesteld. Hiermee zijn tijdrovende hermodellering en kalibratie in InfoWorks voorkomen. Gemeente en waterschap kunnen verder met hun eigen model.



Figuur 11.3 Randvoorwaarden uit SOBEK gebruikt in rioleringsmodel van Gilze.

De twee modellen werken perfect samen via de methode in figuur 11.3. Hierbij hebben we gewerkt met twee steeds na elkaar draaiende modellen, die na enkele herhalingsstappen bijna gelijke resultaten geven voor debiet (verschil tot 5,1%) en volume (verschil tot 2,3%). Elke minuut is een rekenresultaat overgezet naar het andere model ter plaatse van elke overstort.

## 11.4 Oorzaken wateroverlast

Uit de analyse komen de volgende oorzaken van de wateroverlast naar voren:

- In het Basisrioleringsplan had de gemeente al (op basis van herberekening en naverkenning) vastgesteld dat de uitbreiding van het verharde oppervlak een oorzaak van wateroverlast is.
- Lokale detaillering van aansluitleidingen, hoogteligging en vloerpeilen:
  - Te klein hoogteverschil tussen weg en vloer (bij winkelcentrum; C in figuur 11.1).
  - Het richting de tunnel aflopende wegdeel van de Europalaan is groter dan de tunnelbak en hierop is de pompcapaciteit niet berekend (B).
  - Uit kolken in het wegdeel dat naar de tunnelbak afloopt, stroomt door de lage ligging water richting tunnel, terwijl de kolken juist water zouden moeten afvoeren (B).
- Lokaal laag maaiveld (plaatselijk Burgm. Krollaan (A)).
- Hoge waterstanden in de retentievijvers leiden tot verdrongen overstorten en belemmeren de afvoer van de riolering. De geringe stroomsnelheid en opstuwning in de riolering bevestigen dit. Uit rioleringsberekeningen met vrije afvoer van de overstorten blijken de hoeveelheden water op straat veel lager zijn. Uit het rioleringsonderzoek is gebleken dat zonder verlaging van de oppervlaktewaterwaterstanden geen oplossing mogelijk is voor de wateroverlast.
- Volgens de waarnemingen van de buitendienst speelt bij de tunnel in de Europalaan (B) aanvoer over maaiveld vanaf het licht hellende gebied ten westen van de Europalaan een belangrijke rol. Dit is bevestigd met het rioleringsmodel, waarin we de retentievijvers en de afstroming over het maaiveld hebben opgenomen.
- De oorzaak van wateroverlast in het winkelcentrum (C) in Rijen is een combinatie van opstuwning in de riolen naar de overstort bij Wolfsweide en de hoge waterstand in de retentievijver. Dit komt door uitbreiding van verhard oppervlak in de loop der jaren. De waterstanden zijn ook hoger doordat de gemeente de stuwdrempel die de eerste retentievijver met de tweede verbindt hoger instelt dan de oorspronkelijke ontwerpwaarde. Hierdoor is de tweede vijver minder vaak in gebruik. Dit is gunstig voor de waterkwaliteit, wat van belang is omdat de tweede retentievijver nu als visvijver fungeert.

*Berekeningsresultaten huidige situatie*

- Bij de retentievijvers komt eens per 10 jaar water op maaiveld voor (zie ook figuur 11.5 in paragraaf 11.5).
- De wateroverlastfrequentie in de praktijk komt overeen met de berekeningsresultaten van de integrale modellering met de neerslagreeks (zie ook tabel 11.2 in paragraaf 11.5). Met de huidige stedelijke waterberging (situatie 2009) komt eens per 2 jaar wateroverlast voor. Om dit te verbeteren naar eens per 10 jaar, zou volgens de gebruikelijke berekeningsmethoden met waterbalansberekeningen circa 7 ha extra waterberging nodig zijn.
- Hoge oppervlaktewaterstanden belemmeren de afvoer van de overstorten, waardoor water op straat optreedt.

| 129

**11.5 Maatregelen**

Uit het vooronderzoek bleek dat in de directe omgeving geen mogelijkheden waren om water bovengronds op te vangen. Op basis van het rioleringsonderzoek is te stellen dat de gebruikelijke rioleringstechnische maatregelen de overlast beperken tot herhalings tijden van 5 jaar, mits geen terugstuwning plaatsvindt. Gebruikelijke riolerings-technische maatregelen zijn:

- afkoppelen van circa 5% verhard oppervlak en infiltreren in de bodem;
- aanpakken van specifieke riooltracés met hoge opstuwings, lokale verliezen in de overstortput en afloopleiding.

Verder bleek uit het vooronderzoek dat de voor de hand liggende afvoer van water op straat naar groenvoorzieningen niet haalbaar is. Dit komt door de aanzienlijke afstand naar groenvoorzieningen en de lage vloerpeilen op het tracé ernaartoe. In het geval van de Gen. Maczek tunnel (B in figuur 11.1) ligt de retentievijver naast de tunnel, maar raakt de retentie volledig gevuld. Water over de straat afvoeren naar laag gelegen gronden of oppervlaktewater is dus geen oplossing omdat die al vol water staan.

In het kader van het Bestuursakkoord Water ligt er ook een opgave voor de retentievijvers en zijn we op zoek naar maatregelen die de waterstanden in de retentievijvers beneden maaiveld houden (1 x per 100 jaar) en de afvoer van de riolering niet belemmeren. Duidelijk is dat de retentievijvers te klein zijn en/of de afvoer uit de vijvers te gering. Zolang dit het geval is, is het vergroten van riolen niet effectief. Samenwerking tussen gemeente en waterschap is daarom essentieel om tot een optimalisatie te komen. Als bestaande waterberging buiten de bebouwde kom te benutten is, is dat goedkoper dan extra waterberging realiseren in de riolering of in oppervlaktewater in het stedelijk gebied. Bovendien is nieuwe berging in het buitengebied per m<sup>3</sup> bijna altijd goedkoper dan waterberging in het stedelijk gebied en in de riolering. Daarom hebben we als

onderzoeksgebied gekozen voor het totale stroomgebied van de Grote Leij tot aan Dongen. In Dongen bevindt zich wel een benedenstroomse wateroverlastlocatie, die niet negatief mag worden beïnvloed.

De noodzakelijke oplossingsrichtingen liggen dus in het oppervlaktewater:

- vergroten retentievijvers;
- verlagen waterpeil;
- vergroten afvoer uit retentievijvers;
- combinatie bovenstaande oplossingen.

In eerste instantie is het vergroten van de retentievijvers onderzocht. Dit bleek in Rijen mogelijk, maar bood geen volledige oplossing. In Gilze is geen mogelijkheid gevonden.

130 |

#### *Belangrijkste maatregelen per locatie*

- Gilze – Broekakkers (A):
  - Aanleg afvoerduiker 2.000 mm x 1.000 mm naar de Aalstraatse Leij. De benedenstroomse stuw bepaalt de verdere afvoer en de waterstanden.
  - Herprofilering Grote Leij over circa 500 m ter hoogte van de vliegbasis (gerealiseerd).
  - Voor verdere maatregelen wordt gedacht aan een peilverlagening en/of aanleg van natuurvriendelijke oevers in het kader van de te realiseren ecologische verbindingzone.
- Rijen – Haansberg (B):
  - Verlagen overstortdrempel en hemelwaterriolering van aanliggende percelen rechtstreeks aansluiten op de retentievijver.
  - Beschermen tunnel tegen inlopend water over straat.
  - Vergroten wateroppervlak retentievijvers met 3.400 m<sup>2</sup> (toename 48%).
  - Verlagen peil in retentievijvers met 0,30 m.
  - Vergroten afvoerduiker naar de Grote Leij van Ø 500 mm naar Ø 1.000 mm.
  - Debietsbegrenzing stuw direct bovenstrooms van de retentievijver Haansberg beperkt de benedenstroomse waterstanden en compenseert gedeeltelijk de extra afvoer vanuit Haansberg.
  - Bovenstrooms van deze stuw stijgt de waterstand door de versnelde afvoer uit Gilze en in beperkte mate door de debietsbegrenzing. Hier is het graven van 2.200 m<sup>3</sup> waterberging opgenomen, maar is ook behoefte aan extra wateroppervlak of het ophogen/beschermen van een landbouwkavel.
- Rijen - Centrum en Wolfswende (C):
  - Aanleg ondergrondse berging circa 500 m<sup>3</sup> aan de Mangrovelaan (gerealiseerd). De vuldrempel is hoog gekozen om alleen neerslagpieken op te vangen.
  - Herinrichting park Wolfswende (gerealiseerd): afgraven 9.200 m<sup>3</sup> met 0,9 m tot NAP+ 5,40 m. Daarnaast afgraven 7.700 m<sup>2</sup> dat ongeveer eens per 30 jaar 0,10 m onderloopt. Afvoerduikers en afvoersloot verruimen.



- Aanleg retentievijver van 6.500 m<sup>2</sup> noordelijk van Wolfsweide (gerealiseerd). De vijver loopt vertraagd leeg.
- Debietsbegrenzing stuw Vierbundersweg om hogere waterstanden in Dongen te voorkomen.
- Aanleg parallelriool over 100 m naar riooloverstort op vijver, omdat terugstuwing uit de retentievijver niet volledig weg is.

### Effecten van maatregelen

Tabel 11.1 geeft de berekende waterstanden weer, tabel 11.2 de berekende wateroverlastfrequenties.

Tabel 11.1 Hoogtegegevens en berekeningsresultaten van de 100-jarige neerslagreeks.

| Waarden in m NAP+                   | Gilze Broekakkers<br>(A)<br>huidig   plan |       | Rijen Haansberg<br>(B)<br>huidig   plan |      | Rijen Wolfsweide<br>(C)<br>huidig   plan |      | Dongen<br>Tichelreit<br>huidig   plan |      |
|-------------------------------------|-------------------------------------------|-------|-----------------------------------------|------|------------------------------------------|------|---------------------------------------|------|
| Maaiveldhoogte                      | 10,90                                     | 10,90 | 8,00                                    | 8,00 | 6,20                                     | 6,30 | 6,20                                  | 6,20 |
| Hoogte overstortdrempe              | 9,65                                      | 9,65  | 7,44                                    | 7,44 | 4,80                                     | 4,80 | –                                     | –    |
| Hoogte stuwdrempe<br>benedenstrooms | 9,20                                      | 9,20  | 6,30                                    | 6,30 | 4,10                                     | 4,10 | –                                     | –    |
| Max. waterstand<br>1 x per 2 jaar   | 10,08                                     | 10,08 | 7,21                                    | 6,64 | 4,73                                     | 4,53 | 3,55                                  | 3,57 |
| Max. waterstand<br>1 x per 10 jaar  | 11,37                                     | 10,97 | 8,30                                    | 7,35 | 6,24                                     | 5,93 | 3,95                                  | 3,89 |
| Max. waterstand<br>1 x per 100 jaar | 11,63                                     | 11,21 | 8,58                                    | 7,78 | 6,61                                     | 6,30 | 4,07                                  | 4,05 |

| 131

Tabel 11.2 Samenvatting wateroverlastfrequenties.

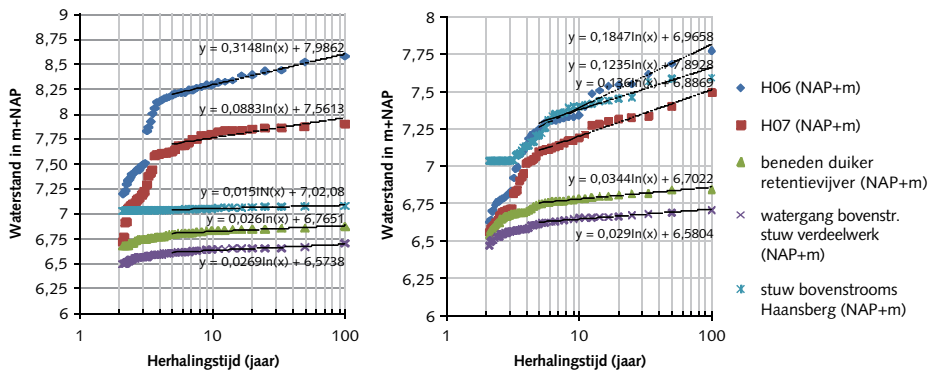
| Locatie                                                                                              | Huidige<br>situatie<br>(praktijk<br>-ervaring) | Huidige<br>situatie<br>(berekend<br>w.o.s.) | Plansituatie<br>(berekend<br>w.o.s.) | Toelichting                                            |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------|---------------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------------------------|
| B. Rijen – Haansberg: Generaal Maczek<br>tunnel (Europalaan)                                         | 1x per 3 jaar                                  | 1x per 3 jaar                               | 1x per 12 jaar                       | Direct<br>wateroverlast                                |
| C. Rijen – Centrum: Winkelcentrum de<br>Laverije (Mangrovelaan)                                      | 1x per 2 jaar                                  | 1x per jaar                                 | 1x per 10-12<br>jaar                 | Direct<br>wateroverlast                                |
| A. Gilze – Broekakkers: Bedrijventerrein<br>en benzinestation (Burg. Krollaan)<br>Meerdere bedrijven | 1x per 1 jaar<br>1x per 3 jaar                 | 1x per 2 jaar<br>1x per 3 jaar              | 1x per 8 jaar<br>1x per 10 jaar      | Direct<br>wateroverlast<br>schade bij<br>0,10 m w.o.s. |
| Dongen – Tichelreit waterstanden:<br>hoger dan NAP+ 3,95 m<br>hoger dan NAP+ 4,00 m                  | Niet<br>beschikbaar                            | 1x per 10 jaar<br>1x per 20 jaar            | 1x per 14 jaar<br>1x per 50 jaar     | Niveaus<br>mogen niet<br>vaker worden<br>overschreden  |

w.o.s. = water op straat

Uit tabel 11.1 blijkt duidelijk dat de waterstanden in de retentievijvers door de maatregelen dalen. Bij 1 x per 10 jaar is geen water op maaiveld meer berekend bij Haansberg (B) en Wolfswiede (C). Bij Broekkackers (A) is nog water op maaiveld berekend, ondanks dat hier zo veel mogelijk water wordt afgevoerd. Volgens de overstromingsrisicokaart leidt de grotere afvoer niet tot water op maaiveld in een groter gebied. De maatregelen zijn zodanig gekozen dat de waterstanden benedenstrooms van Haansberg (B) niet voor méér overlast zorgen.

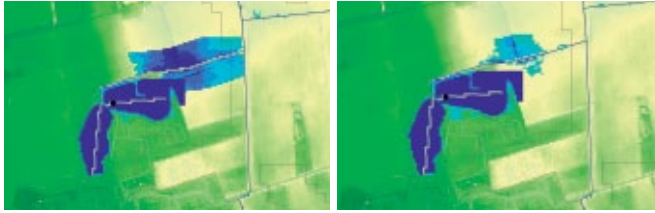
De effecten op de berekende waterstanden per herhalingstijd komen duidelijk naar voren in de extremewaardenanalyse. Figuur 11.4 geeft deze weer voor de locatie Rijen – Haansberg (B), zowel voor de westelijke (met overstort HO6) als de oostelijke vijver (met overstort HO7). De twee grafieken betreffen de huidige en geplande situatie en bevatten al de 47 neerslagperioden om de nauwkeurigheid te vergroten. De horizontale as van de grafiek geeft de herhalingstijd weer en de verticale as de te verwachten waterstand. Door de logaritmische schaal van de horizontale as is met de best passende rechte lijn door de berekende waterstanden ook van tussenliggende herhalingskansen de waterstand af te lezen. Deze lijn koppelt een statistisch juiste waterstand aan een herhalingstijd, waardoor we niet meer afhankelijk zijn van een specifieke bui die net boven of net onder de lijn ligt. De extremewaardenanalyse geeft geen grote verschillen in berekende waterstanden met de resultaten van de 20 neerslagperioden in tabel 11.1. De selectie van 20 buien geeft dus een goed beeld. Dergelijke grafieken zijn ook voor afvoerdebieten te maken.

In de overstromingsrisicokaarten (zie figuur 11.5) is het verschil in overstroomd gebied te zien vanuit het oppervlaktewatersysteem bij de herhalingstijd van 10 jaar. In Broekkackers (A) leidt de grotere afvoer niet tot meer inundatie bij de benedenstroomse stuw. De waterstand eens per 10 jaar bij deze stuw stijgt van NAP+ 9,82 tot 9,86 m. Bij Wolfswiede (C) is het onderlopende gebied zo goed als beperkt tot de vijvers zelf. Bij Haansberg (B) is geen inundatie meer berekend.

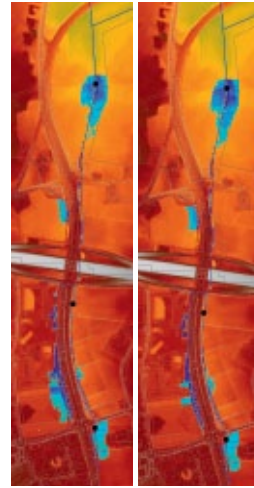


Figuur 11.4 Extremewaardenanalyse waterstand Rijen-Haansberg in huidige (links) en plansituatie (rechts).

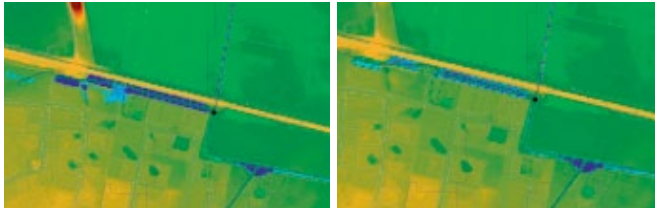
C. Rijen - Wolfsweide



A. Gilze - Broekkakers

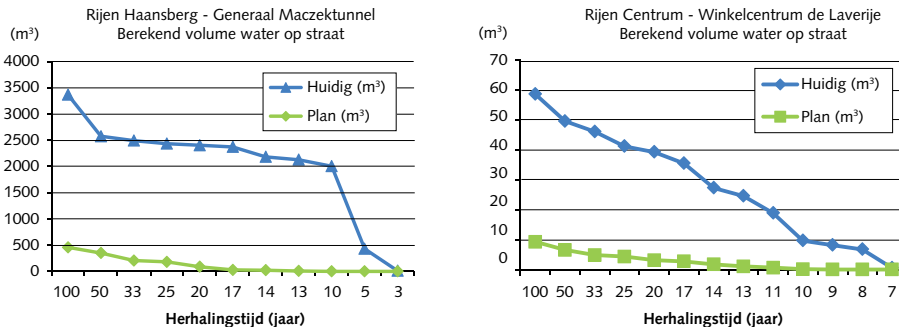


B. Rijen - Haansberg



Figuur 11.5 Overstromingsrisico 1 x per 10 jaar in landelijk gebied huidige situatie (links) en plansituatie (rechts).

Figuur 11.6 geeft de berekende volumes van water op straat weer.



Figuur 11.6 Berekende volumes water op straat Gen. Maczektunnel (B) en winkelcentrum de Laverije (C).

## 11.6 Ervaringen met maatregelen

De bergingskelder bij het winkelcentrum (C) is in het voorjaar van 2012 aangelegd met het watershell-principe van Waterblock, vanwege de beperkte uitvoeringsduur en de uitvoering met het afzinken van de kelder. Deze uitvoeringstechniek kreeg de voorkeur, vanwege de beperktere risico's voor de nabij gelegen op staal gefundeerde bebouwing in vergelijking met traditionele uitvoering. Tijdens het voorontwerp is de berging ongeveer 10% verkleind wegens nabijgelegen op staal gefundeerde bebouwing, inpassing tussen de kabels en leidingen, en de detaillering. Deze verkleining leidde in de daaropvolgende

berekeningsslag niet tot een ongunstiger rekenresultaat, omdat gelijktijdig de gunstiger inrichting van de retentievijver Wolfsweide (C) in het model is opgenomen.

Na aanleg is bij de bui van 27/28 juli 2013 (31 mm in 1 uur, ongeveer overeenkomend met bui 9 uit de Leidraad riolering) geen wateroverlast opgetreden. Zonder de bergingskelder was dit wel verwacht.



Figuur 11.7 Aanleg bergingskelder Winkelcentrum de Laverij (C) in Rijen, 2011.

Inmiddels zijn ook de afkoppelprojecten uit het Basisrioleringsplan gerealiseerd en zijn de retentievijvers in Wolfsweide aangepast. De instroming in de Maczek tunnel in Haansberg is door aanpassingen in de directe omgeving beperkt en de retentievijvers zijn vergroot, maar de duikers nog niet. Dit houdt verband met de nog te verlenen watervergunning. De proceduurtijd hiervan loopt (situatie sept 2013). Deze is langer dan gebruikelijk, omdat het waterschapsbestuur eerst moet instemmen met het benutten van waterberging voor stedelijk gebied in bestaande watergangen in het buitengebied. De uitvoering is in 2014 gepland. In Gilze worden varianten voor het voorontwerp onderzocht, die misschien goedkoper te realiseren zijn of een gunstiger effect hebben. Uitvoering vindt niet plaats in de eerste helft van 2014.

## 11.7 Nabeschouwing

- De gekozen integrale aanpak van riolering en stedelijk en regionaal oppervlaktewater zorgt voor een beter inzicht. De resultaten zijn eenduidig te interpreteren en transparant te presenteren door het gebruik van neerslagreeksen, overstromingsrisico-kaarten en extremewaardenanalyses.
- De omvang van het rekenwerk valt mee. Het aantal berekeningen in de ontwerpfase is met 20 neerslagperioden maar twee keer groter dan ontwerpbuien voor zomer- en wintersituatie bij 5 herhalingstijden. Dit is zeker de moeite waard, omdat deze methode veel meer inzicht verschaft en eenduidiger is.
- Door integraal met regenreeksen alle optredende neerslagomstandigheden met InfoWorks en SOBEK te simuleren, is aangetoond dat een zwaardere belasting van het regionale watersysteem en een betere benutting van bestaande berging mogelijk

is zonder negatieve benedenstroomse gevolgen. De maximale afvoeren van landelijk en stedelijk gebied vallen niet volledig samen. Slechts op enkele punten is sprake van een toename van waterstanden, hiervoor worden beperkte compenserende maatregelen opgesteld.

- De ledigingstijd van de retentievijvers is een belangrijk aandachtspunt. De kans op wateroverlast door opeenvolging van buien kan toenemen als de vijvers niet tijdig leeg zijn. Als de waterstromen van stedelijk gebied te langzaam afvoeren, gaan deze meer overlappen met de afvoer van landelijk gebied met hogere waterstanden tot gevolg. Deze berekeningsmethode maakt dit soort effecten inzichtelijk.
- Na correctie voor de toename van verhard oppervlak blijkt klimaatontwikkeling een belangrijke invloed te hebben op de overstortingsvolumes en wateroverlast. Bij andere projecten kwam een aanzienlijke toename in overstortingsvolumes en wateroverlast naar voren bij gebruik van de neerslagreeks 1995-2005 ten opzichte van de neerslagreeks 1955-1964, onder andere door opeenvolging van buien (zie artikel Rekenen op robuuste RTC-regeling rioolstelsel, E.H.J. Oude Luttikhuis, Vakblad Riolering, oktober 2013). De 100-jarige neerslagreeks in dit project is gebaseerd op de gemeten neerslagreeks 1995-2005, dus de klimaatontwikkeling tussen 1960 en 2005 is volledig meegenomen. Dit is bij het gebruik van historische neerslag niet mogelijk.
- De neerslagreeks 1995-2005 geeft ook inzicht in de door klimaatontwikkeling toegenomen overstortingsvolumes en daarmee vuilemissie. Dit kan van belang zijn in verband met de resultaatsverplichting van de KRW en om voorgenomen maatregelen in dat kader te beoordelen.
- In de berekeningen hebben we nog geen rekening gehouden met de nog te verwachten klimaatontwikkeling en toename van verhardingen. De gemeente compenseert toename van verharding in nieuwe gebieden door extra waterberging aan te leggen en in bestaande gebieden door verhard oppervlak af te koppelen. Maatregelen om de toekomstige klimaatontwikkeling op te vangen, stelt zij in de toekomst vast als minder onzekerheid is over de omvang van de klimaatontwikkeling.
- Het oorspronkelijk geschatte ruimtegebruik voor stedelijke waterberging van circa 7 ha is teruggebracht tot circa 3,9 ha door de aanwezige bergingscapaciteit in het regionale watersysteem optimaal te benutten voor regionale en stedelijke waterberging samen.
- Uit een globale kostenvergelijking van maatregelen blijkt dat circa 1 miljoen euro aan uitvoeringskosten is bespaard door de nauwkeuriger berekeningswijze en door de bestaande waterberging in het landelijke gebied te benutten voor stedelijke waterberging. De meerkosten van de studie zijn in vergelijking hiermee verwaarloosbaar.
- Het toepassen van een innovatieve berekeningssystematiek kost doorlooptijd in het project. Dit was het zeker waard, omdat het project heeft geleid tot een betere samenwerking, optimaal gebruik van bestaande infrastructuur en een belangrijke kostenbesparing.

## C Ruimtelijke inrichting

- In een Amerikaans-Nederlandse samenwerking is voor **New Orleans** het eerste waterplan voor stedelijk gebied in de VS ontwikkeld. Maatregelen hierin zijn onder meer het slim koppelen van de stroomgebieden, het creëren van ruimte voor water door het ondergrondse stelsel open te maken en het benutten en vasthouden van hemelwater op eigen en openbaar terrein.
- Een onderzoeksteam van de Hogeschool van Amsterdam heeft onderzocht hoe **gemeenten** kunnen anticiperen op extreme neerslag in de stad. Tijdige afstemming met andere beheerders van de openbare ruimte en met bewoners blijken belangrijke succesfactoren.
- In het centrum van **Rotterdam** hebben gemeente en waterschap gezamenlijk veel extra bergingsruimte gecreëerd, zowel onder- als bovengronds. Het gekozen maatregelenpakket beperkt de regenwateroverlast in het centrum en maakt tegelijkertijd de stad aantrekkelijker.



12 New Orleans (VS)

13 Gemeenten

14 Rotterdam



## 12 New Orleans

### *Nieuwe, integrale en duurzame aanpak in New Orleans (VS)*

Na orkaan Katrina in 2005 is het zogenaamde Orkaan en Stormschade Risico Reductie System rondom New Orleans verbeterd met versterkte dijken en stormvloedkeringen. Daarbinnen is het stedelijk watersysteem gebaseerd op directe hemelwaterafvoer. Dit heeft invloed op de stedelijke hydrologie van New Orleans. Door gebrek aan berging in de directe leefomgeving kan de stad het teveel aan hemelwater in het natte orkaan-seizoen (half jaar vanaf september) niet kwijt. Hierdoor ontstaat ernstige wateroverlast. De andere helft van het jaar is het juist erg droog, met als gevolg inklinking van de slappe moeras-ondergrond. In een Amerikaans-Nederlandse samenwerking is in september 2013 het Waterplan New Orleans gepresenteerd. Dit eerste waterplan voor stedelijk gebied in de VS stelt een integrale en duurzame aanpak van stedelijk waterbeheer en ruimtelijke ontwikkeling voor.

#### **Inhoud**

- 12.1 Aanleiding en doel
- 12.2 Ontstaan New Orleans en hemelwatersysteem
- 12.3 Waterbeheerders in New Orleans
- 12.4 Situatieschets: stelsel, regenintensiteit en wateroverlast
- 12.5 Berekeningen hydraulisch functioneren
- 12.6 Maatregelen en scenario's
- 12.7 Vervolgonderzoek en nader uit te werken maatregelen
- 12.8 Conclusies en leerpunten

#### **Auteurs**

ir. Nanco Dolman (Royal HaskoningDHV), [nanco.dolman@rhdhv.com](mailto:nanco.dolman@rhdhv.com)

dr. ir. Frans van de Ven (Deltares / TU Delft), [frans.vandeVen@deltares.nl](mailto:frans.vandeVen@deltares.nl)

## 12.1 Aanleiding en doel

Net als Nederland ligt New Orleans in een deltagebied (zie figuur 12.1, links). De oude kern ligt op een oeverwal, maar grote delen van de stad zijn gebouwd in voormalig moerasgebied. Groot verschil met Nederland is het klimaat en de orkanen die in de Mississippi-delta aan de kust van Louisiana voorkomen. In 2005 werd de regio zwaar getroffen door orkaan Katrina. De storm was een combinatie van een opgestuwde zee-spiegel, een hoge waterstand in de Mississippi-rivier en hevige regen. Op verschillende plekken braken de dijken door, met als gevolg grote overstromingen op de East Bank, ofwel het noordelijke deel van de stad.

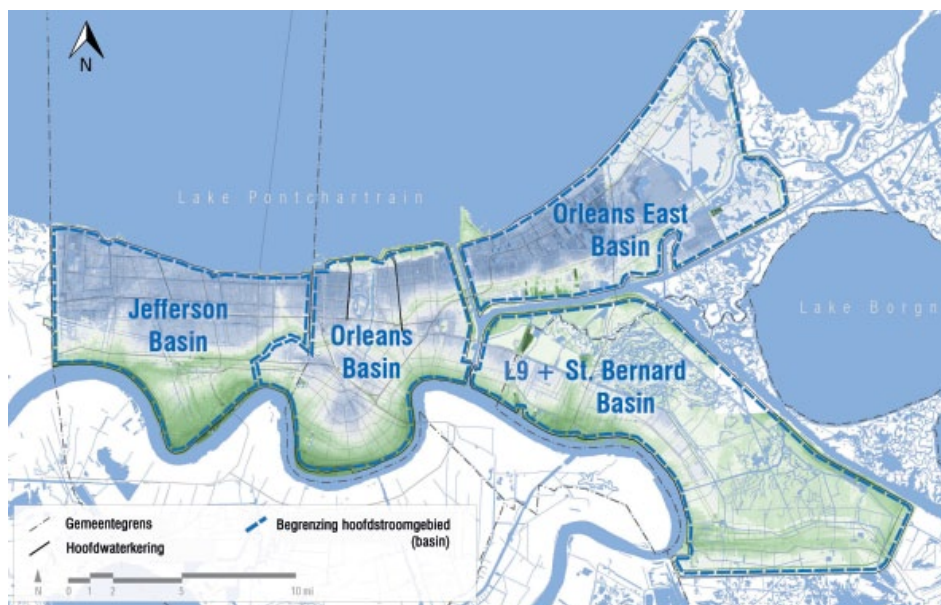


Figuur 12.1 New Orleans in de Mississippi-delta (links) en het Orkaan en Stormschade Risico Reductie System (rechts), bron: US Army Corps of Engineers, 2013.

Onder leiding van het United States Army Corps of Engineers (USACE, vergelijkbaar met Rijkswaterstaat in Nederland) en met hulp van Nederlandse waterbouwwerfing werd in de periode 2006-2012 het Orkaan en Stormschade Risico Reductie System rondom New Orleans verbeterd met versterkte dijken en stormvloedkeringen (zie figuur 12.1, rechts). De stad is hierdoor aanzienlijk beter beschermd tegen hoog water vanuit zee en tegen hoge waterstanden van de rivier de Mississippi. Het Orkaan en Stormschade Risico Reductie System kan een storm tegenhouden met een herhalings-tijd van eens per 100 jaar (T100).

In het stedelijk gebied binnen de dijken was echter nog geen aandacht besteed aan het beheer van hemel-, grond-, afval-, drink- en oppervlaktewater. De East Bank kent vier deelgemeenten: Jefferson Parish, Orleans Parish, Orleans East Parish en St. Bernard Parish. Elke deelgemeente vormt een hoofdstroomgebied (of “basin”, zie figuur 12.2).

New Orleans heeft een gescheiden riool. Het hemelwaterstelsel is gebaseerd op de directe en snelle afvoer van hemelwater. Dit heeft invloed op de stedelijke hydrologie van New Orleans. Door gebrek aan berging in de directe leefomgeving kan de stad het



Figuur 12.2 Projectgebied met vier hoofdstroomgebieden ("basins"), bron: Waggonner & Ball Architects, 2013.

teveel aan hemelwater in het natte orkanseizoen (half jaar vanaf september) niet kwijt. Hierdoor ontstaat met grote regelmaat ernstige wateroverlast. De andere helft van het jaar is het juist erg droog, met inklinking en zettingsschade aan huizen, wegen en andere infrastructuur tot gevolg.

### Doel

Gericht op het realiseren van een waterrobuust en leefbaar New Orleans is in 2008 gestart met het Dutch Dialogues-initiatief. Dit is een dialoog tussen ontwerpers en hydrologen, gericht op verbetering van de stad én haar waterbeheersing. Dit initiatief is als kans gezien voor economische groei en het verhogen van de leefbaarheid. In 2011 heeft de economische regiogemeente (GNO Inc.) opdracht gegeven om het Waterplan New Orleans op te stellen. Belangrijke onderdelen hiervan waren: analyse van het stedelijk watersysteem, het ontwikkelen van scenario's en het testen van maatregelen. Op 6 september 2013 is het Waterplan New Orleans officieel gepresenteerd.

Voor ons lijkt New Orleans ver weg en oogt de problematiek daar totaal anders dan die hier. Toch is de essentie van de uitdagingen daar gelijk aan die in Nederland. De stad ligt in een polder; zeer zware regenbuien treffen het gebied; er is onvoldoende berging en geen helling om het water af te voeren; bovendien is een groot deel van de stad gebouwd op het veen. En door de grote drooglegging klinkt dat snel in, met grote schade tot gevolg. Een integrale aanpak – dus inclusief stedelijke herinrichting – is nodig om de situatie te verbeteren.

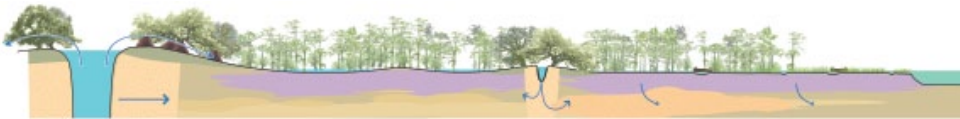
## 12.2 Ontstaan New Orleans en hemelwatersysteem

Het hemelwaterafvoersysteem in New Orleans is ontstaan tijdens de aanleg van de plantages in de 19e eeuw (zie figuur 12.3). Het gebied is van nature een echt deltagebied met de Mississippi, stroompjes, moerasbossen en nat grasland. New Orleans is ontstaan op de hoger gelegen oevers van de rivier. Buiten de stad zijn destijds plantages gesticht. Om het land droog te krijgen, werd een ont- en afwateringssysteem aangelegd. Afwatering vond onder vrij verval plaats via zogenaamde uitlaatkanalen naar Lake Ponchartrain aan de noordkant van de stad.

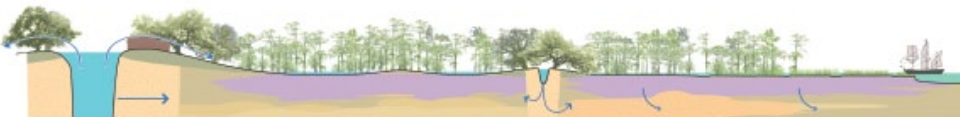
Met het verder groeien van de stad en de ontwatering klinkte de veenhoudende bodem verder in en kwam het maaiveld steeds lager te liggen. Vanaf 1899 kregen de uitlaatkanalen de eerste pompen om de stad droog te houden. In de loop van de 20e eeuw is de capaciteit van dit hemelwaterafvoersysteem steeds verder uitgebreid en voorzien van meer pompen (zie figuur 12.4) en grotere afvoerkanalen. De grootste pompstations hebben een capaciteit van 200 tot 300 m<sup>3</sup> per seconde, vergelijkbaar met het grootste pompstation in Nederland, in IJmuiden (geïnstalleerde pompcapaciteit 250 m<sup>3</sup>/s).

| 141

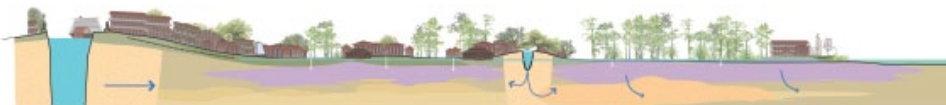
Circa 1000 – natuurlijk deltaland



Circa 1718 – nederzetting op de rivieroever



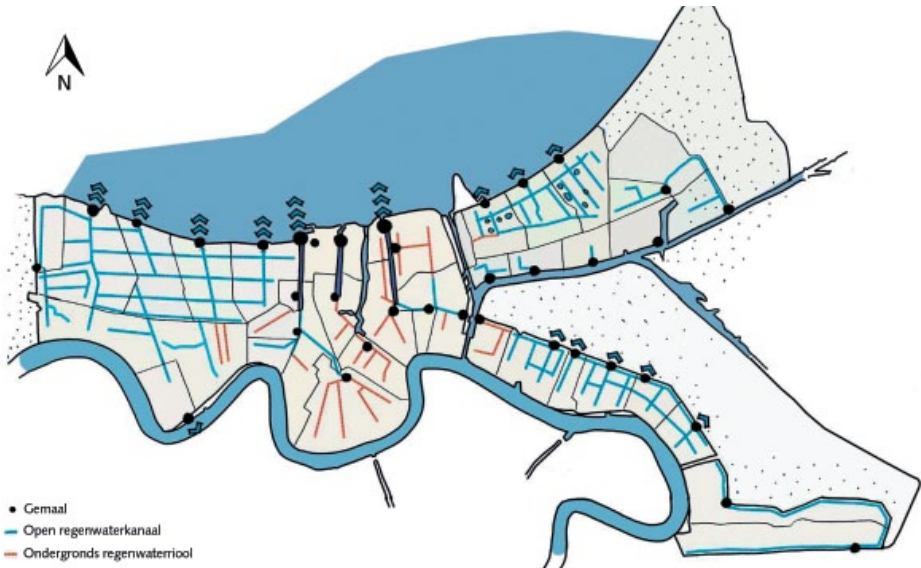
Circa 1895 – drooglegging van het moerasland



Circa 2000 – polderstad ingeklemd tussen rivier en zee



Figuur 12.3 Historische ontwikkeling New Orleans en afvoer hemelwater, bron: H+N+S, 2013.



Figuur 12.4 Schematische weergave van het huidige hemelwaterafvoersysteem in New Orleans, bron: bron: Waggonner & Ball Architects, 2013.

Met de toename van stedelijke druk en gemotoriseerd verkeer zijn in de centrale stad veel kanalen en hemelwaterriolen ondergronds gebracht en overkluisd. Vaak zijn deze riolen zo breed als de straat en zo hoog dat je er met een vrachtwagen in zou kunnen rijden. En vanwege de ouderdom zijn veel hemelwaterriolen lek. Hierdoor voert het systeem niet alleen hemelwater af, maar ook grondwater. Dit heeft tot gevolg dat de ontwatering en inklinking van de stad blijven doorgaan. Als onderdeel van het Southeast Louisiana (SELA) rioleringsverbeteringsprogramma worden lokaal kanalen vervangen en soms ook verruimd.

### 12.3 Waterbeheerders in New Orleans

Het waterbeheer binnen de dijken en keringen verschilt per deelgemeente. In Orleans Parish en Orleans East Parish ligt het beheer bij het waterbedrijf Sewerage and Water Board of New Orleans, een organisatie die qua taakstelling enigszins vergelijkbaar is met Waternet in Amsterdam. Naast de productie en distributie van drinkwater en de zuivering van afvalwater zorgt dit bedrijf voor afvalwater- en hemelwaterafvoer. De andere twee deelgemeenten hebben een eigen afdeling voor riolering en hemelwaterafvoer. Grondwaterzorg of -beheer is in New Orleans niet geregeld.

Orleans Parish telt drie uitlaatkanalen. Deze kanalen zijn vergelijkbaar met een boezemsysteem in of rond een polder, maar dan in de stad. Vóór Katrina in 2005 stonden de uitlaatkanalen in open verbinding met Lake Ponchartrain. Als onderdeel van het Orkaan en





Figuur 12.5 Afsluiter en pompstation (interim) 17th Street uitlaatkanaal, bron: US Army Corps of Engineers, 2008.

Stormschade Risico Reductie System hebben deze kanalen afsluiters en grote gemalen gekregen (zie figuur 12.5), waardoor de kanalen in feite boezemwater werden. Deze zijn nog steeds in beheer van het USACE.

#### 12.4 Situatieschets: stelsel, regenintensiteit en wateroverlast

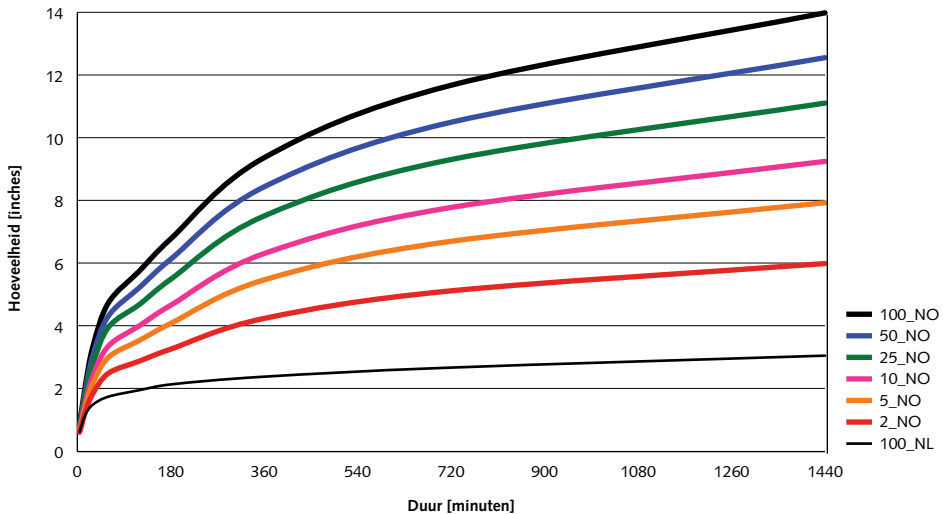
Het projectgebied telt bijna 1,2 miljoen inwoners en heeft een oppervlakte van ruim 36.500 hectare. Het grenst in het zuiden aan de Mississippi, in het noorden aan Lake Ponchartrain, in het westen aan Duncan Canal en in het oosten aan Lake Borgne.

##### *Major en minor system*

In de VS houden ze bij het ontwerp van hemelwatersystemen rekening met afvoer over straat, tussen de trottoirbanden. Dat noemen ze het 'major system'. Het hemelwaterrioolstelsel zelf is het 'minor system'. Dit stelsel is gedimensioneerd op een afvoercapaciteit gebaseerd op een bui die eens in de tien jaar voorkomt (T10). In de jaren 70 van de 20e eeuw was dit 8,5 inch of 216 mm in 24 uur. Inmiddels is dat 9,7 inch of bijna 250 mm in 24 uur. Bovendien wordt tot 8 inch (ruim 200 mm) water op straat niet gezien als wateroverlast.

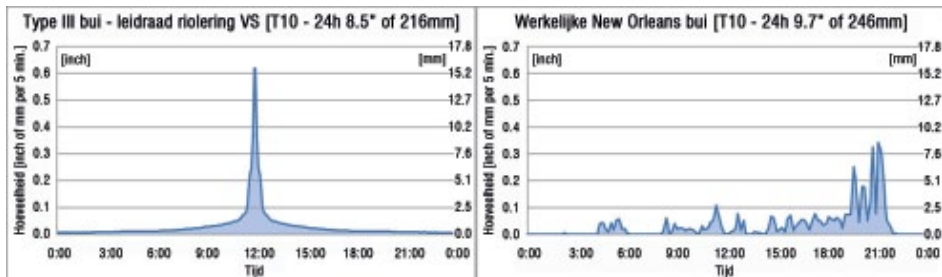
### Regenintensiteit

Figuur 12.6 geeft de regenduurlijnen voor New Orleans weer. Jaarlijks valt er gemiddeld 1.500 mm neerslag, ongeveer twee keer zo veel als in Nederland. New Orleans kent een duidelijk nat half jaar gedurende het orkaanseizoen (vanaf september) en een droog half jaar. Maar de regenintensiteit in New Orleans is tien keer groter dan bij ons. De T100-regenduurlijn voor Nederland (onderste lichtgrijze lijn in figuur 12.6) benadert in New Orleans de T1-regenduurlijn.



Figuur 12.6 Regenduurlijnen New Orleans (1953-2007) T2 – T100 en regenduurlijn Nederland T100 (Royal HaskoningDHV, 2012)

Bij de T10-afvoernorm voor het hemelwatersysteem is een fictieve ontwerpbui te gebruiken (zie figuur 12.7). Deze is verschillend voor drie typen neerslagregio's in de Verenigde Staten. New Orleans ligt in een type III-regio. De ontwerpbui stamt uit



Figuur 12.7 Ontwerpbui T10 type III (Department of Transportation, 2001) en een werkelijke T10-bui New Orleans (Royal HaskoningDHV, 2012)



de jaren 70 van de 20e eeuw en laat een zeer korte, duidelijke piek zien met een enorm hoge intensiteit. Inmiddels zijn meer relevante, lokale neerslagdata beschikbaar voor berekeningen.

### *Wateroverlast*

Regelmatig treedt in New Orleans wateroverlast op. Ondanks de T10-afvoercapaciteit kan het hemelwatersysteem de (tijdelijk) hoge intensiteit niet aan, met als gevolg water op straat (zie figuur 12.8). Hellende straten in de wijken langs de rivier (oeverwal) versterken de overlast. Aan de voet van deze straten stroomt veel water over het oppervlak naar de dieper gelegen polderdelen van de stad.



Figuur 12.8 In New Orleans treedt regelmatig wateroverlast op straat op, bron: Waggonner & Ball Architects, 2011.

De Amerikanen onderkennen dat de capaciteit van het minor system (het hemelwaterstelsel) eindig is. Voor de situatie bij extreme neerslag hebben ze normen voor het functioneren van het major system. In een hoofdstraat bijvoorbeeld moet bij een T25-bui nog minimaal één rijbaan begaanbaar zijn (American Iron and Steel Institute, 1999).

## 12.5 Berekeningen hydraulisch functioneren

Voor het Waterplan New Orleans is het functioneren van het hemelwatersysteem in New Orleans in beeld gebracht door:

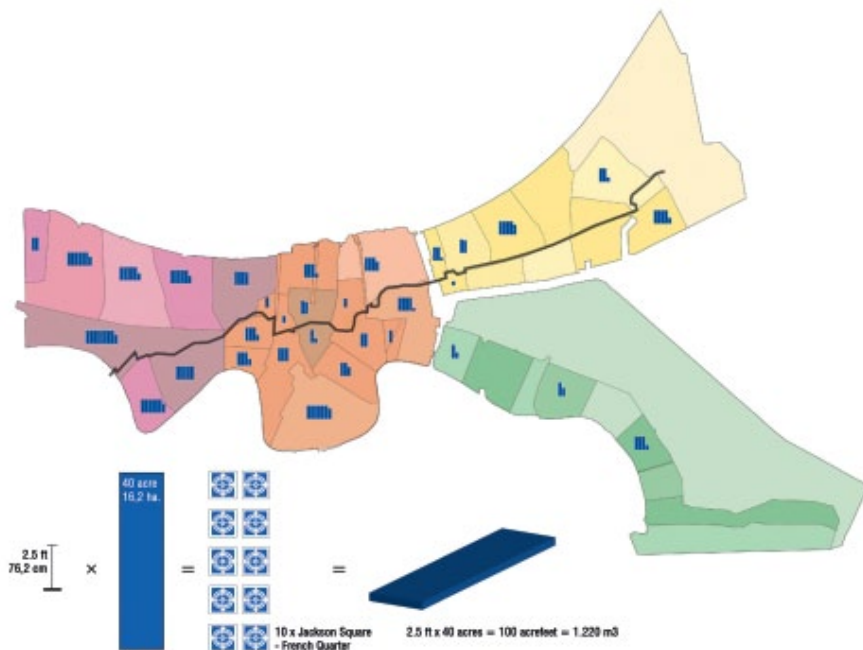
- een conceptuele waterbalans op te stellen;
- zogenaamde bergings-afvoercharacteristieken op te stellen;
- een afvoercontrole in het hydraulische Storm Water Management Model (SWMM) uit te voeren.

Het SWMM is een Amerikaans rekenmodel voor hemelwaterbeheersing in de stad (US Environmental Protection Agency). Het bevat onder andere een hydrologische en een hydraulische module.

146 |

### Waterbalans

Vanuit de gebiedsanalyse is het hemelwatersysteem geschematiseerd in vier hoofdstroomgebieden (zie figuur 12.2) en 44 substroomgebieden als bakjes voor de waterbalans. Uitgangspunt is de huidige pompcapaciteit. De waterbalans is vooral een controle op voldoende waterberging en het optreden van water op straat. Passend bij de afvoernorm van het huidige stelsel is vervolgens de benodigde hoeveelheid extra waterberging bepaald. Dit is de stedelijke wateropgave (zie figuur 12.9).



Figuur 12.9 Stedelijke wateropgave op basis van T10-bui in New Orleans, bron: Royal HaskoningDHV, 2013.

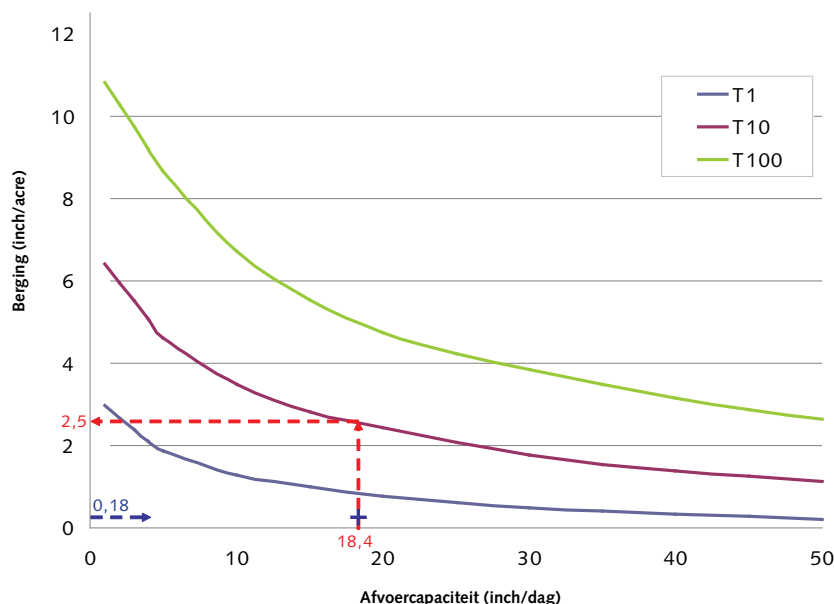
Het in beeld brengen van de stedelijke wateropgave was een belangrijke mijlpaal in het opstellen van het waterplan. Voor het eerst is het watersysteem integraal benaderd, niet beperkt tot institutionele of beheergrenzen. Bovendien kregen de ontwerpen hiermee maat en schaal. Nu was het mogelijk om scenario's en de te nemen maatregelen te ontwikkelen.

### *Bergings-afvoercharacteristieken*

Wateroverlast is een resultaat van de neerslagafvoersituatie. Om de herhalingstijd van wateroverlast te bepalen, is statistiek 'achteraf' nodig, ongeacht de buien. Daarom is de waterbalans-berekening in New Orleans uitgebreid, waarbij is doorgerekend met een 50-jarige neerslagreeks (1953-2007). De uitkomst is een 50-jarige reeks te bergen hoeveelheden water.

| 147

Met behulp van statistiek is uit de reeks te bergen hoeveelheden water de T10-bergings-behoefte bepaald. Vervolgens zijn te bergen hoeveelheden water berekend voor verschillende stedelijke typologieën, uiteenlopend van villawijken tot vrijwel volledig verharde industrieterreinen en centrumgebieden. Per typologie is een bergings-afvoercharacteristiek bepaald (zie figuur 12.10). Dit geeft vooral ontwerpers en planners inzicht in de hoeveelheid waterberging waarmee ze rekening moeten houden op een specifieke projectlocatie.



Figuur 12.10 Bergings-afvoercharacteristiek voor grondgebruik bedrijventerrein in New Orleans (voorbeeldlocatie Elmwood, een industrieterrein dat vrijwel volledig is verhard), bron: Royal HaskoningDHV, 2013.

In figuur 12.10 is af te lezen dat bij de huidige afvoercapaciteit van 18,4 inch/dag de benodigde berging 2,5 inch is; dat is heel wat meer dan de aanwezige 0,18 inch. Wateroverlast komt hier – en benedenstreams van dit industrieterrein – dan ook met grote regelmaat voor. Ook maakt de grafiek duidelijk dat de wateropgave niet veel kleiner wordt bij vergroting van de afvoer(pomp)capaciteit. Alleen meer berging in het gebied kan soelaas bieden.

### Afvoercontrole

Terwijl de waterbalans en bergings-afvoercharacteristieken zijn ingezet voor het bepalen van de wateropgave, zijn de hydraulische en hydrologische effecten van de scenario's en maatregelen in het hydraulische rekenmodel (SWMM) bepaald. Doel van de modelberekeningen is het onderbouwen van het hydraulisch functioneren van het toekomstige watersysteem, zodat dit voldoet aan de gestelde (hydraulische) uitgangspunten.

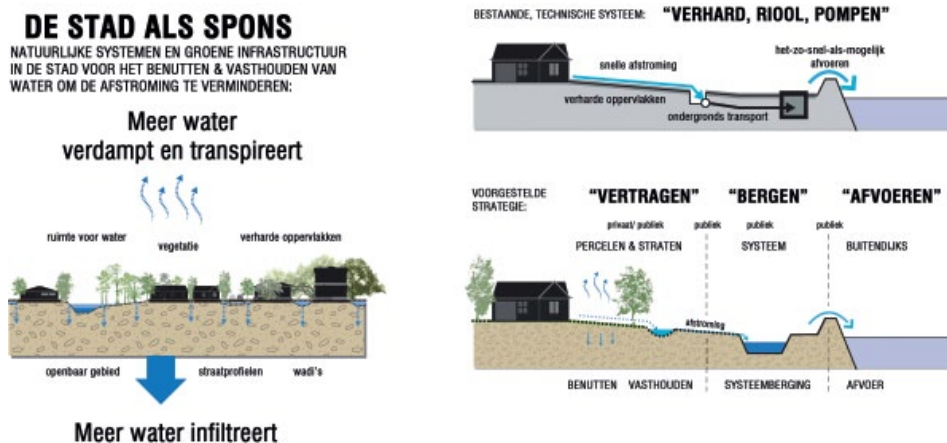
148 |

De volgende (controle)berekeningen zijn uitgevoerd:

- 1 Controle op de afvoer en van de opstuwing van het afwateringssysteem.
- 2 Controle op het optreden van wateroverlast (inundatie).

## 12.6 Maatregelen en scenario's

Het huidige watersysteem van New Orleans is gericht op het zo snel mogelijk afvoeren van het water. Geïnspireerd door Nederlandse ervaring en gegeven de bergings-afvoercharacteristieken is in het Waterplan New Orleans onderzocht welke maatregelen voor het vasthouden, benutten, (tijdelijk) bergen en vertragen geschikt zijn. Dit Nederlandse Vasthouden-Bergen-Afvoeren-beginsel is overgenomen als 'leven met water'-principes (zie figuur 12.11), vertaald naar New Orleans. De Amerikanen noemen deze maatregelen



Figuur 12.11 New Orleans als spons door inzetten 'leven met water'-principes, bron: H+N+S, 2013.

ook wel Best Managing Practices (BMP's) voor Low Impact Development (LID) of Green Infrastructure.

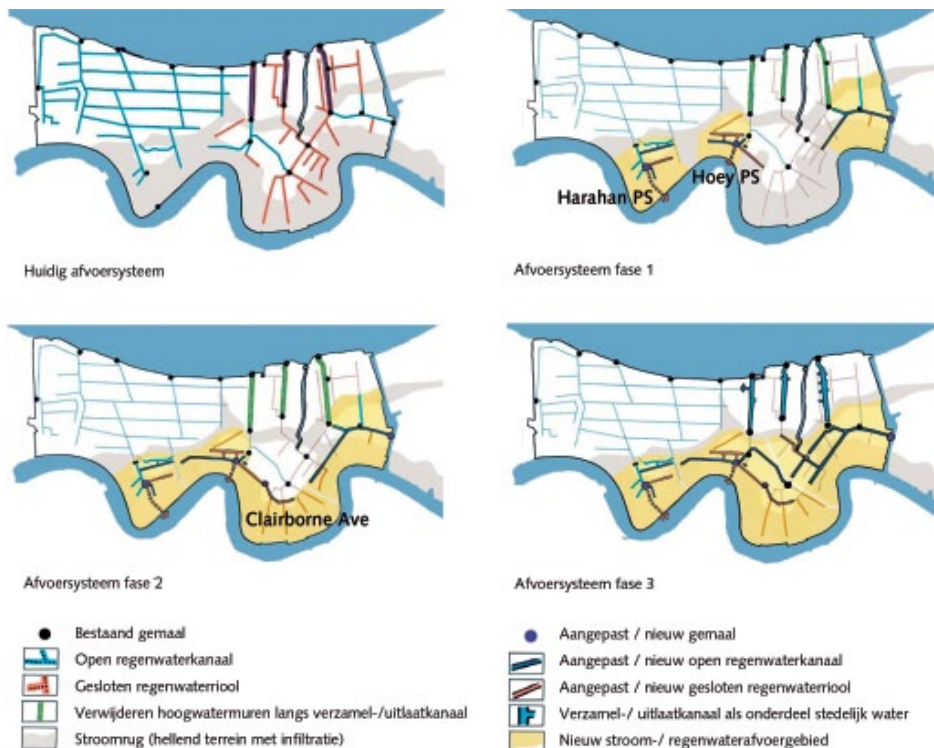
De effectiviteit van de 'leven met water'-principes in maatregelen op kleinere schaal wordt bepaald door de basis: het hemelwatersysteem zelf. In het waterplan zijn daarom scenario's ontwikkeld waarbij is uitgegaan van het op orde krijgen en houden van het hemelwaterafvoersysteem. Maatregelen in het systeem bestaan onder meer uit:

- onderhoud en vervanging;
- het slim koppelen van stroomgebieden;
- het creëren van ruimte voor water door het openmaken van het ondergrondse stelsel;
- realiseren van berging op open kavels, langs straten, in parken, op golfterreinen en dergelijke.

| 149

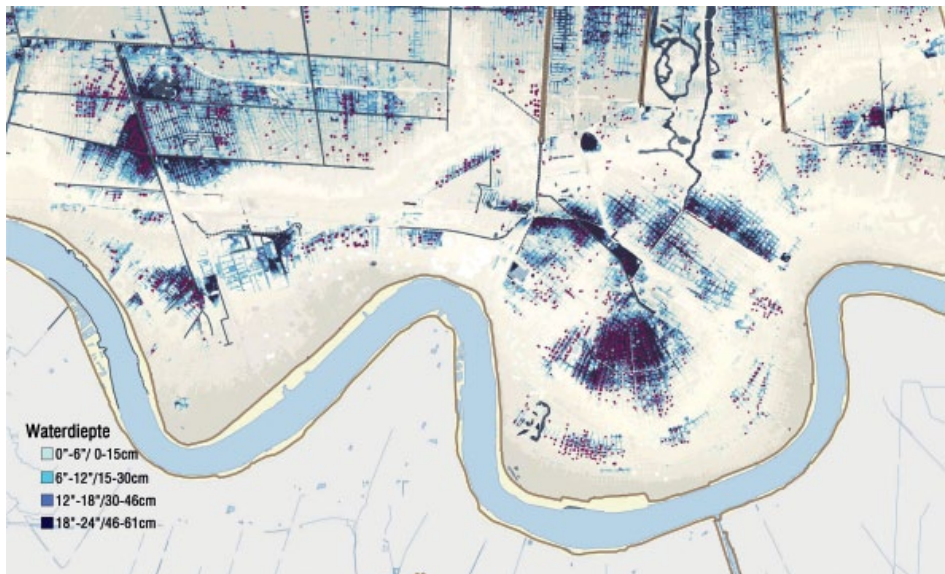
### Toelichting voorstel

In de hoofdstroomgebieden Jefferson en Orleans gaat het voorstel het meest ver (zie figuur 12.12). Deze gebieden hebben ook het grootste aandeel ondergrondse hemelwaterriolen, water is er niet zichtbaar in de stad.



Figuur 12.12 Opbouwende scenario's voor het hemelwaterafvoersysteem in stroomgebieden Jefferson en Orleans, bron: H+N+S, 2013.





Figuur 12.13a Water-op straatkaart voor de New Orleans T10-bui in de bestaande situatie.



Figuur 12.13b Water-op straatkaart voor de New Orleans T10-bui in de voorgestelde fase + BMP's.  
Bron kaarten: HaskoningDHV, 2013.

De afvoer in Jefferson Basin en Orleans Basin vindt nu plaats naar Lake Ponchartrain in het noorden, ook van het zuidelijke deel van dit gebied. Om het hemelwater over die afstand door de stad te kunnen afvoeren zijn enkele tussenpompstations nodig. Deze pompstations zijn te ontlasten door het hemelwater ook naar de Mississippi af te voeren.

Gestart is met de aanleg van het 1e pompstation dat gaat afvoeren naar de Mississippi: Harahan in Jefferson. Het tweede pompstation Hoey aan de oostelijke rivieroever is in voorbereiding (zie plaatje fase 1 in figuur 12.12). Deze nieuwe pompstations zijn bovendien met elkaar te verbinden langs Claiborne Avenue (zie fasen 2 en 3 in figuur 12.12). Deze avenue loopt parallel aan de rivier en ligt onder aan de stroomrug van de rivier.

Daarnaast is het effect onderzocht van het aanbrengen van BMP's zoals:

- infiltratievoorzieningen;
- doorlatende verharding;
- bestemmingsplanvoorschriften om het aandeel verharding te beperken en het gebruiken en vasthouden van water bij de woning te stimuleren. Een soort wadi's in de tuin, of zoals de Amerikanen ze noemen: raingardens.

De effecten van de verschillende scenario's zijn onderzocht in het SWMM. De uitkomsten in waterniveaus op straat en in de riolen en kanalen zijn vergeleken met de hoogteligging. Zo is de water-op-straatsituatie ruimtelijk geïllustreerd in verschillende kaarten (zie figuren 12.13a en 12.13b). Duidelijk zichtbaar zijn de waterpeilen in het open afvoersysteem en de waterdiepten in de straten.

Zoals is op te maken uit Figuur 12.13b leveren de voorgestelde maatregelen een aanzienlijke verbetering van de situatie maar nog niet oplossing die overal voldoet.

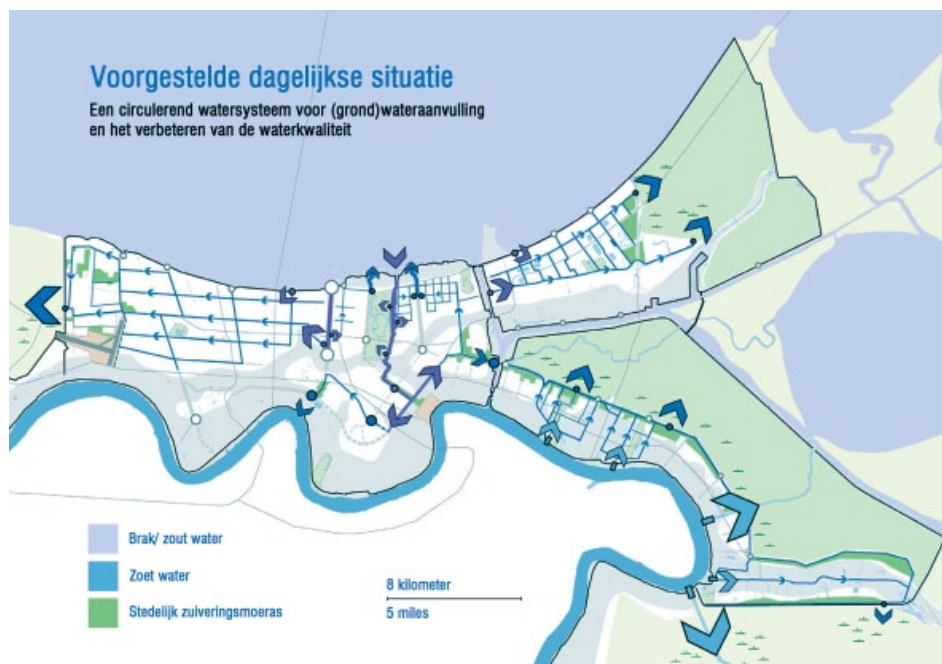
## 12.7 Vervolgonderzoek en nader uit te werken maatregelen

De voorgestelde waterhuishoudkundige ingrepen hebben grote gevolgen voor de ruimtelijke inrichting van het gebied. Het Waterplan New Orleans geeft inzicht in het huidige functioneren van het hemelwaterafvoersysteem, presenteert een visie en stelt maatregelen voor. Deze inrichtingsmaatregelen zijn nader uitgewerkt in verschillende pilot- en demonstratieprojecten. Het ontbreekt nog aan veel kennis en inzicht, zoals het verloop van freatisch grondwater en infiltratietesten. Ook bevat het waterplan ideeën om het huidige, handmatig bediende hemelwaterafvoersysteem doelmatiger te maken. In droge perioden zijn waterpeilen in de kanalen hoog te houden om te voorkomen dat de grondwaterstanden diep uitzakken en de bodem snel daalt. Verder is gedacht aan de koppeling met een netwerk van regenmeters en onderlinge afstemming tussen pompstations.



### *Beheersing grondwater*

In New Orleans bestaat geen grondwaterzorg of -beheer. De bodemdaling als gevolg van de venige ondergrond is op veel plaatsen in de stad meer dan 3 cm/jaar. En dat terwijl de drooglegging in veel grachten meer dan 2-3 meter is! Met het Waterplan New Orleans is het besef gegroeid dat de stad het inklinken van het maaiveld tijdens het droge half jaar moet tegengaan. Hiervoor is een grondwatermonitorsplan voorgesteld. Een ander voorstel is om het freatische grondwater beter op peil te houden via flexibel peilbeheer.

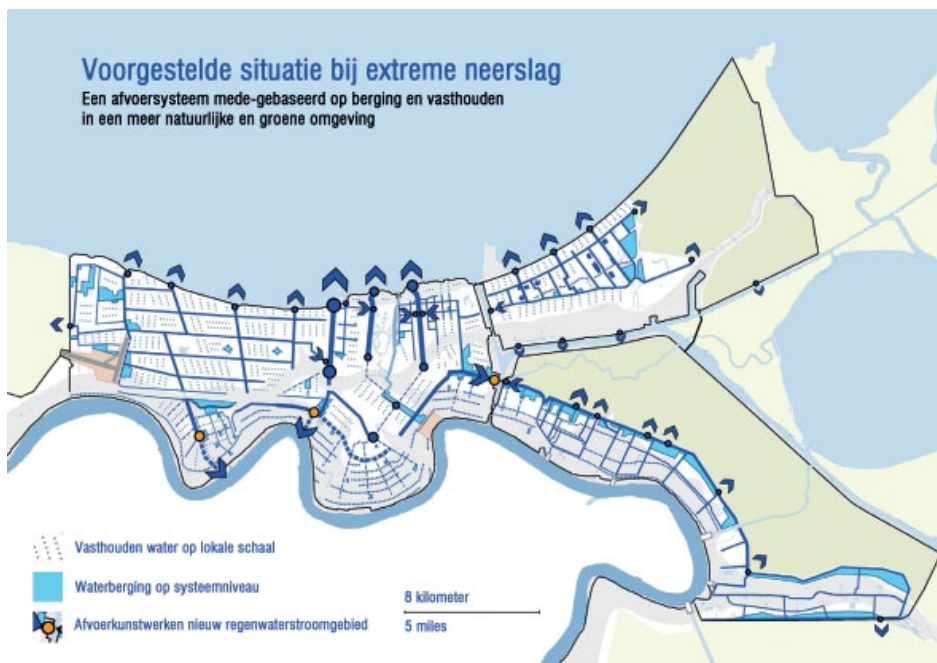


Figuur 12.14 Wateraanvoer voor beheersing grondwaterstanden en tegengaan inklinking in droge tijd, bron: Waggonner & Ball Architects, 2013.

Figuur 12.14 geeft de voorgestelde situatie in perioden van droogte weer. Door de waterpeilen in de grachten flink te verhogen en gebiedseigen water te circuleren, is het inlaten van gebiedsvreemd water zo veel mogelijk beperkt. Hierdoor behoudt het water zijn kwaliteit en vermindert het verdrogen of inklinken van de ondergrond.

### *Realtime sturing afvoersysteem*

Als extreme neerslag of een orkaan wordt verwacht, is sturing van het watersysteem nodig om ruimte te maken voor grote hoeveelheden hemelwater. Het huidige systeem is volledig handbediend. Door de sturing te automatiseren, is het hemelwatersysteem



Figuur 12.15 Sturing in waterafvoersysteem in voorgestelde situatie bij extreme neerslag, bron: Waggonner & Ball Architects, 2013.

effectiever in te zetten (zie figuur 12.15) en tijdens calamiteiten op afstand te bedienen. Dit betekent dat de verschillende waterbeheerders nauwer moeten gaan samenwerken. Ook kan New Orleans overwegen om het meten van debieten en waterstanden naar het systeem uit te breiden. Dan is een realtimecontrolesysteem (RTC-systeem) te ontwikkelen.

## 12.8 Conclusies en leerpunten

In een door orkanen geteisterd gebied heeft New Orleans regelmatig te maken met wateroverlast in de stad. Terwijl het hemelwaterafvoersysteem al is gedimensioneerd op een T10-afvoer en een water-op-straatsituatie bij een T25-bui. De regenintensiteit in New Orleans is tien keer groter dan in Nederland. Bovendien is de stad deels gebouwd in een moeras dat nu als polders wordt bemalen. Bodemdaling leidt er tot grote schade.

