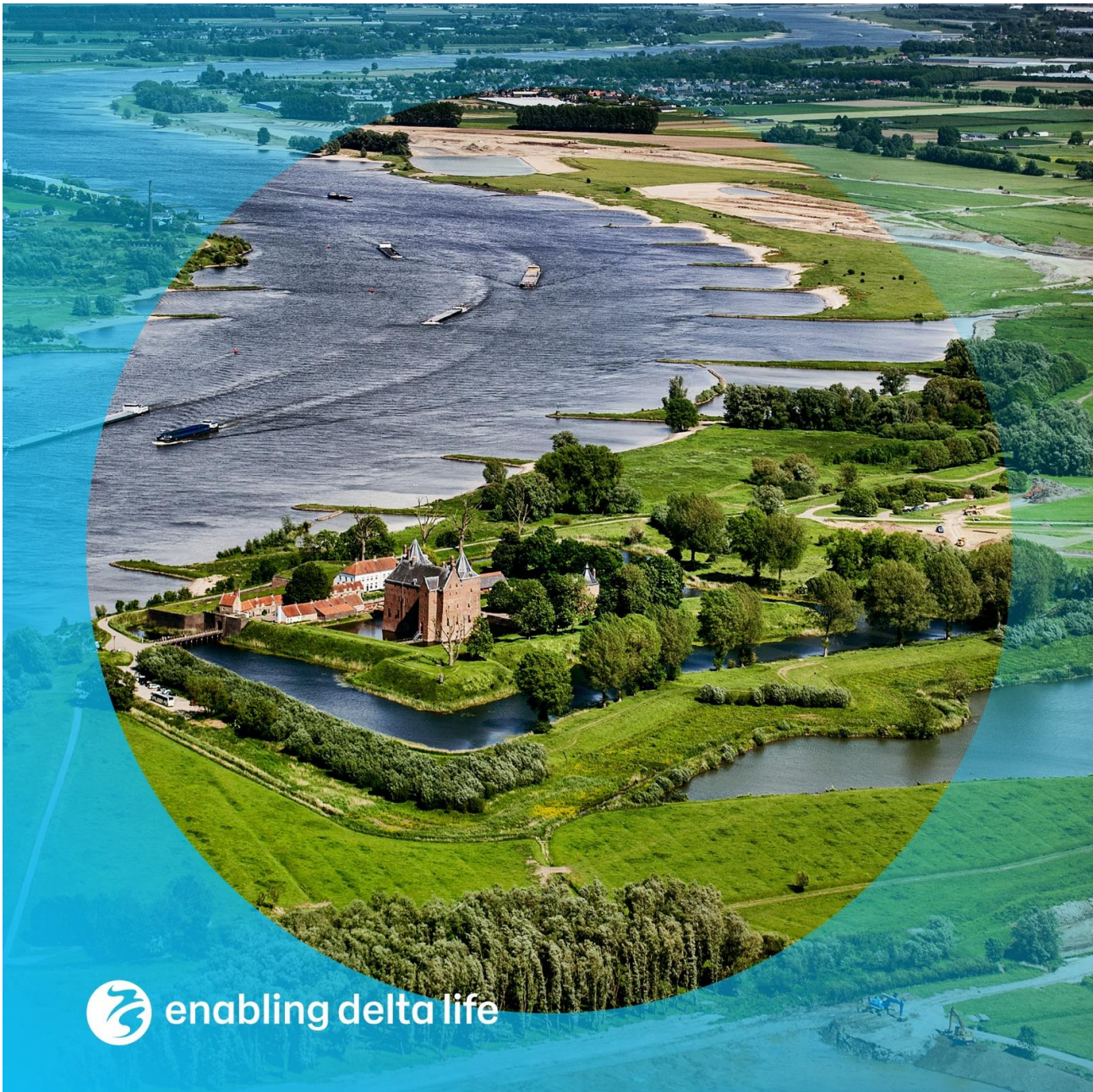


Case studie Zuid-Holland: 'Analyse grootschalige wateroverlast'



Case studie Zuid-Holland: 'Analyse grootschalige wateroverlast'

Auteur(s)

Karin de Bruijn

Kymo Slager

Sanne Juch

Case studie Zuid-Holland: 'Analyse grootschalige wateroverlast'

| | |
|------------------|--|
| Client | - |
| Contact | [REDACTED] |
| Reference | Referenties |
| Keywords | Waterbom, bovenregionale stresstest, wateroverlast, Zuid-Holland |

Documentgegevens

| | |
|----------------------|-----------------------|
| Versie | 0.1 |
| Datum | 22-12-2022 |
| Projectnummer | 11208520-000 |
| Document ID | 11208520-000-ZWS-0008 |
| Pagina's | 141 |
| Classificatie | |
| Status | definitief |

Auteur(s)

| | | |
|--|-----------------|------------|
| | Karin de Bruijn | Sanne Juch |
| | Kymo slager | |

Samenvatting

In juli 2021 heeft een groot weersysteem, gelegen over Limburg, de Ardennen en de Eifel, gezorgd voor wateroverlast en overstromingen. In Nederland leidde dit tot veel schade, in het buitenland waren de gevolgen desastreus. Dergelijk weer is uitzonderlijk, maar kan zich herhalen, ook in Nederland. Eind 2021 is na een driedaagse hackathon bij Deltares een verkenning uitgevoerd naar wat er zou gebeuren als zo'n extreem event boven Nederland zou vallen. Die bleken groot. De resultaten leidden tot de aanbeveling om bovenregionale wateroverlast analyses uit te voeren.

Als eerste invulling van die aanbeveling is door Deltares en de Provincie Zuid-Holland in samenwerking met de waterschappen, RWS en de gemeente Dordrecht en Rotterdam een casestudie uitgevoerd naar wat er kan gebeuren als er een grootschalige neerslaggebeurtenis zou optreden in Zuid-Holland. Het onderzoek is gemeenschappelijk gefinancierd door de Provincie Zuid-Holland en Deltares. De waterschappen, gemeentes, en veiligheidsregio's hebben in-natura bijgedragen met modelberekeningen, expert-input en in de discussies gedurende werksessies. Deze werksessies waren belangrijk voor het interpreteren van resultaten en het uitwisselen van kennis tussen organisaties die allemaal een rol spelen bij het beperken van de overlast door grootschalige neerslag.

