

# Stresstest Regenwater

Op weg naar een hoogwaardige en betrouwbare signalering van kwetsbaarheden bij extreme neerslag

Stichting RIONED, versie 13 oktober 2017

## Doel

Stichting RIONED, koepelorganisatie voor stedelijk waterbeheer, levert met deze notitie input aan de standaardisatie van de stresstest zoals bedoeld in het Deltaplan Ruimtelijke Adaptatie. Stichting RIONED levert haar inbreng vanuit haar deskundigheid en vanuit haar inzet op een kwalitatief hoogwaardig en doelmatig stedelijk waterbeheer.

Bij het ontwikkelen van de standaard stresstest is het belangrijk deskundigen te raadplegen, zodat een zo goed mogelijke uitvoerbare procedure ontstaat met werkbare inhoudelijke eisen. In deze lijn heeft Stichting RIONED deze notitie uiteraard met ruggenspraak uit het werkveld opgesteld. Dit heeft geleid tot waardevolle inbreng en het inzicht dat er veel overeenstemming is over de voorstelde aanpak.

Stichting RIONED pleit al een aantal jaren voor het uitvoeren van simulaties door gemeenten en waterschappen om proactief inzicht te krijgen in de effecten van hevige regen. De stresstest en de standaardisatie daarvan passen geheel in dit streven. Met deze notitie wil Stichting RIONED de totstandkoming van een goede stresstest stimuleren. Zij is graag bereid een verdere inbreng te leveren en haar kennis en netwerk te mobiliseren. Het faciliteren van de aanpak van klimaatadaptatie is speerpunt van Stichting RIONED die daarvoor al vele producten en activiteiten heeft ontwikkeld en daar volop mee doorgaat.

## Focus op hevige buien en langdurige regen

Deze notitie is gericht op regenwateroverlast door hevige buien en langdurige regen. De stresstest moet landsdekkend zijn en zowel het stedelijk als regionaal watersysteem omvatten en daarmee zowel bebouwd als onbebouwd gebied.

Regenwateroverlast moeten we vooral bestrijden met ruimte om extreme hoeveelheden water tijdelijk te kunnen bergen. Om droogte te bestrijden hebben we vaak diezelfde ruimte nodig om water te kunnen bufferen om tijdelijke tekorten te kunnen voorkomen. De klimaatschade door droogte wordt hoger ingeschat dan die van regenwateroverlast. Dat wordt dus een interessante afweging.

## Verwachting stresstest?

Wij volgen de definitie van Wikipedia: Een stresstest is een testvorm waarbij de stabiliteit van een geheel wordt getest. Hierbij wordt getest met een zwaardere belasting dan gebruikelijk. Gekeken wordt wat er gebeurt onder bepaalde extreme omstandigheden.

In essentie is een stresstest een instrument/methodiek om kwetsbaarheden te signaleren. Het is geen instrument om kwetsbaarheden te beoordelen, te prioriteren, op te lossen, of te bepalen hoeveel dat gaat kosten.

Het is belangrijk om het doel van de stresstest klip en klaar helder te houden om een hoogwaardige (uniforme) standaardbenadering te bereiken.

### **Stresstest DPRA**

De stresstest regenwateroverlast lijkt in het DPRA te worden gezien als een hulpmiddel dat min of meer kant en klaar is voor gebruik. Die indruk wordt ook gewekt door betrokkenen die (de diensten met) dit hulpmiddel verkopen. De verwachtingen lijken hier wat te hooggespannen.

Zoals bedoeld in het DPRA moet kwetsbaarheid niet gelijkgesteld worden aan de “opgave”. De opgave wordt bepaald in de risicodialoog tussen de decentrale overheden en gebiedspartners (ambitie 2 DPRA). De kwetsbaarheid vormt daarbij belangrijke input.

Het standaardiseren van de stresstest heeft tot doel de kwaliteit van de testresultaten te waarborgen en waar nodig te verbeteren én de resultaten van de test van verschillende partijen onderling te kunnen vergelijken.

Standaardiseren kan de doorontwikkeling van een methodiek makkelijk belemmeren omdat zaken te strak worden vastgelegd. Het is de kunst de standaarden zo smart te formuleren dat ze vooral stimulerend werken op de doorontwikkeling van de methodiek.

### **Monitoren**

In het hele land moeten waterschappen en gemeenten de stresstest uitvoeren op basis van dezelfde gestandaardiseerde uitgangspunten. De vergelijkbaarheid van de resultaten van de stresstesten is een belangrijk uitgangspunt van het DPRA.

De stresstest is een belangrijk middel om de effectiviteit van het klimaatbestendiger maken van de stedelijke en landelijke gebieden op nationale schaal te kunnen monitoren door op een eenduidige manier te kijken naar ontwikkeling van de kwetsbaarheden.

Echter, een waterschap en een gemeente hebben de vrijheid om te bepalen hoe klimaatbestendig ze willen zijn. Dat betekent dat er keuzes moeten worden gemaakt in welke mate kwetsbaarheden worden aangepakt of geaccepteerd.

Voor de voortgang in het klimaatbestendiger maken van Nederland voor regenwateroverlast is het niet voldoende om alleen te kijken naar het aantal schadegevallen. Immers, als het een periode niet extreem hard regent, daalt het aantal schades.

### **Regenwateroverlast**

In de stresstest wordt gesimuleerd wat er gebeurt als er een ongebruikelijk zware bui op een gebied valt. Hier is het belangrijk om niet alleen naar het functioneren van de riolering en watersysteem te kijken maar vooral ook naar het functioneren van de bovengrondse inrichting. Het simuleren van de bovengrondse verwerking van extreme hoeveelheden regenwater heeft een belangrijke meerwaarde ten opzichte van de traditionele rioleringsberekening.

Volgende nauwkeurigheid van dergelijke simulaties is niet automatisch gegarandeerd. Een zeker ontwikkeltraject in gegevens en modellering en de inbreng van vakmanschap en lokale kennis en ervaring is nodig om tot een goede interpretatie van resultaten te komen. Het is dus een ontwikkeltraject voor de langere termijn waar ook op korte termijn al resultaten zichtbaar moeten worden.