### *Leven met water*

Meer dan 100 jaar geleden begon New Orleans met de aanleg van haar gescheiden rio-lering. Het hemelwatersysteem kenmerkt zich door extreem hoge afvoercapaciteiten en een fors gebrek aan bergingscapaciteit. Dit drukt enorm op de technische betrouw-baarheid en brengt zeer hoge kosten voor beheer en onderhoud met zich mee. Het besef groeit dat New Orleans niet droog blijft door de afvoercapaciteit steeds verder te



Figuur 12.16 Toekomstig watersysteem voor een duurzaam en dynamisch New Orleans, bron: H+N+S, 2013.

vergroten. In het stedelijk gebied binnen de dijken moet meer ruimte voor hemelwater komen. Bovendien is het hemelwater te benutten als bron voor zoet water en grondwateraanvulling in droge tijd, wat veel voordelen oplevert (zie figuur 12.16). In de stad moet meer groen komen om de leefbaarheid te verhogen en tegelijkertijd ruimte te maken om overtollig hemelwater op te vangen. Daarnaast moet schade aan funderingen, wegen en riolering worden beperkt door het inklinken van het maaiveld te verminderen.

#### *Van inspannings- naar resultaatverplichting?*

Bij het ontwerp van hemelwatersystemen in de VS onderkennen de Amerikanen dat de capaciteit van het hemelwaterrioolstelsel (minor system) eindig is. Bij het ontwerp houden ze ook rekening met afvoer over straat, tussen de trottoirbanden (major system). Deze gedachte is ook voor de Nederlandse situatie interessant. Onze water-op-straat ontwerp-buien impliceren een inspanningsverplichting. Gebaseerd op de Amerikaanse gedachte moeten we wellicht aan een resultaatverplichting gaan denken met een maaiveldcriterium voor wateroverlast op straat. In New Orleans moet in een hoofdstraat bijvoorbeeld bij een T25-bui nog minimaal één rijbaan begaanbaar zijn.

#### *Meer detailniveau data en parameters*

De Amerikaanse rioolberekeningen zijn nog weinig verfijnd en vooral gericht op hydraulisch functioneren. Gelet op de ophanden zijnde omslag in het omgaan met

hemelwater in de Amerikaanse stad, zal ook het hydrologisch functioneren meer aandacht vragen. Bij het ontwerpen van maatregelen voor het vasthouden en bergen van hemelwater in de stad, is meer detailniveau nodig, zoals lokale neerslagdata en (geo) hydrologische parameters. De verbetering van het modelinstrumentarium zoals die in Nederland gaande is zou ook voor de VS een voorbeeld kunnen zijn.

### *Integratie in ruimtelijke planvorming*

Het Waterplan New Orleans is het eerste (integrale) stedelijk waterplan in de VS. De waterhuishoudkundige analyses en berekeningen die in dit artikel zijn samengevat vormden de basis voor stedelijke herinrichtingsplannen; voor acht gebieden zijn die tot op pilot-niveau uitgewerkt. En in het uiteindelijke plan – te downloaden op [www.livingwithwater.com](http://www.livingwithwater.com) – staat de herinrichting van de stad voorop. Een herinrichting die nodig is om de stad waterrobuust te maken, maar vooral ook om de economische kansen die het water biedt beter te benutten. Die sociaal-economische aspecten, de kosten-batenanalyse, de governance en de financiering van de (her)inrichtingsplannen zijn dan ook een belangrijk onderdeel van het Urban Water Plan.

| 155

Door de integrale watersysteembenadering is het functioneren van het hemelwater-systeem bij de verschillende waterextremen voor ontwerpers, planners en beslissers inzichtelijk gemaakt. Bovendien heeft het de verschillende deelgemeenten en water-beheerders bij elkaar gebracht. Veel aandacht is ook besteed aan het betrekken van de burgers en maatschappelijke organisaties bij het planproces opdat de plannen aansluiten bij de wensen van de samenleving. Voor ons lijkt het ver weg en de problematiek oogt totaal anders. Toch is de essentie van de uitdagingen in New Orleans gelijk aan die in Nederland. Een fundamentele stap is nodig in het anders omgaan met water. De technieken zijn bekend, de barrières liggen voor een belangrijk deel op het sociaal-economische en bestuurlijke vlak. Maar in het Greater New Orleans Urban Water Plan wordt aangetoond dat de stad nieuwe kansen voor economische en sociale ontwikkeling ontstaan door de waterbeheersing te verbeteren.

### **Literatuur**

- Waggonner & Ball Architects et al (2013). Waterplan New Orleans (Greater New Orleans Urban Water Plan). selectie van relevante documenten;
- Het Waterplan in drie hoofdrapporten: Visie, Ontwerp en Implementatie.
  - Achtergronddocument watersysteemanalyse (Water System Analysis).

## 13 Gemeenten

### *Succesfactoren bij anticiperen op extreme neerslag afstemming binnen de gemeente én met bewoners*

Een onderzoeksteam van de Hogeschool van Amsterdam heeft de afgelopen jaren onderzocht hoe gemeenten kunnen anticiperen op extreme neerslag in de stad. Onderdeel hiervan waren interviews met gemeenteambtenaren over hun ervaringen met de implementatie en verankering van maatregelen tegen regenwateroverlast. Zij vonden vooral tijdige afstemming met andere beheerders van de openbare ruimte belangrijk. Om ondergelopen wegen, woningen en winkels te voorkomen, zijn tenslotte (ook) bovengrondse maatregelen nodig. Voor het bepalen en uitvoeren van die maatregelen zijn de expertise (en financiële middelen) van de verschillende beheerders van de openbare ruimte nodig. Een ander belangrijk punt is volgens de ondervraagden afstemming met en betrokkenheid van bewoners. Dit artikel beschrijft de resultaten van het onderzoek.

#### **Inhoud**

- 13.1 Aanleiding en aanpak
- 13.2 Ervaren regenwateroverlast en getroffen maatregelen
- 13.3 Hinder en overlast
- 13.4 Succes- en faalfactoren integrale projectaanpak
- 13.5 Samenwerking tussen sectoren
- 13.6 Verankering in planvormen
- 13.7 Conclusies en aanbevelingen
- Literatuur

#### **Auteurs**

ing. Annelies Straatman (Hogeschool van Amsterdam), [j.h.m.straatman@hva.nl](mailto:j.h.m.straatman@hva.nl)  
dr. ir. Jeroen Kluck (Hogeschool van Amsterdam, Tauw bv), [jeroen.kluck@tauw.nl](mailto:jeroen.kluck@tauw.nl)

### 13.1 Aanleiding en aanpak

De kans op regenwateroverlast in stedelijk gebied door kortdurende extreme neerslag neemt toe. Door klimaatverandering en meer verhard oppervlak zullen straten vaker onderlopen en zal het water ook vaker winkels, woningen en bedrijven binnenstromen.

Elke gemeente moet anticiperen op extreme neerslag. Dit betekent op zijn minst dat zij de gevolgen van extreme neerslag voor haar gebied moet analyseren. Vervolgens moet de gemeente besluiten voor welke gebieden zij maatregelen wil nemen om regenwateroverlast tegen te gaan.

Bij regenwateroverlast in stedelijk gebied worden doorgaans de rioleringsbeheerders bij de gemeente aangesproken. Zolang het om hevige neerslag gaat die het riool normaliter kan verwerken, zijn zij prima in staat dit op te pakken. Maar bij zeer extreme neerslag wordt het een ander verhaal.

Dan past het water niet meer in het riool en zal een belangrijk deel van de neerslag bovengronds blijven en daar mogelijk overlast veroorzaken. Tunnels, wegen, parken en gebouwen lopen onder water. Het zeer sterk vergroten van de ondergrondse afvoercapaciteit is doorgaans erg duur en soms praktisch onmogelijk.

| 157



Figuur 13.1 Regenwateroverlast in Arnhem na extreme regen op 5 juni 2011 (Bron: Martin de Jongh)

Tegen de regenwateroverlast die dan ontstaat, kunnen rioleringsdeskundigen niet in hun eentje maatregelen nemen. Regenwateroverlast door extreme neerslag heeft dus naast de riolering raakvlakken met andere beleidsvelden in de openbare ruimte, zoals groen, wegbeheer en ruimtelijke ordening. Afstemming met andere beheerders van de openbare ruimte is dan noodzakelijk om in een gezamenlijke inspanning extra ruimte voor water te vinden. Deze samenwerking is een essentieel onderdeel in het anticiperen op extreme neerslag.

### *Aanpak onderzoek*

Het onderzoeksprogramma 'Anticiperen op extreme neerslag in de stad' van de Hogeschool van Amsterdam heeft in de afgelopen twee jaar een praktische aanpak ontwikkeld voor het omgaan met water op straat en regenwateroverlast. Het onderzoeksteam onder leiding van Jeroen Kluck bestaat uit ervaringsdeskundigen uit het werkveld.

158 |

Een van de onderdelen van het onderzoek betrof de implementatie en verankering van maatregelen tegen regenwateroverlast door extreme neerslag. De veronderstelling was dat juist de implementatie en verankering van maatregelen tegen regenwateroverlast lastig is. Het doel was te achterhalen hoe dit bij verschillende gemeenten verloopt en hier zo mogelijk lessen uit te trekken.

Hiervoor hebben we in 2011 en 2012 interviews gehouden met 19 medewerkers van de gemeenten Apeldoorn, Bergen (NH), Beverwijk, Eindhoven, Utrecht en Waternet. Behalve met de rioleringsbeheerder of waterdeskundige hebben we per gemeente gesproken met de groenbeleidsmedewerker, verkeerskundige en de ruimtelijk ordenaar. In dit artikel gaan we in op de resultaten van deze interviews. We hebben deze gemeenten geïnterviewd omdat zij met vragen over het anticiperen op extreme neerslag zaten. Waterschappen hebben we bewust niet geïnterviewd omdat we ons wilden beperken tot de problematiek van kortdurende (tot enige uren) zeer extreme neerslag en niet op de problemen die ontstaan als het oppervlaktewater vol raakt.

De interviews bestonden uit vijf hoofdvragen:

- 1 Hebben de gemeenten al met regenwateroverlast te maken gehad 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 te realiseren?
- 4 Hoe verloopt de samenwerking tussen de verschillende sectoren nu?
- 5 Hoe zijn de maatregelen te verankeren?

(Meer informatie over het onderzoeksprogramma en de ontwikkelde aanpak vindt u op: [www.water-hva.nl](http://www.water-hva.nl).)



### 13.2 Ervaren regenwateroverlast en getroffen maatregelen

De eerste hoofdvraag was: hebben de gemeenten al met regenwateroverlast te maken gehad en welke maatregelen hebben ze genomen?

Bijna alle geïnterviewden geven aan dat in hun gemeente de afgelopen zeven jaar een flinke bui is gevallen. De hoeveelheid neerslag varieert van 50 mm in een dag tot 115 mm in 90 minuten (Apeldoorn). In sommige gevallen is de neerslagsom geschat, omdat de gemeente nog geen neerslaggegevens beschikbaar heeft.

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

| 159

Tabel 13.1 Door de geïnterviewden ervaren extreme neerslag.

| Gemeente    | Hoeveelheid                   | Duur       | Datum                               |
|-------------|-------------------------------|------------|-------------------------------------|
| Apeldoorn   | 115 mm                        | 1,5 uur    | 03-07-2009                          |
|             | 90 mm                         | 1 dag      | 26-10-2010                          |
| Eindhoven   | iets minder dan op 23-10-2011 | –          | 28-07-2011                          |
|             | 45-50 mm                      | 1 dag      | 23-10-2011                          |
| Amsterdam   | Fikse bui                     | –          | 23-10-2010                          |
|             | Fikse bui                     | –          | 26-10-2010                          |
| Utrecht     | 2 x 50 mm/dag                 |            | juli 2010                           |
|             | 150 mm                        | 3 dagen    | augustus 2010                       |
| Bergen (NH) | 120 mm                        | 2 uur      | 14-10-2006                          |
|             | 80 mm                         | enige uren | 26-10-2006                          |
| Beverwijk   | flinke buien                  | –          | 2005 en 2006 (nog geen regenmeters) |

De tabel laat zien dat ook neerslag van enige dagen (en daarmee het functioneren van het oppervlaktewatersysteem) relevant kan zijn voor regenwateroverlast. Maar ook is duidelijk dat goede neerslagmetingen ontbreken. De aanduiding van neerslag van 1 dag of zelfs 3 dagen laat zien dat informatie over de pieken ontbreekt. We hebben bewust geen aandacht besteed aan de langer durende neerslag, terwijl dat ook een oorzaak van regenwateroverlast kan zijn.

### *Schadeclaims*

Een aantal gemeenten ontving schadeclaims voor de regenwateroverlast. Over het algemeen wijzen de gemeenten de claims die binnenkomen af. Zij beroepen zich hier op overmacht, vanwege het zeer extreme karakter van de bui. De claims die binnenkomen, geven volgens de geïnterviewden maar een fractie van de werkelijke overlast-situatie weer. De meeste burgers dienen een claim in bij de verzekering. Hierdoor hebben de gemeenten geen compleet overzicht van de schade door de regenwateroverlast.

### *Oorzaken en maatregelen*

De oorzaak van de regenwateroverlast lag vaak deels bij beheer en onderhoud door verstopte kolken en duikers en niet-gemaaide watergangen. Hierop hebben de gemeenten direct actie ondernomen. Op plaatsen waar woningen al meerdere keren ondergelopen waren, wordt onderzocht hoe dit in de toekomst te voorkomen is. Ten tijde van de interviews was bij zowel de gemeente Apeldoorn als Eindhoven het onderzoek nog bezig. Voor de ondergelopen tunnels zijn in de regel geen maatregelen genomen. De kosten van die maatregelen wegen volgens de geïnterviewden niet op tegen de baten.

De geïnterviewden geven aan dat de gemeente zeker maatregelen neemt als probleemsituaties urgent én doelmatig of makkelijk op te lossen zijn. Bij niet-urgente problemen liften eventuele oplossingen mee op andere projecten of worden op de lange baan geschoven.

Verder hebben veel gemeenten, waaronder Apeldoorn, Eindhoven en Beverwijk, respectievelijk gekozen voor afkoppelen en het vasthouden en bergen op de plek waar de neerslag valt, om het overlastprobleem te verkleinen. Ook geven de gemeenten Eindhoven en Apeldoorn aan dat zij bij toekomstige maatregelen vooral aan bovengrondse maatregelen denken. De ondergrondse maatregelen die door gemeenten genomen zijn stonden of al op stapel voor de regenwateroverlast (Apeldoorn) of er was geen andere mogelijkheid i.v.m. ruimtegebrek (Egmond). Deze maatregelen maken het bestaande systeem robuuster.

### *Specifieke aanpakken*

- Bergen heeft grootschalige maatregelen getroffen in Egmond aan Zee. Vanuit de politiek is er grote druk om de regenwateroverlast op te lossen. Egmond aan Zee is de belangrijkste toeristische locatie van de gemeente. De strategie om de kans op overlast te beperken, is vooral het verwerken van het regenwater waar het valt door compartimentering van het stroomgebied. Met verkeersdrempels en doorlatende verharding is bereikt dat veel minder water naar het laaggelegen meest kwetsbare gebied toestroomt. Vooral daar heeft de gemeente onder meer kratten, IT-riolering en twee grote infiltratiebakken aangelegd. Zij combineert de werkzaamheden met een herinrichtingsplan. Bij de herinrichting zijn interne afdelingen (zoals verkeer),

bedrijven en bewoners betrokken. Dit is dus duidelijk een combinatie van boven- en ondergrondse maatregelen.

- Beverwijk heeft in Wijk aan Zee een infiltratiesysteem aangelegd met een overloop. Ook bij dit project zijn bedrijven en bewoners betrokken. Deze aanpak is daarmee niet op de heel extreme buien gericht.
- Apeldoorn pakt de problemen zo veel mogelijk bovengronds aan. Dit kan omdat de stad een flink hoogteverschil en veel groenvoorzieningen heeft. Bij het bedenken van de maatregelen zijn de beheerders van de openbare ruimte betrokken. De maatregelen variëren van het aanpassen van de weghoogten, het op een oor leggen van een weg, het aanpassen van verkeerdrempels tot ondergrondse maatregelen als IT-riolen en extra afvoercapaciteit in het gemengde stelsel.

Uit de aanpakken blijkt dat er veel aandacht uit gaat naar ondergrondse maatregelen. Dat is ook logisch omdat de ondergrondse systemen soms duidelijk onvoldoende presteren en daar ook maatregelen logisch zijn. Het nemen van meer bovengrondse maatregelen heeft een ander doel dan waar men regulier mee bezig is, namelijk het anticiperen op echte extremen versus het voldoen aan bestaande normen. Bovengrondse maatregelen komen wel steeds meer in beeld en de gemeenten geven aan deze te willen nemen omdat ze verwachten dat deze lang niet zo kostbaar zijn als ondergrondse maatregelen en bovendien omdat het ondergrondse systeem altijd een beperkte capaciteit heeft.

| 161

### 13.3 Hinder en overlast

De hoofdvraag hierbij was: hoe denken verschillende beleidsvelden over hinder en overlast door extreme neerslag? Wat vinden ze acceptabel?

De meeste gemeenten ontwerpen en toetsen het rioolstelsel op bui 08 uit de Leidraad riolering. Bij verschillende gemeenten is de 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 water op straat niet als probleem. Pas als het water meerdere uren op straat blijft staan, is voor hen sprake van hinder. Uitzondering hierop vormt rioolwater dat via putten de straat op stroomt. Met het oog op gezondheidsrisico's vinden de geïnterviewden dit onwenselijk.

De ambtenaren beschouwen als overlast:

- Omhooggekomen putdeksels, want die kunnen gevaarlijke situaties opleveren.
- Ondergelopen woningen of andersoortige bebouwing.



Figuur 13.2 Een weggedrukte putdeksel zorgt voor een gevaarlijke situatie.

Voor de verkeerskundigen is het geen probleem als tunnels of hoofdwegen enkele uren blank staan. Ook voor evenementen sluiten ze immers weleens tunnels of hoofdwegen af. Wel geven de verkeerskundigen aan dat water op straat bij hoofdwegen minder vaak en lang zou moeten voorkomen dan in woonwijken. Maar zolang water op straat niet voor onveilige situaties zorgt en er alternatieve routes zijn, is het voor de verkeerskundigen acceptabel.

Voor groenmedewerkers is het geen probleem als parken en groenvoorzieningen bij hevige regen enkele dagen blank staan. Het bergen van rioolwater in de groene openbare ruimte vinden zij doorgaans onwenselijk.

### 13.4 Succes- en faalfactoren integrale projectaanpak

De hoofdvraag was hier: wat zijn succes- en faalfactoren om maatregelen in de openbare ruimte te realiseren? Hier is niet alleen gefocust op waterprojecten, maar op (integrale) projecten in het algemeen.

#### *Organisatie*

Ten eerste spelen de organisatiestructuur en de gemeentegrootte een rol in het besluitvormingsproces. 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 verspreid over verschillende kantoren, is meer inspanning nodig om plannen en ambities onder de aandacht te brengen. Het hebben van een duidelijke visie of een door het bestuur vastgesteld plan (b.v. groenbeleidsplan) kan hierbij helpen.

### *Werkproces*

Het inbedden van samenwerking in het werkproces (bijvoorbeeld door samenwerking vast te leggen in werkwijze van projecten) om elkaar vroegtijdig op de hoogte te brengen, helpt om projecten van de grond te krijgen. Uit de interviews volgde echter geen eenduidig beeld over hoe samenwerking bevorderd kan worden. Veel hangt af van de omvang van de organisatie, maar ook van persoonlijke contacten. Verder kost het afwijken van de gebaande paden en standaarden die gemeenten gebruiken heel veel tijd en energie. Ook haast, tijdgebrek en het ontbreken van kennis bij de gemeente kunnen een belemmering zijn om een project goed uit te voeren. Bijna alle geïnterviewden zijn het erover eens dat de kwaliteit van een project verbetert als verschillende disciplines betrokken worden. Ten eerste nemen ze allemaal hun eigen geldpotje mee, waardoor er meer gerealiseerd kan worden. Ten tweede zeggen de geïnterviewden de ervaring of de verwachting te hebben dat oplossingen voor problemen vaak ook beter worden als meer disciplines betrokken zijn.

| 163

### *Voorbereiding*

Veel geïnterviewden geven aan dat stedenbouwkundigen denken dat alles maakbaar is. De stedenbouwkundige schakelt de beleidsmedewerkers van andere disciplines dikwijls te laat in, waardoor vooral water en groen er vaak bekaaid vanaf komen. Bij stedenbouwkundigen is water vaak nog een uitwerkingsvraag in plaats van een ontwerputgangspunt. Als je vroeg in het proces betrokken raakt, kun je meepraten over het ontwerp in plaats van achteraf reageren op een oplossing die er al ligt.

Een aantal geïnterviewden geeft aan dat een goede analyse van het probleem nodig is om de randvoorwaarden voor het project goed in beeld te krijgen. Ook een totaalvisie om het (wateroverlast)probleem op te lossen kan helpen.

### *Geld*

Voor het uitvoeren van een project moet elke discipline haar eigen geldpotje meenemen. Dit maakt een project nóg integraler. De verschillende disciplines bundelen niet alleen elkaars expertise, maar ook hun financiële middelen om een probleem aan te pakken:

- Groen heeft bij de meeste gemeenten weinig tot geen geld. Zij liften zo veel mogelijk mee op projecten van andere disciplines.
- Verkeer heeft vaak middelen uit parkeergelden, maar de inhoud van dit geldpotje is beperkt.

- Riolering financiert projecten uit de rioolheffing en de kostendekking is geborgd in het gemeentelijk rioleringsplan (GRP). Maar vanwege de doelmatigheidsopgave in het Bestuursakkoord Water is ook het rioleringsbudget beperkt.
- Hoe het zit met de financieringsruimte vanuit Ruimtelijke Ordening is in de interviews niet eenduidig naar voren gekomen.

De financiën zijn in het algemeen erg belangrijk maar uit de interviews komt geen eenduidig beeld. Er zijn belangrijke vragen nader te onderzoeken. Hoe komen de disciplines tot afspraken over de financiering van een integraal project? Hoe verdelen zij de kosten? Wat zijn op dit vlak de succes- en faalfactoren?

### *Realisatie*

164 |

Voor de realisatie is het van belang om bewoners tijdig te informeren en bij het project te betrekken. Zij kennen de knelpunten in hun buurt en kunnen de gemeente van relevante informatie voorzien. Bovendien zullen zij meer begrip hebben voor eventuele hinder (bijvoorbeeld door werkzaamheden) en eerder bereid zijn maatregelen op eigen terrein te treffen (bijvoorbeeld afkoppelen van de woning of minder verharding in de tuin). 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 ze bewoners pas bij het proces betrekken als het plan concreet is. Eerder heeft weinig zin. Het plan moet ook niet een te groot schaalniveau hebben.

Het draagvlak bij bewoners is te vergroten als ze in het project iets te kiezen hebben of zien dat het project de kwaliteit van de openbare ruimte verbetert. Gemeenten moeten bij de realisatie de bezwaren van bewoners serieus nemen. Belangrijk is dat ze goed aan de bewoners uitleggen waarom hun zorgen over bijvoorbeeld muggen of onveilige situaties niet (of niet onacceptabel) optreden bij de uitvoer van de werkzaamheden.

Het algemene beeld van de reacties van de geïnterviewden was: “Als je met elkaar in gesprek raakt, komt het meestal wel goed.”

## **13.5 Samenwerking tussen sectoren**

De hoofdvraag hierbij was: hoe verloopt de samenwerking tussen de verschillende sectoren nu? Wanneer schakelen de geïnterviewden de andere disciplines in bij projecten? Hieruit blijkt dat rioleringsbeheerders in de voorfase van rioleringsprojecten vrij autonoom aan de slag gaan. Verkeer wordt meestal wel vrij snel betrokken. Verkeer weet ook vaak wat de vervangingsplanning van riolering is. Zo weten de rioleurs meestal

ook wat de wegrenovatieplanning van verkeer is. Groen betrekken ze niet, alleen als beplanting vervangen moet worden. Behalve bij projecten zoals het bovengronds halen van een beek of het herinrichten van een park met waterberging wordt groen wel direct betrokken. Deze projecten worden ook vaak door groen getrokken. Pas als het project zijn definitieve vorm krijgt, betrekken ze doorgaans de andere partijen.

Groen betreft water wel vrij snel in hun plannen. De belangrijkste reden daarvoor is dat groen zelf nauwelijks budget heeft.

Wanneer de ruimtelijke ordenaars hun collega's betrekken verschilt per project. Verkeer wordt wel vrijwel direct betrokken. Dit komt omdat parkeren altijd een belangrijk onderwerp is. Water en groen komen later in het traject. Bij kleine projecten, zoals bijvoorbeeld de herinrichting van een plein, kan het ook zijn dat water en groen niet betrokken worden.

| 165

#### *Combinaties met water/riolering.*

Ook hebben we gevraagd welke combinatie van functies met waterberging mogelijk zijn. De twee meest genoemde combinaties zijn:

#### *Water en groen*

De ondervraagden zien in waterberging en groen de ideale combinatie van functies. Randvoorwaarden hierbij zijn:

- er mag geen sprake zijn van vervuild rioolwater;
- het water blijft niet langer dan enkele dagen staan;
- beplanting en inrichting van de groenvoorziening zijn op waterberging aangepast.

#### *Riolering en verkeer*

Het combineren van riolering en verkeer is afhankelijk van de situatie. Vanuit het principe 'Duurzaam veilig' hebben alle wegen een functie. Bij een functie hoort ook een bepaalde inrichting. Deze inrichting kan botsen met de regenwaterafvoer over straat.

Berging van regenwater op straat kan in principe prima. Verkeerskundigen geven de voorkeur aan waterberging in rustige woonstraten in plaats van op doorgaande wegen. Maar de trend is om woonwijken een woonerfuitstraling te geven. Dit betekent dat de stoep op gelijke hoogte ligt met de straat. Om water tijdelijk te kunnen bergen, zou de stoep hoger moeten liggen dan de straat. Maar 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.



Verkeer gebruikt uitritconstructies bij de overgang van een erftoegangsweg naar een gebiedsontsluitingsweg. Deze uitritconstructies zijn uniform vormgegeven uitritten, meestal met een drempel. Deze constructies kunnen de bovengrondse waterstroming sterk sturen en zouden dus in overleg tussen verkeer en water ontworpen moeten worden.

### 13.6 Verankering in planvormen

De laatste hoofdvraag was: hoe zijn de maatregelen te verankeren? De verankering van maatregelen tegen regenwateroverlast door extreme regen in gemeentelijke planvormen (zoals een GRP of bestemmingsplan) is bij de gemeenten nog een ondergeschoven kindje. Het is een lastig onderwerp waar de meeste gemeenten mee worstelen. Met de ondervraagden hebben we de verschillende planvormen doorgenomen en besproken wat mogelijk is.

#### *Structuurvisie*

Veel ondervraagden vinden de structuurvisie vaak te globaal. Ze zien dit niet als een planvorm die helpt om hun ambities te verwezenlijken. Toch geeft de ruimtelijk ordenaar aan dat de structuurvisie goed te gebruiken is. Hierin is aan te geven welke gebieden gevoelig of kwetsbaar zijn voor extreme neerslag, waar waterberging nodig is en hoeveel per wijk. Ook zijn zoekgebieden voor waterbergingslocaties aan te geven op de structuurvisiekaart. De structuurvisie geeft ook voor het bestemmingsplan de kaders aan. Dit betekent dat het beleid en randvoorwaarden voor de ruimtelijke ontwikkelingen die genoemd worden in de structuurvisie meegenomen moeten worden in het bestemmingsplan.

#### *Bestemmingsplan*

Het bestemmingsplan legt rechten en plichten vast. Hierin kan de gemeente claims leggen op bepaalde ruimten. Eenmaal vastgelegd in het bestemmingsplan, is een claim niet zomaar te verwijderen. Voor een juridische binding moeten de maatregelen een aparte bestemming krijgen en opgenomen worden op de plankaart én in de voorschriften.

Wadi's zijn vaak als groen in het bestemmingsplan opgenomen. Voor een betere borging zouden wadi's ook een waterbestemming moeten krijgen en wegen met een waterafvoerfunctie een water- en verkeersbestemming.

Ook ondergrondse voorzieningen zijn in het bestemmingsplan te regelen. Een aantal geïnterviewden raden aan om bij nieuwbouw substantiële waterberging op particulier terrein ook goed vast te leggen in het bestemmingsplan.

### *Beleidsplannen en beheersystemen*

Het beleid voor het omgaan met extreme neerslag kan de gemeente vastleggen in het GRP, het groenbeheersysteem of het Verkeersbeleidsplan. In het groenbeheersysteem zijn ook wadi's op te nemen. Als belang in de openbare ruimte is water mee te nemen in het Verkeersbeleidsplan. Het voordeel van verwerking in het groenbeheersysteem en Verkeersbeleidsplan is dat de groen- en wegbeheerder water op het netvlies houden. Hiermee wordt voorkomen dat bij herinrichting van bijvoorbeeld een groenvoorziening of een waterbergende weg de waterbergende functie uit het oog verloren wordt.

### *Andere plannen en systemen die tijdens de interviews ter sprake kwamen:*

- Waterplan/wijkwaterplan
- Digitaal op kaart (bijvoorbeeld in gemeente-GIS). Veel gemeenten hebben gemeente-GIS. In deze gemeente-GIS kan ook een wateroverlastkaart worden opgenomen. Bij ruimtelijke plannen is deze kaart te raadplegen. Zo'n kaart kan laagdrempelig inzichtelijk maken welke locaties kwetsbaar zijn voor regenwateroverlast bij zeer extreme neerslag. Dit vergroot de kans dat andere ontwerpers en beheerders van de openbare ruimte rekening zullen met het feit dat bij zeer extreme neerslag water op straat kan staan en dat de bovengrondse inrichting van invloed is op het optreden van regenwateroverlast.
- Beheersysteem van bijvoorbeeld groen, verkeer, riolering of een gecombineerd beheersysteem.

| 167



Figuur 13.3 'Watertegel' in Egmond aan Zee geeft aan dat de straat als waterdrempeel fungeert.

De meeste geïnterviewden geven aan dat de maatregelen het best in een integraal plan op te nemen zijn. Het liefst in een nieuw soort plan dat bestuurlijk wordt vastgesteld.

De gemeente Bergen heeft in Egmond aan Zee een speciale vorm van verankering gekozen. In de verkeersdrempels die moeten voorkomen dat water over straat naar het laaggelegen probleemgebied toestroomt, hebben ze een tegel opgenomen die de functie aangeeft. Zie afbeelding 13.3.

### 13.7 Conclusies

Elke gemeente moet anticiperen op extreme neerslag. Dit betekent op zijn minst dat zij de gevolgen van extreme neerslag voor haar gebied moet analyseren. Vervolgens moet de gemeente besluiten voor welke gebieden zij maatregelen wil nemen om regenwateroverlast tegen te gaan.

#### *Samenwerking sectoren essentieel*

Om regenwateroverlast door extreme neerslag te beperken, zijn (onder- en) bovengrondse maatregelen nodig. Welke maatregelen dat moeten zijn, kan de rioleringsbeheerder niet alleen bepalen. Daarbij heeft hij de expertise van collega-beheerders van de openbare ruimte nodig. 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 tijdelijk water in het park te bergen? En zo ja, welke inrichtingsmaatregelen horen hierbij? Kan de huidige beplanting wel tegen deze waterberging? De samenwerking tussen rioleringsbeheerder en andere beheerders van de openbare ruimte is dus essentieel.

#### *Maatregelen efficiënter en goedkoper*

Met handig aangelegde verkeersdrempels, de aanpassing van stoepen en het weggeleiden van water naar laaggelegen groenvoorzieningen is vaak te voorkomen dat water zich op één plek ophoopt en daar overlast veroorzaakt. De geïnterviewden verwachten dat bovengrondse maatregelen efficiënter en goedkoper zijn dan ondergrondse maatregelen. Efficiënter in de zin dat het 'werkingsbereik' van deze bovengrondse maatregelen groter is dan de aanleg van ondergrondse berging of het vergroten van de afvoercapaciteit van de riolering. En als de gemeente de maatregelen in de loop der jaren in combinatie met andere aanpassingen aan de openbare ruimte uitvoert, zijn bovengrondse maatregelen bovendien een stuk goedkoper. De gemeente kan het stedelijk gebied dus in de loop der jaren klimaatrobuster maken zonder hiervoor diep in de buidel te hoeven tasten. Uit de interviews volgt overigens ook dat de gemeenten veel ondergrondse maatregelen nemen om regenwateroverlast te beperken. Dat is logisch omdat de ondergrondse (afvoer- en bergings)capaciteit te klein kan zijn en omdat dat jarenlang de manier van werken is geweest voor de rioleur.

### *Water vast uitgangspunt bij herinrichting openbare ruimte*

Voorwaarde voor een efficiënter en goedkoper aanpak is dus wel dat de riolerings-beheerder goed samenwerkt met de andere beheerders van de openbare ruimte. Uit dit deelonderzoek blijkt dat de geïnterviewden deze samenwerking belangrijk vinden, maar dat hiervoor vaak pas in de eindfase van een project aandacht is. Idealiter zou het anticiperen op extreme neerslag een van de vaste uitgangspunten moeten zijn bij de (her)inrichting van de openbare ruimte.

### *Belang van betrokkenheid bewoners*

Als de plannen concrete vormen aannemen, is het belangrijk bewoners te informeren en bij het project te betrekken. Zij kennen de knelpunten in hun buurt en kunnen de gemeente van relevante informatie voorzien. Bovendien zullen zij meer begrip hebben voor eventuele hinder (bijvoorbeeld door werkzaamheden) en eerder bereid zijn maatregelen op eigen terrein te treffen (bijvoorbeeld afkoppelen van de woning of minder verharding in de tuin). De wijkcoördinator kan hierin een belangrijke rol spelen vanwege zijn contact met de buurt.

| 169

## **13.8 Aanbevelingen**

Mede op basis van de interviews zijn we gekomen tot een advies hoe een gemeente maatregelen en beleid tegen regenwateroverlast door extreme neerslag kan vastleggen.

### *Beleidsuitgangspunten*

De beleidsuitgangspunten voor het omgaan met extreme neerslag komen in het Gemeentelijk Rioleringsplan (GRP). In het GRP regelt de gemeente ook de financiering van de maatregelen. Ook als uit een overlastanalyse blijkt dat er geen kwetsbare plekken zijn of als de gemeente besluit geen maatregelen te nemen, kan zij dit onderbouwd in het GRP opnemen. Treedt er toch regenwateroverlast op of komen er vragen over, dan kan de gemeente verwijzen naar het GRP.

### *Verankering maatregelen*

Voor de verankering van de maatregelen is onderscheid te maken tussen de realisatie op korte en lange termijn. Maatregelen voor de lange termijn kunnen hun plek krijgen in de structuurvisie. Hierin kan de gemeente zowel zoekgebieden als concrete locaties voor waterberging aangeven. De structuurvisie is kaderstellend voor het bestemmingsplan. Om waterbergingslocaties juridisch te verankeren, moet de gemeente deze in het bestemmingsplan opnemen. Daarin kan zij zowel bovengrondse als ondergrondse voorzieningen vastleggen. Een gemeente kan de overlastmaatregelen ook vastleggen in wijkplannen, wijkvisies of andere integrale plannen.

### *Aangelegde voorzieningen*

Aangelegde voorzieningen kan de gemeente verankeren/borgen in het bestemmingsplan. Hiermee is te voorkomen dat bijvoorbeeld een groene waterberging bij een volgende herinrichting van het gebied zomaar verhard wordt. Ook voorzieningen op particulier terrein, die bij nieuwbouw worden aangelegd voor de waterberging, zijn zo beter gewaarborgd. Er zijn nog veel vragen over het bestemmen van voorzieningen op particulier terrein. Gemeenten beginnen met het publieke terrein. Daarnaast kan de gemeente maatregelen of voorzieningen in verschillende beheerpakketten vastleggen. Afhankelijk van de maatregel of voorziening is deze in het riolerings-, groen- en/of wegbeheerpakket op te nemen. Zo hoort groene waterberging in het riolerings- en het groenbeheersysteem thuis en waterdoorlatende verharding in het riolerings- en wegbeheerpakket.

170 |

### *Voortdurend communiceren*

Met het opnemen van beleid en maatregelen in plannen en systemen is natuurlijk nog niet gewaarborgd dat extreme neerslag ook daadwerkelijk onderdeel wordt van de (her)inrichting van de openbare ruimte. Het onder de aandacht brengen en houden van extreme neerslag is een continu proces. De gemeentelijke afdelingen zullen er voortdurend over moeten communiceren. Dat zal bij een kleine gemeente waar iedereen dicht bij elkaar zit makkelijker zijn dan bij een grote gemeente waar de medewerkers in verschillende gebouwen werken. Als hulpmiddel kan de gemeente de overlastkaart in de gemeente-GIS opnemen. Bij het uitvoeren van ruimtelijke projecten kunnen betrokkenen deze kaart raadplegen.

### **Literatuur**

Kluck J. e.a. 2013, Anticiperen op extreme neerslag. Eindrapport, Hogeschool van Amsterdam, kenniscentrum techniek.

## 14 Rotterdam

### *Meer waterberging vermindert wateroverlast en maakt centrum van Rotterdam aantrekkelijker*

Extreme neerslag vormt een lastige maar uitdagende opgave in een dichtbebouwd en dichtbevolkt gebied als het centrum van Rotterdam. Negatieve ervaringen met wateroverlast door hevige regenbuien hebben aangetoond dat het belangrijk is om meer ruimte te reserveren voor waterberging. Voor ontwerpers en technici is het een uitdaging om een aantrekkelijke buitenruimte en bouwwerken te ontwerpen, die waterbestendig zijn en waar nodig ook voor waterberging te gebruiken zijn. In het centrum van Rotterdam hebben de gemeente en het Hoogheemraadschap van Schieland en de Krimpenerwaard gezamenlijk veel extra bergingsruimte in het stedelijk watersysteem gecreëerd, zowel onder- als bovengronds. Het gekozen maatregelenpakket beperkt de regenwateroverlast in het centrum en maakt tegelijkertijd de stad aantrekkelijker.

| 171

#### **Inhoud**

- 14.1 Aanleiding, doel en aanpak
- 14.2 Situatieschets Rotterdam-Centrum
- 14.3 Analyse functioneren riool- en watersysteem bij extreme neerslag
- 14.4 Afweging en onderbouwing maatregelen
- 14.5 Effect van de uitgevoerde grote maatregelen
- 14.6 Visie op regenwaterafvoer in de stad

#### **Auteurs**

ir. Jorg Pieneman (gemeente Rotterdam), [jn.pieneman@rotterdam.nl](mailto:jn.pieneman@rotterdam.nl)  
ir. Daniël Goedbloed (gemeente Rotterdam, nu Waternet), [daniel.goedbloed@waternet.nl](mailto:daniel.goedbloed@waternet.nl)

#### **Met dank aan**

Jason Zondag (gemeente Rotterdam), [jat.zondag@rotterdam.nl](mailto:jat.zondag@rotterdam.nl)  
Mechiel van Appeldoorn (Hoogheemraadschap van Schieland en de Krimpenerwaard),  
[m.van.appeldoorn@hhs.nl](mailto:m.van.appeldoorn@hhs.nl)

## 14.1 Aanleiding, doel en aanpak



Figuur 14.1 Regen in Rotterdam (foto Eric Fecken).

In 1999 en 2001 heeft het centrum van Rotterdam meerdere malen te kampen gehad met ernstige wateroverlast door hevige neerslag. De waterstanden in de singels stegen tot grote hoogten en het beeldenterras van de Westersingel kwam onder water te staan. Plaatselijk stond ook water op straat, waardoor de kelders van nabijgelegen winkels, kantoorpanden en woningen volstroonden. Ontwrichting van het stadscentrum en economische schade waren het gevolg. Niet bepaald een visitekaartje voor de stad.

Deze heftige buien vormden voor de gemeente en het Hoogheemraadschap van Schieland en de Krimpenerwaard aanleiding voor de volgende gezamenlijke acties:

- 1 Werkafspraken maken om het functioneren van het riool- en het oppervlaktewaterstelsel tijdens hevige neerslag beter op elkaar af te stemmen.
- 2 Gedupeerde bewoners in de omgeving van de Westersingel voorlichten en foldermateriaal over wateroverlast opstellen.
- 3 De mogelijkheid onderzoeken om de capaciteit van het oppervlaktewatergemaal Westersingel te vergroten.
- 4 Het Waterplan Centrum opstellen.

In 2002 is begonnen met het opstellen van het Waterplan Centrum. Het doel was te komen tot een probleemanalyse en een duidelijk maatregelenpakket. Het plan richt



zich op het vergroten van het waterbergend vermogen in het centrumgebied, zowel onder- als bovengronds. De diverse maatregelen (zie paragraaf 14.4) zijn deels al uitgevoerd en deels nog in uitvoering. In 2011 is het uitvoeringsprogramma bijgesteld aan de hand van de ervaringen met gerealiseerde projecten en nieuwe inzichten.

## 14.2 Situatieschets Rotterdam-Centrum

De ontstaansgeschiedenis van het stedelijk watersysteem in Rotterdam-Centrum gaat eeuwen terug. In het verleden waren er beduidend meer singels dan tegenwoordig. Watergangen zoals de Coolsingel en de Westblaak zijn gedempt voor de verstedelijking en de (auto)bereikbaarheid. Ook tijdens het wederopbouwprogramma na de Tweede Wereldoorlog zijn nog diverse singels gedempt, met puin afkomstig van het bombardement in 1940. Het resultaat is een dichtbebouwd en verhard stadscentrum met weinig open ruimte voor groen en water.

| 173



Figuur 14.2 De Coolsingel anno 1900 en 2013.

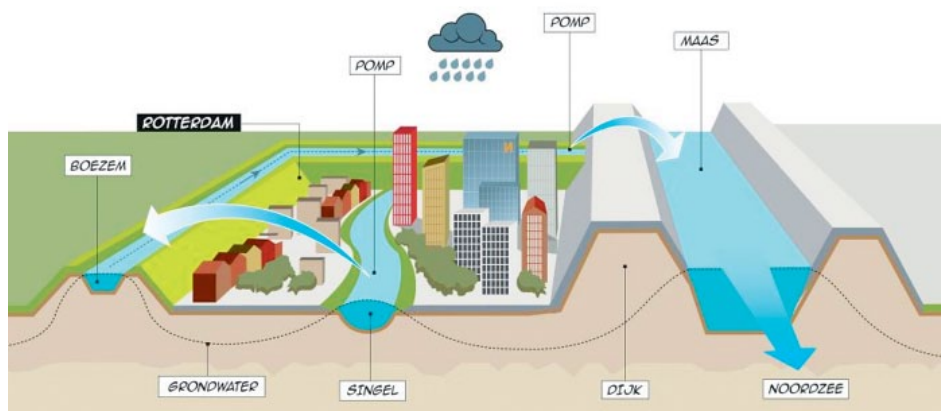
Het centrum van Rotterdam beslaat een oppervlakte van circa 330 ha. Hiervan is 210 ha bebouwd of verhard. Het oppervlaktewater in het centrum bestaat feitelijk nog maar uit één singel (de Westersingel) en enkele waterpartijen bij het Museumpark. Hierdoor bestaat slechts 2% van het gebied uit oppervlaktewater.

Het gemengde riool moet het grootste deel van de neerslag in het centrumgebied verwerken. Dit rioolstelsel heeft een grote berging ( $15.790 \text{ m}^3 = 8,6 \text{ mm}$ ) en pompovercapaciteit ( $2 \text{ mm/h}$ ). Deze grote afvoercapaciteit is te danken aan het feit dat Rotterdam van oudsher bij hevige regen via persleidingen rechtstreeks rioolwater kan lozen in de Nieuwe Maas (pomp in figuur 14.4).

Een oppervlaktewatergemaal aan het einde van de Westersingel (nabij de Westzeedijk) houdt de singel op een peil van NAP - 2,40 m. Dit gemaal (met een beperkte afvoercapaciteit van  $60 \text{ m}^3/\text{h}$ ) voert water via een persleiding af naar de Nieuwe Maas.

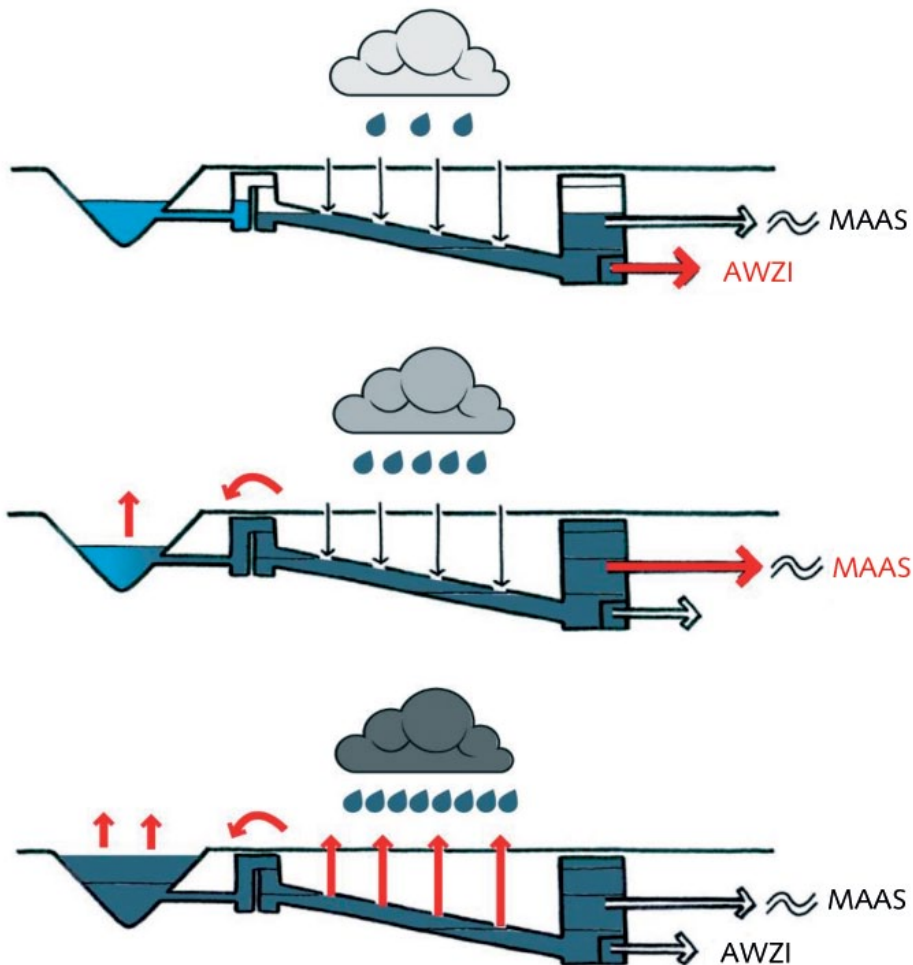


Figuur 14.3 Overzichtskaart Rotterdam-Centrum.



Figuur 14.4 Watersysteem Rotterdam-Centrum (Bron: De Urbanisten).

Bij normale regenbuien pompen de rioolgemalen het rioolwater naar de rioolwaterzuivering (rwzi). Bij hevige regen kan de gemeente via centrale aansturing voor diverse gebieden in de stad extra gemaalcapaciteit naar de rivier bijschakelen. Dit systeem van overstortbemaling beperkt overstortingen in de singel. Hierdoor komen overstortingen vanuit het gemengde rioolstelsel in de singel maar circa vier keer per jaar voor.



Figuur 14.5 Functioneren rioolstelsel in Rotterdam (Bron: De Urbanisten).

### *Oppervlaktewater en riolering*

Rotterdam kent van oudsher een innige verbondenheid tussen het oppervlaktewater en de riolering. De riooloverstorten vormen de verbindende factor. Deze overstorten lagen vroeger op singelniveau, waardoor het (riool)gemaal het peil in de riolering en de singels reguleerde. De rioolgemaalenvoerden eigenlijk al het water uit de stad af naar de Nieuwe Maas. Met de komst van de rwzi's in de tweede helft van de vorige eeuw is de vervlechting deels opgeheven, om te voorkomen dat schoon oppervlaktewater de zuivering onnodig belast.

De singel kreeg een eigen gemaal en de overstorten werden toen verhoogd tot 20 cm boven het waterpeil in de singel. Het oppervlaktewatergemaal zorgt voor de verversing en afvoer van het water in de singel. Door de aanwezigheid van de overstortbemaling zijn deze oppervlaktewatergemalen destijds met een kleine capaciteit ontworpen, om alleen de neerslag te verwerken die rechtstreeks naar de singel stroomt.

Tijdens een piekbui kan het water in het riool tot boven de overstortdrempel stijgen en vindt een overstorting plaats. Omdat het oppervlaktewatergemaal klein is, stijgt dan ook het waterpeil in de singel. Tijdens hevige buien stijgt het waterpeil in de singel tot boven NAP - 2,20 m en 'verdrinkt' de overstort. De twee systemen gaan dan weer als één geheel functioneren. Dit betekent continue uitwisseling tussen riool- en oppervlaktewater. Het grotere rioolgemaal gaat dan net als vroeger ook het water vanuit de singel afvoeren. Pas bij extreme neerslag stijgt het waterpeil zodanig dat wateroverlast optreedt. Peilstijgingen van 50 cm en meer leiden rechtstreeks tot problemen met afstroming in de riolering en daarmee mogelijk tot water op straat. Als het maaiveld inundeert vanuit de singel, is sprake van een wateropgave.

## **14.3 Analyse functioneren riool- en watersysteem bij extreme neerslag**

Tabel 14.1 geeft de hevigste neerslaggebeurtenissen in Rotterdam van de afgelopen jaren weer. Daarbij was steeds sprake van klachten, schade en aandacht in de media en de politiek.

Op 18 augustus 2001 viel in het centrum van Rotterdam 33 mm neerslag in één uur tijd. Dit leidde op diverse plekken tot grote overlast:

- ondergelopen kelders en souterrains;
- binnenstromend water bij kantoren en winkelpanden;
- water op woonstraten en hoofdrijwegen van het centrum;
- onbegaanbare tunnels rondom Rotterdam Centraal Station.

Tabel 14.1 Extreme neerslaggebeurtenissen Rotterdam op basis van regenduurlijnen.

| Datum         | Dagsom<br>neerslag (mm)               | Herhalings-<br>kans (T= x jr) | Maatgevende<br>intensiteit | Herhalings-<br>kans (T= x jr) |
|---------------|---------------------------------------|-------------------------------|----------------------------|-------------------------------|
| 9 aug 1999    | 57                                    | 25                            | 48 mm, 3 uur               | 100                           |
| 18 aug 2001   | 41                                    | 5                             | 33 mm, 1 uur               | 25                            |
| 19 sep 2001   | 107                                   | > 100                         | nvt                        | < 1                           |
| 4 juli 2005   | 52                                    | 10                            | 26 mm, 2 uur               | 5                             |
| 12 aug 2005   | 24                                    | 0,5                           | 20 mm, 15 min              | 25                            |
| augustus 2006 | natste augustus maand ooit met 300 mm |                               |                            |                               |
| 8 juni 2007   | 32                                    | 1                             | 32 mm, 30 min              | 50                            |
| 9 juli 2007   | 50                                    | 10                            | 27 mm, 50 min              | 10                            |
| 16 juli 2007  | 75                                    | 100                           | nvt                        | <1                            |
| 7 aug 2008    | 60                                    | 25                            | 15 mm, 1 uur               | 1                             |
| 14 juli 2011  | 75                                    | 100                           | 18 mm, 2 uur               | 1                             |
| 11 juni 2012  | 30                                    | 1                             | 25 mm, 1 uur               | 5-10                          |
| 9 sep 2013    | 58                                    | 25                            | 58 mm, 13 uur              | 50                            |
| 13 okt 2013   | 62                                    | 5                             | 12 mm, 1 uur               | 5                             |

| 177

In de Westersingel steeg het waterpeil enorm (zie figuur 14.6).

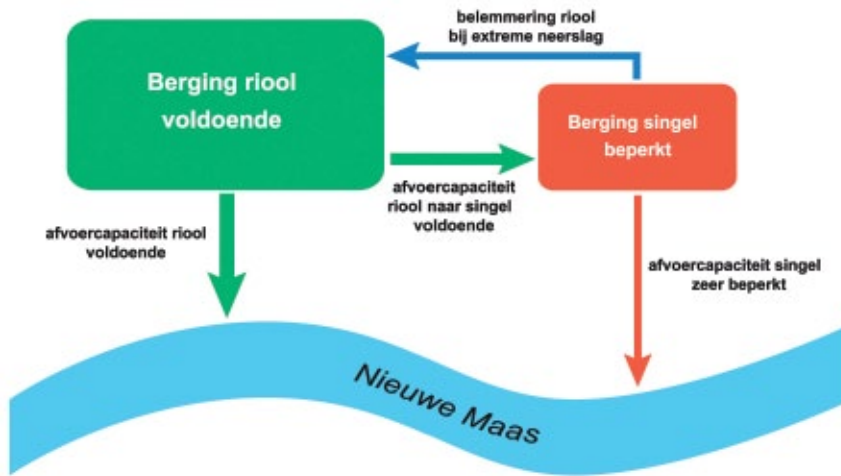


Figuur 14.6 Ondergelopen beeldenterras Westersingel na bui 18 augustus 2001.

De verwachting dat steeds vaker extreme buien zullen voorkomen, maakt de urgentie om iets aan de overlast te doen nóg groter.

Na analyse van het functioneren van het riool- en watersysteem in het centrum van Rotterdam hebben we de volgende conclusies getrokken:

- De berging en de afvoercapaciteit van het rioolsysteem zijn goed op orde.
- De berging en de afvoercapaciteit van het oppervlaktewater zijn te klein, waardoor bij extreme neerslag flinke peilstijgingen optreden.
- Deze peilstijgingen van het oppervlaktewater belemmeren de afvoer van het riool. Het rioolstelsel kan niet meer optimaal functioneren, waardoor wateroverlast optreedt.



Figuur 14.7 Bergings- en afvoercapaciteit riool- en watersysteem.

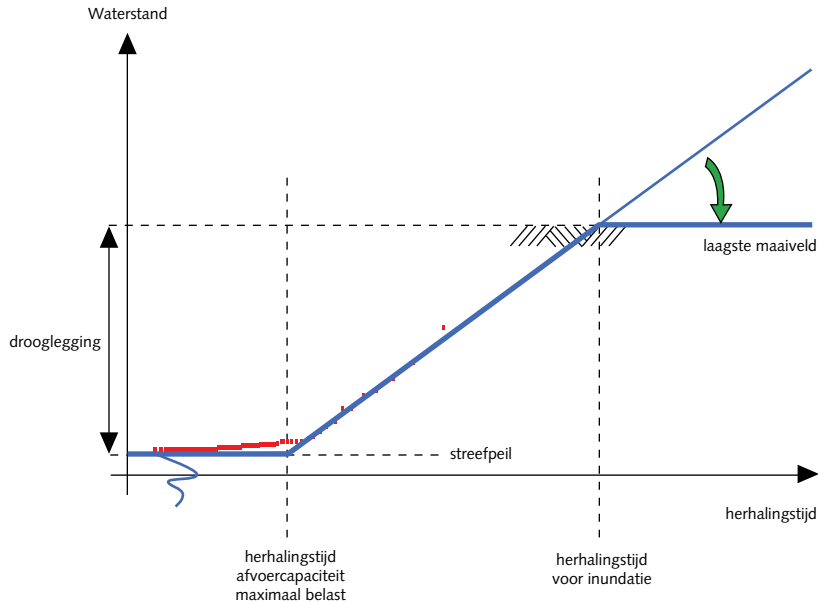
### NBW-normen

Om te bepalen of het watersysteem in het centrum voldoet aan de eisen die het veranderende klimaat stelt, hebben we het systeem getoetst aan de normen uit het Nationaal Bestuursakkoord Water (NBW). De NBW-normen gaan uit van een minimale herhalings-tijd voor een maximale hoeveelheid water op het maaiveld, gedifferentieerd naar grond-gebruik. Voor stedelijk gebied betekent dit dat het maaiveld niet vaker dan eens per 100 jaar mag inunderen. Dit is te toetsen door de maximale waterstand die eens in de 100 jaar te verwachten is, te vergelijken met het laagste maaiveldniveau.

Het laagste maaiveldniveau direct grenzend aan de Westersingel (waterpeil NAP - 2,40 m) ligt op ongeveer NAP - 1,05 m. Een peilstijging van 1,35 m is daarmee fysiek nog net mogelijk. Maar als normwaterstand hanteert het hoogheemraadschap een maximaal waterpeil van NAP - 1,38 m. De maximaal toegestane peilstijging is daarmee 1,02 m. Deze toetshoogte is met een GIS-analyse van de putdekselhoogten in de directe omgeving van de Westersingel bepaald. Boven deze normwaterstand voldoet het systeem niet aan de NBW-normen voor inundatie vanuit oppervlaktewater.

### Waterstandenanalyse

Voor het centrumgebied is een waterstandenanalyse uitgevoerd door de berekende maximale waterstanden uit de langjarige neerslagreeks over de periode statistisch te verwerken. Het resultaat is een waterstandoverschrijdingskansgrafiek (zie figuur 14.8).



Figuur 14.8 Waterstandoverschrijdingskansgrafiek (Bron: Nelen & Schuurmans).

De waterstandoverschrijdingskansgrafiek is een lijn die de waterstanden weergeeft als functie van de herhalingstijd. Bij zeer korte herhalingstijden ligt de lijn rond het normale streefpeil, bij grotere herhalingstijden stijgt de lijn mee met de maximaal te verwachten waterstand.

In tabel 14.2 staat de frequentie van optredende peilstijgingen in de Westersingel.

Tabel 14.2 Peilstijgingen vóór realisatie maatregelen.

| Peilstijging | Waterstand   | Frequentie       |
|--------------|--------------|------------------|
| 20 cm        | NAP - 2,20 m | 3 x per jaar     |
| 50 cm        | NAP - 1,90 m | 1 x per jaar     |
| 70 cm        | NAP - 1,70 m | 1 x per 2 jaar   |
| 102 cm       | NAP - 1,38 m | 1 x per 20 jaar  |
| 135 cm       | NAP - 1,05 m | 1 x per 100 jaar |



De waterstanden die optreden door meer frequente buien zijn bepaald aan de hand van regenduurlijnen. Deze regenduurlijnen zijn afgeleid uit de neerslagreeksen van het KNMI in De Bilt.

De berekende waterstand minus de normwaterstand is de wateropgave, oftewel: het deel van het water dat ervoor zorgt dat een deel van het maaiveld inundeert. Dit bergingstekort is voor het peilgebied van Rotterdam-Centrum becijferd op 18.000 m<sup>3</sup>.

#### 14.4 Afweging en onderbouwing maatregelen

Bij het zoeken naar mogelijkheden om de capaciteit van het stedelijk watersysteem te vergroten, stonden de aantrekkelijkheid van de stad en de stedenbouwkundige kwaliteit centraal. We hebben de oplossing niet in capaciteitsvergroting van het riool gezocht. Aanleg van de daarvoor benodigde grote riolen is niet doelmatig. Bovendien ontbreekt daarvoor eenvoudig de ruimte in de al zeer volle ondergrond. Ook het graven van extra oppervlaktewater was in het centrum geen optie. Dan zou ten minste één extra Westersingel nodig zijn. Daarvoor is fysiek geen plaats, tenzij je bestaande gebouwen gaat slopen. Vanuit kosten oogpunt is dit (vooralsnog) geen haalbare kaart.

##### *Vier grote maatregelen*

In Rotterdam-Centrum hebben we de volgende vier grote verbetermaatregelen getroffen:

##### 1 De ondergrondse waterberging Museumgarage, kosten 11 miljoen euro.

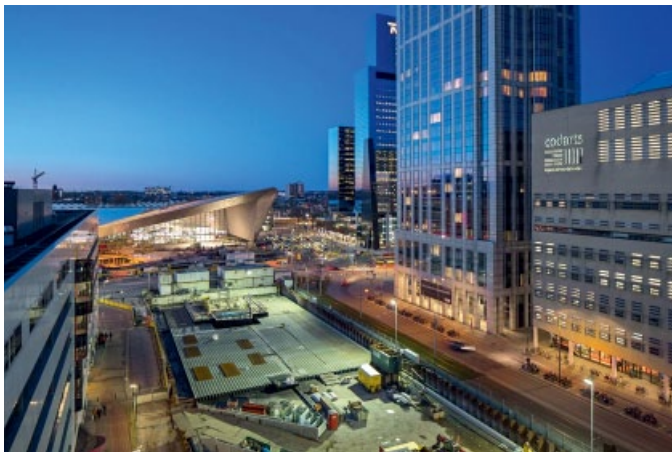
De komst van een nieuwe ondergrondse parkeergarage aan de rand van het centrum was aanleiding om meteen een waterberging te realiseren. Deze ondergrondse waterberging (OWB) ligt onder de inrit van de parkeergarage en is sinds de zomer van 2011 in gebruik. De berging heeft een capaciteit van 10.000 m<sup>3</sup> (10 miljoen liter) en is direct aangesloten op het hoofdriool van het centrum.

##### 2 Een waterberging in combinatie met de ondergrondse Kruispleing garage, kosten 1,1 miljoen euro.

Dit is in feite een ondergrondse oppervlaktewaterberging, een soort uiterwaard voor de Westersingel. De berging van 2.500 m<sup>3</sup> maakt deel uit van het oppervlaktewaterstelsel en ligt boven op de nieuwe ondergrondse parkeergarage. Bij een stijging van het waterpeil in de Westersingel stroomt deze berging vol, waardoor de singel weer ruimte heeft. Na de bui, als het peil in de singel weer daalt, stroomt de berging vanzelf weer leeg. Deze berging is eind 2013 in gebruik genomen.



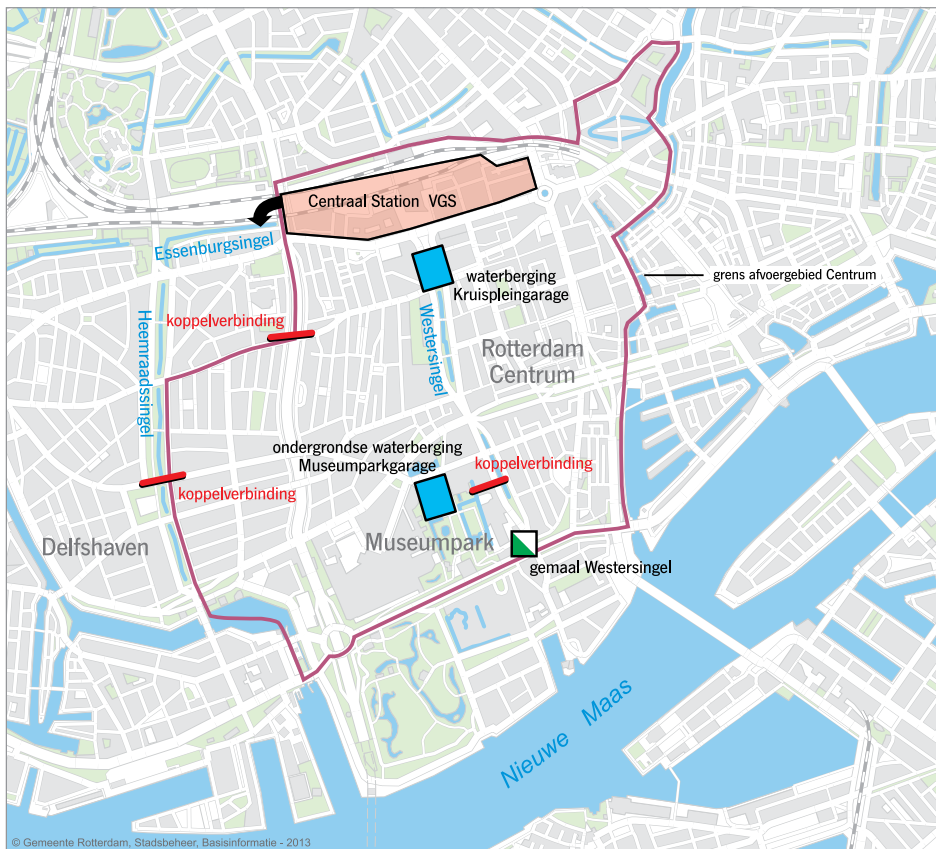
Figuur 14.9 Ondergrondse waterberging Museumparkgarage.



Figuur 14.10 Aanleg waterberging in de vorm van watershells boven op dak Kruispleingarage.

3 Sterke capaciteitsvergroting van het afvoerende rioolgemaal Westersingel door inzet reservepomp, kosten 0,4 miljoen euro.

Met het oog op kostenefficiëncy is bij de renovatie van het rioolgemaal Westersingel in 2010-2011 besloten de reserve overstortbemaalingspomp in te zetten als een reguliere pomp. Hierdoor is de kleine capaciteit van het oppervlaktewatergemaal voldoende en is vergroting dus niet nodig. Deze reservepomp in het rioolgemaal heeft een capaciteit van circa 2.000 m<sup>3</sup>/h. De rechtstreekse afvoer naar de rivier met aparte pompen komt slechts enkele keren per jaar voor (theoretisch tien keer). Deze pompen worden het grootste deel van de tijd dus niet gebruikt.



Figuur 14.11 Getroffen maatregelen in Rotterdam-Centrum.

4 Scheiden afvoer Centraal Station en omgeving, kosten 1,5 miljoen euro.

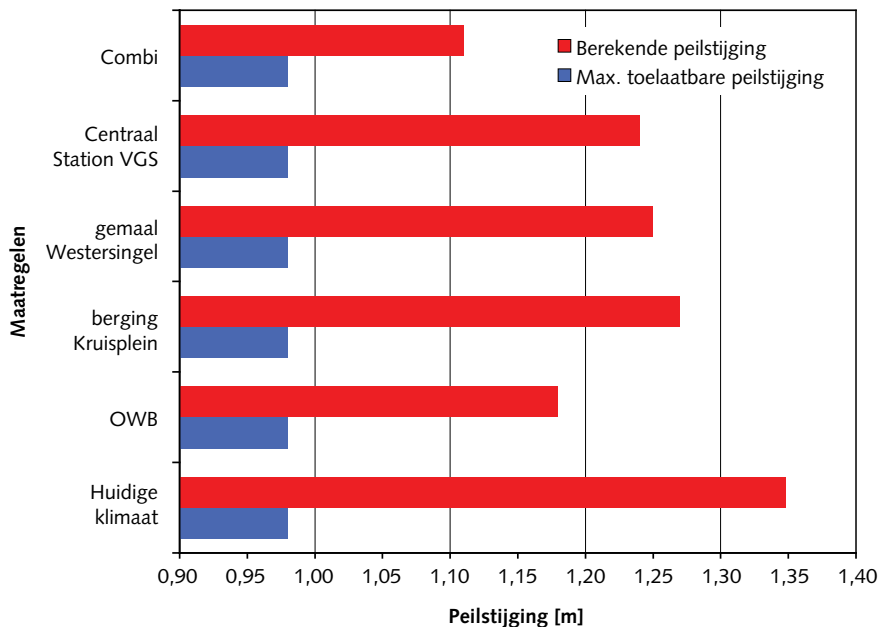
Bij de herinrichting van het gebied rondom het nieuwe Centraal Station en de toegangsweg Weena is een verbeterd gescheiden rioolstelsel aangelegd. In totaal is ongeveer 11,3 ha verhard oppervlak op het regenwaterriool aangesloten. De afvoer vindt plaats richting de Essenburgsingel, ten westen van het centrum. Hierdoor wordt de regenwaterafvoer van een groot verhard gebied in het centrum verplaatst naar het oppervlaktewatersysteem in Delfshaven.

Daarnaast hebben we enkele kleine aanpassingen in het rioolsysteem doorgevoerd, zoals de aanleg van koppilverbindingen tussen verschillende rioolafvoergebieden (zie figuur 14.11), om de aanwezige bergingsruimte beter te benutten. Ook zijn enkele duikers in het oppervlaktewatersysteem vergroot.

| 183

### 14.5 Effect van de uitgevoerde grote maatregelen

Het effect van de vier uitgevoerde maatregelen is vergeleken door voor elke individuele maatregel én alle maatregelen samen een waterstandenanalyse te maken voor de Westersingel. Figuur 14.12 geeft de berekende peilstijgingen bij T=100 weer.



Figuur 14.12 Peilstijgingen maatregelen bij neerslagreeks huidige klimaat.

De afzonderlijke maatregelen hebben bij extreme buien onvoldoende effect. De vier maatregelen samen zorgen voor een maximale peilstijging in de Westersingel van 1,11 m tot een waterpeil van NAP - 1,29 m. Vergeleken met het toetspeil van NAP - 1,38 m betekent dit dat de waterbergingsopgave daalt van oorspronkelijk 18.000 m<sup>3</sup> naar 5.000 m<sup>3</sup>. Ondanks de getroffen maatregelen is er dus nog een restopgave. Hiervoor moeten we nog aanvullende waterbergende ruimte creëren. Het risico op inundatie vanuit de singel is wel gedaald: van eens in de 20 jaar naar eens in de 50 jaar.

#### *Beperkingen rekenmodel*

Bij de vergelijking zijn we wel tegen de beperkingen van het gebruikte rekenmodel aangelopen. De wijze waarop de maatregelen zijn gemodelleerd, is sterk van invloed op de uitkomsten. Door de rekenmethode lijkt het alsof de OWB Museumgarage slechts een beperkt positief effect heeft op (het tegengaan van) de peilstijgingen in de Westersingel. Daardoor lijkt de OWB geen doelmatige maatregel om wateroverlast te voorkomen. Maar omdat alleen is gekeken naar de Westersingel en de mogelijkheid tot snelle vulling van de berging niet is meegenomen, wordt het effect van de OWB onderschat. Zo is het invloedsgebied van de OWB veel groter dan dat van de overige maatregelen. De OWB ontlast, na het openzetten van de koppelverbinding, ook een groot deel van het rioolstelsel direct ten westen van het centrum, waardoor minder water op straat blijft staan bij de Heemraadssingel in Delfshaven.

