

## **Overstromingsrisico's door intense neerslag**

Ten behoeve van de voorlopige risicobeoordeling  
ikv EU-Richtlijn Overstromingsrisico's





## Overstromingsrisico's door intense neerslag

Ten behoeve van de voorlopige risicobeoordeling ikv EU-Richtlijn Overstromingsrisico's



11202192-007



## Titel

Overstromingsrisico's door intense neerslag

Opdrachtgever	Project	Kenmerk	Pagina's
Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat	11202192-007	11202192-007-ZWS-0002	43
<b>Classificatie</b> (n.v.t.) tot			

## Trefwoorden

Intense neerslag, voorlopige overstromingsrisicobeoordeling, Richtlijn Overstromingsrisico's

## Samenvatting en bijsluiters voor gebruik

Bij de Voorlopige Risico Beoordeling (VORB) in het kader van de 2<sup>e</sup> ronde ROR moet worden vastgesteld of het risico van overstroming door intense neerslag moet worden aangemerkt als een significant risico. Het risico van overstroming door intense neerslag is afhankelijk van een groot aantal factoren. De gevoeligheid voor intense neerslag verschilt ook aanzienlijk tussen verschillende typen gebieden binnen Nederland. Ter onderbouwing van de beoordeling is daarom een landelijke verkenning uitgevoerd naar het risico van overstroming door intense neerslag. Het ontwikkelen van een landelijke kaart voor het risico van overstroming door intense neerslag stond daarbij centraal.

De modellering binnen de verkenning is toegesneden op het vraagstuk van kortstondige overstroming door intense neerslag en kent een aantal vereenvoudigingen in de beschrijving van het neerslag-afvoerproces. Belangrijke processen bij overstroming door intense neerslag zijn de beschikbare riool-en infiltratiecapaciteit, de mate van verharding en de hellingsgraad.

Voor de modellering is in deze verkenning gebruik gemaakt van een bestaand instrumentarium van Tygron. Dit instrumentarium heeft zijn waarde inmiddels in verschillende toepassingen bewezen. De gekozen modellering maakte het mogelijk om voor heel Nederland op een gedetailleerde ruimtelijke schaal van 2 x 2m overstromingen door intense neerslag te simuleren.

Er zijn risicoberekeningen uitgevoerd voor uiteenlopende neerslagintensiteiten. Hiermee is een scherper beeld verkregen van de gevoeligheid voor overstromingen door intense neerslag binnen Nederland. Voor een landsdekkende validatie van de berekeningsresultaten waren de beschikbare waarnemingen en tijd onvoldoende. In het kader van het onderzoek is daarom ingezoomd op een drietal gebieden met uiteenlopende kenmerken en met verschillende gevoeligheid voor intense neerslag. Voor die drie gebieden is een redelijk tot goede overeenkomst gevonden van de simulatieresultaten met lokale waarnemingen en inzichten. Er zijn geen aanwijzingen voor belangrijke systematische afwijkingen: tegenover een onderschatting op de ene plek zal een overschatting staan op een andere plek. De resultaten passen eveneens binnen de range van de *vooraf* door experts expliciet gemaakte verwachtingen. De berekeningsresultaten geven op landelijke schaal dan ook een goede eerste indicatie van het risico van overstroming door intense neerslag.

Bij gebruik van instrumentarium en resultaten buiten het aangegeven doel past voorzichtigheid. Andere vraagstukken kunnen andersoortige eisen stellen aan de modellering, bijv. ten aanzien van te beschouwen processen. De modellering was gericht op lokale overstromingen door intense neerslag en is zonder aanpassingen niet geschikt voor het modelleren van meer regionale wateroverlast door langdurige neerslag. Voor toepassing op een specifiek gebied blijft validatie van uitkomsten belangrijk; zo mogelijk een validatie aan waarnemingen, maar in ieder geval aan inzichten van experts.



**Titel**

Overstromingsrisico's door intense neerslag

**Opdrachtgever**Ministerie van Infrastructuur  
en Waterstaat**Project**

11202192-007

**Kenmerk**

11202192-007-ZWS-0002

**Pagina's**




43

**Classificatie**

(n.v.t.) tot

**Referenties**

--

Versie	Datum	Auteur	Paraaf	Review	Paraaf	Goedkeuring	Paraaf
	Sept. 2018	Kymo Slager		Nathalie Asselman		Gerard Blom	

**Status**

definitief

## Inhoud

<b>1 Management samenvatting</b>	<b>1</b>
1.1 Doel van reikwijdte van het onderzoek	1
1.2 Modelleren van intense neerslag	1
1.3 Overstromingsbeeld bij verschillende neerslagintensiteiten	1
1.4 Validatie van uitgevoerde berekeningen	2
1.5 Overstromingsrisico's door intense neerslag en vergelijking met andere typen overstromingsrisico's	2
1.6 Reflectie op aanpak en resultaten van verkenning	4
<b>2 Inleiding</b>	<b>5</b>
2.1 Aanleiding en kader	5
2.2 Uitgangspunten vanuit EU-Richtlijn Overstromingsrisico's	7
2.3 Doel en reikwijdte	7
2.4 Leeswijzer	7
<b>3 Bestaande inzichten</b>	<b>9</b>
3.1 Inleiding	9
3.2 Landsdekkende studies	9
3.3 Stresstest Deltaprogramma Ruimtelijke Adaptatie	10
3.4 Beschikbare informatie Klimaateffectatlas	11
3.5 Eisen aan landelijk overzicht ten behoeve van voorlopige risicobeoordeling	12
<b>4 Methode</b>	<b>15</b>
4.1 Uitgangspunten	15
4.2 Bepalen van overstromingsgevaar	15
4.3 Bepalen van gevolgen van overstroming	19
4.3.1 Economische schade aan gebouwen	19
4.3.2 Aantal mogelijk getroffen inwoners	21
4.3.3 Aantal mogelijke dodelijke slachtoffers	21
4.3.4 Overige gevolgen	21
4.4 Bepalen van overstromingsrisico's	22
4.5 Beperkte gevoeligheidsanalyse van modelinvoer	23
4.6 Beoordeling van resultaten door experts	24
<b>5 Resultaten</b>	<b>25</b>
5.1 Resultaten voor studiegebieden	25
5.2 Indicatie overstromingsgevaar door intense neerslag	31
5.3 Indicatie gevolgen van overstromingen door intense neerslag	32
5.4 Indicatie landsdekkende overstromingsrisico's door intense neerslag	32
5.5 Indicatie invloed van klimaatverandering landsdekkende overstromingsrisico's door intense neerslag	33
5.6 Indicatie van meest gevoelige modelinvoerparameters	35
<b>6 Discussie</b>	<b>37</b>
6.1 Conclusies	37
6.2 Aanbevelingen	38

<b>7 Referenties</b>	<b>41</b>
<b>8 Begeleidingscommissie</b>	<b>43</b>
<b>Bijlage(n)</b>	
<b>A Keuzes in modelinvoer</b>	<b>A-1</b>
<b>B Vragen aan experts / Resultaten vragenlijst</b>	<b>B-1</b>



# 1 Management samenvatting

De Europese Richtlijn Overstromingsrisico's (EU-ROR) vraagt aan de lidstaten om uiterlijk 22 december 2018 een voorlopige overstromingsrisicobeoordeling (VORB) uit te voeren. Deze beoordeling wordt door Nederland uitgevoerd voor verschillende bronnen van overstroming: de rivieren, de zee, meren en regionale watersystemen, waaronder boezemsystemen. Overstromingsrisico's als direct gevolg van intense neerslag (in het Engels aangeduid als 'pluvial flooding') kunnen mogelijk ook potentieel significant zijn. Daarom is met instemming van de Stuurgroep Water in het kader van de VORB een onderzoek uitgevoerd naar de gevoeligheid van overstromingen door zeer intense neerslag.

## 1.1 Doel van reikwijdte van het onderzoek

Het doel van het onderzoek was om, voor de zomer van 2018, een landsdekkend overzicht te verkrijgen van de risico's van (kortstondige) overstroming door intense neerslag. Het gaat hierbij om overstroming, die optreedt als gevolg van directe afstroming van regenwater via het landoppervlak en die (nog) niet de waterloop of het rioolsysteem heeft bereikt. Dit type overstromingen doet zich vooral voor na wolkbreuken in de zomer. De overstroming is kortstondig en doorgaans lokaal van aard en kan schade toebrengen aan (de inboedel van) gebouwen, landbouwgewassen en door uitval van wegen.

In het kader van het onderzoek is een indicatieve risicokaart van Nederland opgesteld met daarop per locatie een inschatting van de kans van voorkomen en mogelijke gevolgen (in het bijzonder economische schade). De kaart is ontwikkeld op een schaalniveau dat past bij een vergelijking met de andere typen overstromingen en dat recht doet aan de nauwkeurigheid van het resultaat. In het onderzoek is onder meer gebruik gemaakt van de laatste neerslagstatistieken van het KNMI, een toegesneden neerslag-afvoermiddel ('Rainfall overlay' van Tygron) en een sterk vereenvoudigd schademodel, gebaseerd op de waterschadeschatter.

## 1.2 Modelling van intense neerslag

Voor de modellering van kortstondige overstroming door intense neerslag wordt gebruik gemaakt van een vereenvoudigd hydrodynamisch model: 'Rainfall overlay' van Tygron. Op basis van informatie over neerslag, beschikbare infiltratie- en rioolafvoercapaciteit (standaard gelijk gesteld aan 20 mm/uur), het aanwezige reliëf (DEM met een resolutie van 2x2 m<sup>2</sup>) en de bodemruwheid, berekent dit model hoe de neerslag al dan niet tot oppervlakkige afstroming komt en welke waterdieptes daarbij op kunnen treden.

Er zijn indicatieve maximale waterdieptes berekend voor drie neerslagintensiteiten, te weten: 35, 70 en 140 mm in 2 uur. Deze intensiteiten zijn gebaseerd op de laatste neerslagstatistieken voor kortdurende buien (STOWA, 2018). De intensiteiten komen grofweg overeen met gebeurtenissen op een willekeurige locatie in Nederland met een herhalingstijd van 10, 100 respectievelijk 1000 jaar. Dit zijn herhalingstijden die aansluiten bij de gehanteerde klassen in de EU-ROR.

## 1.3 Overstromingsbeeld bij verschillende neerslagintensiteiten

Kortdurende, intense neerslag komt met name voor in de zomerperiode en veroorzaakt de grootste overlast (en schade) in bebouwd gebied. In bebouwd gebied zijn bijna altijd laaggelegen verharde delen aanwezig die kwetsbaar zijn.

De simulaties laten zien dat bij een extreme bui van 70 mm of meer zo'n 10-20% van het landoppervlak onder (meer dan 5 cm) water kan komen te staan. Locaties waar het overstromingsgevaar door intense neerslag groot is, zijn (fiets)tunnels, in het landschap verlaagd aangebracht (spoor)wegen, plekken met een hoge verhardingsgraad, zoals centrale pleinen, industrieterreinen (incl. glastuinbouw), parkeerterreinen en smalle lokale wegen, straten en woonerven. Op gras- en akkerpercelen en recreatieterreinen vormen zich kortstondig plassen in lokale depressies.

De gevoeligheid voor intense neerslag verschilt binnen Nederland. In sommige woonkernen treedt al overlast/schade op bij buien die ongeveer 1x per 20-50 jaar voorkomen; in andere woonkernen is pas sprake van schade bij veel extremere situaties (minder vaak dan 1x per 100 jaar). In de vlakke poldergebieden en het rivierengebied variëren de maximale waterdieptes op straat en op het land tussen de 10-20 cm bij toenemende bui-intensiteit. Lokaal kan in tunneltjes en depressies tot 60 cm waterdiepte optreden. Op de hogere zandgronden met matige hellingen wordt een iets grotere variatie berekend in de gemiddelde waterdiepte. In sterk hellende gebieden (zoals Zuid-Limburg) treden gemiddeld grotere waterdiepten op van 20-60 cm, met lokale uitschieters van meer dan 1,5 meter. In deze gebieden moet ook rekening worden gehouden met hogere stroomsnelheden, die tot gevaarlijke situaties voor personen kunnen leiden.

#### 1.4 Validatie van uitgevoerde berekeningen

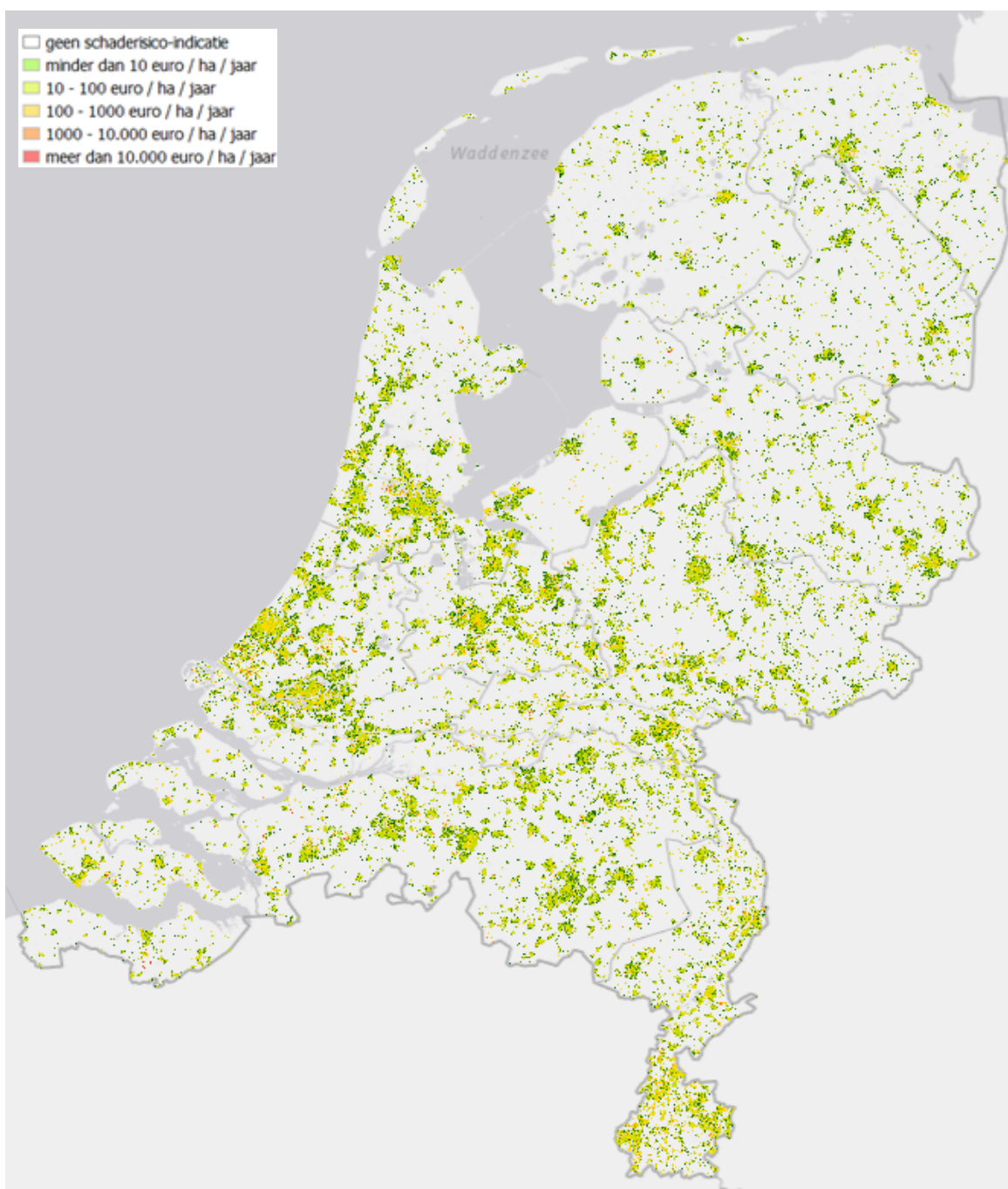
Met de uitgevoerde neerslagafvoerberekeningen is een scherper beeld verkregen van de gevoeligheid voor overstromingen door intense neerslag binnen Nederland. Voor een landsdekkende validatie van de berekende overstromingen (lokatie en waterdieptes) waren de beschikbare waarnemingen en tijd onvoldoende. In het kader van het onderzoek is daarom ingezoomd op drie gebieden met uiteenlopende kenmerken en met verschillende gevoeligheid voor intense neerslag.

Voor deze drie gebieden (Bodegraven, Rijssen en Meerssen) zijn de resultaten in meer detail geanalyseerd. Deze drie gebieden bevatten alle een bebouwde kern omgeven door landelijk gebied en representeren verschillende landschapstypen in Nederland: een poldergebied op klei in West-Nederland, vrij-afwaterend gebied op zand in Oost-Nederland, sterk (hellend) vrij-afwaterend gebied op löss in Zuid-Nederland.

Voor de drie gebieden is een redelijk tot goede overeenkomst gevonden van de simulatieresultaten met lokale waarnemingen en inzichten. De resultaten passen eveneens binnen de range van de *vòóraf* door experts expliciet gemaakt verwachtingen. De berekeningsresultaten geven op landsdekkende schaal dan ook een goede eerste indicatie van het gevaar van overstroming door intense neerslag.

#### 1.5 Overstromingsrisico's door intense neerslag en vergelijking met andere typen overstromingsrisico's

Voor de maximale waterdieptes per bui-intensiteit is een bijbehorende schade-indicatie bepaald. In het onderzoek is alleen met directe schade in gebouwen gerekend. Verkennende analyses met de Waterschadeschatter lieten zien dat dit veruit de belangrijkste schadecategorie is. Verder is de schadefunctie vereenvoudigd tot een representatieve grenswaarde: d.w.z. vanaf waterdieptes groter dan 5 cm ten opzichte van de drempelhoogte van een gebouw, wordt een gebouw als overstroomd beschouwd met schade tot gevolg. Op basis van de schade-indicaties voor de drie bui-intensiteiten is een verwachte jaarlijkse schaderisico-indicatie berekend.



Figuur 1.1 Landsdekkende indicatieve overstromingsrisicokaart door intense neerslag

Het – in deze globale studie - berekende schaderisico (kans x gevolg) in bebouwd gebied is qua orde grootte vergelijkbaar met het overstromingsrisico bij falen van regionale waterkeringen, maar veel lager dan het overstromingsrisico als gevolg van doorbraken van primaire waterkeringen langs het hoofdwatersysteem. De gevolgen ten opzichte van regionale keringen zijn weliswaar beperkter, maar de kans van voorkomen groter. De grootste bijdrage aan het schaderisico wordt veroorzaakt door overstromingen van bedrijfsgebouwen en publieke gebouwen. In tegenstelling tot andere overstromingstypen is het risico veel gelijkmatiger verspreid over Nederland; nl. over *alle* bebouwde gebieden.