### **Berekeningen moeten kloppen**

Bij de beoordeling van de resultaten van modelberekeningen is het niet juist om uit te gaan van de redenering dat de berekeningen niet hoeven te kloppen omdat de vergelijking van verschillende situaties of scenario's op zich waardevol zouden zijn. Overeenkomsten met de werkelijkheid gaan dan op toeval of andere factoren berusten.

De juiste gegevens moeten op de juiste wijze gebruikt worden. Anders gezegd: shit in = shit out.

### **Nauwkeurige schematisering nodig**

Dit betekent dat een stresstest schematisering een zo volledig, nauwkeurig en gedetailleerd mogelijke benadering van de werkelijkheid moet zijn. Het is nu echter (nog) niet altijd mogelijk om volledig, nauwkeurig en gedetailleerd te zijn.

Voorlopig zullen we nog concessies moeten doen. Voor een goede beoordeling van de resultaten van de stresstest is het belangrijk te weten op welke punten deze concessies zijn gedaan. In onze aanpak willen we dat regelen via een checklist *Verantwoording stresstest*.

### **Filosofie**

De basisgedachte is:

- dat het uitvoeren van een stresstest simulatie (nog) geen druk op de knop is;
- dat de resultaten niet per definitie voldoende betrouwbaar zijn
- dat een nadere analyse noodzakelijk is om de resultaten te verifiëren
- dat de kwetsbaarheid in beeld wordt gebracht, zonder een oordeel over de gewenste mate van klimaatbestendigheid.

Niet alle bestaande stresstestmethoden leveren gelijkwaardige resultaten. Hoe beter de werkelijkheid benaderd kan worden, hoe groter de nauwkeurigheid van de resultaten is en hoe eenvoudiger het is om de uitkomsten te interpreteren. Een hoogtekkaart van een gebied waarin de laagtes zijn opgevuld met water heeft duidelijk minder waarde dan een volledig dynamische simulatie van het onder- en bovengrondse systeem.

Het standaardiseren van een methodiek heeft onmiskenbaar grote voordelen maar mogelijk ook ongewenste bijwerkingen. Een groot aantal zaken kan eenvoudig worden geregeld in afspraken, waardoor resultaten betrouwbaarder en beter vergelijkbaar worden. Er zijn echter ook zaken die nog ontwikkeld moeten worden en waarvoor we nu aannames moeten doen omdat bijvoorbeeld bepaalde gegevens niet beschikbaar zijn.

Om de doorontwikkeling van de stresstest te bevorderen:

- moeten de resultaten van simulaties door deskundigen worden onderzocht en geïdentificeerd;

- is het belangrijk te vergaande versimpelingen op basis van aannames niet toe te staan, of hooguit alleen in de ronde van 2019 mits in elke uitgevoerde stresstest expliciet genoemd;
- is het noodzakelijk om bij te houden welke gegevens, aannames en benaderingen eraan ten grondslag liggen (zie opzet checklist in bijlage).

### **Standaardisering**

Het doel op termijn is een stresstest waarvan de resultaten van de simulaties met extreme neerslagsscenario's een vrijwel perfecte weergave zijn van wat er kan gebeuren.

De mogelijkheden van de rekenmodellen zullen nog groter worden, de benodigde informatie zal beter beschikbaar, nauwkeuriger en gedetailleerder worden. Het is lastig te schatten hoe snel die ontwikkelingen zullen gaan. De afgelopen jaren zijn flinke sprongen gemaakt. Het stimuleren van die ontwikkelingen dient te worden ingebouwd in de standaardisering van de stresstest.

De kwaliteit van een stresstest simulatie wordt primair bepaald door:

1. gebruik te maken van de best beschikbare gegevens; zoals bijvoorbeeld de meest recente versie van de AHN (Algemene Hoogtekaart Nederland) in combinatie met informatie uit het riool- en wegbeheer. Een beperking is dat voor een flink deel van Nederland AHN3 pas in 2018 of 2019 beschikbaar komt (<http://www.ahn.nl/common-nlm/inwinjaren-ahn2--ahn3.html>)
2. waar nodig de ontbrekende gegevens of schematiseringen in te vullen door de best beschikbare benaderingen: belangrijk zijn bijvoorbeeld de drempelniveaus van panden t.o.v. de hoogte van het terrein;
3. het integraal kijken naar het (samenhangende) functioneren van het hele gebied: bebouwd en onbebouwd, bodemgesteldheid, grondwater, oppervlaktewater, riolering en bovengrondse inrichting;
4. een volledig gedetailleerd (hoge resolutie) dynamisch rekenmodel waarin de (ondiepe) afstroming via het oppervlak/maaiveld nauwkeurig wordt berekend en de uitwisseling tussen boven- en ondergrondse systemen zo realistisch mogelijk kan worden benaderd.

Ad1) Een nauwkeurige en gedetailleerde hoogtekaart is een belangrijke basis voor de schematisering van het bovengrondse systeem. Kleine details in de hoogteligging van het maaiveld kunnen het verschil maken tussen wel of geen overlast. Controle van die hoogtekaart kan zich richten op kwetsbare punten en kleinschalige accenten zoals verkeersdrempels in wegen en stoepranden. Het aanpassen van de inrichting kan de kwetsbaarheid overigens zowel vergroten als verkleinen.

Ad2) Benaderingen van ontbrekende gegevens worden bij voorkeur zo gekozen dat dit een ongunstig effect heeft op de kwetsbaarheid van een gebied. Dit werkt stimulerend op het uitvoeren van nadere inventarisaties, die dan tot een klimaatbestendiger resultaat kunnen leiden.