De resultaten van de casestudie zijn in lijn met de resultaten van de hackathon. Grootschalige neerslag leidt in de provincie Zuid-Holland tot ongekeerde wateroverlast waarbij de schade in de miljarden zal lopen. Op veel plaatsen komt langdurig water op maaiveld en op straat te staan. Veel boezemwatergangen in Delfland en Rijnland krijgen te maken met kritische waterstanden en boezemkadedoorbraken zijn niet uitgesloten. De casestudie leidt tot enkele belangrijke aanvullingen op dit algemene beeld:

- Het blijkt dat het stedelijk gebied veel minder wordt getroffen dan het landelijke gebied. Dat heeft te maken met de strengere normen waardoor er meer pompcapaciteit en hogere kades zijn. Het komt ook doordat verstedelijking op relatief gunstige plaatsen heeft plaatsgevonden.
- Hoewel in aantal veel electriciteitsstations getroffen worden bij grootschalige neerslagevents (ongeveer 450 laagspanningsstations en 320 middenspanningsstations) zal op de meeste locaties de elektriciteit blijven functioneren. Dit komt omdat meer doordat meer dan 90% van de electriciteitsstations voldoende hoog liggen.
- Van de kwetsbare objecten en IED installaties zoals gedefinieerd op Risicokaart.nl krijgt slechts 5% te maken met waterdieptes groter dan 5 cm. Dit zijn ongeveer 180 kwetsbare objecten en 13 IED installaties.
- Veel laaggelegen weggedeeltes en tunnels zullen onderlopen waardoor de bereikbaarheid van belangrijke locaties zoals ziekenhuizen, of brandweerkazernes af zal nemen.
- Bovenregionale neerslaggebeurtenissen zullen met name in gebieden waarin watersystemen veel interacties/afhankelijkheden kennen met naburige gebieden leiden tot een ernstiger wateroverlastbeeld dan lokale neerslag. Dit blijkt onder andere uit de verschillen tussen de resultaten voor Hollandse Delta en Rijnland/Delfland.
- Het ARK-NZK systeem (Amsterdam-Rijnkanaal & Noordzee Kanaal) (wat ook veel water uit Zuid-Holland afvoert) blijkt zeer kwetsbaar voor grootschalige neerslaggebeurtenissen. Bovendien is crisisbeheersing in dit gebied waarbij verschillende waterschappen, veiligheidsregio's, en Rijkswaterstaat betrokken zullen zijn extra complex. Er zullen maaltbeperkingen ingesteld worden bij dit soort events waardoor de overlast in de waterschappen groter en langduriger zal worden.

Ook kan Amsterdam te maken krijgen met (riool)water op straat. De informatie over mogelijke maatregelen en hun effecten, het proces van besluitvorming en communicatie zouden hiervoor verder verbeterd moeten worden.

Om beter gesteld te staan voor grootschalige neerslagevents is een betere voorbereiding nodig zodat het nemen van beslissingen gemakkelijker wordt. Enkele waterschappen zijn al nieuwe informatie aan het genereren zoals bijvoorbeeld al informatie over potentiële schade en impacts bij wateroverlast in de verschillende polders. Deze informatie kan helpen bij het vaststellen van een prioriteitsvolgorde van bescherming van polders. Ook zou een voorbereide strategie met betrekking tot voormalen, inzet van tijdelijke pompen, voor maalstops in polders en maalstops van boezemgemalen naar het ARK-NZK crisismanagers helpen. Verder kunnen de resulterende waterbeelden en inzichten over gevolgen bijdragen aan het uitwerken van het principe 'bodem en water stuurt'. Ook in deze casestudie blijkt dat de relatief gunstige locaties al bebouwd zijn.

Op basis van de studie zijn ook conclusies getrokken en aanbevelingen gedaan over de methode voor het doen van bovenregionale stresstesten. Deze methode is opgenomen in de aanbevelingen.

Inhoud

| | | |
|----------|--|-----------|
| 1 | Inleiding | 9 |
| 1.1 | Aanleiding en context | 9 |
| 1.2 | Doel van het project | 10 |
| 1.3 | Proces, werksessies en de bijdrage van organisaties | 10 |
| 1.3.1 | Fasering | 10 |
| 1.3.2 | Werk en consultatiesessies gedurende het project | 10 |
| 1.3.3 | Inbreng van de betrokken partnerorganisaties | 11 |
| 1.4 | Relatie en verschil met lopende acties | 13 |
| 1.4.1 | NKWK Klimaatbestendige Stad (KBS) 2022 | 13 |
| 1.4.2 | Toetsing aan de gestelde wateroverlastnormen in provinciale verordeningen (gebaseerd op Nationaal Bestuursakkoord Water (NBW)) | 14 |
| 1.4.3 | Slim Watermanagement 2017 - 2021 | 14 |
| 1.5 | Leeswijzer | 15 |
| 2 | Aanpak | 16 |
| 2.1 | Activiteiten op hoofdlijnen | 16 |
| 2.2 | Aanpak om te komen tot een waterbeeld | 16 |
| 2.2.1 | Keuze voor te analyseren scenario's | 16 |
| 2.2.2 | Waterbeeld per waterschap | 20 |
| 2.2.3 | Interacties tussen gebieden via het NZK-ARK systeem | 20 |
| 2.2.4 | Combineren van resultaten voor Zuid-Holland | 22 |
| 2.3 | Aanpak voor het bepalen van de gevolgen | 22 |
| 2.4 | Verkennen van het handelingsperspectief | 24 |
| 3 | Resultaten voor de verschillende gebieden | 25 |
| 3.1 | Delfland | 25 |
| 3.1.1 | Gebied | 25 |
| 3.1.2 | Aanpak | 26 |
| 3.1.3 | Effecten van de bui op het watersysteem en waterbeeld | 27 |
| 3.1.4 | Gevolgen bij het scenario met 200 mm neerslag en natte initiële condities | 33 |
| 3.2 | Rijnland | 40 |
| 3.2.1 | Gebied | 40 |
| 3.2.2 | Aanpak | 42 |
| 3.2.3 | Effecten van de bui op het watersysteem en waterbeeld | 42 |
| 3.2.4 | Gevolgen | 47 |
| 3.3 | Hollandse Delta | 50 |
| 3.3.1 | Gebied | 50 |
| 3.3.2 | Aanpak | 51 |
| 3.3.3 | Effecten van de bui op het watersysteem en waterbeeld | 52 |
| 3.3.4 | Gevolgen | 56 |
| 3.4 | Schieland en de Krimpenerwaard | 58 |
| 3.4.1 | Gebied | 58 |
| 3.4.2 | Aanpak | 60 |