Door toename van de kans op intense neerslag zal het schaderisico in 2085 ruwweg verdubbelen. Door toegenomen welvaart (en daarmee grotere schadegevoeligheid) zal de schade naar 2085 toe nog (een factor 4 bij 1,9% jaarlijkse groei) verder toenemen.

## 1.6 Reflectie op aanpak en resultaten van verkenning

In dit verkennende onderzoek is voor de modellering een aantal samenhangende keuzes gemaakt om in korte tijd een landelijk consistent beeld te kunnen genereren van het overstromingsrisico ten gevolge van intense neerslag. Dit beeld biedt voldoende houvast voor het beoordelen in hoeverre bij intense neerslag sprake is van een significant risico. De nauwkeurigheid van de berekende risico's kan echter op verschillende manieren worden vergroot:

- Het gevaar (maximale waterstanden) kan beter en met meer nuance in beeld worden gebracht door meer buien met verschillende frequenties door te rekenen; met name frequenties in het bereik van 1/10 tot 1/100 jaar en met een hogere resolutie.
- Met name voor het doorrekenen van minder intense buien verdient het aanbeveling om ook de beschikbare rioolcapaciteit gedetailleerder in beeld te brengen.
- Voor een betere schatting van de gevolgschade, zijn vooral verbeteringen nodig bij het vaststellen wanneer (bij welke waterdiepte op straat) welke bebouwing daadwerkelijk onder water komt te staan en bij het bepalen van de schadegevoeligheid van die bebouwing.

De verkenning was gericht op het berekenen van economische risico's ten gevolge van overstroming door intense neerslag. De simulatieresultaten kunnen ook worden benut om andere effecten in te schatten, denk hierbij aan het overstromingsgevaar voor kwetsbare cultuurhistorische objecten, vitale infrastructuur, en locaties met grote kans op verkeershinder door ondergelopen uitvalswegen en doorsnijding van kortste routes voor hulpdiensten.

Bij gebruik van instrumentarium en resultaten van deze studie buiten het doel van de verkenning past voorzichtigheid. De modellering was gericht op lokale overstromingen door kortdurende intense neerslag en is zonder aanpassingen niet geschikt voor bijvoorbeeld het modelleren van meer regionale wateroverlast door langdurige neerslag. Voor toepassing op een specifiek gebied blijft validatie van uitkomsten belangrijk; zo mogelijk een validatie aan waarnemingen, maar in ieder geval aan inzichten van experts.

## 2 Inleiding

### 2.1 Aanleiding en kader

De Europese Richtlijn Overstromingsrisico's (EU-ROR) vraagt in artikel 4 en 5 aan alle lidstaten om uiterlijk 22 december 2018 een voorlopige overstromingsrisicobeoordeling (VORB) uit te voeren. Naast een beschrijving van historische gebeurtenissen is er in Nederland ook voor gekozen artikel 4.2(d) uit te voeren: *'een beoordeling van de mogelijk negatieve gevolgen van toekomstige overstromingen voor de gezondheid van de mens, het milieu, het cultureel erfgoed en de economische bedrijvigheid...'*.

De voorlopige beoordeling moet door Nederland worden uitgevoerd voor verschillende bronnen van overstroming, zoals vanuit de rivieren, de zee, meren en boezemsystemen. Ook overstromingsrisico's als direct gevolg van intense neerslag (in het Engels aangeduid als 'pluvial flooding') zouden potentieel significant kunnen zijn. Daarom heeft de Stuurgroep Water op 11 oktober 2017 ingestemd met het uitvoeren van een onderzoek naar de gevoeligheid voor overstromingen door zeer intensieve neerslag in het kader van de VORB.

In Nederland wordt dit type overstroming vaak als een vorm van wateroverlast geduid. In dit onderzoek vermijden we deze term verder omdat wateroverlast niet eenduidig is gedefinieerd en de term voor de Richtlijn niet verder van belang is. We noemen het hier verder 'overstroming door intense neerslag'.

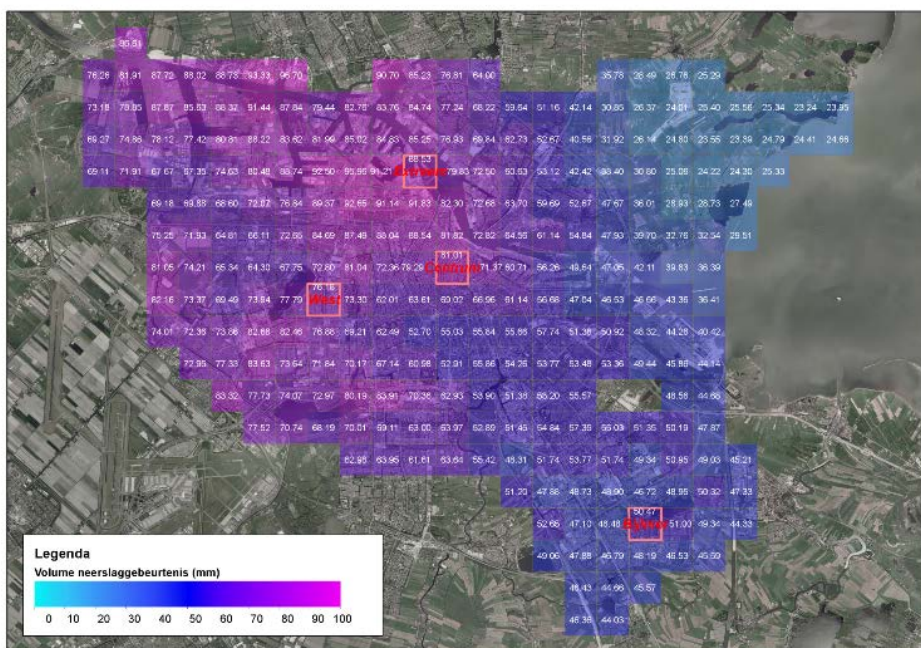
In dit onderzoek brengen we overstroming door intense neerslag in kaart, die optreedt als gevolg van directe afstroming van regenwater via het landoppervlak en die (nog) niet de waterloop of het rioolsysteem heeft bereikt. Dit type overstromingen komt het vaakst voor na wolkbreuken in de zomer. Het is hevig en kortstondig van aard en kan voornamelijk schade toebrengen aan (de inboedel van) gebouwen en door uitval van wegen. Door de korte overstromingsduur is schade aan landbouwgewassen minder waarschijnlijk.

Overstromingen vanuit regionale watersystemen, zoals poldersystemen en regionale beken, vinden voornamelijk plaats na meer langdurige extreme regenperiodes. Het watersysteem en de bodem raken langzaam maar zeker verzadigd en water treedt buiten de oevers op het moment dat de bergingscapaciteit wordt overschreden. Dit type overstromingen zijn beheersbaar geworden door afspraken tussen regionale overheden in het Nationaal Bestuursakkoord Water. Hierin is afgesproken dat in een provinciale verordening een norm wordt vastgelegd hoe vaak een bepaald type landgebruik in hun beheersgebied onder water mag komen te staan. Bijvoorbeeld, gras- en akkerland mogen bij een waterpeil dat eens per 10 of 25 jaar optreedt even onder water staan, terwijl dit bij bebouwd gebied maar eens per 100 jaar is. Beheerders richten hun watersysteem in om aan deze normen te voldoen, vaak door tijdelijke waterbergingsgebieden in te richten, pompcapaciteit te vergroten etc. Dit type overstroming wordt niet verder beschouwd in deze studie.

## Wolkbreuk juli 2014

Een recent voorbeeld van overstroming door intense neerslag is de wolkbreuk in de zomer van 2014 in Amsterdam geweest ([www.rainproof.nl/wolkbreuk-28-juli](http://www.rainproof.nl/wolkbreuk-28-juli)). In totaal viel er op 28 juli 2014 tussen de 50 en 90 mm regen, met de hevigste pieken tussen 9.00 en 11.00 uur. Op sommige locaties viel zelf 12 mm in 5 minuten. Dit komt overeen met 135 mm per uur, dat is zeer extreme regenval. Ook in Alphen aan de Rijn en in Westzaan viel veel regen; respectievelijk 181 mm en 150 mm in totaal. De inboedel- en opstalschade als gevolg van deze wolkbreuk in Amsterdam wordt geschat op minimaal 75 miljoen euro (Verbond van Verzekeraars, 2018). Hierbij wordt overigens geen onderscheid gemaakt in de oorzaak van de schade. De gerapporteerde schadebedragen zijn het gevolg van overstroming (water op straat), maar ook van lekkage van daken en muren. De schade door overstromen zal dus kleiner zijn dan dit bedrag.

Onderstaande kaart toont de totale hoeveelheid gevallen regen (millimeters) op 28 juli 2014 in Amsterdam (bron: [www.rainproof.nl/wolkbreuk-28-juli](http://www.rainproof.nl/wolkbreuk-28-juli)).



In het nationale Deltaprogramma Ruimtelijke Adaptatie (DPRA) is opgenomen dat gemeenten uiterlijk in 2019 de kwetsbaarheid van Nederland voor weersextremen met stresstesten in beeld hebben gebracht. Er wordt een gestandaardiseerde stresstest ontwikkeld, die gemeenten in staat stelt om voor hun bebouwde en onbebouwde gebied de klimaatopgave op een eenvoudige en vergelijkbare manier in beeld te brengen. Hierbij wordt gekeken naar de kwetsbaarheid voor de dreiging van wateroverlast, hitte, droogte en overstromingen. Een belangrijk startpunt voor de stresstest is de nationale klimaateffectatlas ([www.klimaateffectatlas.nl](http://www.klimaateffectatlas.nl)).

Idealiter wordt de VORB gebaseerd op de resultaten van de stresstesten. Voor de beoordeling is het echter van belang dat er tijdig (voor eind april 2018) een landsdekkend *consistent* overzicht van overstroming door intense neerslag wordt opgesteld. Een dergelijk landelijk overzicht is te maken op basis van centraal beschikbare gegevens.

## 2.2 Uitgangspunten vanuit EU-Richtlijn Overstromingsrisico's

Richtlijn 2007/60/EG over de beoordeling en beheer van overstromingsrisico's verzoekt lidstaten achtereenvolgens een voorlopige risicobeoordeling (art. 4 en 5), overstromingsgevaar- en risicokaarten (art. 6) en overstromingsrisicobeheerplannen (art. 7) te maken. De richtlijn geeft hiervoor instructies en vraagt onder andere als onderdeel van art.4 om mogelijke negatieve gevolgen van toekomstige overstromingen te onderzoeken.

In Nederland is besloten om voor verschillende typen overstromingen, een inschatting te maken van de mogelijke negatieve gevolgen voor toekomstige overstromingen, op basis van een grote set modelsimulaties. Belangrijke criteria die gebruikt worden om te bepalen of een overstromingsrisico potentieel significant is, zijn het geschatte aantal dodelijke slachtoffers per herhalingstijd, het slachtofferrisico (aantallen per jaar) en de verwachte economische schade per herhalingstijd en schaderisico (euro's per jaar). Hierbij wordt dus meegewogen met welke frequentie deze gevolgen kunnen plaatsvinden, evenals op welke locatie (of in welke gebieden) deze risico's kunnen optreden. Landsdekkende overstromingsschaderisicokaarten (in euro's per ha per jaar) zijn gemaakt voor andere typen overstromingen. Het doel is om dit ook voor dit type overstroming te doen.

## 2.3 Doel en reikwijdte

Het doel van het onderzoek is om, voor eind april 2018, een landsdekkend overzicht te verkrijgen van (kortstondige) overstroming door intense neerslag. Een belangrijk onderdeel hiervan is een indicatieve risicokaart van Nederland, waarop per locatie een inschatting van de kans van voorkomen en mogelijke gevolgen (bijv. economische schade) wordt gegeven. Dit sluit aan bij de informatie die ook voor andere typen overstromingen bekend is en voor de VORB gewenst is. De kaart wordt ontwikkeld op een schaalniveau dat past bij een vergelijking met de andere typen overstromingen en dat recht doet aan de nauwkeurigheid van het resultaat. Het overzicht wordt gebaseerd op centraal beschikbare en openbare actuele gegevens.

Dit rapport beschrijft de gehanteerde methode en analyse van de modelstudie en levert informatie voor de voorlopige risicobeoordeling.

## 2.4 Leeswijzer

Eerst worden bestaande recente landelijke studies beschreven en naast de eisen van de voorlopige risicobeoordeling gelegd. Vervolgens wordt in hoofdstuk 3 de methode voor het maken van de indicatieve overstromingsgevaar- en risicokaarten uiteengezet, gevolgd in hoofdstuk 4 met een analyse van de resultaten. Een gedetailleerde analyse vindt plaats voor drie studiegebieden. Daarna worden de landsdekkende overzichten gepresenteerd en gedeut. Het laatste hoofdstuk bevat conclusies, discussiepunten, aanbevelingen en een bijsluiter voor gebruik.





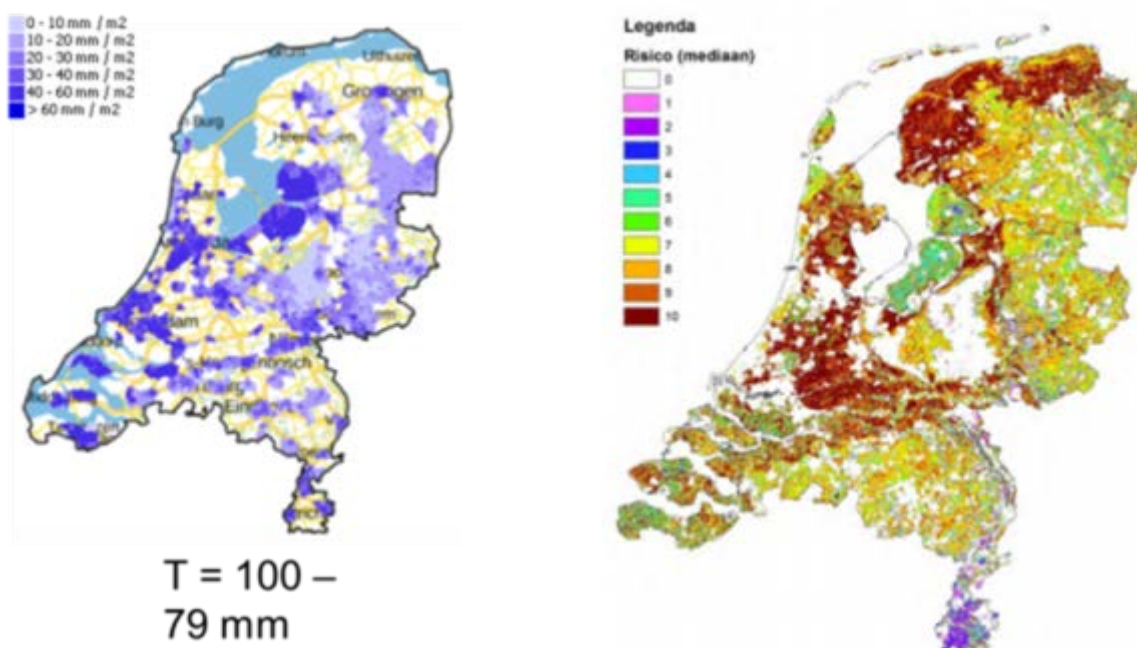
### 3 Bestaande inzichten

#### 3.1 Inleiding

In dit hoofdstuk wordt een beknopt overzicht gegeven van op dit moment beschikbare landelijke overzichten en hoe bruikbaar deze zijn voor een voorlopige risicobeoordeling.

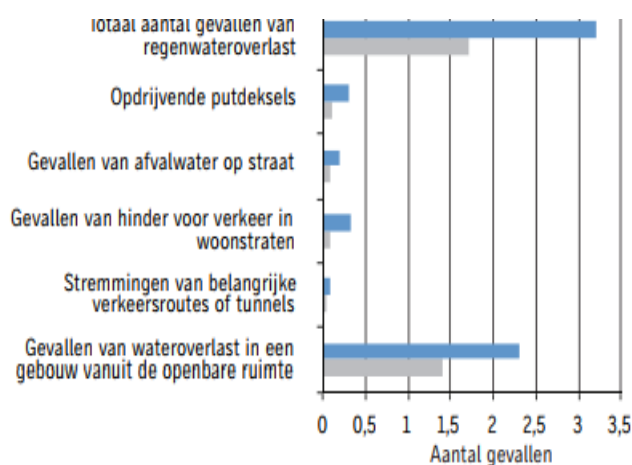
#### 3.2 Landsdekkende studies

In 2010 is in het Kennis voor Klimaat project “Building the Netherlands Climate Proof: urban areas” (van de Ven et al., 2011) voor de grotere stedelijke kernen (meer dan 30.000 inwoners) in Nederland geschat hoeveel water er tot oppervlakkige afstroming komt. Destijds zijn kaarten (voor  $t=10$ ,  $t=100$  en  $t=1000$ ) gemaakt met een geschat volume aan water per buurt, dat oppervlakkig zal afstromen. Zie voor een voorbeeld Figuur 3.1.



Figuur 3.1 Voorbeeldkaarten eerdere landelijke studies: (links) *Building the Netherlands Climate Proof* (van de Ven et al. 2010) met afstroming voor de grotere stedelijke kernen en (rechts) *“Plassen op het land”* (Massop et al. 2014)

Massop et al. (2014) heeft met een ander doel, maar op een vergelijkbare manier als van de Ven et al. (2011), een indicatieve kaart gemaakt van oppervlakkige afstroming op landbouwpercelen. Het doel van de studie was het identificeren van risicolocaties voor oppervlakkige afspoeling van nutriënten- en gewasbeschermingsmiddelen op landbouwpercelen. Naast bovengenoemde modelstudies wordt er ook informatie verzameld van opgetreden ‘wateroverlast’-gevallen in Nederland. Stichting RIONED inventariseert ongeveer om de 3 jaar bij gemeenten hoeveel gevallen er in de praktijk zijn voorgekomen. In 2014 zijn er ruim 5000 gevallen voor dat jaar opgegeven (Stichting RIONED, 2015). Hierbij is ‘wateroverlast in een gebouw vanuit de openbare ruimte’ verreweg de meest voorkomende categorie (zie Figuur 3.2).



Figuur 3.2 Aantal gevallen van wateroverlast in stedelijk gebied, naar type, per jaar per 1.000 inwoners: in blauw gegevens voor 2014, in grijs 2010-2013 (bron: Stichting RIONED, 2015)

Ook het Verbond van Verzekeraars komt zo nu en dan met informatie over opgetreden overstroming voor verzekerde objecten. Geschat wordt dat hoosbuien verzekeraars gemiddeld 90 miljoen euro per jaar kosten en dat dat in de toekomst door klimaatverandering kan oplopen tot 200 miljoen euro (Verbond van Verzekeraars, 2015). Deze getallen moeten echter wel met zorg worden gehanteerd. Zo worden alleen claims van verzekerde gebouwen meegerekend en worden in de gegevens en modellen geen onderscheid gemaakt tussen meldingen van lekkages van daken en muren en overstroming vanaf de straat of het riool. Overigens verwacht het Verbond onder klimaatverandering een substantiële toename van de schade door het instorten van platte daken door wateraccumulatie op het dak (Verbond van Verzekeraars, 2018).