Ad3) Een integrale benadering toepassen is wenselijk om tot een zo betrouwbaar mogelijk resultaat te komen:

- Het volledig meenemen van de riolering is vaak relevant en relatief eenvoudig. Een rioolstelsel kan grote hoeveelheden water verplaatsen van en naar punten waar je dat niet zomaar verwacht. Bijvoorbeeld: een drempel in de weg kan water tegenhouden maar via het riool stroomt het er dan onderdoor.
- In het verlengde van de riolering dient ook het oppervlaktewater te worden meegenomen. Vooral de duikers in watergangen moeten we niet vergeten. In hellende gebieden is de invloed van het oppervlaktewater vaak beperkt tot de lager gelegen delen van een stedelijk gebied. In (kleinere) polders kan de capaciteit van het watersysteem grote invloed hebben op het gehele (vlakke) stedelijke gebied.
- De bodemgesteldheid en het grondwatersysteem kunnen van grote invloed zijn resultaten. Het rekenen met grondwatermodellen is nog niet zo gebruikelijk maar is niet onbelangrijk. De informatie van grondwaterstanden is in stedelijke gebieden vaak nog verre van optimaal.

Het schematiseren van het watersysteem in en rond een gemeente dient in nauw overleg plaats te vinden met specialisten van het waterschap. Het rekenen met volledige combinatie van het watersysteem en inliggende stedelijke gebieden is (nog) niet overal mogelijk omdat de rekenmodellen dan te groot worden. Op termijn zal dat geen probleem meer zijn.

Ondertussen kunnen we de volgende stapsgewijze benadering toepassen:

1. Simulatie van het landelijke gebied volledig geschematiseerd in combinatie met vereenvoudigde schematiseringen van de inliggende stedelijke gebieden.
2. Vanuit dat resultaat de randvoorwaarden afleiden voor een gedetailleerde simulatie van de (individuele) stedelijke gebieden.
3. Simulatie van het stedelijke gebied volledig geschematiseerd in combinatie met een relevant deel van het oppervlaktewatersysteem.

Een goede afstemming tussen stad en ommeland is hier essentieel.

Ad4) De mogelijkheden en kwaliteit van de verschillende rekenmodellen kunnen sterk verschillen. STOWA heeft een benchmark uitgevoerd waarvan de resultaten najaar 2017 beschikbaar komen.

### **Neerslagsscenario's**

De keuze van 1 of meer neerslagsscenario's is een belangrijk uitgangspunt voor een stresstest. De volgende afwegingen spelen een rol:

- voor (de communicatie van) een eenvoudig en eenduidig testresultaat is beter zo min mogelijk scenario's te berekenen;
- voor een goede analyse van een testresultaat is het ook beter om zo min mogelijk scenario's te berekenen; het is belangrijker om de realiteit van een simulatie goed te analyseren/controleren dan om resultaten van verschillende simulaties te vergelijken;
- een voordeel van minder neerslagsscenario's nu is dat er in de toekomst meer ruimte laat om er scenario's naar nieuwe inzichten erbij te zetten;
- een neerslagsscenario moet de zwakke punten van een situatie duidelijk aan het licht brengen; dat is een lastig punt bij regenwateroverlast zowel in het stedelijke als landelijke gebied; het moet een bijzonder extreme belasting zijn, maar er zijn grenzen als het gaat om de herkenbaarheid van de resultaten;

- een bestaand neerslagsscenario gebruiken heeft als belangrijk voordeel dat we weten dat deze gebeurtenis al ergens een keer is opgetreden. Het weten van de exacte kans op een dergelijk scenario is minder relevant, dat weten we bij de stresstest voor de financiële sector ook niet.

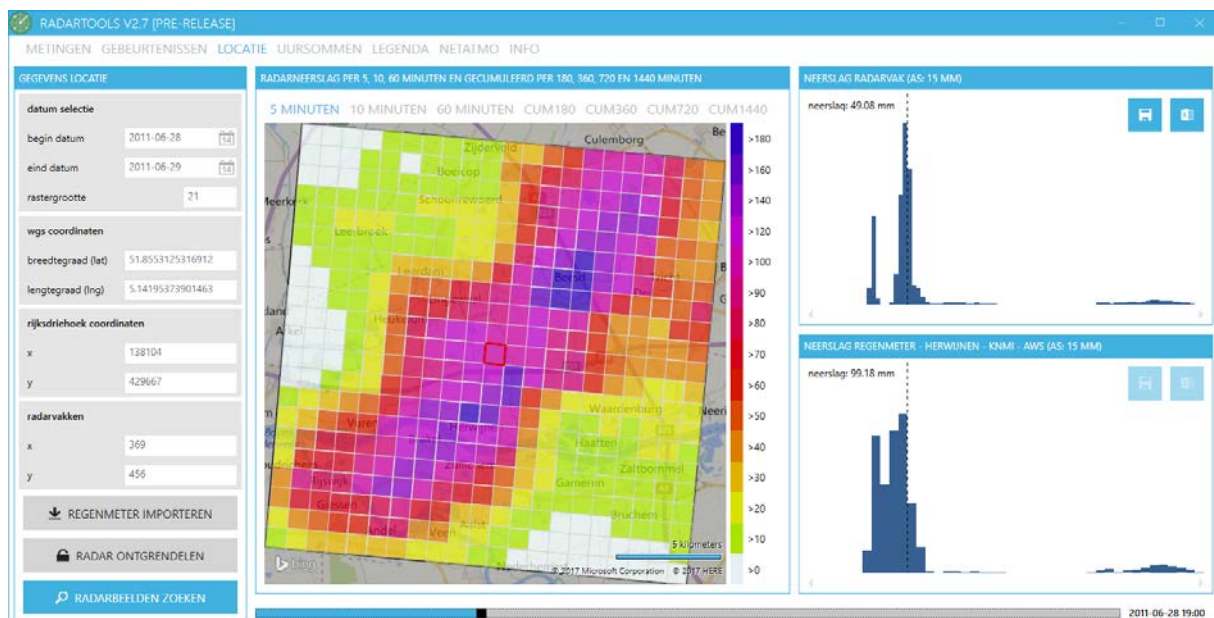
### Neerslagsscenario stedelijk gebied

Voor het stedelijke gebied vallen de buien van Kopenhagen (150 mm in 2 uur) en Münster (220 mm in 1,5 uur) voorlopig in de buitencategorie. Bui Herwijnen heeft volgens het klimaat van nu een herhalingsstijd van circa 1000 jaar, maar de verwachting is dat dergelijke buien in het toekomstige klimaat veel normaler gaan worden. Bui Herwijnen is in veel testsituaties al gebruikt als neerslagsscenario.