| | | |
|------------|---|------------|
| 3.4.3 | Effecten van de bui op het watersysteem en waterbeeld | 61 |
| 3.4.4 | Gevolgen | 64 |
| 3.5 | Stedelijk gebied | 68 |
| 4 | Interacties tussen gebieden: Verkenning van het effect van grootschalige neerslag op het afwateringsgebied van het ARK-NZK | 71 |
| 4.1 | Systeembeschrijving | 71 |
| 4.2 | Berekeningen van de effecten van grootschalige neerslag op het ARK-NZK gebied | 73 |
| 4.3 | Storyline voor een grootschalig neerslagsysteem | 76 |
| 4.4 | Belangrijkste observaties uit de werksessie | 79 |
| 4.5 | Vertaling naar implicaties voor Rijnland | 81 |
| 5 | Overzicht van de resultaten voor heel Zuid-Holland | 83 |
| 5.1 | De resultaten | 83 |
| 5.2 | Bruikbaarheid en betrouwbaarheid van de kaarten en uitkomsten voor Zuid-Holland | 92 |
| 6 | Eerste verkenning handelingsperspectief | 93 |
| 6.1 | Inleiding | 93 |
| 6.2 | Crisisbeheersing – sturen aan het watersysteem/ de wateroverlast | 93 |
| 6.3 | Crisisbeheersing – maatregelen buiten het watersysteem | 96 |
| 6.4 | Gevolgbeperking en ruimtelijk beleid | 97 |
| 7 | Conclusies | 99 |
| 7.1 | Effecten van grootschalige neerslag voor Zuid-Holland | 99 |
| 7.2 | Methode voor de analyse van grootschalige wateroverlast | 101 |
| 7.2.1 | Belangrijke stappen en uitgangspunten bij de methode | 101 |
| 7.2.2 | Stap 1: Keuze van de te bekijken scenario's | 101 |
| 7.2.3 | Stap 2: Bepaal het waterbeeld | 102 |
| 7.2.4 | Stap 3: Bepaal de gevolgen | 104 |
| 7.2.5 | Stap 4: Risicodialoog en het verkennen van het handelingsperspectief | 105 |
| 7.2.6 | Relatie met andere trajecten | 106 |
| 8 | Aanbevelingen | 107 |
| 8.1 | Aanbevelingen om een beter beeld van de gevolgen te krijgen | 107 |
| 8.2 | Aanbevelingen voor het verbeteren van crisisbeheersing | 107 |
| 8.3 | Aanbevelingen voor ruimtelijk beleid en gevolgbeperking | 108 |
| 8.4 | Aanbevelingen met betrekking tot de methode voor analyse grootschalige overlast | 108 |
| 9 | Referenties | 109 |
| A | Samenvatting werksessies : | 111 |
| A.1 | Werksessie 1: <i>Naar bruikbare kaarten voor grootschalige wateroverlast</i> | 111 |
| A.2 | Werksessie 2: Verkenning handelingsperspectieven | 113 |
| A.3 | Werksessie: Grootschalige neerslag op het afwateringsgebied van het ARK-NZK | 113 |

| | | |
|-----------------|--|------------|
| B | Vertalen naar uitkomsten van de regionale watermodellen naar waterbeelden met de waterspreider | 115 |
| C | Het Noordzeekanaal en het Amsterdam-Rijnkanaal | 116 |
| D | Analyse van wateroverlast in delen van Rotterdam en Hoek van Holland met behulp van rioolmodellen | 118 |
| D.1 | Inleiding | 118 |
| D.2 | Methode | 119 |
| D.3 | Resultaten | 124 |
| D.3.1 | Waterdiepte op straat | 124 |
| D.3.1.1. | Duur van water op straat | 126 |
| D.3.1.2. | Effect van de rioolgemalen op de oppervlaktewaterstand | 129 |
| D.4 | Conclusies en aanbevelingen | 129 |
| D.5 | Bijlage 1: Overzicht gekoppelde rekenpunten uit het rioolmodel en het oppervlaktewatermodel | 132 |
| D.6 | Bijlage 2: vergelijking van maximale waterstanden met de drempelhoogte in de overstort | 133 |
| E | Nadere analyse van figuur 3-10 | 134 |

1 Inleiding

1.1 Aanleiding en context

In juli 2021 heeft een groot weersysteem, gelegen over Limburg, de Ardennen en de Eifel, gezorgd voor wateroverlast en overstromingen. In Nederland leidde dit tot veel schade, in het buitenland waren de gevolgen desastreus. In België en Duitsland vielen er 200 doden, werden dorpen vernield en was er langdurige uitval van vitale functies als elektriciteit en transport (ENW, 2021).

Dergelijk weer is uitzonderlijk, maar kan zich herhalen, ook in Nederland. Eind 2021 is in een driedaagse hackathon gewerkt aan de vraag wat er zou kunnen gebeuren als een dergelijke neerslag veel centraler op Nederland was gevallen (Deltares, 2022a). Dit is gedaan door het weersysteem van juli 2021 te verschuiven naar het noordwesten vervolgens de effecten op het watersysteem, de gevolgen voor het stedelijke en landelijke gebied en handelingsperspectief voor het crisisbeheersing te analyseren. De resultaten van de hackathon lieten zien dat indien zo'n grootschalig neerslag event meer centraal boven Nederland zou optreden, de gevolgen ook heel groot zouden zijn. Zo zullen beeksystemen grootschalig overstroomd en zijn polder-boezemsystemen en regionale waterlopen niet ontworpen voor dit soort extreme events. Ze kunnen deze hoeveelheden regen niet direct afvoeren waardoor grootschalige wateroverlast ontstaat. Crisisbeheersing zal gedurende lange tijd (orde een week) in een groot gebied nodig zijn. Omdat dit de omvang het bereik van veel operationele modellen te boven gaat zal de informatie over de actuele situatie en voorspellingen imperfect zullen zijn wat het moeilijk zal maken te prioriteren en mensen en middelen effectief in te zetten. Op basis van de resultaten van de hackathon zijn aanbevelingen opgesteld. Een van de belangrijkste is de aanbeveling om naast de bestaande stresstesten bovenregionale wateroverlast analyses uit te voeren met daarin ook aandacht voor de duur van wateroverlast, gevolgen, herstel en handelingsperspectief voor de beheersing tijdens en na de gebeurtenis.

Het onderliggende rapport beschrijft een casus voor Zuid-Holland die een eerste uitwerking is van die aanbeveling. De studie is uitgevoerd door Deltares en de Provincie in samenwerking met de waterschappen, RWS en de gemeente Dordrecht en Rotterdam. Ook zijn de veiligheidsregio's betrokken. Het onderzoek is gemeenschappelijk gefinancierd door de Provincie Zuid-Holland en Deltares. De waterschappen, gemeentes, en veiligheidsregio's hebben in-natura bijgedragen met modelberekeningen, expert-input en in de discussies gedurende werksessies.

De casus vergroot het inzicht in de bestendigheid van Zuid-Holland tegen zeer extreme weersomstandigheden die regelmatig voorkomen bij een verander(en)d klimaat. De casus maakt knelpunten inzichtelijk ten aanzien van wateroverlast, de mogelijke gevolgen in de provincie en beschrijft een eerste verkenning van het handelingsperspectief. Daarnaast is er aandacht voor informatiebehoefte en kennisvragen. De casestudie is direct gerelateerd aan met name aanbeveling 21 van de Beleidstafel Hoogwater en Wateroverlast¹. Ook draagt het bij een aantal andere lopende trajecten bij vooral de Waterschappen.