Helaas zijn bovenstaande metingen en bruikbare detailinformatie van RIONED en Verbond van Verzekeraars niet ruimtelijk (openbaar) beschikbaar.

### 3.3 Stresstest Deltaprogramma Ruimtelijke Adaptatie

In het Deltaprogramma Ruimtelijk Adaptatie wordt een gestandaardiseerde stresstest voor gemeenten en gebiedspartners ontwikkeld. Een van de fenomenen die onderzocht moeten worden is de kwetsbaarheid voor wateroverlast, o.a. als gevolg van intense neerslag.

Voor de analyse van de kwetsbaarheid (zgn. 'kwetsbaarheidsscan') voor wateroverlast wordt in de huidige<sup>1</sup> stresstest gesproken van het idealiter toepassen van bestaande lokale en regionale berekeningen, zoals die bijvoorbeeld in het kader van een Gemeentelijke Rioleringsplan zijn uitgevoerd. Dit type berekeningen wordt vaak uitgevoerd met geavanceerde hydrodynamische modellen. Indien deze berekeningen niet toepasbaar of aanwezig zijn, wordt de gemeente geadviseerd gebruik te maken van landelijke overzichtskaarten die beschikbaar zijn gemaakt in de klimaateffectatlas ([www.klimaateffectatlas.nl](http://www.klimaateffectatlas.nl)).

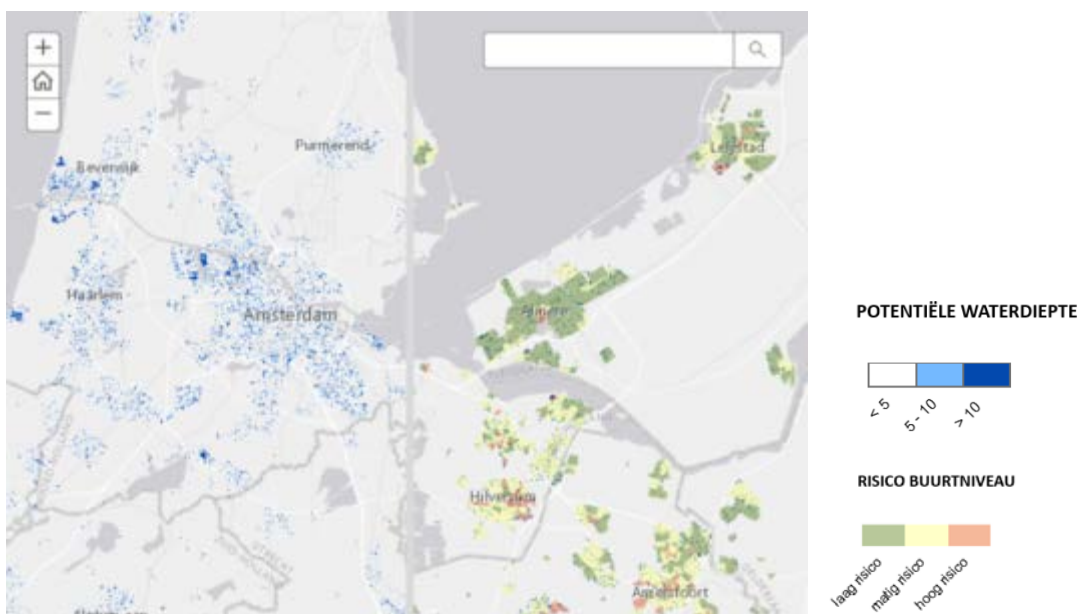
Er is op dit moment geen overzicht beschikbaar, welke gemeenten al stresstesten hebben uitgevoerd en op welke manier. In het Deltaprogramma zullen de resultaten van de stresstesten niet centraal verzameld worden.

<sup>1</sup> De huidige handreiking voor uitvoering van een stresstest (Van de Ven, 2015) krijgt in het najaar van 2017 een update

### 3.4 Beschikbare informatie Klimaat-effectatlas

In de meest recente versie van de klimaat-effectatlas is een landelijke kaart voor steden beschikbaar met de naam 'Indicatie water op straat'. Deze kaart laat globaal zien op welke plekken in stedelijk gebied neerslag zich kan ophopen (zie Figuur 3.3 links). Het achterliggende model ('Cityfill') laat met behulp van maaiveldhoogte uit AHN2<sup>2</sup> zien waar zich lokaal lage delen bevinden en vult deze op met water. Het model houdt geen rekening met specifieke neerslagintensiteit, infiltratieprocessen en lokale afstroming van water.

Met de huidige 'indicatie water op straat' kaart wordt aan elke plas een gelijke, maar onbekende kans toegekend. Het is daardoor onduidelijk of de plas al ontstaat bij een gemiddelde zomerbui of pas als er zich een extreme situatie of wolkbreuk voordoet.



Figuur 3.3 Indicatie water op straat in cm (links) en risico wateroverlast per buurt (rechts)  
(bron: [www.klimaat-effectatlas.nl](http://www.klimaat-effectatlas.nl))

Een tweede kaart is beschikbaar met een indicatie van het risico door wateroverlast per buurt (zie Figuur 3.3 rechts). De kaart geeft een globale indeling in risicoklassen, op basis van de nabijheid van plassen ('indicatie water op straat') tot gebouwen. Buurten waar veel water blijft staan bij neerslag en waar de dichtheid van gebouwen hoog is, vallen in een hoge risicoklasse.

In de atlas zijn nog meer relevante gebiedskenmerken voor wateroverlast op kaarten weergegeven:

1. Tunnels;
2. Landbouwgebieden;
3. Wijktypologie;
4. Natuurgebieden
5. Risico op ondergrondverdichting;

<sup>2</sup> Actueel Hoogtebestand Nederland 2

6. Gevoeligheid watererosie;
7. Verharding per buurt;
8. Water (% oppervlaktewater) per buurt.

Voor de voorlopige risicobeoordeling lijken de beschikbare kaarten in de atlas nuttig, al zijn ze niet volledig toegesneden op gebruik voor de VORB.

### 3.5 Eisen aan landelijk overzicht ten behoeve van voorlopige risicobeoordeling

Om de schatting van de overstromingsrisico's enigszins vergelijkbaar te maken met die voor de andere typen overstromingen, is het van belang de bovenstaande informatie op de volgende technische eisen te beoordelen.

- 1 landsdekkend;
- 2 eenvoudig te verkrijgen of af te leiden, actueel en landelijk uniform;
- 3 gevaar gebaseerd op fysische processen, d.w.z. indicatie van de frequentie van voorkomen van intense neerslag, gekoppeld aan neerslagintensiteit, infiltratieprocessen en afstroming;
- 4 indicatie van de mogelijke blootstelling aan en kwetsbaarheid voor overstroming door intense neerslag voor de ROR-categorieën: getroffen personen, economische schade, milieu, cultureel erfgoed, etc.;
- 5 indicatie van de mate van risicotename als gevolg van klimaatverandering.

Wanneer de beschikbare informatiebronnen worden beoordeeld op deze 5 aspecten, dan levert dit onderstaand beeld op.

Criterium	Informatiebron		
	Climate proof cities	Plassen op het land	Klimaat-effectatlas
1.	Nee, alleen de steden met meer dan 30.000 inwoners	Nee, alle landbouwpercelen (buiten de bebouwde kom)	Nee, alleen de bebouwde kom <sup>3</sup>
2.	Nee, bestanden verouderd en niet meer te verkrijgen	Ja (2014)	Ja (2017)
3.	Ja, maar geen afstroming	Ja, maar geen afstroming	Nee
4.	Nee	Nee	Ja, maar alleen voor gebouwen per buurt
5.	Ja, maar niet expliciet op kaart	Nee	Ja, maar niet expliciet op kaart

De kaart uit "Climate proof cities" is niet landsdekkend en de achterliggende ruimtelijke gegevens zijn niet bewaard. De kaarten van "Plassen op het land" dekken niet geheel Nederland en door een afwijkend doel zijn daar geen bruikbare risicokaarten gemaakt.

Wanneer er op korte termijn resultaten gewenst zijn, is het meest voor de hand liggend om de VORB te baseren op landsdekkende informatie die wordt geboden via de klimaat-effectatlas. Op de kaarten van de klimaat-effectatlas ontbreekt echter een indicatie van frequentie van voorkomen en de kaarten zijn alleen gepubliceerd voor het bebouwde gebied.

<sup>3</sup> Niet gepubliceerd, maar met eenzelfde methode is voor ruraal gebied ook informatie over plassen op het land beschikbaar

Door het ontbreken van een frequentie van voorkomen en het ontbreken van informatie over neerslagintensiteit, infiltratieprocessen en afstroming is het niet goed mogelijk om onderscheid te kunnen maken tussen gebieden met meer of minder kans op overstroming door intense neerslag. Alle drie de methodes bevatten belangrijke inzichten en bouwstenen voor het maken van een meer volledig overzicht van overstromingsrisico's.

In de afgelopen maanden zijn er twee landsdekkende initiatieven bijgekomen. HKV Lijn in Water heeft de Water op straat app gelanceerd. Hierop wordt voor elke adres in Nederland aangegeven wat de kans is op de hoeveelheid water op straat. Daarnaast lanceerde een consortium van Achmea, Royal HaskoningDHV en Nelen & Schuurmans het BlueLabel, een waterkwetsbaarheidsscan van regenwateroverlast. Het doel is om later in 2018 voor heel Nederland deze scan aan te bieden.

In het volgende hoofdstuk wordt een methode beschreven om te komen tot een uniform overzicht van de overstromingsrisico's door intense neerslag, mede gebaseerd op inzichten vanuit bovenstaande studies. Het streven is in de methode de meest actuele, landsdekkende en vrij beschikbare invoergegevens te gebruiken.





## 4 Methode

### 4.1 Uitgangspunten

De methode voor het maken van een landsdekkende risicokaart bestaat uit drie opeenvolgende stappen:

- 1 overstromingsgevaarkaarten: bepalen van locaties die bij verschillende bui-intensiteiten onder water kunnen komen te staan;
- 2 overstromingsgevolgenkaarten: bepalen van mogelijke gevolgen bij verschillende bui-intensiteiten;
- 3 overstromingsrisicokaart: bepalen van de risico's door gevaar- en gevolgkaarten te combineren.

Uitgangspunt is dat er wordt uitgegaan van bestaande modelinstrumentaria en centraal beschikbare open data. Er wordt zo goed mogelijk aangesloten op bestaande inzichten en referentiegegevens. Het is onmogelijk om op deze schaal alle lokale variatie en gebiedseigenschappen precies mee te nemen. De kaarten zijn dus per definitie indicatief en niet overal gevalideerd. Voor drie representatieve studiegebieden is wel een verificatie uitgevoerd en wordt in meer detail naar de resultaten en de gevoeligheid van invoerkeuzen op de resultaten gekeken.

In de volgende hoofdstukken worden de drie stappen om te komen tot een landelijk overzicht in meer detail beschreven.

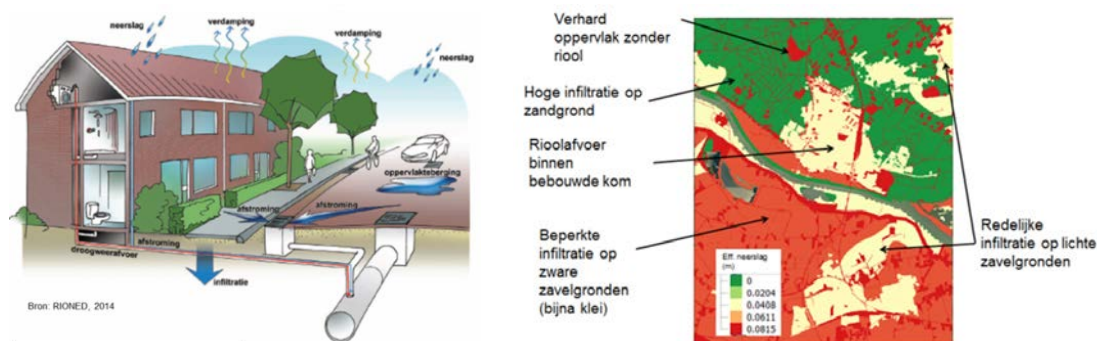
### 4.2 Bepalen van overstromingsgevaar

Voor het bepalen van het overstromingsgevaar wordt een vereenvoudigd hydrodynamisch model gebruikt. Een voordeel van het toepassen van een model ten opzichte van het gebruik van waarnemingen, is dat met een model ook locaties die nog niet eerder getroffen zijn door intense neerslag, maar potentieel wel gevaarlijk zijn kunnen worden geïdentificeerd.

In dit onderzoek wordt gebruik gemaakt van de 'Rainfall overlay' van Tygron ([http://support.tygron.com/wiki/Rainfall \(Overlay\)](http://support.tygron.com/wiki/Rainfall_(Overlay))). Voor heel Nederland, worden voor drie bui-intensiteiten (35, 70 en 140 mm per 2 uur), indicatieve maximale waterdieptekaarten gemaakt. De bui-intensiteiten zijn gebaseerd op de nieuwste KNMI-gegevens (zie textbox). Er is voor deze neerslaghoeveelheden gekozen omdat het goed overeenkomt met een T=10, T=100 en T=1000 herhalingstijd; dit zijn bekende klassen in de EU-ROR. De neerslagduur waarmee gerekend wordt is 2 uur. Deze keuze is gemaakt op basis van ervaringen in de regio en is kort genoeg om de interactie met het regionale systeem (berging-en afvoercapaciteit) als minder belangrijk te veronderstellen.

Grofweg werkt het model op de volgende manier. In elke tijdstap wordt voor elke plek in een studiegebied bepaald hoeveel water dat uit de lucht valt in de bodem infiltreert, in het riool terecht komt, of tot afstroming komt. Of het water vervolgens op die locatie blijft staan of afstroomt is met name afhankelijk van de lokale hellingsgraad en de bodemruwheid. De eerste 2 uur van de simulatie regent het. Daarna is het 4 uur droog. Voor deze 6 uur wordt door het model voor elke plek bijgehouden wat de maximaal opgetreden waterdiepte is en dat wordt als bestand uitgevoerd.

Er is in dit onderzoek voor dit model gekozen, omdat het heel snel op basis van openbare bestanden hoge resolutie gebiedsschematisaties kan opbouwen en vervolgens op hoge resolutie (bijv. 2 bij 2 m gridcellen), indicatieve waterdieptes kan bepalen. Tevens toont een benchmark studie van STOWA (2017) aan dat de door Tygron ontwikkelde methode geschikt is voor het doel van deze studie.



Figuur 4.1 Het Tygron-model neemt de belangrijkste factoren bij intense neerslag mee. (zoals gevisualiseerd in Stichting RIONED, 2014) De neerslag die tot oppervlakkige afstroming komt is ruimtelijk verdeeld en wordt voornamelijk bepaald door de mate van verharding, de bodeminfiltratie en rioolbergings- en afvoercapaciteit.

Op basis van testen voor drie studiegebieden in Nederland zijn modelinstellingen en aannames bepaald. De belangrijkste modelkeuzen zijn:

- **Ruimtelijke resolutie van de gridcellen:** gekozen is voor het rekenen op 2 x 2m cellen op basis van het Actueel Hoogtebestand van Nederland 2<sup>4</sup>. Deze resolutie is voor een landsdekkend beeld voldoende gedetailleerd en wordt bijvoorbeeld ook in Vlaamse en Engelse beoordelingen gehanteerd.
- **Interactie met oppervlaktewatersystemen:** aanname is dat de bergings- en afvoercapaciteit van het oppervlaktewatersysteem voor, tijdens en vlak na de bui voldoende is om niet elders vanuit het oppervlaktewatersysteem tot grote problemen te leiden; een groot deel van het gevallen water heeft het oppervlaktewatersysteem ten tijde van de bui en nog niet bereikt. Tevens zijn gedetailleerde gegevens van de werking van de oppervlaktewatersystemen niet centraal bekend.
- **Interactie met rioolstelsel:** gedetailleerde gegevens van het rioolstelsel zijn niet voor heel Nederland in voldoende detail centraal bekend. Er wordt gerekend met een referentiestelsel: een uniforme rioolbergings- en afvoercapaciteit van max. 20 mm / uur, waarbij aangenomen wordt dat de verharde buitenruimte hierop optimaal is aangesloten. Hiermee wordt onderkend dat de capaciteiten en de lokale ruimtelijke werking van diverse rioolssystemen in Nederland kan worden onderschat, maar ook overschat. In sommige kernen rekent men met een capaciteit van 8-10 mm / uur, in andere kernen zijn systemen aangelegd tot 50 mm / uur. Daarnaast kunnen overstromingen zich ook verplaatsen via het riool.
- **Invloed van de simulatietijd:** overstroming door intense neerslag en de gevolgen daarvan worden gesimuleerd voor een periode van maximaal 6 uur. Bij meer langdurige simulaties wordt de invloed van de berging- en afvoercapaciteit van het oppervlaktewatersysteem meer dominant.

<sup>4</sup> Voor ongeveer de helft van Nederland is AHN3 reeds beschikbaar. Deze zijn in dit onderzoek nog niet gebruikt.

- **Omvang van het neerslaggebied:** gekozen is om een uniforme bui van 2 uur te simuleren die over het hele modelgebied van maximaal 10x10 km valt. In de praktijk zijn buien zowel ruimtelijk als in de tijd verre van uniform (zie ook apart kader).
- **Infiltratie en bodemruwheid:** de waarden voor infiltratie en bodemruwheid zijn gebaseerd op een aantal openbare bronnen, zoals de basisregistraties Topografie en Adressen en Gebouwen en een sterk vereenvoudigde grondsoortenkaart.

### Gegevens voor studies naar gevolgen van extreme neerslag in waterbeheer

In deze studie wordt gebruik gemaakt van de meest actuele inzichten en gegevens over neerslag in Nederland. In opdracht van de STOWA hebben het KNMI en HKV Lijn in Water neerslagstatistieken voor korte tijdsduren, van 10 minuten tot 12 uur, geactualiseerd. De nieuwe statistieken, vallen in vergelijking met de oude statistieken (STOWA, 2015), vooral voor grotere terugkeertijden, enkele tientallen procenten hoger uit. Het STOWA adviseert waterbeheerders en gemeenten de getallen te gebruiken als invoer voor modelberekeningen om de gevoeligheid voor extreme neerslaghoeveelheden te bepalen. De studie toont ook dat deze extremen door klimaatverandering steeds vaker voorkomen.