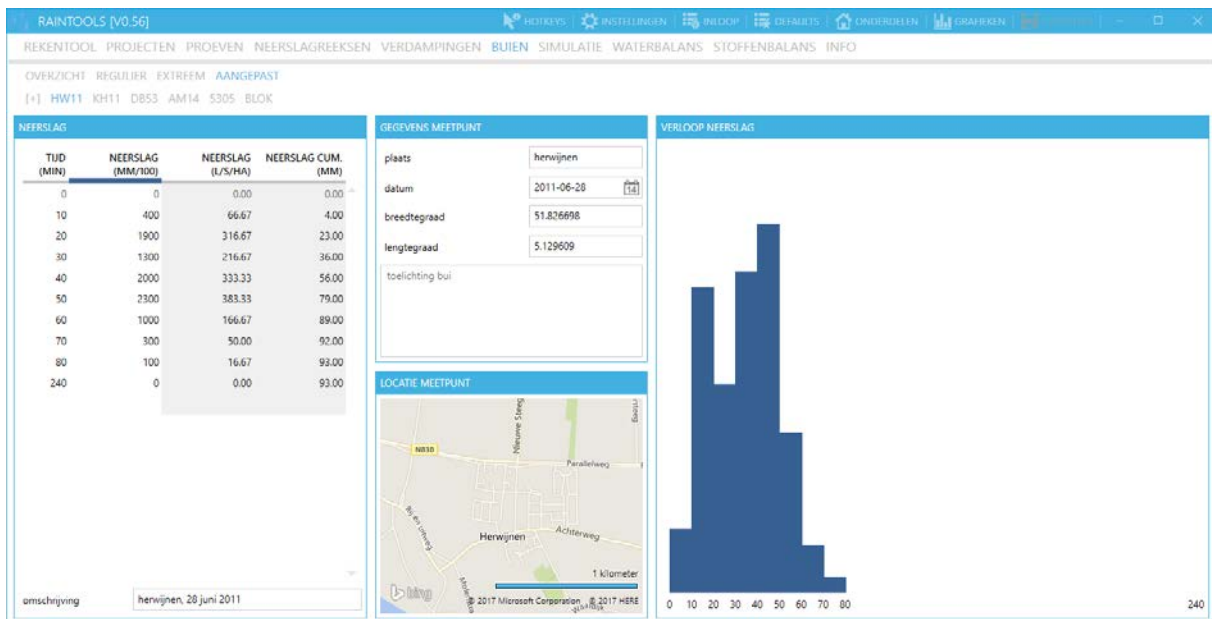
Op 11 juni 2011 is in Herwijnen ruim 90 mm neerslag in 80 minuten geregistreerd in een KNMI automatisch neerslagstation. Het was de eerste zeer extreme bui die is gevangen door een KNMI regenmeter.

Bui Herwijnen is een (relatief) korte felle bui die zeer geschikt is om de kwetsbaarheid van het stedelijke gebied te laten zien. De omvang van het regengebied is substantieel > 100 km<sup>2</sup> waardoor deze bui ook geschikt is voor het toepassen op grotere stedelijke gebieden (zie radarbeelden). Helaas is deze bui door de radarbeelden niet helemaal goed geregistreerd, mede omdat de dome van het KNMI werd overspoeld.

Belangrijker is de registratie van deze bui in een officiële KNMI regenmeter, die prima bruikbaar is in een stresstest. We kunnen bui Herwijnen toepassen door een volledig stedelijk gebied daarmee te belasten.



Radarbeelden bui Herwijnen met de verschillen tussen radarmeting en regenmeter. Opvallend is het relatief grote gebied waarop deze felle bui is gevallen.



Verloop bui Herwijnen, 28 juni 2011.

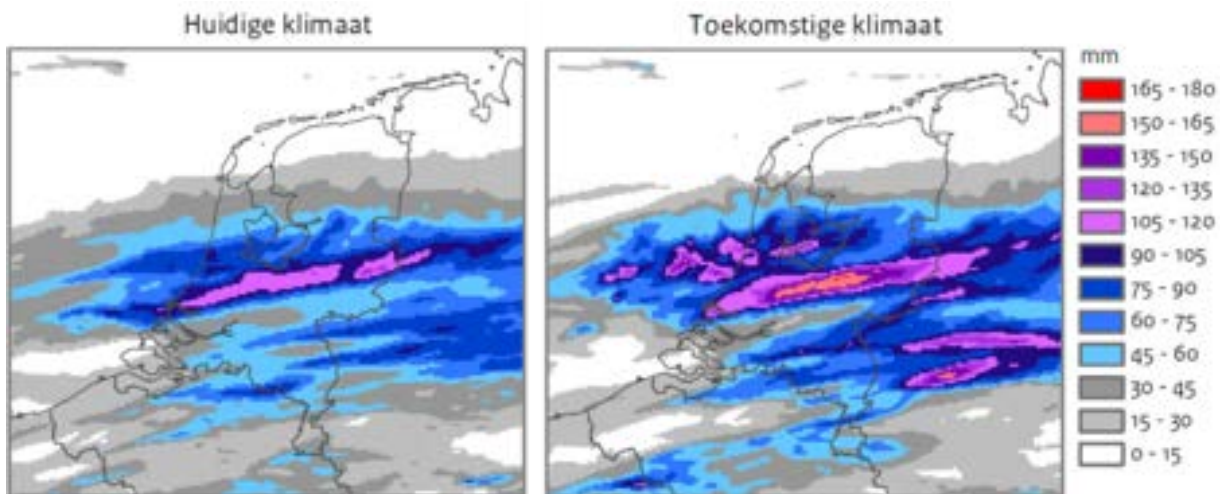
Bui Herwijnen is minder geschikt voor de test van het oppervlaktewatersysteem. Het is niet realistisch om een kortdurende extreme bui op een veel groter gebied dan de oorspronkelijke bui te laten vallen. Het is wel realistisch om met bui Herwijnen het volledige oppervlak van een stedelijk gebied en een deel van het watersysteem te belasten.