¹ Deze aanbeveling luidt: "Kom in oktober met een aanpak hoe analyses van regionale knelpunten uit te voeren zouden zijn, op basis waarvan een programma kan starten om tot een goed onderbouwd landelijk beeld van deze knelpunten te kunnen komen. Geef aan of zo'n programma uit te voeren is in de periode 2022-2023"

1.2 Doel van het project

Deze casestudie heeft twee doelen:

- Het in beeld brengen van de mogelijk gevolgen van grootschalige wateroverlast en mogelijke implicaties ervan voor crisisbeheersing en ruimtelijk beleid voor Zuid-Holland;
- Het schetsen van een methode om deze overlast te analyseren en de resultaten in beeld te brengen op een manier die bijdraagt aan de discussie over handelingsperspectieven, ook voor andere gebieden in laag Nederland.

Het project draagt ook bij aan lopende projecten van de provincie, waterschappen, gemeenten en RWS zoals lange termijn strategieën wateroverlast, evaluaties van de calamiteitenplannen en een bijdrage aan de discussie over de invulling van 'Water en bodem stuurt RO en een bijdrage aan de invulling van aanbevelingen door de beleidstafel Wateroverlast en Hoogwater.

Naast het rapport is er ook een set kaarten opgeleverd die toegevoegd kunnen worden aan de klimaatatlas met de kwetsbare locaties of knelpunten qua wateroverlast, de wegen die bedreigd zijn en de bedreigde vitale en kwetsbare objecten. Deze kaarten zijn als figuur opgenomen in hoofdstuk 6.

1.3 Proces, werksessies en de bijdrage van organisaties

1.3.1 Fasering

De casestudie is opgedeeld in een aantal fasen:

- 1 Scoping: hierin is verkend wat er al beschikbaar is en is de betrokkenheid van de verschillende partners verkend. Deze fase eindigde in een plan van aanpak (De Bruijn et al., 2022b).
- 2 Bepalen waterbeeld: Hierin wordt een beeld gegeven van de wateroverlast: waar zitten knelpunten in het watersysteem en hoe lang het duurt het voor het watersysteem weer op orde is.
- 3 Bepalen gevolgen: Wat zijn de mogelijke gevolgen van de wateroverlast qua uitval van vitale infrastructuur zoals wegen en electriciteitsvoorzieningen, en hectares getroffen landbouwareaal?
- 4 Eerste verkenning van het handelingsperspectief: wat betekent dit beeld en deze gevolgen nu. In hoeverre is dit acceptabel? En wat betekent dat voor keuzes in ruimtelijk ontwikkeling, ontwerp, calamiteiten management en het watersysteem? Deze eerste verkenning is uitgevoerd in een werksessie.

1.3.2 Werk en consultatiesessies gedurende het project

Om te komen tot de beoogde doelen en samenwerking met alle partners te bevorderen is een aantal werk- en consultatiesessies gehouden. De technische sessies hadden als doel om te komen tot een beeld van de overlast en knelpunten. Vervolgens waren de provincie-brede sessies bedoeld om te bespreken hoe het waterbeeld en de gevolgen het best weergegeven kan worden op een zo bruikbaar mogelijke manier, en hoe dit beeld vervolgens vertaald kan worden in handelingsperspectieven.

De volgende technische sessies met de waterschappen hebben plaatsgevonden:

1. Een technische sessie met de waterschappen om de aanpak verder te bespreken en te bepalen welke scenario's doorgerekend kunnen worden (30 mei, online);
2. Sessies per waterschap waarin het resulterende waterbeeld, de overlast, duur van de overlast en de interactie met andere gebieden is besproken (diverse sessies online en live van april – oktober);
3. Sessie met Rotterdam en een sessie met Dordrecht en de relevante waterschappen om de interactie tussen het regionale systeem en de riolering en de overlast in het stedelijk gebied te bespreken (beide online);
4. Een sessie om een storyline uit te werken voor het NZK-ARK gebied (16 september, live meeting).

Provincie-brede werksessies (zie bijlage A)

1. Werksessie 1: "Naar herkenbare en bruikbare kaartbeelden" (8 september, live meeting)
2. Werksessie 2: "Naar een veerkrachtige systeem: Een eerste verkenning van handelingsperspectieven" (8 november, live meeting).

In deze sessies zijn de resultaten gedeeld en besproken waarbij gekeken is naar:

- 1 Herkenning/plausibiliteit: Wordt het waterbeeld herkend, hoe is het in relatie met de kaarten op de klimaatatlas en de stresstesten. Herkennen we de beelden van de gevolgen?
- 2 Hoe kunnen we deze nieuwe kaarten op de klimaatatlas het best vormgeven (zodat deze het meest bruikbaar zijn voor de verschillende doelgroepen. De beoogde doelgroepen zijn: ruimtelijk beleid en crisisbeheersing.
- 3 Wie heeft welke rol en vallen er gaten? Welke informatie is nodig en wat vraagt het grootschalig karakter van een dergelijk event extra van watermanagers, crisisbeheerders en ruimtelijk beleid?

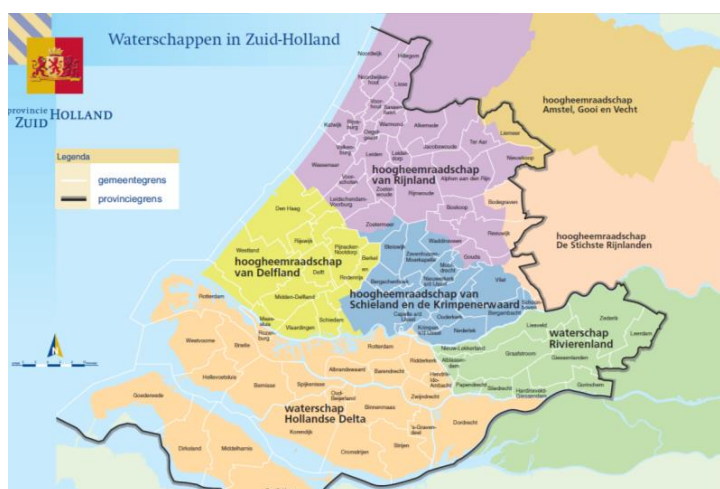
1.3.3 Inbreng van de betrokken partnerorganisaties

Het initiatief voor het project ligt bij de Provincie Zuid-Holland en Deltares. Daarnaast zijn in het project de waterschappen, Rijkswaterstaat, enkele gemeentes en de veiligheidsregio's betrokken.

Bij het ontwikkelen van de aanpak van het project is met alle partners gesproken, is gekeken welke informatie en modellen beschikbaar zijn en wat de belangrijkste focuspunten en vragen en wensen zijn (De Bruijn *et al.*, 2022b). Een korte samenvatting van de door verschillende partijen genoemde punten is gegeven in tabel 1-1.