De uitkomsten van de waterstandenanalyses en de berekende nog resterende waterbergingsopgave zijn dus slechts richtinggevend.

#### *De praktijkproef*

De vier grootschalige maatregelen in het centrum van Rotterdam hebben hun nut en noodzaak al bewezen tijdens regenbuien. Zo is de OWB sinds de ingebruikname in 2011 al zeker tien keer gevuld. Daarbij was vier keer sprake van volledige vulling. De eerste volledige vulling was tijdens de extreme bui van 14 juli 2011. Het waterpeil in de Westersingel steeg weer flink. Toch is de fysieke overlast in het centrum toen beperkt gebleven.

Samen hebben de vier maatregelen geleid tot minder overlastsituaties en minder overstortingen in de singel. Grootschalige wateroverlast heeft zich niet meer voorgedaan, maar een echte test met extreme neerslag in het centrum moet nog komen.

### **14.6 Visie op regenwaterafvoer in de stad**

Tijdens de evaluatie van het Waterplan Centrum in 2011 hebben de gemeente en het hoogheemraadschap afgesproken om pas weer te investeren in nieuwe grootschalige maatregelen als we inzicht hebben gekregen in het functioneren in de praktijk tijdens meerdere neerslaggebeurtenissen.

Naast de vier al genomen maatregelen passen we nog andere (deel)oplossingen toe in Rotterdam. Deze zijn natuurlijk ook prima in het centrum te gebruiken. Deze generieke maatregelen dragen ieder voor zich weliswaar beperkt bij aan de waterbergende ruimte, maar gezamenlijk vormen ze toch een goede aanvulling voor het watersysteem.

- Vergroening van de stad. Met voorbeeldprojecten, waarbij diverse pleinen zijn vergroend en publiekscampagnes zoals 'tegel eruit, groen erin' willen we de stenige plekken in de stad vergroenen. We versterken de oorspronkelijke sponswerking van de stadsbodem en zorgen daarmee voor minder afvoer.
- Aanleg van waterpleinen met verdiepte delen die het regenwater opvangen en dit vertraagd afvoeren. Naast opvang van regenwater bij piekbuien zorgen waterpleinen voor een bijzondere openbare ruimte, een plek waar het ook leuk is als het regent.



Figuur 14.13 Waterpleinen (Bron: De Urbanisten).

- Aanleg van waterpasserende verharding die infiltratie in de bodem mogelijk maakt. Het vertragende effect van straten met deze verharding is nuttig als er geen ruimte is om het gemengde rioolstelsel om te bouwen naar een gescheiden stelsel.
- Aanleg van groene daken die neerslag vasthouden. Om 1 m<sup>3</sup> water te bergen, is ongeveer 50 m<sup>2</sup> groen dak nodig. De aanleg van groene daken is dan ook met name geschikt om de afvoer te vertragen, zodat in het rioolsysteem meer ruimte overblijft om water af te voeren. Volgens het hoogheemraadschap mogen de groene daken beleidsmatig niet worden gezien als oplossing voor de wateropgave, maar ze verminderen natuurlijk wel de wateroverlast.
- Dynamische sturing van de gemalen in combinatie met regenradar. Met vroegtijdige waarschuwing door de regenradar zijn waterstromen beter in de gewenste richting te sturen. In dit verband doet Rotterdam mee aan het internationale onderzoeksproject Raingain. Raingain is een regionale regenradar die de kwaliteit van de neerslagmetingen en de voorspelbaarheid van lokale verschillen verbetert.

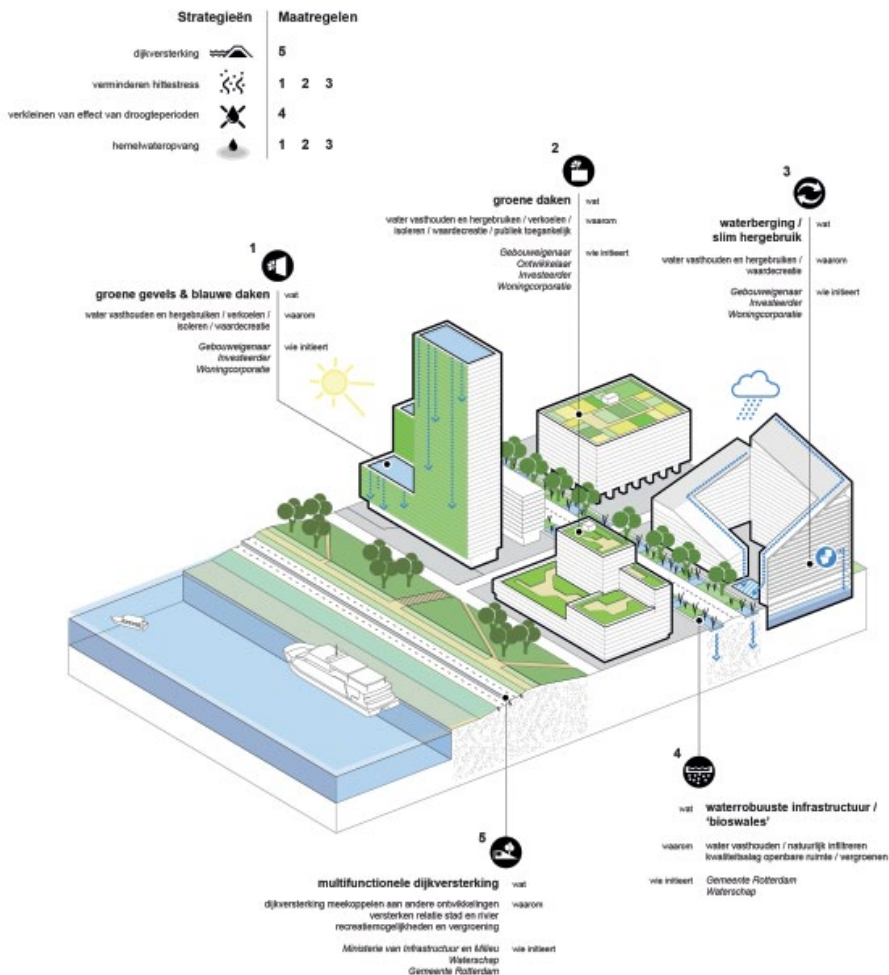
### *Een adaptatiestrategie voor de stad*

Klimaatadaptatie is niet nieuw voor een deltatad als Rotterdam. We treffen al sinds jaar en dag maatregelen om beter te kunnen inspelen op hoge waterstanden, hevige neerslag en veranderingen daarin. De gemeente en de waterschappen werken daarbij samen aan water voor een aantrekkelijke en klimaatbestendige stad. Dit is het centrale thema van

alle waterplannen die voor de stad Rotterdam zijn opgesteld. We zien water niet als een bedreiging, maar als een kans.

Rotterdam zet vol in op een slimme combinatie van ruimtelijke functies in dichtstedelijk gebied. De aanpak heeft overeenkomsten met het concept 'meerlaagse waterveiligheid': preventie, combinatie met ruimtelijke ontwikkelingen en herstel. We creëren zo veel mogelijk waterbergingsruimte, bijvoorbeeld in combinatie met een parkeergarage of een stadsplein. Ondergronds en bovengronds, waarbij dit laatste een unieke extra

186 |



Figuur 14.14 Adaptatiestrategie voor de compacte stad (Bron: De Urbanisten)



mogelijkheid biedt om de uitstraling van de stad te vergroten. Water draagt zo bij aan de kwaliteit van de openbare ruimte en de gevolgen van regen in de stad worden zo voor iedereen op een positieve manier zichtbaar.

We werken volop samen met de ontwerpers van de buitenruimte aan een waterbestendige inrichting van de stad. De gereedschapskist daarvoor wordt nog steeds aangevuld. Zo participeert de gemeente in het 3Di-waterbeheer project om een 2D overstromingsanalyse met 1D-modellering van de stroming in de riolering en waterlopen te integreren. Hiermee willen we een realistisch fijnmazig beeld van de wateroverlast bij extreme neerslag in stedelijk gebied presenteren.

Meestal zijn hevige buien erg plaatselijk en treedt ernstige wateroverlast maar in een relatief klein gebied van de stad op. We hebben de gebieden met een waterbergingstekort inmiddels in beeld, maar deze moeten we locatiespecifiek nog beter in kaart brengen. Dan kunnen we ook daar de maatregelen treffen om die overlast te verminderen en te voorkomen.

## D Woning en bewoners

- Hevige zomerse buien zorgden in **IJsselstein** voor wateroverlast in woningen. Op basis van metingen, uitgewerkte dwarsprofielen van maaiveld en bodem, en gesprekken met bewoners kwam de gemeente tot effectieve maatregelen.
- Op basis van eigen onderzoekservaringen beschrijft Antal Zuurman vier manieren om aan goede gegevens over regenwateroverlast te komen. Door gegevens te combineren, komt **relevante informatie** naar voren voor het bepalen van maatregelen.
- De analyse van **wateroverlast in woningen** vergt de nodige inspanning van een riole-ringsspecialist. Door aanpassingen en verbouwingen is de werking van de binnenriolering soms nauwelijks nog te doorgronden. Hoe zijn oorzaken van regenwateroverlast te achterhalen en oplossingen te bieden?



15 IJsselstein  
16 Informatie  
17 Woning

## 15 IJsselstein

### *Effectieve aanpak wateroverlast in woningen bij zomerse buien in IJsselstein*

De bewoners van woningen aan de Hoge Biezen in IJsselstein durfden in de zomer amper op vakantie te gaan. Zij hadden al enkele jaren bij extreme zomerse buien wateroverlast gehad, soms meerdere keren per zomer. De overlast varieerde sterk: bij de een spoot water op in een toilet, bij de ander liep de convectorput vol of stroomde water binnen via de vloer en muren. Op basis van gesprekken met bewoners, metingen, boringen en uitgewerkte dwarsprofielen van maaiveldverloop, bodemopbouw en waterstanden ontstond inzicht in de situatie. Daarop heeft de gemeente drie toepasbare oplossingen voorgesteld. Het informeren en betrekken van de bewoners heeft voor veel begrip en medewerking gezorgd. In 2012 en 2013 is geen overlast meer gemeld.

#### **Inhoud**

15.1 Met angst en beven de zomer in

15.2 Onderzoek gemeente

15.3 Oplossingen

15.4 Nabeschouwing

#### **Auteur**

ir. Arnout Linckens (Wareco Ingenieurs, vestiging Amstelveen), a.linckens@wareco.nl

#### **Contact gemeente**

Bert van der Zouwen (gemeente IJsselstein), l.vd.zouwen@ijsselstein.nl

### 15.1 Met angst en beven de zomer in

De bewoners van een deel van de Hoge Biezen in IJsselstein durfden in juli of augustus amper op vakantie te gaan. Zij hadden al enkele jaren bij extreme zomerse buien wateroverlast gehad, soms meerdere keren per zomer. De overlast varieerde sterk tussen verschillende adressen. Bij de een spoot water op in een toilet, bij de ander liep de convectorput vol of stroomde water binnen via de vloer en muren.

De variatie in klachten was zo groot dat niet één oorzaak was aan te wijzen. De enige overeenkomst was dat de overlast sinds circa 1998 bij extreme zomerse buien optrad, binnen een half uur na de start van de bui.

Op basis van de aanhoudende meldingen van bewoners besloot de gemeente in 2011 de oorzaken van de regenwateroverlast te onderzoeken om tot een oplossing te komen.

| 191

### 15.2 Onderzoek gemeente

Door de Hoge Biezen loopt een stamriool Ø 1000 mm, die in 1998 ter vervanging is aangelegd bij een wegreconstructie. Hierbij is de weg ook opgehoogd. De rioolleiding vormt voor een naastgelegen wijk de afvoerroute naar de overstort. Volgens het basisrioleringsplan (BRP) is de afvoercapaciteit voldoende en blijft bij Leidraad-bui 8 geen water op straat staan. Het rioolsysteem lijkt dus op orde. Maar wat is er dan aan de hand?

Volgens de bewoners liep het maaiveld ongeveer vijftig jaar geleden van de woning naar de weg af. Tussen de woning en de weg lag direct naast de weg een kleine sloot. Deze sloot is al in de jaren 60 gedempt. Vervolgens heeft de gemeente de weg in de loop van de jaren opgehoogd.

In de beginfase van het onderzoek is ook het Hoogheemraadschap de Stichtse Rijnlanden betrokken bij het project. Uit de interviews, de reactietijd van de overlast en de werkelijk opgetreden oppervlaktewaterstanden bleek al snel dat het geen oppervlaktewaterprobleem was. Het waterschap heeft in de rest van het onderzoek een minder actieve rol ingenomen.

#### *Overzicht ervaren wateroverlast*

Als eerste stap in het onderzoek is de ervaren overlast per adres zo concreet mogelijk omschreven. Waaruit bestaat de overlast en hoe vaak en waar komt deze voor?

De resultaten staan in tabel 15.1.

Tabel 15.1 Overzicht wateroverlast per woning.

| Woning | Water in woning | Water onderzijde vloer | Huisaansluiting | Dakoppervlak afgekoppeld | Regenwateraansluiting               | Overlast                                                                  | Dorpel (in m NAP) | Tuin (in m NAP) | Trottoir (in m NAP) |
|--------|-----------------|------------------------|-----------------|--------------------------|-------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|-------------------|-----------------|---------------------|
| 1      | nee             | ja                     | vrij verval     | ja                       | afgekoppeld op sloot met lijngoten  | water stijgt tot de onderzijde van de beganegrondvloer                    | 0,15              | 0,19            | 0,64                |
| 2      | ja              | ja                     | druk-gemaal     | ja                       | afgekoppeld op sloot met lijngoten  | water stroomt door de muren naar binnen in de bijkeuken                   | 0,24              | 0,19            | 0,63                |
| 3      | ja              | ja                     | vrij verval     | ja                       | deels afgekoppeld op sloot met kolk | water stroomt via huisaansluiting en oude schrobput de woning in          | 0,30              | 0,28            | 0,63                |
| 4      | ja              | ja                     | vrij verval     | nee                      | op gemengd riool in openbare weg    | water stroomt over de oprit naar de woning en over de drempel naar binnen | 0,46              | 0,32            | 0,68                |
| 5      | ja              | nee                    | vrij verval     | ja                       | afgekoppeld op sloot                | water spuit via toilet naar binnen                                        |                   |                 |                     |

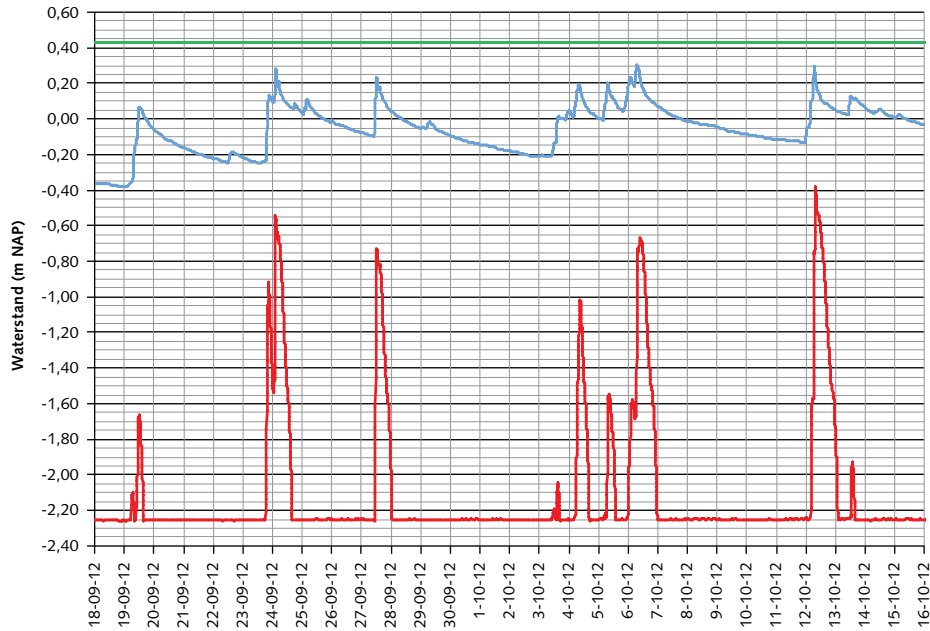
### Goede doorsnede geeft inzicht

Om de situatie te kunnen begrijpen, is een goede doorsnede van de locatie nodig. Zo'n doorsnede mag alleen gebaseerd zijn op feiten, dus op metingen. Want met veronderstellingen raak je bij het zoeken naar een oplossing snel op het verkeerde spoor. Het veldonderzoek om de nodige informatie te verkrijgen, duurde één dag:

- Gebiedsverkenning: hoogtemetingen van het openbare terrein en de woningen, en beoordeling van het verhardingspercentage, het oppervlaktewaterpeil en de ligging van de woningen ten opzichte van de omgeving.
- Inventarisatie vochtoverlast bij woningen: aantoonbare sporen van grondwater- en/of hemelwateroverlast.
- Bodemopbouw op basis van boringen.

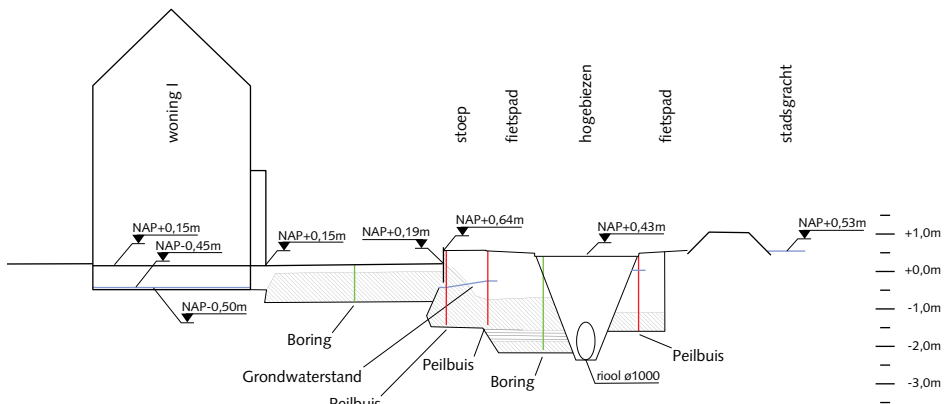
Vervolgens zijn in twee perioden (aug-nov 2012 en jul-dec 2013) de grondwater- en rioolwaterstanden gemeten (figuur 15.1). Om inzicht te krijgen in de reactie van het grondwater op rioolwaterstanden, bedroeg de meetfrequentie vijf minuten. Voor de neerslaggegevens zijn radarbeelden gebruikt, die het Hoogheemraadschap de Stichtse Rijnlanden heeft aangeleverd.

De groene lijn in figuur 15.1 geeft de hoogte van de zijkant van de weg weer, de lichtblauwe lijn de grondwaterstand in het wegcunet en de rode lijn de waterstand in het riool.



Figuur 15.1 Gemeten waterstanden en neerslag.

Op basis van de metingen en boringen zijn dwarsprofielen van het maaiveldverloop, de bodemopbouw en de waterstanden opgesteld. Deze tekeningen geven goed inzicht in de onderlinge verhoudingen tussen woningen, tuinen, opritten, openbare ruimte, het verloop van de bodemopbouw (afsluitende lagen), riolering, grondwaterstand en oppervlaktewater. Figuur 15.2 geeft een voorbeeld.



Figuur 15.2 Dwarsprofiel bij de woningen.



De grondwaterstand is niet bij de kleilaag direct onder het maaiveld van de voortuinen gemeten. Daarom laat figuur 15.2 geen doorlopende verhanglijn van de weg naar de woning zien, maar alleen enkele korte stukken. Het eerste stuk aan de rand van het cunet en het tweede onder de woning.

### 15.3 Oplossingen

Uit de dwarsprofielen zijn de toepasbare oplossingen bepaald:

- Binnenhuisriolering van laaggelegen woningen op orde brengen.
- Druklijn in het gemeentelijk riool verlagen.
- Hemelwaterafvoer binnen percelen op orde brengen.

194 | Hier volgt in het kort de uitwerking per oplossing:

#### *Binnenhuisriolering van laaggelegen woningen op orde brengen*

De vloerpeilen van de woningen liggen 0,15 m tot 0,30 m lager dan de openbare weg. De waterstand in het riool stijgt bij extreme buien tot dicht onder de weg. Dit betekent dat het water in de huisaansluitingen tot aan of zelfs boven het vloerpeil van de woningen stijgt. Bij woningen 3 en 5 (uit tabel 15.1) leidt dit tot overlast op de begane-grondvloer.

De overlast in woning 5 (het opspuitende water in het toilet) is het gevolg van luchtin-sluiting door het snel stijgende water in het riool. De bewoners hebben als maatregel (extra) ontluchting in de binnenhuisriolering aangebracht. Vooralsnog zijn geen nieuwe meldingen ontvangen.

#### *Druklijn in het gemeentelijk riool verlagen*

Opvallend is dat in woning 1 geen wateroverlast optreedt op de beganegrondvloer, terwijl deze vloer het laagst ligt van alle geïnspecteerde woningen. Een verklaring hiervoor is dat de druk in het riool hier lager is, omdat de woning dichterbij de overstort ligt.

Om de druk ook bij de andere woningen te verlagen, heeft de gemeente de aanvoerlei-ding naar een nabijgelegen bergbezinkbassin in juli 2013 vergroot van Ø 500 mm naar Ø 1.000 mm. Dit zorgt voor een lagere rioolwaterstand tijdens zware neerslag. Volgens berekeningen kan dit de druklijn in het riool tot wel 0,20 m verlagen. Voor woning 3 kan dat voldoende zijn om overlast tegen te gaan. De praktijk moet dit nog uitwijzen.

### *Hemelwaterafvoer binnen percelen op orde brengen*

Gezien het maaiveldverloop kan hemelwater dat over de opritten naar de woningen stroomt niet van de openbare weg afkomstig zijn. Op de erfgrens is het maaiveld het hoogst en op de openbare weg blijft geen water op straat staan. Gelet op de bodemopbouw tussen de weg en de woning is het ook onwaarschijnlijk dat water vanuit het wegcunet door de bodem naar de woningen stroomt. Op de erfgrens zit namelijk tot direct onder het maaiveld klei en klei laat nauwelijks water door.

Water dat oppervlakkig naar de woning stroomt, is dus hemelwater dat op de oprit en in de tuin is gevallen. Hoe kan hemelwater van zo'n relatief klein oppervlak tot overlast leiden?

In de voortuinen van percelen zit zeer ondiep een kleilaag, van direct aan het maaiveld tot maximaal 20 cm eronder. Omdat klei slecht waterdoorlatend is, stroomt hemelwater dat in de tuin valt over de klei af naar de woning. Bij woning 4 stroomt het over een drempel van de zijingang naar binnen. In de bodem vindt nagenoeg geen waterberging plaats.

| 195

Bij de woningen met een kolk of molgoot met een afvoer naar de sloot (woningen 1, 2, 3 en 5) stroomt het water niet over de drempel naar binnen. Daar wordt het hemelwater dat over de oprit naar beneden stroomt opgevangen en afgevoerd naar de sloot. Deze afvoerleidingen functioneren volgens de bewoners goed. Omdat een deel van het hemelwater door de toplaag van de bodem stroomt, komt dit niet in de molgoot en kan dit alsnog tot overlast leiden.

In huis kunnen enkele centimeters water al tot overlast en schade leiden. Zo viel op 10 juli 2010 een bui van 32 mm, die tot veel overlast in woning 4 leidde. Bij een voortuin en een oprit van bij elkaar 70 m<sup>2</sup> komt meer dan 2 m<sup>3</sup> water tot afstroming. Als de helft hiervan in een kamer van 20 m<sup>2</sup> stroomt, staat het water in huis 5 cm hoog. Zelfs deze 'geringe' hoeveelheid kan al veel schade opleveren.

De bewoner van woning 1 kan de hemelwaterafvoer binnen het perceel zelf optimaliseren door de historisch gegroeide spaghetti van hemelwaterafvoeren te vervangen door een op elkaar afgestemd systeem. Bij woning 2 hebben de bewoners de vloer en het onderste deel van de muren waterdicht gemaakt. De bewoner van woning 4 kan de hemelwaterafvoer op orde brengen door lijngoten en kolken aan te leggen.

#### **15.4 Nabeschouwing**

Binnenstromend hemelwater in de woning is een bijzonder vervelende gebeurtenis voor de betrokkenen en kan hoge kosten met zich meebrengen. Wederzijds begrip tussen waterbeheerder, gemeente en perceeleigenaren is noodzakelijk om samen effectieve oplossingen te realiseren.

Gesterkt door een deskundige onderbouwing heeft de gemeente de bewoners actief bij de aanpak van regenwateroverlast in hun woningen betrokken. Zij informeerde de bewoners over de op metingen gebaseerde feiten en over de onzekerheden over hoe de ondergrond in stedelijk gebied der uit ziet. Dit heeft voor veel begrip gezorgd. Bovendien erkennen de bewoners hun eigen rol in de aanpak van overlast en trekken zij nu samen met de gemeente op.

In 2012 en 2013 is geen overlast gemeld. De gemeente blijft metingen doen, zodat zij bij toekomstige zomerse buien conclusies over de effectiviteit van de maatregelen kan trekken.

## 16 Informatie

### *Informatie ligt op straat: vier manieren om aan relevante gegevens te komen*

Voor een gemeente is het niet zo eenvoudig om aan goede informatie over regenwateroverlast te komen. Extreme buien treden zelden op en soms heel plaatselijk. Burgers klagen ook niet zo snel. Goede informatie is noodzakelijk om inzicht te krijgen in de oorzaken en gevolgen van regenwateroverlast, vooral als het gaat om het treffen van maatregelen. Rekenmodellen zijn daarbij hulpmiddel. Het is belangrijk om resultaten van modelberekeningen te vergelijken met gegevens uit de praktijk.

Dit artikel beschrijft vier manieren om aan gegevens te komen, gebaseerd op ervaringen bij onderzoek naar regenwateroverlast in Nijmegen. Hierbij gaat het om gegevens over het functioneren van de openbare ruimte en het effect op de private ruimte bij hevige neerslag. De vier manieren zijn: archiefonderzoek, onderzoek van overlastmeldingen, veldonderzoek en bewonersonderzoek. De toepassingsvoorbeelden van Nijmegen laten zien hoe relevante informatie naar voren komt door gegevens te combineren.

| 197

#### **Inhoud**

16.1 Inleiding

16.2 Archiefonderzoek

16.3 Onderzoek overlastmeldingen

16.4 Veldonderzoek

16.5 Bewonersonderzoek

Literatuur

#### **Auteur**

Antal Zuurman M.Sc. (gemeente Nijmegen), a.zuurman@nijmegen.nl

#### **Dankwoord**

De auteur bedankt de studenten Jasper Hermeling, Tom Kuijpers, Thijs Strating en Klaas Eijkelkamp van de Hogeschool Van Hall-Larenstein voor hun werk. Jasper en Tom hebben het archiefonderzoek naar de historische neerslaggebeurtenissen uitgevoerd. Thijs en Klaas hebben alle overlastmeldingen in het GIS-systeem gezet. Een deel van het werk is uitgevoerd voor het Europese Interreg IVB-project Future Cities.

## 16.1 Inleiding

Een heftige bui van tien of twintig minuten kan al wateroverlast veroorzaken. Woningen, bedrijven en tunnels lopen onder water en in hellend gebied veranderen de straten in 'rivieren'. Vaak is sprake van overmacht, het stelsel is immers niet ontworpen op dergelijke buien. Toch willen bewoners, bedrijven en gemeente een oplossing. Maar hoe kiest en onderbouwt de gemeente de maatregel(en)?



Figuur 16.1 'Rivier' in de Beukstraat in Nijmegen (bron: foto van bewoner).

De gemeente kan de keuze en onderbouwing baseren op waarnemingen uit de praktijk of door de gebeurtenis te modelleren (*Van Dijk et al. 2012*). Om meer zekerheid over de modelberekeningen te krijgen, moet zij de uitkomsten toetsen aan bekende neerslagsituaties. Maar hoe komt de gemeente aan kwalitatief goede gegevens? Niet alle meldingen en gegevens komen immers bij haar binnen. En wat is goede informatie? Gegevens verzamelen kan al lastig genoeg zijn, maar de omschrijvingen zijn vaak subjectief. Ook foto's kunnen zo gemaakt zijn dat beelden niet geheel overeenkomen met de werkelijkheid.

Gegevens worden pas informatie door nader onderzoek te doen op basis van de gegevens. Door gegevens te combineren, ontstaat inzicht en ontwikkelt zich een interpretatiekader. Dit artikel beschrijft vier manieren om aan gegevens te komen, gebaseerd op ervaringen bij onderzoek naar regenwateroverlast in de gemeente Nijmegen. Hierbij gaat het om gegevens over het functioneren van de openbare ruimte en het effect op de private ruimte bij hevige neerslag. De vier manieren zijn:

- archiefonderzoek (zie paragraaf 16.2);
- onderzoek van overlastmeldingen (zie paragraaf 16.3);
- veldonderzoek (zie paragraaf 16.4);
- bewonersonderzoek (zie paragraaf 16.5).

De toepassingsvoorbeelden vertellen hoe relevante informatie naar voren komt door gegevens te combineren.

## 16.2 Archiefonderzoek

Via archiefonderzoek kan de gemeente achterhalen waar tijdens neerslaggebeurtenissen wateroverlast optreedt en waaruit die bestaat. Soms is ook informatie over de intensiteit van de gebeurtenis te vinden (zie figuur 16.2). Onderzoek naar meerdere gebeurtenissen levert een lijst op van overstromingsgevoelige locaties met eventueel de overstromingsfrequentie. Hoe pakt u archiefonderzoek aan en wat kunt u ermee?

| 199



Figuur 16.2 Gelderlander, september 1990.

### *Op zoek naar extreme gebeurtenissen*

Voor het archiefonderzoek zijn bronnen nodig die de juiste informatie leveren. De ervaring in Nijmegen leert dat regionale en lokale dagbladen de beste ingang bieden. Afhankelijk van welke krant u kiest, is een deel vrij beschikbaar op internet. U kunt de kranten ook digitaal en analoog inzien bij de Regionale Historische Centra (RHC's). Deze centra bevinden zich in de provinciehoofdsteden en in andere grote steden.

Hoe kunt u de bronnen doelmatig doorzoeken? Dag voor dag alle kranten van meerdere jaargangen doorzoeken, is ondoenlijk. Het gaat om de dagen met hoge neerslag-sommen in korte duur, maar hoe vindt u die?

### *Neerslaggegevens*

200 |

Een eerste optie voor recente jaren zijn de hoogfrequente neerslagmetingen van de eigen gemeente, indien beschikbaar. Hieruit is een lijst met data van gebeurtenissen te filteren. Een tweede optie zijn gegevens van een of meer van de 35 volautomatische KNMI-neerslagstations (met een meetinterval van tien minuten). Deze bron is ook geschikt voor minder recente gegevens vanaf (ongeveer) 1980. Neerslag is variabel in tijd en ruimte, dus de meetstations mogen niet te ver van het te onderzoeken gebied liggen, hooguit een paar km.

Een derde optie is om het dichte netwerk van 325 KNMI-neerslagstations met dagsommen te gebruiken. In een hoge dagsom kan immers een hoge uursom verscholen zitten. In Nijmegen ligt het KNMI-neerslagstation op 6 km van het centrum. De bruikbaarheid van het station blijkt doordat veel dagsommen overeenkomen met die van de eigen regenmeters. Zo kunt u voor de laatste twintig jaar (of meer) alle data met hogere dagsommen selecteren voor het archiefonderzoek.

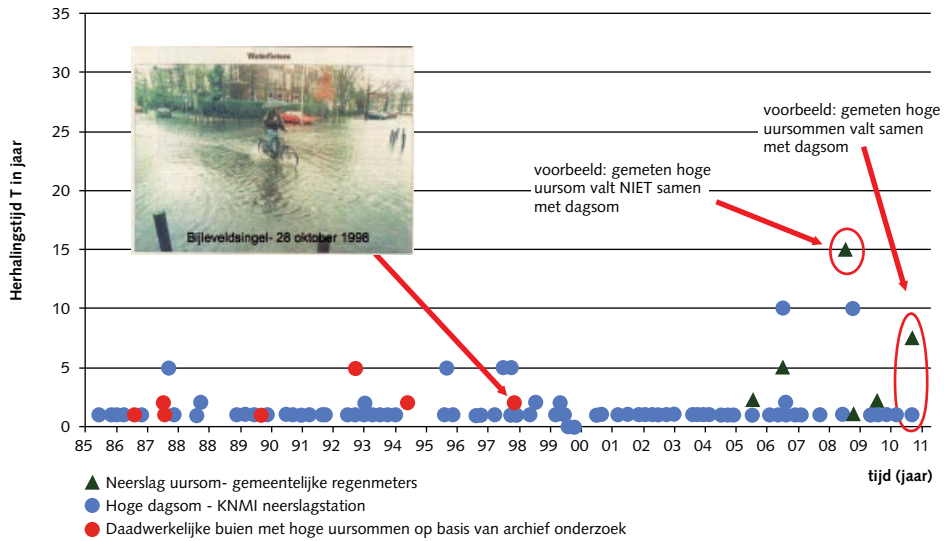
### *Wat kunt u ermee?*

Aan de hand van de gemaakte lijst met data met hogere dagsommen kunt u gericht archiefonderzoek op of rond deze data uitvoeren. De gemeente Nijmegen heeft twee studenten van de Hogeschool Van Hall-Larenstein archiefonderzoek laten doen naar alle dagen met neerslagdagsommen van 20 mm of meer. Hiervoor is gekozen omdat Nijmegen sinds 2009 enkele keren wateroverlast heeft gehad bij regenbuien waarbij in 20 minuten 20 mm neerslag viel.

Het archiefonderzoek is uitgevoerd over de periode 1985-2006 (zie figuur 16.3). In deze periode waren er 84 neerslaggebeurtenissen (lichtblauwe stippen) van 20 mm of meer. In zeven gevallen (rode stippen) is daadwerkelijk informatie over wateroverlast gevonden. Het archiefonderzoek nam drie dagen in beslag.

Voor het centrum van Nijmegen zijn de meldingen van drie gebeurtenissen met elkaar vergeleken (zie figuur 16.4). De gebeurtenis in 2009 is goed gedocumenteerd door meldingen





Figuur 16.3 Resultaat archiefonderzoek neerslaggebeurtenissen in Nijmegen.

in een gemeentelijk rapport. Het archiefonderzoek van de gebeurtenissen van 1990 en 1998 laat zes 'nieuwe' locaties zien en bevestigt twee meldingen van 2009.



Figuur 16.4 Vergelijking neerslaggebeurtenissen centrum Nijmegen met 2D-modellering (Bron: Grontmij, Wodan-2D-analyse 24-9-13).

Aansluitend zijn de meldingen vergeleken met de 2D-modellering. Een 2D-modellering laat de afstroming over het maaiveld zien zonder riolering. Een 2D-modellering wordt uitgevoerd in een GIS-systeem en gebruikt actuele hoogtemetingen. Voor Nijmegen is het Actueel Hoogtebestand Nederland (AHN-2) van 2012 gebruikt. De 2D-modellering laat de afstroomroute van het water zien (stroombanen) en berekent de optredende waterdiepten.

In figuur 16.4 zijn de berekende waterdiepten vergeleken met de wateroverlast/water-op straatmeldingen. Voor het centrum blijkt dat de locaties uit het archiefonderzoek goed overeenkomen met de locaties waar de 2D-modellering veel water op straat berekent. Maar er zijn ook afwijkingen. Uiterst rechts is een eenzame stip uit 1998 te bespeuren, die samenvalt met de parkeergarage Kelfkensbos (zie verklaring in kader).

202 |

#### **Feiten parkeergarage Kelfkensbos**

|              |                                                                               |
|--------------|-------------------------------------------------------------------------------|
| Juli 1998    | Oplevering parkeergarage.                                                     |
| Oktober 1998 | Water stroomt naar binnen bij ingang parkeergarage.                           |
| Begin 1999   | Plaatsing drempel als waterwering bij ingang parkeergarage.                   |
| Oktober 2013 | Parkeerbeheerder meldt dat sinds 1999 nooit meer wateroverlast is opgetreden. |

#### *Herinrichting openbare ruimte en riool*

Bij de vergelijking van gebeurtenissen is het zaak om ook de ontwikkeling van de ruimtelijke en riooltechnische situatie in ogenschouw te nemen. Een gebied kan er in 1990 anders hebben uitgezien dan in 2009. Herinrichting van het openbare gebied kan de berging op straat doen afnemen of het afstromende water door bijvoorbeeld verkeerdrempels blokkeren. Daarnaast kunnen ondergrondse wijzigingen in het rioolsysteem een rol spelen. Het water kan een andere stromingsverdeling hebben gekregen en daardoor een ander water-op straatbeeld geven.

De binnenstad van Nijmegen is tussen 1998 en 2000 heringericht, waardoor berging op straat is verdwenen. De aanpassingen aan het gemeentelijke rioolstelsel zijn fors geweest: 9,2 ha is afgekoppeld, de hoofdafvoer van centrum naar eindgemaal is sterk vergroot (4,5 x) en de afnamecapaciteit van het gemaal naar rwzi is op peil gebracht. De herinrichting heeft er in Nijmegen niet voor gezorgd dat het water anders door het centrum stroomt. Er zijn geen gegevens beschikbaar of de winkels nu makkelijker onder water lopen dan vroeger. De infiltratieriolen kunnen een ontlastend effect hebben als het regenwater ook echt in die systemen terechtkomt. Helaas liggen de meeste infiltratieriolen niet op locaties waar veel water op straat wordt berekend. Dus om regenwateroverlast tegen te gaan, zou met wijsheid achteraf gekozen zijn voor het afkoppelen van andere locaties. Het effect van de wijzigingen in het rioolstelsel is nog niet onderzocht.

### *Gecombineerde modellering in hellend gebied*

Tot slot kan de riolering in hellend gebied een belangrijke rol spelen in het optreden van wateroverlast. Het stelsel verplaatst water en geeft water op straat op die niet tot uitdrukking komt in een 2D-modellering. Het omgekeerde kan ook: opeenstapeling van effecten. In de regenwateroverlaststudies van Nijmegen (*Zuurman, A.H.J., 2012 en Zuurman A.H.J., 2013*) bleek dat de rioleringsberekening water op straat liet zien op locaties waar het regenwater zich op basis van de 2D-modellering verzamelde. Voor hellend gebied is het daarom beter de riolering gekoppeld met het maaiveld door te rekenen (1D/2D).

## **16.3 Onderzoek overlastmeldingen**

In de meeste gemeentelijke rioleringsplannen (GRP's) staat dat de gemeente wateroverlast monitort op basis van klachtenregistratie. Volgens het onderzoek naar regenwateroverlast in de bebouwde omgeving van Stichting RIONED (*Luijtelaar, van, 2013*) registreert ruim 80% van de gemeenten de klachten en meldingen digitaal. In de praktijk blijkt dat niet alle klachten bij de gemeente terechtkomen. Bovendien melden bewoners de wateroverlast niet altijd

| 203

De gemeente Nijmegen heeft voor twee gebeurtenissen van circa 20 mm neerslag in 20 minuten actief het aantal meldingen binnen en buiten de gemeente achterhaald. Gemiddeld zijn circa 200 meldingen per gebeurtenis gevonden. Hieruit blijkt dat:

- 27% van de meldingen binnenkomt bij de officiële klachtenregistratie.
- 10% van de meldingen elders bij de gemeente binnenkomt.
- 63% van de meldingen elders op te halen is, voor het grootste deel bij de brandweer.

Door actief te zoeken, is dus veel informatie te verzamelen.

### *Interne bronnen*

Binnen een gemeente zijn de meest voorkomende bronnen (gerangschikt naar aantal meldingen):

- 1 Afdeling Beheer openbare ruimte: beheerders openbare ruimte, wijkserviceteams of (geprivatiseerde) diensten voor dagelijks onderhoud en reiniging.
- 2 Klachtenloketten voor schade aan de openbare ruimte.
- 3 Afdeling Verzekeringen.
- 4 Wijkgerichte afdelingen: wijkbeheerders of wijkmanagers.

De meeste afdelingen zetten een klacht na binnenkomst door naar de rioleringsbeheerder. Wijkserviceteams herstellen bij schademeldingen onmiddellijk de schade en weten waar de putdeksels omhoog zijn gekomen. Burgers gebruiken ook vaak het klachtenloket “Bel- en herstellijn” of de Waterloketten. De afdeling Verzekeringen handelt de schadeclaims af, die weer een bron van informatie over de schade vormen.

### *Externe bronnen*

De grootste externe bron is de meldkamer van de brandweer. Ook verschaffen de media veel nuttige achtergrondinformatie. Naast de brandweer zijn de externe bronnen:

- 1 Kranten & commentaren van 'reactie-gevers'.
- 2 Rioolontstoppingsbedrijven.
- 3 Websites van 'weerofielen'.
- 4 Beeldmateriaal van internet (video/foto).

### *Kranten & commentaren reactie-gevers*

Op internet is bij de lokale en regionale kranten informatie te vinden over wateroverlastlocaties. Het krantenartikel vat een gebeurtenis vaak samen met een beschrijving van de omvang van de regenwateroverlast en wat er is gebeurd. Burgers vullen artikelen vaak aan met hun eigen foto's en een omschrijving van de locatie. Hierdoor ontstaat een beter beeld van de lokale impact van de neerslaggebeurtenis.

Een andere verrassende bron zijn de reactie-gevers op de artikelen. Uit hun commentaar zijn vaak ook locaties en indicaties van de impact te destilleren. Om het gekleurde commentaar te filteren, kunt u eventueel zelf een reactie geven of vragen stellen. Contact leggen met deze mensen is essentieel om een adequaat beeld te krijgen.

"Nou ja, wat een raar iets. Ik woon in Nijmegen, in Nijmegen zuidrand en daar hebben we totaal geen wateroverlast. Wel regen gehad, maar niet van dien aard dat we er overlast van hebben..."

Chantal, 27-06-2009 / 20:59 uur

"De buien waren inderdaad erg lokaal. Maar rond het centrum van Nijmegen, en in Nijmegen- Oost, erg hevig. Net als Frits kan ik me niet herinneren het zo hard te hebben zien regenen in Nijmegen (hoewel ik me een bui herinner zo'n 30 jaar tot 35 jaar geleden waarbij in Hatert kelderboxen van de flats langs de Loevensteinstraat ook blank kwamen te staan)."

"De waterafvoer van de dakkapel in mijn woning hoort af te wateren in de dakgoot eronder. Het spoot over de dakgoot heen! Dat het riool het niet zou aankunnen lijkt me evident - hier is geen pijp tegen gewassen. Overigens was het water in mijn straat ook binnen 20 minuten weer verdwenen."

Willem, 28-06-2009 / 17:22 uur

(Bron: Gelderlander, juni 2009)

### *Rioolontstoppingsbedrijven*

Krantenartikelen noemen vaak instanties die kelders hebben leeggepompt, zoals de brandweer en rioolontstoppingsbedrijven. De auteur van dit artikel heeft naar aanleiding van de krantenartikelen over de wateroverlast in 2009 contact gelegd met de daarin genoemde bedrijven, met de vraag of ze een lijst van adressen wilden geven waar ze wateroverlast hebben verholpen. Ook is op internet opgezocht welke rioolontstoppingsbedrijven in de regio werken. De ontstane contacten met vijf bedrijven zijn bij een volgende wateroverlastsituatie in 2012 benut.

### *Websites van 'weerofielen'*

Nederland telt veel weeramateurs met een eigen weerstation. Op websites als wunderground.com en hetweeractueel.nl leveren ze hun gegevens aan. Naast technische achtergronden geven lokale weeramateurs vaak ook commentaar op en beschrijvingen van gebeurtenissen. Op de website van wunderground is ook ruimte voor beeldmateriaal.

| 205

Op websites als onweer-online.nl en weer.nl zijn ook via de forums neerslaglocaties en informatie over de impact van neerslaggebeurtenissen te vinden.

Alle genoemde websites zijn ook geschikt om informatie over historische gebeurtenissen te vinden. Voor de meeste is een inlogaccount nodig, maar aanmelding is meestal gratis.

### *Beeldmateriaal van internet (video/foto)*

Veel burgers maken filmpjes van hevige buien, die ze vaak op YouTube zetten. Dergelijk filmmateriaal maakt de impact en omvang van de wateroverlast duidelijk. Niet alleen het effect van wateroverlast in woningen komt in beeld, maar ook dat van water op straat. Van diverse gebeurtenissen in Nederland, zoals Apeldoorn (juli 2009) en Groningen (juli 2010), ligt op beeld vast dat auto's door water op straat rijden. YouTube is het bekendste kanaal voor beelden van wateroverlast, maar er zijn ook alternatieven: buzznet.com, blip.tv, dailymotion.com, metacafe.com en break.com.

Ander filmmateriaal is vaak beschikbaar via de regionale omroepen. Vanuit de Veiligheidsregio's hebben zij een officiële functie als rampenzenders. Bij wateroverlast zijn in de regionale journaals vaak opnamen van de locaties te zien. De meeste journaals zijn achteraf via 'gemiste uitzendingen' te bekijken.

Naast filmmateriaal zijn online bij de lokale en regionale media veel foto's te vinden van de wateroverlastlocaties. Even zoeken met de plaatsnaam en termen als wateroverlast, noodweer of overstroming levert veel op. Veel fotografen publiceren hun foto's op flickr.com. Op deze website werken Engelse zoektermen overigens beter dan Nederlandse.

N.B. Het film- en beeldmateriaal staat soms maar tijdelijk op internet. Daarom is het zaak om het belangrijkste beeldmateriaal met de bijbehorende commentaren snel op te slaan.

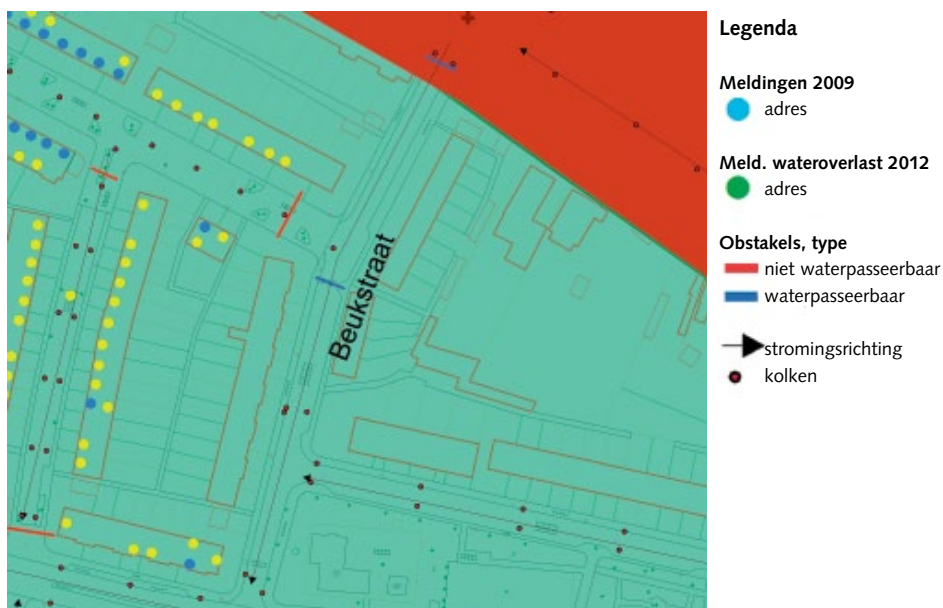
### *Toepassing meldingenlijst*

In Nijmegen is de meldingenlijst gebruikt in het regenwateroverlastonderzoek. Hiervoor hebben twee studenten van de Hogeschool Van Hall-Larenstein alle overlastlocaties in een GIS-systeem gezet. De meldingen hebben zij onder meer vergeleken met de volgende kaarten:

- Kaart met locaties van de kolken.
- Hoogtekaart.
- Stroomgebiedenkaart (afstroom obstakels, waterpasseerbaarheid, afstromingsrichting).

206 |

De vraag voor het regenwateroverlastonderzoek was in hoeverre het functioneren van de openbare of private ruimte voor wateroverlast gezorgd heeft. Water op straat kan wateroverlast worden als de aanvoer de bergings- en/of afvoercapaciteit overschrijdt. Kolken zorgen voor de afvoer naar het stelsel en het hoogteverloop beïnvloedt de afstroming. In hellend gebied ontstaan afstromingsgebieden die het regenwater lokaal in depressies of dalen bergen of afvoeren. Ook hebben obstakels als verkeersdrempels lokaal effect.



Figuur 16.5 Beukstraat: wateroverlastmeldingen vergeleken met overige gegevens

Figuur 16.5 geeft voor de Beukstraat de vergelijking weer van de meldingen met de verschillende informatiebronnen. In de Beukstraat zijn de overlastmeldingen gecentreerd in het benedenstroomse gebied. Opvallend is dat de straat weinig kolken heeft. Volgens de hoogte- en afstroomgegevens ontvangt deze straat ook water van bovenstrooms.

Om te kunnen concluderen dat de wateroverlast in de Beukstraat hiermee ‘verklaard’ is, zijn meer gegevens nodig. In het regenwateronderzoek zijn daarom ook de volgende gegevens meegenomen:

- Beheersysteem: gegevens riolering (ouderdom, diameters en puthoogten).
- Reinigingsdatum kolken (uit beheersysteem).
- Onderhoudstoestand kolken (veldonderzoek).
- Rioleringsberekeningen (1D).
- Beeld- en filmmateriaal internet/bewoners.

| 207

### *Beukstraat*

Narekening leert dat per kolk circa 400 m<sup>2</sup> afwaterend oppervlak aanwezig is en dat de kolkleidingen bij 80-150 mm/h de afvoer in elk geval tijdelijk niet aankunnen. Het rioolsysteem in de straat is een beginstreng van 250 mm. Uit het veldonderzoek blijkt dat de kolken niet vuil zijn en het beheersysteem geeft aan dat de kolken vóór de gebeurtenis zijn gereinigd. De bewoners hebben foto's opgestuurd waarop een rivier in de straat zichtbaar is (zie figuur 16.1).

Op basis van alle gegevens denkt de gemeente dat de hoofdoorzaak van de wateroverlast de bovengrondse aanvoer van bovenstrooms is in combinatie met het hoogteverloop van het gebied. De kolken zijn schoon, maar door de helling stroomt veel water langs de kolk. Op voorwaarde dat het rioolsysteem het aankan, kan de gemeente als oplossing benedenstrooms kolken bijplaatsen.

## **16.4 Veldonderzoek**

Veldonderzoek geeft belangrijke informatie voor onderzoek naar regenwateroverlast. Door naar buiten te gaan en te kijken naar effecten van de bui, ontstaat inzicht in hoe de riolering en openbare ruimte het regenwater verwerken. Wanneer is het veldbezoek het best uit te voeren en wat zijn daarbij belangrijke aandachtspunten?

### *Tijdstip*

Het veldbezoek kan het best in twee delen plaatsvinden. Als eerste zo snel mogelijk na de regenbui, want veel schades en andere sporen worden de eerste paar dagen weggewerkt. Het tweede deel kan na enkele dagen op specifiek getroffen locaties plaatsvinden.



Voor winkelgebieden komt wateroverlast bijvoorbeeld vaak tot uiting in vervroegde uitverkoop wegens waterschade. Door de winkelgebieden te doorkruisen, ontstaat een aanvullend beeld van de impact van de wateroverlast.

### *Voorbereiding*

Om het veldonderzoek efficiënt uit te voeren, moet u locaties selecteren.

Hulpmiddelen hierbij zijn:

- 1 Gebiedskennis: bekende kwetsbare locaties van eerdere neerslaggebeurtenissen. Deze moeten in lijsten of kaarten staan, zodat in principe iedere medewerker (ook zonder gebiedskennis) hiermee aan de slag kan.
- 2 Wijkserviceteams: elke gemeente heeft een afdeling die schades/problemen in de openbare ruimte verhelpt. De mensen met piketdienst tijdens een neerslaggebeurtenis kunnen de belangrijke locaties met wateroverlast leveren. Met deze informatie is ook de gebiedskennis (verder) op te bouwen.
- 3 [www.buienradar.nl](http://www.buienradar.nl): animatie van de route van een regenbui over het gebied levert informatie over waar de regen is gevallen en welke gebieden zwaarder belast zijn. De website kan in elk geval de afgelopen 24 uur animeren. Overigens zijn in het archief ook oudere radarbeelden (tot 2007) per vijf minuten op te roepen.
- 4 [www.112meldingen.nl](http://www.112meldingen.nl): op deze website is gericht te zoeken naar lokale meldingen (selectie regioniveau) waarbij de brandweer is uitgerukt. Bij wateroverlast wordt de brandweer vaak ingeschakeld om kelders leeg te pompen of actie te ondernemen bij ondergelopen wegen.

### *Inhoud*

De inhoud van het veldonderzoek kan verschillen. In het westen van ons land is er verhoudingsgewijs sneller een relatie met het watersysteem (omgekeerd werken overstortdrempel). In het oosten spelen het hellende karakter en de oppervlakkige afstroming vaker een grotere rol.

Algemene aandachtspunten zijn:

- 1 Kwetsbare locaties bekend van eerdere wateroverlast bij hevige neerslag.
- 2 Kunstwerken als overstorten naar oppervlaktewater of groene overstortvijvers.
- 3 Locaties van infiltratiesystemen.
- 4 Bekende drukpunten in het riool (putdeksels liggen eraf, uittredend rioolwater).
- 5 Afwatering (water voor kolken, aanwezigheid kolken, kolkverdeling, onderhoudstoestand).
- 6 Hellend groen (slib op de weg, erosiesporen).
- 7 Verzamellocaties van afstromend regenwater ((spoor)tunnels, verdiepte garages, halfverdiepte parkeerplaatsen, verzamelpunt van hellend gebied).

### *Vastleggen informatie*

Alle verkregen informatie krijgt waarde als u deze goed vastlegt met aantekeningen en foto's van waarnemingen. Het beste is om de aantekeningen direct na een veldbezoek uit te werken. Een eenvoudige manier is om aan de hand van de route een rapportage te maken met de beelden en schriftelijke informatie. Een dergelijk rapport levert een goudmijn aan informatie op bij validatie van de modelgegevens. Om later de foto's weer goed terug te vinden, is het verstandig deze snel te sorteren op locatie-niveau en/of datum.

### *Veldonderzoek in hellend gebied*

Op 27 juni 2009 viel op het hellende deel van Nijmegen een regenbui van 20 mm in 17 minuten (Langeveld, J. et al., 2010 en Langeveld, J. et al., 2013). Een medewerker heeft direct het getroffen gebied bezocht. In hellend gebied stroomt het regenwater af in stroomgebieden. Het water stroomt via de 'dalen' naar de verzamelpunten onder aan het stroomgebied. Op plekken waar zich veel water verzamelt, is de kans op wateroverlast groter. Met het water stroomt veel slib mee. Slib accumuleert op de laagstgelegen plek en voor obstakels, zoals verkeersdrempels en verkeersplateaus. Door in het veld naar sliblocaties en -hoeveelheden te kijken, ontstaat een beeld van de afstroming van het regenwater tijdens de bui. Figuur 16.6 laat de plek onder aan het afstromingsgebied zien waar in 2009 slib accumuleerde.

| 209



Figuur 16.6 Archipelstraat: slibaccumulatie op verzamelpunt stroomgebied (Bron: E. Schilling)

Aanvullend op het veldonderzoek zijn de locaties met slib vergeleken met foto- en filmbeelden. Op de locatie van figuur 16.6 bijvoorbeeld ligt een open overstortbassin dat bovengronds was gevuld. Een parkeergarage in aanbouw naast het bassin was volledig ondergelopen.

De resultaten van het veldonderzoek zijn samen met de meldingen en andere gegevens gerapporteerd (Zuurman, A.H.J., 2009). De grote waarde van dit document bleek toen in 2012 een uitgebreid regenwateroverlastonderzoek plaatsvond. Door de effecten met elkaar te vergelijken, is de basiskennis van het gebied enorm toegenomen. De gemeente wist nu goed wat de kwetsbare plekken waren.

## 16.5 Bewonersonderzoek

210 |

De gemeente Nijmegen heeft in 2012 een uitgebreid regenwateroverlastonderzoek (Zuurman, A.H.J., 2012 en Zuurman A.H.J., 2013) uitgevoerd. Hierbij bleek de burger als ervaringsdeskundige een goede informatiebron. In het onderzoek heeft de gemeente op 1 locatie op kleine schaal huizen bezocht. Bij opschaling van het onderzoek voor een grotere locatie, is het huisbezoek vervangen door bewonersenquête. Door bij beide onderdelen goede vragen te stellen is een gekleurde waarneming vaak om te zetten in relevante technische informatie over het functioneren van de openbare ruimte en de woningen bij hevige neerslag.

Bij het regenwateroverlastonderzoek heeft de gemeente veel aandacht besteed aan de samenwerking met burgers door informatie te delen vanuit een open houding. Zo is het plan van aanpak vóór het onderzoek voorgelegd aan de contactpersonen per straat. Het hiermee opgebouwde vertrouwen vormde een goede basis voor de uitvoering van het onderzoek.

### *Huisbezoeken*

De huisbezoeken zijn voorbereid door vooraf op basis van het bouwarchief te kijken hoe de oorspronkelijke binnenriolering is ontworpen. Verder is een checklist van aandachtspunten en vragen opgesteld. Een belangrijk punt was bijvoorbeeld hoe het regenwater een woning binnendringt. Dit kan door boven- of ondergrondse aanvoer van regenwater vanuit de openbare ruimte, maar ook vanuit de woning zelf. Een dichte terugslagklep houdt ook het water van het eigen woningdak tegen en geeft wateroverlast als een ontlastput ontbreekt.

Met de checklist als leidraad ontstaan goede gesprekken met bewoners. Ze weten hoe vaak er overlast is geweest en hoe deze ontstond. De burgers vulden de oude tekeningen van de binnenriolering vaak aan met informatie over verbouwingen, verlegde leidingen en getroffen preventieve maatregelen tegen wateroverlast. Bij de huisbezoeken bleek

ook regelmatig dat bewoners foto's hadden van de wateroverlast in de openbare ruimte. De resultaten van de huisbezoeken zijn gerapporteerd en gebruikt om de vragen verder uit te werken in de enquête.

### *Bewonersenquête*

Bij de enquête heeft de gemeente 182 huishoudens ondervraagd. De inhoud is vooraf kortgesloten met de contactpersonen per straat, die hierop feedback hebben gegeven. De enquête was behoorlijk technisch, daarom had de gemeente er een toelichting op de werking van binnenhuisriolering bij gedaan. De bewoners konden ook foto- en filmmateriaal naar de gemeente sturen. De enquête is analoog verspreid, maar was ook digitaal in te vullen via de website van het Waterservicepunt. De gemeente heeft de enquêteresultaten tijdens een bewonersavond teruggekoppeld.

| 211

In de enquête waren de vragen verdeeld over de volgende hoofdvragen:

- 1 Wanneer is wateroverlast opgetreden?
- 2 Waar is wateroverlast ontstaan in de woning?
- 3 Hoe is de wateroverlast ontstaan?
- 4 Waaruit bestond de overlast (effect)?
- 5 Welke maatregelen zijn al getroffen?

### *Respons enquête*

Iets meer dan 48% van de benaderde bewoners heeft de enquête ingevuld. Dat is een hoog percentage, aangezien de gemiddelde respons op een onderzoek rond de 20 tot 30% ligt. Een logische verklaring is dat het belang van de bewoners hier groot is. In de straten met een lagere respons was dit belang deels afwezig, het betrof woningen van de woningbouwstichting.

### *Resultaten hoofdvraag 1: wanneer is wateroverlast opgetreden?*

Hierbij gaat het om drie gebeurtenissen: in 2009, 2011 en 2012. De gebeurtenissen in 2009 en 2012 hebben de meeste wateroverlast in de woningen veroorzaakt. Bewoners die langer dan vijftien jaar in het gebied woonden, omschreven een aantal historische gebeurtenissen als 'juli 1986 of 1987'. In het archiefonderzoek is op basis van deze omschrijvingen de concrete datum achterhaald.

### *Resultaten hoofdvraag 2: waar is wateroverlast ontstaan in de woning?*

In vrijwel alle gevallen ontstond de wateroverlast in de souterrains. Andere overlast kwam ook op de begane grond voor, zoals stank en borrelende toiletten.

### *Resultaten hoofdvraag 3: hoe is de wateroverlast ontstaan?*

Het overgrote deel van de wateroverlast is te herleiden tot laaggelegen huisaansluitin-

gen. Het onderzoeksgebied ligt in een droogdal, de tuinen liggen over het algemeen 2 m lager. De woningen hebben souterrains die vaak een woonfunctie hebben met lozings-toestellen die (ruim) beneden het straatniveau liggen. Hier ontbreekt vaak een pompvoorziening of terugslagklep in een lozing onder vrijverval.

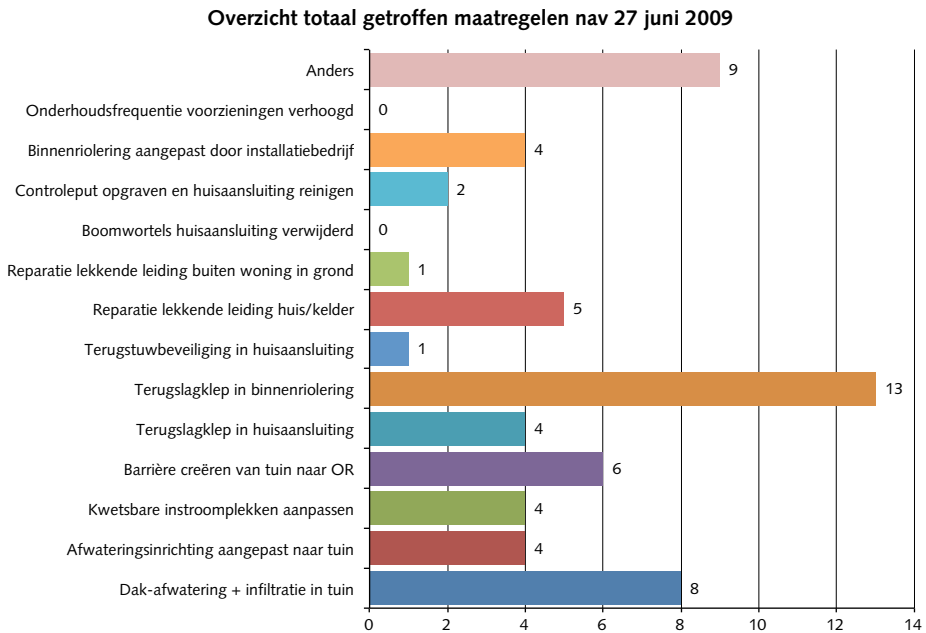
#### *Resultaten hoofdvraag 4: waaruit bestond de overlast (effect)?*

Voor alle meldingen en gebeurtenissen samen is wateroverlast in de woning verantwoordelijk voor 51% van de meldingen. De gevolgen van problemen met ontluuchting van het gemeentelijke riool manifesteren zich door borrelende toestellen en stankoverlast, die in 46% van de meldingen voorkomen.

#### *Resultaten hoofdvraag 5: welke maatregelen zijn al getroffen?*

Aanleiding voor het uitgebreide onderzoek was de neerslaggebeurtenis van 28 juli 2012. Op 27 juni 2009 vond een vergelijkbaar 'event' plaats (Zuurman, A.H.J., 2009). Toen hebben de bewoners in de meeste gevallen terugslagkleppen aangebracht (zie figuur 16.7).

212 |



**Figuur 16.7** Overzicht genomen maatregelen bewoners na 27 juni 2009

Opvallend is dat bewoners bij de gebeurtenis in 2012 veel meer stankoverlast meldden dan in 2009. Mogelijke verklaring is het onoordeelkundig plaatsen van de terugslagkleppen, waardoor thuis of bij de burens stankoverlast ontstond door ontluuchting van het riool.

## Literatuur

Akkerman, O, Jansma, D , Bennink, M, en Wolthuis, L. Studenten analyseren water-overlast Groningse wijk, Land+Water nr. 1/2, februari 2012.

Dijk, E. van, Meulen, J. van der, Kluck, J. en Straatman, J.H.M. (2012). Vergelijking modelconcepten voor bepalen water-op-sstraat. Gevoeligheid voorspelling water-op-sstraat voor keuze modelconcept en parameterkeuze. WT-Afvalwater jaargang 12, nr. 1. Februari 2012.

Langeveld, J, Schilling, J.E. 'Extreme' neerslag en riolering in de praktijk: een 'T=10' in Nijmegen in beeld gebracht, H<sub>2</sub>O nr. 24 in 2010.

Langeveld, J, Stuurman, B, Schilling, J.E. en Dassen, W. 'Analyse regenwateroverlast in de stads bij hevige neerslag, Land+Water nr. 9, september 2013.

| 213

Luijtelaar, H. van (2013). Inventarisatie regenwateroverlast in de bebouwde omgeving 2013. RIONEDreks 17.

Zuurman, A.H.J., Schilling, J.E., Noodweer in Nijmegen op 27 juni 2009, Evaluatie werking riolering, infiltratievoorzieningen en inzicht wateroverlast/water op straat (intern rapport gemeente Nijmegen, eindconcept 23 april 2010).

Zuurman, A.H.J., Rapportage macrospoor Nijmegen-Oost, Onderzoek oorzaken water-overlast Corduwnerstraat en omgeving in de openbare ruimte als gevolg van heftige neerslag 28 juli 2012, Definitief 26 april 2013.

Zuurman, A.H.J., Rapportage microspoor Nijmegen-Oost, Beschrijving resultaten veldbezoek, bouwarchiefonderzoek en enquête wateroverlast t.b.v. onderzoek wateroverlast Abeelstraat, Ahornstraat, Beukstraat, Berg en Dalseweg, Cipresstraat, Corduwnerstraat en Hengstdalseweg als gevolg van heftige neerslag 28 juli 2012, Definitief 27 maart 2013.

## 17 Woning

### *Regenwateroverlast in de woning: handvatten voor de rioleringsspecialist om oorzaken te achterhalen en oplossingen te bieden*

De laatste jaren komen steeds vaker heviger regenbuien voor. Zolang de overlast beperkt blijft tot de openbare ruimte en sprake is van een tijdelijke water-op-straatsituatie, is de hinder acceptabel. Maar als regenwater of zelfs rioolwater de woning binnendringt, is sprake van overlast. Dan lopen de emoties bij bewoners vaak hoog op. Bij de analyse van de situatie moet de rioleringsspecialist zo objectief mogelijk blijven en de informatie op een juiste manier filteren.

Dat vergt de nodige inspanning, zeker ook omdat door aanpassingen en verbouwingen in woningen de werking van de binnenriolering soms nauwelijks te doorgronden is. Dit artikel biedt handvatten voor de rioleringsspecialist om oorzaken van regenwateroverlast te achterhalen en oplossingen te bieden.



Bron Waterschap Brabantse Delta

#### **Inhoud**

- 17.1 Werking gebouw- en openbare riolering
- 17.2 Oorzaken en oplossingen in de woning
- 17.3 Oorzaken en oplossingen rond de woning
- 17.4 Oorzaken en oplossingen in de openbare riolering
- 17.5 Nabeschouwing en adviezen

#### **Auteur**

ir. John Evers (Kragten), je@kragten.nl



## 17.1 Werking gebouw- en openbare riolering

De riolering van een woning (de gebouwriolering) bestaat uit:

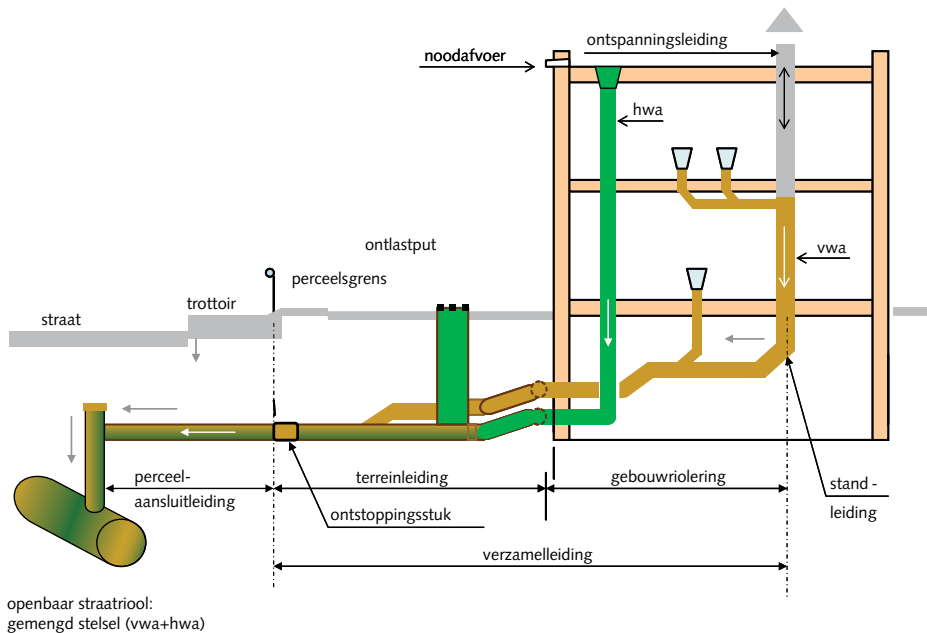
- de binnenriolering: alle hemelwaterafvoeren, vuilwaterafvoeren en overige rioolvoorzieningen en -leidingen in en aan de woning;
- de buitenriolering: de afvoeren en voorzieningen rondom de woning tot aan de perceelgrens/huisaansluitleiding.