#### Neerslagscenario landelijk watersysteem

Voor de test van een landelijk watersysteem (waarvan stedelijk gebied deel kan maken) hebben we een bui nodig met een andere karakteristiek, een veel langduriger bui waarin dan ook meer neerslag kan vallen. De oppervlakte van stroomgebieden van watersystemen zijn vaak groter dan van stedelijke gebieden. Daarom is de ruimtelijke verdeling van de neerslag over een gebied hier belangrijk. Door gebruik te maken van radarbeelden kan een gebied op een realistische manier worden belast.

Voor dit doel is een historische bui beschikbaar van 26 en 27 augustus 2010, die ook is opgenomen in de KNMI 14 klimaatscenario's, als een voorbeeld van de ontwikkeling naar het toekomstig weer.

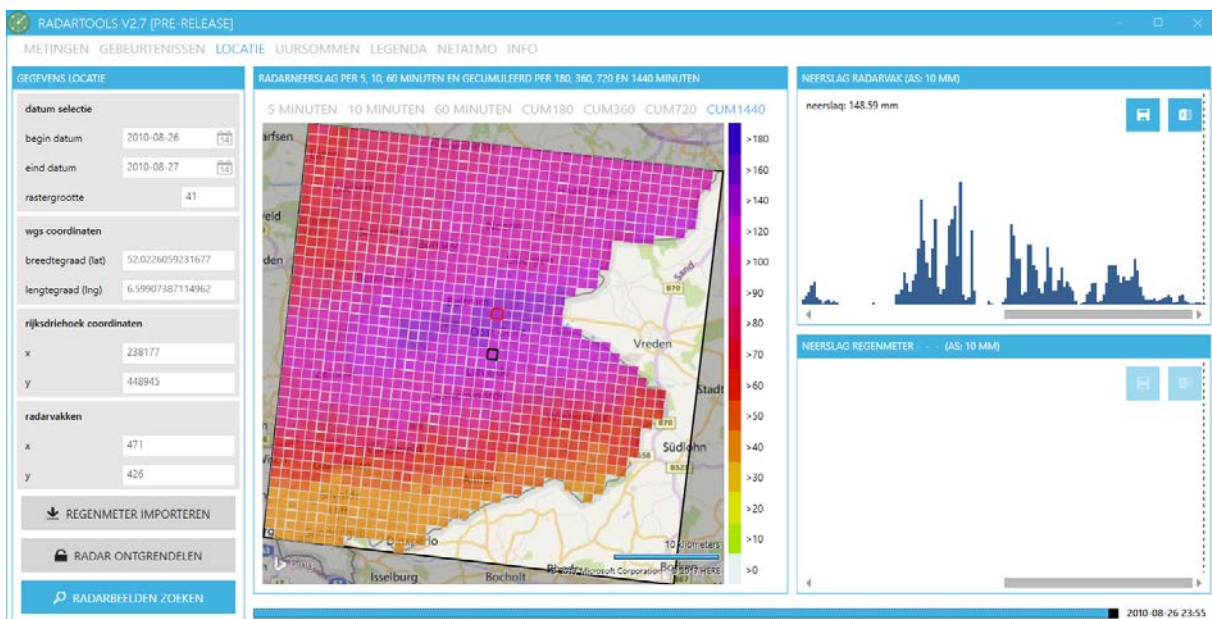
**Onderzoek WUR:** Op 26 en 27 augustus 2010 is in het automatische KNMI station Hupsel 163 mm neerslag gevallen over een periode van 26 uur. De totale regenval duurde van 26 augustus 4:00 uur tot 27 augustus 6:00 uur. Radarbeelden verschaffen informatie over de uitgestrektheid van de neerslag. De 24-uursom overschreed 100 mm in een gebied van ongeveer 2100 km<sup>2</sup>, 120 mm in 740 km<sup>2</sup> en 140 mm in 170 km<sup>2</sup>. De schaal van deze gebeurtenis is met stip de grootste in de afgelopen elf jaar: in de op één na grootste bui werd in een gebied van 450 km<sup>2</sup> meer dan 100 mm gemeten).



*Regengebied augustus 2010 getransformeerd naar het toekomstig klimaat voor een temperatuurstijging van + 2C.*

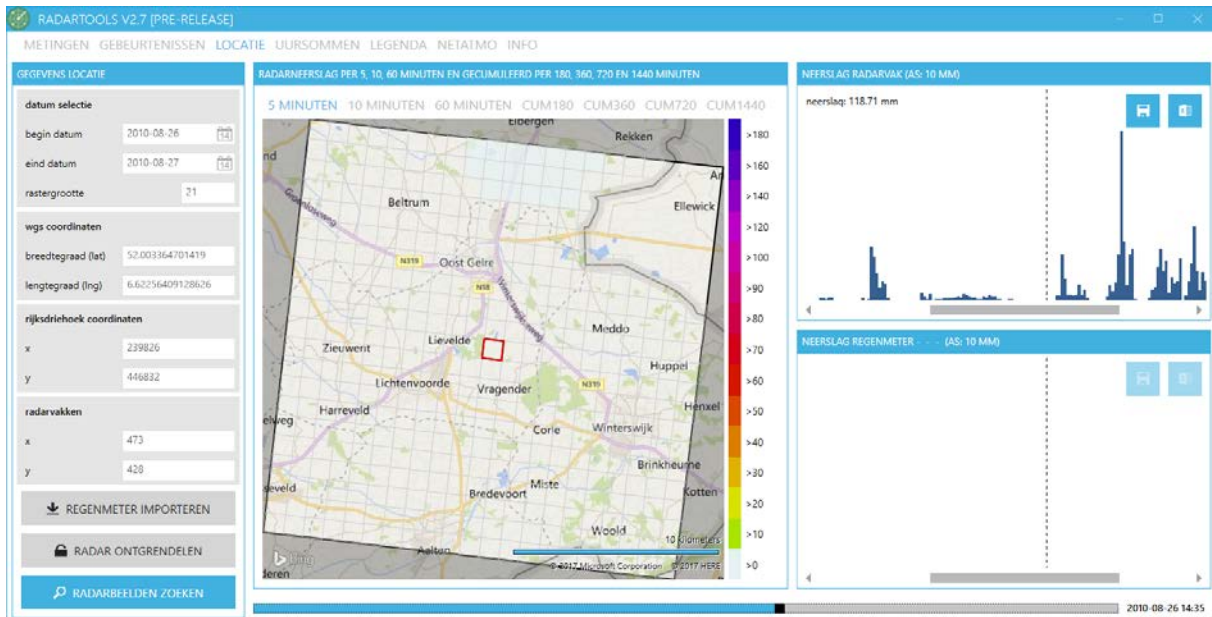
Deze bui is uitermate geschikt voor de stresstest van het watersysteem en het stedelijke gebied om de volgende redenen:

- de gebiedsomvang van deze bui is enorm groot waardoor de meeste watersystemen er vol door belast kunnen worden;
- deze bui is door het KNMI al getransformeerd naar een klimaatversie voor een temperatuurstijging van +2 C; bij deze transformatie is niet alleen de intensiteit van de neerslagpieken toegenomen maar ook de omvang van het intensieve regengebied is toegenomen; het gebied met meer dan 100 mm neerslag is bijna twee keer zo groot;
- deze recordbui is op verschillende locaties geregistreerd in een aantal automatische stations van het KNMI, zoals in Hupsel, Lievelede, Rekken, Borculo en Lichtenvoorde;
- van deze bui zijn goede en gedetailleerde radargegevens beschikbaar waardoor het mogelijk is met een dynamische neerslagbelasting op een gebied te rekenen

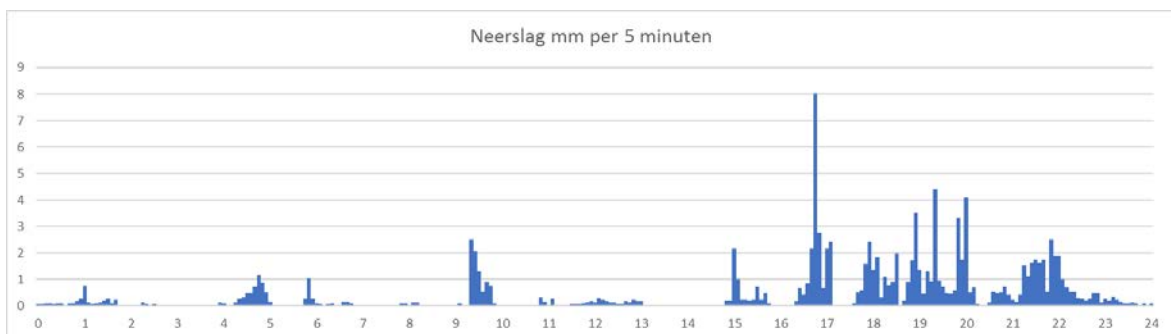


*12 uur neerslagsom op Achterhoek, einde dag 26 augustus 2010*





Het neerslagsscenario Achterhoek 2010 is niet alleen een interessante test voor het watersysteem maar ook voor het stedelijk gebied omdat er nog flinke (korter durende) pieken voorkomen in dat regengebied. Deze pieken zijn minder extreem dan in de bui Herwijnen waardoor de test met het neerslagscenario Achterhoek 2010 ook inzicht geeft in het functioneren van een stedelijk gebied onder minder extreme omstandigheden.



*Verloop neerslag per 5 minuten op een punt in het regengebied Achterhoek 26-8-2010*

### Klimaattransformaties neerslagscenario's

Bui Herwijnen 2011 en regengebied Achterhoek 2010 zijn opgetreden in het huidige klimaat. Een meer toekomstbestendige stresstest kijkt ook naar de klimaattransformaties van de neerslagscenario's:

- Voor het regengebied Achterhoek is die transformatie al uitgevoerd, waarbij neerslaghoeveelheden van 130 mm in 24 uur toenemen tot circa 180 mm.
- Bui Herwijnen kan op een vergelijkbare manier worden vertaald naar het klimaat voor 2080, met een toename van 30% op de neerslaghoeveelheid (per tijdstap).

### Vorbereiding stresstest

Bij het maken van de stresstest wordt ingestoken op, het zo nodig gefaseerd bereiken van, een zo volledig, nauwkeurig en gedetailleerd mogelijke benadering van de werkelijkheid. Het uitvoeren van een stresstest is meer dan het maken van een berekening en het presenteren van de resultaten. Een goede voorbereiding is belangrijk. De beschrijving van een ideale

voorbereiding en de uitvoering van de test zijn hier gericht op een situatie waarin voldoende tijd beschikbaar is. De periode tot 2019 zal voor een (groot) aantal gemeenten en waterschappen te kort zijn voor een ideale voorbereiding en uitvoering.