De afgeleide neerslagstatistiek geldt voor een gegeven locatie. Maar omdat er heel veel locaties in Nederland zijn is de kans dat ergens in Nederland in een jaar een extreme bui voorkomt veel groter dan voor een gegeven locatie. Tegelijkertijd is de kans dat over een langere periode overal in Nederland een stevige bui is voorgekomen weer veel kleiner. Over een periode van 10 jaar zullen er locaties zijn waar een T=20 neerslag is gevallen, maar er zullen ook locaties zijn waar slechts een T=5 neerslag is gevallen.

Tabel 3.1 Neerslaghoeveelheden (in mm per 2 uur) bij verschillende herhalingstijden (T), zoals in STOWA (2015) en na actualisatie STOWA (2018), voor huidig klimaat en toekomstig klimaat

	2015	2085	2015	2085
T (jaar)	STOWA (2015)		STOWA (2018)	
10	35.5	41.8	36.8	43.3
25	43.0	51.0	46.9	55.6
50	49.2	58.4	56.5	67.1
100	55.7	66.4	68.4	81.5
200	62.6	74.8	88.6	105.9
500	72.5	86.7	108.0	129.2
1000	80.5	96.4	132.1	158.3

De getallen voor het toekomstige klimaat zijn berekend op basis van de gegeven relatieve verandering voor W<sub>L</sub>-scenario voor het klimaat in 2085 (STOWA, 2015).

Wat aan de nieuwe getallen opvalt, is dat vooral bij grotere herhalingstijden (T = 100 jaar en groter) de bui-intensiteiten beduidend toenemen; bijvoorbeeld 55.7 mm/2uur in STOWA (2015), naar 68.4 mm/2uur in STOWA (2018). Het komt er op neer dat men verwacht dat door klimaatverandering het voorkomen van extreme bui-intensiteiten ongeveer verdubbelt; m.a.w. een wolkbreuk die in de toekomst past bij een herhalingstijd van T = 50 jaar is ongeveer gelijk aan een bui die past bij een herhalingstijd van T = 100 jaar nu.

### 4.3 Bepalen van gevolgen van overstroming

Voor het bepalen van de mogelijke gevolgen van een overstroming worden drie aspecten nader bekeken:

1. Economische schade aan gebouwen;
2. Aantal mogelijke getroffen inwoners;
3. Aantal mogelijke dodelijke slachtoffers.

#### 4.3.1 Economische schade aan gebouwen

De economische gevolgen van dit type overstroming worden berekend op basis van de concepten en gegevens zoals gebruikt in de waterschadeschatter ([www.waterschadeschatter.nl](http://www.waterschadeschatter.nl)). Dit is op dit moment het meest actuele instrument om economische schades als gevolg van kleinschalige overstromingen te schatten. De nauwkeurigheid van dit soort instrumenten is een belangrijk aandachtspunt, vooral vanwege de minimale variatie in waterdieptes die berekend worden.

De waterschadeschatter berekent schades voor verschillende landgebruikscategorieën als functie van de maximale waterdiepte, de duur van de overstroming en het seizoen (in het geval van landbouwschade). In het instrument wordt onderscheid gemaakt tussen de hoofdcategorieën bebouwing, infrastructuur, land-en akkerbouw en natuur en recreatie. Voor elke categorie zijn maximale schadegetallen (lage, middel en hoge schatting) beschikbaar per oppervlakte-eenheid. In dit onderzoek wordt het gemiddelde maximale schadegetal uit de waterschadeschatter gehanteerd.

Voor bebouwing wordt ook nog onderscheid gemaakt in directe schade, schade door direct contact met water, en indirecte schade, schade door het niet kunnen gebruiken van de gebouwen en wegen vanwege herstelwerkzaamheden. Het berekenen van de indirecte schade vereist dat informatie aanwezig is over de herstelduur van getroffen objecten (bijv. door schoonmaakwerkzaamheden voor een minimaal oppervlak van 100 m<sup>2</sup>). Besloten is, mede vanwege de grote onzekerheid over de invoergegevens en de grote rekenvraag, om de indirecte schade in dit onderzoek niet mee te nemen en alleen directe schades te berekenen.

Om inzicht te krijgen in wat de belangrijkste directe schadecategorieën in de waterschadeschatter zijn, is het landelijke schadepotentieel berekend. Dit is de gesommeerde schade die zou optreden volgens het model als overal in Nederland de maximale waterschade zou optreden. Deze is berekend door voor elke categorie in de waterschadeschatter te tellen hoeveel oppervlakte er van is in Nederland, en dit aantal te vermenigvuldigen met het maximale schadegetal. Op basis hiervan wordt geschat dat in de waterschadeschatter ruim 90% van de *directe* totaalschade (~350 miljard euro voor Nederland) aan schade in gebouwen kan worden toegerekend<sup>5</sup>. Schade aan landbouw, infrastructuur, natuur en recreatie vormt de rest. Omdat bij schade aan landbouw vooral ook de duur van overstroming van belang is, worden deze schadecategorieën in dit onderzoek niet verder geanalyseerd. Uiteraard kan deze keuze tot onderschatting van schades in het buitengebied leiden.

---

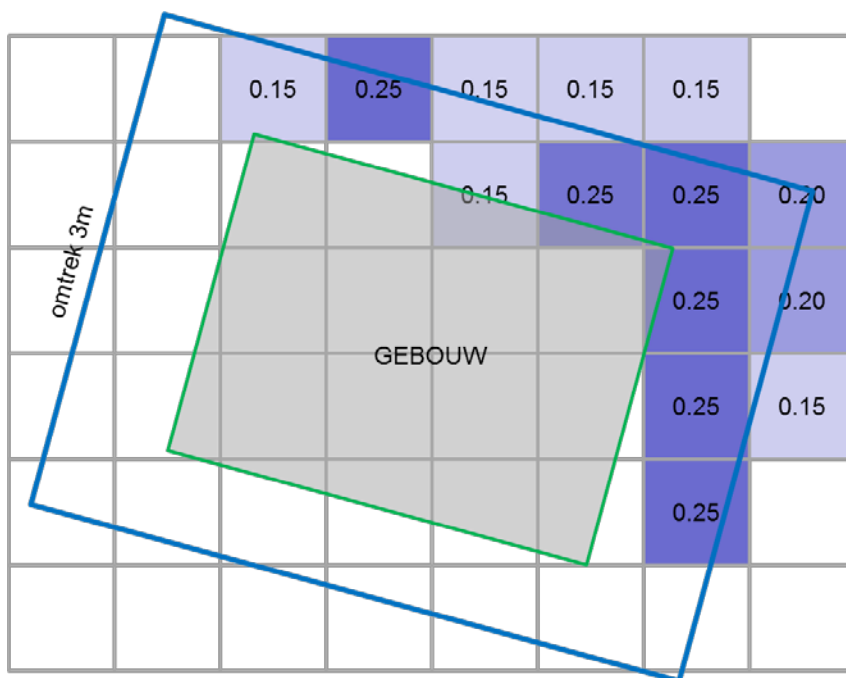
<sup>5</sup> Indien indirecte schade wel mee zou kunnen worden gerekend, kunnen de verhoudingen iets wijzigen. Schade als gevolg van uitval van infrastructuur is erg onzeker, maar kan in sommige gevallen ernstige vertraging veroorzaken voor bijvoorbeeld de transportsector.

In dit onderzoek wordt alleen met directe schade in gebouwen berekend. Hiervoor wordt een gemiddeld maximale schadebedrag over alle bouwcategorieën van 276 euro per m<sup>2</sup> begane grond gehanteerd (dit is incl. correcties voor inflatie). Verder is de schadefunctie vereenvoudigd tot een representatieve grenswaarde: d.w.z. vanaf waterdieptes groter dan 5 cm ten opzichte van de drempelhoogte van een gebouw, wordt een gebouw als overstroomd met schade tot gevolg beschouwd.

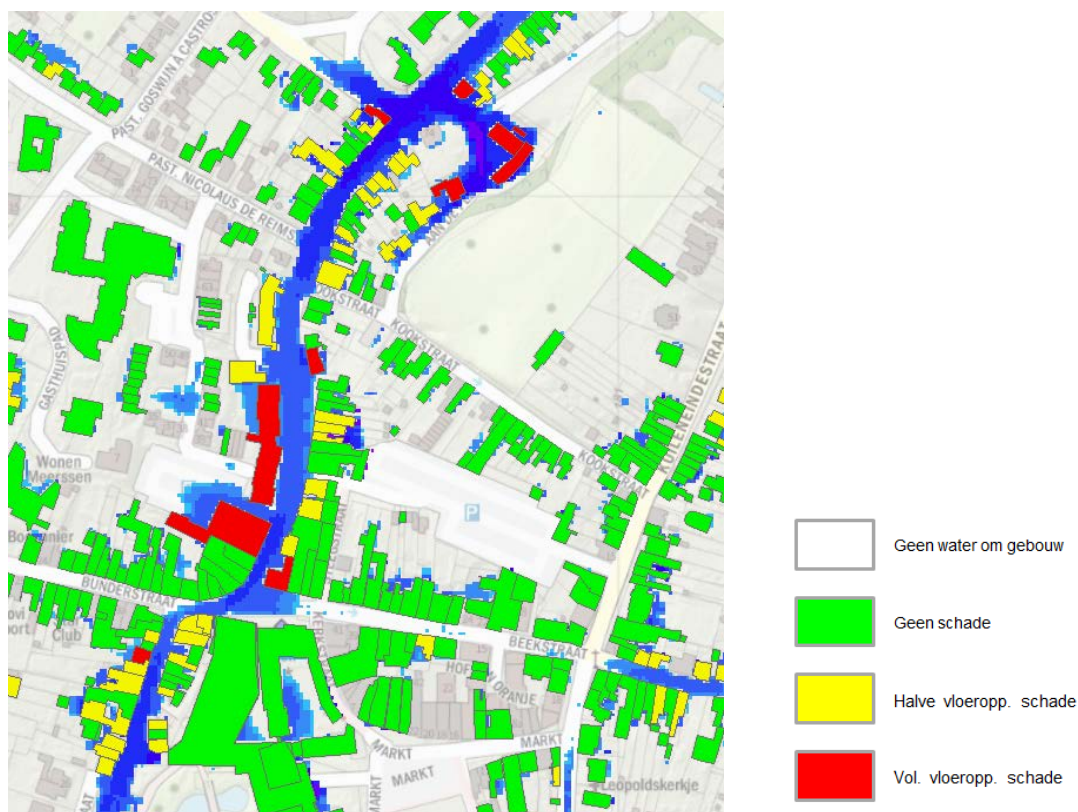
## Bepalen van waterdieptes binnen gebouwen

In overstromingsmodellen wordt doorgaans de keuze gemaakt gebouwen, met hun daadwerkelijke (dak)hoogte, en zonder openingen, in het gebiedsmodel te zetten. Dit heeft tot gevolg dat water over maaiveld altijd langs gebouwen stroomt. De waterschadeschatter hanteert echter een schatting van de schade als gevolg van de optredende waterdiepte per oppervlakte-eenheid. Dit betekent dat resultaten van het overstromingsmodel per definitie niet leidt tot schade in gebouwen.

Om dit op te lossen in dit onderzoek is een eenvoudige methode bedacht, om van waterdieptes rondom een gebouw tot een indicatie van waterdieptes binnen een gebouw te komen. Binnen een straal van 3m om een gebouw heen, wordt bepaald of er voldoende water staat om het gebouw in te stromen. Als er gemiddeld meer dan 15 cm om het gehele gebouw staat, dan wordt een gebouw als overstroomd beschouwd en treedt er maximale schade op (276 euro per m<sup>2</sup>).



Voor elke waterdieptekaart (T=10, T=100 en T=1000) wordt een gebouwschadekaart berekend met schades aan gebouwen (zie Figuur 4.2).



Figuur 4.2 Voorbeeld van gebouwschadekaart; deze kan ook worden uitgedrukt in schades per gebouw. NB. voor gebouwen van de gele categorie wordt uiteindelijk geen schade gerekend; maar wordt hier getoond om aan te geven dat deze mogelijk kunnen overstromen

#### 4.3.2 Aantal mogelijk getroffen inwoners

Per getroffen gebouw met een 'woonfunctie' wordt een gemiddelde huishoudengrootte toegekend van 2.1 personen. Vervolgens wordt het aantal mogelijk getroffen inwoners per herhalingstijd en per jaar bepaald.

#### 4.3.3 Aantal mogelijke dodelijke slachtoffers

In gebieden waar grote stroomsnelheden ( $>2$  m/s) kunnen optreden, kunnen zelfs bij relatief lage waterdieptes mensen omvallen en verdrinken. Dit komt in de praktijk eigenlijk alleen maar voor in sterk hellende gebieden, zoals in Zuid-Limburg. Er wordt in dit onderzoek geen nadere analyse van het aantal mogelijke dodelijke slachtoffers gemaakt.

#### 4.3.4 Overige gevolgen

In de voorlopige risicobeoordeling wordt ook aandacht besteed aan gevolgen voor allerlei mogelijk kwetsbare locaties en objecten; bijv. cultuurhistorisch, installaties met milieurisico's, etc. In dit onderzoek worden deze gevolgen niet in beeld gebracht.



#### 4.4 Bepalen van overstromingsrisico's

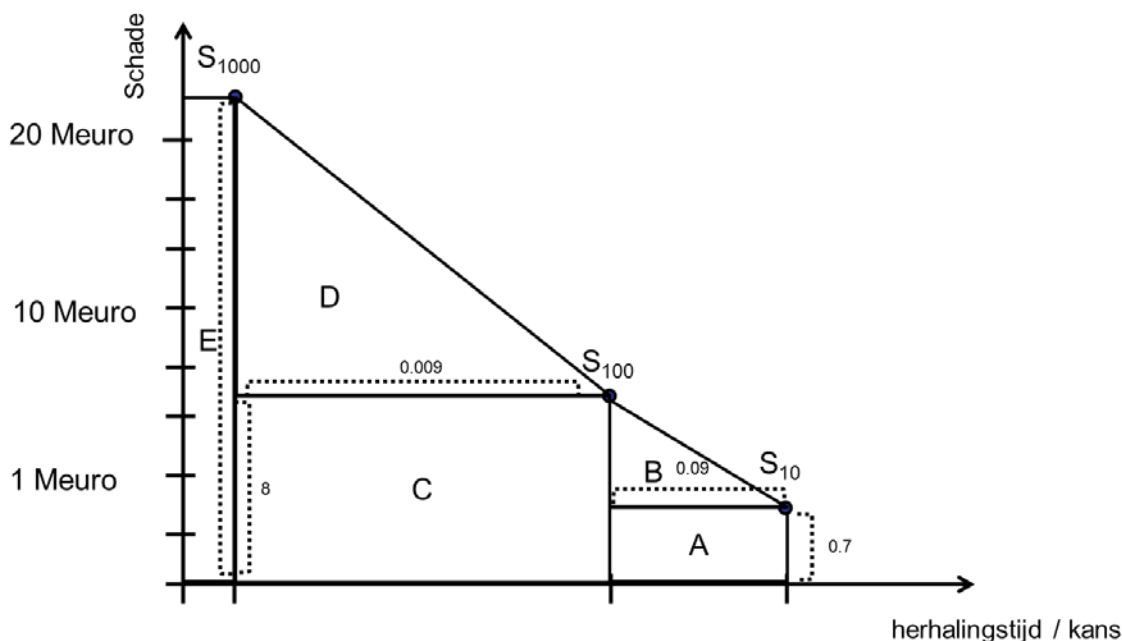
Op basis van de indicatieve schadekaarten, die voor drie herhalingstijden worden gemaakt, wordt er een indicatieve schaderisicokaart gemaakt. Dit gebeurt in 2 stappen:

- 1 sommen van de schade per m2 overstroomd gebouw en weg naar vakken van 250x250m voor de drie herhalingstijden;
- 2 per vak van 250x250m wordt vervolgens een schaderisico bepaald.

Het schaderisico in euro's per ha per jaar wordt voor elk vak berekend met de volgende formule<sup>6</sup>:

$$((1/10 - 1/100) * S_{10}) + ((1/10 - 1/100) * (S_{100} - S_{10}) * 0.5) + ((1/100 - 1/1000) * S_{100}) + ((1/100 - 1/1000) * (S_{1000} - S_{100}) * 0.5) + (1/1000 * S_{1000})$$

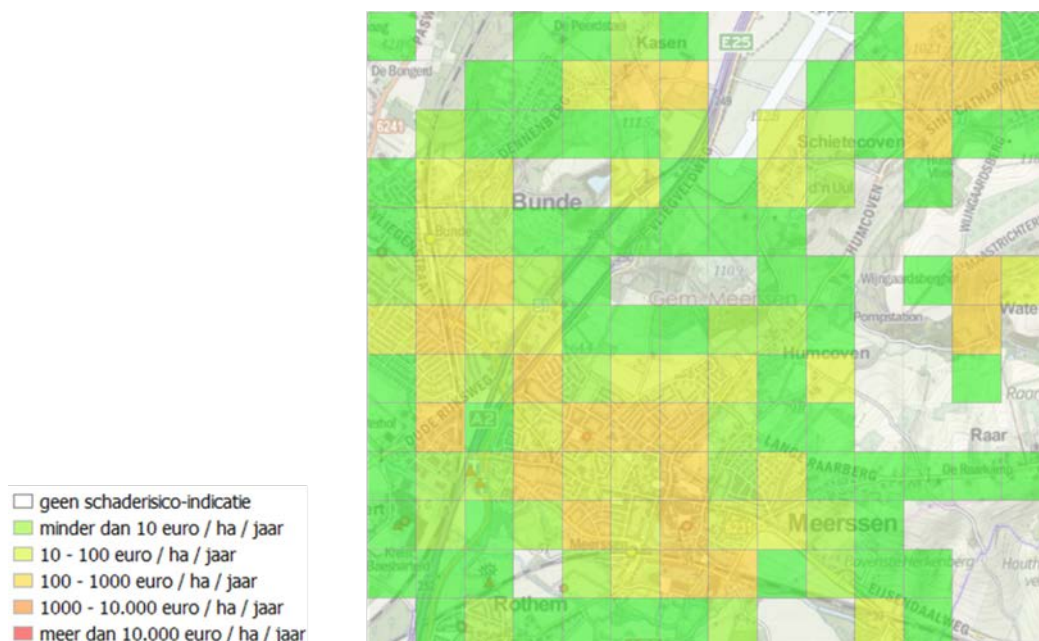
Waarbij  $S_x$  = is gesommeerde schade per vak per herhalingstijd x jaar. In Figuur 4.3 is schematisch weergegeven hoe het risico wordt berekend en een voorbeeld van een uitsnede van een lokale overstromingsrisicokaart is te zien in Figuur 4.4.