De openbare riolering is van de gemeente en bestaat uit het gemengde of (verbeterd) gescheiden rioolstelsel in de straat vanaf de huisaansluitleiding.

De huisaansluitleiding is eigendom van de gemeente en/of de perceeleigenaar.

Figuur 17.1 laat zien uit welke onderdelen de binnenriolering moet bestaan. Vanuit deze woning stromen de hemelwaterafvoer (hwa) en de vuilwaterafvoer (vwa) via de buitenriolering samen naar het gemengde rioolstelsel van de gemeente.

| 215



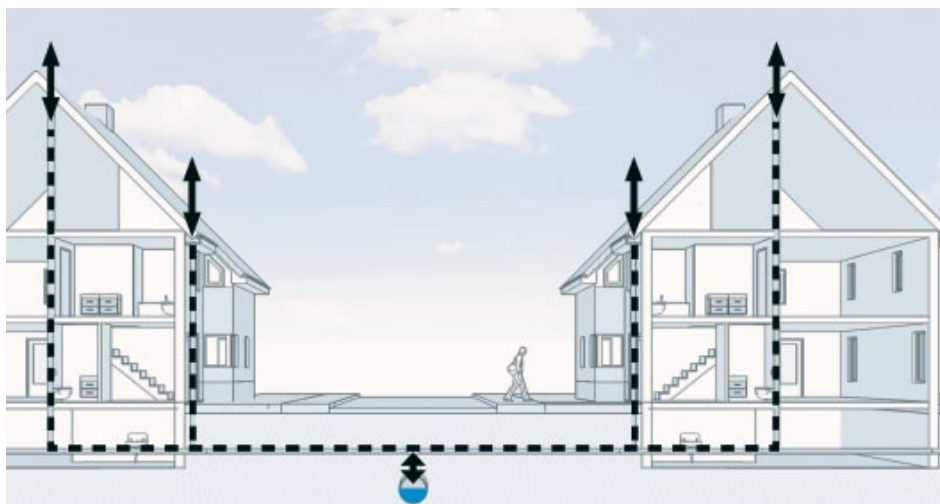
**Figuur 17.1** Gemengde aansluiting van een pand op een gemengd rioolstelsel (Bron: Wil Scheffer) Belangrijk punt in deze figuur is dat het hemelwater en vuilwatersysteem pas buiten het pand samengevoegd worden. Dit is sinds 1992 verplicht. De meeste problemen ontstaan in panden waar systemen inpandig samenkomen. Deze situatie vindt u terug in aantal figuren in dit artikel.

Belangrijke onderdelen van de binnenriolering zijn de hwa-aansluitingen aan de voor- en achterkant van de woning, de standleidingen en de ontspanningsleidingen. Deze zorgen samen voor de be- en ontluchting van het riool, die essentieel zijn voor het goed functioneren van het stelsel. Bij onvoldoende ontluuchtingsmogelijkheden kunnen luchtinsluitingen ontstaan. Deze werken als een verstopping, waardoor de afvoer-capaciteit van de riolering flink afneemt. Ook kan overdruk ontstaan, die in de woning tot problemen kan leiden zoals borrelende toiletten en mogelijk wateroverlast door uitstroming via het schrobputje.

#### *Goed functionerende binnenriolering essentieel*

Behalve de gebouwriolering gebruikt ook de openbare riolering de be- en ontluuchtingskanalen in de woningen. In Nederland heeft het openbare riool namelijk meestal geen eigen be- en ontluuchtingsmogelijkheden. Dit komt door de stanksloten op de kolken, waardoor het riool geen verbinding met de buitenlucht heeft. Zonder die sloten zou een (gemengd of dwa-)stelsel voor stankoverlast zorgen. Voor de be- en ontluchting gebruikt de openbare riolering daarom de aangesloten binnenrioleringen (zie figuur 17.2).

216 |



Figuur 17.2 Be- en ontluchting van de gehele (buiten- en binnen-) riolering.

In het buitenland zie je wel putdeksels met gaten die voor be- en ontluchting van de openbare riolering zorgen, zoals in Duitsland. Dit leidt plaatselijk soms tot stankoverlast. Maar omdat alle putdeksels gaten hebben, wordt de eventuele stank goed verspreid en blijft de overlast beperkt.



Figuur 17.3 Duitse putdeksel met gaten

In Nederland kennen we het Duitse systeem niet, waardoor de openbare (buiten)riolering is aangewezen op een goed functionerende binnenriolering.

### *Aansprakelijkheden*

De interactie tussen de gebouw- en openbare riolering is wettelijk niet geregeld. Dit betekent dat de gemeente niet van de woningeigenaar kan eisen dat hij zijn binnenriolering aanpast om de openbare riolering goed te laten functioneren. Als de gemeente afkoppelt en in de woning ontstaan hierdoor problemen, kan de gemeente aansprakelijk zijn en moet zij dan voor een oplossing zorgen. De beste aanpak is om vóór het afkoppelen mogelijke problemen te inventariseren. Module B2600 van de Leidraad riolering biedt hiervoor de nodige handvatten.

Uiteraard is de woningeigenaar zelf verantwoordelijk voor het goed functioneren van zijn binnenriolering. Mensen die in de eigen woning overlast ondervinden, nemen hiervoor nogal eens contact op met de gemeente en verwachten dat die voor een oplossing zorgt. Soms ligt de oorzaak inderdaad buitenshuis, maar vaak niet. Bewoners en installateurs hebben nogal eens op eigen wijze aanpassingen aan de binnenriolering gedaan, waardoor de werking ervan nauwelijks meer te doorgronden is. Als blijkt dat de overlast ontstaat omdat de binnenriolering niet aan de (huidige) eisen voldoet, moet de eigenaar zelf voor een oplossing zorgen.

Voor regelgeving binnenriolering zie Bouwbesluit 2012, de NEN 3215 en de NTR 3216.

## 17.2 Oorzaken en oplossingen in de woning

Als de binnenriolering volgens de regels is aangelegd, kan eigenlijk niet veel misgaan. Maar helaas is de praktijk vaak anders. Regenwateroverlast in de woning ontstaat vaak door fouten bij het aanbrengen van voorzieningen in de gebouwriolering, zoals:

- Terugslagkleppen.
- Ontspanningsleidingen.
- Stankslot moderne inloofdouches.
- Inbouw be- en ontluchters.
- Be- en ontluchting buurwoningen.

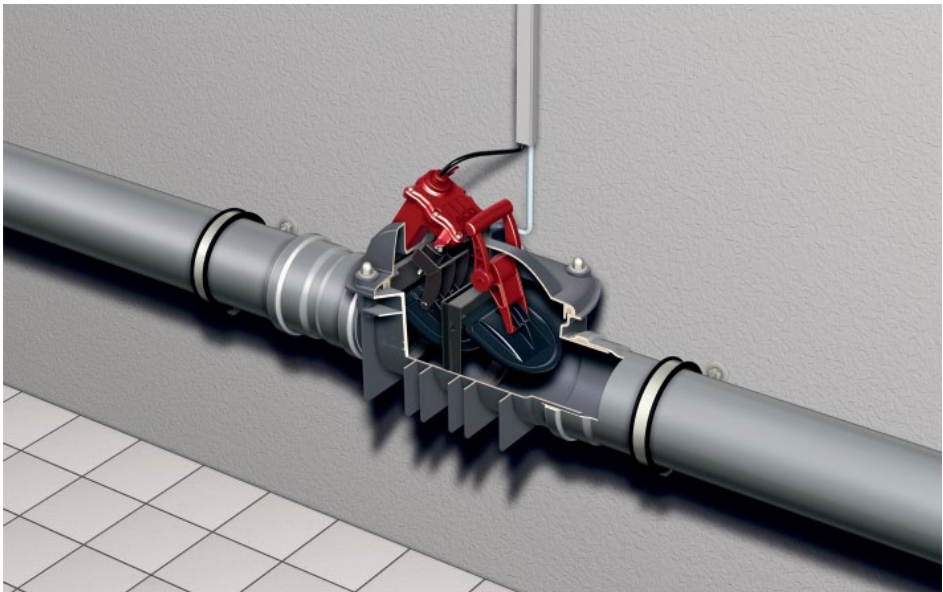
In deze paragraaf komen deze oorzaken aan bod, waar mogelijk met bijbehorende oplossingen.

218 |

### *Terugslagkleppen*

Oudere woningen hebben vaak kelders. Vroeger hadden deze kelders nauwelijks toestellen die aangesloten waren op de afvoer. Tegenwoordig zijn vaak wel wasmachines en -drogers aangesloten op de riolering. Soms zijn zelfs woonruimten beneden maaiveld met volledig ingerichte badkamers aangelegd en onder vrij verval aangesloten op de riolering.

De norm NEN 3215 (artikel 4.1.4) gaat bij kelderaansluitingen uit van een aansluiting met een vuilwaterpomp. Als de bewoner geen pomp wil plaatsen, kan hij overwegen



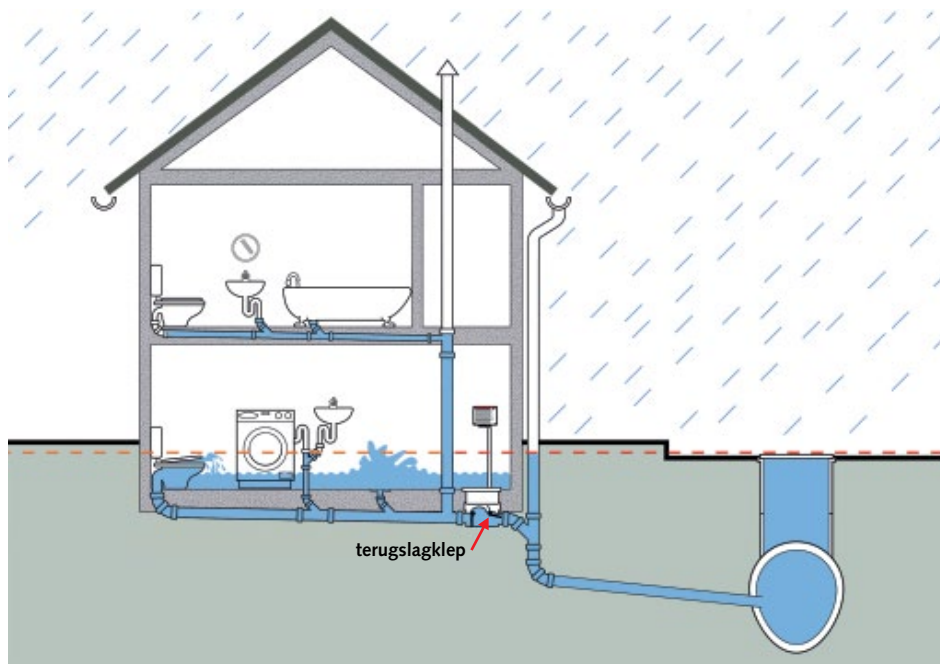
Figuur 17.4 Electronisch gestuurde terugstuwbeveiliging (Bron: ACO)

een terugstuwbeveiliging in te bouwen. Maar dit is aan veel regels gebonden. Bij lozing van fecaliënvrij afvalwater moet de terugstuwbeveiliging voldoen aan type 2 van NEN-EN 13564 (twee kleppen, waarvan één vergrendelbaar). Bij lozing van afvalwater met fecaliën moet de terugstuwbeveiliging minimaal voldoen aan type 3 van NEN-EN 13564 (met een elektrisch, pneumatisch of anderszins automatisch aangedreven klep en een handbediende, vergrendelbare klep). Bovenstrooms van de terugstuwbeveiliging mag geen hemelwaterafvoer zijn aangesloten.

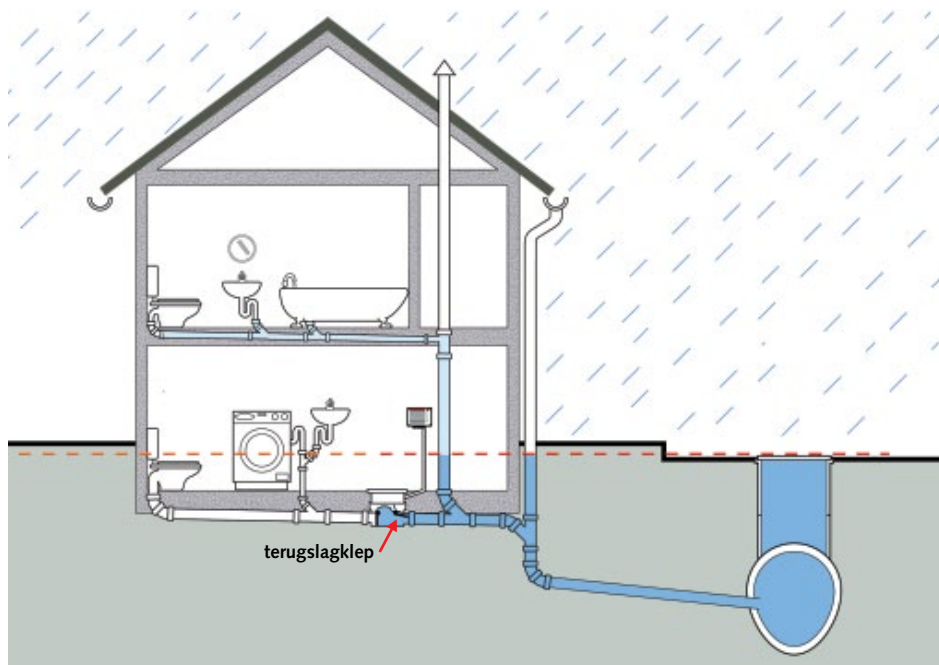
### *Type en inbouw in de praktijk*

In de praktijk bouwen bewoners vaak een kunststof terugslagklep van de bouwmarkt in. De bedrijfszekerheid van dit soort kleppen is hoogst twijfelachtig, omdat de druk bij extreme regen fors kan zijn. Bewoners kunnen beter een balkeerklep inbouwen of een grote terugslagklep met een degelijke constructie. Belangrijk daarbij is ook de plek waar de klep komt. Meestal plaatsen bewoners de klep in de verzamelleiding of in de aansluiting van de toestellen. Maar een terugslagklep in de verzamelleiding belemmert de ontluchting van de openbare riolering, dus dat is niet toegestaan. Een terugslagklep moet altijd in de afvoerleiding van het toestel komen, tussen het toestel en de verzamelleiding (zie figuur 17.6).

| 219



17.5 Terugslagklep: foutieve plaatsing (Bron: ACO)

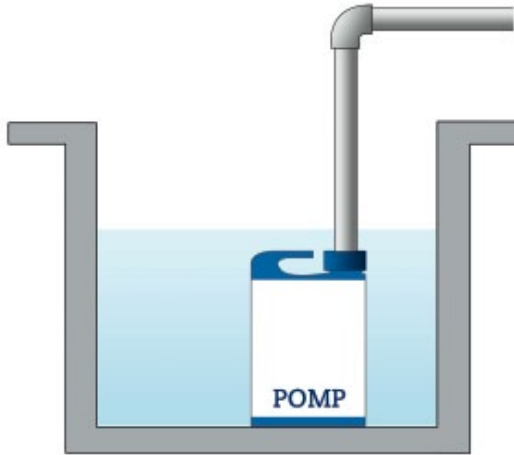


Figuur 17.6 Terugslagklep: goede plaatsing (Bron: ACO)

Voor het onderhoud van een terugslagklep is een inspectiedeksel een must. Terugslagkleppen moeten een keer per kwartaal gereinigd worden. Als dit niet gebeurt, is een goede werking niet gewaarborgd. Tip: Let bij de inbouw van terugslagkleppen goed op de stromingsrichting.

### *Leegpompproorziening*

Als bij hevige regen water in de kelder komt te staan, is het verstandig een leegpompproorziening in de kelder te maken. Deze voorziening bestaat uit een verdiepte put met daarin een dompelpomp met vlotter. Zodra water de kelder binnendringt, zal de pomp het automatisch naar de huisaansluiting verpompen. Voorwaarde is wel dat de huisaansluiting waterdicht is en volgens de regels is aangelegd. Deze pompvoorzieningen hebben een ingebouwde terugslagklep, die terugstuwning en leegloop van de persleiding voorkomt. Een noodstroomvoorziening kan de bedrijfszekerheid van het systeem verder verbeteren.



Figuur 17.7 Tekening put met pomp als leegpompprovoorziening

### *Ontspanningsleidingen*

Na afkoppelen zorgen alleen de standleiding en de daaraan gekoppelde ontspanningsleiding nog voor de be- en ontluchting van de riolering. Een goede dimensionering is dus essentieel. Zo moeten beide leidingen dezelfde diameter tussen 80 en 125 mm hebben. En de ontspanningsleiding moet boven het dak uitkomen voor verbinding met de open lucht. Met name oudere woningen voldoen niet altijd aan deze eisen. Hierdoor kunnen stank- en wateroverlast ontstaan.



Figuur 17.8 Ontspanningsleiding dakdoorvoer (Bron: Ubbink)



Begin jaren 70 van de vorige eeuw moest de diameter van de ontspanningsleiding minimaal 50 mm zijn. Destijds zijn in korte tijd veel woningen gebouwd, vaak van mindere kwaliteit. Die mindere kwaliteit is ook zichtbaar in de binnenriolering. Ontspanningsleidingen ontbreken, hebben een te kleine diameter of komen niet boven het dak uit. Veel mensen met woningen uit de jaren 70 hebben hun badkamer laten verbouwen. Daarbij is soms meteen die “lelijke leiding” weggehaald die dwars over de zolder liep. Soms heeft een installateur wel een beluchter geplaatst, maar aan de ontluchtingsfunctie van de leiding wordt nogal eens voorbijgegaan.

#### *Secundaire ontspanningsleiding*

Als voor de be- en ontluchting geen secundaire ontspanningsleiding is ingebouwd (wat volgens de regels wel moet), kunnen problemen ontstaan met de afvoer van toestellen. Toiletten kunnen slecht doorspoelen of sifons van wastafels en douches kunnen borrelen of leeggezogen worden. Dit gaat veelal gepaard met stankoverlast.

#### *Stankslot moderne inloofdouches*

Stankoverlast is ook een risico bij moderne inloofdouches. Deze hebben vaak afvoeren met een te klein stankslot, omdat de vloer zo vlak mogelijk moet blijven. Als het stankslot kleiner is dan 50 mm, kan stankoverlast ontstaan. Ook hiervoor geeft de NTR 3216 duidelijke richtlijnen waaraan de installatie moet voldoen.

#### *Inbouw be- en ontluchters*

Als de binnenriolering niet naar behoren functioneert en een ontspanningsleiding ontbreekt, worden meestal be- en ontluchters ingebouwd. Dit gaat vaak fout. Fabrikanten



**Figuur 17.9** Foutief geplaatste beluchter. Dit is de donker grijze buis; de beluchter is niet verticaal geplaatst en gaat daardoor lekken, met stankoverlast tot gevolg.

bieden zelfs ontluuchters aan die alleen als beluchter werken en installateurs maken ook fouten. Als mensen niet meer weten hoe het probleem op te lossen is, lijken vooral beluchters willekeurig geplaatst te worden. Zowel een be- als ontluuchter moet altijd op het hoogste punt van de leiding komen.



Figuur 17.10 Foutief geplaatste beluchters. Links is de sifon te zien. De beluchter is in het midden geplaatst, dit is echter niet het hoogste punt.

Het lijkt een open deur, maar het is essentieel om vooraf vast te stellen wat nodig is: beluchting, ontluuchting of beide? Vaak ontbreekt deze analyse.

### *Be- en ontluuchting buurwoningen*

Niet alleen be- en ontluuchting van de eigen woning is overigens van belang. Ook een goede werking met de binnenriolering van de burens en overburen is noodzakelijk. Als de ontluuchting via een bepaalde woning niet functioneert, moeten de andere woningen dit opvangen. Meestal leidt een probleem bij één woning niet meteen tot overlast, zeker niet in dichtbebouwde woonwijken. Maar bij weinig ontluuchtingsmogelijkheden ontstaan wel gauw problemen. Vaak zijn ook meerdere woningen op dezelfde manier gebouwd, inclusief alle fouten in de binnenriolering.

Uit de RIONEDminicursus 'Stankoverlast, be- en ontluuchting' blijkt dat foutief aangebrachte voorzieningen in de binnenriolering in het hele land steeds vaker voor problemen zorgen, met name bij afkoppelen van regenpijpen.



Figuur 17.11 Be- en ontluftung in overige woningen

### 17.3 Oorzaken en oplossingen rond de woning

Behalve door foutief aangebrachte voorzieningen in de binnenriolering kunnen wateroverlastproblemen ook ontstaan door:

- Laag bouwpeil van de woning.
- Laaggelegen souterrains en garages.
- Verstopping in de huisaansluitleiding.
- Ontbreken van een ontlastput (tegenwoordig voorgeschreven in het Bouwbesluit via NEN 3215).

In deze paragraaf komen deze oorzaken aan bod, waar mogelijk met bijbehorende oplossingen.

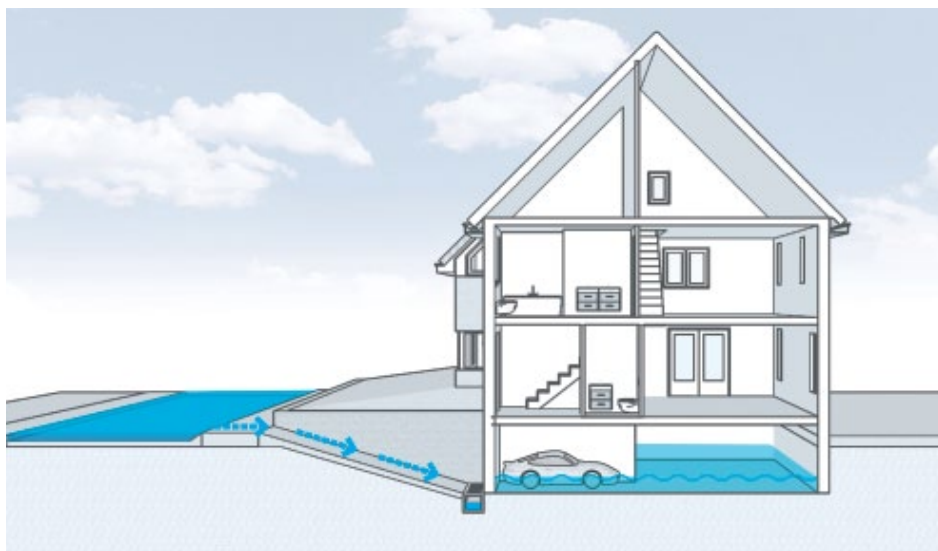
#### *Laag bouwpeil woning*

Als de woning lager ligt dan het aangrenzende maaiveld, kan hemelwater de woning binnenlopen. Een huis moet minimaal 0,2 tot 0,3 m hoger liggen dan de kruin van de weg. In de regel letten gemeenten hier goed op.

Het kan misgaan als het maaiveld rond de woning door de jaren heen plaatselijk zakt. Hierdoor kan een laagte ontstaan waarin zich water verzamelt. Zulke verzakkingen komen onder meer voor in vroegere mijnbouwgebieden in het zuiden van het land. Overlast door laagten in het maaiveld is in de regel moeilijk op te lossen.

#### *Laaggelegen souterrains en garages*

Soms is een garage onder de woning gebouwd. Bij hevige regen kan dan (veel) water



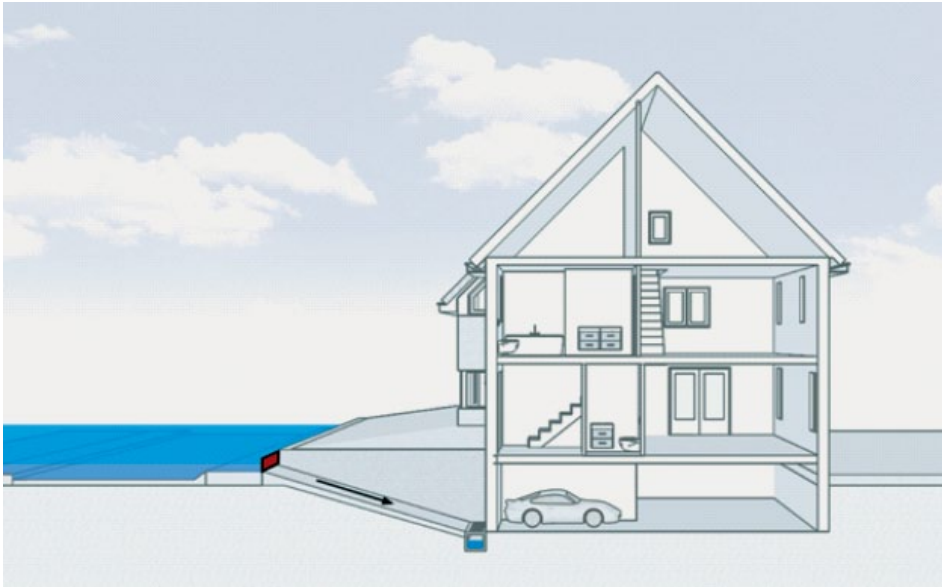
**Figuur 17.12 Lijnontwatering zonder pomp of buffercapaciteit is geen garantie bij het voorkomen van regenwateroverlast**

vanaf de afrit in de garage stromen. Meestal laten bewoners een lijnontwatering voor de garagedeur aanbrengen om het afstromende water op te vangen.

Soms laten bewoners zelfs een pomp installeren, die het overtollige water kan wegpompen. Deze pomp is dan gedimensioneerd op het oppervlak van de inrit. Maar bij hevige regen is de capaciteit van de pomp meestal niet voldoende, zeker als boven aan de afrit een drempel ontbreekt (zie figuur 17.12). Bovendien kan bij extreme regen de drempel overstromen.

Bij een afstromend oppervlak van  $500 \text{ m}^2$  en een bui van  $300 \text{ l/s/ha}$  moet de pompcapaciteit al gauw  $70 \text{ m}^3/\text{uur}$  bedragen, rekening houdend met enige veiligheid. Is er ruimte om een buffer aan te brengen, dan is dit zeker zinvol. In dat geval kan de pompcapaciteit wat lager zijn. Bovendien geeft een buffer de bewoner voldoende tijd om iets te doen als de pomp uitvalt.

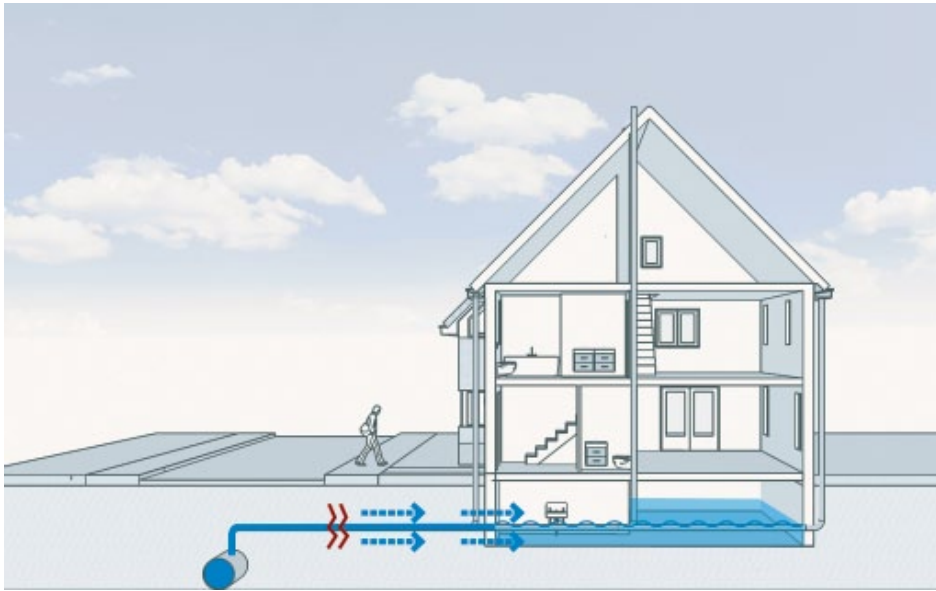
De beste oplossing in dit soort situaties is om boven aan de inrit ook een tijdelijke waterkering (handmatig) aan te brengen (zie figuren 17.13 en 17.14). De pomp die is aangesloten op de lijnontwatering pompt vervolgens het lekwater van de waterkering en het regenwater dat op de oprit valt weg. Het nadeel van deze voorziening is dat de bewoners thuis moeten zijn om adequate maatregelen te kunnen treffen.



Figuur 17.13 Tijdelijke waterkering houdt het meeste regenwater tegen



Figuur 17.14 Tijdelijke waterkering doet zijn werk bij een hoosbui. (foto Familie van den Broek, Deurne)



Figuur 17.15 Door leidingbreuk stroomt lekwater in de kelder

Elke voorziening is maatwerk en afhankelijk van de grootte van het afstromende oppervlak.

#### *Verstopping in huisaansluitleiding*

Een verstopping in de huisaansluiting leidt tot opstuwning, die bij hevige regen voor overlast kan zorgen. Het eigen dakwater vermengt zich met het eigen afvalwater en stuwt terug de woning in.

Verstopping kan ontstaan door een leidingbreuk of wortelingroei. Met name wortelingroei van bomen kan tot grote overlast leiden. Vindt dit op particulier terrein plaats, dan zijn de herstelkosten voor de woningeigenaar. Zit de verstopping in de openbare ruimte, dan moet de gemeente de herstelkosten betalen. Een rioolreinigingsbedrijf kan de plaats van de verstopping exact lokaliseren en verhelpen.

Als een leiding gaat lekken dan kan het rioolwater langs de leiding de woning binnendringen. Als een kelder niet waterdicht is, kan het lekwater langs de huisaansluiting en zelfs door de kelderwand de kelder binnendringen (zie figuur 17.15). Een kelder is het best aan de buitenkant waterdicht te maken.

### **Gresleidingen**

Leidingbreuk ontstaat vaak in oude gresleidingen. Dit zijn rioolbuizen gemaakt van vette klei en chamotte met een gladde en zeer harde afwerking. Na het bakken van dit mengsel wordt de gresbuis van binnen en van buiten geglazuurd wat voor een glad en waterdicht oppervlak zorgt. Naast de hoge dichtheid heeft de gresbuis een grote hardheid. Door deze grote hardheid is de buis gevoelig voor breuk.

### *Ontbreken ontlastput*

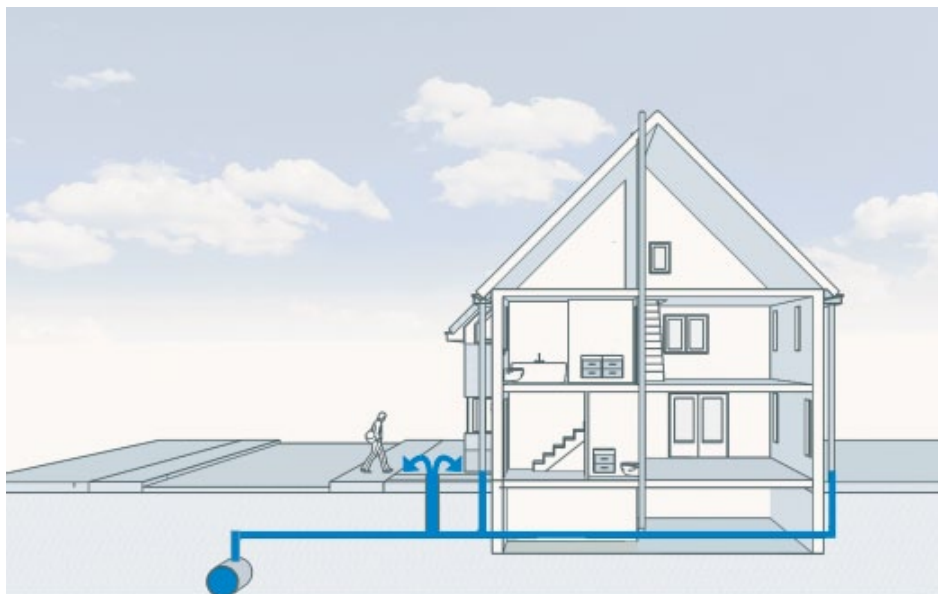
Elke hemelwateraansluiting op het openbare vuilwaterriool moet een ontlastput hebben. Een ontlastput zorgt ervoor dat het hemelwater uit de regenpijpen over het maaiveld wegloopt als de binnenriolering het niet kan verwerken. Bijvoorbeeld bij verstopping, overbelasting van de binnenriolering of overbelasting van het openbare riool. Toch wordt deze veiligheidsvoorziening nauwelijks toegepast, ook niet in nieuwbouwwoningen. Waarom is niet bekend. Uiteraard is een ontlastput niet nodig als de hwa is afgekoppeld en dus niet is aangesloten op het openbare riool.

De ontlastputten die tot nu toe verkrijgbaar waren, zijn vaak niet geschikt. Deze hebben namelijk een stankslot, waardoor de ontluchting van de openbare riolering wordt belemmerd.

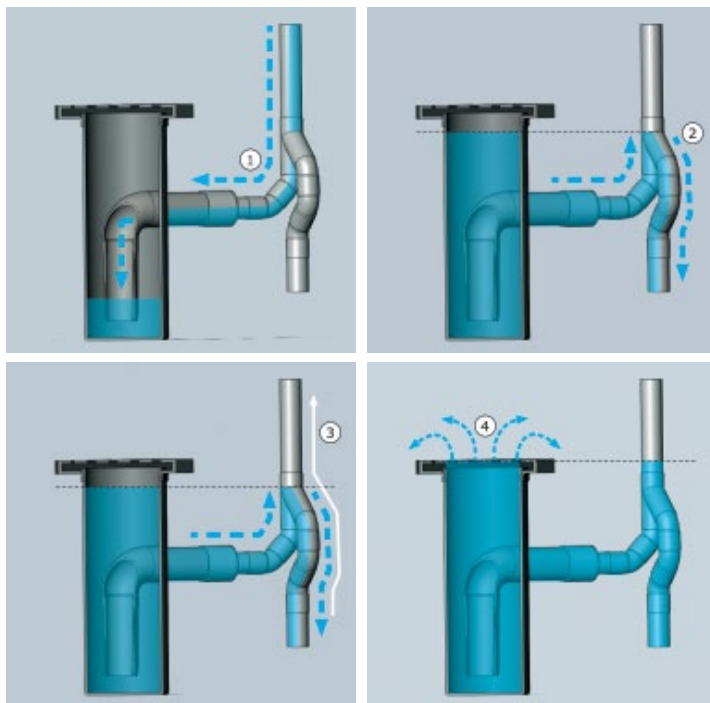
Daarom hebben Kragten en Wavin gezamenlijk een ontlastput ontwikkeld, die kan ontlichten én een stankslot heeft. Deze wordt bij de hemelwaterwaterafvoer aan de voorkant van de woning ingebouwd en heeft geen negatieve invloed op het afwateringssysteem.

Via de bypass aan de rechterkant kan de riolering zonder belemmering be- en ontlichten (zie figuur 17.17). Het dakwater stroomt rechtstreeks in de put, die een uitneembaar stankslot heeft. De put vult zich en stort over via het omgekeerde stroom-T-stuk naar de riolering. Wanneer de waterstand verder toeneemt loopt de ontlastput via de roosterdeksel over.





Figuur 17.16 Ontlastput voor hemelwateraansluiting op openbare riool



Figuur 17.17 Werking van de nieuw ontwikkelde ontlastput (Bron: Wavin/Kragten)

Ook een ontlastput heeft onderhoud nodig. Want als het stankslot door slib en bladeren verstopt raakt, is de ontlastende functie verdwenen.

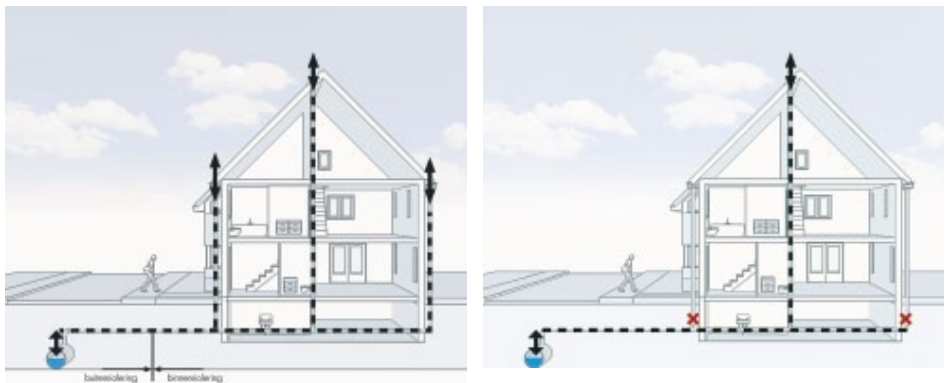
## 17.4 Oorzaken en oplossingen in de openbare riolering

Regenwateroverlast in de woning kan ook ontstaan door aanpassingen aan of problemen in de openbare riolering. Deze paragraaf gaat in op deze oorzaken en biedt waar mogelijk ook oplossingen.

### *Afkoppelen*

Als de gemeente een straat in het midden of aan het eind van het afstromingsgebied afkoppelt en het vwa-riool gebruikt om regenwater uit de bovenstroomsgelegen riolering te transporteren, kan overlast ontstaan. Het vwa-riool is dan in feite een gemengd riool dat uitsluitend via de vwa-aansluiting van de woning ontluft (dus via de stand- en ontspanningsleiding, zie figuur 17.18).

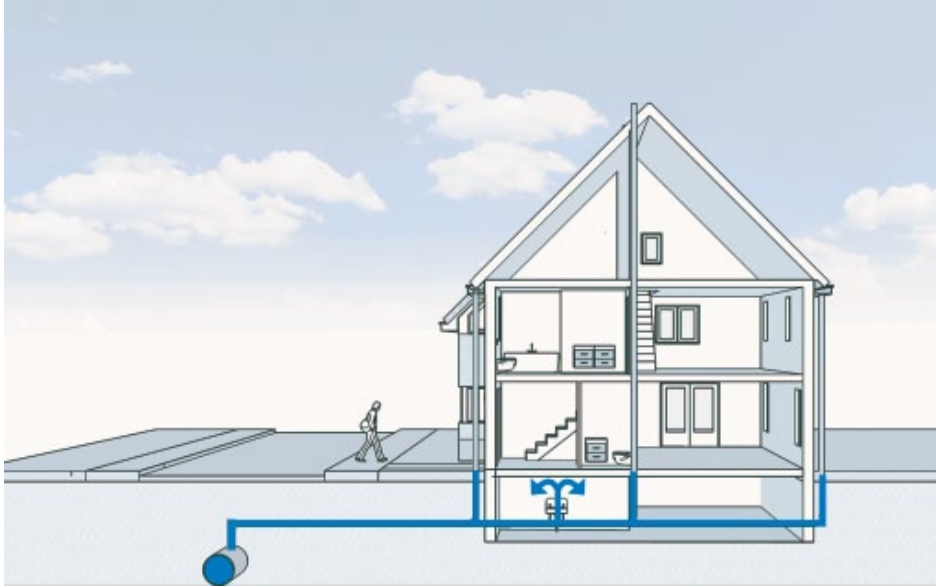
230 |



Figuur 17.18 Be- en ontspanning via woning voor (links) en na (rechts) afkoppelen

Maar deze vwa-aansluiting is meestal niet berekend op het verwerken van extra lucht (zie ook 'Ontspanningsleidingen', p. 221). Hierdoor wordt rioollucht door sifons geperst en ontstaat stankoverlast in de woning. In het ergste geval kan dat bij laaggelegen toestellen (zonder terugslagbeveiliging) tot wateroverlast leiden (zie figuur 17.19).

Een veelgebruikte oplossing is om op de plaats van de klacht de standaardputdeksel te vervangen door een ontluichtingsdeksel. Dit kost weinig moeite en is snel te realiseren. Toch is een waarschuwing op zijn plaats. Analyseer vooraf goed in welke put u de voorziening moet plaatsen. Hiervoor is een dynamische simulatie met een bui 8, 9 of zelfs 10 erg nuttig. Hiermee wordt inzichtelijk hoe het stelsel zich tijdens de bui gedraagt en kunt u de meest zinvolle locatie bepalen.



Figuur 17.19 Stank- of wateroverlast in huis na afkoppelen



Figuur 17.20 Plaatsing van een ontluchtingsputdeksel (Bron: TBS)

### *Functioneren openbare riolering*

Net als de binnenriolering moet de openbare riolering volgens de huidige eisen en regels aangelegd zijn (zie module B2100 en B3000 van de Leidraad riolering).

In woningen kan wateroverlast ontstaan door:

- Een te klein riool, waardoor opstuwing ontstaat. Deze opstuwing in de buitenriolering veroorzaakt vervolgens ook een opstuwing in de binnenriolering waardoor schrobputjes kunnen overtromen en wateroverlast in de woning kan ontstaan.
- Lekkages in het riool, waardoor water langs de huisaansluiting de woning kan binnenstromen (zie ook paragraaf 3 bij 'Verstopping in huisaansluitleiding').
- Verstopping in het riool, waardoor de binnenriolering niet meer kan lozen.

232 |

Het verdient aanbeveling om het functioneren van de openbare riolering in relatie tot het maaiveld goed te analyseren. Met hydraulische software is een koppeling te maken tussen de rioolberekening en de afstroming via het maaiveld.

### **17.5 Nabeschouwing en adviezen**

Onwetendheid is wellicht de meestvoorkomende oorzaak van wateroverlast in de woning. Soms is de woningeigenaar een klusser, die de voorschriften niet kent. Dit is nog te begrijpen. Maar ook een installateur kent soms de regels niet of schakelt ondeskundig personeel in.

Woningeigenaren kunnen moeilijk achterhalen welke installateur zijn werk goed doet. Het lidmaatschap van Uneto-VNI (ondernemersorganisatie voor de installatiebranche en de technische detailhandel) blijkt daarbij in de praktijk niet voldoende onderscheidend. De leden zijn ook niet verplicht zich aan de Uneto-VNI-gedragscode te houden of de opleidingen te volgen.

Mensen vragen vaak aan gemeenten of zij een installateur kunnen aanbevelen. Maar gemeenten hebben meestal geen kennis van deze markt, waardoor een advies moeilijk wordt en risico's met zich meebrengt. Een teleurgestelde eigenaar/bewoner zou de gemeente immers medeaansprakelijk kunnen stellen voor de gevolgen van slecht uitgevoerd werk.

### *Maatwerk*

Voor regenwateroverlast in de woning bestaan geen standaardoplossingen. Het gaat altijd om maatwerk. Elk geval is anders, omdat de meeste eigenaren aanpassingen aan de binnenriolering hebben gedaan. Woningen die bij oplevering nog identiek waren, zien er na verbouwingen of aanpassingen anders uit. Bewoners en installateurs zijn op

verschillende manieren aan de slag gegaan. Hierdoor ontstaat soms een leidingstelsel dat niet meer zichtbaar is en waarvan de werking nauwelijks te doorgronden is. De oorzaken van wateroverlast zijn dan lastig te achterhalen.

### *Objectieve analyse*

Daarnaast lopen bij wateroverlast in de woning de emoties bij bewoners vaak hoog op. Dit is begrijpelijk, omdat de gevolgen soms erg heftig zijn. Vaak is sprake van materiële schade. Een rioleringsspecialist moet de situatie ter plaatse meestal achteraf analyseren. Emoties van bewoners kunnen een objectieve analyse belemmeren. Lucht die door de sifon van het toilet ontsnapt, wordt soms vertaald in “het rioolwater spoot tegen het plafond”. Hier moet een rioleringsspecialist doorheen prikken. Hij moet de situatie zo objectief mogelijk analyseren en de informatie op een juiste manier filteren.

| 233

### *Juiste aanpak*

De enige juiste aanpak bij wateroverlast in de woning is: analyse, diagnose en behandeling. Dat geldt voor de bewoner/eigenaar die zelf aan de slag gaat, de installateur, de ambtenaar en de adviseur.

# E Het nieuwe rekenen

- In het HydroCity-project in **Amersfoort** is een hoogwaardig afstroom- en infiltratiemodel ontwikkeld. Hiermee kan de stedelijk waterbeheerder beter extreme neerslag-events modelleren, inzicht krijgen in de werkelijk opgetreden wateroverlast en de effectiviteit van (bovengrondse) maatregelen bepalen.
- Binnen het onderzoeksprogramma **3Di** Waterbeheer wordt een rekenmodel ontwikkeld dat afstroming van water in de buitenruimte en riolering integreert. Dit model geeft in korte tijd een realistisch en gedetailleerd beeld van de waterstroming in een gebied. Bovendien geeft het inzicht in de effecten van ingrepen in (afval)watersysteem en buitenruimte.
- De belangrijkste bronnen voor zeer gedetailleerde **maaiveldinformatie** zijn AHN2- en MLM-laserdatasets. De combinatie van beide bronnen biedt interessante mogelijkheden bij modelberekeningen. Hoe komen de gegevens tot stand en wat leveren ze op voor het bepalen en onderbouwen van verbetermaatregelen?
- Twee recent opgebouwde klimatologische **radardatasets** over de perioden 1998-2012 en 2009-2012 geven landsdekkende neerslaginformatie met veel ruimtelijk detail. Aart Overeem analyseert deze gegevens om meer inzicht te krijgen in het optreden van extreme neerslag in Nederland.
- Het bergen van water op straat is de laatste jaren nog belangrijker geworden. Met **nieuwe rekentechnieken** zijn de effecten van extreme neerslag zowel boven- als ondergronds te berekenen. Op basis daarvan zijn steeds beter onderbouwde uitspraken te doen over de kwetsbaarheid van een gebied en vervolgens effectieve (doelmatige) maatregelen te kiezen.

# E



18 Amersfoort

19 3Di

20 Maaiveld

21 Radar bebouwd gebied

22 Maatstaven meetmethoden



## 18 Amersfoort

### *Inzicht in wateroverlast en effectiviteit van maatregelen met hoogwaardig afstroom- en infiltratiemodel*

In het HydroCity-project is een hoogwaardig afstroom- en infiltratiemodel ontwikkeld. Dit PriceXD-model simuleert de stroming van water in een virtuele maquette om te laten zien wat er bij een bepaalde neerslagbelasting kan gebeuren. Zo is te zien welk deel van de neerslag via de straatkolken in het riool loopt, welk deel infiltreert en welk deel over het oppervlak afstroomt. PriceXD modelleert de stedelijke hydrologie zeer gedetailleerd en integreert hoogwaardige ruimtelijke informatie van de hydrologische kringloop met hydraulische modellering van de onder- en bovengrond. Hiermee kan de stedelijk waterbeheerder beter extreme neerslagevents modelleren, inzicht krijgen in de werkelijk opgetreden wateroverlast en de effectiviteit van (bovengrondse) maatregelen bepalen.

#### **Inhoud**

- 18.1 Aanleiding en doel
- 18.2 Basisprincipes van PriceXD
- 18.3 Benodigde input voor PriceXD
- 18.4 Kalibratie en verificatie
- 18.5 Voorbeeldtoepassing PriceXD
- 18.6 Conclusies en aanbeveling
- Literatuur

#### **Auteurs**

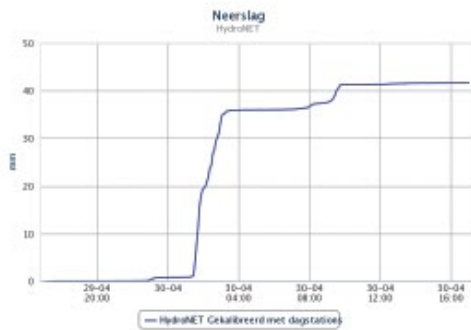
drs. Maarten Spijker (HydroLogic), [maarten.spijker@hydrologic.com](mailto:maarten.spijker@hydrologic.com)  
ir. Wytse Dassen (HydroLogic), [wytse.dassen@hydrologic.com](mailto:wytse.dassen@hydrologic.com)  
Ina Loovers (gemeente Amersfoort), [i.loovers@amersfoort.nl](mailto:i.loovers@amersfoort.nl)

## 18.1 Aanleiding en doel

Steeds vaker komt in korte perioden veel neerslag voor, waardoor hinderlijke situaties en soms zelfs overlast en schade ontstaan. Zeker in reliëfrijke stedelijke gebieden als het Bergkwartier in Amersfoort stroomt het water dan snel naar de lagergelegen plekken. Bij hevige neerslag ontvangt de gemeente Amersfoort verschillende meldingen van water-op-straatsituaties. Bij extreme neerslag leidt het op sommige plekken zelfs tot wateroverlast bij bebouwing.

De overlast treedt op door een complex samenspel van boven- en ondergrondse hydrologische processen. Hierop wil de gemeente grip krijgen. Zeker gezien de verwachting dat dergelijke events in de toekomst vaker en in heviger mate zullen voorkomen. Om hierop voorbereid te zijn, is inzicht in de werking van het stedelijk watersysteem onder extreme omstandigheden noodzakelijk. Dit inzicht krijgt de gemeente alleen via een model dat de stedelijke hydrologische processen adequaat beschrijft.

| 237



Figuur 18.1 Wateroverlast in Bergkwartier in Amersfoort (30 april 2012)

Om tot effectieve oplossingen te komen, moet de gemeente de oorzaken van de wateroverlast kunnen achterhalen. Dit kan als zij precies weet wat er met de gevallen neerslag gebeurt: welk deel via de straatkolken in het riool loopt, welk deel infiltreert en welk deel over het oppervlak afstroomt.

### Aanpak

Het nieuwe model is tot stand gekomen in het innovatieproject HydroCity, onder leiding van professor R. Price. HydroCity is een samenwerkingsverband van onder andere de gemeente Amersfoort, NEO (Netherlands Geomatics & Earth Observation), de TU Delft en de Universiteit Twente. De partijen hebben in dit project nieuwe technieken op het gebied van aardobservatie, ICT, neerslagradar en hydrologie geïntegreerd. Hieruit is een model tot stand gekomen dat de hydrologische en hydraulische processen in de stedelijke leefomgeving nauwkeurig weergeeft.

Door de modelresultaten van PriceXD te verifiëren aan werkelijke overlastsituaties, ontstaat een betrouwbaar beeld dat is toegespitst op het werkelijke probleem: wateroverlast. Betrouwbaarheid is belangrijk als het model stedelijk waterbeheerders moet ondersteunen om wateroverlastproblematiek te duiden, effectieve maatregelen vast te stellen en de effectiviteit van deze maatregelen bij bestuurders en bewoners aan te tonen.

De systematiek is in een proeftuin in Amersfoort getest met als doel om de werkelijk optredende wateroverlast zo exact mogelijk na te bootsen.

## 18.2 Basisprincipes van PriceXD

238 |

Glasbergen & Moens (2012) geven een helder overzicht van de ontwikkeling van hydrodynamische modellen voor het stedelijk waterbeheer. De ontwikkeling start rond 1970 met de modellering van de ondergrondse stroming in rioolbuizen (1D). Latere modellen kunnen rekening houden met stroming over het maaiveld door leidingen of goten (1D/1D). PriceXD gaat verder. Het sluit zowel voor de boven- als ondergrond nauw aan bij de werkelijke hydrologische processen, modelleert het stedelijk oppervlak hydrologisch en hydrodynamisch in 2D en maakt minimaal gebruik van standaardkentallen of -aannamen.

Het zo dicht mogelijk aansluiten bij de werkelijke processen vergroot de voorspellingskracht van het model, ook voor situaties waarop het niet is gekalibreerd. PriceXD integreert de boven- en ondergrond door het maaiveld zeer gedetailleerd te modelleren en op straatkolkenniveau te linken met het rioleringsmodel. Dit is tegenwoordig mogelijk dankzij het hoge detailniveau van de basisinformatie, de toegenomen rekenkracht en slimme hydrodynamische algoritmen.

### *Drie componenten*

Het geïntegreerde model PriceXD bestaat uit drie componenten:

#### *– Stedelijke hydrologische component*

Het model simuleert de stedelijke hydrologische processen nauwkeurig, rekening houdend met de specifieke hydrologische eigenschappen van het stedelijk oppervlak. Vanuit gemeten of theoretische neerslag bepaalt het model per cel hoeveel hiervan verdampt, hoeveel bomen opvangen (interceptie), hoeveel infiltreert, hoeveel het maaiveld bergt en hoeveel afstroomt. De laatste waarde vormt de input voor de hydraulische stromingsberekening over het maaiveld.

– *Hydraulische maaiveldcomponent*

Deze component berekent de stroming over het maaiveld tweedimensionaal, de instroom in de straatkolken en de accumulatie van water op lage plekken (plassen). Een deel van het afstromende water infiltreert verderop in de bodem of stroomt als-nog via een andere straatkolk in het riool. Doordat steeds meer gemeenten de locatie van de straatkolken registreren, wordt interactie met de ondergrond (het riool) op het hoogste detailniveau gesimuleerd, namelijk de kolken. Elke kolk heeft een maximale instroomcapaciteit.

– *Hydraulische rioleringscomponent*

Het in de kolken binnenstromende water is input voor de hydraulische rioleringsberekening. Hierin vinden rioolberging, afvoer naar de rwzi en overstorten, en uitstroom via de straatkolken of putten plaats. Uitstroom vanuit de straatkolken is vervolgens weer input voor de hydraulische maaiveldcomponent. Voor de interactie met de ondergrond is een OpenMI-koppeling met het 1D-rioleringsmodel Storm Water Management Model (SWMM) ontwikkeld en in Amersfoort getest. Door aan te sluiten bij de OpenMI-standaard, zijn koppelingen met andere rioleringsmodellen als Infoworks, Sobek of Mouse mogelijk. Vanwege de beschikbaarheid van verschillende goed functionerende rioleringsmodellen en de OpenMI-standaard is het ook niet nodig om een nieuw rioleringsmodel te ontwikkelen. Door de koppeling met SWMM is het PriceXD-model in zijn geheel Open Source.

| 239

**Gebruikte formules in PriceXD**

De hydraulische maaiveldcomponent gebruikt de MacCormack-methode (MacCormack, 1969) voor de stroming van water. Deze methode is een zogeheten expliciet finite difference scheme. Elke tijdstap wordt in twee stappen berekend: een voorspellende (predictor) en een corrigerende (corrector) stap. In de voorspellende stap wordt de afvoer per cel naar zijn buurcellen benaderd, bij de corrigerende stap wordt deze benadering gecorrigeerd.

Omdat het een expliciet rekenschema betreft, zijn de berekeningen per cel onafhankelijk van de berekende waarde van hun buurcellen in dezelfde tijdstap. Daarom worden alleen de waarden uit de vorige tijdstap gebruikt. Het voordeel van het expliciete schema is dat dit vrij eenvoudig is te paralleliseren en op een grafische kaart is te programmeren. Hierdoor neemt de rekentijd af. Het nadeel is dat de tijdstap kleiner moet zijn dan bij een impliciet schema.

Om de infiltratie te bepalen, wordt het Green-Ampt- of Horton-schema gebruikt. Voor het bepalen van de stroomsnelheid op basis van bodemruwheid, worden Manning- of Chezy-waarden gebruikt.

### 18.3 Benodigde input voor PriceXD

Gedetailleerder modelleren is alleen zinvol als het detailniveau van het model zich verhoudt tot de kwaliteit van de basisinformatie. Doordat het detailniveau en de kwaliteit van de basisinformatie flink zijn toegenomen, zijn bij de modellering minder aannamen nodig. Dit leidt niet automatisch tot een beter model, maar wel tot een model met meer potentie en een groter toepassingsbereik. Het model is immers minder afhankelijk van de kwaliteit van de aannamen en kentallen (die per definitie binnen een bepaald domein gelden). Daarom heeft het meer zeggingskracht voor nog nooit gemeten omstandigheden, zoals een extreem event of systeemingreep. Na kalibratie neemt de onzekerheid van de modeluitkomsten af en zijn met grotere zekerheid uitspraken te doen over de effectiviteit van maatregelen.

240 | Het PriceXD-model gebruikt onder meer de volgende databronnen:

- 3D-stadsmodel: levert per cel de hoogte, de interceptie- en infiltratiecapaciteit en de bodemruwheid. Levert ook informatie over welke gebouwen afgekoppeld zijn.
- Neerslaginformatie: de gecorrigeerde beelden van de Nederlandse, Duitse en Belgische neerslagradars geven de gevallen neerslag per 5 minuten per km<sup>2</sup>.
- Rioolbeheergegevens: in steeds meer rioolmanagementsystemen (zoals Kikker) zijn de gegevens online beschikbaar. Bijvoorbeeld de locatie en onderhoudstoestand van putten, strengen én straatkolken.

#### *3D-stadsmodel*

Om het 3D-stadsmodel te maken, hebben GIS- en remote-sensingexperts van NEO, ITC (Faculty of Geo-Information Science and Earth Observation van Universiteit Twente) en TU-Delft een sluitende GIS-keten opgezet die voor elke gemeente toepasbaar is. Hierbij wordt de gemeentelijke lijnenkaart van de Grootstalige Basiskaart Nederland (GBKN) vertaald naar een vlakdekkende 2D-objectenkaart. Aan deze objecten worden attributen toegekend, zoals infiltratiecapaciteit, interceptie en bodemruwheid. Hiervoor worden gemeentelijke gegevens gebruikt, bijvoorbeeld uit de Basisregistratie Adressen en Gebouwen (BAG) en weg-, water- en groenbeheersystemen. Ontbrekende gegevens (zoals de mate van verhard oppervlak per achtertuin) worden via aardobservatie (satellietbeelden en luchtfoto's) verkregen. Ook is een kaart met bodemvocht op het starttijdstip van de modelrun in te laden.

Het 2D-stadsmodel (2D-IMgeo) wordt vervolgens opgeschaald met een hoogtemodel, dat is afgeleid van de ruwe puntenwolk van het AHN2 of lokale Lidar-beelden. Op basis van intelligente algoritmen is ervoor gezorgd dat de relevante hydraulische (drempels, stoep-randen) en bergingseigenschappen van het oppervlak correct worden meegenomen. Hierdoor zijn de stroming langs de randen van de weg zichtbaar, de stremming bij drempels en het water dat langs een verhoogde straatkolk stroomt. Dit alles resulteert in een 3D-stadsmodel (3D-IMgeo) geschreven als CityGML-database (internationale standaard).



Figuur 18.2 Schematische weergave van de GIS-keten om te komen tot het 3D-stadsmodel



Figuur 18.3 Beeld uit de overstromingsanimatie van een werkelijk gevallen bui

### Neerslaginformatie

Gedetailleerde, betrouwbare neerslaginformatie is een voorwaarde om de modelresultaten goed te laten aansluiten bij de werkelijke situatie (Stichting RIONED, 2011). Het PriceXD-model gebruikt neerslaginformatie van het KNMI. Het KNMI levert ongekalibreerde realtime 5-minutengegevens radarneerslaginformatie per km<sup>2</sup>. Deze gegevens worden via een algoritme gecorrigeerd met neerslagmetingen van grondstations (Lobbrecht e.a., 2012).

### *Rioolbeheergegevens*

Traditionele rioolmodellen (1D) nemen de inspectieputten als het inlooppunt van regenwater, zodat het aantal knopen wordt geminimaliseerd. Om afstromings- en infiltratiemodellering in hoge resolutie mogelijk te maken, zijn de straatkolken aan zowel het rioleringsmodel als het maaiveldmodel toegevoegd. Dit is ook mogelijk, omdat steeds meer gemeenten de locatie en de onderhoudstoestand van straatkolken monitoren door kolkenzuigers te voorzien van softwareprogramma's. De onderhoudstoestand van een straatkolk en bijbehorende leiding kan de inloopcapaciteit van een kolk beïnvloeden. Doordat de gemeente de locatie en instroomhoogte van de kolken in beeld heeft, is met PriceXD te berekenen of de kolken naar behoren functioneren. Zo wordt het bijvoorbeeld duidelijk als er weinig water in een kolk stroomt door verzakking van de omliggende straat.

242 |

## **18.4 Kalibratie en verificatie**

De kunst van het kalibreren is het aantal onzekere parameters minimaliseren en vervolgens binnen de fysische grenzen de beste parameterwaarde van de onzekere parameters bepalen. Juist doordat PriceXD hoogwaardige informatie gebruikt – zoals ruimtelijk en temporeel gedetailleerde neerslaginformatie en een gedetailleerd beeld van het stedelijk oppervlak (berging op maaiveld, afstroming naar straatkolken) – is het aantal onzekere parameters lager dan bij traditionele modellering. Kalibratie vindt dan vooral plaats op de parameters infiltratiecapaciteit en (in mindere mate) bodemruwheid. Door deze te variëren, wordt het model aan de werkelijkheid 'gefit'. Dit betekent dat de locatie en omvang van water-op-straatlocaties zo goed mogelijk aansluiten bij de observaties.

### *Veldmetingen op kritische locaties*

Voor de kalibratie en verificatie van het PriceXD-model zijn metingen op maaiveld nodig: waar is water op straat voorgekomen en met welke omvang en duur? Daarom is in samenwerking met de gemeente Amersfoort een kalibratiemethode ontwikkeld, gebaseerd op het tijdens hevige events verzamelen van kalibratie-informatie. Hierbij worden veldmetingen gedaan, onder meer op vooraf via modelsimulaties bepaalde kritische locaties voor de modelverificatie. Op basis van weersverwachtingen worden tijdig veldmedewerkers gemobiliseerd, die in korte tijd de benodigde informatie verzamelen. Dat doen zij door metingen te doen, foto's te maken en videobeelden op te nemen. De videobeelden geven aanvullende informatie over de stroming van water.

Naast het zelf verzamelen van veldinformatie is crowdsourcing in te zetten. Hierbij verzamelen burgers relevante informatie via sociale media. Met name omwonenden van kritische locaties kunnen hierin een belangrijke rol spelen.





Figuur 18.4 Burgemeester De Wijkstraat in Amersfoort tijdens veldmeting 14 december 2011

### *Kalibratie PriceXD-model*

Voor het PriceXD-model van het Bergkwartier in Amersfoort zijn de locaties en omvang van de gemeten wateroverlast vergeleken met de door het model berekende inundaties. Vervolgens is de match tussen gemeten en berekende wateroverlast verbeterd door de infiltratiewaarden bij te stellen, zo ongeveer tussen de waarden van Van der Ven (1989) en de Leidraad riolering (module C2100) in.

Na aanpassing bleek het model circa driekwart van de inundatielocaties naar behoren te simuleren. Daarnaast volgde uit de validatie dat de infiltratiecapaciteit door het jaar heen varieert, bijvoorbeeld door begroeiing/verdichting tussen tegels of door uitgedroogde, hard geworden (klei)grond. De onderhoudstoestand van de ondergrond en het seizoen zijn daarmee ook een belangrijke factor voor een goede fit met de werkelijkheid.

### *Rekentijd verminderen*

Rekentijd is een cruciale factor bij het draaien van dit soort rekenintensieve modellen. De rekestijd gaat omlaag door meer reken capaciteit te organiseren of door op een lagere resolutie te rekenen.

### *Meer rekencapaciteit organiseren*

NVIDIA's Computed Unified Device Architecture (CUDA) maakt het mogelijk numerieke modellen op een grafische kaart te laten rekenen in plaats van op een processor. Dit heeft als voordeel dat het aantal rekenkernen op een grafische kaart vele malen groter is dan op die van een processor. Om deze techniek te benutten, is de rekenkern van het PriceXD-model vertaald naar CUDA. Hierbij is een snelheidswinst van factor 10 behaald: van 5 uur naar 0,5 uur. Door de nieuwste CUDA-technieken en grafische kaarten te gebruiken, wordt deze snelheidswinst vermoedelijk verhoogd naar een factor 20 tot 30.

### *Op een lagere resolutie rekenen*

De rekentijd is ook te verlagen door het aantal rekencellen te verminderen. Met een intelligent raster zijn de hydrodynamische processen op een lager detailniveau te berekenen zonder een groot detailverlies. Bij de intelligente rastermethode wordt een groot deel van de detailinformatie behouden door hydraulische en bergingsrelaties per cel op te stellen op basis van onderliggende informatie. Dit gebeurt niet alleen voor hoogte, maar ook voor de andere hydrologische eigenschappen. Zo blijven de oppervlakte-eigenschappen die de meeste invloed hebben op het hydrologische proces, bewaard (Verbree e.a., 2013). Bij het toepassen van tienvoudig opgeschaald intelligent raster is de gemeten tijdwinstfactor circa 650: 5 uur naar 0,5 minuut.

244 |

## **18.5 Voorbeeldtoepassing PriceXD**

Het PriceXD-model levert output die voor vele toepassingen te gebruiken is. Zo geeft het model per event informatie over hoeveel water in elke kolk is gestroomd. Als voorbeeld toont figuur 18.5 hoeveel water in de kolken is gestroomd tijdens het event van 14 november 2011. De grootte van de bol geeft de instroom in l/s weer, waarbij de grootste bol symbool staat voor maximale kolkcapaciteit. Hoe kleiner de bol, hoe minder water in de betreffende kolk stroomt. Omdat PriceXD de stroming over maaiveld en straat gedetailleerd berekent, wordt inzichtelijk waar het overtollige water een kolk niet bereikt of voorlangs stroomt.

Deze informatie geeft een beeld van welke kolken zwaar belast worden en kritisch zijn voor het afvoeren van neerslag. Een gemeente kan hiermee bij een renovatie rekening houden door op dergelijke verzamellocaties meer of grotere straatkolken te plaatsen en af te wijken van pragmatische ontwerpregels. Behalve als hulpmiddel bij een doelmatig ontwerp is het model ook te gebruiken om huidig stedelijk oppervlak zo aan te passen dat de bestaande kolkeninrichting beter functioneert. Daarnaast kan deze informatie zinvol zijn voor onderhoud en monitoring van de kolken. Zo kan de gemeente een kritische kolk vaker reinigen of nauwlettender in de gaten houden met alarmeringsapplicaties.



**Figuur 18.5** Inlooppvolumes van de straatkolken (rode stippen) op 14 november 2011

Daarnaast is er veel mogelijk met het sturen van water door ingrepen op het maaiveld. Vooral de gevolgen van het niet door de riolering afgevoerde water zijn te beperken door water te sturen naar locaties waar het minder hinder veroorzaakt.

#### **CityFlood-applicatie: aan de slag met PriceXD**

Naast de inhoud is ruime aandacht besteed aan de toegankelijkheid van het PriceXD-model.

Ten eerste zijn de modelresultaten met de water-op-straatlocaties en de waterdiepte online als filmpje beschikbaar via de CityFlood-applicatie in zowel 2D-beeld (Open Street Map of luchtfoto) als 3D-beeld (Google earth). Hierdoor zijn resultaten eenvoudig te delen met bijvoorbeeld bewoners of collega's. Bewoners geven feedback vanuit hun eigen ervaringen, zodat meer informatie beschikbaar komt voor een betere kalibratie van het model. Aan de andere kant neemt weerstand van wegbeheerders en verkeers- en stedenbouwkundigen af, omdat ze het effect van maatregelen beter kunnen inschatten.

Ten tweede kunnen stedelijk waterbeheerders online een neerslagevent selecteren en het model via het web doorrekenen. Door zelf met het model aan de slag te gaan en resultaten te vergelijken met de eigen waarnemingen in het veld, neemt de systeemkennis toe. Deze kennis komt vervolgens van pas bij een doelmatig beheer van de stedelijke omgeving en het treffen van effectieve maatregelen tegen wateroverlast.

## 18.6 Conclusies en aanbeveling

Heftige neerslaggebeurtenissen komen vaker voor en zorgen steeds vaker voor hinderlijke situaties, overlast en zelfs schade in stedelijk gebied. In het HydroCity-project is een nieuwe aanpak ontwikkeld waardoor meer inzicht ontstaat in wat er met de gevallen neerslag gebeurt. Het afstroom- en infiltratiemodel PriceXD laat zien welk deel van de neerslag via de straatkolken in het riool loopt, welk deel infiltreert en welk deel over het oppervlak afstroomt en onder bepaalde omstandigheden tot wateroverlast leidt.

### *Conclusies*

Doordat nieuwe, gedetailleerde informatie beschikbaar komt, is het stedelijk watersysteem beter conform de fysische werkelijkheid te modelleren. Dit heeft als belangrijkste voordeel dat het model een groter toepassingsbereik en meer voorspellingskracht heeft. Hierdoor kan het model betere uitspraken doen over extreme neerslagsituaties en geeft het een betrouwbaarder inzicht in de effectiviteit van maatregelen.

Uiteraard moet het model wel naar behoren zijn gekalibreerd. Mede daarom is in HydroCity een op het werkelijke probleem toegespitste kalibratiemethode ontwikkeld, waarbij tijdens events doelgericht kalibratie-informatie wordt verzameld. Deze methode is succesvol getest. Gebleken is dat een adequate match met de bovengrondse werkelijkheid het vertrouwen in het model vergroot. Dit komt vooral doordat de beheerder de wateroverlast en water-op-straatsituaties herkent. Het correct reproduceren hiervan geeft het nodige vertrouwen. Dat geldt ook als de gemeente het model inzet om extremere events te simuleren of om de effecten van maatregelen te bepalen. De gemeente Amersfoort gaat het model dan ook inzetten om beoogde ruimtelijke ingrepen te toetsen en een verfijndere omgang met de compensatie van extra verhard oppervlak.

### *Aanbeveling*

De meerwaarde van een geïntegreerde modelleringsaanpak zoals met PriceXD is evident. Wij vinden deze vernieuwde stedelijke aanpak dé manier om de water- en klimaatopgave doelmatig aan te pakken. Omdat deze aanpak nauw aansluit bij de fysische processen, de werkelijke problemen adequaat in beeld brengt en de noodzakelijke omslag naar bovengrondse oplossingen faciliteert. Veel gemeenten onderkennen de noodzaak voor verandering, maar zijn nog voorzichtig in het omarmen van de nieuwe aanpak. Tegelijkertijd zijn stedelijk waterbeheerders er al mee aan de slag gegaan, vaak vanuit een recente wateroverlastsituatie. Zeker omdat elke transitie tijd kost, willen wij beheerders met klem aansporen op korte termijn met deze vernieuwde aanpak aan de slag te gaan.