Om de resultaten van een stresstest goed te kunnen interpreteren is het belangrijk om over goede informatie te beschikken:

- Aanmaken van een hoogte/landgebruik kaart, verkennen van potentiële overlastlocaties, controleren van de kaart.
- Doorvertaling landgebruik, invullen van witte vlekken in bedrijventerrein die nog niet bebouwd zijn en geplande uitbreidingen van stedelijk gebied
- Inventariseren van relevante gegevens:
  - Drempelniveaus woningen, t.o.v. van aanliggende maaiveld.
  - Aanwezigheid souterrains en kelders onder woningen, winkels, bedrijven, musea etc.
  - Aanwezigheid inritten naar ondergrondse parkeerkelders en fietsenstallingen.
  - Situatie bij tunnels: waterberging, capaciteit ledigingsgemaal, aanwezigheid waterkeringen in toeritten.
  - Aanwezigheid en hoogteligging vitale voorzieningen voor bijvoorbeeld levering van elektriciteit en drinkwater en telecommunicatie.
  - Aanduiden panden met vitale functies of grote maatschappelijke waarde.
  - Duikers in watergangen, die een essentiële rol vervullen in het verdelen van water.
  - Bodemgesteldheid en metingen van grondwaterstanden, bij voorkeur continue registraties.
  - Metingen aan waterstanden van het oppervlaktewater. Een belangrijke randvoorwaarde voor het functioneren van de riolering vanwege het functioneren van overstorten of het instromen van oppervlaktewater in de riolering.
  - Controleren van de kenmerken van de riooloverstorten, zoals de vorm, de breedte en het niveau van de drempel.
  - Hoofdroutes van wegen
  - Meldingen en (YouTube) beelden van kwetsbare situaties
- Berekening functioneren van het rioelstelsel. Om een referentiebeeld te krijgen van de regenwaterafvoercapaciteit van het rioelstelsel dient een berekening te worden gemaakt met bui 06, 08, 09 en/of 10.
- Uitvoeren integrale proefberekeningen met een zware historische bui die recent op het gebied is gevallen.
- Nalopen kwetsbare locaties en controleren vreemde resultaten.
- Indien nodig aanvullende inventarisaties uitvoeren, zoals bijvoorbeeld een lokale scan van de hoogtekaart.

### **Uitvoering en analyse stresstest**

Het maken van een simulatie van een situatie met een extreem neerslagsscenario is het begin van een analysefase. Een kritische houding ten aanzien van de gekozen uitgangspunten en de berekende resultaten is belangrijk. Niet alles is wat het lijkt. De inbreng en ontwikkeling van vakmanschap is hier belangrijk.

Vooral daar waar specifieke problemen zitten verdient het aanbeveling om situaties en resultaten nader onder de loep te nemen. Hier is het belangrijk gebruik te maken van lokale kennis en verzamelde beelden, gegevens en informatie. Het is goed mogelijk dat er fors tijdsverschil zit in het oppakken van een situatie voor verbeteringen en de analyse van de probleemlocatie. Het is daarom wenselijk om lokale inzichten, informatie en analyses van experts per locatie vast te leggen op een kaart(laag).

Naarmate de schematisering van de situatie nog te wensen overlaat of op belangrijke punten niet compleet is, zijn de resultaten in het algemeen minder betrouwbaar. Het is soms lastig om in te schatten hoe gewenste verfijningen kunnen doorwerken in de betrouwbaarheid van resultaten. Afhankelijk van een situatie kan dat effect meer of minder belangrijk zijn. Dit is niet te vermijden in het doorontwikkelen naar een zo realistisch mogelijke benadering.

### **Rapportage resultaten**

Mogelijke vormen van resultaten zijn:

- Resultaten van een simulatie wordt basaal gepresenteerd in de vorm van waterdieptes op een hoogtekkaart. Hoe groter de waterdiepte, hoe donkerder de kleur blauw.
- Naast de berekende maximale waterstand is ook de duur van de overschrijding van een bepaald kritisch niveau van belang. Bijvoorbeeld om te bepalen hoe lang een woonwijk te voet of per fiets niet bereikbaar is na de extreme bui.
- Bepalen van het in een pand stromen van water gelet op de berekende waterniveaus tegen de gevels van panden en het (bekende of veronderstelde) niveau van de deurdrempels.
- Op basis van de berekende waterdiepten op wegen en het belang van de verkeersroute kunnen beperkingen in begaanbaarheid of volledige stremmingen worden bepaald. Bij die begaanbaarheid kan onderscheid worden gemaakt in hulpdiensten met voertuigen die makkelijker door ondergelopen wegen kunnen rijden.
- Verdergaande vormen van resultaten kunnen laten zien wat de herkomst is van het water dat zich op lage punten in een gebied heeft verzameld.

De resultaten van de stresstest samengevat in kwetsbaarheidsindicatoren:

- Aantal ondergelopen panden onderverdeeld in
  - Woningen
  - Souterrains
  - Bedrijven
  - Winkels
  - Vitale objecten zoals (energievoorziening, drinkwater, metrobuizen, rioolgemalen, chemische industrie)
  - Ondergrondse parkeergarages en fietsenstallingen
  - Etc.
- Het aantal panden kan ook worden doorvertaald naar een ondergelopen volume, door de oppervlakte van een pand te vermenigvuldigen met de waterhoogte boven de deurdrempel. Dit getal geeft een nadere invulling van ernst en de eventuele afname daarvan als gevolg van maatregelen.

- Aantal en duur stremmingen van
  - Hoofdroutes
  - Nevenroutes
  - Tunnels
  - Wijkontsluitingen

### **Verificatie**

De stresstest-simulatie dient met een plaatselijk bekende extreme bui geverifieerd te worden aan de hand van feitelijk waargenomen regenwateroverlast en daadwerkelijke schade in gebouwen geblokkeerde doorgaande wegen en aantasting van kwetsbare functies. Doel hiervan is dat professionals, betrokkenen en bestuurders situaties herkennen en vertrouwen krijgen in de gevolgen van de extreme regengebeurtenissen van de stresstest die zich over het algemeen nog niet ter plaatse hebben voorgedaan.

### **Verantwoording bij elke stresstest**

Naast de rapportage van de resultaten dient ook een verantwoording te worden gegeven van de uitvoering van de stresstest via het invullen van een checklist. Een eerste opzet van een dergelijke checklist is gegeven in een bijlage.

De checklist is een middel om de kwaliteit van de stresstest te kunnen nagaan en is tevens bedoeld als stimulans om de kwaliteit ervan te verbeteren.