Figuur 4.3 Schematische voorstelling voor het berekenen van het overstromingsrisico

De verdeling van extreme neerslag over ruimte en tijd is zeer complex en hangt bijvoorbeeld af van de beschouwde neerslagduur. In deze studie doen we een aanname om de risico-analyse toch mogelijk te maken: bij het berekenen van het totale risico voor Nederland worden de schades op alle locaties bij een gegeven herhalingstijd gesommeerd. Daarmee nemen we impliciet aan dat er een lineair verband is tussen de herhalingstijd van de neerslag en de schade. Voor korte herhalingstijden is dit niet correct: een T=2 bui geeft nauwelijks schade, terwijl een T=10 bui aanzienlijke schade veroorzaakt. Maar voor langere herhalingstijden is dit bij benadering wel correct: een T=20 bui geeft ongeveer twee maal zoveel schade als een T=10 bui.

<sup>6</sup> De formule is nog gecorrigeerd voor de uiteindelijk gekozen bui-intensiteiten en daarbij behorende herhalingstijden



Figuur 4.4 voorbeeld van een overstromingsrisicokaart

#### 4.5 Beperkte gevoeligheidsanalyse van modelinvoer

De volgende invoerparameters van de modellen worden gevarieerd om te onderzoeken welke verandering in modelinvoer leidt tot de grootste wijzigingen in modeluitvoer. De parameters voor het overstromingsmodel en het risicomodel zijn gevarieerd voor de drie studiegebieden. Voor de variatie in parameters in het schademodel zijn additionele berekeningen gedaan op basis van een additionele set gebieden. Hieronder volgt een overzicht van de variaties, met tussen haakjes de originele instelling. In bijlage A staat een overzicht met de exacte instellingen.

##### Overstromingsmodel

- Modelresolutie (2x2m): 1x1m en 5x5m.
- Uniforme rioolbergings- en afvoercapaciteit (20 mm/uur): 10 mm/uur en 30 mm/uur<sup>7</sup>
- Infiltratiecapaciteit (varieert per grondsoort): hoogste infiltratiecapaciteit (11.7 mm/uur) en laagste infiltratiecapaciteit (1.3 mm/uur) voor het hele gebied
- Manning ruwheidswaarde (varieert per landgebruik tussen 0,06 en 0,1): verdubbeling van de originele waarden per landgebruik en halvering van de originele waarden per landgebruik
- Max. modelsimulatieduur (6 uur): 2 uur en 12 uur
- Neerslagstatistieken (STOWA 2018): STOWA2015: 35.5, 55.7 en 80.5 mm/2 uur

##### Schademodel

- Drempelhoogte (15 cm): 20 cm
- Omtrek gebouw % nat (100% omtrek nat): 100% nat + 50% nat (halve oppervlakte als schade)
- Gebouwgrootte (alle): gebouwen met meer dan 1000 m2 uitsluiten (2%)

##### Risicomodel (T=10, T=100 en T=1000)

- Op basis van T=50, T=100 en T=1000
- Op basis van 7 schadegrids; T=10, T=100 en T=1000 plus T=25, T=50, T=200, T=500

<sup>7</sup> 30 mm/uur is hoog, maar er zijn kernen met hogere afvoercapaciteiten

## 4.6 Beoordeling van resultaten door experts

Het is belangrijk dat de berekeningen voldoende betrouwbaar zijn om een voorlopige risicobeoordeling op te kunnen baseren. Om de beoordeling van de berekeningsresultaten en de ontwikkeling van kaarten gericht en doelmatig te laten gebeuren, is geprobeerd *vooraf* expliciet in beeld te krijgen wat de verwachtingen zijn van experts uit zowel de begeleidingscommissie als uit de studiegebieden.

De inventarisatie van verwachtingen over de berekeningsresultaten richt zich op welke verschillen kunnen worden verwacht tussen deelgebieden en of die verschillen ook terug worden gevonden in de resultaten. Een andere vraag die gesteld is, is of de verschillen die worden berekend bij een bui-intensiteit van 35 mm per 2 uur en van 70 mm per 2 uur, aansluiten op de verwachtingen? Zie voor de gehele vragenlijst bijlage B.

In het komende hoofdstuk worden de verwachtingen van de experts aan de berekeningsresultaten gespiegeld.

## 5 Resultaten

### 5.1 Resultaten voor studiegebieden

De methode zoals in beschreven in hoofdstuk 4 is eerst toegepast op 3 casestudiegebieden en vervolgens op heel het land.

De volgende drie studiegebieden zijn in dit onderzoek nader geanalyseerd:

1. Bodegraven e.o.
2. Rijssen e.o.
3. Meerssen e.o.

Deze drie gebieden bevatten allen een bebouwde kern omgeven door landelijk gebied en representeren verschillende landschapstypen in Nederland: poldergebied op klei in West-Nederland, vrij-afwaterend gebied op zand in Oost-Nederland, sterk (hellend) vrij-afwaterend gebied op löss in Zuid-Nederland.

Eerst zijn maximale waterdieptes per bui-intensiteit bepaald en vervolgens de bijbehorende schade-indicatie. Uiteindelijk kan op basis van de drie schade-indicaties een schaderisico-indicatie worden berekend.

In Figuur 5.1 zijn indicatieve maximale waterdieptekaarten voor Bodegraven en omstreken weergegeven. Het overstroomde oppervlak neemt substantieel toe, naarmate de regen-intensiteit ook toeneemt. Bij een matige regen-intensiteit van 36.8 mm staan de diepste plekken van het gebied blank (lokaal tot 10 cm). Opvallend is dat water in tunnels onder (spoor)viaducten blijft staan, evenals in de los- en laaddocks voor vrachtwagens op industrieterreinen. Vanwege de hoge verhardingsgraad blijft er opvallend veel water op straat staan op industrieterreinen. Bij grotere hoeveelheden regen zie je dat bijna alle lokale infrastructuur fors onder water staat (gemiddeld 20-30 cm). Door het geringe verhang van de stad en de typische inrichting van de wijken (met veel micro-relief) accumuleert het water op de straten en staat het op diverse plekken tegen de drempels van gebouwen. Tevens blijft op de lagere plekken in de weilanden (incl. geulen) water staan.

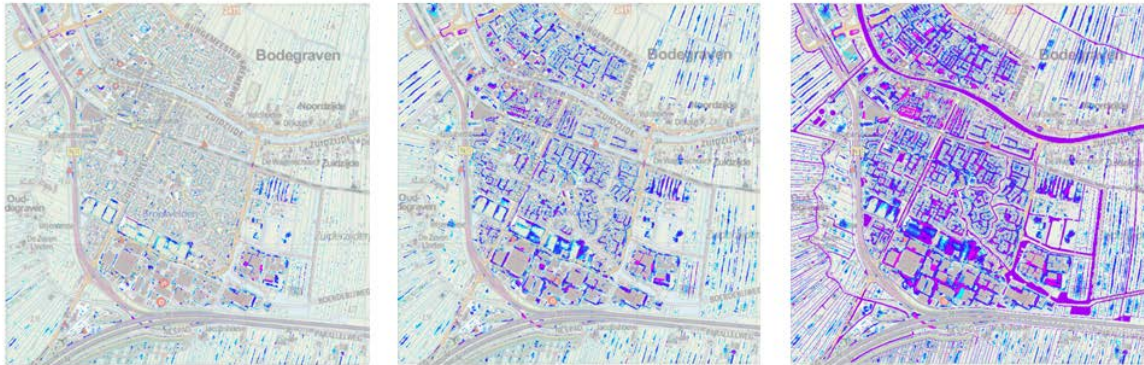
Hoogheemraadschap van Rijnland heeft een klimaatatlas laten maken ([rijnland.klimaatatlas.net](http://rijnland.klimaatatlas.net)) waarop het resultaat van een vereenvoudigde 3di-simulatie staat (Figuur 5.2). Aangenomen is dat er 100 mm in 2 uur valt met een modelresolutie van 0,5x0,5m. De kaart toont de berekende waterdiepte direct na afloop van de bui binnen de bebouwde kom van Bodegraven. Het onderlopen van panden via drempels is niet meegenomen, omdat detailinformatie van de drempelhoogte ontbreekt. Afvoer via riolering en het open water is ook niet meegenomen.

De kaarten zijn op het oog door de gekozen legendakleuren af en toe lastig te vergelijken. Daarbij valt de gekozen bui-intensiteit precies tussen T100 en T1000 bui in. In de vergelijking valt in ieder geval op dat de diepste plekken binnen de bebouwde kom in beide kaarten overeenkomen.

36.8 mm (t10)

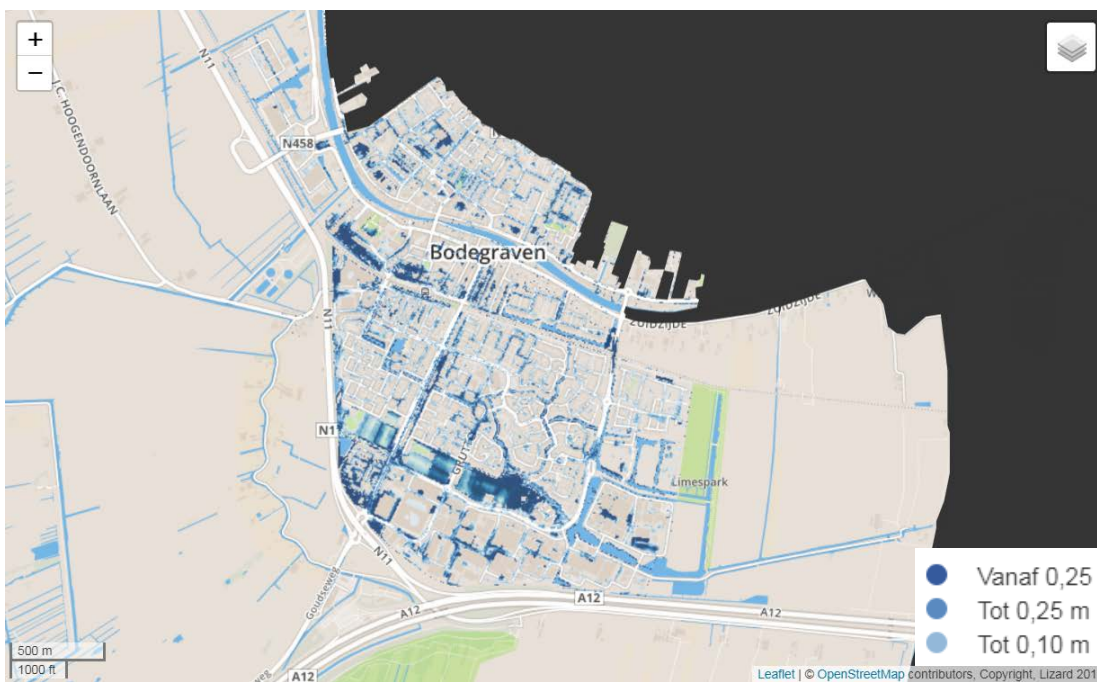
68.4 mm (t100)

132.1 mm (t1000)



- < 5 cm
- 5 - 10 cm
- 10 - 15 cm
- 15 - 20 cm
- 20 - 30 cm
- > 30 cm

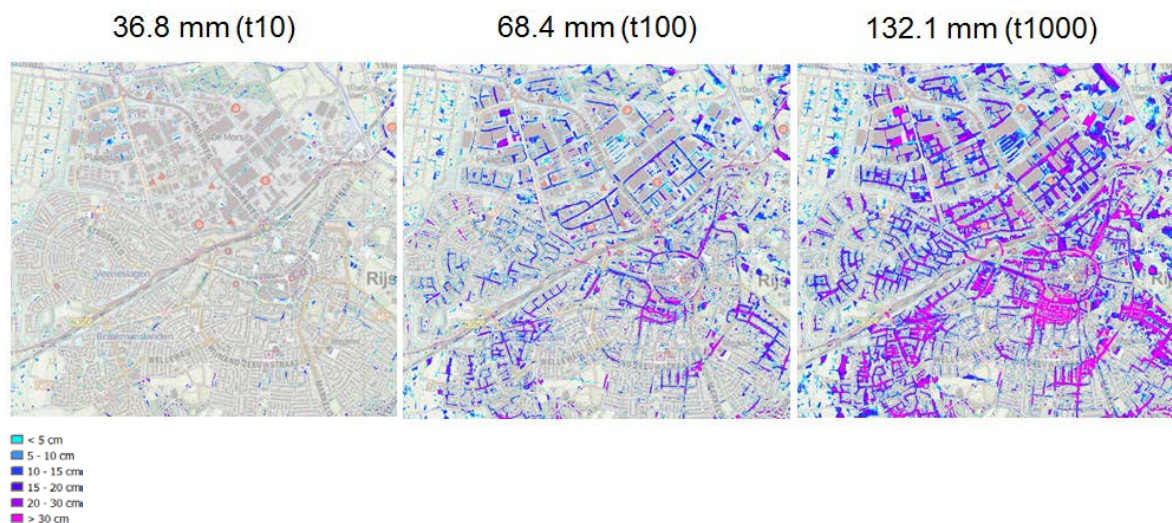
Figuur 5.1 Indicatieve maximale waterdiepte kaarten voor Bodegraven (NB. T=1000; hierin wordt ook het permanente water getoond)



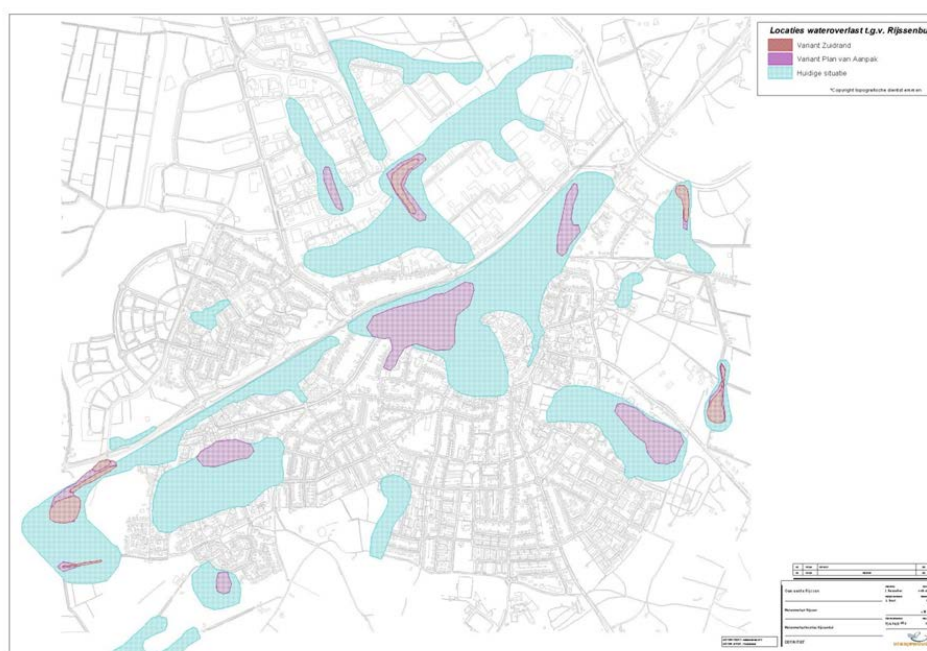
Figuur 5.2 Indicatieve maximale waterdiepte bij 100mm uit de klimaatatlas van Rijnland (rijnland klimaatatlas.net)

In de kern Rijssen (Figuur 5.3) worden de typische locaties zoals geïdentificeerd in Bodegraven ook het eerste nat (bijv. tunnels en industrieterreinen). Echter lijkt dit in Rijssen pas bij grotere intensiteiten op te treden. Daarnaast zijn er ook duidelijk wegen in het zuidelijk deel van het gebied die onder de meest extreme omstandigheden droog lijken te blijven. Het blijkt dat dit relatief iets hoger gebied is. Verder is de spoorlijn die van zuidwest naar noordoost door het beeld loopt een duidelijke barrière voor effectieve waterafvoer. In Figuur 5.4 is een kaart van de gemeente zelf opgenomen, gebaseerd op expert judgement. Deze heeft een ander detailniveau, maar ook hier zijn patronen terug te herkennen uit de modelresultaten. Het valt echter ook op dat sommige plekken ten noorden van de spoorlijn niet overeenkomen.





Figuur 5.3 Indicatieve maximale waterdiepte kaarten voor de kern Rijssen



Figuur 5.4 Lokale kaart met kwetsbare locaties zoals geïdentificeerd door de gemeente Rijssen voor aanpassing rioolcapaciteit (bron: expert judgement door gemeente Rijssen-Holten)

De gemeente heeft enkele jaren geleden besloten tot het vergroten van de rioolcapaciteit tot 50 mm / uur. Hiermee zijn veel van de knelpunten opgelost.

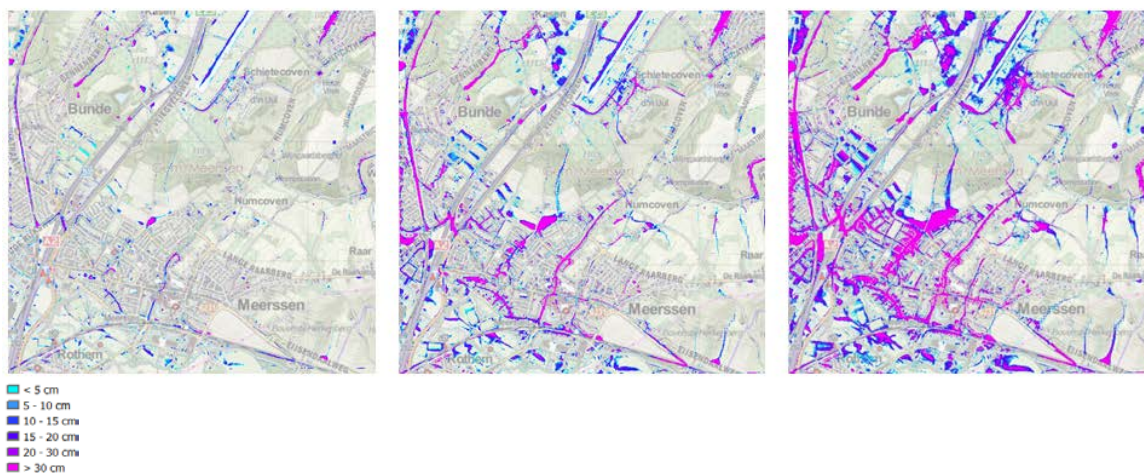
In de kern Meerssen e.o. (Figuur 5.5) valt op dat de lokale hellende wegen als afvoerroutes zichtbaar worden. De spoorbaan in het westen van het beeld is een bekende kwetsbare plek bij intense neerslag en ook dat het water accumuleert onder het viaduct van de rijksweg A2 wordt in de regio herkend. Het grootste knelpunt dat bekend is bij het waterschap en de gemeente is de centrale noord-zuid weg (incl. bocht) door de kern heen; deze kleurt ook donkerroze in de modelresultaten.

In het recente verleden zijn hier ook grote stroomsnelheden waargenomen. In combinatie met waterdieptes tot een halve meter zou dit zelfs tot slachtoffers kunnen leiden. Enkele gebieden worden door de vereenvoudigde methode ook gemist; bijvoorbeeld aangelegde bergingsgebieden en gebieden langs de afvoerende beken blijven op de kaarten onterecht droog.