## Literatuur

- Geldof, G., van der Heijden, G., Cath, A. en Valkman, R. (2011) Werkplaatsen.
- Glasbergen, M. en Moens, M. (2012) 2D-modellering riolering “Het nieuwe rekenen”, WT-Afvalwater, jaargang 11, nr. 5, blz. 258-269.
- Lobbrecht, A.H., Clemens, F. en Einfalt, T. (2012) Internationaal neerslagradarcomposiet gereed, vakblad H<sub>2</sub>O, Nr. 9, blz. 24-25.
- MacCormack, R. W. (1969) The Effect of viscosity in hypervelocity impact cratering, AIAA Paper, 69-354.
- Sande, C.J. van der, de Jong, S.M. en de Rooc, A.P.J. (2003) A segmentation and classification approach of IKONOS-2 imagery for land cover mapping to assist flood risk and flood damage assessment, International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation 4, p217–229.
- Stichting RIONED (2011) Neerslaginformatie voor het bebouwde gebied, RIONEDreeks, Nr 16.
- Ven, F.H.M. van de (1989) Van neerslag tot rioolinloop in vlak gebied, Ministerie van Verkeer en Waterstaat, Rijkswaterstaat, directie Flevoland, Lelystad.
- Verbree, E., de Vries, M., Gorte, B., Oude Elberink, S. en Karimlou, G. (2013) Semantic 3D city model to raster generalisation for water run-off modelling, 3D GeoInfo 2013 – 8th 3D GeoInfo Conference ISPRS WG II/2 Workshop.

## 19 3Di-ontwikkeling

### *3Di - techniek en mogelijkheden van geïntegreerd omgevingsmodel voor water in de stad*

Binnen het onderzoeksprogramma 3Di Waterbeheer wordt een rekenmodel ontwikkeld dat afstroming van water in de buitenruimte en in de riolering integreert. Dankzij een robuust rekenschema geeft dit model in korte tijd een realistisch en zeer gedetailleerd (op 'stoeptegelniveau') beeld van de waterstroming in een gebied. Bovendien geeft het inzicht in de effecten van ingrepen in (afval)watersysteem en de buitenruimte. Daarmee gaat 3Di veel verder dan het doorrekenen van maatgevende regenbuien. Met het 3Di-rekenmodel zijn wateroverlastvraagstukken pragmatisch te benaderen. De werkelijkheid is na te bootsen en de resultaten zijn vrijwel direct te beoordelen, ook door een modelleringsleek. Dit artikel gaat in op de huidige stand van zaken rond 3Di. Hoe gaat het geïntegreerde omgevingsmodel eruitzien? Hoe zit het rekenschema erachter in elkaar? En wat kunt u er straks mee?

#### **Inhoud**

- 19.1 Virtuele maquette als stromingsmodel
- 19.2 Van modelinstrumentarium naar omgevingsmodel
- 19.3 Opbouw visualisatie in 3Di
- 19.4 Kijkje onder de 3Di-motorkap
- 19.5 3Di in de praktijk
- 19.6 De toekomst met 3Di in de stad

#### **Auteurs**

dr. ir. Elgard van Leeuwen (Deltares), [elgard.vanleeuwen@deltares.nl](mailto:elgard.vanleeuwen@deltares.nl)

dr. ir. Wytze Schuurmans (Nelen en Schuurmans),

[wytze.schuurmans@nelen-schuurmans.nl](mailto:wytze.schuurmans@nelen-schuurmans.nl)

## 19.1 Virtuele maquette als stromingsmodel

*“Stel je een virtuele maquette voor van een landschap met steden en groen, waarin water als echt water stroomt. Waar je omheen kunt zitten, de vorming van buien ziet in wolken, het ziet regenen. Je gaat dan zelf dingen uitproberen: de straat verdiepen, groene daken of doorlatende straten maken, water van het dak direct de tuin in laten stromen. En dan, om je oplossingen te testen, het nóg iets harder laten regenen. Werken de ingrepen? Wat zijn de bij-effecten? Zo'n maquette is natuurlijk uiteindelijk wat we willen. Niet steeds opnieuw al die inspanning voor het maken van watersysteemmodellen. Modellen die je vervolgens door specialisten moet laten draaien en waarvan de resultaten eerst moeten worden geïnterpreteerd. Nee, het model moet betrekkelijk onzichtbaar voor de gebruiker gereedstaan in de vorm van een informatielaag, een slimme zichzelf steeds updatende kaart. Op die kaart moet de gebruiker dan direct water kunnen laten stromen.”*

| 249

Dit beeld heeft professor Guus Stelling voor ogen. Hij is de inspirator en motor van het onderzoeksprogramma 3Di Waterbeheer (zie kader). Stelling formuleerde dit beeld tijdens een van zijn 3Di-colleges bij de start van de ontwikkeling medio 2010.



Figuur 19.1 Professor Guus Stelling geeft college 3Di (<http://bit.ly/1dNnU91>)

### Professor Guus Stelling

Guus Stelling stond aan de wieg van de huidige generatie stromingsmodellen als Sobek, Sobek Urban, Delft FLS en Delft 3D. Hij is de succesvolle motor achter het 3Di-programma waarin hij zijn kennis van de fysica van de waterbeweging aan die van bijvoorbeeld wiskundige oplossingsmethoden koppelt. Zijn kracht ligt in zijn vermogen om valkuilen in de vorm van breed gedragen opvattingen en conventies creatief te omzeilen en uiteindelijk toch tot een praktisch resultaat te komen.



Het beeld past in de ontwikkeling van steeds realistischer stromingsmodellen. Van stationaire naar dynamische modellen, van ruimtelijk grove naar steeds fijner gedistribueerde modellen. Het doel is een model van een gebied dat in het gebruik zo intuïtief is dat het bruikbaar is in een ontwerpproces en dat zo in elkaar zit dat de resultaten betrouwbaar zijn. Een model dat bijna spelenderwijs inzicht geeft in de waterhuishoudkundige werking van (afval)watersysteem en de buitenruimte, én in de effectiviteit van ingrepen daarin. 3Di moet dergelijke gebieds- of omgevingsmodellen gaan genereren.

### **3Di-onderzoeksprogramma**

Het onderzoeksprogramma 3Di Waterbeheer ([www.3Di.nu](http://www.3Di.nu)) richt zich op de ontwikkeling van een instrumentarium waarmee waterstroming op realistische wijze in zeer grote mate van detail (op 'stoeptegelniveau') is te modelleren.

Het 3Di-ontwikkelteam bestaat uit specialisten van de TU Delft, Deltares en Nelen & Schuurmans. Zij hebben ieder hun taak in het bedenken van de nieuwe concepten en het ontwikkelen en testen van prototypen in de 3Di-casestudies. Die casestudies worden onder meer uitgevoerd in de beheergebieden van de 'launching customers': het Hoogheemraadschap van Delfland en het Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier. Beide waterschappen investeren in het onderzoek, geven mede sturing aan het onderzoeksprogramma en houden het team scherp met hun praktijkgerichte eisen en wensen.

De steden Amsterdam, Rotterdam en Den Haag en de OAS De Groote Lucht zijn medefinanciers in de ontwikkeling van 3Di.

Inmiddels zit 3Di in zijn vierde ontwikkeljaar en zijn al veel bouwstenen van de virtuele maquette gerealiseerd, zoals:

- Een 3D-stereovisualisatie van waterbeweging, die een realistisch beeld geeft van het water in de stad.
- Het automatisch genereren van modelschematisaties uit geografische informatie, gecombineerd met gegevens over de opbouw en capaciteiten van rioolnetwerken.
- Het naar de 'cloud' uploaden van geografische informatie, bijvoorbeeld door data uit verschillende bronnen te combineren.
- Het aansturen van het 3Di-rekenhart via de iPad.

Hoogste tijd voor een tussenstand en een blik vooruit. Waarom is zo'n geïntegreerd omgevingsmodel van belang? Hoe gaat het eruitzien? Hoe zit het rekenschema erachter in elkaar? En wat kunt u er straks mee?

## 19.2 Van modelinstrumentarium naar omgevingsmodel

Stromingsmodellen spelen al decennia een centrale rol bij de analyse van watersystemen, waaronder rioolsystemen. Ze worden ontwikkeld als tool voor de specialist en bieden de mogelijkheid om vanuit de kennis van stroming uit te rekenen welke waterstanden en afvoeren bij een bepaalde neerslagsituatie zullen optreden. Dat is handig bij het dimensioneren van systemen. Hiermee is namelijk te checken of het (toekomstige) systeem goed zal reageren op een bepaalde maatgevende bui, een referentiesituatie waarbij bijvoorbeeld 'net geen water op straat mag blijven staan'. De ijsituatie die voortkwam uit het feit dat met water op straat niet goed was te rekenen.

Omdat elke bui een bepaalde kans van optreden heeft, is vervolgens vast te stellen hoe vaak het systeem(ontwerp) naar verwachting zal falen. De modellen om dergelijke analyses te doen, zijn steeds verbeterd. Toch bleven deze gericht op de stroming binnen de riolering. En daarmee zijn vragen van ontwerpers, specialisten calamiteitenbeheer en rioleringsbeheerders afdoende te beantwoorden. Want als de riolering een bui niet goed kan verwerken, wat gebeurt er dan op straat? Welke delen staan blank? Wat doet de riolering bij een overstroming? Waar stroomt het water uit het riool op straat? Welke maatregelen kunnen we onder- en bovengronds treffen, zodat overlast en schade beperkt blijven? Om dergelijke vragen te beantwoorden, zijn modellen nodig die behalve de riolering ook de buitenruimte als integraal onderdeel meenemen én die bruikbaar zijn voor watertechnische leken.

| 251

### *Model voor leken*

Over het gebruik van technische modellen door leken is altijd veel discussie, vooral bij waterspecialisten. Moet iemand die de kwaliteit van een model niet kan beoordelen zelf wel simulaties uitvoeren? Het antwoord is ja, mits het gebiedsmodel de mogelijkheid biedt om:

- 1 De werking van het systeem te leren kennen via visualisatie. En dan gaat het niet alleen om extreme situaties, maar juist om alledaagse stromingspatronen. Momenteel wordt daaraan binnen 3Di al gewerkt.
- 2 De huidige situatie te toetsen met een bekende historische bui om via ervaring met knelpunten in de praktijk vertrouwen te krijgen in het rekenmodel.
- 3 Maatregelen te testen.

De kracht van realistische en meer gedetailleerde gebiedsmodellen ligt juist in de verifieerbaarheid door leken. Als de gebruiker (dan in de rol van modelleur) wordt gewezen op grote afwijkingen tussen meting en gebiedskennis aan de ene kant en de berekende waarden aan de andere kant, is de kans op slechte modellen kleiner dan nu vaak bij de door specialisten gebouwde grove modellen.

### *Eisen aan omgevingsmodel*

Maar de stroming van water in stedelijk gebied is gedetailleerd en ingewikkeld. Het is een complexe mix van afvoerprocessen over wegen en onverhard gebied en van infiltratie in de bodem. En dan zijn er de vele typen verbindingen op een relatief kleine oppervlakte, zoals de verbindingen tussen daken, terrassen en riolering, en de werking van kolken in de wegen. Al deze factoren moet de gebruiker op juiste wijze in het gebiedsmodel meenemen. Bovendien vraagt het om verwerking van zeer veel beschikbare geografische informatie. De afvoer van individuele daken naar het riool en andere detailinformatie zijn niet stuk voor stuk met de hand in te voeren, dat is veel te tijdrovend en foutgevoelig. Hiervoor zijn geautomatiseerde GIS-bewerkingen noodzakelijk. Als die bewerkingen eenmaal zijn ontwikkeld, kan de gebruiker latere veranderingen in systemen steeds weer automatisch in het gebiedsmodel doorvoeren. Ook het invullen van ontbrekende informatie ('best guess') is hiervan een belangrijk onderdeel. De beschikbare informatie is namelijk vaak niet volledig. Die 'best guess' moet natuurlijk ook voor de gebruiker zichtbaar zijn, zodat te allen tijde is na te gaan op welke informatie de resultaten 'steunen'.

252 |

### **19.3 Opbouw visualisatie in 3Di**

De basis om in 3Di op 'stoeptegelniveau' te kunnen modelleren, zijn de gedetailleerde grondgebruikgegevens uit het stedelijk gebied en de hoogtegegevens uit het Actueel Hoogtebestand Nederland (AHN2). Beide leveren 'achter de schermen' de parameters voor een gedistribueerd stromingsmodel met een hoge resolutie. Ten opzichte van de oude AHN-gegevens en de grove modellering van de buitenruimte brengt het gebruik van de detailinformatie ons als het ware van Duplo naar Lego. Die verfijning is noodzakelijk om kleinschalige maatregelen in de stedelijke buitenruimte te testen, zoals het verhogen van stoepranden, aanpassen van straatprofielen en aanleggen van infiltratiezones. Dit zijn maatregelen die vaak op het lijstje staan bij klimaatadaptatiestudies.



**Figuur 19.2** Visualisatie data uit een digital elevation model (DEM) van stedelijk gebied

Om het detail- en integratieniveau van de beschrijving van stromingen in de diverse compartimenten te bereiken, is 'onder de motorkap' meer nodig dan de huidige snelle uitwisselingsprotocollen van gegevens tussen de verschillende modelbouwstenen. Daarmee halen we nooit de superperformance die nodig is voor het beoogde omgevingsmodel. Niet voor niets vormen het verwerken en upgraden van grote datasets binnen het 3Di-programma de basis. Een omgevingsmodel is op te bouwen vanuit een uitgebreid datamodel waarvan de beschrijving van de waterbeweging slechts een component is. Dat die beschrijving snel en accuraat moet zijn en bovendien 'aan tafel' direct voor antwoorden op watervragen moet zorgen, volgt uit de eisen vanuit de beslissings-ondersteuning: snel een begrijpelijk gevisualiseerd antwoord op 'wat als'-vragen.

### *Realistisch*

De basis van het datamodel waarop 3Di rekt, is het nieuwe hoogtebestand AHN2. Dit is een bestand met maaiveldhoogten op een hoge ruimtelijke resolutie (tegels van 0,5 x 0,5 m). Het datamodel vormt zo een grid onder het gebiedsmodel. Van elke tegel of gridcel afzonderlijk worden meerdere eigenschappen in het model meegenomen:

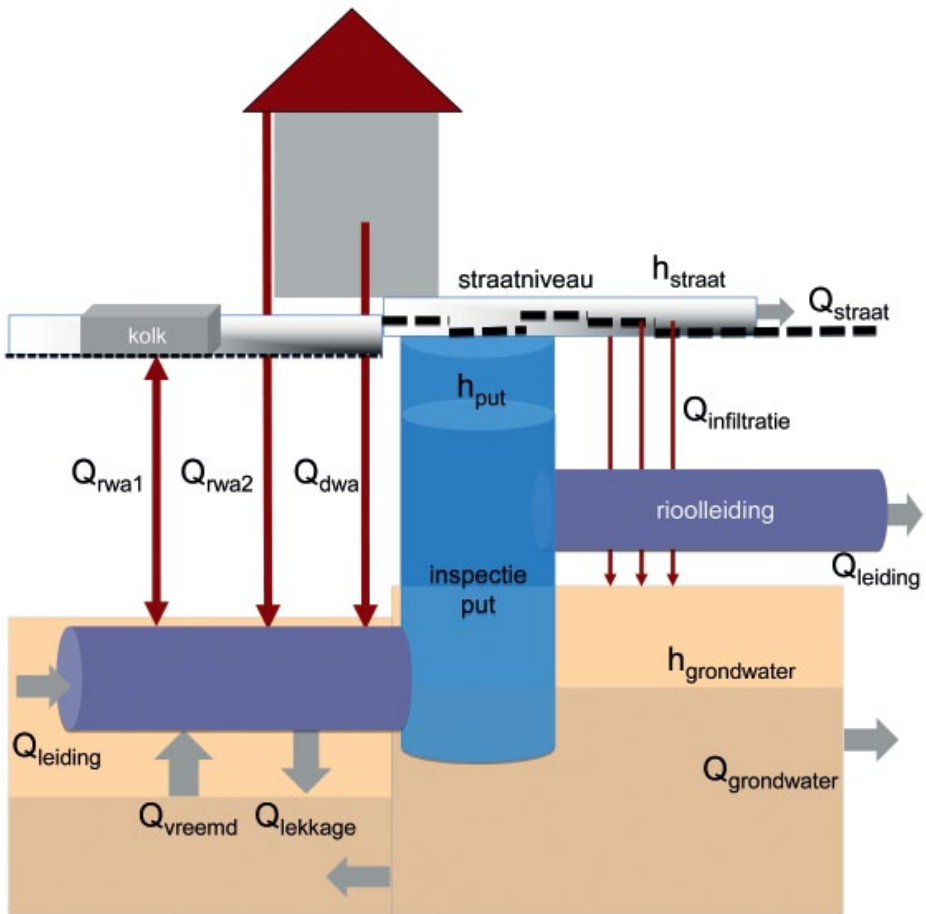
- hoogteligging;
- grondgebruik;
- berging op maaiveld;
- stromingsweerstand;
- infiltratie;
- opbouw van de onverzadigde zone;
- ondiepe grondwaterstand;
- kwel en wegzijging naar het diepe grondwater.

Op basis van deze gegevens worden 3Di-schematiseringen zo veel mogelijk automatisch gegenereerd.

Op de grid wordt een 1D-netwerkschematisatie van de open waterlopen gelegd. De koppeling van de beide structuren gebeurt grotendeels automatisch op het niveau van het oplossen van de stromingsvergelijkingen. Hierdoor zijn de verschillende transport-netwerken feitelijk geïntegreerd. Hiermee is de eerdergenoemde vertragende werking van koppelingen op een hoger niveau verleden tijd. Dat 1D-stroming naast 2D-stroming in het model wordt opgenomen, komt door de snelle wijze waarop 1D-stroming met de huidige generatie modellen is te beschrijven. Die snelheid is nauwelijks te verhogen. Het trage in de huidige generatie 1D/2D-modellen zit hem hoofdzakelijk in het 2D-rekenen (dat in 3Di veel sneller is, zie paragraaf 4) en de koppeling 1D/2D die binnen 3Di fundamenteel anders wordt uitgevoerd.

De riolering (figuur 19.3) wordt dus als 1D-netwerk geïntegreerd in de 2D-buitenruimtebeschrijving van 3Di. Dit 1D-netwerk van het rioolstelsel wordt gekenmerkt door:

- putten, met hoogte en berging;
- strengen, met een bepaalde doorsnede (alle typen via algemene beschrijving te definiëren) met daaraan gekoppeld de mogelijkheid van intredend grondwater of weglekkend rioolwater;
- kunstwerken, gemalen en door de gebruiker te definiëren kunstwerk (stuw of onderlaat);
- inloopputten (kolken en huisaansluitingen) om de inloop in of uitstroom uit het riool te beschrijven.



Figuur 19.3 Voorbeeld modellering stedelijk gebied met leidingen, putten en straatkolken op basis van detailgrid van landgebruik en hoogte

Voor de uitwisseling met het grondwater en de neerslag en verdamping wordt ook gerekend met een tegelgrid. De koppeling van 1D en 2D maakt ook het beschrijven van drainage mogelijk.

Het uitvoerformaat voor de berekeningen komt ook per ruimtelijke eenheid beschikbaar in het netCDF-formaat. Door de waterstanden en debieten ook op hoge resolutie te berekenen, ontstaat een dataset die zich op realistische wijze laat visualiseren.

### *Niet toetsen maar testen*

Het 3Di-model is niet primair bedoeld om watersystemen te toetsen aan een bepaalde normbui, maar om inzicht op te bouwen in de werking van systemen en om het effect van aanpassingen in watersystemen inclusief de buitenruimte in beeld te brengen.

| 255

Een typische toepassing is nagaan hoe de straat een hevige bui opvangt en hoe dit verandert als de rioleringscapaciteit wordt uitgebreid of de buitenruimte anders wordt ingericht. Daarbij gaat het bijvoorbeeld om de effecten van water op straat bij een hevige bui in situaties mét en zonder een verhoogde stoepranden.

De berekende waterstanden zijn ook in een speciaal geprepareerde 'point cloud' te projecteren, waardoor resultaten in 3D stereo zijn te tonen. De hoogtedata in de puntenwolk zijn ingekleurd aan de hand van luchtfoto's, waardoor het realistische beeld ontstaat. Met een 3D-bril is het gebied dan te zien alsof je er als het ware overheen vliegt (zie figuur 19.4).



Figuur 19.4 Visualisatie 2D overstromingsberekening met 3Di voor Waterland (ruimtelijke resolutie van 0,5x0,5 m)

## 19.4 Kijkje onder de 3Di-motorkap

Onder de motorkap van het 3Di-instrumentarium gaan innovaties schuil die het mogelijk maken om:

- interactief en op hoog detailniveau te rekenen;
- geografische informatie te verwerken en te combineren;
- de datamodellen geautomatiseerd aan te maken en te updaten.

### *Nieuw geïntegreerd rekenhart*

Het 3Di-model gebruikt een robuust rekenschema dat de stroming over land en in waterlopen, bodem en riool geïntegreerd beschrijft. Dit netwerk behandelt op rekenhartniveau 2D-stroming hetzelfde als de 1D-stroming in waterlopen en riolering. Het stedelijk gebied wordt binnen 3Di opgedeeld in tegels van zo'n 1 m<sup>2</sup>. Hierover worden rekenvolumes aangemaakt (de zogenaamde quadtrees, figuur 19.5) die onderling door zogenaamde flowlinks zijn verbonden. Aanvullend worden 1D-netwerken over de tegelgrids gelegd om stroming in drie typen kanalen te beschrijven, afhankelijk van de uitwisseling tussen die kanalen en hun omgeving. Ten slotte is er een 1D-netwerk voor riolering. Doordat het model koppelingen op het diepste niveau in het rekenhart legt, vinden de berekeningen uiteindelijk allemaal in hetzelfde rekenhart plaats.

De figuur toont het beeld voor en tijdens een voor die stad gewone regenbui in Singapore (figuur 19.6). De interactie tussen oppervlaktewater en riolering is volledig. Het rekenhart bevat zowel de 2D- als 1D-netwerken. Er wordt dus niet gekoppeld, het geheel is één model.

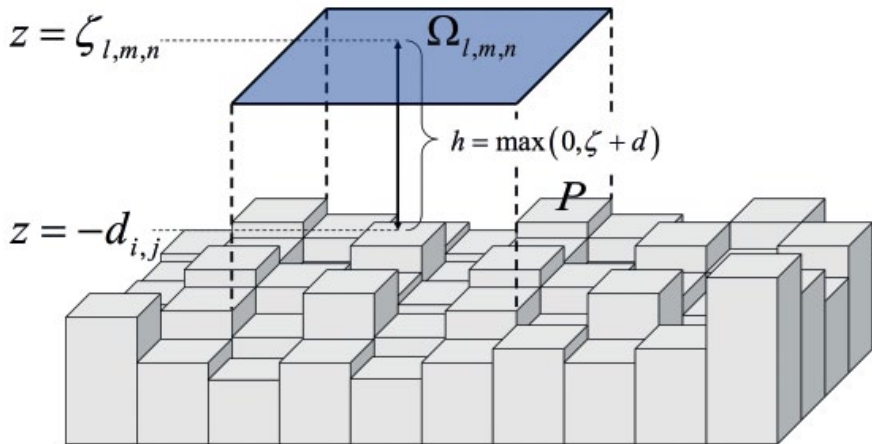
### *Sneller en nauwkeuriger*

Een van de eerste ambities van 3Di was een rekenhart te ontwikkelen dat honderd keer sneller zou rekenen dan de conventionele rekenharten. Die eis is inmiddels ruimschoots ingewilligd. Simulaties duren inmiddels niet langer dan 1/20.000 van de werkelijke fysische tijd. Dat betekent vaak meer dan duizend keer sneller. Overigens is de 2D-berekening hier nog steeds de beperkende factor. De snelheid van 1D-stromingsberekeningen is nauwelijks nog te versnellen. Maar er is ook aan de nauwkeurigheid van de modelresultaten gewerkt. 'Onder de motorkap' blijkt dit uit het hanteren van strikt massabehoud. Dit betekent dat geen water verloren mag gaan of mag ontstaan door de manier waarop stroming wordt berekend. De volumefout in 3Di is nu minder dan een borrelglas bij een overstroming met een waternverplaatsing van 1 miljard m<sup>3</sup>.

### *Bodemwrijving*

Bij het simuleren van waterbeweging in stedelijk gebied, zoals bij een overstroming of bij wateroverlast door hevige regen, is het erg belangrijk om de bodemwrijving op de juiste wijze te verdisconteren. Over- of onderschatting van de bodemwrijving geeft namelijk afwijkende stromingsverlopen. Stroming verloopt dan veel langzamer of

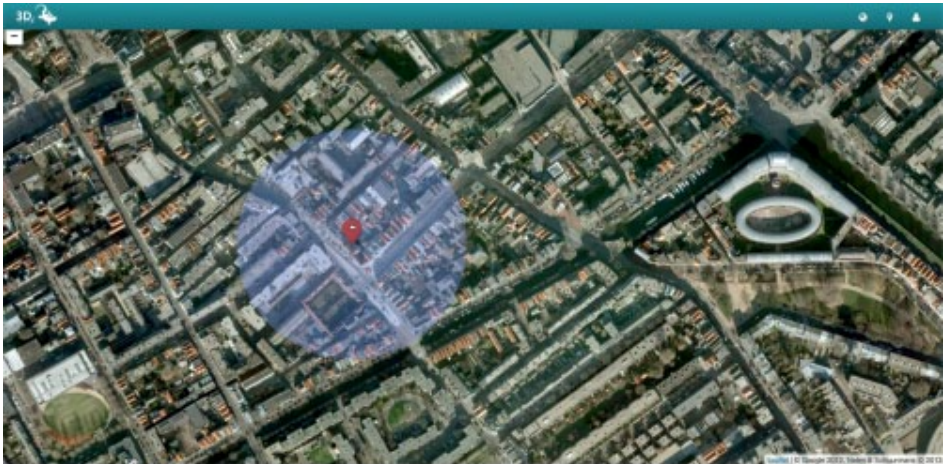




Figuur 19.5 Quadtrees (rekencellen) met onderliggende hoogtecellen uit digitaal elevation model



Figuur 19.6 Effect van een gewone regenbui in Singapore.



juist veel sneller dan in werkelijkheid. In 3Di wordt de bodemwrijving zeer nauwkeurig meegenomen, geïntegreerd vanuit de wrijving op 'stoeptegel' niveau, en dus niet eenvoudigweg uniform verondersteld. Op basis van de geometrie van het rekenvolume opgebouwd uit 'stoeptegels' met verschillende hoogteligging wordt een realistischer snelheidsverdeling aangenomen en wordt de dus wrijving vervolgens 'netjes' uit integratie bepaald. Op de grovere 'waterstandsgebiedjes'-grootte leidt dit tot een veel realistischer stromingspatroon. Bovendien blijft de benodigde rekentijd binnen de perken.

### *Nieuwe solver*

In hydrodynamische modellen wordt per tijdstap een stelsel stromingsvergelijkingen opgelost. Dit gebeurt met een zogenaamde 'solver', een algoritme dat steeds de oplossing van de waterstanden en debieten voor een bepaald tijdstip in de simulatie uitrekent. Er zijn twee typen solvers: directe solvers (zoals Gauss) en de zogenaamde iteratieve solvers. Beide hebben hun specifieke toepassingsgebied.

| 259

De iteratieve solvers zijn te verdelen in: de matrix splitting-methoden en de conjugate gradiënt-methoden. Door handig gebruik te maken van de eigenschappen van de matrix die het stelsel op te lossen vergelijkingen beschrijft (zoals diagonaal dominantie), wordt binnen 3Di een combinatie van de directe Gauss-methode en de conjugate gradiënt-methode toegepast. De precieze combinatie bepaalt het rekenhart al rekenend automatisch. Hiervoor heeft de gebruiker dus geen expertkennis nodig. Gevolg is dat bij hoge nauwkeurigheid toch zeer hoge rekensnelheden zijn te realiseren.

### *Rekenen in de 'cloud'*

Naast het rekenhart dat de kern van het instrumentarium vormt, wordt gewerkt aan een informatieraamwerk dat als interface rond het rekenhart fungeert. Het rekenhart draait in de 'cloud', op een server gekoppeld aan het internet. De gebruiker kan dit rekenhart via een webapplicatie vanuit een geografische interface aansturen. Figuur 19.7 toont de gevolgen van een locale zware regenbui in het centrum van Den Haag.

Naast het toevoegen van een debiet op de kaart, kan de gebruiker een bui boven het gebied simuleren (met een klik op de kaart op de iPad). Via de iPad stuurt de gebruiker het 3Di-model in de cloud aan. De resultaten van de modelberekening worden direct, al rekenend, teruggestuurd naar het iPad-scherm.

**Figuur 19.7** (links) Gevolgen van een zware regenbui in Den Haag met klik op de iPad (boven: situatie, midden: waterdiepte in langsprofiel en onder: waterdiepte op een locatie).



De webapplicatie bevat ook tal van innovaties op het gebied van visualisatie en informatiebeheer. Leken kunnen immers alleen vertrouwen op de resultaten als intuïtief gebruik leidt tot betrouwbare resultaten onder alle omstandigheden. Verder kan de gebruiker ook historische buien gebruiken die via radarmetingen ruimtelijk gedistribueerd beschikbaar zijn.

### 19.5 3Di in de praktijk

De geografische interface van 3Di is inmiddels al in diverse workshops met hydrologen, planvormers, stedenbouwkundigen, bestuurders, calamiteitenbeheerders, rioleringsbeheerders, adviseurs, burgers, wetenschappers gepresenteerd en getest. Steeds zijn de reacties uitermate positief. Met name de mogelijkheid om fenomenen op verschillende ruimtelijke schalen te combineren, spreekt tot de verbeelding. Denk bijvoorbeeld aan overstromingen en wateroverlast door hevige neerslag.

Voor ons als ontwikkelaars waren vooral de ontwerpssessies met stedenbouwkundigen en planvormers spannend. Zij wilden aan de slag met concrete maatregelen in het kader van klimaatadaptatie en zagen in 3Di de mogelijkheid ‘eindelijk’ de effectiviteit van innovatieve, duurzame maatregelen als groene daken en waterpleinen te toetsen.

Maar ook de calamiteitenoefeningen waren leerzaam (figuur 19.8). Vooral de sessie bij waterschap Noorderzijlvest was interessant omdat daar een eventuele doorbraak van



Figuur 19.8 In de Calamiteitenworkshop Fivelingoboezem stonden de effecten van een dijkdoorbraak van het Eemskanaal centraal.

de dijk van het Eemskanaal centraal stond. De betrokkenen hadden de meest voor de hand liggende ingrepen voor deze situatie nog paraat omdat deze de revue waren gepasseerd bij de recente doorbraakdreiging.

De mogelijke overstromingsbeelden en het effect van eventuele maatregelen zaten nog fris in het geheugen. Dit gaf ons als ontwikkelaars de mogelijkheid de realiteitswaarde van de overstromingsbeelden te toetsen.

### *Veel vragen beantwoorden*

Het meest verrassende resultaat van de ontwerpworkshops was overigens dat stedenbouwkundigen en planvormers eigenlijk geen helder beeld hebben van de situatie in een stedelijk gebied bij zeer hevige neerslag. Op zich niet vreemd, want natuurlijk kunnen maar weinig mensen beschikken over ruime ervaring met buien die (nu nog) een herhalingstijd hebben van 100 jaar. Maar ook over de gewenste situatie tijdens dergelijke neerslagcalamiteiten bestaat vaak geen duidelijke (gedeelde) opvatting. Welke wegen zouden tijdens die grote hoeveelheid regen eigenlijk met voorrang vrij moeten blijven van water? Is gebruik van particulier terrein voor tijdelijke waterberging in dergelijke situaties effectief en wenselijk? Tijdens de sessies is gebleken dat 3Di ook bruikbaar is om dit soort vragen te beantwoorden.

| 261

Overigens is ook gebleken dat het ‘interactief modelleren’ (een ‘nieuw’ element van 3Di dat hier nog niet aan bod is gekomen) de kwaliteit van de ondersteuning sterk verbetert. Interactief modelleren betekent dat de gebruiker ‘ter plekke’ maatregelen kan uitvoeren, zelfs tijdens een berekening. Hij pauzeert dan het model, voert de maatregel in en start daarna het model weer. Deze nieuwe functionaliteit werd meteen vanzelfsprekend en achteloos gebruikt, een kenmerk van een succesvolle functionaliteit.

## **19.6 De toekomst met 3Di in de stad**

3Di faciliteert feitelijk een nieuwe werkwijze waarin u als gemeente gebiedsdekkend kunt modelleren met de focus op het water in de buitenruimte. Door het hoge detailniveau en de buitenruimtemodellering kunt u met dit instrument veel verder gaan dan maatgevende events doorrekenen. U kunt namelijk kijken welke gevolgen de events hebben in het stedelijk gebied. Hierin verschilt 3Di dus wezenlijk van modellen voor normtoetsing of voor het hydraulisch ontwerp van de (deel)systemen. Ontwerpmodellen zijn gericht op toetsing van systeemgedrag in een bepaalde normsituatie. Daarmee toetst u of de situatie niet te vaak uit de hand loopt en stemt u systeemcapaciteiten af op de norm. Wat er daadwerkelijk gebeurt als normsituaties of nóg zeldzamer gebeurtenissen optreden, blijft buiten beeld. Daarvoor wordt het water in de buitenruimte te grof gemodelleerd.

Bij 3Di staat juist het water in de buitenruimte centraal. U kunt kijken wat de effecten zijn van een 'buiten de norm'-situatie. En dat is interessanter dan het lijkt. Het maakt betrokkenen in een kritische situatie namelijk niet zo veel uit wat de kans op die situatie is, als de schade en overlast die dan optreden maar beperkt kunnen blijven. Interessant is dan om te kijken hoe die overlast en schade te beperken zouden zijn geweest door bijvoorbeeld een andere inrichting van de buitenruimte. Misschien door water langer vast te houden op privaat terrein of door water slim te verdelen binnen een bepaalde wijk, via infiltratievoorzieningen in wegen. Of door straten zodanig te profileren en aan te leggen dat water gecontroleerd afstroomt naar minder kwetsbare gebieden.

### *Schakel ontwerp-beheer*

262 |

3Di maakt het mogelijk wateroverlastvraagstukken pragmatischer te benaderen. Omdat de berekeningen niet vooraf sterk hoeven worden vereenvoudigd, kunt u de werkelijkheid nadoen en de resultaten beoordelen zonder modelleringsvaardigheden. Zo kunt u de invloed van bijvoorbeeld waterpleinen, infiltrerende verharding, groene daken, andere straatprofielen en wadi's vooraf beter inschatten. In die zin kan 3Di het communicatiemiddel gaan vormen tussen de ruimtelijke planvormers en de waterspecialist. De vertaling van de mooie 'voorbeeldenboeken' van ontwerpers naar de praktische kosten-batenanalyse van de (afval)waterbeheerder. Wat is het effect van infiltratievoorzieningen en waterpleinen? Hoe willen we eigenlijk dat de stad extreme hoeveelheden water afvoert? Dit soort analyses zijn in de nabije toekomst met 3Di op te pakken. Niet alleen door modelleurs, maar ook door ontwerpers en planvormers. Gewoon via de iPad.

### **Literatuur**

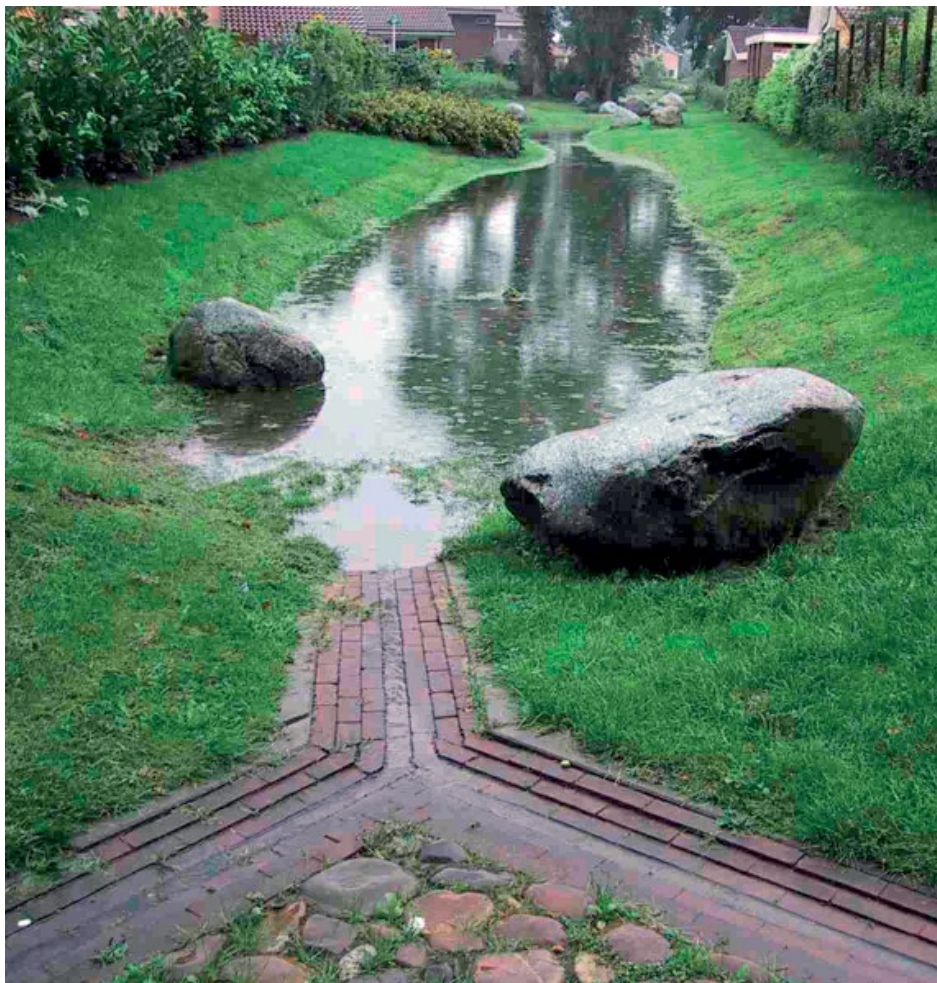
Stelling, Guus S., Quadtree flood simulations with sub-grid digital elevation models (ICE), November 2012, ICE Publishing

Casulli, V., Stelling, Guus S., A semi-implicit numerical model for urban drainage systems

May 2013, Vincenzo Casulli, International Journal for Numerical Methods in Fluids

Tapping into intelligent technology for flood casting - New modelling software in development aims to forecast flood events.

Why are decisions in flood disaster management so poorly supported by information from flood models? (Environmental Modelling & Software)



Afvoer en berging bovengronds in de wijk Ruwenbos Enschede.



## 20 Maaiveld

### *Toepassing laserdata bovengrond in modellering: minder onzekerheden, steviger basis voor verbetermaatregelen*

Nu steeds vaker heviger regenbuien vallen, willen steeds meer gemeenten behalve het ondergronds functioneren van de riolering ook de bovengrondse afstroming van neerslag en water op straat beter in beeld brengen. Maar hiervoor is zeer gedetailleerde informatie over het maaiveld nodig. De belangrijkste bronnen voor deze informatie zijn het Actueel Hoogtebestand Nederland (AHN2) en het minder bekende Mobile Laser Mapping (MLM). Beide bieden interessante mogelijkheden en hebben eigen keuzecriteria, die in dit artikel aan bod komen. Ook krijgt u inzicht in de resultaten bij toepassing van AHN2- en MLM-gegevens in modelberekeningen. Het aantal onzekerheden blijkt af te nemen, waardoor de basis voor te bepalen (bovengrondse) verbetermaatregelen steviger wordt.

#### **Inhoud**

##### 20.1 Inleiding

##### 20.2 Beschikbare bronnen van maaiveldinformatie

##### 20.3 Welke data kiezen voor modellering maaiveld?

##### 20.4 Praktijkttest: effecten bij toepassing in modelberekeningen

##### 20.5 Aandachtspunten voor gebruik AHN2 en MLM in praktijk

##### 20.6 Toekomstige ontwikkelingen

##### 20.7 Nabeschouwing

#### **Auteurs**

ing. Marcel Glasbergen (ARCADIS), marcel.glasbergen@arcadis.nl

ir. Michel Moens (ARCADIS), michel.moens@arcadis.nl

## 20.1 Inleiding

Nu steeds vaker heviger regenbuien voorkomen, neemt de behoefte toe om naast het ondergronds functioneren van rioolsystemen de bovengrondse afstroming van neerslag en water op straat beter in beeld te brengen. Traditionele rioleringsmodellen met putten, leidingen en kunstwerken zijn niet betrouwbaar zodra water boven het maaiveld komt. Hierin ontbreekt namelijk een goede procesmatige beschrijving van de interactie tussen riolering en maaiveld en van het gedrag van het water op het maaiveld. Daarom zijn geen zinnige uitspraken te doen over het effect van bovengrondse maatregelen. Om dat wel te kunnen, is zeer gedetailleerde informatie over het maaiveld en de ligging van de straatkolken nodig. Door de toename van rekencapaciteit en het verzamelen van betrouwbare gegevens over maaiveldhoogten en objecten in de ruimte, groeit de behoefte om het bovengrondse afstromingsproces beter in beeld te brengen.

| 265

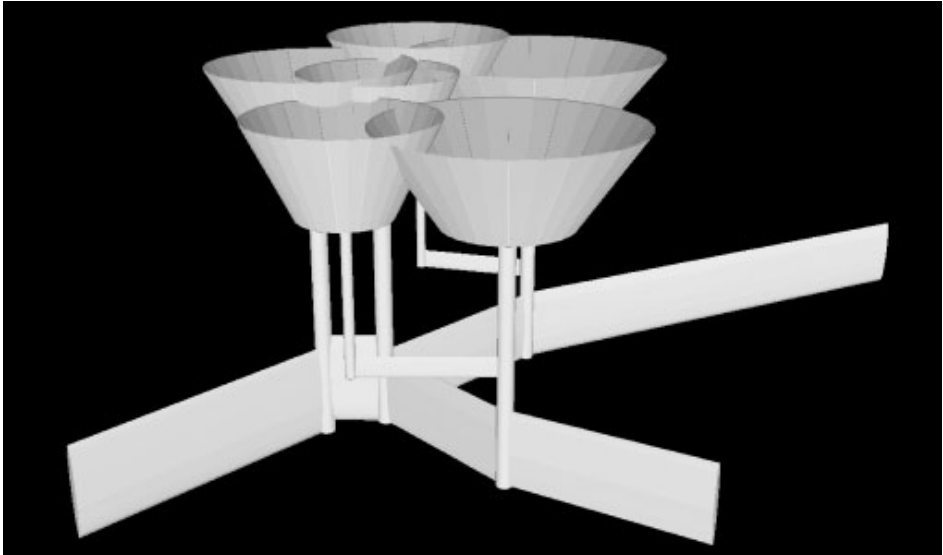
### *0D-, 1D- en 2D-modellen*

Het 1D rioleringsmodel berekent de 1-dimensionale ondergrondse afvoer in leidingen. Voor de bovengrond is binnen het stedelijk waterbeheer sprake van 0D-, 1D- en 2D-modellen. Hiermee wordt bedoeld:

- 0D, alleen berging op straat vanuit de putten, geen afstroming via de straat; rioolloop via de putten.
- 1D: 1-dimensionale afstroming via de straat geschematiseerd als open kanalen; rioolloop via de putten.
- 2D: 2-dimensionale afstroming via het maaiveld, rioolloop via de putten.
- 2D+: 2-dimensionale afstroming via het maaiveld, rioolloop via de kolken (en eventueel perceelaansluitingen).

Voor de combinatie van riolering en bovengrond spreken we van 1D/0D, 1D/1D, 1D/2D en 1D/2D+ modellen.

De traditionele 1D-rioleringsmodellen (1D/0D) zijn in principe betrouwbaar zolang de berekende waterstand onder maaiveld blijft. Zodra water op straat wordt berekend, geven de rekenresultaten slechts een indicatie van de ernst en omvang daarvan. Het model berekent ophoping van water bij de put waaruit het stroomt in plaats van spreiding over straat. Het water wordt opgezet in rekentechnische, kegelvormige reservoirs op de putten (zie figuur 20.1).



Figuur 20.1 Schematische weergave 1D-rioleringsmodel met 0D berging van water op straat.

Bovendien kan water op straat zich in de praktijk op heel andere locaties manifesteren dan de berekening aangeeft. Dit komt door de afstroming van neerslag over maaiveld en/of uittredend water dat zich bovengronds verspreidt. Niet zichtbaar is of het water binnen de banden blijft staan, het trottoir op- of afstroomt of tegen bebouwing aan blijft staan. Hierdoor is het effect van verbetermaatregelen of ingrepen in de openbare ruimte met onvoldoende zekerheid in te schatten. Zelfs als u een weg in het rekenmodel als 'goot' opneemt, is nog steeds sprake van een 1D-model, waardoor u de werkelijke situatie niet goed benadert.

Modellen met alleen een 2-dimensionale component (zoals maaiveldafstromingsmodellen) zijn ook minder geschikt, omdat de interactie met het ondergrondse rioolsysteem ontbreekt. Deze modellen bieden geen inzicht in de duur van water op straat en in knelpunten in de afvoer van het maaiveld naar de riolering via kolken. Ook het in- en uittreden van overtollig water via de riolering is met dergelijke modellen niet te simuleren. Door capaciteitsverschillen kan water op de ene plaats instromen en ergens anders weer uitstromen. Dit verschijnsel kan op een heel andere locatie voor problemen zorgen dan het maaiveldafstromingsmodel laat zien.

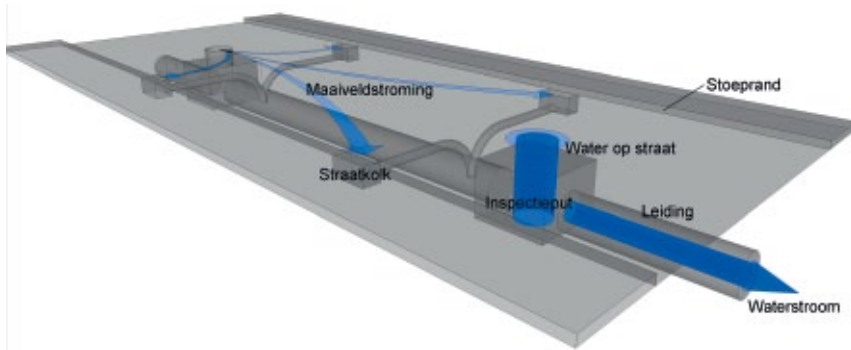
Het combineren van een 1D-rioleringsmodel met een 2D-maaiveldmodel (inclusief kolken: 1D/2D+) neemt de tekortkomingen van beide afzonderlijke modellen weg. Het over het maaiveld afstromende water komt via de regenwaterkolken in de riolering terecht. Als het riool onvoldoende bergings- en/of afvoercapaciteit heeft, treedt het overtollige water via de kolken uit de riolering en komt het op straat.



Figuur 20.2 Resultaat 1D/0D berekening



Figuur 20.3 Resultaat 1D/2D+-berekening



Figuur 20.4 Schematische weergave 1D/2D+-model.

## 20.2 Beschikbare bronnen van maaiveldinformatie

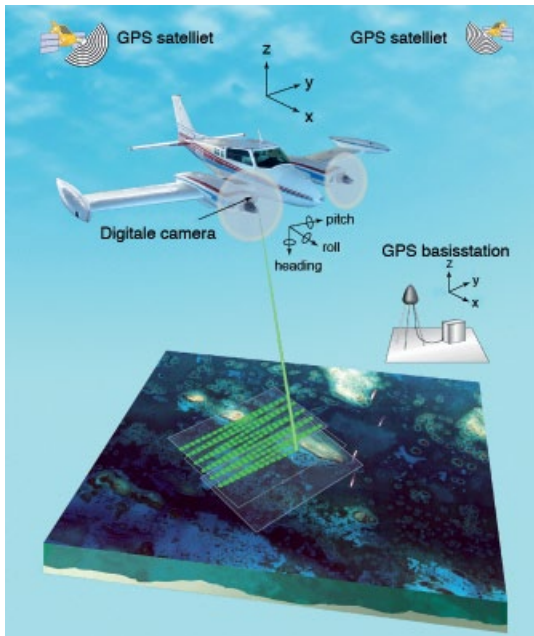
Voor elke beschrijving van het maaiveld zijn data nodig. De benodigde hoeveelheid en de mate van detail en betrouwbaarheid zijn afhankelijk van de toepassing. Zo is voor het modelleren van een droge rivierbedding minder gedetailleerde hoogte-informatie nodig dan voor het modelleren van de afstroming van neerslag naar een kolk in de straat.

Een grove schematisering van het maaiveld is eenvoudig te genereren uit de geïnspecteerde putdekselhoogten uit een rioolbeheerbestand. Meestal zijn deze ingemeten met gps-metingen of (nauwkeuriger) met waterpassing. Maar dit beeld van het maaiveld bevat onvoldoende details (is niet nauwkeurig genoeg) om de bovengrondse afstroming van water te beschrijven. Omdat kleine oneffenheden in het maaiveld de waterstroming behoorlijk kunnen beïnvloeden, zijn datasets met een hogere resolutie nodig.

Voor nauwkeuriger afstromingsberekeningen is detailinformatie nodig van de ligging van zowel maaiveld als kolken. In Nederland zijn momenteel het Actueel Hoogtebestand Nederland (AHN2) en Mobile Laser Mapping (MLM) de belangrijkste bronnen van maaiveldinformatie. Beide gebruiken lasermetingen om de informatie te verzamelen. De nauwkeurigheid van deze metingen is voldoende voor gebruik in 1D/2D+-modellen. Andere databronnen (zoals stereoluchtfoto's of cycloramafoto's) zijn ook te gebruiken, maar minder geschikt vanwege een te lage resolutie en betrouwbaarheid.

### AHN2

Het AHN2 is een vorm van Airborne Laser Scanning (ALS). De sensor is bevestigd aan een vliegtuig of helikopter, zodat in korte tijd een groot gebied is te scannen. Door de relatief grote afstand tot het maaiveld is de maximaal haalbare resolutie van de punten op het oppervlak lager dan bij metingen vanaf de grond. Bovendien zijn alleen de meest bovenopgelegene delen zichtbaar, doordat de aarde van bovenaf wordt bekeken.

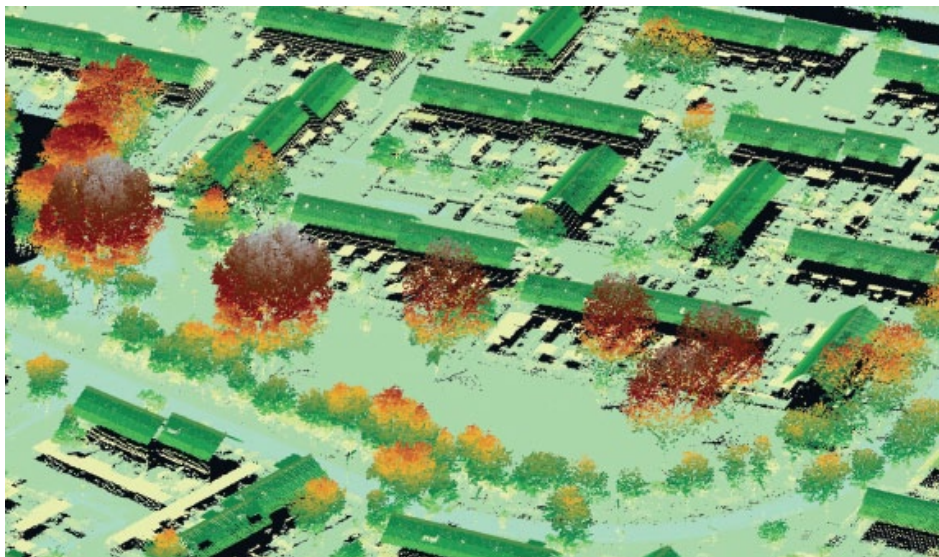


Figuur 20.5 Inwinningstechniek ALS (Bron: USGS)

Objecten of oppervlakken onder een (af)dak, begroeiing of wolken zijn niet zichtbaar en worden niet gemeten. ALS is sterk weersafhankelijk. Bij bewolkt of nat weer is niet alles te detecteren, doordat de laser weerkaatst op waterdruppels en natte oppervlakken. Bij te harde wind kan überhaupt niet worden gevlogen.



Volledige vernieuwing van een landsdekkende AHN2 voor Nederland is kostbaar en vergt ook enkele jaren, omdat de data alleen tijdens de winterperioden (minste begroeiing) en op onbewolkte dagen is te vergaren. De updatefrequentie bedraagt zo'n 5 tot 6 jaar. De actualiteit van de data is afhankelijk van wanneer de gegevens zijn/ worden ingewonnen. Tot op heden gebeurde dat over het algemeen op het niveau van waterschappen. Het voormalige waterschap Zeeuwse Eilanden is in 2007 ingewonnen en een jaar later beschikbaar gekomen, terwijl bijvoorbeeld Roer en Overmaas in 2012 is ingewonnen en in 2013 beschikbaar is gekomen.



Figuur 20.6 Ongefilterd resultaat na invliegen AHN2 (meetpunten gekleurd op hoogte)

### MLM

MLM is een vorm van Mobile Laser Scanning (MLS). Hierbij is de sensor bevestigd aan een rijdend voertuig. Door de lagere verplaatsingssnelheid en zeer korte afstand tot het te meten oppervlak is de resolutie zeer hoog. De nauwkeurigheid van de positiebepaling van het voertuig (gps) is gelijk aan die bij ALS.

Doordat het geheel vanaf de grond wordt bekeken, zijn ook objecten onder een afdak en onder bomen te detecteren. De keerzijde is dat alleen de meest vooraangelegen delen van objecten zichtbaar zijn. Plaatsen waar het voertuig niet kan komen (afgesloten terreinen, achtertuinen, te smalle straten) en objecten achter muurtjes, borden, schermen of begroeiing neemt hij niet mee.

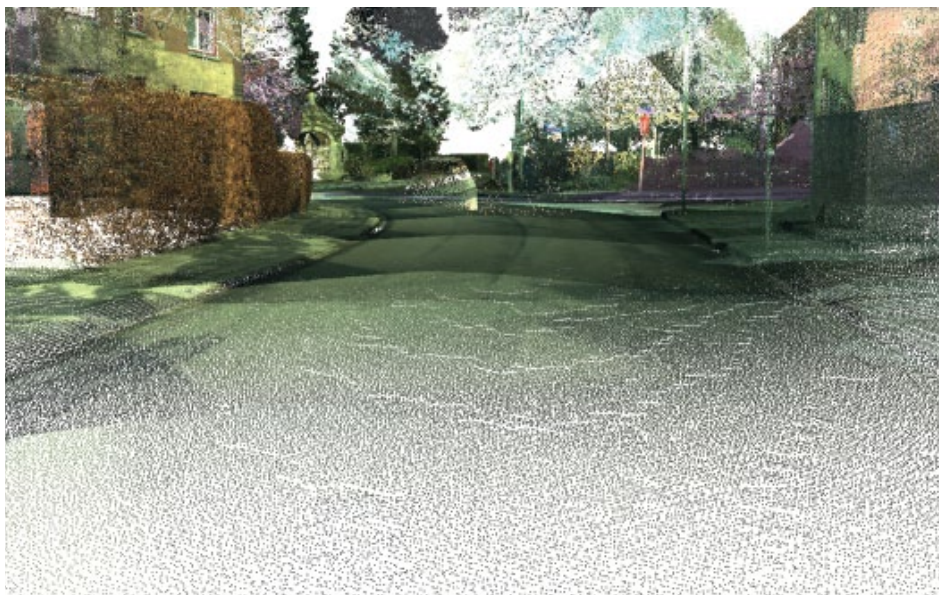




Figuur 20.7 Inwinningstechniek MLS

MLS is minder afhankelijk van het weer dan ALS en seizoenonafhankelijk. Ook bij bewolkt weer, harde wind en zelfs 's nachts kan het voertuig zijn werk doen. Alleen bij regen, sneeuw en/of plasvorming is MLS niet mogelijk. Dit komt doordat druppels of sneeuwvlokken het zicht van de sensoren ontnemen en waterplassen de werkelijke hoogte afschermen.

De relatief lage kosten en seizoenonafhankelijkheid maken een updatefrequentie van minder dan een jaar goed mogelijk. Bijkomend voordeel hiervan is dat ook een uitspraak is te doen over bijvoorbeeld maaiveldverzakkingen. Afhankelijk van de hoeveelheid ingewonnen data zijn bruikbare gegevens binnen 2 tot 3 maanden beschikbaar.



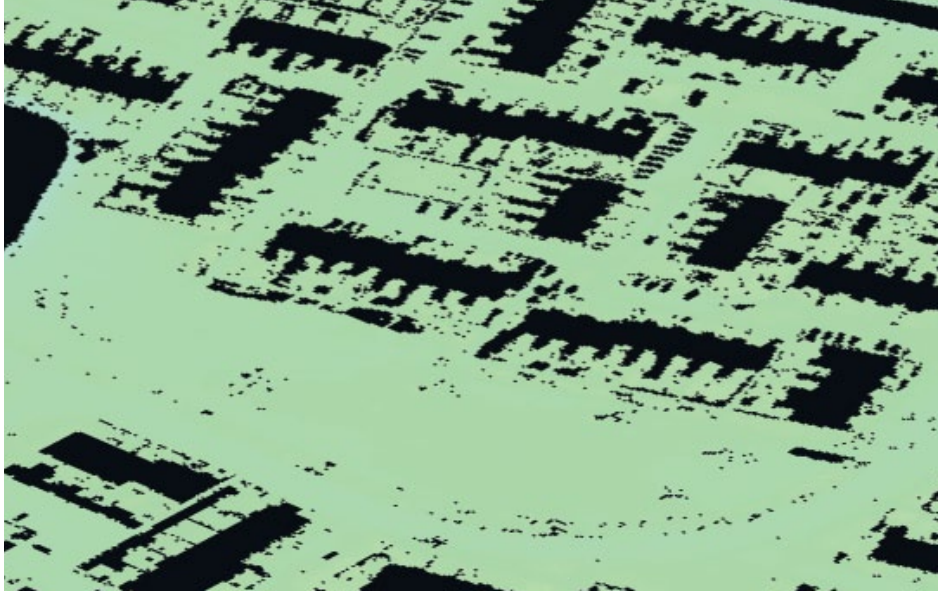
Figuur 20.8 Ongefilterd resultaat na rijden MLM (punten gekleurd op foto's)

### *Correcties*

De data van beide technieken zijn na inwinning niet meteen te gebruiken. Eerst moeten de gegevens worden gecorrigeerd op onvolkomenheden door de bewegingen van het vliegtuig dan wel voertuig. Ook moeten alle objecten die niet tot het maaiveld behoren er nog uit worden gefilterd, zoals bomen en auto's.

### *Correctie AHN2*

De vluchtgegevens worden gebruikt om alle ingewonnen datapunten binnen een strook van circa 400 meter breed te corrigeren op de bewegingen van het vliegtuig, zoals hoogteverschillen en verdraaiingen. Door paspunten (nauwkeurig ingemeten controlepunten) op de grond te gebruiken, worden de verschillende losse stroken op juiste hoogte gebracht. De stroken worden op elkaar aangesloten door overlappende punten en/of objecten (vooral zadeldaken) te gebruiken. De datapunten worden automatisch ingedeeld in de categorieën maaiveld en niet-maaiveld (zoals begroeiing en bebouwing). Waar nodig wordt dit met de hand bijgewerkt. Van de maaiveldpunten wordt uiteindelijk een rasterbestand gemaakt, dat bestaat uit vakken van 5 x 5 meter of 0,5 x 0,5 meter met elk één hoogtewaarde. Van de AHN2 zijn zowel de maaiveld- als niet-maaiveldpunten beschikbaar. De correctie en filtering zijn al op de data uitgevoerd en de AHN2 is dan ook als gecorrigeerd bestand beschikbaar.

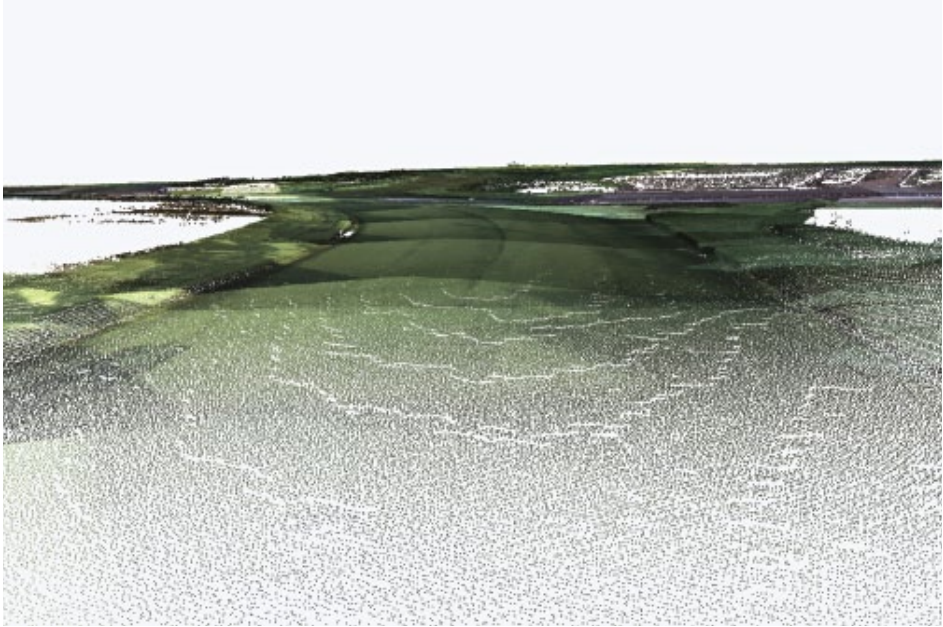


Figuur 20.9 Voorbeeld terrein na filtering, correctie en omzetting van de individuele meetpunten naar een 0,5 x 0,5 0m grid AHN2

### *Correctie MLM*

Omdat het doel van een MLM-opname is om een zo nauwkeurig mogelijke 3D-opname van de buitenruimte te maken, blijven alle datapunten behouden in het eindproduct. MLM beperkt zich dus niet alleen tot het maaiveld. Ook bij deze techniek worden eerst alle ingewonnen datapunten van een opname gecorrigeerd op de bewegingen van het voertuig. Hier worden afzonderlijk ingemeten paspunten gebruikt om de ingemeten puntenwolk op de juiste hoogte te brengen. Binnen de bebouwde kom zijn hiervoor bijvoorbeeld putdekselhoogten te gebruiken (mits nauwkeurig bekend). In tegenstelling tot AHN2 vindt geen vergaande controle of filtering van de datapunten plaats, omdat de puntenwolk als geheel het eindproduct vormt. De gebruiker moet zelf een verdere classificatie (laten) uitvoeren voor toepassing in rioleringsmodellering.

Bij beide inwinningstechnieken is na de eerste correctieronde een tweede slag nodig om te filteren: wat is maaiveld en wat niet. Bij AHN2 heeft deze slag bij oplevering al plaatsgevonden. De gebruikte softwarepakketten zijn in het algemeen ontwikkeld voor filtering (op basis van statistische filtermethoden) van ALS-bestanden. Maar vanwege de enorme hoeveelheid data kunnen deze pakketten niet altijd een MLM-bestand voor 100% geautomatiseerd filteren. Volledig automatische filtering zou voor MLM leiden tot een onacceptabel verlies aan punten of zou er juist voor zorgen dat foutieve data behouden blijven. Daarom is vrijwel altijd nog een zekere handmatige opschoning



**Figuur 20.10** Voorbeeld terrein na filtering en correctie MLM

nodig om ook de laatste restjes ongewenste datapunten te verwijderen. MLM is dus in zekere zin bewerklijker voor de gemeente dan AHN2, hoewel deze opschoning vrijwel altijd binnen de opdracht voor inwinning wordt uitgevoerd en daarmee voor een gemeente zelf geen werk betekent.

### **20.3 Welke data kiezen voor modellering maaiveld?**

Bij de modellering van het maaiveld kunt u kiezen voor data van ALS- of MLS-systemen, of voor een combinatie. Die keuze hangt voornamelijk af van de beschikbaarheid van data en/of beoogde toepassing. Het gebruik van MLS om louter aan maaiveldhoogten voor rioleringsmodellering te komen, zal bij de gemeente niet veel draagvlak vinden. Bekijk daarom of deze informatie ook voor andere afdelingen interessant is. Denk aan koppeling met bijvoorbeeld de BGT (Basisregistratie Grootschalige Topografie) om zo een driedimensionale weergave van de stad te genereren. Hiervoor zijn vele gebruiksmogelijkheden te bedenken, zoals het bepalen van dakvormen voor zonnepanelen of groene daken en akoestische studies. Andersom kunt u natuurlijk ook meeliften op MLS als dit voor andere doeleinden wordt uitgevoerd, zoals controle van bouwvergunningen. De AHN2 is door iedereen aan te schaffen. Ook hebben de waterschappen en Rijkswaterstaat, opdrachtgevers voor de AHN, de beschikking over de AHN voor hun beheersgebied en kunnen deze, bijvoorbeeld op projectbasis, ter beschikking stellen.



Als beide datasets beschikbaar zijn, kunt u een verdere afweging maken op basis van kwaliteit. De betrouwbaarheid van zowel AHN2- als MLM-datasets hangt samen met de systematische fout, de relatieve fout en een eventuele interpolatie.

De systematische fout in de hoogtemeting ontstaat door de (on)nauwkeurigheid van het GPS-systeem en bedraagt circa 5 cm. Dit levert een hoogtefout op ten opzichte van NAP (plus of min 5 cm ten opzichte van de werkelijke hoogte).

De relatieve (of stochastische) fouten – onjuiste hoogteverschillen tussen twee naastliggende meetpunten – zijn voor beide technieken verschillend. Deze fouten ontstaan door de ruis op het signaal als gevolg van bijvoorbeeld wolken of luchtvervuiling. Voor AHN2 is de stochastische fout 5 cm. Uitgaande van een normale verdeling betekent dit dat minimaal 68,2% van de punten binnen een stochastische fout van 5 cm valt (1 maal de standaarddeviatie), minimaal 95,4% binnen een fout van 10 cm (2 maal de standaarddeviatie) en minimaal 99,7% binnen een fout van 15 cm (3 maal de standaarddeviatie). De beide fouten samen betekenen dat met een betrouwbaarheid van 95,4% een AHN2-meetpunt maximaal 15 cm (5 cm systematisch en 10 cm stochastisch) van de werkelijkheid afwijkt.

| 275

Bij MLM is de stochastische fout 1,5 cm. Hiervoor geldt dan dat met een betrouwbaarheid van 95,4% een MLM-meetpunt maximaal 8 cm (5 cm systematisch en 3 cm stochastisch) van de werkelijkheid afwijkt. De MLM-meetpunten hebben dus een beduidend hogere nauwkeurigheid. Door de conversie van de individuele AHN2-meetpunten naar een raster wordt de systematische fout kleiner (middeling van de waarden).

## AHN2

In tegenstelling tot MLM zijn bij AHN2 ook data beschikbaar van bijvoorbeeld achtertuinen en wegen/paden die voor een auto ontoegankelijk zijn. Met gemiddeld 8 punten per m<sup>2</sup> is de AHN2 vooral geschikt om hoogten toe te kennen aan lijnen en vlakken die al in 2D-tekeningen aanwezig zijn of die in kaart worden gebracht met hogeresolutieluchtfoto's.

Object- en/of vormherkenning uit de hoogte-informatie is met AHN2 beperkt tot relatief grote, homogene vlakken, zoals weggedeelten en daken. Stoepranden en kleine objecten (zoals paaltjes of betonnen bloembakken) zijn gemakkelijk te missen of verkeerd te interpreteren. Datzelfde geldt voor de helling en hoogte van kleine oppervlakken, zoals in- en uitritten en korte verkeersdrempels. Met extra bestanden (bijvoorbeeld de grootschalige basiskaart Nederland (GBKN), de basisregistratie grootschalige topografie (BGT) of een vlakkenkaart) zijn de datapunten makkelijker te interpreteren. De locatie van de objecten is dan al bekend, waardoor er alleen een hoogte aan hoeft te worden toegekend.

**MLM**

Afhankelijk van de snelheid waarmee het voertuig zich verplaatst, is met MLM een horizontale resolutie te behalen van 1 meetpunt per  $\text{cm}^2$ , ofwel 10.000 meetpunten per  $\text{m}^2$ . Het maximale meetbereik bedraagt circa 100 meter vanaf het voertuig. In een MLM-puntenwolk zijn nagenoeg alle objecten en vormen in de buitenruimte te herkennen en op te meten. Dit varieert in schaalgrootte van de voegen in trottoirverharding tot boomkruinen en gevels. Eventueel is met aanvullende lasermetingen een completer beeld te krijgen op plaatsen waar de auto niet kan komen.