Tabel 1-1 Betrokken organisaties, genoemde interesses en inbreng. De interesses die hier genoemd zijn, zijn niet volledig: de meeste waterschappen zijn geïnteresseerd in alle genoemde punten. Ze geven slechts de focus aan.

| Organisaties | Genoemde belangrijkste interesses | Inbreng |
|--|---|--|
| Provincie Zuid-Holland | Een bovenregionale stresstest grootschalige wateroverlast voor de hele provincie Bruikbare kaarten met waterbeeld en gevolgen | Tijd, kennis, link naar ruimtelijke ordening van de provincie, link naar stresstesten, financiële bijdrage voor het maken van het waterbeeld en gevolgenbepaling |
| Waterschappen | Input voor lange termijnstrategie (Delfland), calamiteitenmanagement (Hollandse Delta), inzicht in wat er kan gebeuren en evt. onacceptabele gevolgen, relatie met stedelijk gebied, duur overlast. | Tijd, modelberekeningen, expertkennis eigen waterschap en samenhang met andere gebieden |
| Gemeente Rotterdam en Dordrecht | Crisisbeheersing en handelingsperspectieven | Tijd, bijdragen met experts aan analyse stedelijk gebied, rioleringsmodellen (Rotterdam). |
| RWS | Crisisbeheersing, effecten Amsterdam-Rijnkanaal, Noordzeekanaal (ARK-NZK), effect op snelwegen | Financiën voor de analyse van snelwegen ² , tijd/expert voor ARK-NZK en link naar eigen taken/crisisbeheersing |
| Veiligheidsregio's | Beeld van wat er kan gebeuren bij grootschalige wateroverlast | Kennis over bestaande protocollen en werkwijze in crisissituaties |
| Deltares | Beter idee van waterbeeld, gevolgen, en handelingsperspectief, methode bovenregionale stresstesten, bijdrage beleidstafel | Tijd, expertkennis, (onderzoeksfinanciering) |



Figuur 1-1 Overzicht van de beheersgebieden van de waterschappen in de provincie

² De analyse van het effect op snelwegen is uitgevoerd in een apart project. De voor deze case belangrijkste resultaten zijn hier kort opgenomen. Voor een uitgebreide rapportage wordt verwezen naar Van Ginkel et al. (2022)

De waterschappen in Zuid-Holland zijn (zie figuur 1-1):

- Hoogheemraadschap van Delfland (verder afgekort tot 'Delfland')
- Hoogheemraadschap van Rijnland (verder afgekort tot 'Rijnland')
- Hoogheemraadschap van Schieland en de Krimpenerwaard (verder afgekort tot 'Schieland en de Krimpenerwaard')
- Waterschap Hollandse Delta (verder afgekort tot 'Hollandse Delta')
- Hoogheemraadschap de Stichtse Rijnlanden (verder aangeduid als 'HDSR')
- Hoogheemraadschap Amstel, Gooi en Vecht (verder aangeduid als 'AGV')
- Waterschap Rivierenland

Met Delfland, Rijnland, Hollandse Delta en Schieland en Krimpenerwaard zijn berekeningen gedaan van het functioneren van regionale watersystemen bij grootschalige neerslagsscenario's. Hieruit zijn waterdieptekaarten en duurkaarten gemaakt (zie hoofdstuk 3).

Rijnland, HDSR en AGV hebben bijgedragen aan de analyse voor het ARK-NZK systeem. Ook Rijkswaterstaat heeft hieraan bijgedragen (zie hoofdstuk 4).

Voor een deel van Rotterdam zijn met rioleringsmodellen berekeningen gedaan.

De provincie Zuid-Holland, alle waterschappen, Rijkswaterstaat, gemeente Dordrecht en Rotterdam en de veiligheidsregio's hebben bijgedragen aan de twee werksessies over bruikbare kaartbeelden en de verkenning van handelingsperspectieven.

Rijkswaterstaat is opdrachtgever van de analyse van het effect van grootschalige wateroverlast voor snelwegen. Dit is een apart, maar gerelateerd project (Van Ginkel *et al.*, 2022).

1.4 Relatie en verschil met lopende acties

Na het grootschalige neerslag event in 2021 zijn er verschillende initiatieven gestart waarin is onderzocht wat de gevolgen van een dergelijk event zijn en wat eventuele gevolgbeperkende maatregelen kunnen zijn. Een nationaal initiatief is de Beleidstafel Hoogwater en Wateroverlast. Deze casus Zuid-Holland loopt vooruit op de aanbevelingen van de beleidstafel. In de case studie Zuid-Holland wordt gebruik gemaakt van reeds opgedane ervaringen en uitkomsten. Verwacht wordt dat de case ook toegevoegde waarde zal bieden voor en profijt zal trekken van, gelijktijdig lopende studies.

Hieronder worden twee reeds lopende verwante studies toegelicht: het NKWK project "Klimaatbestendige Stad" en "Slim watermanagement". Ook worden de verschillen met de toetsing aan de gestelde normen in provinciale verordeningen (gebaseerd op Nationaal Bestuursakkoord Water (NBW)) kort toegelicht.

1.4.1 NKWK Klimaatbestendige Stad (KBS) 2022

In het werkpakket Wateroverlast en Hoogwater van NKWK KBS is in 2022 gewerkt aan:

- 1 Scenario's die als input dienen voor de bovenregionale stresstest;
- 2 Verzameling van 'bouwstenen' voor de methode voor stresstesten van bovenregionale wateroverlast;
- 3 Beschrijving van samenhangend gebruik van de uitkomsten van een bovenregionale stresstest en de uitkomsten van lokale stresstesten (zoals die zijn uitgevoerd conform de Bijsluiter Gestandaardiseerde Stresstest DPR (Delta Programma Ruimtelijke Adaptatie)).

Het NKWK project heeft als doel bouwstenen voor de methode voor analyse van bovenregionale wateroverlast aan te dragen. De rapportage komt naar verwachting in november 2022 beschikbaar. Raakvlakken tussen het NKWK project en dit project zijn met name de onderbouwing en de keuze voor scenario's en het bepalen van de relatie met bestaande stresstesten.

Voorname input voor de case Zuid-Holland is de kennis over scenario's. In NKWK worden scenario's opgebouwd uit neerslag en factoren als initiële condities (grondwater, waterpeilen) randvoorwaarden, functioneren van het watersysteem en regiospecifieke factoren. Andersom, heeft deze Zuid-Holland casus en de daarin gebruikte scenario's bijgedragen aan de bouwsteen 'selectie van scenario's' in het NKWK project. Het gaat hierbij met name om de bovenregionale 'gebeurtenissen' (een combinatie van extreme neerslag en omgevingsfactoren) en grenzen aan wat nog 'geloofwaardig (credible)' is.