36.8 mm (t10)

68.4 mm (t100)

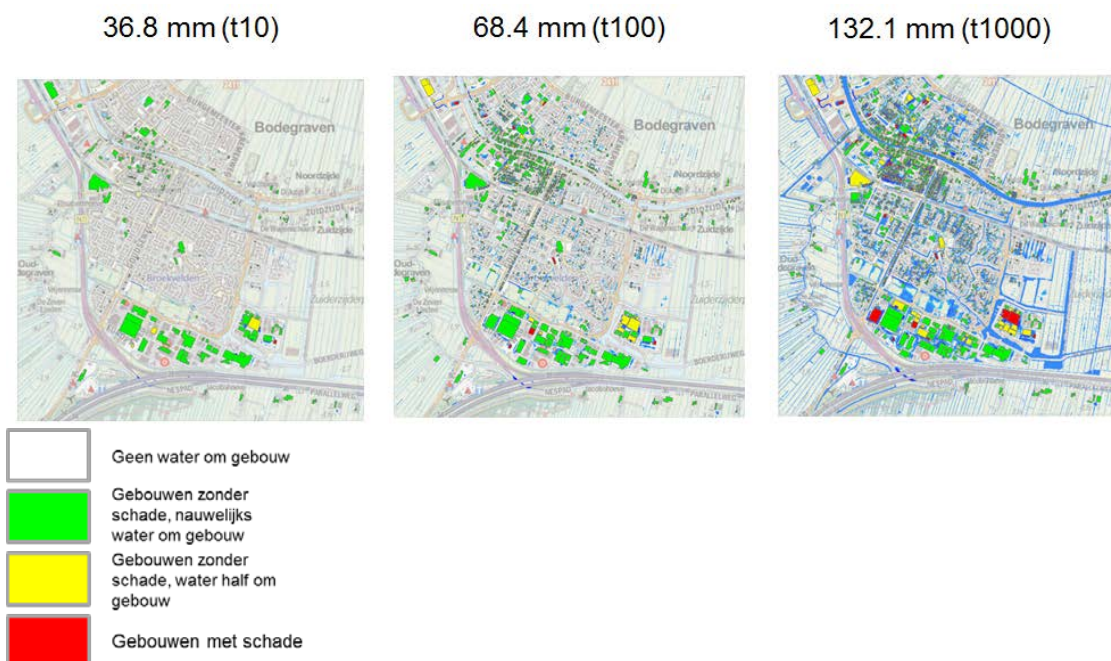
132.1 mm (t1000)



Figuur 5.5 Indicatieve maximale waterdiepte kaarten voor Meerssen e.o.

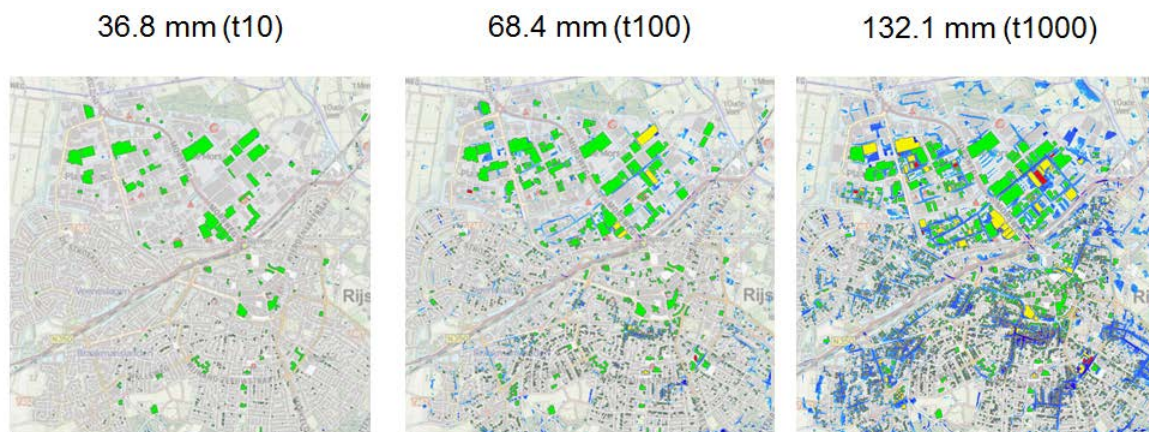
Of de waterdieptes ook daadwerkelijk tot schade leiden is onzeker. Het is voornamelijk afhankelijk van de vraag of het water gebouwen in kan lopen en de inboedel kan beschadigen. Daarvoor moet er voldoende water 'voor de deur staan'. In deze studie is aangenomen dat gebouwen waar gemiddeld 15 cm water om heen staat, 'getroffen' zijn. De schade wordt vervolgens geschat door de oppervlakte van de begane grond te vermenigvuldigen met een vierkante meterprijs (276 euro). Voor alle studiegebieden is bepaald, bij welke gebouwen water het gebouw in kan stromen. Op onderstaande kaarten is met *rood* aangegeven voor welke gebouwen dit het meest waarschijnlijk is. In *geel* de gebouwen waarvan de halve omtrek onder water staat en in *groen* gebouwen met water in de buurt, maar op enkele plekken.



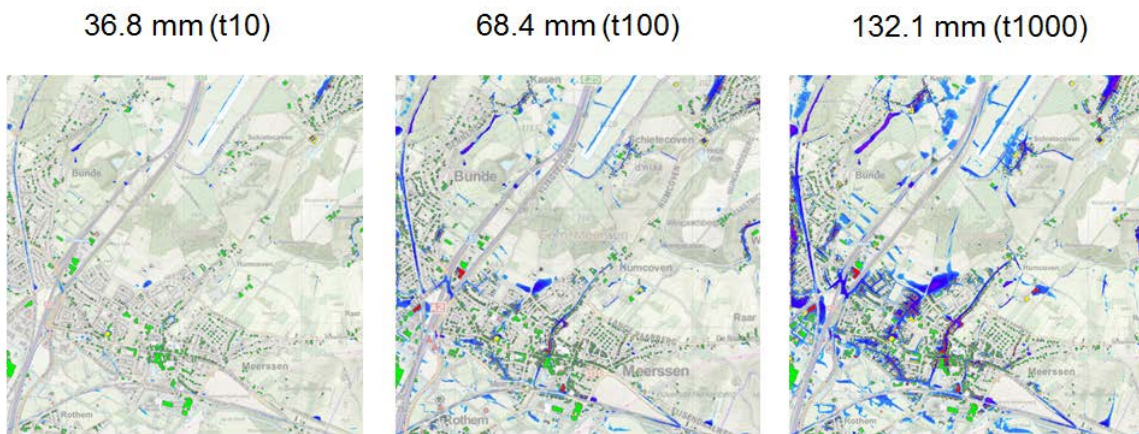


Figuur 5.6 Indicatieve gebouwschadekaarten voor Bodegraven

In Bodegraven wordt geschat dat bij een extreme bui van 68.4 mm in 2 uur, ongeveer 10.000 m<sup>2</sup> aan vloeroppervlak blank staat. Bij een zeer extreme bui van 132.1 mm, is dat ongeveer 50.000 m<sup>2</sup>. In Rijssen gaat het om respectievelijk 20.000 m<sup>2</sup> en 150.000 m<sup>2</sup>. In Meerssen om 20.000 duizend m<sup>2</sup> en 60.000 duizend m<sup>2</sup>.

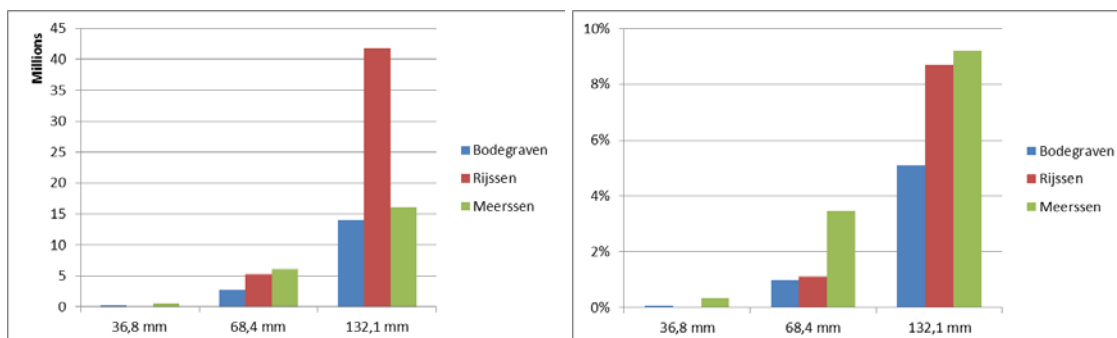


Figuur 5.7 Indicatieve gebouwschadekaarten voor Rijssen



Figuur 5.8 Indicatieve gebouwschadekaarten voor Meerssen

De drie studiegebieden zijn qua grootte ongeveer gelijk (9-10 km<sup>2</sup>). Een vergelijking van de gevoeligheid voor intense neerslag is te maken door de schades voor het gebied te sommeren voor elke bui-intensiteit. Hierbij wordt opgemerkt dat de verwachte kans van optreden van grotere neerslaghoeveelheden elke keer een factor 10 kleiner is.



Figuur 5.9 Gesommeerde gebouwschade per bui-intensiteit (links) en als percentage van het totale schadepotentieel (rechts)

Daarnaast moet worden opgemerkt dat het schadepotentieel, dit is wat er maximaal aan schade op zou kunnen treden (bijv. 1m water in heel gebied), tussen de gebieden behoorlijk varieert: in Bodegraven is dit ongeveer 275 miljoen euro, Rijssen 480 miljoen euro en in Meerssen 175 miljoen euro. Dat komt doordat er verschillen in totaal bebouwd gebied per studiegebied zijn.

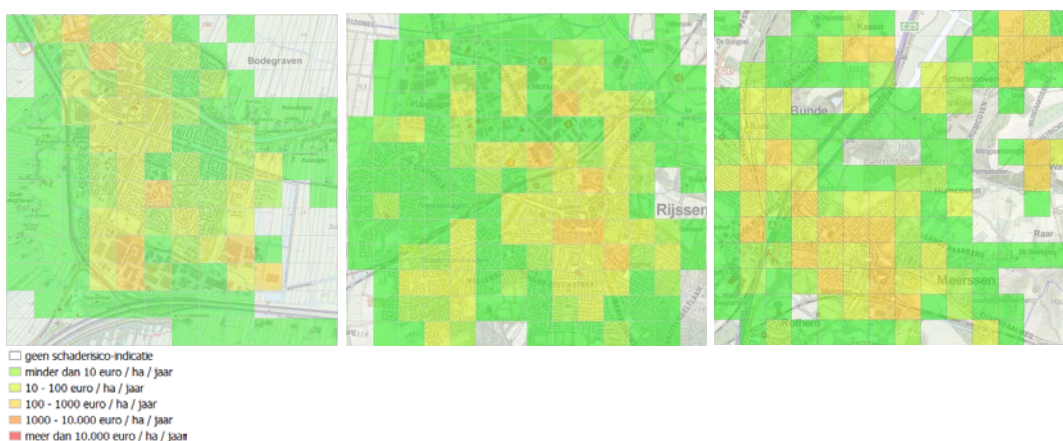
Uit Figuur 5.9 (rechts) komt naar voren dat in Meerssen *relatief ten opzichte van het schadepotentieel* de grootste schades zijn te verwachten en in Bodegraven de laagste. Het valt verder op dat in Rijssen pas bij hogere intensiteiten (~70 mm en meer) substantiële schade optreedt.

Het geschatte schaderisico op basis van deze gegevens is voor Bodegraven ongeveer 220.000 euro per jaar, voor Rijssen 490.000 euro per jaar en voor Meerssen ongeveer 400.000 euro per jaar.

Het is mogelijk nog interessanter om naar de ruimtelijke spreiding van het schaderisico te kijken. In gebieden waar geen gebouwen staan wordt geen indicatie gegeven.

Binnen de bebouwde kernen van Bodegraven, Rijssen en Meerssen zijn grotere en kleinere risico's te onderscheiden.

Deze komen overeen met de risicovolle locaties die eerder zijn geconstateerd. De legendaklassegrenzen zijn robuust gekozen (met een factor 10 verschil in schade in euro/ha/jaar).



Figuur 5.10 Indicatie van economisch schaderisico (euro/ha/jaar) gemiddeld per vierkante van 250x250m voor de drie studiegebieden: Bodegraven (links), Rijssen (midden) en Meerssen (rechts)

## 5.2 Indicatie overstromingsgevaar door intense neerslag

Een landsdekkend overzicht van het overstromingsgevaar door intense neerslag wordt idealiter gegeven middels kaarten. Vanwege het zeer lokale karakter van het fenomeen en de hoge benodigde resolutie is alleen op een grote schaal iets van de patronen zichtbaar; op nationale schaal zijn overstromingen van individuele pleinen en straten immers niet waarneembaar. Om die reden is het niet zinnig om een landelijke kaart te presenteren in een rapport (dat biedt immers niet de mogelijkheid om in te zoomen).

Geschat wordt dat bij een extreme bui, 10-20% van het totale landoppervlak onder (meer dan 5 cm) water kan komen te staan. De bekende locaties die gevoelig zijn voor overstromingen door intense neerslag zijn (fiets)tunnels, in het landschap verlaagd aangebrachte (spoor)wegen, plekken met een grote verhardingsgraad, zoals centrale pleinen, industrieterreinen (incl. glastuinbouw), parkeerterreinen en smalle lokale wegen, straten en woonerven. Op straatniveau zijn laad-en losdocks<sup>8</sup>, (ingangen van) souterrains en garages de meest gevoelige plekken. Op gras-en akkerpercelen en recreatieterreinen vormen zich kortstondig plassen in de lokale depressies. Zowel in de bebouwde kom als op het land zijn plassen op de kaarten waarneembaar. In de vlakke poldergebieden en het rivierengebied variëren de maximale waterdieptes op straat en op het land tussen de 10-20 cm bij toenemende bui-intensiteit, lokaal kan in tunneltjes en depressies, tot 60 cm waterdiepte optreden. Op de hogere zandgronden met matige hellingen wordt een iets grotere variatie waargenomen in de gemiddelde waterdiepte: 10-30 cm bij toenemende bui-intensiteit, met maxima tot 70 cm. In sterk hellende gebieden (zoals Zuid-Limburg) treden gemiddeld grotere waterdieptes op van 20-60 cm, met lokale uitschieters van meer dan 1,5 meter. In deze gebieden moet men ook rekening houden met mogelijk hogere stroomsnelheden, die kunnen leiden tot zeer gevaarlijke plekken voor personen.

<sup>8</sup> Laad-en losdocks en (fiets)tunnels zijn in realiteit (vaak) voorzien van (extra) pompen. De afhankelijkheid van gemalen vergroot de kwetsbaarheid aangezien de gemalen niet altijd goed functioneren.



Of de plekken waar het water zich verzamelt, of waar het langs stroomt, ook daadwerkelijk tot problemen leiden (hinder, schade of maatschappelijke ontwrichting) hangt vooral af van de kwetsbaarheid van de getroffen objecten en infrastructuur.

### 5.3 Indicatie gevolgen van overstromingen door intense neerslag

Voor een indicatie van de gevolgen van overstromingen door intense neerslag zijn de landsdekkende waterdiepte kaarten geconfronteerd met kaarten met bebouwing (woningen en bedrijven).

Bij middelmatige bui-intensiteiten van 35 mm in 2 uur, staat er bij ongeveer 16.000 gebouwen in Nederland water om het gebouw. Bij bui-intensiteiten respectievelijk 70 en 140 mm in 2 uur, betreft het 170.000 en 875.000 gebouwen. Dit betekent dat in zeer extreme omstandigheden ongeveer 10% van het totaal aantal gebouwen in Nederland gevoelig is voor overstroming door intense neerslag.

Tabel 5.1 *Indicatie aantal getroffen woningen en gebouwen (incl. woningen) bij overstroming door intense neerslag*

Bui-intensiteit	# Woningen	# Gebouwen
35 mm	4.000	16.000
70 mm	44.000	170.000
140 mm	271.000	875.000
Als % van het totaal bij 140mm	5,3 %	9%

Een groot deel van de Nederlandse straten en pleinen zullen al bij relatief middelgrote bui-intensiteiten overstromen. Dit wordt door rioolbeheerders ook steeds meer als een belangrijke functie van de lokale infrastructuur gezien, zodat straten en pleinen ook dienst doen als tijdelijke berging. Door straten en pleinen in te richten als tijdelijke waterbergingslocaties kan de kans op wateroverlast in gebouwen verkleind worden.

Het wordt echter hinderlijk en het leidt mogelijk tot schades wanneer het water over de stoepen (indien aanwezig) in gebouwen gaat stromen, of als het veel langer duurt dan enkele uren. Daarbij is de kans op schade in gebouwen groter als er tijdens de overstroming golfjes worden veroorzaakt door het verkeer en daardoor water over de drempels gebouwen binnenstroomt.

### 5.4 Indicatie landsdekkende overstromingsrisico's door intense neerslag

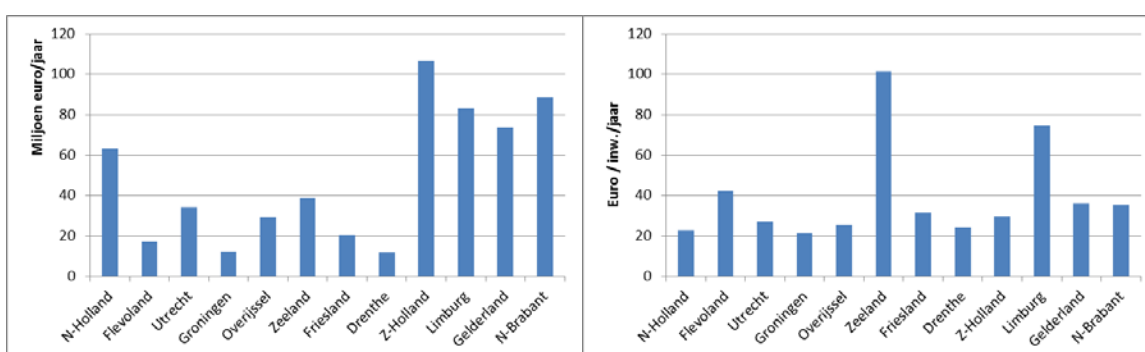
Een van de belangrijkste eindproducten van deze studie is een nationale kaart met een indicatie van de overstromingsrisico's door intense neerslag. In Figuur 5.12 wordt deze kaart getoond, waarbij de schaderisico's aan gebouwen zijn gesommeerd per 250x250m vak.