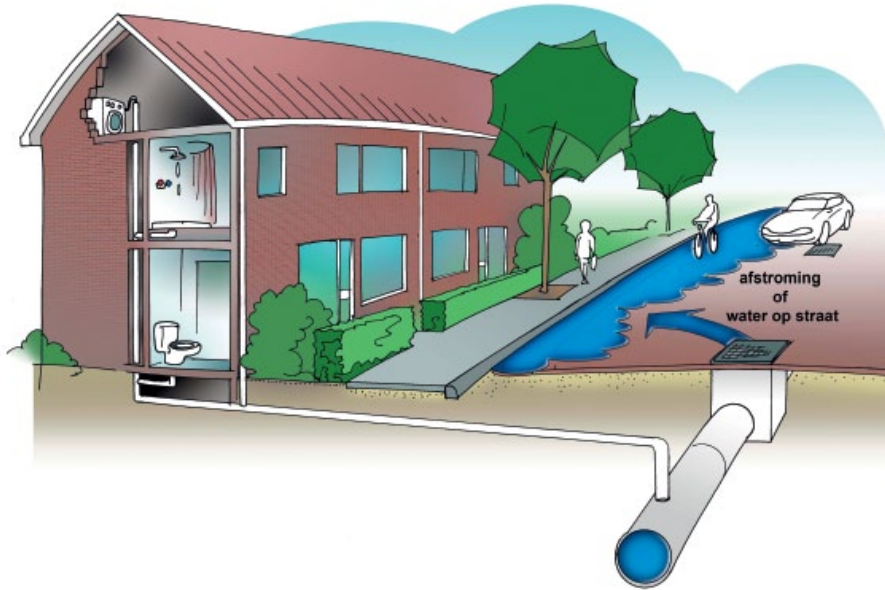
In tabel 20.1 staan de verschillen en overeenkomsten tussen AHN2 en MLM.

**Tabel 20.1 Samenvatting verschillen en overeenkomsten AHN2 en MLM**

|                                                                     | <b>AHN2</b>                                                               | <b>MLM</b>                                               |
|---------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|
| Leverancier                                                         | Rijkswaterstaat en waterschappen                                          | Private partijen                                         |
| Inwinningssnelheid                                                  | Groot gebied in korte tijd                                                | Klein gebied in korte tijd                               |
| Resolutie                                                           | 3 x 3 meetpunten per $\text{m}^2$                                         | 100 x 100 meetpunten per $\text{m}^2$                    |
| Meetbereik                                                          | Alleen meest bovenopgelegene delen                                        | Alleen meest vooraangelegene delen (per auto bereikbaar) |
| Weers- en seizoensafhankelijkheid                                   | Niet bij bewolkt of nat weer of bij harde wind<br>Alleen in winterperiode | Niet bij regen, sneeuw of plasvorming<br>Hele jaar door  |
| Updatefrequentie                                                    | 1 x per 5 tot 6 jaar                                                      | 1 x per jaar of vaker                                    |
| Correctie + filtering                                               | Al uitgevoerd                                                             | Nog niet uitgevoerd, puntenwolk is eindproduct           |
| Identificatie wel/geen maaiveld                                     | Al uitgevoerd                                                             | Nog niet uitgevoerd                                      |
| Maximale afwijking met betrouwbaarheid van 95,4 %                   | 15 cm                                                                     | 8 cm                                                     |
| Object- en vormherkenning/helling en hoogte van kleine oppervlakken | Kleine objecten beperkt/niet zichtbaar                                    | Alles is zichtbaar en meetbaar (binnen meetbereik)       |
| Opbouw terreinmodel                                                 | Raster                                                                    | Puntenwolk                                               |

## 20.4 Praktijktest: effecten bij toepassing in modelberekeningen

Om inzicht te krijgen in de effecten van de verschillen in resolutie en nauwkeurigheid, zijn de 1D/2D en 1D/2D+-modelberekeningen in InfoWorks ICM (Integrated Catchment Management) uitgevoerd voor vier verschillende scenario's. Gekozen is voor 2D en 2D+ (inclusief kolken), omdat anders problemen ontstaan met de inloop (2D+) danwel terugloop (2D en 2D+) van water in de riolering. Zonder de kolken kan het afstromende water de riolering niet in en ontstaat een vertekend beeld (zie figuur 20.11).



Figuur 20.11 Water kan de riolering niet in door het ontbreken van kolken

Met een AHN2- en een MLM-dataset is eenzelfde gebied doorgerekend met een 2D+-rekenmodel in InfoWorks ICM. De hierna genoemde stappen en/of uitgangspunten zijn dan ook specifiek voor deze software. Beide datasets zijn op vier verschillende manieren vertaald in een maaiveldmodel in InfoWorks ICM:

- 1 AHN2-gridcellen van 0,5 x 0,5 m.
- 2 AHN2-gefilterde (maaiveld)meetpunten.
- 3 MLM-gefilterde (maaiveld)meetpunten.
- 4 AHN2- en MLM-gefilterde (maaiveld)meetpunten.

Voor elk van deze scenario's is alleen het maaiveldmodel anders. Alle andere randvoorwaarden (zoals 1D-rioleringsmodel en neerslag) en het 2D+ -rekenmodel (rekencelgrootte) zijn voor alle situaties gelijk.

Voor elk van de vier scenario's zijn twee verschillende afstromingsmodellen gehanteerd, die het onderscheid vormen tussen 2D en 2D+:

- 1 2D - Sterk geschematiseerd afstromingsmodel waarbij de neerslag via inloopparameters direct wordt vertaald naar inloop in de inspectieputten.
- 2 2D+ - Gedetailleerd afstromingsmodel waarbij de neerslag via het (on)verharde oppervlak afstroomt naar de laagste punten. Voor neerslag op bebouwing is wel het sterk geschematiseerde afstromingsmodel gebruikt.

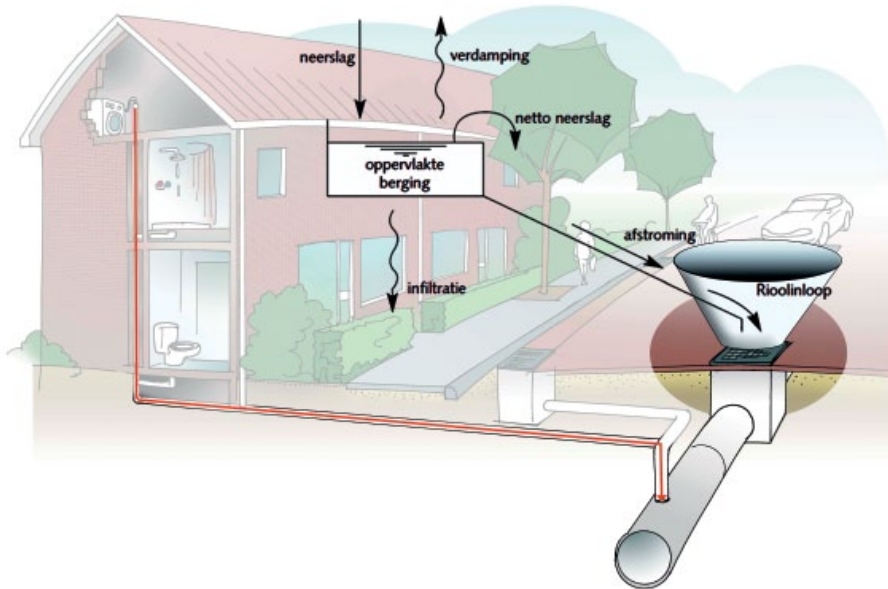


In beide gevallen zijn wel de kolken opgenomen. In het eerste geval kan het water via de kolken weer de riolering instromen als er water op straat is opgetreden. In het tweede geval loopt ook de neerslag over het maaiveld naar de kolken en zo de riolering in.

In de eerste situatie is het traditionele NWRW-inloopmodel gebruikt. Hierbij wordt neerslag via een eenvoudig bakjesmodel met berging, verdamping, infiltratie en afstromingsvertraging vertaald naar inloop in de riolering. Water komt pas op het maaiveld zodra de capaciteit van de riolering wordt overschreden.

In de tweede situatie is de optie gebruikt om neerslag direct op het maaiveld te laten vallen. Hierbij wordt aangenomen dat de bebouwing wel via het NWRW-inloopmodel direct in de riolering loost (aansluiting op de riolering via de huisaansluiting). Water dat op verhard en onverhard oppervlak valt, stroomt over het maaiveld naar het laagste punt (vaak de kolken) en belast zo het rioolstelsel. Ook hier wordt rekening gehouden met verdamping en infiltratie. Berging wordt meegenomen in de maaiveldhoogte (verlagingen die niet leegstromen) en de afstromingsvertraging is gerelateerd aan een stromingsweerstand. Het gebruik van een weerstandscoefficiënt (bijvoorbeeld op basis van Manning) resulteert in een ruimtelijk gevarieerde afstromingsvertraging.

278 |



Figuur 20.12 Weergave NWRW-inloopmodel en OD-berging van water op straat (in trechter).

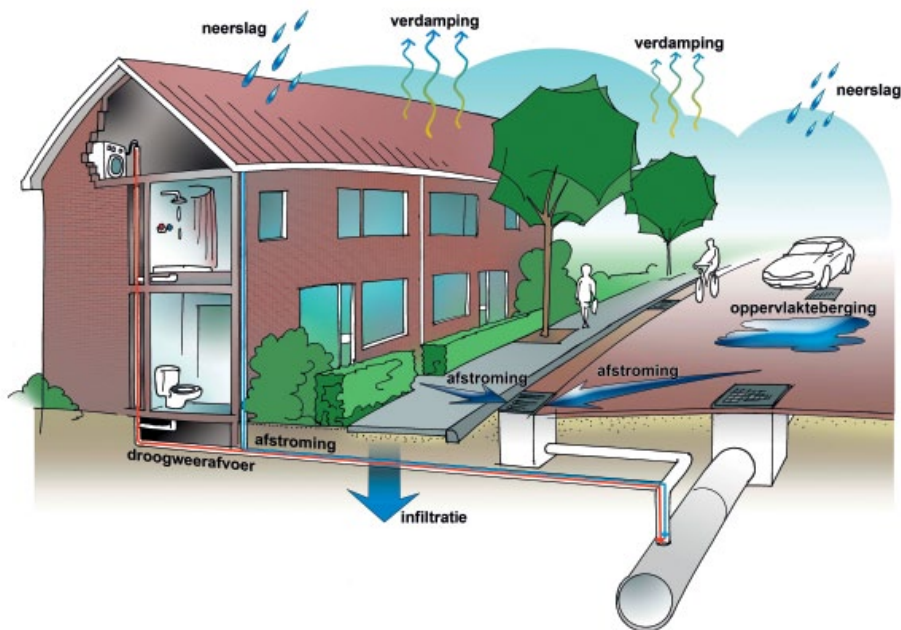
De belangrijkste verschillen met het geschematiseerde afstromingsmodel houden verband met de toestroom naar en instroom in kolken. Door oneffenheden in het maaiveld of obstakels kan het zijn dat water kolken bijvoorbeeld niet kan bereiken. Ook als een kolk de hoeveelheid water niet kan verwerken, stroomt het water verder naar een volgend laagstgelegen punt. In de berekeningen is geen rekening gehouden met eventuele vervuiling van kolken, maar de methode biedt hiertoe wel mogelijkheden.

De vier scenario's zijn zowel met het sterk geschematiseerde als met het gedetailleerdere afstromingsmodel doorgerekend met bui 8 uit module C2100 van de Leidraad riolering. Deze bui komt gemiddeld eens per twee jaar voor en leidt in korte tijd (circa 1 uur) tot een forse afstroming van het (on)verharde oppervlak.

#### *Resultaten met sterk geschematiseerd afstromingsmodel (NWRW)*

| 279

De berekeningsresultaten voor de vier scenario's lijken grotendeels redelijk overeen te komen. Wel zit een duidelijk verschil tussen scenario 3 (alleen MLM-data) en de andere scenario's. Bij scenario 3 treedt in de achtertuinen geen water op straat op. Dit komt door het gebrek aan maaiveldinformatie, de hoogtegegevens zijn hier geïnterpoleerd op basis van omliggende hoogtemetingen.

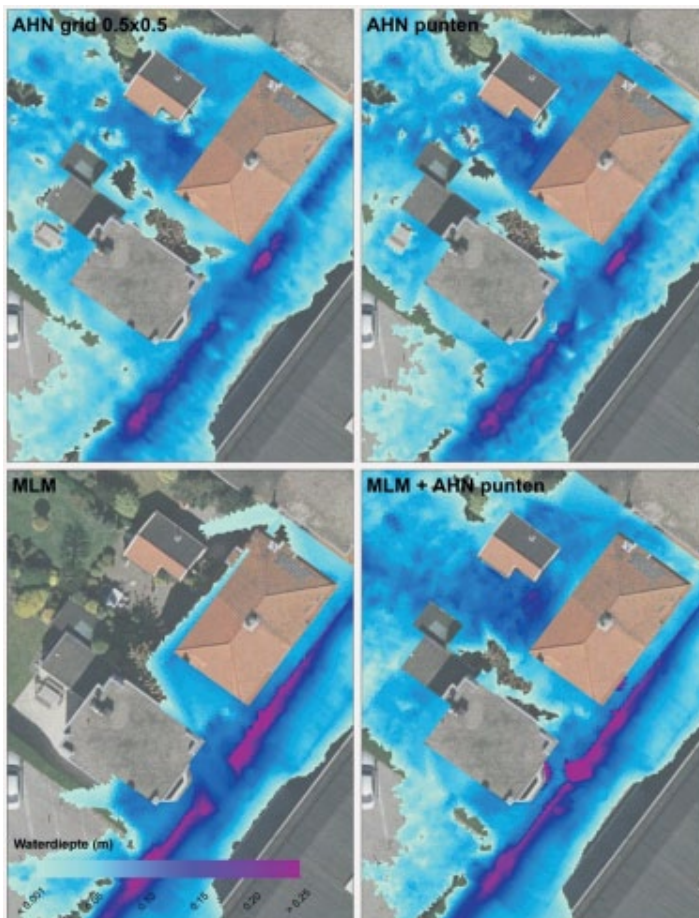


Figuur 20.13 Gedetailleerd 2D afstromingsmodel

Meer in detail zijn kleine verschillen zichtbaar voor water-op-sstraatlocaties en de optredende maximale waterdiepte. Vooral voor scenario's 3 en 4 (respectievelijk MLM en MLM + AHN) ziet het resultaat er 'natuurlijker' uit. Het water lijkt zich veel meer te concentreren in de goten dan bij gebruik van alleen AHN2. Dit is een gevolg van de gedetailleerder hoogte-informatie en daarmee het gedetailleerder beeld van het wegprofiel. De AHN2-data zijn te grof om het maaiveld tot op gootniveau altijd goed te modelleren. Dit is ook het geval bij gebruik van meetpunten in plaats van het raster van 0,5 x 0,5 m.

Duidelijke verschillen tussen de scenario's zijn met name zichtbaar bij de stoepranden. Dit is deels te verklaren uit de aanwezigheid van geparkeerde auto's. Waar een auto

280 |

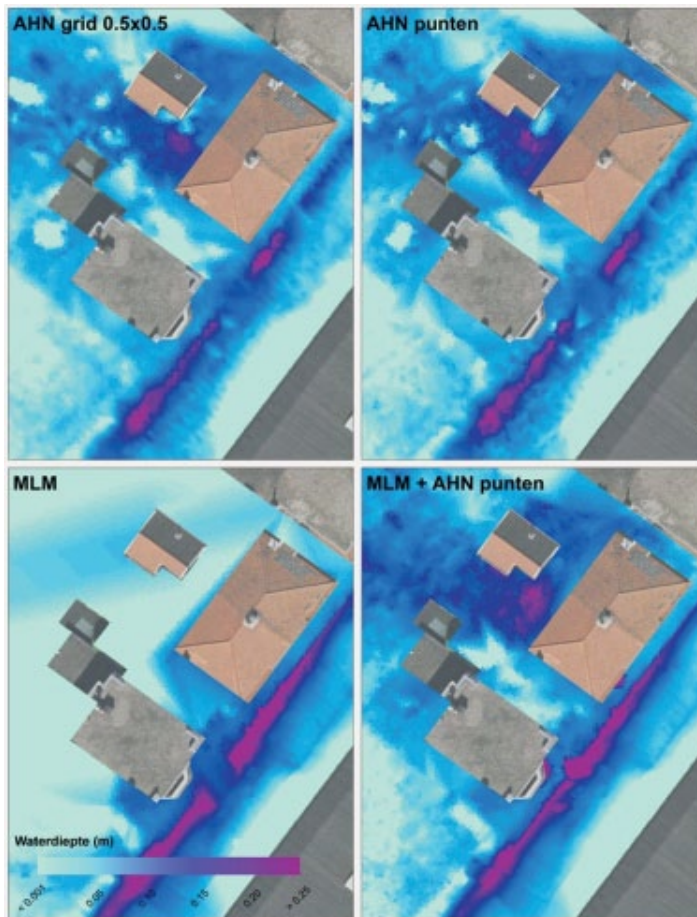


Figuur 20.14 Resultaat scenarioberekeningen met (NWRW-)afstromingsmodel (inloop via de putten).

staat, is bij zowel de AHN2- als MLM-data geen maaiveldinformatie beschikbaar en is geïnterpoleerd op basis van omliggende data. Aangezien de hoogtedata op verschillende momenten zijn ingemeten, kunnen de posities van geparkeerde auto's verschillen. Dit is deels te ondervangen door beide databronnen te combineren.

#### *Resultaten met gedetailleerd afstromingsmodel*

Ook hier zijn de resultaten van de scenario's redelijk vergelijkbaar en wijkt scenario 3 (alleen MLM-data) duidelijk af bij de achtertuinen. Maar in tegenstelling tot het geschematiseerde afstromingsmodel is nu overal sprake van een zekere hoeveelheid water die over maaiveld stroomt. De neerslag valt direct op het 2D-model en stroomt daarna pas de riolering in. Aan de oost- en zuidzijde lijkt de maximale waterdiepte in de goten bij



Afbeelding 20.15 Resultaat scenarioberekeningen met gedetailleerd 2D afstromingsmodel (inloop via de kolken (wegen en onverhard) en putten (bebouwing)).

AHN2 groter dan bij MLM. In deze situatie is het gebrek aan detailniveau bij de goten nu beter zichtbaar. Ook in de achtertuinen is nu duidelijk meer water zichtbaar. Dit is vooral goed te zien als de resultaten meer in detail worden bekeken.

Samenvattend is te stellen dat een gedetailleerd afstromingsmodel met gebruik van MLM-data een iets realistischer beeld geeft van de omvang en locatie van water op straat (op de locaties waar data beschikbaar zijn) dan een gedetailleerd afstromingsmodel en AHN2-data. Belangrijkste conclusie is dat beide databronnen elkaar kunnen versterken. AHN2-data zijn te gebruiken voor die delen waar MLM niet kan komen, en andersom. Samen vormen ze een completer beeld dat bij gebruik van een gedetailleerd afstromingsmodel de werkelijkheid redelijk benadert. Dit gaat vooral op voor achtertuinen waar MLM niet kan komen en AHN2 wel.

## 20.5 Aandachtspunten voor gebruik AHN2 en MLM in praktijk

- Gebruik eenzelfde derde dataset om correcties door te voeren bij MLM + AHN2.
- Interpolatie naar een grid verhoogt de betrouwbaarheid van een AHN2-meting.
- De relatief lage updatefrequentie van AHN2 kan leiden tot fouten.
- Het gebrek aan MLM-data in met name achtertuinen noopt tot gebruik van aanvullende data.

### *Toelichting*

Bij het gebruik van zowel AHN2 als MLM is het verstandig beide datasets te corrigeren (als het ware kalibreren) op basis van eenzelfde (gecontroleerde) derde dataset, zoals inspectieputhoogten of waterpassingen. Dit voorkomt (zo veel mogelijk) dat beide hoogtebestanden niet op elkaar aansluiten door verschillen in de foutmarge van hoogtemetingen. Met een betrouwbaarheid van 95,4% wijkt een AHN2-meetpunt maximaal 15 cm af van de werkelijkheid, een MLM-meetpunt 8 cm. In theorie zouden twee naastliggende punten van de beide sets maximaal 23 cm van elkaar kunnen afwijken. Met een derde dataset met in hoogte overeenkomstige punten wordt dit verschil kleiner.

De updatefrequentie van AHN2 is laag. Bij nieuwe ontwikkelingen in hoog intensief stedelijk gebied (zoals wegrenovatie en herinrichting) kan dit leiden tot fouten in het hoogtemodel ten opzichte van de actuele situatie. MLM is dynamischer en biedt meer kansen om de hoogtegegevens actueel te houden. Denk hierbij aan een opleveringscan met een statische laser na bijvoorbeeld een wegrenovatie. Dit kan ook met AHN2 als basis, waarbij deze wordt geactualiseerd met de nieuwe informatie.

Het gebruik van alleen MLM-data is geschikt zolang het modelgebied beperkt blijft tot de gebieden waar ook meetpunten aanwezig zijn. Doordat er geen data zijn voor bij-

voorbeeld achtertuinen, ontstaat daar een interpolatie die weinig aansluiting heeft met de werkelijkheid. De combinatie van MLM en AHN lijkt hier een praktische oplossing.

## 20.6 Toekomstige ontwikkelingen

Naar verwachting zal het inwinnen van hoogtegegevens zich de komende tijd niet snel ontwikkelen. De huidige ALS- en MLS-systemen werken goed. Een toename in ruimtelijke resolutie zou wellicht nog van belang kunnen zijn. Dit is met MLM te bereiken door meer scanners op het voertuig te plaatsen. Voor water-op-sraatsimulaties heeft dit weinig toegevoegde waarde, de huidige hoeveelheid punten is vaak al te groot voor de rekensoftware en/of computercapaciteit die nu beschikbaar is.

De grootste vooruitgang is nog te boeken op het gebied van (automatische) verwerking van laserdatasets, bijvoorbeeld door objectherkenning. Automatische objectherkenning is waardevol bij de verschillende correctiestappen en komt het uiteindelijke gebruikersgemak ten goede. MLS-systemen die op het spoor worden gebruikt, filteren bijvoorbeeld al automatisch portalen uit de data.

| 283

## 20.7 Nabeschouwing

Waar circa tien jaar geleden nog enige scepsis heerste rondom gedetailleerde afstromingsberekeningen voor water-op-sraatsimulaties, lijkt de tijd nu wel rijp voor de toepassing ervan. Niet zozeer vanwege een significant verschil in het te verkrijgen inzicht, maar vanwege een betere verhouding tussen benodigde inspanning en resultaat. Het AHN2 is voor heel Nederland beschikbaar en steeds vaker worden nieuwe meettechnieken als MLM gebruikt om de omgeving nauwkeurig in beeld te brengen. Het is slechts een kwestie van tijd dat de rekencapaciteit voldoende is voor grotendeels gautomatiseerde verwerking van de enorme hoeveelheid gegevens. De data zijn beschikbaar en de rekenmodellen zijn erop toegerust, dus waarom zouden we die niet gebruiken?

Afgezien van enkele haken en ogen tekent de meerwaarde van 1D/2D+-rekenmodellen ten opzichte van alleen 0D-, 1D- of 2D-rekenmodellen zich langzaam af. Het gebruik van 1D/2D+-rekenmodellen geeft een realistischer beeld van de werkelijke situatie, waarbij de resultaten ook sneller tot de verbeelding spreken. Door AHN2 met meer nauwkeurige MLM-hoogtemetingen te combineren, ontstaat de beste benadering. Bij een goed beschreven buisstroming in de riolering neemt het aantal onzekerheden in rioleringsberekeningen met de toepassing van 1D/2D+-modellen verder af. Hierdoor wordt de basis voor een vergelijking met praktijkmetingen steviger en daarmee ook de zekerheid over te bepalen (bovengrondse) verbetermaatregelen.

## 21 Radar bebouwd gebied

### *Inzicht in extreme neerslag in de stad op basis van langjarige radardatasets met veel ruimtelijk detail*

Extreme neerslag in de stad kan voor aanzienlijke wateroverlast zorgen. Om meer inzicht in het functioneren van het rioolstelsel en de bovengrondse ruimte bij hevige regen te krijgen, kan het nuttig zijn een extreme neerslaggebeurtenis en haar gevolgen te bestuderen. Hiertoe bieden twee recent opgebouwde klimatologische radardatasets nieuwe mogelijkheden. Deze reeksen over de perioden 1998-2012 (6 km<sup>2</sup> vakken) en 2009-2012 (1 km<sup>2</sup> vakken) geven landsdekkende neerslaginformatie met veel ruimtelijk detail. In dit artikel analyseren we deze gegevens om meer inzicht te krijgen in het optreden van extreme neerslag in Nederland, in het bijzonder in stedelijk gebied. Aan bod komen de gemiddelde frequentie van extreme neerslag per jaar, de meest extreme neerslaggebeurtenissen en de frequentie van extreme neerslag per gemeente. De resultaten bieden ruimte voor een andere benadering van extreme neerslag in de stad.

#### **Inhoud**

- 21.1 Belang van regenmetingen in de stad
- 21.2 Radar, klimatologische radardatasets en extremeneerslagstatistiek
- 21.3 Frequentie extreme neerslag ergens in Nederland en in de stad
- 21.4 Meest extreme neerslaggebeurtenissen in stedelijk gebied
- 21.5 Frequentie extreme neerslag per gemeente
- 21.6 Beperkingen en toekomstige ontwikkelingen
- Literatuur

#### **Auteur**

dr. ir. Aart Overeem (Leerstoelgroep Hydrologie en Kwantitatief Waterbeheer van Wageningen University en Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut),  
aart.overeem@wur.nl

#### **Dankwoord**

De auteur bedankt Remko Uijlenhoet (Wageningen University) en Hidde Leijnse (KNMI) voor het becommentariëren van een concept van dit artikel.



## 21.1 Belang van regenmetingen in de stad

Extreme neerslag in de stad kan voor aanzienlijke wateroverlast zorgen. Om meer inzicht in het functioneren van het rioolstelsel en de bovengrondse ruimte bij hevige regen te krijgen, kan het nuttig zijn een extreme neerslaggebeurtenis en haar gevolgen te bestuderen. Maar daarvoor hebt u veel neerslaggegevens van goede kwaliteit nodig. Omdat landgebruik, riolering en hoeveelheid regen van plaats tot plaats sterk kunnen verschillen, is het belangrijk de regen met zo veel mogelijk ruimtelijk en temporeel detail en zo nauwkeurig mogelijk in kaart te brengen. Bovendien wordt regen in stedelijk gebied meestal snel afgevoerd en heeft een gemiddeld rioolstelsel een afvoercapaciteit van 20-30 mm per uur. Daarom is vooral behoefte aan een goede registratie van 5- tot 60-minutensommen.

Het doorgaans kleine aantal bruikbare regenmeters in of nabij de stad kan de benodigde neerslaginformatie niet leveren. In combinatie met radargegevens van het Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut (KNMI) ontstaat wel betere neerslaginformatie. De radars brengen de ruimtelijke structuur van regenval in detail in kaart, terwijl de regenmeters (bij een goede opstelling en voldoende onderhoud) lokaal nauwkeurige metingen aan de grond geven. De KNMI-radarneerslagproducten worden dan ook steeds meer gebruikt in regionaal en stedelijk waterbeheer (*Reichard et al., 2011*; NationaleRegenRadar.nl).

| 285

Om meer inzicht te krijgen in het optreden van extreme neerslag in Nederland, heeft het KNMI in samenwerking met de Leerstoelgroep Hydrologie en Kwantitatief Waterbeheer van Wageningen University twee klimatologische radardatasets opgebouwd en geanalyseerd. Deze gegevens over de periode 1998-2012 hebben gemiddeld een hogere kwaliteit dan de operationeel beschikbare radarinformatie van het KNMI. Ze bieden nieuwe mogelijkheden, omdat ze landsdekkende neerslaginformatie geven met veel ruimtelijke details.

Dit artikel beschrijft eerst kort hoe radarneerslaginformatie tot stand komt en welke neerslaggegevens de klimatologische radardatasets bevatten. Vervolgens krijgt u op basis van de analyse meer inzicht in het optreden van extreme neerslag in Nederland, in het bijzonder in stedelijk gebied. Aan bod komen de gemiddelde frequentie van extreme neerslag per jaar, de meest extreme neerslaggebeurtenissen en de frequentie van extreme neerslag per gemeente.

## 21.2 Radar, klimatologische radardatasets en extremeneerslagstatistiek

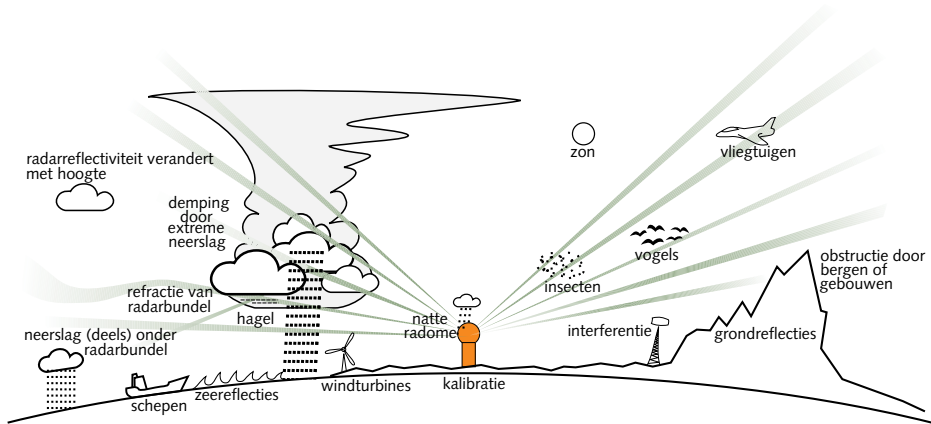
Een weerradar (ook wel buienradar of neerslagradar genoemd) zendt elektromagnetische golven uit en meet het door neerslag teruggekaatste vermogen. Uit de tijd die verstrijkt

tussen het uitzenden en ontvangen van een puls, wordt de afstand van de neerslag tot de radar berekend. Het ontvangen vermogen wordt omgerekend naar een regenintensiteit. Het KNMI beschikt over twee weerradars, een in De Bilt en een in Den Helder.

### Beperkingen radarbeelden

Het KNMI berekent elke vijf minuten voor elke 1 km<sup>2</sup> van Nederland een regenintensiteit. Maar deze kan behoorlijk afwijken van de opgetreden regenintensiteit op een punt aan het aardoppervlak. De fouten(bronnen) die hiervoor kunnen zorgen (Holleman, 2006), ziet u deels in figuur 21.1.

286 |



**Figuur 21.1** Fouten(bronnen) die neerslagschatting met weerradar negatief kunnen beïnvloeden (Bron: Markus Peura, Finnish Meteorological Institute, vertaald naar het Nederlands).;

Zo meet de radar neerslag indirect en niet aan de grond, maar meestal op enkele honderden tot duizenden meters boven het aardoppervlak. Daarnaast kunnen extreme buien het uitgezonden signaal aanzienlijk dempen, waardoor neerslag wordt onderschat. Om radarneerslagbeelden in het stedelijk waterbeheer te kunnen gebruiken, is correctie van die gegevens essentieel. In veel landen worden de radarbeelden daarom met regenmeter-data gecorrigeerd, ook in Nederland.

### Frequentie extreme neerslag

De huidige neerslagstatistieken geven doorgaans de kans op extreme neerslag op een vaste locatie en soms voor een vast gebied (Smits *et al.*, 2004; KNMI, 2013). De gemiddelde herhalingsstijd geeft aan dat een extreem, bijvoorbeeld 40 mm regen of meer op een gegeven plaats in 60 minuten, gemiddeld eens in de zoveel jaar optreedt. Dat is waardevolle informatie die wordt gebruikt voor ontwerpdoeleinden in het waterbeheer. Maar de kans op overschrijding van een gegeven hoeveelheid ergens in een gebied is veel groter dan de overschrijdingskans op een vaste locatie in dat gebied. Dit is in te

zien door te beseffen dat een bui vaak over een gebied trekt en daardoor op veel locaties regen geeft. Als we nu het aantal extremen in het hele gebied tellen, dan missen we deze bui niet. Maar als we op een vaste locatie in dat gebied tellen, dan zal de bui die locatie vaak niet hebben bereikt, waardoor de bui wordt gemist. De kans op extreme neerslag op een willekeurige locatie in een gebied, bijvoorbeeld ergens in Nederland, is dus (veel) groter dan de bekende neerslagstatistieken aangeven. De gemiddelde herhalingsstijd voor het overschrijden van dezelfde neerslagsom ergens in een gebied wordt daarom (veel) korter. De bestaande neerslagstatistieken zijn hierdoor niet fout, maar geven een antwoord op een andere vraag.

#### *Twee klimatologische radardatasets*

De twee opgebouwde en geanalyseerde klimatologische radardatasets in dit artikel hebben gemiddeld een hogere kwaliteit dan de (near realtime) operationele radar-neerslagproducten van het KNMI. Gevalideerde en complete data van beide KNMI-regenmeternetwerken (hand- en automatische regenmeters) zijn gebruikt om de radar-data te corrigeren om zo goed mogelijke, landsdekkende neerslaginformatie te krijgen. De eerste radardataset bestrijkt de periode 1998-2012 en geeft 5-minutenneerslagsommen in pixels van ongeveer 6 km<sup>2</sup> (Overeem et al., 2009a; Overeem et al., 2009b). Met deze dataset is de kans op het optreden van extreme (gebieds)neerslag afgeleid (Overeem et al., 2009c; Overeem et al., 2010; Overeem en Buishand, 2012). De tweede radardataset bevat landsdekkende neerslaginformatie over de periode 2009-2012 voor pixels van ongeveer 1 km<sup>2</sup> (Overeem et al., 2011).

| 287

#### *Andere benadering extreme neerslag*

Doordat de radardatasets landsdekkende neerslaginformatie bieden en daarmee langjarige reeksen zijn opgebouwd, is het aantal extreme neerslaggebeurtenissen in heel Nederland te tellen over een lange periode. Dit biedt ruimte voor een andere benadering van extreme neerslag in de stad:

- Ten eerste treedt de extreme neerslag gemiddeld vaker op ergens in de stad dan op een vaste locatie in die stad, afhankelijk van de grootte van die stad uiteraard. Het is relevant om daar in het stedelijk waterbeheer rekening mee te houden.
- Ten tweede bieden de reeksen samen een totaaloverzicht van de opgetreden extreme gebeurtenissen in alle stedelijke gebieden in Nederland over de periode 1998-2012. In het huidige klimaat komen de grootste extremen in één stad niet vaak voor, maar treden ze wel vaker op in het totale stedelijke gebied in Nederland. Ze zouden dus ook in uw stad kunnen voorkomen. Hierop zou u kunnen anticiperen door zo kosten-efficiënt mogelijke maatregelen te nemen om schade en overlast te beperken.

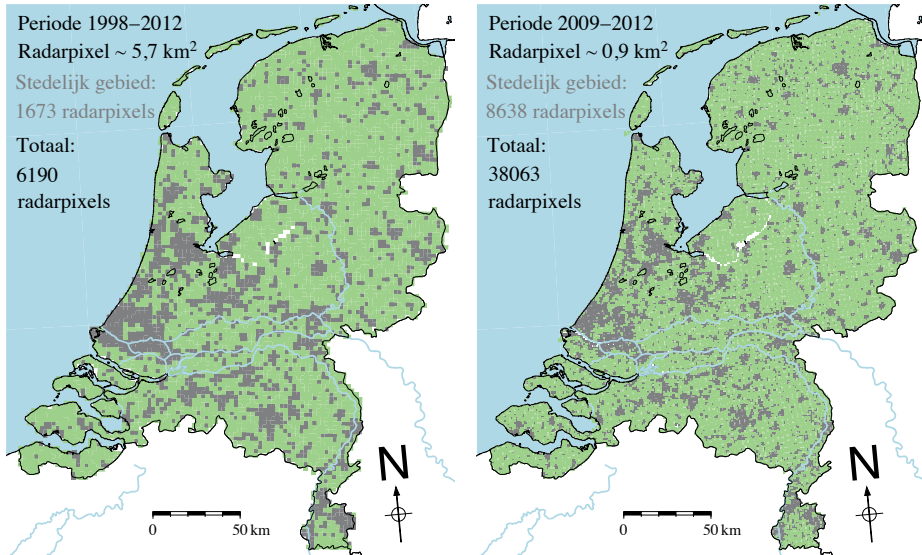
### Overschrijden drempelwaarden

Dit artikel toont hoe vaak drempelwaarden worden overschreden voor voortschrijdende 15- en 60-minutensommen voor elke 5 minuten en 24-uursommen voor elk klokuur. Dit doen we voor de twee genoemde klimatologische radardatasets. De eerste dataset bestrijkt een periode van vijftien jaar en heeft een databeschikbaarheid van ca. 85%. De tweede dataset heeft een lengte van vier jaar, maar een databeschikbaarheid van vrijwel 100%. Bovendien is de neerslag in deze tweede dataset met meer ruimtelijk detail vastgelegd. De reden dat we in de tijd overlappende 15- en 60-minutensommen van elke 5 minuten gebruiken, is dat we zo de grootste extremen vinden. Als we bijvoorbeeld maar één 60-minutensom per klokuur gebruiken, zullen we vaak een lagere waarde vinden, waardoor we de hoogste extremen niet opmerken.

288 |

### Stedelijke en niet-stedelijke gebieden

De analyses voeren we uit voor het gehele landoppervlak van Nederland en voor alle stedelijke gebieden in ons land. Een radarpixel wordt als stedelijk gebied aangemerkt als minstens 10% van het oppervlak is bebouwd (op basis van het Bestand Bodemgebruik CBS uit 2008). Dit resulteert in ongeveer 9.600 km<sup>2</sup> (27%) stedelijk gebied voor de 6 km<sup>2</sup>-radardataset (dataset 1) en ongeveer 7.900 km<sup>2</sup> (23%) voor de 1 km<sup>2</sup>-radardataset (dataset 2) op een totaal van ongeveer 35.000 km<sup>2</sup> landoppervlak. Figuur 21.2 geeft de stedelijke en niet-stedelijke gebieden aan voor beide radardatasets.



Figuur 21.2 Stedelijk (grijs) en niet-stedelijk (groen) gebied in Nederland voor beide radardatasets.

### 21.3 Frequentie extreme neerslag ergens in Nederland en in de stad

Voor de radardatasets hebben we geturfd hoe vaak drempelwaarden ergens in Nederland worden overschreden. In het kader leest u hoe we aan de gemiddelde frequentie per jaar zijn gekomen.

#### Gemiddelde frequentie per jaar

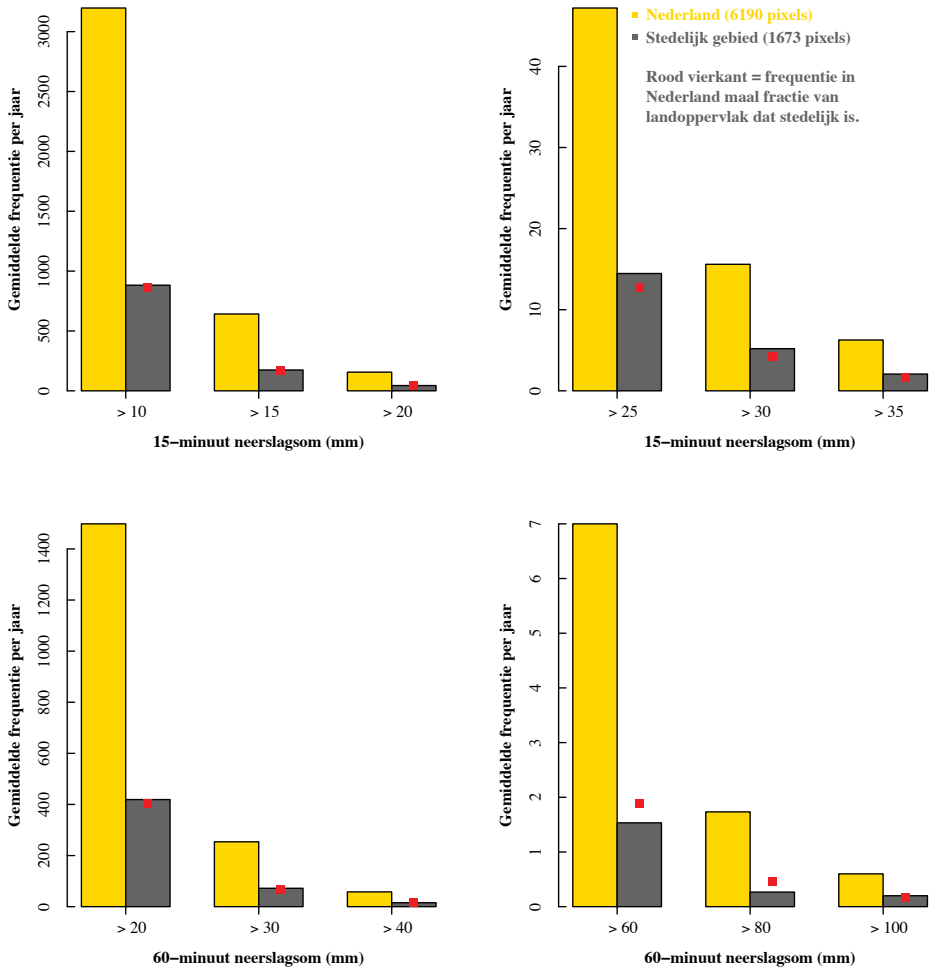
Voor een gekozen radardataset en duur rangschikken we de extremen van groot naar klein. We selecteren de grootste gebeurtenis. Vervolgens selecteren we de volgende gebeurtenis door te eisen dat deze van een andere radarpixel is of geen overlap in de tijd heeft. Stel dat de vorige gebeurtenis, een 15-minutensom, tot 14:00 uur duurde, dan mogen we de volgende gebeurtenis van hetzelfde radarpixel selecteren als deze om 14:15 uur eindigt en een volgende gebeurtenis selecteren die in een ander radarpixel is opgetreden. Deze procedure herhalen we voor alle resterende extremen. Hierbij moet steeds aan bovenstaande eisen worden voldaan ten opzichte van alle al geselecteerde extremen. Met de verkregen lijst met extremen, die elkaar dus niet in de tijd kunnen overlappen op dezelfde locatie, berekenen we vervolgens voor verschillende drempelwaarden de overschrijdingsfrequentie voor heel Nederland (stedelijk + niet-stedelijk gebied). Het totale aantal overschrijdingen delen we vervolgens door het aantal jaren. Eventuele seizoenseffecten nemen we dus niet mee. Deze analyse hebben we ook uitgevoerd voor het totale stedelijke gebied in Nederland.

| 289

Figuur 21.3 toont de gemiddelde overschrijdingsfrequentie per jaar over de periode 1998-2012 voor de 6 km<sup>2</sup>-radardataset voor 15- en 60-minutensommen. Zo wordt een 15-minutenneerslagsom van 25 mm of meer gemiddeld ongeveer veertien keer per jaar ergens in een stedelijk gebied van 6 km<sup>2</sup> gemeten. Een 60-minutensom van 40 mm of meer wordt gemiddeld ongeveer vijftien keer per jaar ergens in stedelijk gebied waargenomen. Een dergelijke hoeveelheid kan lokaal al voor wateroverlast zorgen. Ernstige wateroverlast is zeker te verwachten bij 60-minutensommen van 60 mm of meer. Deze treden gemiddeld zeven keer per jaar op in een pixel van 6 km<sup>2</sup> in Nederland, waarvan ongeveer twee keer per jaar in stedelijk gebied.

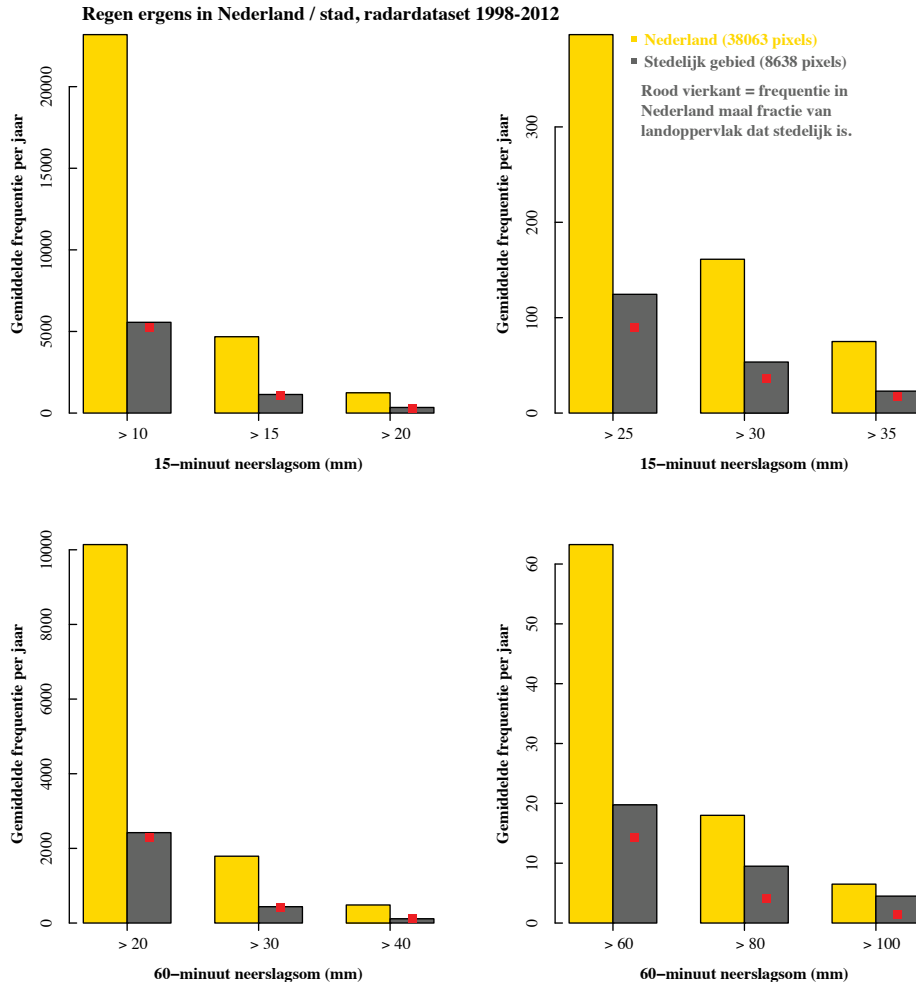
Figuur 21.4 toont de gemiddelde overschrijdingsfrequentie per jaar over de periode 2009-2012 voor de 1 km<sup>2</sup>-radardataset voor 15- en 60-minutensommen. Deze tweede dataset brengt de neerslag met veel hoger ruimtelijk detail in kaart dan dataset 1. Een 60-minutensom van 40 mm of meer wordt nu zelfs ongeveer 114 keer per jaar ergens in stedelijk gebied waargenomen. Een 60-minutensom van 60 mm of meer treedt gemiddeld ongeveer 63 keer per jaar op in een pixel van 1 km<sup>2</sup> in Nederland, waarvan ongeveer twintig keer in stedelijk gebied.

Regen ergens in Nederland / stad, radardataset 1998-2012



Figuur 21.3 Gemiddelde frequentie per jaar waarmee drempelwaarden worden overschreden voor 15- en 60-minutensommen van de 6 km<sup>2</sup>-radardataset over de periode 1998-2012, op een willekeurige plek in Nederland (geel) en op een willekeurige plek in stedelijk gebied (grijs).

Op basis van deze cijfers kunnen we concluderen dat neerslaggebeurtenissen met verwachte grote wateroverlast elk jaar frequent voorkomen in stedelijk gebied in Nederland. Verder valt op dat de frequentie bij de 1 km<sup>2</sup>-radardataset veel hoger is dan bij de 6 km<sup>2</sup>-radardataset. De meest voor de hand liggende verklaringen hiervoor zijn de hogere ruimtelijke resolutie (38.063 radarpixels in plaats van 6.190) en het feit dat extremen gemiddeld hoger worden voor kleinere gebieden (Overeem en Buishand, 2012).



Figuur 21.4 Gemiddelde frequentie per jaar waarmee drempelwaarden worden overschreden voor 15- en 60-minutensommen van de 1 km<sup>2</sup>-radardataset over de periode 2009-2012, op een willekeurige plek in Nederland (geel) en op een willekeurige plek in stedelijk gebied (grijs).

Figuren 21.3 en 21.4 tonen een rood vierkant bij de frequentie van extreme neerslag in de stad. Deze geeft aan welke frequentie is te verwachten als we de extremen in heel Nederland naar rato van oppervlak zouden verdelen over stedelijk en niet-stedelijk gebied. Is de frequentie in de stad hoger dan het rode vierkant, dan is naar verhouding vaker neerslag in de stad gemeten dan je zou verwachten op basis van het oppervlak aan stedelijk gebied. Voor de 6 km<sup>2</sup>-radardataset is de frequentie in de stad meestal nauwelijks lager of hoger. Hetzelfde kunnen we zeggen van de lagere extremen voor



de 1 km<sup>2</sup>-radardataset (links, figuur 21.4). Daarentegen is de frequentie in de stad vaak duidelijk hoger voor de hogere extremen (rechts, figuur 21.4). De grootste buien lijken gemiddeld dus wat vaker in de stad op te treden. Dit moeten we wel enigszins relativeren, omdat het aantal waarnemingen soms wel erg laag is voor hoge drempelwaarden.

#### *Kanttekeningen*

Enige kanttekeningen bij figuren 21.3 en 21.4 zijn wel op hun plaats. De figuren geven geen inzicht in het aantal unieke neerslaggebeurtenissen. Een bui trekt doorgaans over meerdere radarpixels en kan ook langere tijd regen geven op een plek, waardoor de bui meerdere keren geteld kan worden. Aan de andere kant geven de figuren hierdoor wel meer inzicht in de hoeveelheden die zijn gevallen. Bovendien overlappen extremen van dezelfde locatie elkaar niet in de tijd. Ten slotte is de databeschikbaarheid voor de 6 km<sup>2</sup>-dataset ca. 85%, waardoor de frequentie kan worden onderschat.

292 |

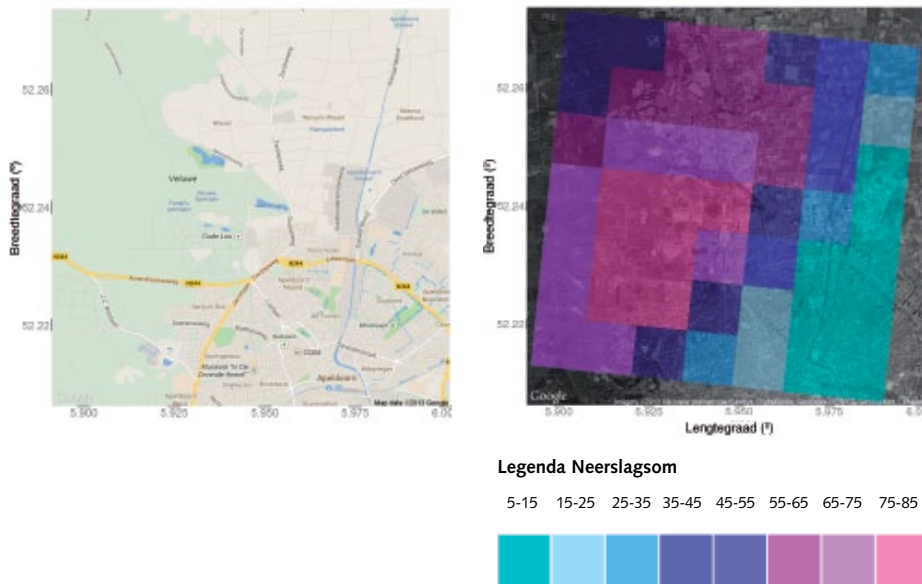
Voor de 6 km<sup>2</sup>-radardataset is een 60-minutensom van 20 mm of meer gemiddeld ongeveer 1.498 keer per jaar ergens in Nederland waargenomen. Hieruit zouden we kunnen concluderen dat de gemiddelde herhalingstijd ruim vier jaar is (het aantal radarpixels is 6.190). Maar volgens de extremeneerslagstatistiek op basis van dezelfde radardataset (maar periode 1998-2008) wordt een dergelijke hoeveelheid gemiddeld slechts een keer per tien jaar overschreden in een vast radarpixel. Dit verschil verdient enige uitleg. In feite worden appels met peren vergeleken. Bij de extremeneerslagstatistieken wordt de ruimtelijke afhankelijkheid van regen meegenomen. Deze statistieken gelden dan ook voor unieke, van elkaar onafhankelijke locaties, dus voor unieke neerslaggebeurtenissen. Maar bij de tellingen die we hier presenteren, zullen veel gebeurtenissen geclusterd in de ruimte voorkomen. Dan zijn de extreme waarden dus vaak ruimtelijk afhankelijk, waardoor de frequentie hoger wordt. Ook zullen gebeurtenissen elkaar regelmatig opvolgen in de tijd, terwijl bij het afleiden van de extremeneerslagstatistiek vaak maar één maximum per locatie wordt gebruikt, het jaarmaximum. Het laatste kan ook leiden tot enige onderschatting van de frequentie. Maar bij een herhalingstijd van slechts vijf jaar wordt dit effect al verwaarloosbaar klein. De extremeneerslagstatistiek kunnen we dus niet zomaar omrekenen naar een frequentie over heel Nederland door te vermenigvuldigen met het aantal radarpixels. En de tellingen zijn vanwege hun ruimtelijke en temporele afhankelijkheid niet zomaar om te rekenen naar een herhalingstijd per radarpixel (een vast radarpixel). De bestaande extremeneerslagstatistieken en de tellingen geven dus een antwoord op verschillende vragen en kunnen we niet zomaar naar elkaar omrekenen.

## 21.4 Meest extreme neerslaggebeurtenissen in stedelijk gebied

Wat zijn de meest extreme 15- en 60-minutensommen die in stedelijk gebied in Nederland zijn gemeten? Tabellen 21.1 tot en met 21.4 geven een top-10 van extreme gebeurtenissen over de periode 1998-2012 (6 km<sup>2</sup>, dataset 1) en 2009-2012 (1 km<sup>2</sup>, dataset 2). Een extreme gebeurtenis is alleen aan de lijst toegevoegd als ten minste 6 uur en/of 20 km tussen deze en de al geselecteerde extremere gebeurtenis(sen) zit. Inspectie van het radarbeeld van elke geselecteerde gebeurtenis toont aan dat soms geen sprake is van extreme neerslag. Zo wordt de hoogste 15- en 60-minutensom voor de 1 km<sup>2</sup>-radardataset veroorzaakt door grondecho's in de gemeente Rotterdam. In de tabellen staat welke extremen correct zijn, oftewel, echt neerslag. Dat neemt niet weg dat de waarde nog fors kan afwijken van wat daadwerkelijk aan de grond zou zijn gemeten. Alle werkelijke neerslaggebeurtenissen in de tabellen zijn overigens waargenomen in de periode mei-september. De X-coördinaat (X) en Y-coördinaat (Y) in tabellen 21.1-21.4 geven het midden van de radarpixel aan in het stelsel van de Rijksdriehoeksmeting.

| 293

Voor de 1 km<sup>2</sup>-radardataset is de op één na hoogste 60-minutenneerslagsom in stedelijk gebied gemeten in Apeldoorn op 3 juli 2009. Van 15:10-16:10 uur lokale tijd werd 79 mm gemeten in het noordwesten van Apeldoorn in een pixel van 1 km<sup>2</sup> (zie figuur 21.5).



Figuur 21.5 De op één na hoogste 60-minutenneerslagsom in stedelijk gebied in Nederland in de periode 2009-2012 (1 km<sup>2</sup>), gemeten in Apeldoorn op 3 juli 2009 van 15:10-16:10 uur lokale tijd.

**Tabel 21.1: Tien hoogste 15-minutenneerslagsommen in stedelijk gebied in Nederland over periode 1998-2012 (6 km<sup>2</sup>-radardataset).**

| Nr. | Datum en lokale tijd van einde meting | X (km)  | Y (km)  | Neerslag (mm) | Gemeente            | Correct* |
|-----|---------------------------------------|---------|---------|---------------|---------------------|----------|
| 1   | 22 augustus 2000, 12:50               | 116,475 | 516,529 | 73            | Heerhugowaard       | Nee      |
| 2   | 3 juli 2000, 18:10                    | 137,094 | 401,481 | 58            | Tilburg             | Ja       |
| 3   | 29 mei 1998, 23:00                    | 153,211 | 368,799 | 54            | Bergeijk            | Ja       |
| 4   | 7 juli 1999, 15:50                    | 125,292 | 455,449 | 50            | Woerden             | Ja       |
| 5   | 28 juni 2011, 20:15                   | 138,427 | 415,761 | 46            | Heusden             | Ja       |
| 6   | 5 juli 2001, 18:45                    | 200,154 | 309,297 | 40            | Vaals               | Ja       |
| 7   | 7 augustus 2002, 16:00                | 173,352 | 581,349 | 39            | Menameradiel        | Ja       |
| 8   | 28 juli 2000, 20:00                   | 196,767 | 472,767 | 39            | Apeldoorn           | Ja       |
| 9   | 28 juli 2006, 19:50                   | 158,241 | 447,553 | 38            | Utrechtse Heuvelrug | Ja       |
| 10  | 16 juli 2003, 21:15                   | 234,990 | 444,952 | 37            | Oost Gelre          | Ja       |

**Tabel 21.2: Tien hoogste 60-minutenneerslagsommen in stedelijk gebied in Nederland over periode 1998-2012 (6 km<sup>2</sup>-radardataset).**

| Nr. | Datum en lokale tijd van einde meting | X (km)  | Y (km)  | Neerslag (mm) | Gemeente            | Correct* |
|-----|---------------------------------------|---------|---------|---------------|---------------------|----------|
| 1   | 29 mei 1998, 23:25                    | 153,211 | 368,799 | 117           | Bergeijk            | Ja       |
| 2   | 3 juli 2000, 18:35                    | 136,872 | 399,102 | 117           | Tilburg             | Ja       |
| 3   | 28 juli 2006, 20:05                   | 158,241 | 447,553 | 79            | Utrechtse Heuvelrug | Ja       |
| 4   | 22 augustus 2000, 12:50               | 116,475 | 516,529 | 76            | Heerhugowaard       | Nee      |
| 5   | 29 juni 2005, 23:45                   | 127,849 | 431,161 | 75            | Giessenlanden       | Ja       |
| 6   | 7 augustus 2002, 16:20                | 173,352 | 581,349 | 73            | Menameradiel        | Ja       |
| 7   | 3 september 1998, 17:25               | 97,089  | 462,855 | 70            | Leiderdorp          | Ja       |
| 8   | 5 juli 2001, 19:15                    | 200,154 | 309,297 | 67            | Vaals               | Ja       |
| 9   | 6 september 1999, 18:50               | 120,440 | 403,028 | 66            | Oosterhout          | Ja       |
| 10  | 8 juni 2007, 02:20                    | 112,788 | 528,945 | 64            | Schagen             | Ja       |

\*correct: Ja = extreme neerslag. Nee = geen extreme neerslag, maar b.v. grondecho's.

**Tabel 21.3: Tien hoogste 15-minutenneerslagsommen in stedelijk gebied in Nederland over periode 2009-2012 (1 km<sup>2</sup>-radardataset).**

| Nr. | Datum en lokale tijd van einde meting | X (km)  | Y (km)  | Neerslag (mm) | Gemeente   | Correct* |
|-----|---------------------------------------|---------|---------|---------------|------------|----------|
| 1   | 18 mei 2012, 14:50                    | 62,456  | 444,153 | 69            | Rotterdam  | Nee      |
| 2   | 26 mei 2009, 04:20                    | 136,729 | 456,619 | 57            | Utrecht    | Ja       |
| 3   | 28 juni 2011, 20:15                   | 138,114 | 419,939 | 53            | Zaltbommel | Ja       |
| 4   | 28 augustus 2010, 07:55               | 145,499 | 488,563 | 51            | Almere     | Nee      |
| 5   | 27 april 2012, 24:00                  | 64,109  | 441,120 | 48            | Rotterdam  | Nee      |
| 6   | 6 juni 2011, 17:05                    | 201,398 | 458,174 | 45            | Brummen    | Ja       |
| 7   | 5 juli 2012, 15:55                    | 222,031 | 491,838 | 42            | Raalte     | Ja       |
| 8   | 3 juli 2009, 16:45                    | 197,741 | 410,430 | 40            | Gennep     | Ja       |
| 9   | 10 juli 2010, 22:20                   | 134,885 | 447,166 | 39            | Nieuwegein | Ja       |
| 10  | 14 juli 2010, 17:40                   | 177,315 | 317,528 | 39            | Maastricht | Ja       |

| 295

**Tabel 21.4: Tien hoogste 60-minutenneerslagsommen in stedelijk gebied in Nederland over periode 2009-2012 (1 km<sup>2</sup>-radardataset).**

| Nr. | Datum en lokale tijd van einde meting | X (km)  | Y (km)  | Neerslag (mm) | Gemeente       | Correct* |
|-----|---------------------------------------|---------|---------|---------------|----------------|----------|
| 1   | 18 mei 2012, 15:20                    | 62,456  | 444,153 | 154           | Rotterdam      | Nee      |
| 2   | 27 april 2012, 21:05                  | 63,155  | 441,205 | 152           | Rotterdam      | Nee      |
| 3   | 3 juli 2009, 17:00                    | 197,833 | 411,382 | 101           | Gennep         | Ja       |
| 4   | 17 mei 2012, 19:25                    | 61,246  | 441,375 | 89            | Rotterdam      | Nee      |
| 5   | 3 juli 2009, 16:10                    | 193,143 | 472,462 | 79            | Apeldoorn      | Ja       |
| 6   | 5 juli 2012, 16:40                    | 222,031 | 491,838 | 78            | Raalte         | Ja       |
| 7   | 19 mei 2012, 05:40                    | 63,155  | 441,205 | 72            | Rotterdam      | Nee      |
| 8   | 26 mei 2009, 04:20                    | 136,729 | 456,619 | 71            | Utrecht        | Ja       |
| 9   | 3 januari 2009, 10:45                 | 222,498 | 545,916 | 68            | Midden-Drenthe | Nee      |
| 10  | 3 juli 2009, 15:40                    | 187,613 | 495,178 | 68            | Elburg         | Ja       |

\*correct: Ja = extreme neerslag. Nee = geen extreme neerslag, maar b.v. grondecho's.

## 21.5 Frequentie extreme neerslag per gemeente

Deze paragraaf visualiseert de frequentie van extreme neerslag in stedelijk gebied per gemeente. Hierbij hebben we de gemeentegrenzen van 1 januari 2013 gebruikt. Hiervoor hebben we geteld hoe vaak een drempelwaarde wordt overschreden, bijvoorbeeld in de periode 1998-2012 (zie kader).

### Telling extremen per gemeente

Eerst sorteren we per gemeente de extremen boven een bepaalde drempel op chronologische volgorde. Hieruit selecteren we het hoogste extreem. Vervolgens selecteren we het volgende extreem in de gemeente als ten minste 6 uur is verstreken sinds het eindigen van het vorige extreem. Dit herhalen we net zo lang totdat we de hele dataset hebben doorlopen. Daarna tellen we het totaal aantal geselecteerde extremen per gemeente. Deze procedure voeren we voor diverse radardatasets, perioden en drempels uit.

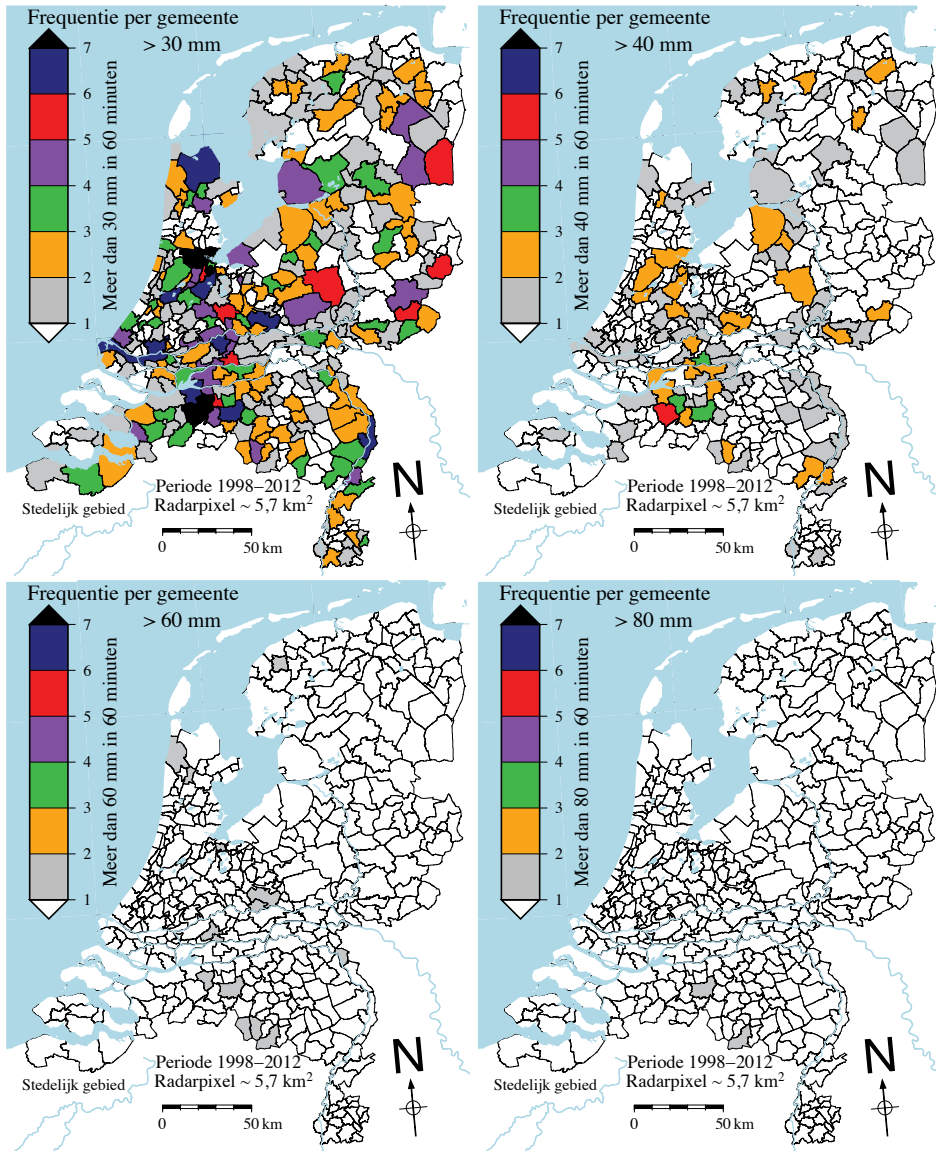
296 |

Figuur 21.6 toont kaarten van Nederland met per gemeente de frequentie van het aantal 60-minutensommen dat in de periode 1998-2012 ( $6 \text{ km}^2$ ) drempelwaarden van 30 mm (linksboven), 40 mm (rechtsboven), 60 mm (linksonder) en 80 mm (rechtsonder) overschrijdt. Opvallend zijn de grote verschillen tussen gemeenten. Het oppervlak aan stedelijk gebied kan behoorlijk variëren tussen gemeenten en dit vertroebelt dus de vergelijking tussen gemeenten.

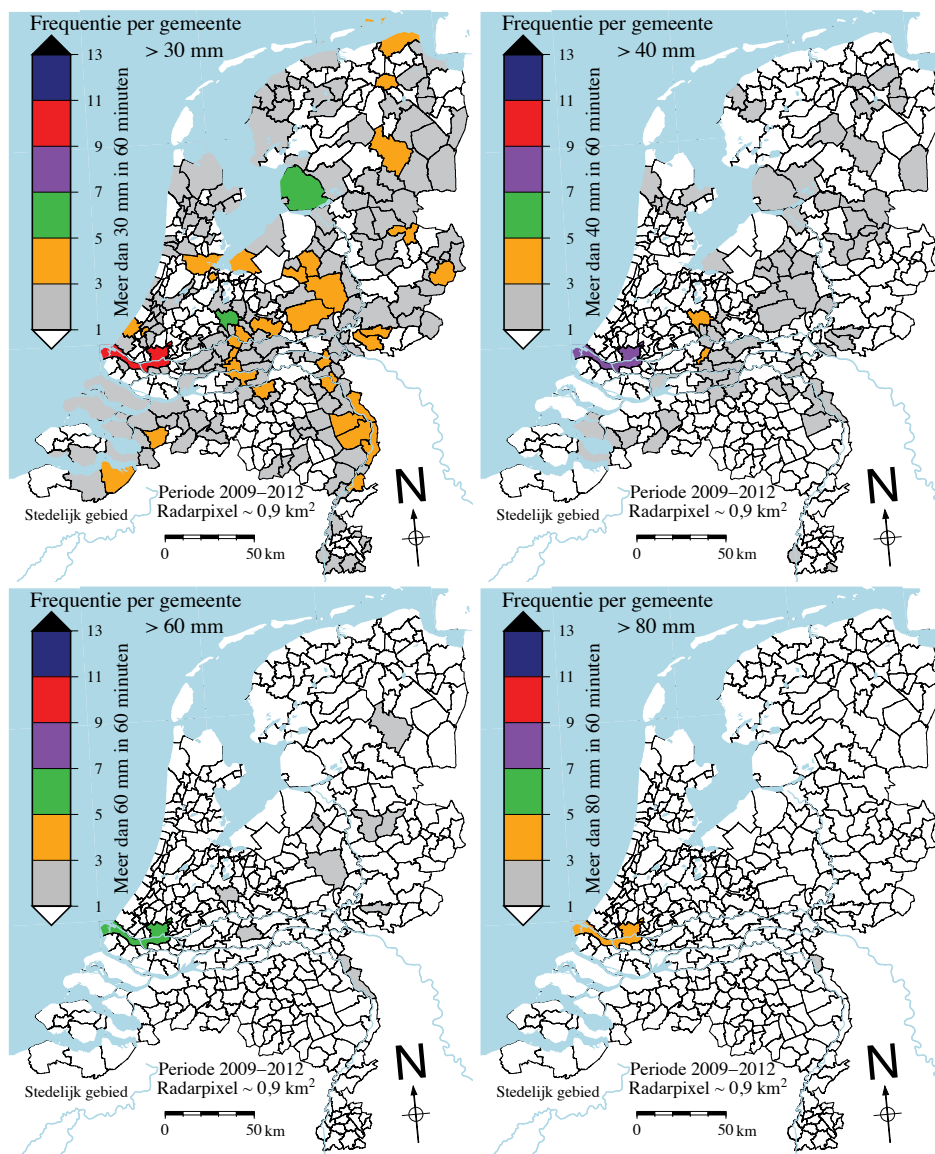
Figuur 21.7 toont soortgelijke kaarten als figuur 21.6, maar nu voor de periode 2009-2012 ( $1 \text{ km}^2$ ). Opvallend is de hoge frequentie in de gemeente Rotterdam: tien keer meer dan 30 mm in 60 minuten. Dit is hoogstwaarschijnlijk grotendeels veroorzaakt door grondecho's in de Maasvlakte. De  $1 \text{ km}^2$ -radardataset lijkt gevoeliger voor dit soort resterende fouten dan de  $6 \text{ km}^2$ -radardataset.