1.4.2 Toetsing aan de gestelde wateroverlastnormen in provinciale verordeningen (gebaseerd op Nationaal Bestuursakkoord Water (NBW))

De waterschappen toetsen het watersysteem aan de provinciaal vastgelegde normen, resulterend in knelpunten. Er wordt hierbij getoetst of een gebied niet vaker dan de gestelde norm overlast ondervindt door inundatie vanuit het oppervlaktewater. Voor bebouwd gebied geldt een norm van 1/100 per jaar. Deze norm geldt niet voor het hele stedelijke gebied (waar immers ook parken of plantsoenen in kunnen liggen), maar alleen voor locaties met gebouwen zoals huizen en bedrijven. Voor glastuinbouw geldt een norm van eens per 50 jaar, voor akkerbouw eens per 25 jaar en voor agrarisch gras eens per 10 jaar. (STOWA, 2021).

In de toetsing wordt inundatie bekeken vanuit al het oppervlaktewater. Voor het bepalen van de inundatie wordt een hydrologisch / hydrodynamisch model gebruikt. Er wordt in de analyse niet gewerkt met ontwerpbuien maar met een stochasten- of tijdreeksmethode om te bepalen wat de frequentie is waarmee waterstanden boven maaiveld komen en welk percentage van een afwateringseenheid met een frequentie van eens per 100 jaar (bij bebouwing) overlast ondervindt en of dit meer is dan volgens de norm en het bijbehorend maaiveldscriterium is toegestaan. Tenslotte wordt de wateropgave vastgesteld. De wateropgave is de totale omvang van het probleem (knelpunten) en wordt uitgedrukt in hectares.

De case studie Zuid-Holland richt zich op scenario's waarbij de precieze kans niet gekend is. Deze scenario's zijn voor de meeste watersystemen bovenmaatgevend en krijgen in de standaard NBW toetsing dus minder gewicht. Deze casestudie draagt bij aan de discussie over zorg-verantwoordelijkheid bij bovenmaatgevende omstandigheden waarbij maatschappelijk onacceptabele omstandigheden optreden. De focus ligt dan meer op ruimtelijke ordening en calamiteitenmanagement.

1.4.3 Slim Watermanagement 2017 - 2021

In het programma hebben waterschappen en RWS, samen met adviesbureaus en kennisinstututen, over hun beheergrenzen heen gezocht naar mogelijkheden om het operationeel waterbeheer ten tijde van normale en extreme droge en natte omstandigheden te verbeteren. Daarbij is voornamelijk gekeken naar de (grenzen aan de) werking van watersysteemonderdelen die ook voor de bovenregionale stresstest van groot belang zijn: de aan- en afvoer over het hoofdwatersysteem en de daarop aangesloten boezemsystemen.

Voor de Zuid-Holland case zijn de aanpak en uitkomsten van de SWM regio Amsterdam-Rijnkanaal / Noordzeekanaal (ARK-NZK) relevant (<https://www.slimwatermanagement.nl/regio/regio-amsterdam-rijnkanaal-noordzeekanaal/>), aangevuld met die van het vervolgproject Toekomstbestendig watersysteem ARK/NZK (<https://www.slimwatermanagement.nl/regio/regio-amsterdam-rijnkanaal-noordzeekanaal/>). In deze projecten zijn de zwakke schakels (moment van 'systeemfalen') in de waterafvoermogelijkheden van de boezems en kanalen onderzocht, en zijn maatregelen voorgesteld om grotere watervolumes aan te kunnen. Deze resultaten zijn bruikbare uitgangspunten voor de bovenregionale analyse met een grootschaliger neerslaggebeurtenis. In de case studie Zuid-Holland ligt de focus op het in beeld brengen van wat er kan gebeuren bij een extreme grootschalig neerslagevent en minder op kansbepaling of systeem optimalisatie. In dat opzicht is deze analyse daarom aanvullend en kan het gebruik maken van de kennis uit Slim Watermanagement en daar ook weer aan toeleveren. Er is een werksessie gehouden om kennis uit te wisselen op een concrete manier. Deze is beschreven in hoofdstuk 4 en bijlage A.

1.5 Leeswijzer

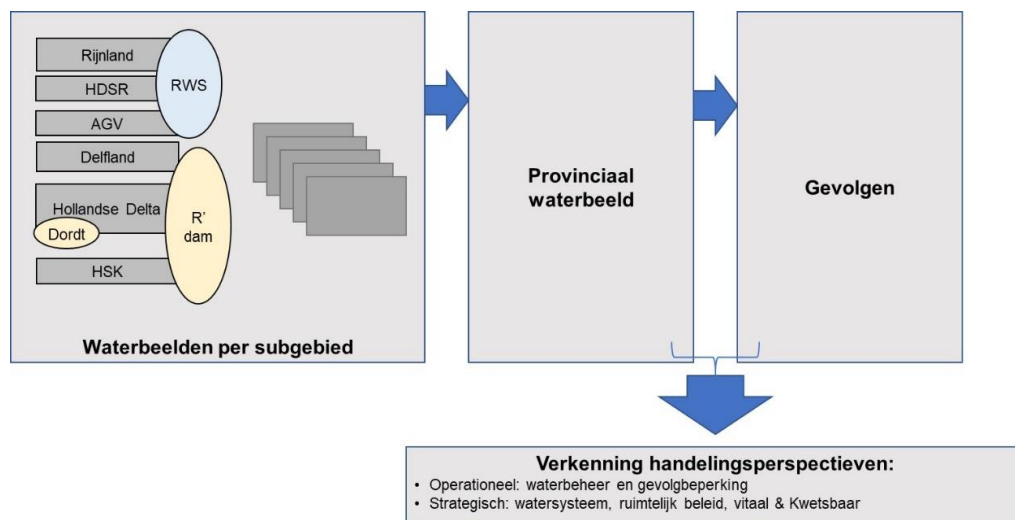
In hoofdstuk 2 wordt de aanpak geschetst, in hoofdstuk 3 worden de resultaten voor de verschillende waterschapsgebieden besproken en in hoofdstuk 4 worden de resultaten van het effect van grootschalige neerslag op het ARK-NZK beschreven. In hoofdstuk 5 wordt het handelingsperspectief verkend.

Hoofdstuk 6 geeft een overzicht en discussie van de bruikbaarheid van de resultaten. Tenslotte volgen in hoofdstuk 7 en 8 de conclusies en aanbevelingen.

2 Aanpak

2.1 Activiteiten op hoofdlijnen

Voor het bepalen van de impact van grootschalige extreme neerslaggebeurtenissen is eerst een waterbeeld bepaald voor een aantal deelgebieden. Op basis daarvan is een waterbeeld op provinciale schaal bepaald. De waterbeelden zijn gebruikt om de gevolgen in beeld te brengen en tenslotte is een eerste verkenning gedaan naar handelingsperspectieven (zie figuur 2.1). Deze onderdelen worden in de volgende paragrafen in meer detail toegelicht.