Wat opvalt, is dat de grootste schades worden berekend voor *alle* bebouwde gebieden in Nederland. Hiermee verschilt het duidelijk van lokale schaderisico's door andere typen overstromingen, omdat daar alleen bebouwde gebieden in de buurt van de zee of de rivier kan worden bereikt. Het lokale schaderisico van overstroming door intense neerslag varieert tussen de 10 en 1000 euro per ha per jaar. Dat is op vele locaties vergelijkbaar of hoger dan overstromingen vanuit regionale waterkeringen of het buiten de oevers treden van regionale beken of rivieren. Landbouwschades in het buitengebied worden in dit onderzoek niet gewaardeerd.

Aangenomen wordt dat landbouwgewasschades door intense neerslag waarschijnlijk beperkt blijven, omdat het water over het algemeen binnen enkele uren tot dagen zal zijn afgevoerd. Schades aan recreatie- en kampeerterrinen worden hier ook niet meegenomen, maar kunnen mogelijk ook wel tot flinke schades leiden.

Als de schaderisico's op basis van de drie doorgerekende situaties van alle locaties in Nederland bij elkaar worden opgeteld bedraagt het totale schaderisico maximaal ongeveer 600 miljoen euro per jaar. Het schaderisico voor *woningen* is ongeveer 150 miljoen euro per jaar; dat is 25% van het schaderisico berekend voor alle gebouwen. 75% van het schaderisico wordt berekend voor bedrijfsgebouwen (op bijv. industrieterreinen en glastuinbouwbedrijven) en overheidsgebouwen. Doordat dit vaak grote gebouwen zijn en uitgegaan wordt van een schadebedrag per vierkante meter, hebben deze een grote bijdrage aan de totaalschade.

In Figuur 5.11 worden de indicatieve gesommeerde schaderisico's per provincie getoond. De grootste risico's worden berekend voor Zuid-Holland, Noord-Brabant en Limburg. Uitgedrukt naar risico per inwoner springen Zeeland en Limburg eruit. Voor Limburg is dit naar verwachting, omdat het daar in hellende gebieden al bij lagere bui-intensiteiten relatief veel gevaarlijker is. Voor Zeeland is de hoge waarde te verklaren door het extreem hoge aantal vakantiewoningen in vergelijking tot het aantal ingeschreven inwoners en door hoge uitschieters op industrieterreinen en glastuinbouwbedrijven.



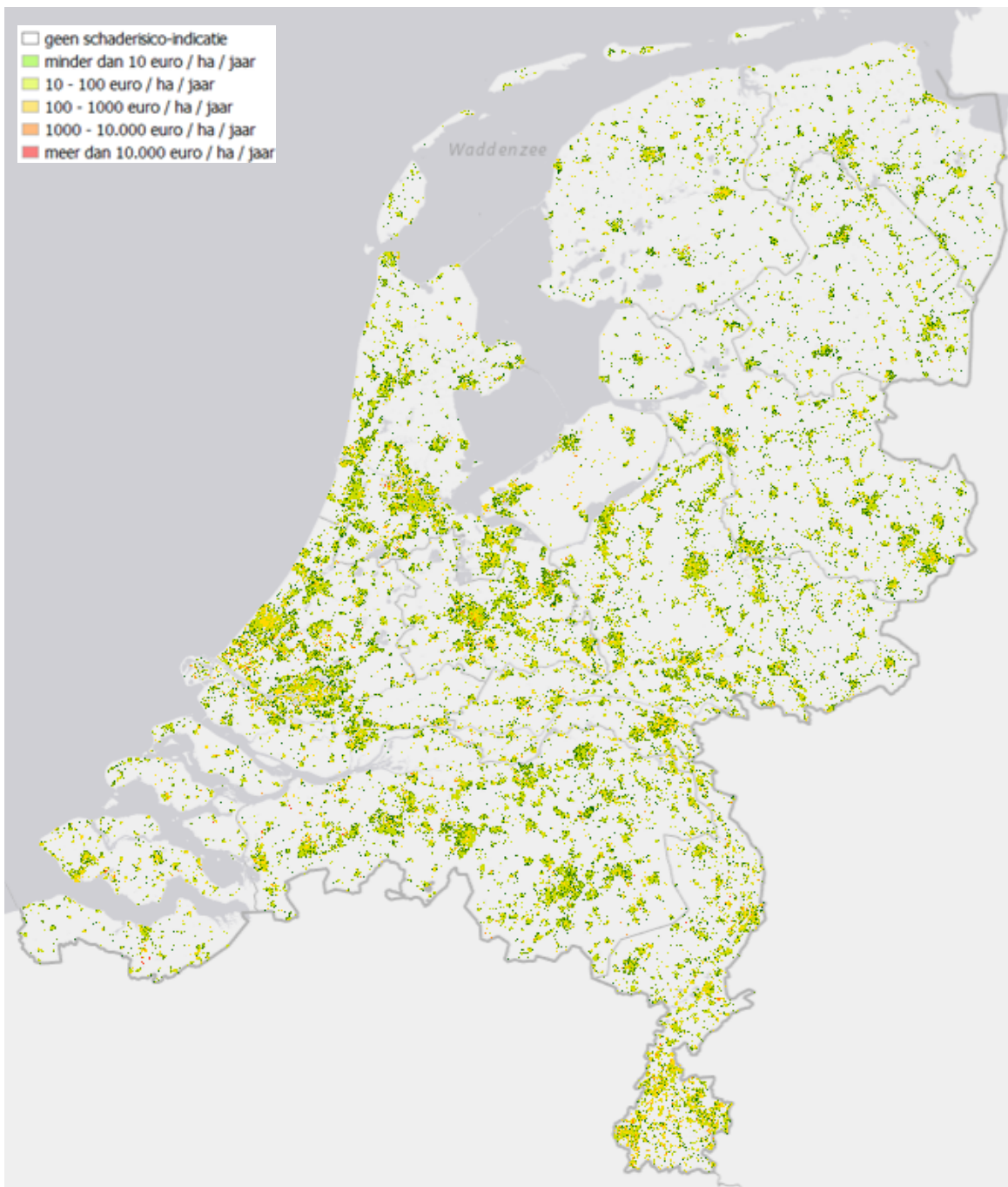
Figuur 5.11 Gesommeerde schaderisico's per provincie (links) en schaderisico per inwoner per provincie (rechts)

Het gesommeerde getroffenrisico in Nederland wordt geschat op 8100 getroffen per jaar.

## 5.5 Indicatie invloed van klimaatverandering landsdekkende overstromingsrisico's door intense neerslag

Zoals aangegeven in de tekstbox in hoofdstuk 3, is de verwachting dat onder het meest pessimistische klimaatscenario de frequentie van intense neerslag in 2085 grofweg verdubbelt. Indien er geen maatregelen worden genomen verdubbelen de overstromingsrisico's door intense neerslag in de komende 70 jaar ook. Overigens worden economische groei en inflatie<sup>9</sup>, die in deze periode waarschijnlijk zijn, en van invloed zijn op het schadebedrag per m<sup>2</sup>, niet meegenomen.

<sup>9</sup> Bij gemiddelde economische groei verdubbelt de schade grofweg (zonder maatregelen neemt de schade in 2085 met een factor 8 toe)



Figuur 5.12 Landsdekkende indicatieve overstromingsrisicokaart door intense neerslag

## 5.6 Indicatie van meest gevoelige modelinvoerparameters

### *Overstromingsmodel*

In het overstromingsmodel zijn diverse keuzes te maken in modelinvoerparameters. Alle modelinvoer is een voor een gevarieerd.

- Indien aangenomen wordt dat het riool tot 10 mm/uur water kan bergen en afvoeren in plaats van 20 mm/uur, wordt het schaderisico ongeveer **tot 25% groter**. Indien gerekend wordt met een rioolcapaciteit tot 30 mm/uur wordt het schaderisico ongeveer **tot 40% kleiner**. In sommige gemeenten is de capaciteit van 30 mm/uur of meer (bijv. kern Rijssen) realistisch door recente uitbreidingen. Een capaciteit van 20 mm/uur is gebaseerd op een ontwerpcapaciteit; de daadwerkelijke capaciteit kan door onderhoudsachterstand lager liggen. Het is ook mogelijk dat sommige delen van het riool bewust een grotere of kleinere capaciteit hebben, dat deze zijn ontworpen aan de lokale situatie.
- Afhankelijk van het gebied wordt bij maximale bodeminfiltratie **tot 25%** minder schaderisico berekend. Bij minimale bodeminfiltratie wordt er **tot 40%** meer schaderisico berekend. Variatie van bodeminfiltratie op korte afstand kan groot zijn en het is ook afhankelijk of de bodem 'verslemt' door regendruppels of niet. In gebieden met veel verharding is de bodeminfiltratiecapaciteit minder van belang.
- Grotere of kleinere Manning-waarden (bodemuwheid) voor landgebruik heeft **geen of nauwelijks** waarneembaar effect op de maximale waterdiepte die op een bepaalde plek zal optreden.
- Het schaderisico berekenen op basis van maximale waterdieptes bepaald na 2 of 12 uur heeft in vlakke gebieden **geen of nauwelijks** waarneembaar effect op de resultaten. In hellende gebieden kan het bepalen van waterdieptes na 2 uur tot een **onderschatting** van het schaderisico tot **20%** leiden. Dit komt doordat het water na 2 uur nog door het gebied stroomt.
- Berekeningen van het schaderisico op een fijnere resolutie (voor de drie studiegebieden), 1x1m, toont dat het schaderisico grofweg kan **verdubbelen**. Bij een grovere resolutie, 5x5m, kunnen de schattingen **halveren**.<sup>10</sup>
- De nieuwe statistiek van het KNMI leidt tot een verhoging van de gesommeerde schaderisico's van ongeveer **15 tot 20%**. Hierbij kan worden opgemerkt dat gebieden die bij relatief lage hoeveelheden neerslag (vanaf 35mm) al relatief veel schade ondervinden minder gevoelig zijn voor aanpassingen in de statistiek dan gebieden die vanaf 60-70 mm pas schade ondervinden. Het effect van de aangepaste statistiek is immers het grootst bij de minder frequente buien.

<sup>10</sup> Dit lijkt overigens meer met de opzet (en gevoeligheid) van het ontwikkelde schademodel te maken te hebben, dan met de waterdieptekaarten; d.w.z. een andere resolutie leidt op het oog niet tot grote verschillen in patronen van natte locaties; bij lagere resoluties (5m) is het nauwkeurig bepalen van water om een gebouw lastig, terwijl bij hogere resoluties (1m) water makkelijker tussen gebouwen in en tegen gebouwen aan komt te staan. Theoretisch gezien levert een hogere resolutie meer gedetailleerde resultaten en mogelijk betere inschattingen op.

## Schademodel

Voor het bepalen van de schade in gebouwen zijn enkele belangrijke aannamen gemaakt. Een gebouw dat geheel omgeven wordt door gemiddeld 15cm water of meer wordt als getroffen beschouwd. Vervolgens wordt het totale vloeroppervlak van de begane grond vermenigvuldigd met een vierkante meterprijs (276 euro).

- Indien niet 15cm, maar gemiddeld 20 cm om een gebouw heen als grens wordt gehanteerd, **halveert** grofweg het schaderisico.
- Indien schade in een gebouw ook wordt meegerekend als het voor meer dan de helft omgeven wordt door gemiddeld 15 cm water of meer, **verdubbelt** grofweg het schaderisico. Hierbij wordt aangenomen dat de oppervlakte van de begane grond ook maar voor de helft overstroomt.
- Indien de grote gebouwoppervlaktes (>1000 m<sup>2</sup>, 2% van de gebouwen) niet worden meegerekend, dan valt het schaderisico tot **70% lager** uit.

## Risicomodel

Voor het berekenen van schaderisico's worden 3 herhalingstijden van bui-intensiteiten gebruikt: T=10, T=100 en T=1000. Hierbij wordt aangenomen dat vanaf ongeveer 35 mm per 2 uur al schade in gebouwen optreedt.

Deze aanname heeft grote invloed op de berekening van het schaderisico, omdat de waarden ongeveer 10x zo zwaar wegen als schades die worden berekend bij 2x zo grote hoeveelheden (70 mm in 2 uur).

- Ongeveer **2/3** van het berekende schaderisico valt ten deel aan buien tot 70 mm in 2 uur. De **overige 1/3** van het schaderisico wordt veroorzaakt door buien van meer dan 70 mm in 2 uur.

Diverse experts uit de begeleidingscommissie schatten dat er schade in gebouwen optreedt vanaf 50-60 mm per 2 uur. Tot die tijd is de invloed van het riool, het watersysteem en de infiltratie nog relatief groot. Daarna maakt het niet zoveel meer uit.

- Indien er pas schade wordt gerekend vanaf 50 mm in 2 uur (~T50) neemt het schaderisico **grofweg met de helft af**.

Indien schaderisico's worden bepaald met meer informatie, nl. inclusief aanvullende waterdiepte-en schadekaarten bij bui-intensiteiten passend bij T=25 (46.9 mm), T=50 (56.5 mm), T=200 (83.1 mm) en T=500 (108 mm) dan wordt de berekening van het schaderisico gecorrigeerd.

- Indien met meer bui-intensiteiten (7) het schaderisico wordt berekend, **halveert** grofweg het schaderisico. Dit komt vooral doordat er nuance wordt gebracht in schades die kunnen optreden bij bui-intensiteiten passend bij T=25 en T=50.



## 6 Discussie

### 6.1 Conclusies

1. Voor het eerst is een landsdekkende, kwantitatief onderbouwde analyse uitgevoerd ten aanzien van het (schade)risico als gevolg van overstroming door intense neerslag op basis van KNMI 2018 statistiek. Daarbij is uitgegaan van kortdurende intense neerslag gedurende 2 uur bij intensiteiten die ongeveer 1x per 10, 100 en 1000 jaar voorkomen. Er is gebruik gemaakt van de meest actuele inzichten en gegevens over neerslag in Nederland. Verondersteld wordt een standaard rioolafvoer capaciteit (van 20 mm/uur). De model uitkomsten zijn geverifieerd in 3 casestudie gebieden.
2. De intense neerslag die vooral in de zomerperiode voorkomt, zorgt voor de grootste overlast (en schade) in bebouwd gebied. In landelijk gebied treedt meestal bij langduriger neerslag (dagen in plaats van uren) pas schade op.<sup>11</sup>
3. In tegenstelling tot andere overstromingstypen is het risico (kans x gevolg) veel gelijkmatiger verspreid over Nederland. In bebouwd gebied zijn bijna altijd laaggelegen verharde delen aanwezig (zoals tunnels, parkeer- en industrieterreinen) die kwetsbaar zijn. In sommige woonkernen treedt al overlast/schade op bij buien die ongeveer 1x per 20-50 jaar voorkomen; soms pas bij nog veel extremere situaties (minder vaak dan 1x per 100 jaar). Het aantal gebouwen in Nederland dat in zeer extreme situaties (130mm in 2 uur) bedreigd wordt is ongeveer 10% van het totaal aantal gebouwen in Nederland.
4. Bij een zeer extreme bui ("intense neerslag") staat ongeveer 10-20% van het totale landoppervlak voor korte tijd onder water. Een intense bui heeft altijd een beperkte omvang; Nederland wordt nooit in zijn geheel getroffen. Gemiddelde waterdieptes daarbij zijn 10-20 cm (1x per 10 jaar), 15-40 cm (1x per 100 jaar; lokaal tot 0,5 meter) en 20-60 cm (1x per 1000 jaar; lokaal tot 1,5 meter). De variatie in waterdieptes is klein in West- en Noord-Nederland, iets groter op de hoge zandgronden in Oost-en Zuid-Nederland en meest extreem in Zuid-Limburg.
5. Bij kortdurende intense neerslag vallen naar verwachting geen slachtoffers. Alleen in verharde sterk hellende gebieden, bijvoorbeeld in Zuid Limburg, is dat als gevolg van hoge stroomsnelheden niet geheel uit te sluiten.
6. Het – in deze globale studie - berekende schaderisico (kans x gevolg) in bebouwd gebied is qua orde grootte vergelijkbaar met het overstromingsrisico bij falen van regionale waterkeringen, maar veel lager dan het overstromingsrisico als gevolg van doorbraken van primaire waterkeringen langs het hoofdwatersysteem. De gevolgen ten opzichte van regionale keringen zijn weliswaar beperkter, maar de kans van voorkomen groter.

---

<sup>11</sup> Omdat er – gezien de korte duur van de regenval - geen interactie met het watersysteem wordt verondersteld, kan de schade bij kapitaal intensieve gewassen in landelijk gebied mogelijk zijn onderschat.

7. De resultaten zijn gevoelig voor de gehanteerde drempelhoogte in woningen (15 cm) en of grote bedrijfs- en overheidsgebouwen bij een dergelijke waarde wel of niet (geheel) overstromen. Deze panden vormen in de berekening een grote schadepost. Ook is de berekende schadebijdrage van buien met een kans van voorkomen van 1x per 10 jaar vrij groot, terwijl volgens sommige experts dan meestal nog nauwelijks schade van betekenis optreedt.
8. De overstromingsgevaarkaarten zijn gevoelig voor keuzes in de overstromingsmodellering. Hierbij lijken de ruimtelijke resolutie van modelleren en de bergings-of afvoercapaciteit van riolen lokaal de grootste invloed te hebben op het resultaat. De gevoeligheid van het schademodel (zie 7) lijkt echter een groter effect op het berekende schaderisico te hebben.
9. Door de toename van de kans op intense neerslag zal het schaderisico in 2085 verdubbelen. Door toegenomen welvaart, kapitaalswaarde (en daarmee grotere schadegevoeligheid) zal de schade naar 2085 toe, nog verder toenemen.
10. De resultaten van de landsdekkende analyse vormen een goede basis, voor het beter in beeld brengen van mogelijk risicovolle locaties bij verschillende neerslagintensiteiten. In een vervolgfase kan voor een specifiek gebied nader worden ingezoomd, waarbij rekening kan worden gehouden met locatie specifieke omstandigheden zoals de rioolafvoer capaciteit en drempelhoogte van gebouwen. Voor een landsdekkende analyse was een dergelijke meer gedetailleerde aanpak niet haalbaar.