Voor vakmensen die de resultaten van een stresstest willen beoordelen is het belangrijk om te weten waar de beperkingen zitten, welke essentiële zaken extra zijn gecontroleerd en welke, c.q. hoeveel aannames er zijn gedaan als het gaat om relevante gegevens.

## Bijlage **Checklist verantwoording stresstest**

Deze checklist moet in een proces met deskundigen verder worden aangevuld en verfijnd.

### **Met welke extreme buien heeft u gerekend ter verificatie van de stresstest simulatie?**

- Datum,
- Meting neerslag,
- Toelichting beschikbare waarneming

### **Met welke extreme buien heeft u gerekend voor de stresstest?**

- Herwijnen 2011
- Herwijnen 2080
- Achterhoek 2010
- Achterhoek 2080

### **Hoe is het rioolstelsel meegenomen in de testsimulatie?**

- Volledige gedetailleerd;
- Geïntegreerde simulatie van boven- en ondergronds systeem
- Vereenvoudigd tot een (meervoudig) reservoirmodel met berging, ledigings- en overloopcapaciteit?
- Niet

### **Hoe is de inloop van regenwater vanaf de weg naar de riolering geschematiseerd?**

- Inloop niet vanaf de weg, maar vanaf inloopmodel direct in riool
- Inloop via de inspectieputten
- Inloop via kolken, vaak in de lage punten van de weg, eventueel
- Inloop via kolken en kolkaansluitleidingen
- Inloop gelijkmatig verdeeld over de buis,

### **Hoe is de inloop van regenwater vanaf het perceel naar de riolering geschematiseerd?**

- Afstroming over het maaiveld, gebouwen nemen ook geen ruimte in beslag
- Daken rechtstreeks op het riool
  - Gebouwen
  - Bijgebouwen
  - Schuurtjes
  - Garages
- Afvoer van achter de woning naar het riool:
  - via een leiding met gelimiteerde capaciteit
  - via maaiveld
  - Anders, .....

**Hoe zijn de souterrains of andere ondergrondse panden meegenomen in de simulatie?**

- Locaties zijn onbekend
- Locaties zijn bekend, drempelniveau op de overgang naar de straat zijn specifiek geschematiseerd.

**Hoe zijn de tunnels meegenomen in de simulatie**

- Bemalingscapaciteit en volume bergingskelder zijn meegenomen
- Waterberging op de weg in tunnels is meegenomen.
- Hoogteligging omgeving tunnel is in detail opgemeten om toestroming van water naar de tunnel goed te kunnen schatten.

**Hoe is het oppervlaktewater meegenomen in de testsimulatie?**

- Volledige gedetailleerd
- Op basis van standaardprofielen
- Vereenvoudigd tot reservoirmodel
- Vereenvoudigd op andere wijze
- Niet

**Hoe is de afvoer vanuit het oppervlaktewatersysteem meegenomen?**

- Geschematiseerd zoals de aanwezige afvoer (stuw/gemaal/...) met gesimuleerde invloed vanuit benedenstrooms systeem
- Geschematiseerd zoals de aanwezige afvoer (stuw/gemaal/...) zonder gesimuleerde invloed vanuit benedenstrooms systeem (vrije uitstroom)
- Als vaste afvoer

**Hoe is het effect van het grondwater meegenomen:**

- Op basis van gedetailleerd bodemonderzoek
- Op basis van basiskaarten
- Niet

**Hoe is het effect van individuele maatregelen op een perceel meegenomen:**

- Niet

**Hoe is de onderhoudssituatie van het rioolstelsel ingebracht?**

- Op basis van integrale metingen;
- Op basis van simulatie n.a.v. steekproeven;
- Niet

**Hoe is de onderhoudssituatie van het oppervlaktewater ingebracht?**

- Op basis van integrale metingen;
- Op basis van simulatie n.a.v. steekproeven;

- Niet, uitgangspunt is optimaal werkend systeem

#### **Welke gegevens heeft u moeten schatten?**

- Drempelhoogte gebouwen, voor welk % van de gebouwen
- Welke aanname heeft u gedaan voor de drempelhoogte van een gebouw
- Capaciteit van de kolkaansluitingen op het rioolstelsel

#### **Vereenvoudigingen schematisering rekenmodel**

- Opvullen laagtes in een GIS-hoogtekaart via stroombanen
- Afstroming via een GIS-hoogtekaart
- Stroming via het maaiveld met speciale vergelijkingen voor lage waterstanden

#### **Samenstelling hoogtekaart**

- Gridafmetingen
- Vierkanten of driehoeken vlakken?
- Basiskaart AHN, welke versie?
- Aanvullende informatie uit wegbeheer
- Aanvullende informatie uit rioolbeheer
- Aanvullende informatie op specifieke punten uit laserscans

#### **Gebruik lokale informatie, kennis en ervaring:**

- Uitgangssituatie is getoetst aan de praktijk?
- Welke bui is daarvoor gebruikt (datum, hoeveelheid, piek, duur)?
- Informatie was beschikbaar via:
  - YouTube video's
  - Foto's
  - Informatie uit meldsysteem
  - Informatie uit enquête(s) onder bewoners/bedrijven in kwetsbare gebieden
  - Informatie van wijkbeheerders

#### **Welke stappen zijn gezet om de resultaten te verbeteren?**

- Aanvullende meting maaiveldhoogten
- Aanvullende meting overstortdrempels
- Aanvullende meting stuwen
- Aanvullende meting duikers
- Aanvullende meting kwetsbaar niveau (deuropening/raam/ventilatieopening/afrit)
- Nader onderzoek tunnelbemaling
- Voorleggen aan gebiedsbeheerders (gemeente en waterschap)
- Voorleggen aan bewoners
- Opnieuw berekenen

**Verantwoording**

Deze notitie is opgesteld door het bureau van Stichting RIONED.

Met dank aan: Gert Dekker, Dolf Kern, Kees Broks, Joost Heijkers, Paul van Oss, Guy Henckens, Erik Liefink, Marcel Tirion, Ron Kaptijn, Daniel Goedbloed, Michelle Talsma, Bert Palsma.