Figuur 2-1 Schema van de aanpak op hoofdlijnen

2.2 Aanpak om te komen tot een waterbeeld

2.2.1 Keuze voor te analyseren scenario's

Plausibele scenario's en kans op extreme neerslag

Deze casus voor Zuid-Holland betreft analyse voor een bovenregionale wateroverlast door een beeld te schetsen van wat er kan gebeuren bij gebeurtenissen zoals die opgetreden is in juli 2021 in Limburg, de Ardennen en Eifel. Er wordt op dit moment onderzoek gedaan naar kansen nu en in de toekomst van dit soort grootschalige gebeurtenissen. Bestaande schattingen lopen uiteen van herhalingstijden tussen de 300 en 10.000 jaar: bovenmaatgevend, maar plausibel, immers: deze neerslag is opgetreden.

Uit het recente verleden blijkt dat de neerslaghoeveelheden die in 2021 vielen niet uniek zijn. De grootte van het gebied waar veel neerslag gevallen is, is wel bijzonder. Op 13 en 14 september 1998 is in Delfland en Hollandse Delta ook in een groot gebied meer dan 100 mm neerslag gevallen en extreme buien zijn eerder opgetreden, bijvoorbeeld op 5 september 2018 rond Boskoop (168 mm), en van 18-20 juni 2021 (140 mm) in Hollands Noorderkwartier. Volgens het KNMI klimaatsignaal '21 neemt naar verwachting de kans toe dat een bepaalde weerssituatie (droog, of nat) langer aanhoudt.

Ook zijn er aanwijzingen dat er meer kans is dat buien samen clusteren en daardoor over een groter gebied vallen. Deze klimaatveranderingen vergroten de kans dat een grootschalig neerslagsysteem boven Zuid-Holland terecht komt.

De precieze kans op extreme neerslag hangt nauw samen met de schaal waar naar gekeken wordt: De kans dat een hoeveelheid regen op een stad of dorp valt (bv. Delft) is groter, dan dat deze overal in een gebied valt (zoals bv. Delfland) en de kans dat heel Zuid-Holland getroffen wordt door een neerslaggebied is weer kleiner, maar niet nul. Immers: het weersysteem van de zomer van 2021 besloeg een gebied zo groot als half Nederland.

De gekozen scenario's

De in dit project gekozen scenario's zijn gegeven in tabel 2-1. Naast de neerslag zijn ook andere bepalende factoren benoemd. De gevolgen van een bepaalde neerslag hangen immers niet alleen van de hoeveelheid gevallen regen, maar ook van de initiële situatie, de buitenwaterstanden, het functioneren van het watersysteem en de kunstwerken daarin. Verder is ook de response van de waterbeheerders en anderen relevant. Voor deze factoren zijn aannames gebruikt, zoals weergegeven in Tabel 2-1. De hier genoemde factoren worden onder de tabel besproken.

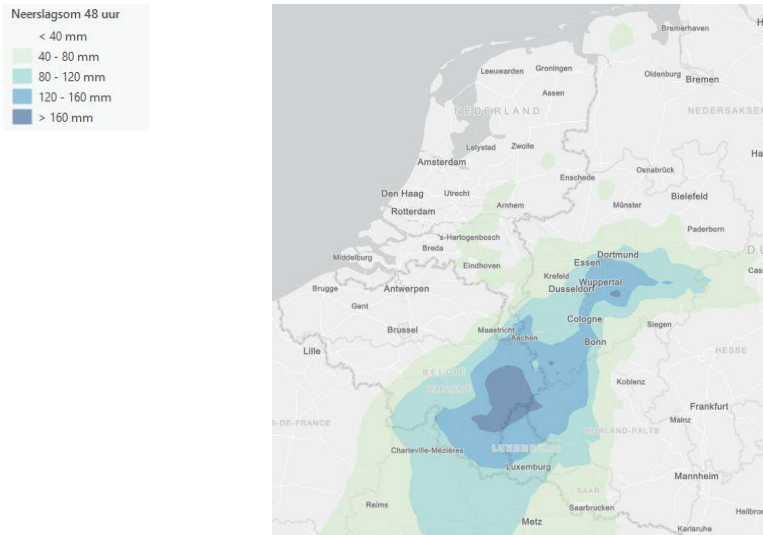
Tabel 2-1 De doorgerekende scenario's

| Scenario | Neerslag | Initiële situatie | Buitenwater condities | Functioneren watersysteem | Response managers |
|-----------|------------------|---|-------------------------------|---------------------------|-------------------|
| Droog 150 | 150 mm in 48 uur | Zomersituatie Een droge initiële situatie | Geen stormopzet of springtij. | Zoals bedoeld | Conform protocol* |
| Nat 150 | 150 mm in 48 uur | Zomersituatie Een natte initiële situatie | Geen stormopzet of springtij. | Zoals bedoeld* | Conform protocol |
| Droog 200 | 200 mm in 48 uur | Zomersituatie Een droge initiële situatie | Geen stormopzet of springtij. | Zoals bedoeld* | Conform protocol |
| Nat 200 | 200 mm in 48 uur | Zomersituatie Een natte initiële situatie. | Geen stormopzet of springtij. | Zoals bedoeld* | Conform protocol |

Neerslag

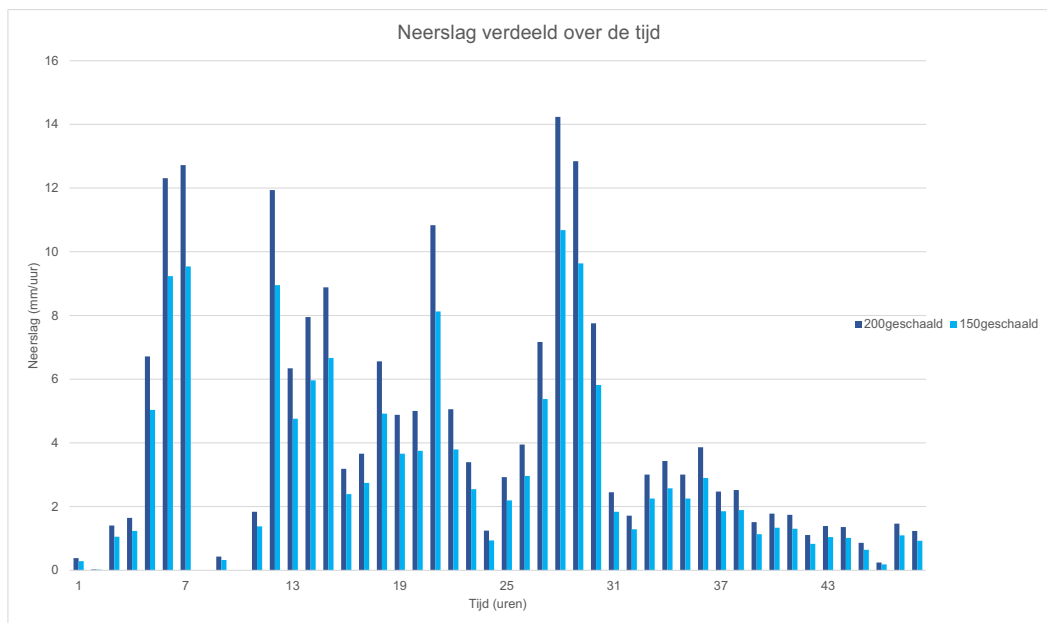
In de scenario's wordt uitgegaan van neerslag die over het gehele gebied homogeen verdeeld is. Dit in tegenstelling tot de aanpak in de hackathon waarin het weersysteem van juli 2021 verschoven is naar locaties boven Nederland. Het gebruiken van het weersysteem van juli 2021 is weliswaar aansprekender, maar roept direct discussies op zoals waar het centrum van de bui precies moet komen te liggen en vervolgens wat het effect zou zijn als dit centrum net wat anders zou hebben gelegen.