## 6.2 Aanbevelingen

1. Het schaderisico voor overstromingen door intense neerslag is in deze studie bepaald zonder rekening te houden met de interactie met het oppervlaktewatersysteem. Dit is op nationale schaal, zonder centrale registratie van de locatie en de werking van het oppervlaktewatersysteem niet mogelijk. In deze studie is aangenomen dat de bergingscapaciteit van het oppervlaktewatersysteem volledig beschikbaar is bij aanvang van de bui en dat de buien niet (elders) leiden tot overschrijdingen van de waterstanden in het watersysteem. In sommige gebieden zal de interactie een grotere rol spelen dan in andere; het belang neemt toe als bodem- en watersysteem snel 'verzadigd' zijn, bij hoge dichtheden van het waterloppennetwerk en bij hogere hellingsgraden. Aanbevolen wordt om te onderzoeken in welke situaties (welk type systeem en bij welke neerslagintensiteiten) het oppervlaktewatersysteem een rol speelt bij overstromingen door intense neerslag.
2. De belangrijkste modelinvoer voor dit type modellering is het Digitaal Terrein Model. Hiervoor wordt het gebruik van de nationale basisregistratie AHN2 (en 3) aanbevolen. Voor hydrodynamische modellen moeten nog enkele bewerkingen op deze brondata worden uitgevoerd; bijv. omgang met gebouwen (ligging, (drempel)hoogte, en moment van instroming), omgang met onderdoorgangen (diepteligging) etc. Het wordt aanbevolen daar landelijke uniformiteit in na te streven en een landsdekkend Hydro-DTM aan te bieden. Aanbevolen wordt om een zo hoog mogelijke resolutie (orde 2m of kleiner) voor dit type modellen te hanteren. Dit landsdekkende Hydro-DTM kan vervolgens door gemeenten en andere geïnteresseerden worden gebruikt voor verdere analyses. Dit zou deels kunnen voorkomen dat verschillen in overstromingsrisico's die berekend worden voor verschillende gemeenten terug te voeren zijn tot verschillen in aanpak en uitgangspunten.

3. In het model is voor bebouwde gebieden een referentie rioolafvoercapaciteit opgenomen van 20 mm/uur. Er is geen centrale registratie van de werking van het riool in Nederland. Daarom is op basis van de stedelijkheidsgraad (bron: CBS) een referentie riool toegewezen in het model. Het ontbreken van recente lokale aanpassingen in het riool zal in bepaalde gebieden in deze studie tot een overschatting van het risico leiden. Aanbevolen wordt, vooral omdat het riool bij minder extreme neerslag, maar waar overstroming net wel of niet tot schade leidt, een belangrijke rol speelt, een centrale registratie op te zetten over de lokale rioolcapaciteit en deze ruimtelijke variatie in rioolcapaciteit ook in de modellering door te voeren. Omdat het uiteindelijke patroon van water zeer afhankelijk is van de gehanteerde aannames voor bergings- en afvoercapaciteit van de riolering is het verstandig om in het vervolg en bij verdere detaillering hier meer gevoeligheidsanalyses voor uit te voeren.
4. De omvang van het schaderisico wordt sterk bepaald door extreme buien van 35-60 mm in 2 uur ( $t=10$  tot  $t=50$ ). In deze studie is gekozen om te rekenen met een bui van 35 mm in 2 uur ( $t=10$ ). Sommige experts geven aan dat er doorgaans geen schade wordt gemeten bij dit soort bui-intensiteiten. Aanbevolen wordt om in de toekomst de  $t=10$  situatie te vervangen met een  $t=25$  of  $t=50$  situatie. Het is aan te bevelen om nog korter durende buien van een half uur of een uur te testen, omdat mogelijk bij deze duren het riool nog eerder overbelast raakt. Idealiter wordt het in de toekomst mogelijk om een geavanceerder bui-profiel in het model in te voeren (zowel in tijd als wat betreft het ruimtelijk patroon), zodat in de praktijk waargenomen gevoeligheden hiervoor, ook tot uiting kan komen.
5. Het schademodel is erg gevoelig voor aannames met betrekking tot de drempelhoogte van gebouwen (moment van instromen) en in welke mate water in grote gebouwen tot hoge schades leidt. Aanbevolen wordt om voor risicovolle gebouwen (daar waar volgens het model hoge schaderisico's optreedt bijv. glastuinbedrijven en bedrijventerreinen) te controleren of de gebouwen daadwerkelijk in die mate kunnen overstromen.
6. Naast het berekenen van economische schade aan gebouwen zijn er ook andere objecten die getroffen kunnen worden door overstroming door intense neerslag interessant. Denk daarbij aan cultuurhistorische objecten, vitale infrastructuur, verkeershinder door ondergelopen uitvalswegen etc. Aanbeveling is om mogelijk kwetsbare objecten/netwerken te identificeren en te onderzoeken wat de bijdrage aan het risico zou kunnen zijn. Ook is het interessant om de gevolgen van overstroming door intense neerslag voor de volksgezondheid te bepalen. Zo kan contact met afvalwater uit het riool hinderlijk zijn, maar ook tot gezondheidsrisico's leiden.
7. In relatie tot alle voorgaande punten: er is een uitgebreide behoefte aan validatiegegevens. Aanbevolen wordt om een centrale open database op te richten, waarin gedetailleerde gegevens worden verzameld over overstromingen door intense neerslag. Mogelijk kan dit in samenwerking met verzekeringsmaatschappijen, veiligheidsregio's, gemeenten en kennisinstituten. Ook kan mogelijk gebruik worden gemaakt van nieuwe technieken; bijvoorbeeld analyse van berichtgeving in de (sociale) media. De gegevens uit de centrale database kan veel van de onzekerheden bij het bepalen van de risico's wegnemen. Het kan ook een goede basis bieden voor het afwegen van te nemen maatregelen.



## 7 Referenties

Stichting RIONED (2015) Gemeentelijke aanpak regenwateroverlast: Een inventarisatie, pp.20

Massop, H.T.L., J. Clement en C. Schuiling (2014) Plassen op het land: Een landsdekkende kaart van potentiële risicolocaties voor oppervlakkige afspoeling, Alterra-rapport 2546, Wageningen UR, pp. 90

STOWA (2015), Actualisatie meteogegevens voor waterbeheer 2015, STOWA-rapport 2015-10, pp.78

STOWA (2018), Neerslagstatistiek voor korte duren. Actualisatie 2018, STOWA-rapport 2018-12, pp. 58

Van de Ven, F., E. van Nieuwkerk, K. Stone, W. Veerbeek, J. Rijke, S. van Herk en C. Zevenbergen (2011) Building the Netherlands Climate Proof: Urban Areas, Knowledge for Climate, Deltares, pp. 154

Verbond van Verzekeraars (2015) Klimaatverandering & schadelast, pp. 7

Verbond van Verzekeraars (2018) Hoofd boven water: Verzekeren van schade in een veranderend klimaat, pp.27



## 8 Begeleidingscommissie

Als gevolg van instemming door de Stuurgroep Water op 11 oktober 2017 is dit onderzoek gestart naar de gevoeligheid van Nederland voor overstromingen door extreem intensieve neerslag. Het onderzoek heeft plaatsgevonden in de periode November 2017 t/m April 2018.

Een begeleidingscommissie is geformeerd en heeft Deltares in vier bijeenkomsten bijgestaan en geadviseerd over de ontworpen methode en de resultaten, evenals het duiden van de resultaten voor de Voorlopige Risicobeoordeling (VORB).

Lid van de begeleidingscommissie waren:

- Dhr. Jan Kruijshoop, Rijkswaterstaat Water, Verkeer en Leefomgeving (voorzitter);
- Dhr. Tom Grobbe, Waterschap Vechtstromen;
- Dhr. Pieter-Jan Hofman, Provincie Zuid-Holland;
- Dhr. Erwin de Groot, Hoogheemraadschap van Rijnland;
- Dhr. Marcel Matthijsse, Veiligheidsregio Zeeland en Programmadirecteur WAVE2020;
- Dhr. Joris Knops, Ministerie van Veiligheid en Justitie;
- Dhr. Eric Gloudemans, Unie van Waterschappen;
- Dhr. Durk Riedstra, Rijkswaterstaat Water, Verkeer en Leefomgeving;
- Mevr. Michelle Talsma, STOWA;
- Dhr. Meinte Blaas, Rijkswaterstaat Water, Verkeer en Leefomgeving;
- Mevr. Annemiek Roeling, Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat;
- Dhr. Tom Heijligers, Provincie Noord-Brabant;
- Dhr. Mario Cerutti, Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat.

Aparte consultaties hebben in de periode plaatsgevonden met de VNG en Stichting RIONED.

Verder danken we de dhr. Jan Jelle Reitsma van Hoogheemraadschap van Rijnland, dhr. Gerard ten Bolscher van de gemeente Rijssen-Holten en dhr. Frank Heijens en dhr. Marc Strookman van Waterschap Limburg voor het inbrengen van hun lokale kennis tijdens de regionale consultaties.





## A Keuzes in modelinvoer

### Algemene invoer

Bui-intensiteiten: 35 mm / 2 uur, 70 mm / 2 uur, 140 mm / 2 uur

Evaporatie: 0 mm / uur

Modelresolutie: 2x2m

Modelomvang: blokken van 10x10 km (met overlap van 500 m)

Rioolcapaciteit: 20 mm/uur (8 mm bergingscapaciteit + 12 mm/uur afvoercapaciteit via overstort en gemalen)

Modelsimulatieuur: 6 uur

Courantmodus: average

### Infiltratiecapaciteit (in mm/uur)

	Referentie	Hoge capaciteit	Lage capaciteit
Klei	1.7 (0.04 / dag)	11.3	1.7
Loss	1.7 (0.04 / dag)	11.3	1.7
Onbekend <sup>12</sup>	4.2 (0.1 / dag)	11.3	1.7
Veen	2.5 (0.06 / dag)	11.3	1.7
Zand	11.3 (0.27 / dag)	11.3	1.7
Zeeklei	1.7 (0.04 / dag)	11.3	1.7

### Manning-waarden (-)

	Referentie	Hoog	Laag
Moestuinen	0,06	0,12	0,03
Sportcentrum	0,013	0,026	0,01
Stadspark	0,03	0,06	0,015
Speeltuin	0,015	0,03	0,01
Buurtwinkel	0,013	0,026	0,01
Fietspaden	0,015	0,03	0,01
Wegen	0,015	0,03	0,01
Straat	0,015	0,03	0,01
Loofbomen	0,1	0,2	0,05
Hedendaagse sociale woningen	0,013	0,026	0,01
Naoorlogse flats	0,013	0,026	0,01
Hedendaagse flats	0,013	0,026	0,01
Loodsen	0,013	0,026	0,01
Standaard tuin	0.03	0,06	0,015
Hedendaagse kantoren	0.013	0,026	0,01

<sup>12</sup> Blijkt heel vaak stedelijk gebied en is dus mogelijk als standaard te gunstig afgesteld.



## B Vragen aan experts / Resultaten vragenlijst

### Inleiding en doel

In het kader van het uitvoeren van de voorlopige overstromingsrisicobeoordeling conform (art.4) van de Richtlijn Overstromingsrisico's doen we in opdracht van SG Water onderzoek naar de gevoeligheid voor overstromingen a.g.v. zeer intensieve neerslag. Voor dit onderzoek worden landsdekkende berekeningen gemaakt voor een aantal neerslagsituaties. De resultaten van de berekeningen moeten worden beoordeeld op plausibiliteit en er moeten kaarten van worden gemaakt. Het onderzoek kent een begeleidingscommissie met de relevante actoren.

Het is belangrijk om te benadrukken dat de berekeningen voldoende betrouwbaar moeten zijn om een voorlopige risicobeoordeling op te kunnen baseren. In deze voorlopige risicobeoordeling is vooral een inschatting van de mate van mogelijke negatieve gevolgen (economische schade en mogelijke slachtoffers) van belang. Ook wordt er aandacht besteed aan andere facetten als kwetsbare objecten (cultuurhistorie, installaties die tot milieuverontreiniging kunnen leiden) en potentieel getroffen inwoners. Zowel een indicatie van de landelijke totalen, als een indicatie van de ruimtelijke spreiding ten opzichte van andere typen overstromingen (bijv. vanuit rivieren en boezemsystemen of de zee) zijn hierbij het doel.

Om de beoordeling van de berekeningsresultaten en de ontwikkeling van kaarten gericht en doelmatig te laten gebeuren, proberen we *vòòraf* expliciet in beeld te krijgen wat de verwachtingen zijn van experts (vanuit begcie en achterban). Bijv. welke verschillen verwacht men tussen deelgebieden en vind je die ook terug in de resultaten? De verschillen die we berekenen tussen een bui met een intensiteit die eens per 10 jaar kan optreden en die eens per 100 jaar kan optreden, sluiten die aan op de verwachtingen?

Die inventarisatie van verwachtingen ten aanzien van berekeningsresultaten richt zich op verschillen binnen een aantal typen deelgebieden in Nederland. Het gaat om het ontsluiten van inzichten en ervaringen zoals aanwezig zijn die bij experts in het land. Dit hoeft niet per se betrekking te hebben op beheersgebieden, maar mag ook op basis van ervaringen in de woonomgeving. We noemen deze persoonlijk referentie verder in dit document 'studiegebied'.

Deze vragenlijst heeft de vorm van open vragen. Invulling van vragenlijst zal ca. 30 minuten vergen. Van de reacties zal een synthese worden gemaakt, die zal worden besproken in de begeleidingscommissie van 20 februari. Er wordt een snelle reactie gevraagd (reactie graag retour vòòr 6 februari). Graag in de reactie een verwijzing opnemen op welke vraag antwoord wordt gegeven. Voor een beoordeling van het totale landelijke beeld (verschillen tussen gebieden) wordt een workshop met experts voorzien ergens in de eerste week van maart (week 10).

## 1. Enkele vragen over de context

- Op welk(e) studiegebied(en) zijn je ervaringen of inzichten gebaseerd?
- Hoe zou je die studiegebied(en) willen karakteriseren (vrij afwaterend, hellend gebied vs. bemalen, vlak gebied en verhard vs. onverhard (nog onderscheiden in zand of klei of veen)?)
- Gaat het om inzichten vanuit modelberekeningen, waarnemingen of de combinatie van beide?
- Als je naar een kaart over wateroverlast kijkt welk beeld verwacht je dan te zien? Kun je omschrijven wat je in ieder geval verwacht te zien?

De inventarisatie van inzichten en ervaringen richt zich verder op de volgende onderwerpen:

- Omvang en frequentie van wateroverlast
- Classificatie van wateroverlast
- Invloed van neerslagintensiteit op wateroverlast
- Gevolgen van wateroverlast
- Risico van wateroverlast
- Relevante kenmerken van kaarten

## 2. Omvang en frequentie van wateroverlast

Wat zijn typische locaties in het gebied, waarvan je verwacht dat deze overstromen bij intensieve neerslag (graag indien mogelijk op een kaart aanduiden en omschrijven)?

Waarom juist deze locaties? Zijn de verwachtingen te koppelen aan bepaalde kenmerken van het beschouwde gebied, m.a.w. zijn de gevonden verschillen logisch en goed verklaarbaar en welke factoren in het studiegebied spelen daarbij vooral een rol?

*Een groot aantal factoren/aspecten is van invloed op in welke mate kortstondige wateroverlast kan optreden ten gevolge van intensieve neerslag:*

- *de bui-intensiteit en omvang van het neerslaggebied*
- *het bergend vermogen van de ondergrond*
- *de bergings- en pompcapaciteit van het riool en het oppervlaktewatersysteem*
- *de hellingsgraad*
- *de aanwezigheid van lokale barrières*

*Welke combinatie van factoren is met name van invloed op het voorkomen, ontstaan van wateroverlast in het studiegebied?*

## 3. Classificatie van mate van wateroverlast

Hanteer je een bepaalde classificatie voor de mate van wateroverlast van beperkt tot (heel) sterk? Op welke kentallen is deze gebaseerd?

Bij welke frequentie /diepte/duur spreek je bijvoorbeeld van sterke wateroverlast?

Kun je aangeven welke max. waarde je verwacht bij een zeer intensieve neerslag van 50 – 80 mm in 2 uur?

## 4. Invloed van neerslagintensiteit op wateroverlast

We onderscheiden in de berekeningen drie typen neerslagsituaties met toenemende intensiteit: T10 ≈ 35mm/2uur, T100 ≈ 55mm/2uur, T1000 ≈ 80mm/2uur

In welke mate nemen overstromende gebieden toe bij grotere neerslagintensiteiten (in omvang en/of in diepte)?

Zijn de verschillen in neerslagintensiteit zodanig dat je een heel ander gedrag mag verwachten of is het 'slechts' wat uitgebreider / dieper aansluitend op de hoogteverdeling van het maaiveld?

### 5. Gevolgen van wateroverlast

Wat zijn typische locaties in het studiegebied, waar overstromen tot substantiële gevolgen kan leiden. Waarom zijn juist deze locaties gevoelig zijn en tot welke gevolgen het kan leiden.

Welke eigenschappen van de overstroming bepalen vooral de omvang van de gevolgen? Kun je aangeven welke max. waarde je verwacht?

### 6. Risico van wateroverlast

In hoeverre is het grondgebruik van het studiegebied al aangepast aan frequentie en omvang van wateroverlast of komen er nog kwetsbare, economisch waardevolle functies voor in gebieden met sterke wateroverlast.

Zijn deze risicovolle gebieden in het studiegebied nader te duiden?

### 7. Relevante kenmerken van kaarten

Voor de uiteindelijke schaderisicokaarten wordt in eerste aanleg gedacht aan een robuuste klassenindeling van, bijvoorbeeld - analoog aan bijvoorbeeld vergelijkbare kaarten voor grootschalige overstromingen, gemaakt voor het Deltaprogramma Waterveiligheid - :

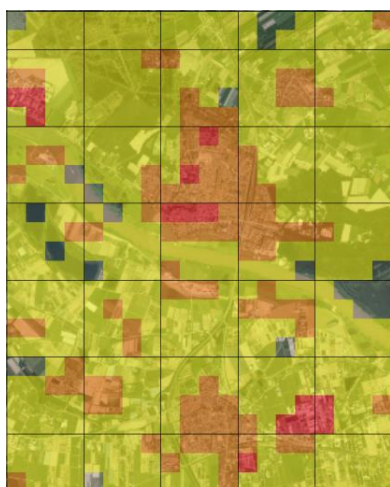
Geen kleur: minder dan 100 euro / ha / jaar

Geel: tussen 100 en 1000 euro / ha / jaar

Oranje: tussen 1000 en 10.000 euro / ha / jaar

Rood: meer dan 10.000 euro / ha / jaar

In onderstaande figuur is links een mogelijk voorbeeld van visualisatie (met een resolutie van 250x250m) gegeven. Rechts is als voorbeeld het schaderisico voor de referentiesituatie van het DP Waterveiligheid gegeven in 100x100m vakjes.



Wanneer de klassenindeling te weinig onderscheidend blijkt voor overstromingen door intense neerslag, kunnen klassen nog in tweeën worden opgedeeld, zoals bijvoorbeeld gedaan in het Deltaprogramma Waterveiligheid bij de nieuwe normen (1-3-10-,etc.):

Vanuit de eigen ervaring: welke legenda-eenheden verwacht je op de kaart? En met welke ruimtelijke resolutie – grootte van de gekleurde vakjes?

Nog andere adviezen / suggesties ten aanzien van de te ontwikkelen kaarten, bijv. ten aanzien van de ondergrond; aardige voorbeelden waar we ons aan zouden kunnen spiegelen?

## **8. Slot**

Zijn er los van bovenstaande vragen en onderwerpen, nog aandachtspunten die je wilt meegeven?