Figuur 21.8 geeft de frequentie per gemeente van het aantal 24-uursommen dat in de periode 1998-2012 ( $6 \text{ km}^2$ ) drempelwaarden van 50 mm (linksboven), 60 mm (rechtsboven), 80 mm (linksonder) en 100 mm (rechtsonder) overschrijdt. Opnieuw zijn de verschillen tussen gemeenten groot. Het aantal gemeenten met een of meerdere neerslagsommen boven 100 mm is vrij klein. Vooral voor het regionale waterbeheer is het ook interessant om de frequentie voor het totale oppervlak van een gemeente te weten. Daarom is voor een drempelwaarde van 60 mm ook de frequentie per gemeente berekend voor het totale oppervlak (stedelijk + niet-stedelijk).

Figuur 21.9 vergelijkt de frequenties van 60-minutensommen die een drempelwaarde van 30 mm hebben overschreden van beide radardatasets. De frequentie is duidelijk

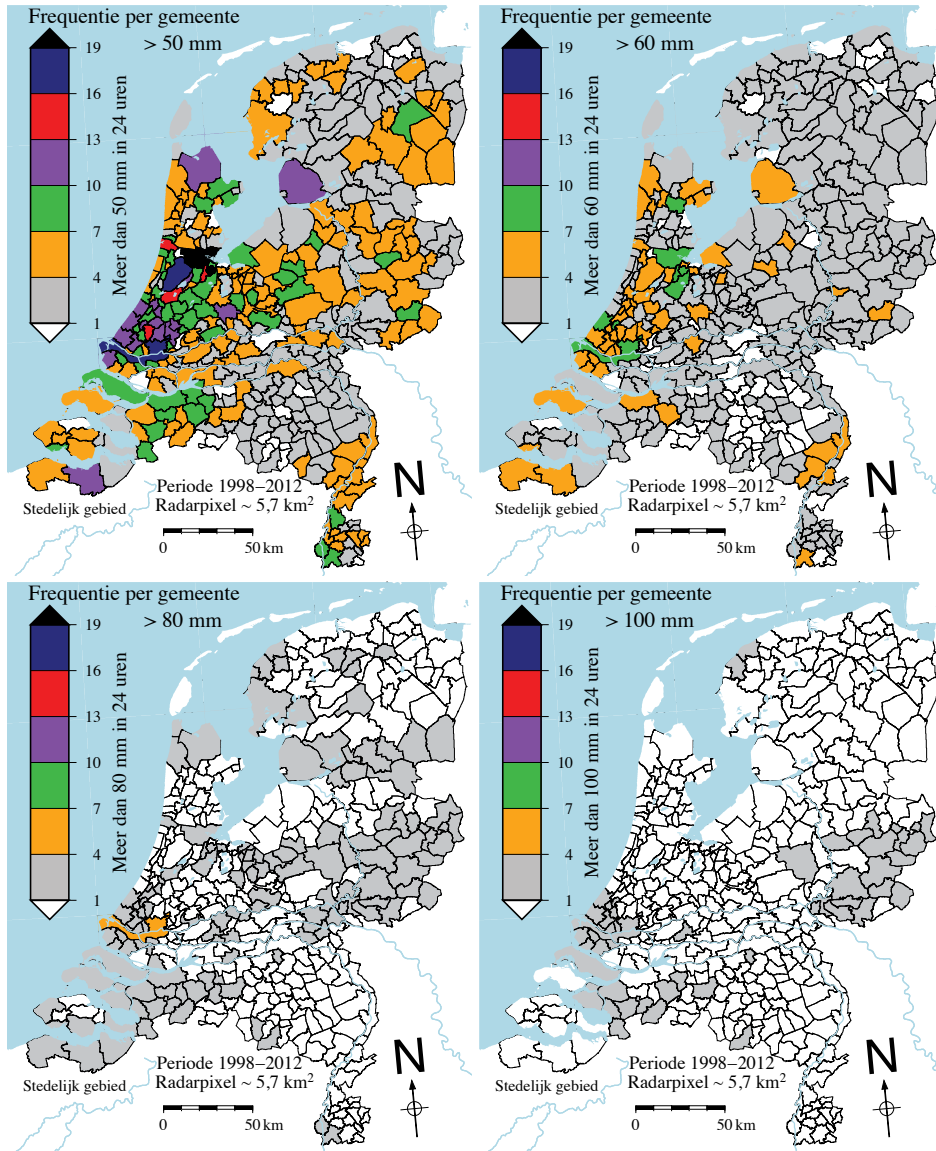


Figuur 21.6 Frequentie per gemeente van 60-minutenneerslagsommen groter dan 30 mm (linksboven), 40 mm (rechtsboven), 60 mm (linksonder) en 80 mm (rechtsonder) over de periode 1998-2012 (6 km<sup>2</sup>).

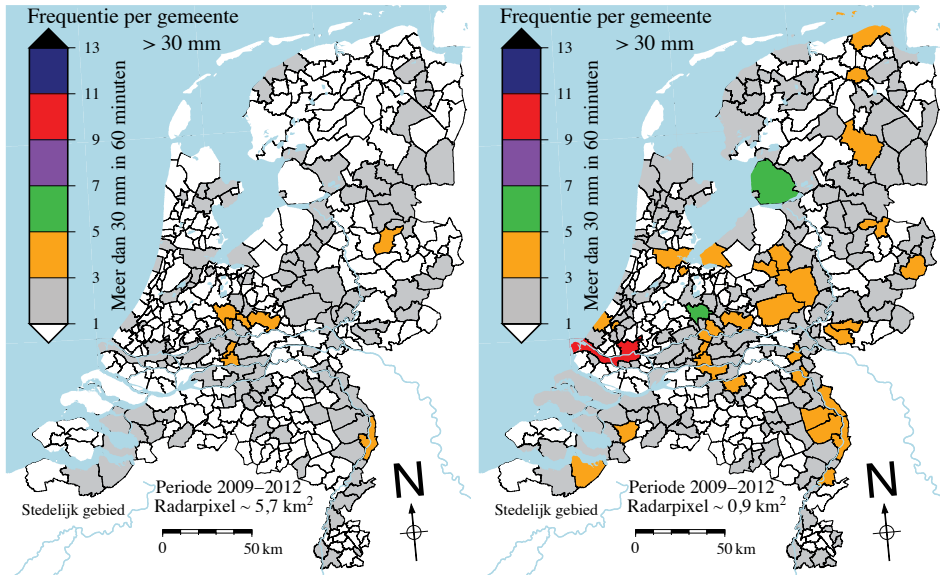


Figuur 21.7 Frequentie per gemeente van 60-minutenneerslagsommen groter dan 30 mm (linksboven), 40 mm (rechtsboven), 60 mm (linksonder) en 80 mm (rechtsonder) over de periode 2009-2012 (1 km<sup>2</sup>).

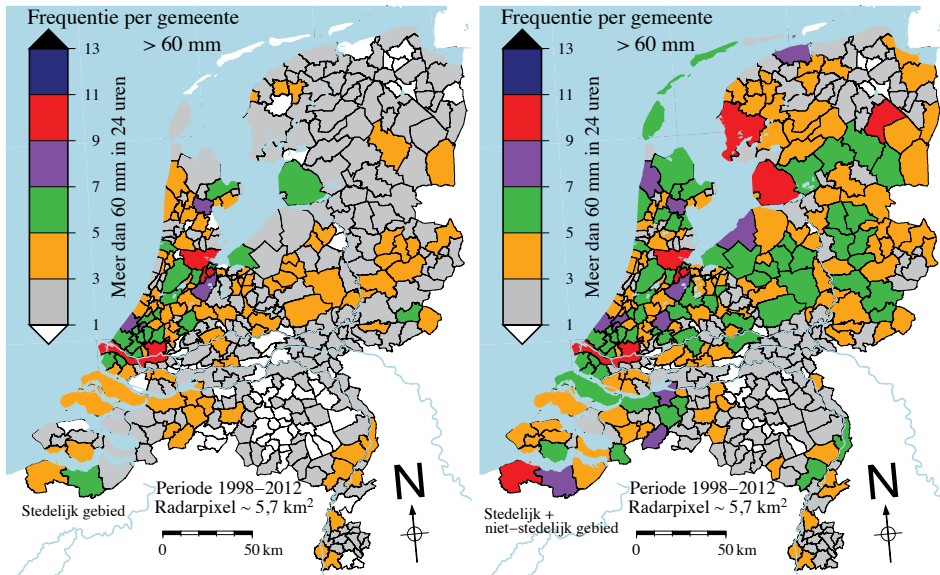




Figuur 21.8 Frequentie per gemeente van 24-uurneerslagsommen groter dan 50 mm (linksboven), 60 mm (rechtsboven), 80 mm (linksonder) en 100 mm (rechtsonder) over de periode 1998-2012 (6 km²).



Figuur 21.9 Frequentie per gemeente van 60-minutenneerslagsommen groter dan 30 mm over de periode 2009-2012 voor de 6 km<sup>2</sup>-radar dataset (links) en de 1 km<sup>2</sup>-radar dataset (rechts).



Figuur 21.10 Frequentie per gemeente van 24-uurneerslagsommen groter dan 60 mm over de periode 1998-2012 (6 km<sup>2</sup>). Alleen gebaseerd op waarnemingen in stedelijk gebied (links) of op waarnemingen in stedelijk en niet-stedelijk gebied (rechts).

hoger voor de 1 km<sup>2</sup>-radardataset. Waarschijnlijk ligt de oorzaak voornamelijk in het feit dat extreme neerslag die in 1 km<sup>2</sup> wordt gemeten gemiddeld hoger is dan die in 6 km<sup>2</sup> wordt gemeten (*Overeem en Buishand, 2012*).

Uit figuur 21.10 blijkt dat de frequentie in stedelijk en niet-stedelijk gebied behoorlijk toeneemt (rechts) ten opzichte van de frequentie in alleen stedelijk gebied (links).

*Alle gemeenten samen*

In tabel 21.5 staat hoe vaak een drempelwaarde is overschreden in het stedelijk gebied van alle gemeenten samen op basis van de 6 km<sup>2</sup>-radardataset. Hiervoor hebben we de frequenties per gemeenten, zoals getoond in de figuren 21.6 en 21.8, opgeteld voor twee verschillende perioden: 1998-2012 en 2003-2009. De periode 2003-2009 bestrijkt ongeveer 47% van de periode 1998-2012. Omdat de beschikbaarheid van radardata wat kan fluctueren van jaar tot jaar, zou een wat hoger of lager percentage misschien representatiever zijn voor de periode 2003-2009. Volgens tabel 21.5 lijkt de frequentie van 60-minuten-neerslagsommen niet substantieel af te wijken van die in de periode 1998-2012 voor drempelwaarden van 30 en 40 mm. Het aantal getallen voor de twee hogere drempelwaarden is te klein om conclusies te trekken. Bij de 24-uurneerslagsommen is het aantal extremen wat lager in de periode 2003-2009. Voor de hoogste drempelwaarde is het aantal getallen opnieuw nogal klein om daaraan een conclusie te verbinden. Wel is het opvallend dat het aantal overschrijdingen in de periode 1998-2012 veel hoger is.

**Tabel 21.5 Aantal overschrijdingen per drempelwaarde voor 60-minuten- en 24-uurneerslagsommen in het stedelijk gebied van gemeenten in Nederland voor de perioden 1998-2012 en 2003-2009 op basis van de 6 km<sup>2</sup>-radardataset.**

| Duur, drempelwaarde | Periode 1998-2012 | Periode 2003-2009 | % in periode 2003-2009 |
|---------------------|-------------------|-------------------|------------------------|
| 60 minuten, 30 mm   | 602               | 279               | 46%                    |
| 60 minuten, 40 mm   | 147               | 69                | 47%                    |
| 60 minuten, 60 mm   | 15                | 6                 | 40%                    |
| 60 minuten, 80 mm   | 2                 | 0                 | 0%                     |
| 24 uur, 50 mm       | 1736              | 747               | 43%                    |
| 24 uur, 60 mm       | 789               | 301               | 38%                    |
| 24 uur, 80 mm       | 165               | 41                | 25%                    |
| 24 uur, 100 mm      | 51                | 3                 | 6%                     |

## 21.6 Beperkingen en toekomstige ontwikkelingen

### *Beperkingen*

De klimatologische radardatasets leveren zo goed mogelijke landsdekkende neerslag-schattingen en geven nieuwe inzichten in de frequentie van extreme neerslag in de stad. Dit neemt niet weg dat de radardatasets hun beperkingen hebben. Zonder uitputtend te willen zijn, volgt hier een overzicht:

- Voor alle resultaten geldt dat een deel van de tellingen foutief is wegens resterende fouten, met name grondecho's. Dit is gebleken bij het opstellen van de top-10 van grootste extremen, maar ook bij het tellen van de extremen per gemeente. De radar-data zijn weliswaar gecorrigeerd met regenmeterdata, maar kunnen nog diverse meetfouten bevatten, vooral bij korte durven zoals 60 minuten. Het kleine aantal regenmeters dat uursommen levert, begrenst de kwaliteit van radarbeelden.
- De neerslagwaarde in een radarpixel is vaak niet representatief voor wat er aan de grond valt. De radars meten neerslag op enkele kilometers hoogte. Tijdens de val naar het aardoppervlak verplaatst de neerslag zich ook horizontaal en kan zijn intensiteit nog veranderen. De wijze waarop de klimatologische radardataset wordt afgeleid, zorgt ook voor afwijkingen. Zo wordt van vijf radarpixels steeds de middelste waarde toegekend aan de middelste pixel om uitschieters te voorkomen. Het kan dus gebeuren dat de neerslagwaarde van een pixel aan stedelijk gebied wordt toegekend, terwijl de neerslag feitelijk in niet-stedelijk gebied de grond bereikt (of andersom). Daarnaast zorgt dit mediaanfilter er natuurlijk ook voor dat extremen minder extreem zijn.
- Het relatief kleine aantal radarbeelden in de tijd beperkt de kwaliteit van de 15- en 60-minutenneerslagsommen. Het radarbeeld dat elke 5 minuten wordt gemaakt, is een momentopname en geeft geen geïntegreerde waarde over die 5 minuten in tegenstelling tot automatische regenmeters. De 15-minutenneerslagsommen zijn dus gebaseerd op slechts drie beelden. Maar met name bij extreme hoeveelheden kan de neerslagintensiteit sterk variëren in de tijd. Daar staat tegenover dat veel regenmeters niet elke 5 minuten een waarde leveren en vaak zelfs maar één meting per dag geven.
- De radarpixels hebben een grootte van ongeveer 1 of 6 km<sup>2</sup>. Maar binnen een radarpixel is lokaal nog een veel hogere waarde te meten. Gemiddeld vlak de hoeveelheid extreme neerslag af voor toenemende gebiedsgrootte (Overeem et al., 2010; Overeem et al., 2012). De gevolgen van zulke extremen hangen ook af van de schaal van de hydrologische systemen.

### *Toekomstige ontwikkelingen*

Het is dus lastig om in stedelijk gebied nauwkeurig neerslag te meten. Maar ondanks de tekortkomingen levert de combinatie van radar- en regenmeterdata belangrijke

aanvullende informatie voor het stedelijk waterbeheer. Hieronder vindt u de belangrijkste ontwikkelingen die de komende vijf jaar zouden kunnen leiden tot betere realtime en mogelijk ook klimatologische neerslaginformatie in de stad:

- Fysische correcties van radardata. De Nederlandse radars maken veertien elevatie-scans, waardoor een 3D-beeld van de neerslag in de atmosfeer ontstaat. Door deze volumedata beter te benutten, is de kwaliteit van de neerslagbeelden te verhogen. In feite worden de radardata dan met zichzelf gecorrigeerd (*Hazenbergh et al., 2011*).
- Correctie van radarneerslagsommen met data van commerciële radiostraalverbindingen. Radiosignalen langs zulke verbindingen propageren van de zendende antenne van de ene telefoonmast naar de ontvangende antenne van een andere. Uit de verzwakking van het signaal tussen zender en ontvanger is de door regen veroorzaakte demping en vervolgens de padgemiddelde regenintensiteit te berekenen (*Leijnse et al., 2008; Overeem et al., 2011; Overeem et al., 2013a; Overeem et al., 2013b*). De kwaliteit van radarbeelden is mogelijk te verbeteren door correctie met data van meer dan 1.000 radiostraalverbindingen, een veel groter aantal dan het aantal beschikbare automatische regenmeters.
- Upgrade van de huidige C-bandradars van het KNMI naar dual-polradars in 2016. Hierdoor is beter te corrigeren voor verzwakking van het radarsignaal door extreme neerslag of een natte radarkoepel. Verder is een beter onderscheid te maken tussen regen, hagel, grondecho's en andere niet-meteorologische echo's. Hierdoor verbetert de kwaliteit van de neerslagbeelden.
- Verbetering van de verwijdering van grondecho's via wolkendetectie met infrarood-satellietbeelden. Dit past het KNMI al toe en wordt nog verder verfijnd.
- In het kader van het project RainGain installeren de TU Delft en de gemeente Rotterdam een radar die dicht bij het aardoppervlak meet. Deze radar geeft per minuut een neerslagbeeld voor de regio Rotterdam, met een ruimtelijk detail van tientallen meters.
- Het combineren van data van Nederlandse en buitenlandse radars. Hierdoor zal met name de kwaliteit van het radarbeeld dicht bij de Belgische en Duitse grens (ver van beide KNMI-radars) toenemen. Ook wordt het neerslagcomposiet dan minder gevoelig voor onderschatting door demping van het radarsignaal wegens intense regen of een natte radarkoepel. Ingenieursbureaus hebben de datacombinatie al deels gerealiseerd (HydroNET, NationaleRegenRadar.nl). In het kader van het EUMETNET-programma OPERA wordt gewerkt aan een Europees radarcomposiet.
- Correctie van radarbeelden met alle voorhanden zijnde regenmeterdata van bijvoorbeeld gemeenten, KNMI, waterschappen en weeramateurs (gebeurt al deels in HydroNET en NationaleRegenRadar.nl).

Tot slot is een beperking van de gepresenteerde frequenties van extreme neerslag dat de extremen niet zijn gemodelleerd met een kansverdeling. Om de kans op neerslag op een willekeurige locatie ergens in Nederland of een groot gebied te modelleren,

zijn veel langere radardatasets nodig. Hierdoor zou het mogelijk worden om voor lange herhalingsstijden de neerslaghoeveelheid te berekenen (via extrapolatie).

## Literatuur

Hazenbergh, P., Leijnse, H., Uijlenhoet, R., 2011. Radar rainfall estimation of stratiform winter precipitation in the Belgian Ardennes, *Water Resources Research*, 47, W02507, doi:10.1029/2010WR009068.

Holleman, I., 2006. Bias adjustment of radar-based 3-hour precipitation accumulations. Technisch Rapport TR-290, KNMI, De Bilt ([http://www.knmi.nl/publications/fulltexts/tr\\_3houraccu.pdf](http://www.knmi.nl/publications/fulltexts/tr_3houraccu.pdf)).

KNMI, 2013. <http://www.knmi.nl/klimatologie/onderzoeksgegevens/index.html>

Leijnse, H., Uijlenhoet, R., Stricker, H., 2008. Regenmeting met commerciële mobiele telefonienetwerken, *H<sub>2</sub>O*, 41, 11, 37-39.  
[http://webdocs.dow.wur.nl/internet/hwm/hidde/Leijnse\\_et al\\_2008\\_H2O.pdf](http://webdocs.dow.wur.nl/internet/hwm/hidde/Leijnse_et al_2008_H2O.pdf)

Overeem, A., Holleman, I., Buishand, A., 2009a. Derivation of a 10-year radar-based climatology of rainfall, *Journal of Applied Meteorology and Climatology*, 48, 1448-1463, doi:10.1175/2009JAMC1954.1.  
<http://journals.ametsoc.org/doi/pdf/10.1175/2009JAMC1954.1>

Overeem, A., Holleman, I., Buishand, T. A., 2009b. Neerslagklimatologie uit weerradar, *H<sub>2</sub>O*, 42, 8, 31-33.  
[http://www.knmi.nl/publications/fulltexts/h2o\\_neerslagklimatologie\\_radar.pdf](http://www.knmi.nl/publications/fulltexts/h2o_neerslagklimatologie_radar.pdf)

Overeem, A., Buishand, T. A., Holleman, I., 2009c. Extreme rainfall analysis and estimation of depth-duration-frequency curves using weather radar, *Water Resources Research*, 45, W10424, doi:10.1029/2009WR007869.

Overeem, A., Buishand, T. A., Holleman, I., Uijlenhoet, R., 2010. Extreme value modeling of areal rainfall from weather radar, *Water Resources Research*, 46, W09514, doi:10.1029/2009WR008517.

Overeem, A., Leijnse, H., Uijlenhoet, R., 2011. Measuring urban rainfall using microwave links from commercial cellular communication networks, *Water Resources Research*, 47, W12505, doi:10.1029/2010WR010350.

- Overeem, A. en Buishand, T. A., 2012. Statistiek van extreme gebiedsneerslag in Nederland. Technisch Rapport TR-332, KNMI, De Bilt (<http://www.knmi.nl/bibliotheek/knmi-pubTR/TR332.pdf>).
- Overeem, A., Leijnse, H., Uijlenhoet, R., 2013a. Country-wide rainfall maps from cellular communication networks, *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 110, 2741-2745, doi:10.1073/pnas.1217961110.  
<http://www.pnas.org/content/110/8/2741.full>
- Overeem, A., Leijnse, H., Uijlenhoet, R., 2013b. Landsdekkende regenkaarten uit het mobiele telefonienetwerk, *WT-Afvalwater*, 13, 4, 194-203.  
[http://www.knmi.nl/publications/fulltexts/overeem\\_wta2013.pdf](http://www.knmi.nl/publications/fulltexts/overeem_wta2013.pdf)
- Reichard, H.L., Clemens, F.H.L.R., Lobbrecht, A.H., Hartemink, J.W., Mantje, W., Poortinga, I.M., Korving, J.L., 2011. Neerslaginformatie voor het bebouwde gebied. Stand van zaken en ontwikkelingen. RIONEDreks 16, Stichting RIONED, Ede.
- Smits, I., Wijngaard, J. B., Versteeg, R. P., Kok, M., 2004. Statistiek van extreme neerslag in Nederland. STOWA-publicatie 2004-26, STOWA, Utrecht.  
[http://www.stowa.nl/Upload/publicaties2/2004\\_26.pdf](http://www.stowa.nl/Upload/publicaties2/2004_26.pdf)



## 22 Maatstaven / meetmethoden

### *Verder kijken dan bui08...*

De afgelopen vijf tot tien jaar is de regenwateroverlast in Nederland toegenomen. De laatste tien tot vijftien jaar zijn in ons land de meest extreme buien geregistreerd. Deze ontwikkelingen kunnen een verklaring zijn voor de toename van regenwateroverlast. Maar ook andere zaken spelen hierbij een rol, zoals de ruimtelijke (her)inrichting, sanering van overstorten en afkoppelen. Door al deze ontwikkelingen is het bergen van water op straat nog belangrijker geworden. Maar de hydraulische berekening van het functioneren van een rioolstelsel volgens module C2100 neemt de buffercapaciteit op straat niet mee. Met nieuwe rekentechnieken kunt u de effecten van extreme neerslag bovengronds (afstroming, berging en infiltratie) gekoppeld aan het ondergrondse rioolstelsel berekenen. Op basis daarvan kunt u onderbouwde uitspraken doen over de kwetsbaarheid van een gebied en vervolgens effectieve (doelmatige) maatregelen kiezen.

#### **Inhoud**

- 22.1 Water op straat versus wateroverlast
- 22.2 Wateroverlast: ontwikkelingen en oorzaken
- 22.3 Toetsen water op straat, methode C2100
- 22.4 Functioneren infiltratievoorzieningen versus rioolstelsels
- 22.5 Toetsen wateroverlast: het 'nieuwe' rekenen
- Literatuur

#### **Auteur**

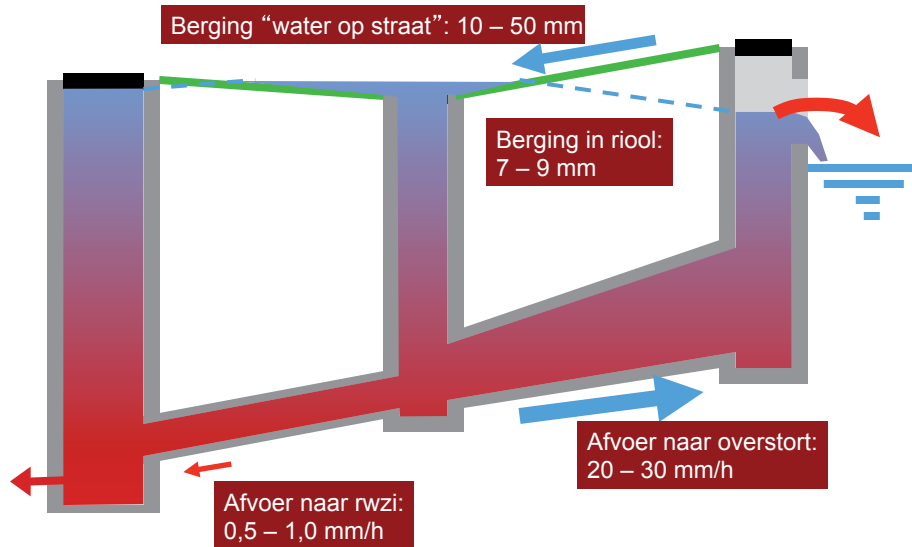
ir. Harry van Luijtelaar (Stichting RIONED), [harry.vanluijtelaar@rioned.org](mailto:harry.vanluijtelaar@rioned.org)

#### **Met dank aan:**

Kees Broks (Stowa)  
Almer De Jong (gemeente Apeldoorn)  
Peter Ganzevles (Archirion)

## 22.1 Water op straat versus wateroverlast

Water op straat is een uniek begrip in de rioleringszorg. Er is sprake van water op straat als het rioolstelsel een forse hoeveelheid regen niet direct kan verwerken. De afvoercapaciteit van een rioolstelsel is vaak ontworpen op een normbui 08 uit de Leidraad riolering, module C2100). Water op straat is daarom onvermijdelijk. Gemiddeld vijf keer in de tien jaar regent het (veel) harder dan bij bui08.



Figuur 22.1 Werking rioolstelsel bij extreme neerslag.

Figuur 22.1 laat zien dat bij extreme neerslag de grootste afvoer richting overstort gaat en relatief veel water op straat wordt geborgen. Sterker nog: er kan meer water op straat worden geborgen (gemiddeld 30 mm) dan in een uur afgevoerd naar de overstort (gemiddeld 25 mm).

Water op straat is niet per se wateroverlast. Te pas en te onpas wordt het begrip wateroverlast gebruikt, terwijl sprake is van water op straat. Hoewel water op straat (zeer) hinderlijk kan zijn, wordt het meestal wel geaccepteerd. Net zoals we in de winter af en toe gladheid moeten accepteren. Meestal komt water op straat op slechts enkele plaatsen voor en duurt het maar kort. Tenslotte heeft een rioolstelsel onder normale omstandigheden een relatief grote afvoercapaciteit naar de overstorten.

### **Waarneming water op straat**

Beheerders hebben vaak de indruk dat op berekende locaties in de praktijk geen sprake is van water op straat. Vanwege de korte duur is het lastig om water op straat waar te nemen, dus is het best mogelijk dat beheerders het af en toe niet zien. Andersom komt ook water op straat te staan waar dit niet wordt berekend, bijvoorbeeld door verstopte kolken, aansluitleidingen en luchtinsluitingen.

Er is (pas) sprake van wateroverlast bij materiële of economische schade, risicovolle situaties of gevaar voor de volksgezondheid. Hierbij kunt u denken aan:

- regenwater dat via het maaiveld huizen binnenloopt;
- blokkade van belangrijke verkeersroutes;
- winkelcentra die niet meer bereikbaar zijn;
- gevaar door opdrijvende putdeksels;
- mensen die ziek worden van (afval)water op straat.

308 |

## **22.2 Wateroverlast: ontwikkeling en oorzaken**

Uit het onderzoek naar regenwateroverlast in bebouwd gebied (*RIONEDrecks 17*) komt naar voren dat regenwateroverlast de afgelopen vijf tot tien jaar is toegenomen. Dat geldt ook voor de publiciteit erover. De neerslagstatistieken geven aan dat de meest extreme buien in Nederland zijn geregistreerd in de afgelopen tien tot vijftien jaar. Dat is een aannemelijke verklaring voor de toename van regenwateroverlast. Maar er zijn ook andere ontwikkelingen die hierbij een rol kunnen hebben gespeeld.

### *Ruimtelijke inrichting*

In de loop van de tijd is de ruimtelijke inrichting veranderd. Van grote invloed was de regelgeving voor aanpasbaar bouwen ofwel het toegankelijk maken van woningen en winkels voor minder validen, waardoor vloerpeilen en stoepen lager zijn geworden. Zo zijn trottoirbanden verwijderd en woningen/gebouwen beneden (en minder ver boven) straatpeil aangelegd en verkeersdrempels aangelegd. Bestratingen in winkelcentra zijn vrijwel vlak opgetrokken tot het vloerpeil van de gebouwen. Hierdoor is de oorspronkelijke buffercapaciteit van water op straat sterk afgenomen en vaak tot nul gereduceerd. Bovendien is door verdichting van bebouwing en verharding van groen het afvoerende oppervlak in bebouwd gebied groter geworden. In combinatie met zwaardere buien betekent dit dat de kans op water op straat en wateroverlast is toegenomen. Regionale en sociale media pikken de gevolgen ervan snel op.

### *Saneren overstorten*

De afgelopen twintig jaar richtte de rioleringswereld zich vrijwel volledig op het terugdringen van de vuiluitwerp uit gemengde rioolstelsels. Een belangrijke maatregel was

het realiseren van randvoorzieningen en het saneren van overstorten. Met minder nooduitgangen is de weg naar de overstorten langer geworden. Hierdoor is de capaciteit van het rioolstelsel vaak al niet voldoende om bui08 te kunnen verwerken zonder water op straat. Meestal is de rioolcapaciteit wel 'opgekrikt' om bui08 redelijk te kunnen verwerken door het vergroten van een aantal riolen, maar toch is de kans op wateroverlast bij veel extremer buien (soms aanzienlijk) toegenomen.

#### *Afkoppelen regenpijpen/luchtinsluiting*

De ontluchting van het gemengde rioolstelsel loopt vaak grotendeels via de regenpijpen van de aangesloten gebouwen. Regelmatig ontbreken in gebouw- en buitenriolering voorzieningen als ontspanningsleidingen en ontlastputten. Als een woning geen ontspanningsleiding heeft, neemt bij het afkoppelen van regenpijpen de be- en ontluchtingscapaciteit fors af, tot soms nul.

| 309

Bij extreme neerslag vult een stelsel zich snel en moet de lucht er ook snel uit. Als de ontluchtingscapaciteit onvoldoende is, is kans op luchtinsluitingen groot. Ingesloten luchtbelllen werken als verstoppingen en kunnen het functioneren van het stelsel dus ernstig verstoren. Luchtinsluitingen in de huisaansluitleidingen zijn vaak de oorzaak van overlopende lozingstoestellen in woningen. Een ontlastput bij de woning kan deze overlast binnenshuis voorkomen.

Overigens hebben gemeenten de laatste tijd meer aandacht voor luchtinsluitingen in riool- en aansluitleidingen als een oorzaak van regenwateroverlast. Steeds meer gemeenten passen luchtdoorlatende putdeksels toe, naar Duits voorbeeld.

#### *Verstoppte leidingen*

Water kan ook op straat blijven staan als kolken en/of aansluitleidingen verstopt zijn of een beperkte afvoercapaciteit hebben. Kenmerkend voor verstoppte kolken en aansluitleidingen is dat het water na de bui nog lang op straat blijft staan, meestal plaatselijk.

#### **Herkennen verstoppte kolken/aansluitleidingen**

Na een forse bui kan een beheerder eenvoudig vaststellen welke kolken en/of aansluitleidingen verstopt zijn. Op die plekken staat nog water op straat als het alweer een tijdje droog is.

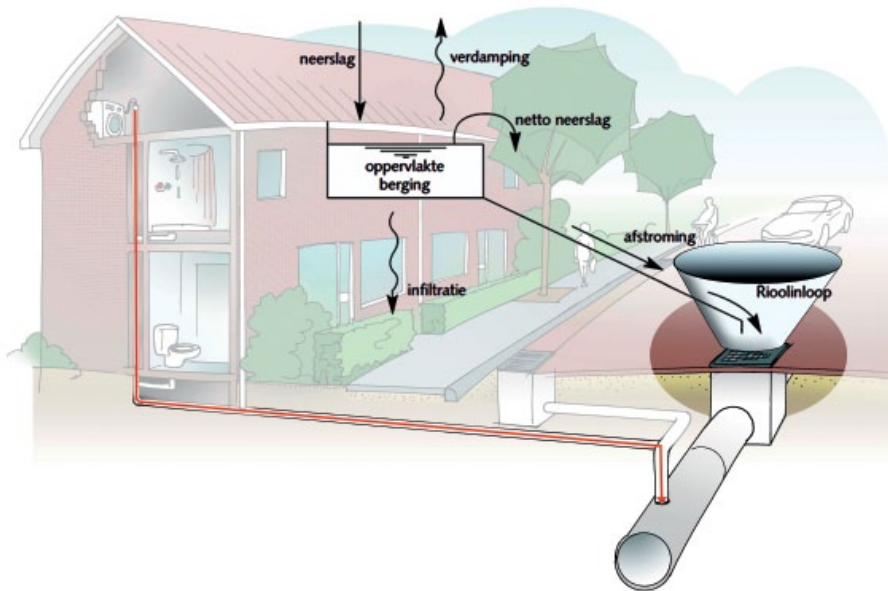
Verstoppte duikers zijn niet zelden oorzaak van hogere buitenwaterstanden, die dan de overstorten van de riolering kunnen belemmeren. Vooral duikers met een afvoerknippende functie zijn kwetsbaar.

### 22.3 Toetsen water op straat, methode C2100

Om het functioneren van een rioolstelsel te toetsen, gebruiken beheerders hydraulische berekeningen. Tot 1995 gebeurde dat vooral met stationaire berekeningen, waarbij een rioolstelsel werd belast met een constante regenintensiteit van 60 of 90 l/s/ha. De capaciteit van het rioolstelsel was in orde als de berekende maximale waterstand in het stelsel niet hoger dan 20 cm beneden maaiveld kwam. Het rekenen met water op straat was toen helemaal niet mogelijk. Die (ruime) waking (afstand tussen maximale waterstand en maaiveld) was nodig om onderscheid te kunnen maken in kwetsbare punten met minder waking en minder kwetsbare punten met meer waking.

#### *Niet-stationair rekenen als standaard*

In 1995 introduceerde Stichting RIONED module C2100 van de Leidraad riolering. De module speelde in op de ontwikkeling van niet-stationaire berekeningen. Deze rekenden met een volume van water op straat dat zich kan opbouwen in een trechtervormig reservoir per knooppunt (inspectieput).



Figuur 22.2 Schematisering water op straat (0D) en toevoer regenwater naar inspectieput. (Bron: ARCADIS)

Om het functioneren van een rioolstelsel te toetsen, zijn destijds tien standaardbuizen ontwikkeld: bui01 t/m bui10. Het toetsingscriterium voor water op straat is dat er *nét* geen water op straat mag optreden in een hydraulische berekening met buiXX, meestal bui08. Een minimale waking is meestal niet aan de orde.

Dat in die controleberekening geen water op straat mag optreden, is geen kwestie van keuze van de beheerder of gemeente. Het is een noodzakelijke voorwaarde voor een correcte berekening en een eenduidige toetsing van het resultaat. De schematisering van water op straat is namelijk een sterk vereenvoudigde benadering van de werkelijkheid en hierdoor zeer onnauwkeurig. De traditionele rioleringsmodellen kunnen het optreden van water op straat principieel dus niet correct uitrekenen. In de stationaire berekeningen van vóór 1995 kwam de straat niet eens voor, daarom werd een waking van 20 cm beneden maaiveld aangehouden.

#### **Toetsingscriterium bui08**

Veel rioolstelsels kunnen bui08 (met een herhalingstijd van twee jaar) in een berekening niet meer verwerken zonder water op straat. Beheerders vinden water op straat op berekende locaties acceptabel en zijn geneigd dit criterium anders/ruimer te formuleren/interpreteren. Deze benadering strookt niet met de methodiek van module C2100. Het gaat erom dat een rioolstelsel (in een modelberekening) bui08 kan verwerken zonder water op straat. Lukt dat niet, dan moet de beheerder bepalen of het stelsel bui06 of bui04 kan verwerken zonder water op straat.

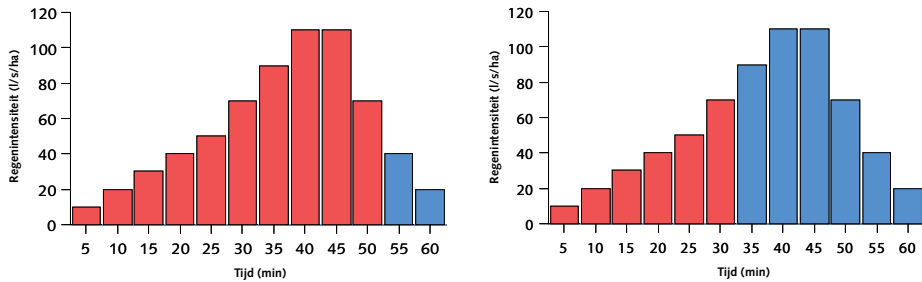
| 311

#### *Ervaring in de praktijk*

De (praktijk)ervaring van de afgelopen decennia leert dat een rioolstelsel met voldoende afvoercapaciteit voor bui08 bij veel extremer buien weinig overlastproblemen geeft. De buffercapaciteit op straat was normaliter voldoende om water op straat te accepteren zonder dat sprake was van overlast.

#### *Rioolstelsels met veel berging*

Bij een rioolstelsel met veel berging gaat de toetsing van het functioneren vaak mis, omdat bui08 dan grotendeels in het stelsel wordt geborgen. Het rioolstelsel gaat dan pas afvoeren in de staart van de bui, bij de lagere regenintensiteiten (zie figuur 22.3). Feitelijk test de beheerder de capaciteit van het rioolstelsel dan op regenintensiteiten in de orde van 30 tot 50 l/s/ha, waardoor in werkelijkheid de kans op water op straat en wateroverlast bij extremer buien veel groter is. C2100 geeft aan dat de beheerder een rioolstelsel in dit soort situaties een aanvulling moet geven, zodat de afvoer naar de overstorten plaatsvindt tijdens de (inloop)piek van de bui.



Figuur 22.3 Bui08 met beperkte berging (links) en ruime berging (rechts). Rood = vulfase, blauw = overloophase en lediging.

### Geen inzicht in wateroverlast

Een hydraulische berekening volgens module C2100 geeft een beperkt en onnauwkeurig inzicht in het optreden van water op straat en helemaal geen inzicht in het optreden van wateroverlast (ernstige hinder, schade of gevaar). De C2100-benadering met standaardbuizen is dus ongeschikt om de effecten van extreme neerslag te bepalen en nut, noodzaak en effectiviteit van specifieke maatregelen te onderbouwen. Een rioleringsberekening met bui08 is vooral een hulpmiddel voor ervaren deskundigen die verder kijken dan net geen water op straat.

Aangezien de onnauwkeurige berekening van water op straat niets zegt over de mogelijke kwetsbaarheid van het stelsel voor wateroverlast, is het zinloos water op straat te extrapoleren naar wateroverlast. Als de resultaten van hydraulische berekeningen niet diepgaand worden geanalyseerd op mogelijke bovengrondse effecten, kan bij het afwegen en kiezen van maatregelen veel misgaan.

### Voorbeeld hellend gebied

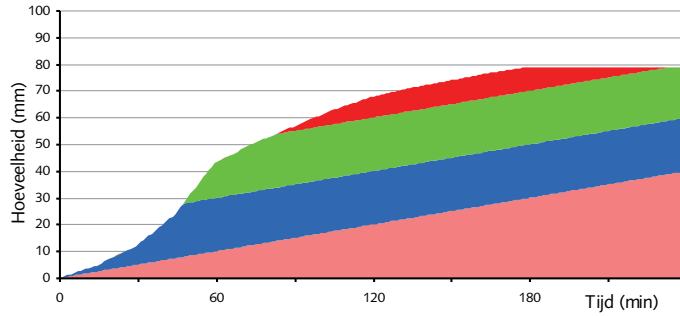
Als water op straat wordt berekend op een hellende straat, treedt eventuele overlast eerder onder aan de straat op dan op het berekende punt zelf. Onderweg naar beneden kan een watergolf via het maaiveld ook nog links of rechts afslaan. Dan is het helemaal onduidelijk waar overlast te verwachten is.

## 22.4 Functioneren infiltratievoorzieningen versus rioolstelsels

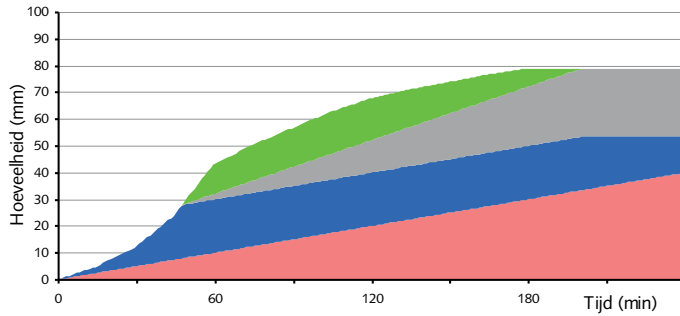
Infiltratievoorzieningen worden vaak gedimensioneerd op bui08 uit Leidraadmodule C2100. Maar bui08 is specifiek ontwikkeld om de afvoercapaciteit van een rioolstelsel naar de overstorten te toetsen. Hierbij gaat het om grote afvoeren in korte tijd. De lediging door het gemaal speelt een ondergeschikte rol (zie ook figuur 22.1).



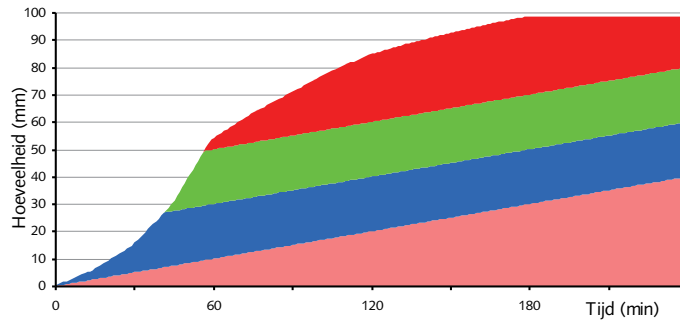
*Infiltratievoorziening  
zonder overloop*



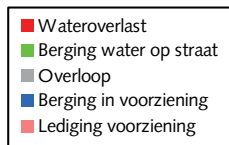
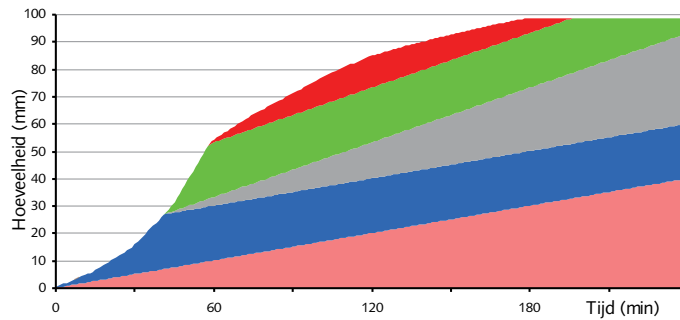
*Infiltratievoorziening  
met overloop (10 mm/h)*



*Met klimaatfactor  
zonder overloop*



*Met klimaatfactor met  
overloop (10 mm/h)*



**Figuur 22.4** Rekenvoorbeeld functioneren infiltratievoorziening, waterbalans cumulatief.

De werking van een infiltratievoorziening is principieel anders. Vaak hebben infiltratievoorzieningen geen overloopcapaciteit. Als de voorziening vol is, blijft het water op straat staan. Infiltratievoorzieningen zonder overloop in minder goed doorlatende grond hebben een grotere bergings- en ledigingscapaciteit nodig dan een rioolstelsel.

Figuur 22.4 geeft een rekenvoorbeeld van het functioneren van een infiltratievoorziening met een berging van 20 mm, een (forse) ledigingscapaciteit van 10 mm/h, belast met een bui van 80 mm in drie uur. In de figuur ziet u het effect van een overloop en van een klimaatfactor van + 25% (dus 100 mm in drie uur). Deze klimaatfactor komt overeen met de toename van de hoeveelheid neerslag van een extreme bui in 2050, in het ongunstigste klimaatscenario.

314 |

Voor de berging van water op straat gaat dit voorbeeld uit van maximaal 20 mm. Daarboven gaat water op straat in de berekening over in wateroverlast. Uit dit rekenvoorbeeld blijkt dat een voorziening met overloop leidt tot minder (lang) water op straat en minder wateroverlast. Dit effect is nog veel groter als gerekend wordt met een klimaatfactor van + 25%.

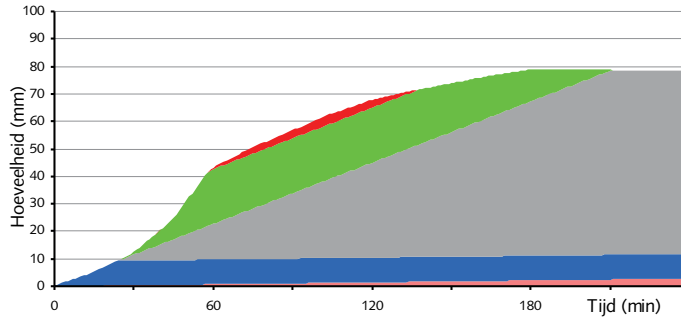
Module C2200 biedt een methodiek om infiltratievoorzieningen te dimensioneren op basis van neerslagreeksberekeningen.

### *Functioneren rioolstelsel*

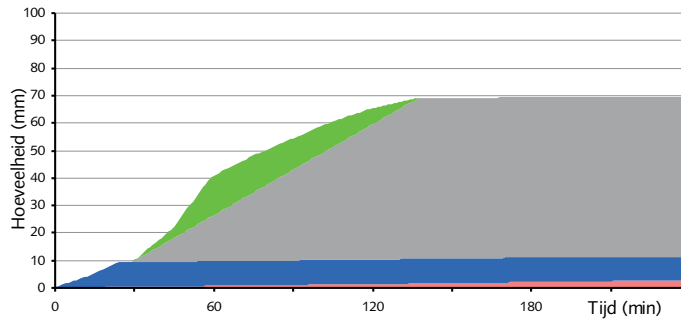
De ervaring leert dat rioolstelsels die zijn ontworpen op een stationaire regenintensiteit van 90 l/s/ha substantieel minder wateroverlast geven dan de stelsels die zijn ontworpen op 60 l/s/ha. In figuur 22.5 ziet u het functioneren van een rioolstelsel met een berging van 9 mm en een ledigingscapaciteit van 0,7 mm/h en een berging op straat van 20 mm, gedimensioneerd op een regenintensiteit van 60 l/s/ha en 90 l/s/ha. Deze rioolstelsels zijn belast met een dezelfde bui als bij de infiltratievoorziening, van 80 mm in drie uur, al of niet met een klimaatfactor van 25%.

Het beeld dat rioolstelsels ontworpen op 90 l/s/ha wat betreft regenwateroverlast beter functioneren wordt ondersteund door de resultaten van het rekenvoorbeeld in figuur 22.5. Als we de resultaten van het functioneren van een rioolstelsel en een infiltratievoorziening met elkaar vergelijken, valt op dat bij de rioolstelsels minder regenwateroverlast optreedt dan bij de infiltratievoorziening.

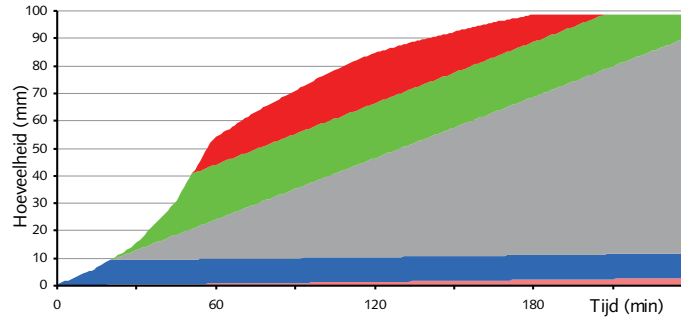
Rioolstelsel 60 l/s/ha



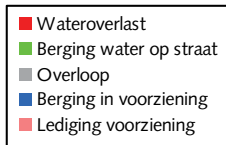
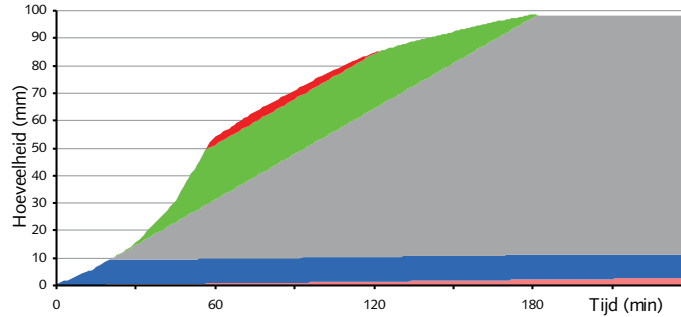
Rioolstelsel 90 l/s/ha



Met klimaatfactor,  
rioolstelsel 60 l/s/ha



Met klimaatfactor,  
rioolstelsel 90 l/s/ha



Figuur 22.5 Rekenvoorbeeld functioneren rioolstelsel, waterbalans cumulatief.

### Voorbeeld augustus 2010

In augustus 2010 is in Nederland de grootste bui tot nu toe gemeten. Het KNMI-station in Hupsel registreerde toen circa 130 mm in 24 uur. In Twente en de Achterhoek waren er forse problemen.



Figuur 22.6 Wadiwijk in Zutphen staat blank (links), rechts de wadiwijk net na aanleg.

In Zutphen stond de wadiwijk onder water, terwijl in de gerioleerde delen van de stad niets te merken was. Een rioolstelsel kan in theorie de gemiddelde jaarlijkse neerslagsom die tot afstroming komt in de riolering (ruim 600 mm) in ongeveer een dag verwerken.

## 22.5 Toetsen wateroverlast: het 'nieuwe' rekenen

Het bergen van water op straat is essentieel om in bebouwd gebied extreme neerslaghoeveelheden te kunnen verwerken. De hydraulische berekening van het functioneren van het rioolstelsel volgens module C2100 neemt het bufferen van water op straat niet mee (zie paragraaf 3). De buffercapaciteit op straat werkt tot nu toe dus als een impliciete (niet gekwantificeerde) veiligheid tegen wateroverlast.

Bewust water op straat bergen kan een middel zijn om wateroverlast te voorkomen. Denk aan de waterpleinen in Rotterdam. Daarom is het van belang de buffer van water op straat expliciet mee te nemen in de beoordeling van het hydraulisch functioneren van het bebouwde gebied. Dat kan met nieuwe rekentechnieken die de effecten van extreme neerslag bovengronds (major system) gekoppeld aan het ondergrondse rioolstelsel (minor system) berekenen. De koppeling vindt niet meer plaats via de inspectieputten, maar via de straatkolken en huisaansluitingen.

### *Nieuwe rekentechnieken*

Met nieuwe rekentechnieken is de buffercapaciteit op straat explicieter en beter te kwantificeren. In de simulatie van de effecten van extreme neerslag in bebouwd gebied zijn behalve het functioneren van de riolering (inclusief de overstorten) ook het bergen en afvoeren van water op straat mee te nemen. Momenteel zijn integrale

rekenmodellen voor landelijk en bebouwd gebied sterk in ontwikkeling. De belangrijkste twee komen uit Nederland:

- 3Di van Deltares, TU en N&S;
- PriceXD van Hydrologic.

Waarom hadden we die integrale modellen niet eerder? Er zijn vier belangrijke redenen:

- 1 De rekencapaciteit van computers is sterk toegenomen, onder meer door de rekenkracht van grafische kaarten te gebruiken.
- 2 De benodigde digitale informatie over de hoogteligging van het maaiveld is steeds beter en gemakkelijker (goedkoper) beschikbaar.
- 3 In 2015 beschikt elke gemeente over een volledige en nauwkeurige digitale kaart van het bebouwde gebied, belangrijke informatie om de ligging van de bovengrond te schematiseren.
- 4 De ruimtelijke neerslaginformatie komt sneller en nauwkeuriger beschikbaar.

| 317

Kortom, er is momentum voor de ontwikkeling van een gedetailleerde modellering van de bovengrondse afstroming/berging/infiltratie van neerslag in het bebouwde gebied. Deze rekentools zijn al een tijdje beschikbaar, maar het gebruik werd geremd door de beperkte rekencapaciteit van de modellen en computers. De komende jaren gaan we dit soort berekeningen op steeds grotere schaal toepassen. Daarbij kijken we niet alleen naar riolering en bovengrond, maar ook naar de effecten op en van grond- en oppervlaktewater.

### *Verder kijken dan riolering*

Om de stap te maken van net geen water op straat naar wateroverlast, moeten we over de grenzen van de riolering heen kijken wat er bij extreme neerslag gebeurt.

### *Bovengrondse ruimte*

De bovengrondse ruimte speelt een belangrijke rol bij het verwerken van extreme neerslaghoeveelheden. Vooral in vlak gebied kan de straat veel water bergen. Een plaatselijke verlaging in een stoeprand naar een souterrain vormt dan snel een kwetsbaar punt. Om wateroverlast tegen te gaan, is de meeste winst vaak te behalen in de inrichting van de bovengrondse ruimte.

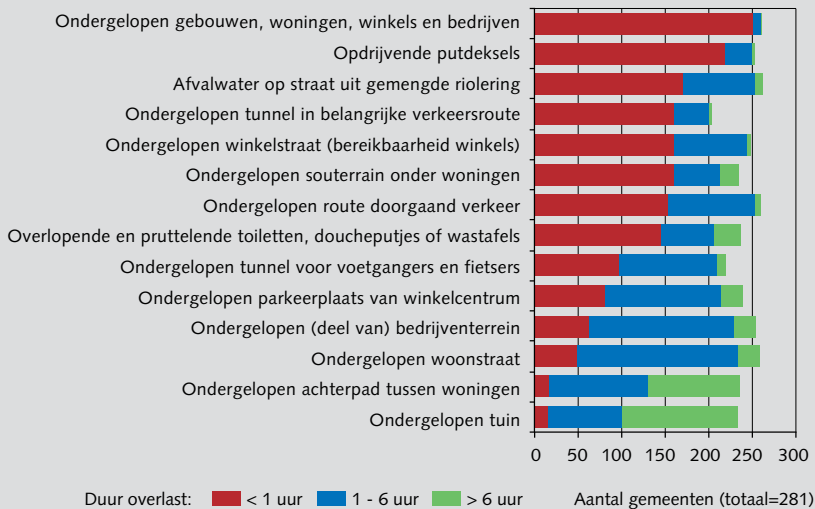
### *Oppervlaktewater*

Ook de relatie met het functioneren van het oppervlaktewater kan van grote invloed zijn. Een rioolstelsel kan grote hoeveelheden neerslag afvoeren via de overstorten, in de orde van 20 – 30 mm/h. Dat komt neer op 480 tot 720 mm per dag. De limiterende factor is de capaciteit van het ontvangende oppervlaktewaterstelsel. Snel stijgende buitenwaterstanden kunnen de werking van de overstorten sterk belemmeren. Bij afvoer

worden hierdoor grote delen van het bebouwde gebied kwetsbaar voor water op straat en wateroverlast. 'Negatieve' overstortingen vanuit het oppervlaktewater kunnen zelfs het rioolstelsel belasten.

### Overlastduur

Door een beperkte afvoercapaciteit via de overstorten kan de overlastduur bij extreme buien fors toenemen.



**Figuur 22.7 Resultaten onderzoeksvraag: Wanneer is sprake van wateroverlast?**

Uit de inventarisatie van regenwateroverlast in bebouwd gebied (*RIONEDreks 17*) blijkt dat de overlastduur (minder dan 1 uur, 1 tot 6 uur of meer dan 6 uur) een belangrijke factor is in de acceptatie van wateroverlast. Voor een goed inzicht in regenwateroverlast in bebouwd gebied moet de beheerder dus weten waar, in welke omvang en hoe lang de overlast optreedt.

### Grondwater

Naast bovengrondse ruimte en oppervlaktewater heeft grondwater invloed op het verwerken van grote hoeveelheden neerslag. Zo kunnen hoge grondwaterstanden de werking van infiltratievoorzieningen belemmeren. Dat is een effect waarmee we nu nog vrijwel geen rekening houden. Gelukkig komt het ook niet vaak voor als voorzieningen verstandig gedimensioneerd en aangelegd zijn. Maar grondwater speelt wel een belangrijke rol bij het functioneren van het openwatersysteem. Bij de ontwikkeling van de meest geavanceerde rekenmodellen wordt grondwater daarom ook meegenomen.

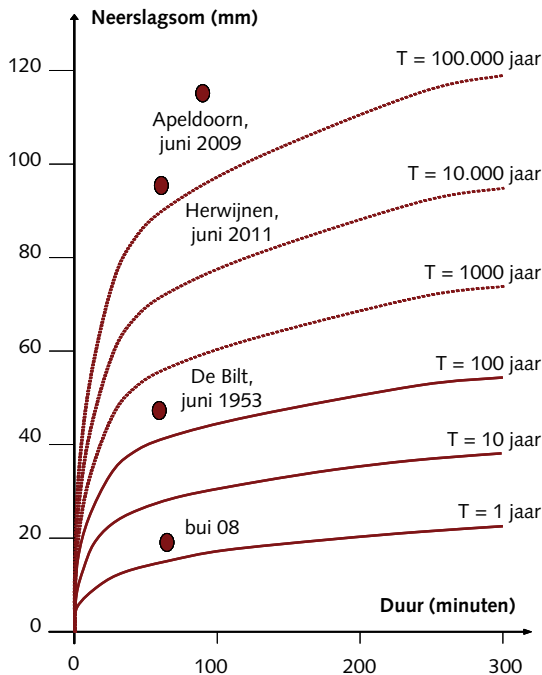
### Ruimtelijke neerslagverdeling

Ruimtelijk gaan we dus steeds grotere gebieden integraal beschouwen. Extreme buien met grote hoeveelheden in korte tijd vallen vaak zeer lokaal, over een beperkt deel van een gebied. Voor een goede analyse speelt de ruimtelijke verdeling van de neerslag een belangrijke rol. We kunnen niet zomaar veronderstellen dat het overal op hetzelfde moment even hard geregend heeft. Hiervoor is meer onderzoek nodig naar de grootte van de regengebieden. De doorontwikkeling van steeds nauwkeuriger neerslaginformatie uit radarbeelden is daarbij essentieel.

### Extreme neerslag

De zwaarste buien van de afgelopen honderd jaar zijn grotendeels gevallen in de afgelopen tien tot vijftien jaar. In Herwijnen registreerde een KNMI-station 94 mm in 70 minuten, dit is de grootste hoeveelheid neerslag in korte tijd ooit. In Apeldoorn viel in 2009 ongeveer 115 mm in circa anderhalf uur. In Oost-Nederland viel op 26 augustus 2010 ongeveer 134 mm in 24 uur in een van de grootste regengebieden geregistreerd in Noordwest-Europa. In Noord-Engeland in Seathwaite is in 2009 zelfs 314 mm in 24 uur gevallen. Dit was de natste dag ooit geregistreerd in Engeland. Kortom, extreme neerslag is geen verzinsel, het is de realiteit.

| 319



Figuur 22.8 Extreme buien uitgezet in grafiek met pragmatisch geëxtrapoleerde regenduurlijnen.



### Korteduurrecords

Voor het bebouwde gebied zijn vooral de extreme buien in korte duren van belang. In het plaatsje Holt in de staat Missouri (VS) is op 22 juni 1947 het neerslagwereldrecord geregistreerd: circa 300 mm in 42 minuten. Dat is (veel) meer dan 1.000 l/s/ha. Op Sardinië is op 18 november 2013 ruim 430 mm in 90 minuten geregistreerd.

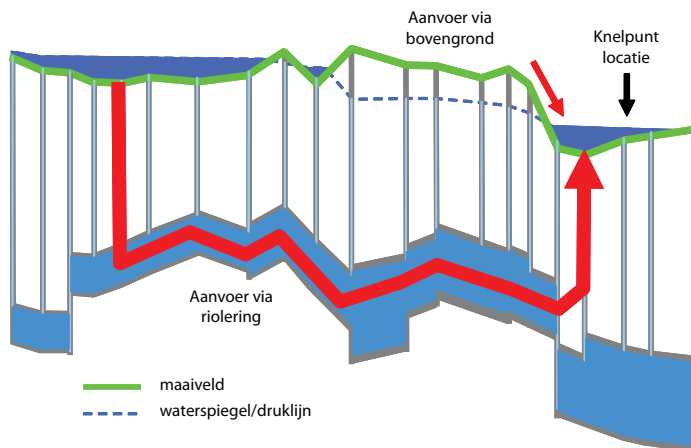
### Rol ondergrondse systeem

De rol van het ondergrondse systeem kunnen we uiteraard niet buiten beschouwing laten. Een mogelijk misverstand is dat altijd een zeer nauwkeurig rioleringsmodel nodig is voor het simuleren van regenwateroverlast. De exacte hoogteligging van de leidingen speelt doorgaans geen grote rol bij simulatie van de afvoeren naar de overstorten. De juiste kenmerken van de overstorten (drempelbreedte, -niveau en -vorm) en het profiel van de rioolleidingen (vorm en afmetingen) zijn veel belangrijker voor het hydraulisch functioneren.

De rol van de riolering in extreme situaties is tweeledig:

- 1 De relatief grote afvoercapaciteit van de riolering kan de overlastduur beperken.
- 2 De riolering kan wateroverlast van hoog- naar laaggelegen locaties verplaatsen, routes die via de bovengrond niet mogelijk zijn door de hoogteligging van het maaiveld.

Een goed voorbeeld van punt 2 is de situatie in Loon op Zand (zie figuur 22.9). Hierbij is de afvoer via de riolering een belangrijke bron van regenwateroverlast in het laaggelegen gebied. Voor het correct simuleren van die afvoer gaat het vooral om de capaciteit van de riolen en bijvoorbeeld niet om de exacte hoogteligging van de riolen.



Figuur 22.9 Forse ondergrondse aanvoer via rioolstelsel naar lagergelegen knelpunt (Bron: figuur 2.3 uit artikel Loon op Zand, resultaat SOBEK 1D/2D berekening).

Door de combinatie van een flinke afvoercapaciteit in het rioolstelsel met een relatief groot drukverschil tussen het water op straat boven- en benedenstrooms stroomt via de riolering een forse hoeveelheid water van het hoger- naar het lageregelegen gebied.

### *Toetsing functioneren bij extreme neerslag*

Bij toetsing van het functioneren van het bebouwde gebied onder invloed van extreme buien zijn twee stappen te maken:

- 1 De controle van het functioneren met bekende (historische) gebeurtenissen om te bepalen of de theorie klopt met de praktijk. Dit is noodzakelijk om na te gaan of er voldoende vertrouwen is in de schematisering van de situatie en het functioneren van het rekenmodel, waarmee de gemeente de effecten van maatregelen bepaalt.
- 2 De toetsing van het functioneren van de bestaande situatie en de geprojecteerde maatregelen onder invloed van (enkele) extreme gebeurtenissen, om te bepalen hoe veilig de gemeente de situatie wil maken in relatie tot de bijbehorende investeringen in maatregelen.

| 321

Module C2100 werkt met eenvoudige standaardbuien, meestal met een gelijkmatige verdeling van neerslag over een gebied. De ruimtelijke component ontbreekt in deze benadering. Bij de analyse van de effecten van zeer extreme buien gaat de ruimtelijke verdeling van de neerslag een belangrijker rol spelen, vooral als er een relatie is met het functioneren van het oppervlaktewaterstelsel.

De meest extreme buien zijn grotendeels geregistreerd in de laatste vijftien jaar. Sinds 1998 hebben we de beschikking over redelijk nauwkeurige radarbeelden. Voor te toetsing van systemen zouden we deze recent geregistreerde extremen kunnen gebruiken. Dan zouden we niet alleen moeten kijken naar kortdurende extremen die vooral van belang zijn voor de riolering in het stedelijke gebied. Maar ook naar de langdurende extremen om de invloed van het buitenwater en de werking van bijvoorbeeld de infiltratievoorzieningen te toetsen.

Een nadeel van het gebruik van maatgevende extreme gebeurtenissen is dat deze lastig exact te koppelen zijn aan herhalingstijden. Daarom werken we graag met historische neerslagreeksen. Maar resultaten uit het verleden zijn geen garantie voor de toekomst, zeker niet als we rekening willen houden met klimaatontwikkeling. Bovendien moeten we voor de statistiek van zeer extreme gebeurtenissen met heel lange regenreeksen rekenen en die zijn niet beschikbaar.

### *Klimaatontwikkeling en weermodellen*

Door klimaatontwikkeling als gevolg van opwarming van de aarde is de kans op extremer buien groter. De verwachting is dat water op straat vaker zal optreden, groter in

omvang zal zijn en langer zal duren. Dus de kans dat water op straat overgaat in wateroverlast, wordt ook groter.

De (nieuwe) klimaatscenario's van het KNMI geven ons weinig informatie voor het omgaan met extreme buien in bebouwd gebied. De verschillen tussen de scenario's van KNMI06 en KNMInext (2013) zijn klein.

De extreme buien worden fors extremer, dit geldt voor dagsommen en nog sterker voor uursommen. In het ongunstigste klimaatscenario van 2006 is de toename van een dagsom + 27% in 2050 en + 54% in 2100. De toename van korter durende extremen is naar verwachting nog groter. Recenter onderzoek laat zien dat de relatie tussen temperatuurstijging en toename van extreme neerslag groter is dan eerder werd verondersteld.

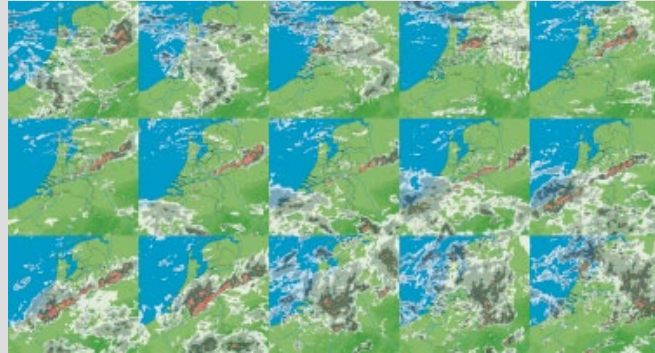
322 |

Het percentage van de toename van de kortdurende neerslag is te gebruiken om het klimaateffect in de standaardbuien 01 t/m 10 te verdisconteren. Deze aangepaste buien zijn te gebruiken om de reguliere afvoercapaciteit van nieuwe stelsels te ontwerpen. Voor bestaande stelsels zijn deze aangepaste buien minder geschikt, omdat de berekening met deze buien vaak geen/onvoldoende inzicht geeft in de relevante knelpunten en de effectiviteit van maatregelen.

Het effect van klimaatontwikkeling is gebaseerd op een gemiddelde ontwikkeling van het weer. Bij het anticiperen op regenwateroverlast en bijvoorbeeld ook droogte zijn we vooral geïnteresseerd in de extreme situaties. Met de nieuwe ontwikkelingen in klimaat(weer)modellen is het extreme weer van nu om te rekenen naar de situaties van bijvoorbeeld 2050 en 2100.

## Harmonie

Harmonie is een van de weermodellen die het KNMI gebruikt om weersverwachtingen voor de korte termijn (0-48 uur) te maken, met een ruimtelijke resolutie van 2,5 km. Met dit weermodel zijn waargenomen extreme



situaties om te rekenen naar weerbeelden die passen bij de nieuwe klimaatscenario's (Kennis voor Klimaat-thema 6). Voor het (stedelijk) waterbeheer kan de extreme situatie van 26 augustus 2010, met 132 mm neerslag in 24 uur in Hupsel (Achterhoek) worden omgerekend naar een bui in 2050 of 2100 in een warmer klimaat. Met dit soort gedetailleerde extreme buien kunnen we huidige situaties testen op de effecten van klimaatontwikkeling.

| 323

Niet voor alle maar vaak wel voor de kostbare maatregelen (grote riolen, ondergrondse bergingsvoorzieningen, inrichting openbare ruimte en bouw/straatpeilen) is het van belang om meer dan 50 jaar vooruit te kijken. Voor kwetsbare locaties waar grote schade kan ontstaan, kan het verstandig zijn om meer veiligheidsmarge te nemen.

## Stresstest

Een stresstest voor het bebouwde gebied kan bestaan uit het testen van de impact met een selectie van zeer extreme buien. Deze buien zijn toe te passen met en zonder klimaatontwikkelingsverwachting volgens een weermodel zoals Harmonie (zie kader). Door een selectie te maken uit buien die in de afgelopen vijftien jaar zijn gevallen, is het geen 'ver-van-ons-bed-show', maar iets wat zomaar in de eigen gemeente had kunnen gebeuren.

Om een vollediger en realistischer beeld te krijgen van wat er bij extreme neerslag gebeurt, moeten we de systeemgrenzen van het hydraulisch functioneren van het bebouwde gebied flink oprekken. Een realistischer modellering van de combinatie van het ondergrondse minor system en het bovengrondse major system in relatie tot het functioneren van grond- en oppervlaktewater is snel binnen handbereik. Het nauwkeurig modelleren van de impact van (vaak lokale) extreme buien op een stedelijk gebied is essentieel om onderbouwde uitspraken te kunnen doen over de kwetsbaarheid van een gebied. Dat is de basis voor een verstandige keuze van effectieve (doelmatige) maatregelen.

### **‘What if’-benadering**

De ‘what if’-benadering, waarbij de gemeente in een oplopende hevigheid van extreme buien kijkt naar de noodzakelijke (oplopende) investeringen in maatregelen om overlast te bestrijden, lijkt kansrijker dan een normbenadering met statistische kunstgrepen.

### *Nieuwe grafische technieken*

Tot slot zijn nieuwe grafische technieken in ontwikkeling om resultaten van model-simulaties te analyseren en presenteren, ook om deze inzichten dichterbij mensen in de praktijk te brengen. Denk bijvoorbeeld aan de simulatie van regenwateroverlast-situatie op je Google glass, terwijl je buiten door de stad loopt. Deze technieken gaan ons helpen om de effecten van extreme neerslag beter te begrijpen en te leren hoe we hierop steeds beter kunnen anticiperen met maatregelen.

Een gamebenadering analoog aan flight simulator is een interessante optie om ingenieurs ervaring te laten opdoen met wateroverlastsituaties die ze misschien maar een paar keer in hun leven meemaken. Dit als ze op het goede moment op de juiste plek zijn en dan nog de stap maken om buiten te gaan kijken!

### **Literatuur**

Future weather website, <<http://www.knmi.nl/samenw/regioklim/FW/>>

Klimaat in de 21e eeuw, vier scenario's voor Nederland. KNMI brochure (2006)

Luijtelaar, H. van, Inventarisatie regenwateroverlast in de bebouwde omgeving 2013. RIONEDreks 17, 2013

PCCC (2011). De staat van het klimaat 2010.

Reichard, L., Clemens, F.H.L.R., Lobbrecht, A.H., Hartemink, J.W., Mantje, W., Poortinga, I.M. en Korving, J.L. (2011). RIONEDreks 16, Neerslaginformatie voor het bebouwde gebied, stand van zaken en ontwikkelingen.

Leidraad Riolerings,

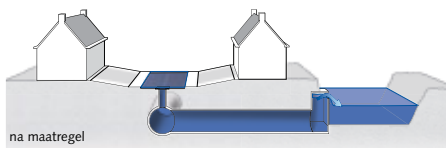
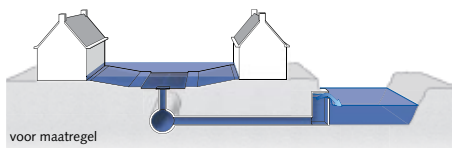
module C2100, Rioleringsberekeningen, hydraulisch functioneren. (2004)

module C2150, Water op straat (extreem functioneren). (2009)

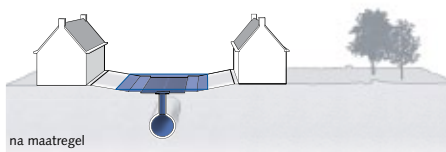
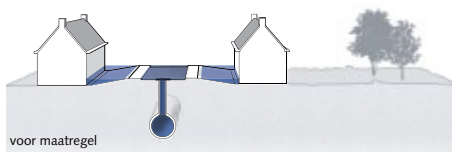
module C2200, Hydraulisch functioneren van regenwatervoorzieningen. (2006)

Stichting RIONED, Ede

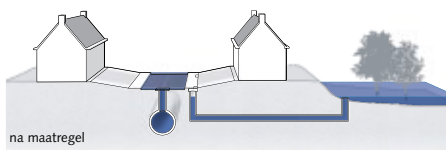
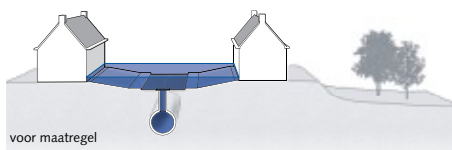
### Riolering vergroten



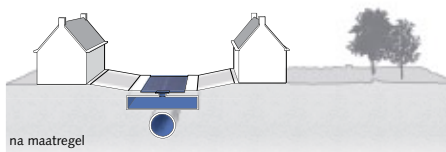
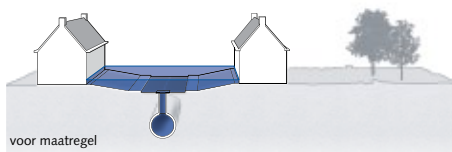
### Stoepranden – straatpeil verlagen



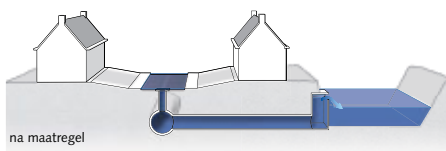
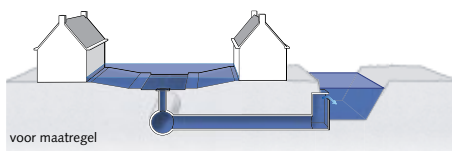
### Waterberging openbare ruimte



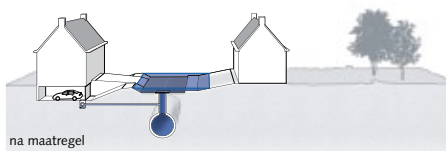
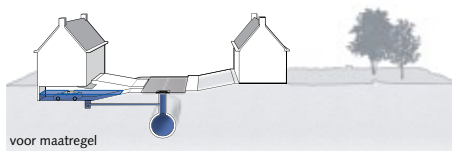
### Ondergrondse regenwaterberging



### Meer open water



### Gebouwen beschermen



Maatregelen voor bescherming tegen extreme neerslag, situatie voor (links) en na (rechts) realisatie.

## F Werksessie auteurs

- De auteurs van de artikelen in dit boek namen begin november 2013 deel aan een werksessie over omgaan met extreme neerslag. Een **verslag** van deze inspirerende dag, die gevuld was met korte presentaties en geanimeerde discussies.
- Na de werksessie begin november 2013 hebben de deelnemers online gereageerd op een **peiling** met zestig stellingen. De resultaten worden gebruikt om de discussies en de ontwikkeling en uitwisseling van kennis met deskundigen, belangstellenden en betrokkenen te voeden.





F

23 Verslag werksessie  
24 Resultaten peiling

## 23 Verslag werksessie

### *Inspirerende werksessie over omgaan met extreme neerslag*

De auteurs van de artikelen in dit boek namen begin november 2013 deel aan een inspirerende werksessie. Zij hadden de opdracht om in vijf minuten de kern van hun artikel te presenteren. Het strakke tijdschema liet onverlet dat de presentaties vragen opriepen, die aanleiding waren voor geanimeerde discussies. Bijvoorbeeld over maatregelen die gemeenten hebben getroffen om regenwateroverlast te voorkomen, de consequenties van het daadwerkelijk aanpakken van wateroverlast en de mogelijkheden om het functioneren van een riool- en watersysteem realistisch in beeld te brengen. De werksessie was niet bedoeld om antwoorden te vinden op de vele dilemma's of om keuzes te maken om regenwateroverlast systematisch en eenduidig aan te pakken. De indrukken van de deelnemers dienen wel als opstap voor deze publicatie en mogelijke leidraad voor de gewenste, eenduidige aanpak.

#### **Inhoud**

- 23.1 Regenwateroverlast in de praktijk
- 23.2 'Wat is genoeg?'
- 23.3 Modellen
- 23.4 Maatstaven en meetmethoden

#### **Auteur**

ir. Peter Ganzevles (Archirion), [peter.ganzevles@archirion.nl](mailto:peter.ganzevles@archirion.nl)

De auteurs van de artikelen in dit boek namen op 7 november 2013 in Driebergen deel aan een inspirerende werksessie. Zij hadden de opdracht om in vijf minuten de kern van hun artikel te presenteren. De werksessie bestond uit vier programmaonderdelen:

- 1 Praktijk
- 2 'Wat is genoeg?
- 3 Modellen
- 4 Maatstaven en meetmethoden.

### 23.1 Regenwateroverlast in de praktijk

Het onderdeel Praktijk gaf inzicht hoe gemeenten in IJsselstein, Rotterdam-Centrum, Borger-Odoorn, Tholen, Loon op Zand, Nijmegen en Helmond hebben gehandeld om wateroverlast te voorkomen. Meestal waren een of meerdere extreme buien de aanleiding om daadwerkelijk maatregelen te treffen. De uitgangspunten voor de dimensionering van deze maatregelen verschilden nogal. De extreme neerslag varieerde bijvoorbeeld van 40 mm in een uur tot 70 mm in 30 minuten. Deze variatie riep de nodige kanttekeningen op, zoals: waar houdt de gemeentelijke zorgplicht op en wat mag je van individuele bewoners en ondernemers verwachten om voldoende voorbereid te zijn op het voorkomen van water in de woning en/of bedrijf? De lokale politiek kiest bij voorkeur voor 'dit nooit meer'. Maar wat moet je dan doen? Een antwoord is niet eenvoudig te geven. Voordeel van de politieke keuze is wel dat de eigen organisatie een duidelijke focus krijgt op de aanpak van regenwateroverlast en de overlast dus niet exclusief een probleem van de 'waterman of -vrouw' is.

| 329

#### *Inrichting openbare ruimte*

Aan de basis van regenwateroverlast ligt (lokale) extreme neerslag. Maar (veranderingen in) de inrichting van de openbare ruimte (kunnen) kan de kans op schade door regenwateroverlast versterken. Bijzondere omstandigheden doen zich voor als een gemeente de straat op peil houdt, terwijl de woningen zakken (IJsselstein). Met name in het westen van Nederland kan dit leiden tot vervelende situaties. Ook lokale hoogteverschillen (verkeersdrempels, verlagingen in het maaiveld) kunnen onbedoeld leiden tot opstuwing en concentratie van afstromend regenwater. De technieken zijn beschikbaar om dit afstromingsgedrag meer in detail te analyseren. Vervelend wordt het als het rioolstelsel extra gaat meewerken met de afvoer van water naar lageregelegen delen (zie figuur 2.3). In alle gevallen bleek dat het voorschrijven en handhaven van een voldoende hoog vloerpeil veel potentieel leed kan voorkomen.

#### *Informatie ligt op straat*

Belangrijk bij het nemen van maatregelen om regenwateroverlast te voorkomen, is de vraag of de riolering en het stedelijk watersysteem functioneren zoals verwacht.

Volgens Nijmegen ligt de informatie hierover op straat, je moet het alleen wel willen halen. Dit geldt ook voor gebeurtenissen uit het verleden. Selectie van zware buien kan het optreden van hardnekkige regenwateroverlast onderstrepen en de kennis over het eigen systeem vergroten. Informatie uit andere bronnen kan een welkome aanvulling zijn op het eigen beeld, zoals informatie van de brandweer, parkeerbeheer, wijkbeheerders, bewakingscamera's en van het publiek op internet en in sociale media. Ook het betrekken van bewoners in de technische discussie, levert een bijdrage aan het accepteren van en kunnen anticiperen op mogelijke regenwateroverlast. De zorgplicht van de gemeente krijgt hierbij een extra dimensie als je je realiseert dat verzekeraars doorgaans maar één keer schade vergoeden. Bij een volgend gelijk geval kan de discussie ontstaan of de individuele verzekerde en/of de gemeente voldoende hebben gedaan om de wateroverlast te voorkomen.

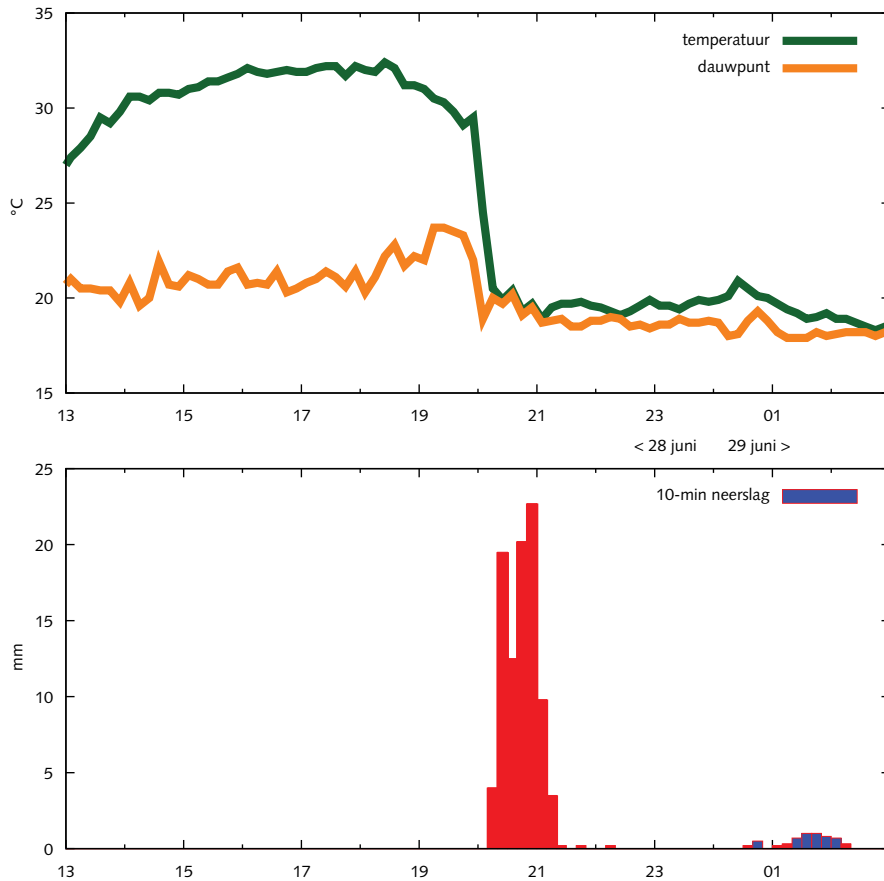
330 |

#### *Schade vergoeden of capaciteit vergroten?*

In dichtbebouwd stedelijk gebied (Rotterdam-Centrum) wordt het kunnen opvangen van extreme neerslag bijna een onoverkomelijke opgave. De urgentie voor een daadwerkelijke aanpak neemt toe als relatief weinig neerslag in het perspectief van extreme buien direct leidt tot schade. Een dilemma is dat kosten-batenanalyses leiden tot de conclusie dat schade vergoeden goedkoper is dan de afvoer- en bergingscapaciteit van riolering en watersysteem vergroten. Hoe dit uitgangspunt zich verhoudt tot de gemeentelijke zorgplicht is onderwerp van discussie. Het ontslaat de gemeente en wellicht het waterschap niet van de plicht om te kijken wat er kan gebeuren als het harder regent, bijvoorbeeld 100 mm in een uur. Onwerkelijk? Dit is in Nederland in de afgelopen tien jaar al voorgekomen.

#### *Ontluchting buitenriolering*

De uitsmijter van het onderdeel Praktijk was de presentatie van John Evers over het feit dat de Nederlandse riolering ernstig 'ziek' is. Ziek, vooral omdat de (buiten)riolering de ingesloten lucht niet kwijt kan. Dit geeft tal van oprispingen en vooral (verkeerd) afkoppelen vergroot de kans op (afval)water in de woning. Het devies is om bovengestroomde te beginnen met afkoppelen. En vooral te realiseren dat er een (ongewenste) symbiose bestaat tussen het functioneren van de buiten- en de binnenriolering. Zeker als de correcte uitvoering van de binnenriolering te wensen overlaat. Dit leidt ertoe dat de buitenriolering voor zijn eigen lucht moet zorgen, bijvoorbeeld in de vorm van roosterdeksels (die in Duitsland standaard zijn). De toepassing hiervan vraagt wel de nodige zorgvuldigheid, zeker met het oog op langere verblijftijden van afvalwater in de riolering en de mogelijke stankoverlast die daar mee samenhangt.



Figuur 23.1 Hoogste uursom geregistreerd in Nederland, op 28 juni 2011 in Herwijnen, bijna 80 mm in een klokuur en 94 mm in 70 minuten.

## 23.2 Wat is genoeg?

De presentaties in het tweede programmadeel gingen dieper in op de consequenties van het daadwerkelijk aanpakken van regenwateroverlast. De directe confrontatie met bijvoorbeeld boze ondernemers, ‘a bloody nose’, kan leiden tot onvoldoende afgewogen politieke reacties. Het is voorstelbaar dat een onbedoelde ‘waterstraat’ (Egmond aan Zee) leidt tot onbegrip en wanhoop, zeker als de frequentie van de overlast niet in relatie staat tot de gemiddelde verwachting.

### *Afstroming van regenwater over straat*

De afstroming over straat dient als een belangrijke escape voor overbelaste rioolstelsels. De Amerikanen betitelen het rioolstelsel als een ‘minor system’ en de straten als het ‘major system’ (New Orleans). Dit concept krijgt extra waarde als je weet dat de  $T=100$

in Nederland niet veel meer is dan een  $T=2$  in New Orleans. Een ontwerp is in de VS is dan ook bijvoorbeeld dat in een hoofdstraat bij een  $T=25$  nog minimaal één rijbaan begaanbaar moet zijn. In Nederland wordt het belang van afstroming van regenwater over straat niet altijd onderkend. In Leersum heeft bijvoorbeeld de reconstructie van een provinciale weg geleid tot een blokkade in de afvoer over straat, met als gevolg schade aan winkels en bedrijven. Ook als het rioolstelsel aan de grens van maximale berging zit (Enschede), ontstaan vervelende situaties als het harder regent dan waarop de riolering is berekend. Hier is samen met bewoners gezocht naar praktische uitwijkmogelijkheden op maaiveldniveau.

#### *Extra berging en 'overdimensionering'*

Of de omvang van maatregelen voldoende is om de kans op wateroverlast tot een acceptabel minimum te beperken, hangt nauw samen met de kwetsbaarheid van het systeem als de neerslag de voorziene grens overschrijdt. De vraag is of er bij meer extreme neerslag nog een overloop- of uitwijkmogelijkheid is, voordat bij woningen en/of bedrijven een kritisch niveau is bereikt. Is er geen escape, dan wordt de dimensionering van de hoeveelheid berging navenant groter. De feitelijke hoeveelheid berging bij bijvoorbeeld infiltratievoorzieningen hangt nauw samen met hoe deze functioneren. Aanvankelijk zullen deze voorzieningen meer kunnen verwerken dan waarop ze zijn gedimensioneerd. De conclusie van 'overdimensionering' oftewel een te grote investering voor het beoogde effect is dan snel en wellicht niet terecht getrokken.

#### *Optimale berging in relatie tot afvoer*

Een strategie gericht op het zo snel mogelijk afvoeren van regenwater zal zeker bij extreme neerslag het risico op wateroverlast vergroten. Op de schaal van een onderdoorgang en tunnel zijn de benodigde pompcapaciteiten te overzien. Maar op de schaal van een stad als New Orleans zijn meerdere gemalen nodig met elk een pompcapaciteit groter of ten minste gelijk aan het gemaal in IJmuiden ( $260 \text{ m}^3/\text{s}$  ofwel  $936.000 \text{ m}^3/\text{h}$ ). Een optimalisatie van berging in relatie tot een beperkte afvoer ligt dan voor de hand.

#### *Norm versus budget, tijd en doelmatigheid*

Een eenduidige normbui voor het (eventueel) dimensioneren van maatregelen om wateroverlast te voorkomen, is niet te geven. De voorbeelden laten een zeer grote spreiding zien in welke bui maatgevend is in een gegeven situatie. Het budget en de realisatietermijn zijn eerder maatgevend dan het kunnen voldoen aan een bepaalde norm. Daarnaast bleek uit de discussie dat de gemeenten een uiteenlopende visie hebben op het wel of niet anticiperen op het voorkomen van wateroverlast. Voor de één is weten wat kan spelen bij extreme neerslag een leidraad voor het inrichten van de openbare ruimte. De ander laat het treffen van maatregelen of überhaupt het onderwerpen van een rioolstelsel aan een stresstest afhangen van een doelmatigheidsdiscussie. Uit de voorbeelden komt naar voren dat de werkelijkheid weerbarstiger is

en dat andere sentimenten dan technische argumenten leidend zijn bij de aanpak van (lokale) wateroverlast.

### 23.3 Modellen

De presentaties in het derde programmadeel laten een caleidoscoop zien van mogelijkheden om het functioneren van een riool- en watersysteem realistisch in beeld te brengen. Hoe dichter de modellering bij de fysische werkelijkheid komt, hoe minder (twijfelachtige) aannamen nodig zijn. De hoeveelheid gegevens neemt hierdoor exponentieel toe en stelt bijzondere eisen aan het valideren van de berekende situatie aan de realiteit. Bij het schematiseren van oppervlakteafstroming gaat de ligging van kolken een steeds grotere rol spelen. Amersfoort laat een detaillering zien die meer recht doet aan de werkelijke situatie. Dit biedt een basis om de plaatsing en het onderhoud van kolken te optimaliseren.

| 333

#### *Samenhang in modellering*

Het stromingsmodel 3Di simuleert stroming van water in een virtuele maquette om te laten zien wat er kan gebeuren bij een gegeven neerslagbelasting. Deze 'what if'-benadering biedt de mogelijkheid om de norm te laten voor wat die is en veel meer scenario's voor regenwateroverlast in beeld te brengen. Hiermee zou 'eenvoudiger' inzichtelijk te maken zijn wat de effectiviteit van mogelijke maatregelen is. De 3Di-simulaties nemen het functioneren van de riolering nog niet mee. In de loop van 2014 zou een prototype beschikbaar moeten komen waarmee dit wel kan. 3Di combineert informatie uit databronnen van verschillende eigenaren, zoals gemeenten, waterschap en provincie. Vanuit deze samenhang in het model kunnen hiaten in de gegevens naar voren komen, bijvoorbeeld het ontbreken van duikers in het oppervlaktewatersysteem.

#### *Scannen van gegevens*

Aan de basis van de verschillende rekenmodellen staat het inwinnen van gegevens over riolering, typering landgebruik, inrichting openbare ruimte en hoogteligging. De tendens is dat 'foto's' van de omgeving gemaakt kunnen worden, waarbij elke pixel een x-y-z-coördinaat vertegenwoordigt. Deze virtuele wereld is nagenoeg een kopie van de werkelijkheid. Aandachtspunt is wat zichtbaar is voor de gebruikte scanner. Zo is de inrichting van achtertuinen voor een mobiele laserscanner niet zichtbaar, maar deze is wel uit de AHN(2) en satellietfoto's af te leiden. Ook hier is dus combinatie van gegevensbronnen nodig om een completer beeld van een gebied te krijgen.

#### *Overstromingsrisico's*

Aan de kant van regelgeving komt meer de nadruk te liggen op het transparanter maken van bijvoorbeeld overstromingsrisico's. Risico veronderstelt het bekend zijn met een



'faalkans' en de eventuele schade die bij falen optreedt. De herhalingstijd van een bui, ofwel de kans dat een bui optreedt, is onderwerp van veel discussie. Een voldoende lange neerslagreeks zou uitsluitel kunnen geven, maar de gevallen neerslag rechtvaardigt extrapolatie naar de toekomst niet zonder de nodige aannamen. Zeker in het licht van klimaatontwikkeling zijn deze voorspellingen van neerslaghoeveelheden tamelijk onzeker. Ook het extrapoleren van een beperkte datareeks naar een reeks van 'voldoende' lengte met ondoorzichtige rekentrucs roept de nodige vraagtekens op. Het lijkt erop dat het voldoen aan een beoogde herhalingstijd belangrijker wordt dan het op een verantwoorde wijze communiceren van onzekerheden. De druk is groot om te stellen dat een systeem voldoet aan  $T=10$  om van veel discussie af te zijn.

#### *Neerslagregistratie en -interpretatie*

334 |

Tot slot is het goed registreren van neerslag een uitdaging. Met nieuwe radartechnieken is nauwkeuriger per oppervlakte-eenheid te bepalen hoeveel neerslag er valt. Vooral de ruimtelijke spreiding doet meer recht aan hoe neerslag valt. Onderzoek in Nijmegen laat zien dat het kalibreren met lokale, stationaire regenmeters van de hoeveelheden neerslag gemeten met radar de nodige aandacht vraagt. De interpretatie van radar-beelden kan niet zonder lokale regenmeters.

### **23.4 Maatstaven en meetmethoden**

Het laatste programmadeel geeft een contrast weer van een KISS (Keep It Stupidly Simple)-benadering versus het benutten van goed gereedschap (lees: rekenmodellen) dat beschikbaar is/komt. Modelleren van regenwateroverlast is complex. Vraag is of een rea-



**Figuur 23.2** Werksessie met auteurs op 7 november 2013 in Driebergen.

listischere benadering met steeds geavanceerdere computerprogramma's en een exponentieel toenemende hoeveelheid data opweegt tegen een globale benadering van de problematiek met schijnbaar eenvoudiger technieken. Van belang is welke onderzoeksvraag aan de inzet van de (beschikbare) middelen ten grondslag ligt. Inzicht hebben in bestaande, kwetsbare locaties vraagt misschien eerder om het ontsluiten van gebiedskennis dan de inzet van eenvoudige rekentechnieken. Zodra je de omvang van maatregelen moet bepalen, schiet een globale analyse tekort. Vergelijk de mogelijkheden van niet-stationair hydraulisch rekenen ten opzichte van stationair rekenen.

Weten waar je als rioleringsbeheerder staat in het voorkomen van wateroverlast, staat als inspanningsverplichting haaks op de maatschappelijke drang om prestaties 'afrekenbaar' te maken (resultaatsverplichting). Dit dilemma los je niet op door over de intrinsieke onzekerheden in neerslag en klimaatontwikkeling heen te stappen. In deze context bestaat de behoefte aan een algemeen gedragen aanpak.

| 335

#### *Aangepaste methode en maatstaf voor wateroverlast*

De meetmethode heeft een directe relatie met de maatstaf. Bui 8 is gekoppeld aan de meetmethode van niet-stationair rekenen aan rioolstelsels. De maatstaf is dat net geen water op straat optreedt. De bedoeling was nooit om met water over straat rekening te houden, laat staan met wateroverlast. Een normaal rioolstelsel heeft globaal een verwerkingscapaciteit van 30 mm/h. Daarnaast is impliciet relatief veel berging aanwezig op het maaiveld, een 'standaardstraatprofiel' heeft al gauw 60 tot 80 mm berging. Voor het simuleren van wateroverlast is derhalve een aangepaste meetmethode noodzakelijk en daaraan gekoppeld een passende maatstaf. Maar daarmee zijn we er nog niet. De kenmerken van het hemelwatersysteem hebben invloed op de te hanteren meetmethode en maatstaf. Hemelwatersystemen met infiltratievoorzieningen en wadi's reageren anders op extreme neerslag dan de conventionele rioolstelsels. Ze reageren snel met een stijging in waterstanden, maar de berging komt traag weer beschikbaar. Zeker in situaties waarbij overlooptmogelijkheden niet of nauwelijks aanwezig zijn, vraagt dit extra aandacht.

#### *Stresstest met 'echte' bui*

De huidige rekenmodellen hebben een zeer groot oplossend vermogen. Dit biedt meer mogelijkheden om het functioneren van het watersysteem als geheel realistisch in beeld te brengen. Een eerste stap is het uitvoeren van een stresstest, waarbij de nadruk ligt op het herkennen en verifiëren van locaties die kwetsbaar zijn voor wateroverlast. Bij deze stresstest zou een 'echte' extreme bui (bijvoorbeeld Twente 26 augustus 2010) als uitgangspunt voor de belasting kunnen dienen. Een 'echte' bui heeft ook het voordeel dat de ruimtelijke spreiding van de neerslag in de stresstest mee te nemen is. De statistische onderbouwing is een volgende stap.

### *Gevolgen klimaatverandering*

De verwachtingen van de gevolgen van de klimaatverandering op neerslag lopen sterk uiteen. Zelfs een worstcasescenario is op dit moment lastig aan te geven. Het rekening houden met klimaateffecten is eigenlijk koffiedik kijken. De wijze waarop we klimaatveranderingen meenemen, is voortdurend onderwerp van discussie en onderzoek.

Dergelijke onzekerheden vragen om een 'what if'-benadering.

### *Google-approach*

Het lijkt erop dat we met kleine stappen de huidige systemen niet direct robuuster en veiliger maken. Dit vereist wellicht een Google-approach, oftewel het is eenvoudiger een bestaand systeem 10 x veiliger te maken dan 10%. De in dit artikel geschetste stresstest is een manier om dit systematisch aan te pakken.

336 |

### *Inspiratie*

De werksessie was niet bedoeld om antwoorden te vinden op de vele dilemma's of om keuzes te maken om regenwateroverlast systematisch en eenduidig aan te pakken. De indrukken van de deelnemers dienen wel als opstap voor deze publicatie en mogelijke leidraad voor de gewenste, eenduidige aanpak. Opvallende noties waren:

- De spreiding in extreme buien, die ten grondslag liggen aan de dimensionering van maatregelen, is minstens zo extreem.
- De discussie over hoe ver moet je gaan, geeft scherpte aan de gewenste aanpak.
- Het budget en de mogelijkheden ter plaatse bepalen de uitvoering van maatregelen, veel minder de 'norm'.
- De inrichting van de openbare ruimte en het voorschrijven/handhaven van vloerpeilen hebben een grote invloed op het hanteerbaar maken van mogelijke regenwateroverlast. Opvallend is dat de concrete inbreng van RO-ontwerpers ontbreekt.
- De oudgedienden zijn bekend met het project 'Standaardberekeningen' dat heeft geleid tot de huidige Leidraad-module C2100. De chaos in modelgebruik is nu wellicht minder dan in de jaren 1990-1995, wel zijn er dezelfde soort indianenverhalen.
- De houdbaarheid van maatregelen die ambtenaren bedenken en uitvoeren, zou meer moeten zijn dan tien jaar.
- Het incalculeren van 'ellende' betekent dat ook de bewoners en ondernemers moeten weten dat er grenzen zijn aan de maakbaarheid van onze leefomgeving.
- Gemeentelijke zorgplicht, ofwel goed huisvaderschap, houdt in dat de gemeente zich niet mag verschuilen achter 'wir haben es nicht gewusst'.
- Wow, wat allemaal kan met de huidige rekenmodellen! De trigger blijft het voorkomen van water in de woning/bedrijf.

Ondanks de vele onderwerpen en de hoeveelheid informatie waarderen de deelnemers de opzet van de werksessie. De auteurs van de serie ervaringsartikelen zijn benieuwd welke stappen gezet gaan worden.

## 24 Resultaten peiling

### *Samenvatting leerpunten uit online-enquête werksessie*

De 32 auteurs en redactieleden die aan dit boek hebben meegewerkt, hadden als voorbereiding op de werksessie van 7 november 2013 zestig stellingen ingediend. Na de werksessie hebben zij allemaal via een online-enquête op deze stellingen gereageerd. In dit artikel vindt u de belangrijkste resultaten. Onderwerpen die aan bod komen, zijn onder meer de samenwerking met het waterschap, de waarde van neerslagreeksen en ruimtelijke spreiding van neerslag, modelbenaderingen, onder- en bovengrondse maatregelen en de communicatie naar derden. De resultaten van de enquête gebruiken we om de discussies en de ontwikkeling en uitwisseling van kennis met deskundigen, belangstellenden en betrokkenen te voeden. De algemene indruk is dat met relatief beperkte ingrepen vooral bovengronds veel regenwateroverlast is te voorkomen of te beperken.

#### **Auteur**

Peter Ganzevles (Archirion), [peter.ganzevles@archirion.nl](mailto:peter.ganzevles@archirion.nl)

De auteurs en redactieleden die aan dit boek hebben meegewerkt, hadden als voorbereiding op de werksessie van 7 november 2013 zestig stellingen ingediend. Na de werksessie hebben zij via een online-enquête op deze stellingen gereageerd. Alle 32 betrokkenen, onder wie medewerkers van elf gemeenten en achttien adviseurs, hebben de enquête volledig ingevuld. In dit artikel vindt u de belangrijkste resultaten. Tabel 24.1 geeft een selectie van de stellingen en de bijbehorende reacties.

### *Algemeen*

Uit de reacties op de stellingen blijkt dat voor de meeste opinies een duidelijke meerderheid te vinden is. Soms roepen stellingen meer vragen op, wat leidt tot een diffuser antwoord.

338 |

Het begrip 'norm' leidt tot associaties die ook in de reacties op de stellingen terugkomen. Hoewel de meeste deelnemers behoefte hebben aan een grens, vinden zij de norm doorgaans een te rigide middel om deze grens vast te leggen. Enkele opmerkingen van deelnemers zijn:

- "Een norm probeert vast te leggen welk risico je accepteert als maatschappij."
- "Klakkeloos voldoen aan normen is om niet te hoeven nadenken."
- "Normen moeten vooral deskundig worden geformuleerd."
- "Werknormen kunnen een kader geven waarvan gemotiveerd mag worden afgeweken."
- "Ik kan me voorstellen dat een nieuwe set standaardbuizen wordt opgesteld."

Opvallend is dat de deelnemers het rekenen met modellen vooral als middel zien om maatregelen te ontwerpen en dimensioneren. Het proactief verkrijgen van meer inzicht is kennelijk nog geen gemeengoed in de huidige praktijk. Een meerderheid ziet mogelijkheden om met een 'what if'-benadering de effecten van extreme neerslag in kaart te brengen.

### *Planvorming*

Het waterschap wordt niet als 'natuurlijke' partner gezien in het planproces. Andersom geven gemeenten wel aan dat zij meer betrokken willen worden bij de planprocessen van het waterschap in het regionaal watersysteem. Uit de meeste artikelen in dit boek blijkt ook geen grote betrokkenheid (of proactieve rol) van het waterschap. De meningen over de integrale aanpak van water in de stad in relatie tot ruimtelijke opgaven en herstructureringen zijn eensluidend positief.

### *Extreme neerslag*

Wat is extreme neerslag? Dat blijft voor velen een vraag. De meesten zien heil in het gebruik van (maatgevende) gebeurtenissen, waarbij een gebeurtenis gemeten op de

Tabel 24.1 Selectie van stellingen met antwoorden uit de peiling na de werksessie.



ene locatie ook voor toetsing op een andere locatie gebruikt kan worden. Een enkeling ziet ook de meerwaarde van de inzet van neerslagreeksen, ondanks het besef dat 99,9% van de tijd niets interessants gebeurt.

De meeste deelnemers vinden het meenemen van ruimtelijke spreiding van neerslag nuttig. Maar niet iedereen is overtuigd van de inzet van hogeresolutieneerslaggegevens, zoals Raingain of X-bandradar.

### *Model*

De inzet van een stresstest om te onderzoeken of een water- en rioolsysteem gevoelig is voor wateroverlast, spreekt iedereen aan. Over de aanpak ervan (keuze bui, spreiding neerslag) blijven vragen bestaan. Het belang van goed gereedschap wordt algemeen ondersteund.

340 |

Het inzetbereik van modelbenaderingen voor het dimensioneren van maatregelen is discutabel. De een stelt met maaiveldanalyse de omvang van voorzieningen te kunnen dimensioneren, terwijl anderen dit volledig uitsluiten.

### *Maatregelen*

Uit de antwoorden blijkt dat de deelnemers liever voorkomen dan genezen. Zij beschouwen het voorschrijven en handhaven van passende bouwpeilen als een van de meest effectieve maatregelen. Ook de (her)inrichting van het maaiveld heeft de voorkeur boven allerlei ondergrondse maatregelen.

De kosten van maatregelen zijn leidend voor het treffen van maatregelen. De meningen over 'technisch-economische' afwegingen zijn verdeeld. Regenwateroverlast incalculeren mag, maar de deelnemers denken verschillend over tegen welke prijs en welke factoren gewogen moeten/mogen worden.

Het 'overdimensioneren' van voorzieningen zien de meesten los van de financiële mogelijkheden. Het devies is: als je het doet, doe het dan goed.

### *Communicatie naar derden*

Alle (model)exercities zijn erop gericht de werkelijkheid zo goed mogelijk in beeld te brengen. Hoe beter het gemodelleerde beeld is, hoe beter dit te communiceren is naar belanghebbenden (bewoners, ondernemers).

De vraag is of gemeenten de kans op wateroverlast ook moeten laten zien en communiceren. De spanningsboog tussen de onzekerheid in de resultaten versus de zekerheid van onverzekerbaarheid en economische waardedaling is vooraf lastig in te schatten.

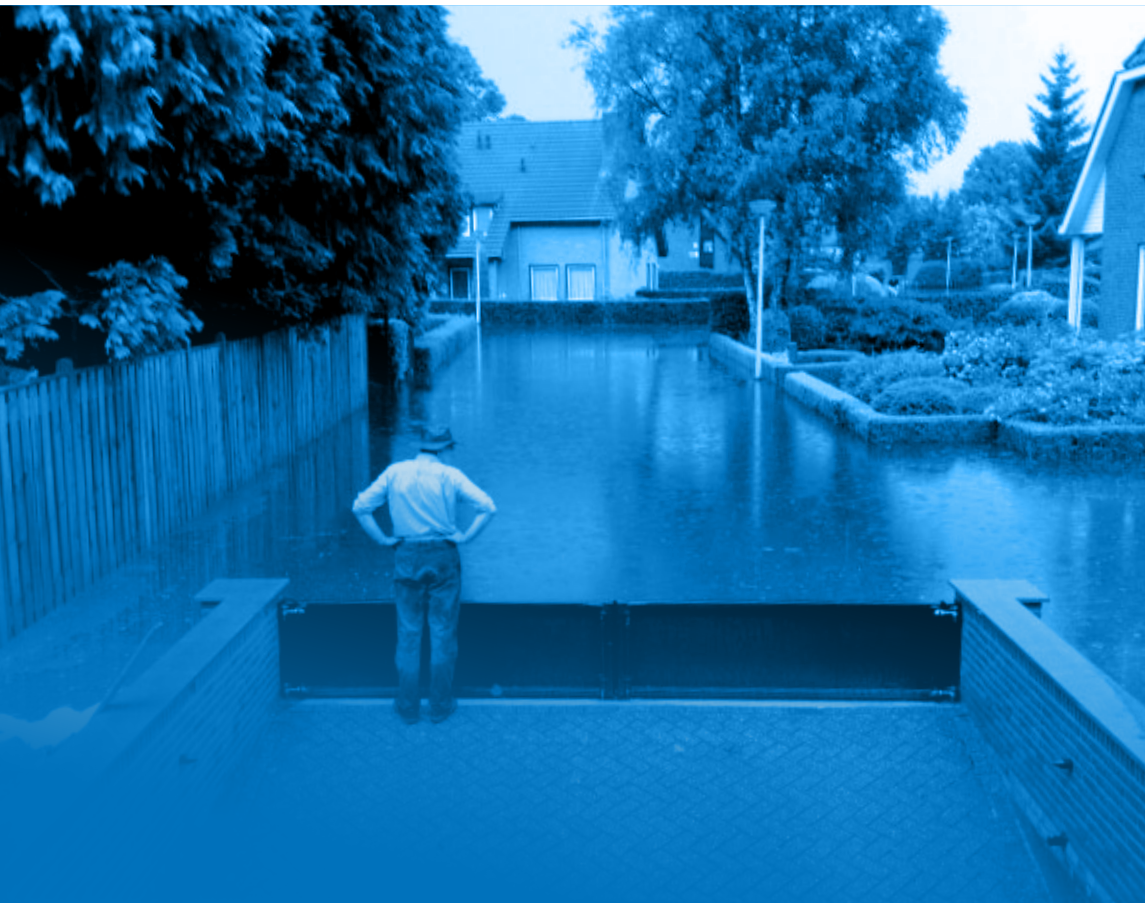
Niemand is tegen deze 'informatieplicht', de manier waarop is wel discutabel en vereist veel zorgvuldigheid.

#### *Tot slot*

De resultaten van de enquête gebruiken we om de discussies en de ontwikkeling en uitwisseling van kennis met deskundigen, belangstellenden en betrokkenen te voeden. Aan definitieve conclusies zijn we nog niet toe. Er zijn nog grote veranderingen gaande, zoals de ontwikkeling van reken- en weermodellen, het verzamelen en verwerken van benodigde gegevens (objecten, maaiveld), het meten van neerslag en overlast, en het visualiseren van informatie. Toch is dat geen reden om de problemen af te wachten. De algemene indruk is dat met relatief beperkte ingrepen vooral bovengronds veel regenwateroverlast is te voorkomen of te beperken.



# Summary



**A review of solutions for rainwater  
problems in built-up areas**

*Examples and developments anno 2014*

# A review of solutions for rainwater problems in built-up areas

*Examples and developments anno 2014*

During extreme rain events, intensities and volumes far exceed the standards used to design and test the drainage capacity of sewage systems in models. The standard design method uses rain events with a return period of 2 years, with a view to keeping storm flows within the sewer system and below street (flooding) level.

*(Leidraad riolering, module C2100).*

344 |

*A review of solutions for rainwater problems in built-up areas* presents a wide range of practical and well-argued problem analyses and solutions. It also looks at current methods used to prevent further nuisance and damage. With this collection of articles water managers can better identify potential rainwater issues at an early stage and gain insight into how to tackle them.

Countering rainwater problems demands situation-specific solutions, and much is being done to further develop suitable check and design processes. The intention of this book is to document current methods and techniques not to present them as general standards, nor to pass judgment on them. We have simply made an attempt to present within the limited scope of these articles a straightforward record of the state of the art as it exists in 2014. We are fully aware that major developments are probably just around the corner.

This chapter presents an overview of the article summaries, grouped according to the following 6 subjects:

- A. Precautions
- B. Methods of analysis
- C. Spatial planning
- D. Residences and residents
- E. New modelling tools
- F. Authors workshop

## 2 Loon op Zand, precautions

### **Construction of storage and infiltration facilities to counter flooding**

*ing. Ronnie van Boekel (Buiten-Ruimte), r.vanboekel@buiten-ruimte.nl*

*ing. Gert Lemmen (Grontmij), gert.lemmen@grontmij.nl*

Between 2004 and 2008 the Molenwijck district of Loon op Zand suffered severe flooding from rainwater on three occasions, resulting in a wave of complaints to the local municipal authority. The flooding was the effect of extreme rainfall compounded by the area being low-lying compared to its surroundings.

In order to study these problems extensive research was carried out using new simulation tools. The resulting model's reliability was then improved by adjusting the results by comparing them to field observations. The municipality organised public meetings and circulated newsletters to inform local residents about the proposed works. Residents were also asked to participate in the design process for the landscaping of two local parks. These local storm water storage and infiltration works now mean this area can cope with a once-per-century rain event.

| 345

## 3 Enschede, precautions

### **New surface-level discharge routes and retention areas prevent rainwater problems**

*ir. Erik Dekker (Witteveen+Bos), e.dekker@witteveenbos.nl*

*ing. Koen Wagelaar (gemeente Enschede), k.wagelaar@enschede.nl*

Over the course of the last century, the outskirts on the north of the city of Enschede were developed from being a decidedly rural and sparsely populated area into an urban landscape with large areas of impermeable surfaces. The sewer system was gradually adapted to cope with the changed environment including the construction of additional temporary rainwater storage facilities. In recent decades the impermeable surface area has again increased, and the intensity of precipitation has also increased. As a result the sewer system has become prone to overloading. In 2010 heavy downpours caused water to enter buildings, and local authorities were forced to close flooded roads. In order to prevent future problems, the council proposed, in consultation with local residents, a set of precautionary works. Among other measures, these resulted in the construction in 2012 of new ground-level run-off channels as well as three retention areas in existing fields. Although some minor issues still need to be addressed, until now the countermeasures have proved to be up to their task.

## 4 Egmond aan Zee, precautions

### **Expert approach solves severe water problems**

*ir. Floris Boogaard (Tauw, TUDelft, Hanzehogeschool Groningen), [floris.boogaard@tauw.nl](mailto:floris.boogaard@tauw.nl)  
George Stockell (municipality of Bergen-NH), [g.stockell@bergen-nh.nl](mailto:g.stockell@bergen-nh.nl)*

In the coastal resort of Egmond aan Zee, severe rainfall on a number of occasions resulted in major problems in the town centre with damage to houses and commercial premises. Following the floods of August 2006 the municipality of Bergen, together with consulting engineers, Tauw, drew up a programme of countermeasures to prevent similar problems occurring in the future. The majority of these measures were implemented between 2007 and 2013 and their performance is constantly monitored. A number of recent downpours produced no problems.

The measures for a small number of localities have still to be determined and implemented. Decisions over exact location and process for these remaining measures will be based on an analysis the monitoring data. The municipality will continue to monitor and maintain the rainwater processing facilities of Egmond aan Zee to ensure their continued efficacy.

## 5 Tholen, precautions

### **Ground surface-level measures provide robust, simple and affordable solutions to water run-off problems**

*Daniël van Veen BEng (municipality of Tholen), [veen.d@tholen.nl](mailto:veen.d@tholen.nl)*

In recent years the municipality of Tholen has been hit by a number of downpours that have resulted in flooding problems causing damage to buildings and other property. In 2009 rainwater sewers were constructed with a view to avoiding overloading the combined sewer system at several locations. Nonetheless, intense rainstorms demonstrated the shortcomings of to prevent flooding and damage. Public consultation and additional field measurements revealed that amongst other problems many houses had their door sills at, or below, street level. Also, traffic bumps tended to dam up the streets, channelling the water into houses. Alterations to street level layouts were proposed following 1D/2D modelling and thereafter implemented. In the event of severe rainfall, the water is now channelled to areas less sensitive to damage. Although above ground features are far from new, they have once again demonstrated their value as a robust, simple and affordable solution to rainwater problems.

## 6 Helmond, precautions

### **'Water fields': decoupling rainwater from combined sewers to anticipate rainwater problems**

*ing. Frank Ramaekers (municipality of Helmond), f.ramaekers@helmond.nl*

*ing. Albert van Empel (municipality of Helmond), a.van.empel@helmond.nl*

*ir. Nina ter Linde (municipality of Helmond), n.ter.linde@helmond.nl*

At the turn of the century the combined sewer system of part of the town of Helmond was due for replacement, while public spaces within the same area were considered well in need of a facelift. The creation of visible open water and retention of rainwater in public open spaces is also included in local water policy documents. Accordingly it was decided that a separate surface and foul water sewer systems would be constructed. Where appropriate infiltration sewers are used to divert the clean rainwater to a number of playing fields. The system has now been in use for over 13 years to general satisfaction. Each year, the fields get inundated on five to ten occasions for several hours, with puddles reaching 10 to 20 cm in depth. Sometimes water depths reach 50 cm, and even then the fields only take two days to dry out. No more rainwater problems have occurred since. By channelling rainwater flows into these relatively large recreational areas they function as an additional rainwater buffer capacity. A simple countermeasure has prevented residential areas flooding.

| 347

## 7 Leersum, precautions

### **Multi-stage rainwater storage and infiltration facilities**

*ing. Harm Middelburg (Copier Advies), h.middelburg@copiergroep.nl*

*ing. Gert Lemmen (Grontmij), gert.lemmen@grontmij.nl*

In 2005, 2006 and 2007 extreme downpours in the hillside village of Leersum caused major flooding in houses, shops and the church. The local authority (Utrechts Heuvelrug) then decided to adopt structural measures to solve these problems in Leersum. Research and analysis by the consultancies DHV, Copier and Grontmij led the municipality to construct a range of large and smaller facilities to contain and retain the rainwater in stages also allowing it to infiltrate where it falls. This article discusses the implementation of these measures, focusing on the design principles and the model calculations. It also discusses the sizing of the facilities and the data being collected from these new storage and infiltration systems and the transfer of measurement data to the management department.

## 8 Borger-Odoorn (Exloo), precautions

### **Vertical infiltration: successful and cost-effective**

*Fokko Dijkstra (Wavin), fokko.dijkstra@wavin.nl*

*ir. Mark Vlok (Wavin), mark.vlok@wavin.nl*

Up to 2007, the village of Exloo in the municipality of Borger-Odoorn regularly had problems with a combined sewer overflows that discharged into the local woods. This caused stench and visual pollution, to the dismay of tourists and local residents. In 2007 the municipality decided to put a stop to the overloading of the combined sewer, and opted for an innovative method to deal with the rainwater. Using a 'vertical infiltration technique' turned out to be both successful and more affordable than existing methods. Vertical infiltration facilities can be quickly and easily installed, causing little or no disruption to local residents. The Wavin company has since used the technique for large-scale projects.

348 |

## 9 Tubbergen (Albergen), methods of analysis

### **Improved insight into rainwater problems using an integrated model**

*ing. Benno Steentjes (Oranjewoud / Antea Group), benno.steentjes@anteagroup.com*

Not only sewerage, but also surface-level flows, the layout of public spaces, and the nature of receiving waters all play their role when draining off precipitation. How can we gain insight into the interaction between these systems, and which model simulation best visualises potential flooding? In the municipality of Albergen these issues were addressed using six known problem locations. An integrated 1-D/2-D model simulation clearly offered advantages for mapping rainwater bottlenecks. Whether a similar integrated approach also offers the best solution in other urban areas is highly dependent on field experience and local knowledge. This article describes the Albergen research and its results. In addition it offers guidelines to rainwater modelling as well as other recommendations.

## 10 Nijmegen, methods of analysis

### **Researching possibilities of rainwater problem analysis using modelling methods**

*dr. ir. Jeroen Langeveld (Royal HaskoningDHV/TU Delft), jeroen.langeveld@rhdhv.com*

*ing. Bram Stuurman (Royal HaskoningDHV), bram.stuurman@rhdhv.com*

*Eduard Schilling (municipality of Nijmegen), e.schilling@nijmegen.nl*

On 27 June 2009 the city of Nijmegen experienced a very local, once-in-a-decade downpour. Some parts of the city experienced significant flooding, with streets turning into fast flowing streams, whereas in other parts hardly any rainfall was recorded. The city council immediately gathered all the information they could on this storm event and the problems it caused. Having such an complete data set makes this a good case for comparing the current urban pluvial flooding modelling approaches. The research tested four urban flooding models in combination with a 1D sewerage model. In addition, the impact of the quality of precipitation data on model performance was analysed using four types of rainfall data (rain gauges and rain radar). Combining four sources of rainfall data and four modelling methods produced 16 combinations to be analysed. The model results were compared with data collected from sewer measurements and flooding observations. The conclusion is that only the highest quality rainfall radar data combined with the most detailed urban flooding model produces acceptable results.

| 349

## 11 Gilze en Rijen, methods of analysis

### **Unique approach by municipality and water board results in integrated regional methods**

*ir. Ewald Oude Luttikhuis (MWH), ewald.oudeluttikhuis@mwhglobal.com*

In 2008 several locations in the municipality of Gilze en Rijen were severely affected by rainwater flooding. Loading docks, industrial parks, a roadside service station, a tunnel and a shopping centre were flooded. As this was not the first time that problems had occurred, it was decided to launch a structured campaign to tackle the matter. Together with the local water board, the municipality adopted a step-by-step approach to produce an integrated solution for the entire area. Options covering technical sewerage and surface water management aspects for both urban and rural areas were developed and investigated. The approach was unique in the way in it used rain data and simulation models. MWH used recent local rain data to produce a statistical 100-year precipitation sequence that included the current climate predictions. The close collaboration between the municipality and the water board has gone a long way to resolve the urban bottlenecks by taking measures in adjacent rural areas.



## 12 New Orleans, spatial planning

### **New, integrated and sustainable methods to combat precipitation problems in the U.S.**

*ir. Nanco Dolman (Royal HaskoningDHV), [nanco.dolman@rhdhv.com](mailto:nanco.dolman@rhdhv.com)*

*dr. ir. Frans van de Ven (Deltares / TU Delft), [frans.vandeVen@deltares.nl](mailto:frans.vandeVen@deltares.nl)*

In the wake of hurricane Katrina in 2005 the Hurricane & Storm Damage Risk Reduction System (HSDRRS) around New Orleans was improved with reinforced levees and flood barriers. Within the floodwalls of the HSDRRS, the urban water system is based on the immediate discharge of rainwater run-off. This affects the urban hydrology of New Orleans. The lack of water storage capacity within the living environment leaves the city unable to cope with the excess of rainwater during the wet hurricane season. This season starts in September and lasts six months and this lack can result in severe (local) flooding. The remaining six months of the year are very dry, allowing subsidence of the soft marshy subsoil. As the result of a U.S.-Dutch collaboration, the Greater New Orleans Urban Water Plan was presented in September 2013. This first Urban Water Plan in the U.S. proposes an integrated and sustainable approach to urban water management and spatial development.

350 |

## 13 Municipalities, spatial planning

### **Successful anticipation of extreme rain events depends on collaboration within municipalities and with local residents**

*ing. Annelies Straatman (Hogeschool van Amsterdam), [j.h.m.straatman@hva.nl](mailto:j.h.m.straatman@hva.nl)*

*dr. ir. Jeroen Kluck (Hogeschool van Amsterdam, Tauw bv), [jeroen.kluck@tauw.nl](mailto:jeroen.kluck@tauw.nl)*

This article describes how in recent years, a research team of the Amsterdam University of Applied Sciences has been investigating the ways municipalities deal with extreme precipitation events in urban environments. The research included the interviewing of municipal officials and discussing their experiences in implementing and embedding measures to counter flooding problems. Timely collaboration with public space managers is considered to be of special importance as ground surface features have an important role in preventing flooding of roads, houses and shops. Designing and implementing these measures requires the combined expertise and financial means of these various stakeholders. Another important point raised by those interviewed is the involvement of and collaboration with local residents.

## 14 Rotterdam, spatial planning

### **Additional water storage facilities reduce rainwater problems and make the city more attractive**

*ir. Jorg Pieneman (gemeente Rotterdam), jn.pieneman@rotterdam.nl*

*ir. Daniël Goedbloed (gemeente Rotterdam, nu Waternet), daniel.goedbloed@waternet.nl*

Extreme rain events are a major challenge in densely built-up and populated areas such as the centre of Rotterdam. Problems caused by extreme downpours underline the need for additional rainwater storage. It is a challenge for urban designers to create public spaces and buildings which can, when necessary, also serve as rainwater buffers. The municipality and the district water board have collaborated to create a large increase in the rainwater storage capacity both above and below ground in the centre of Rotterdam. The resulting set of measures has not only reduced rainwater flooding in the city centre but are also seen as an attractive addition to the city landscape.

| 351

## 15 IJsselstein, residences and residents

### **Effective approach to tackle domestic rainwater problems during summer showers**

*ir. Arnout Linckens (Wareco Ingenieurs), a.linckens@wareco.nl*

The residents of houses in IJsselstein were reluctant to go away for summer holidays, having experienced flooding caused by recent severe rain storms and for some more than once in one year. The nature of the problems varied greatly. In one house, water backed up and overflowed via the toilet bowl, in other houses convector heater wells flooded, or water was found to be entering through floors and walls. Insight into the situation was gained through interviewing residents and cross-section drawings detailing ground investigations, water level and ground level measurements. Using these the local authority could demonstrate to the residents what was necessary to alleviate the problems. The understanding and collaboration of the residents was ensured by fully informing and involving them in the solutions. No more problems were reported in 2012 and 2013.

## 16 Information, residences and residents

### **Information is everywhere – four ways to gather relevant data**

*Antal Zuurman M.Sc. (gemeente Nijmegen), a.zuurman@nijmegen.nl*

Municipalities find it hard to gather proper information about problems caused by severe rainfall. Extreme downpours are few and far between and can be highly local. Most people are not quick to complain about occasional and short lasting problems. However, accurate information is necessary in order to gain insight into the causes and effects of flooding, especially if adequate countermeasures are to be taken. One of the available tools is computer modelling but the results need to be compared with and verified by data gathered in the field. This article sketches four methods of gathering data based on the experience of researching rain generated problems in the town of Nijmegen. The data cover how public open spaces react to rainwater runoff and the effects of severe events on private property. The four methods are researching archives, problem reporting, field inventories, and interviews with residents. The research in Nijmegen shows how relevant information can emerge from the combination of data from different sources.

352 |

## 17 Domestic rainwater problems, residences and residents

### **Domestic rainwater problems – tools for sewerage experts**

*ir. John Evers (Kragten), je@kragten.nl*

In recent years there has been an increase in extreme rain events. As long as the resulting problems remain restricted to public open spaces and street flooding is of short duration, the nuisance is tolerated. However, once rainwater, or even sewage, enters private residences, severe nuisance results, and emotions of residents will often run high. When analysing the situation, sewerage experts need to remain as objective as possible and filter the available information correctly. This can be difficult, all the more because undocumented historical interior and exterior alterations to houses often make it almost impossible to understand how the drains actually work. This article offers advice on how to discover the causes of rainwater problems and appropriate solutions.

## 18 Amersfoort, new modelling tools

### **Detailed runoff and infiltration model provides insight into rainwater problems and the efficacy of countermeasures**

*drs. Maarten Spijker (HydroLogic), maarten.spijker@hydrologic.com*

*ir. Wytse Dassen (HydroLogic), wytse.dassen@hydrologic.com*

*Ina Loovers (municipality of Amersfoort), i.loovers@amersfoort.nl*

As part of the HydroCity project in Amersfoort, a highly detailed runoff and infiltration model was developed. The PriceXD model simulates the waterflows in a virtual model to visualise the effects of a range of rainwater events. It can show which proportion of rainwater runs off into the sewer system through storm drains, which part infiltrates, and which part runs off above ground. PriceXD models the urban hydrology in very fine detail by integrating high-grade spatial information and hydraulic models of both above and below ground. This allows urban water managers to better understand extreme events, and the actual nuisance caused by rainwater and helps evaluate the probable efficacy of both above and below ground countermeasures.

| 353

## 19 3Di development, new modelling tools

### **3Di – Technology and benefits of an integrated environment model for water in urban contexts**

*dr. ir. Elgard van Leeuwen (Deltares), elgard.vanleeuwen@deltares.nl*

*dr. ir. Wytze Schuurmans (Nelen en Schuurmans), wytze.schuurmans@nelen-schuurmans.nl*

As part of the 3Di Water Management research programme, a mathematical model is being developed that integrates water flows in public open space and in sewer systems. A robust calculation scheme enables the model to rapidly provide a realistic and highly detailed ('down to paving level') image of the water flows in an area. It also provides insight into the effects of interventions in water and wastewater systems and public spaces. In this respect 3Di has progressed far beyond the simple calculation of standard rainfall events. The 3Di mathematical model provides a means to arrive at pragmatic solutions for water nuisance issues by simulating the real world. It offers results for immediate assessment by others and not only modelling experts. This article discusses the current state of 3Di. What will the integrated environment model look like? What makes up the underlying calculation network? What will it enable you to do when it is finished?

## 20 Ground level, new modelling tools

### **Use of AHN2 and MLM laser data provides improved foundation for countermeasures**

*ing. Marcel Glasbergen (ARCADIS), marcel.glasbergen@arcadis.nl*

*ir. Michel Moens (ARCADIS), michel.moens@arcadis.nl*

With extreme weather events on the increase, municipalities are looking for ways to map not only the performance of sewer systems underground, but also the rainwater runoff and flooding at ground level. This requires highly detailed ground level information. The primary resources for such information are the Actueel Hoogtebestand Nederland - the Dutch Current Contour Database (AHN2) and the less well-known Mobile Laser Mapping (MLM). These offer interesting opportunities and each has its own specific criteria, and both are discussed in this article. Insight is also offered into the benefits by the use of AHN2 and MLM data in model simulations. The number of uncertainties can be reduced, thus improving the basis for determining countermeasures, both above and below ground..

354 |

## 21 Radar data, new modelling tools

### **Insight into extreme precipitation using multi-year radar data sets with high spatial detail**

*dr. ir. Aart Overeem (Hydrology and Quantitative Water Management Group of Wageningen University, and Royal Netherlands Meteorological Institute),  
aart.overeem@wur.nl*

Extreme precipitation in urban environments can cause considerable problems. In order to gain more insight into the performance of sewer systems and the urban environment much is to be gained from studying an extreme event and its consequences. Two recently developed climatological radar rainfall data sets offer new opportunities. These data sets cover the periods 1998-2012 (6-km areas) and 2009-2012 (1-km areas) and provide countrywide rain data with great spatial detail. This article analyses the data to gain more insight into the occurrence of extreme events in the Netherlands and in particular in urban environments. It discusses the average frequency of extreme events per year, the most extreme precipitation events, and the frequency of extreme precipitation per municipality. The results provide a different way of looking at extreme events in urban contexts.

## 22 Design standards, new modelling tools

### Looking beyond the standard design rain event

*ir. Harry van Luijtelaar (Stichting RIONED), [harry.vanluijtelaar@rioned.org](mailto:harry.vanluijtelaar@rioned.org)*

In the past five to ten years, problems caused heavy rain have increased in the Netherlands. The increase in the number of extreme downpours could help to explain the increase in rainwater problems. However, other issues also play a role, including the layout and redevelopment of public spaces, the phasing out of overflows, and schemes where rainwater runoff is directed away from combined sewers. The general effect is that runoff buffer capacity above ground level has become even more important. Unfortunately the current design method as laid out in the C2100 module (of the national sewerage manual) fails to take the ground-level buffer capacities into account. New techniques can combine the effects of extreme rainfall at ground level (runoff, storage, infiltration) with the underground sewer system. This can provide a basis for informed judgments regarding the vulnerability of an area and for choices over appropriate and effective countermeasures.

| 355

## 23 Report, authors workshop

### Inspiring authors workshop on dealing with extreme precipitation

*ir. Peter Ganzevles (Archirion), [peter.ganzevles@archirion.nl](mailto:peter.ganzevles@archirion.nl)*

In November 2013, the authors of the articles in this book took part in an inspiring workshop. Each was given five minutes to present the gist of their article. Regardless of the tight schedule, the presentations raised many questions. The lively debates that followed covered; the countermeasures offered by municipalities to prevent flooding, the consequences of tackling water problems, and the methods available to provide realistic visualisations of sewer and waterway systems. It was not the intention to answer to all the dilemmas, or to lay down a systematic and consistent method for tackling flooding. The participants' impressions will serve as an introduction to this publication and perhaps a way forward when looking for effective and consistent methods.

## 24 Survey, authors workshop

### Summary of topics from on-line workshop survey

*ir. Peter Ganzevles (Archirion), [peter.ganzevles@archirion.nl](mailto:peter.ganzevles@archirion.nl)*

By way of preparing for the 7 November 2013 workshop, the 32 authors and editors who worked on this book submitted a total of 60 propositions. After the workshop, they all responded to the propositions through an on-line survey. This article presents the most important results. Subjects that came up for discussion include collaboration with district water authorities, the value of design rain series and the spatial distribution of rain, model simulations, above and below ground countermeasures, and communication with third-parties. The survey results will be used to fuel discussions and the development and exchange of knowledge amongst experts and other interested parties. The general impression is that relatively limited countermeasures, in particular at street level, can prevent or reduce many problems caused by many severe rain events.





# Nabeschouwing van de redacteur

Het idee voor een project regenwateroverlast in bebouwd gebied is enkele jaren geleden geboren. In die periode is er met de adviseurs uit de vakwereld gesproken over een project om een aantal voorbeeldcases uit te werken in drie groepen van samenwerkende bureaus. Het idee was om de vakmensen met elkaar te laten samenwerken en de ontwikkeling en toepassing van nieuwe rekentechnieken te stimuleren. Op dat moment werden 1D/2D-rekenmodellen nog slechts bij hoge uitzondering toegepast en werd nog niet veel verder gekeken dan de traditionele benadering met bui08, eventueel voorzien van een klimaattoeslag.

358 |

Het is waarschijnlijk geen toeval dat de aandacht voor en de toepassing van nieuwe rekentechnieken om de effecten van regenwateroverlast te simuleren sindsdien fors zijn toegenomen. Dat is mede te danken aan de ontwikkeling van snellere en betere software en de beschikbaarheid van meer gedetailleerde en nauwkeuriger hoogtekaarten van het bebouwde gebied. Het is ook te danken aan het optreden van enkele zeer zware buien die in een flink aantal gemeenten de nodige overlast hebben veroorzaakt, soms een paar keer kort achter elkaar.

Veel vakmensen begrijpen dat we bij het functioneren van de riolering niet alleen moeten kijken naar bui08 door de buis, maar ook naar veel zwaardere buien die wegen en terreinen blank zetten. Een lastig punt van zware buien is dat ze maar zelden voorkomen. Een gemeente die maatregelen tegen regenwateroverlast heeft gerealiseerd, moet soms jaren wachten voordat het systeem in de werkelijkheid getest wordt. Het opbouwen van ervaring is lastig als het 10 of 20 jaar duurt voordat het weer zo hevig regent dat water schade veroorzaakt. Dat is een goede reden om aandacht te schenken aan de ervaringen van anderen. Dit gegeven is de aanleiding voor uitwerking van dit voorbeeldenboek met de stand van zaken op het gebied van ervaringen en ontwikkelingen anno 2014.

Begin 2013 heeft Stichting RIONED de vraag naar voorbeelden uitgezet onder de op het gebied van stedelijk water actieve ingenieursbureaus en alle RIONED-begunstigers, zoals gemeenten, waterschappen en onderzoeksinstituten. Een redactiecommissie heeft vervolgens 14 voorbeeldprojecten geselecteerd om uit te werken in een artikel voor dit boek. Daarnaast is aan zes vakmensen gevraagd een thema-artikel te schrijven. Het laatste artikel heeft ondergetekende zelf geschreven, als een antwoord op vele vragen van begunstigers.

Dit boek geeft de stand van zaken anno 2014 en deelt de huidige kennis en waardevolle ervaringen. Tegelijk geeft het zicht op lopende en noodzakelijke ontwikkelingen. De verdere ontwikkeling van rekentechnieken, benodigde informatie en het klimaat gaat de vakwereld voor zowel nieuwe mogelijkheden als uitdagingen stellen. Met nieuwe inzichten zullen we ons steeds beter en effectiever kunnen en moeten gaan wapenen tegen de gevolgen van extreme buien. In die ontwikkeling zal de riolerings-beheerder nóg beter moeten gaan afstemmen met zijn collega's van weg- en groen-beheer waar knelpunten het meest effectief aan te pakken zijn. En gemeenten en waterschappen zullen de riolering en het watersysteem (zowel kwantitatief als kwalitatief) in samenhang moeten gaan analyseren. Een integrale kijk op het functioneren van de riolering ondergronds, de voorzieningen bovengronds, het maaiveld en het ontvangende watersysteem is noodzakelijk.

Deze ontwikkelingen zullen om steeds meer en betere informatie vragen over:

- ruimtelijke verdeling van extreme neerslag;
- hoogteligging van het bebouwde gebied;
- ligging en werking van het watersysteem;
- detailinformatie van de aansluiting van kolken en perceelaansluitingen op de riolering.

Het is een noodzakelijke en onvermijdelijke ontwikkeling dat we dergelijke informatie op professionele wijze verzamelen, vastleggen en beheren. Dat kan een ieder niet op zijn eigen houtje doen, maar dat zal landelijk gecoördineerd worden in open standaarden. Deze ontwikkelingen zijn in volle gang en gaan ons op termijn helpen om steeds eenvoudiger en effectiever te kijken naar verleden, heden en toekomst én daar lering uit te trekken. Goede informatie is de sleutel (en nu nog vaak de 'missing link') in de cyclus van analyseren, leren en verbeteren.

De technieken om de werkelijkheid steeds beter na te bootsen, zullen ons helpen heldere afwegingen te maken hoe ver we willen gaan met het bestrijden dan wel accepteren van overlast. Het gaat er niet om blindelings te vertrouwen op nieuwe technieken. Terugkoppeling naar en toetsing op waarnemingen en ervaringen uit de praktijk zijn en blijven essentieel. Dan kunnen we ook goed onderscheiden waar nog verschillen zitten tussen theorie en praktijk (model en werkelijkheid). Simulaties met een steeds nauwkeuriger benadering van de werkelijkheid zullen ons helpen aan betere informatie als essentiële basis voor de keuze van effectieve en doelmatige maatregelen. Tegelijk moeten we waken voor een blind vertrouwen in rekenmodellen.

Dit project is uitgevoerd in een uiterst aangename samenwerking met ruim 30 zeer gemotiveerde vakmensen, die meerdere keren op tijd kopij hebben geleverd, open

antwoord hebben gegeven op kritische vragen van de redactie, hebben deelgenomen aan de werksessie voor het uitwisselen van kennis en ervaring en unaniem hebben deelgenomen aan een peiling met 60 stellingen over regenwateroverlast.

Dit proces waarin deze gemotiveerde groep vakmensen het beste van hun kunnen hebben getoond, was een zeer bijzondere ervaring. Dankzij dit boek profiteert de hele vakwereld daarvan.

**Harry van Luijtelaar**  
**Stichting RIONED**