In het project is gerekend met twee neerslaghoeveelheden, namelijk 150 en 200 mm in 48 uur. Deze getallen zijn gebaseerd op de hoeveelheden neerslag die gevallen zijn in 2021 (zie figuur 2-2).



Figuur 2-2 Neerslag gevallen tijdens het extreme event rond 14 juli 2021

Voor de verdeling over de tijd is gebruik gemaakt van de verdeling over de tijd in 2021. De precieze verdeling over de tijd en de hoeveelheden verschillen per locatie, maar overal viel de neerslag ongelijkmatig verdeeld en vrijwel nergens werd de intensiteit binnen een enkel uur zeer extreem. Er waren gedurende de 48 uur neerslagpieken en drogere uren. Om een realistisch scenario te krijgen is voor een locatie met ongeveer 200mm neerslag in 48 uur de neerslag in een periode van 48 uur geschaald zodat deze precies 200 mm in totaal bedraagt. Hetzelfde is gedaan voor een neerslag van 150 mm. Het resultaat is weergegeven in Figuur 2-3. Deze neerslagverdeling is vervolgens in het project gebruikt als een realistische verdeling.



Figuur 2-3. De doorgerekende neerslaghoeveelheden: 200 en 150 mm en de verdeling over de tijd.

Initiële situatie

Het effect van de bui hangt af van de initiële situatie. Wanneer er meer water in de bodem, sloten en andere watergangen kan worden geborgen zal er minder overlast ontstaan. Wanneer de bodem al verzadigd is, zal bij eenzelfde bui alle neerslag afstromen waardoor de peilstijging in de watergangen groter zal zijn. In de berekeningen is zoveel mogelijk aangesloten op de systematiek van het Nationaal Hydrologisch Instrumentarium (NHI) en is uitgegaan van een GLG (gemiddeld laagste grondwaterstand) overeenkomend met een droge uitgangssituatie voor de droge en de GHG (de gemiddeld hoogste grondwaterstand), overeenkomend met een natte uitgangssituatie als initieel grondwaterstanden gebruikt.

Buitenwatercondities

De kans op storm en extreme grootschalige neerslag is klein, immers: voor dit soort neerslag is een stagnerend weersysteem nodig en daarbij past geen storm. Echter, er is een mogelijkheid dat na de regen een storm optreedt. Dit is hier niet beschouwd. Er is hier uitgegaan van gemiddeld getij en buitenwaterstanden zonder stormopzet.

Functioneren watersysteem

Er is aangenomen dat het watersysteem goed functioneert zoals het bedoeld is te functioneren. Hiermee wordt bedoeld: gemalen vallen niet uit, boezemkades bezwijken niet. Deze keuze is gemaakt om voor alle gebieden een vergelijkbaar basisscenario te krijgen. De waterschappen kunnen zelf extra scenario's doen en gevoeligheidsanalyses voor het krijgen van inzicht in het effect van uitval van gemalen of van boezemkadedoorbraken. Deze zijn niet gerapporteerd in deze casestudie.

Response watermanagers

Er is zoveel mogelijk uitgegaan van de gebruikelijke protocollen. Slim operationeel management wordt meegenomen als het waterschap dit heeft meegenomen in het protocol (denk aan voormalen zodanig sturen van stuwen dat water bovenstrooms wordt vastgehouden). Noodmaatregelen zoals het plaatsen van zandzakken of noodpompen zijn niet beschouwd.

Samenvattend:

1. De scenario's zijn op hoofdlijnen gegeven in tabel 2-1. Het gaat hierbij om aannames in neerslag (hoeveelheid verdeling in de ruimte en tijd), initiële condities (nat en droog), buitenwaterrandvoorwaarden (geen storm), functioneren van het watersysteem (zoals bedoeld) en het al dan niet rekening houden met noodmaatregelen (alleen als deze standaard worden genomen). Wanneer waterschappen normaal voormalen bij voorspelling van hevige neerslag kan dat nu ook meegenomen worden. Dit kan bijvoorbeeld door een lager initieel waterpeil op te geven in het model.
2. Voor de neerslag wordt gerekend met 150 en 200mm in 48 uur homogeen verdeeld over het gebied en verdeeld over de tijd zoals aangegeven in Figuur 2-3. Er is aangenomen dat het na deze regen droog blijft.

2.2.2 Waterbeeld per waterschap

Voor het bepalen van de effecten van een grootschalige extreme bui, bijvoorbeeld een bui met ruimtelijke homogene schaal en een neerslag van 150 of 200 mm in 2 dagen, zijn de volgende stappen uitgevoerd³:

- Het berekenen van het effect van deze neerslag (door Rijnland, Delfland, Hollandse Delta en Schieland & Krimpenerwaard) met bestaande modellen om inzicht te krijgen in het effect op de waterstanden op de boezem en een globaal beeld van de volumes geborgen water in de polders;
- Het controleren van de resultaten voor de boezems en grotere waterlopen op hoofdlijnen: waar lijken waterstanden boven de kades uit te komen en is dit plausibel. Is het model nog betrouwbaar voor deze hoge waterstanden en zo niet, hoe kan dit opgelost worden.
- Het analyseren van de knelpunten in het boezemsysteem, de inzet van bergingsgebieden, de duur van hoogwater en implicaties, bijvoorbeeld of er in deze situatie maaltstops of andere calamiteitenmaatregelen zouden worden getroffen, eventueel de interactie met andere gebieden en of relevante factoren voor het waterschap (e.g. calamiteiten of noodmaatregelen of etc.)
- Het vertalen van de volumes in de landelijke polders naar waterdieptes in de polder met de Deltares-tool 'waterverspreider' (zie bijlage C).
- Eventueel: Het vergelijken van de uitkomsten voor enkele cruciale gebieden of opvallende gebieden met meer gedetailleerde modellering van de polder om gevoel te krijgen voor de nauwkeurigheid van de aanpak en de bruikbaarheid in diverse situaties.

In stedelijk gebied is wateroverlast vaak een groter probleem dan in landelijk gebied. Bovendien is het complexer om de overlast goed in beeld te krijgen: de interactie tussen het rioleringsstelsel en het watersysteem is niet altijd goed meegenomen in regionale watersysteemmodellen van de waterschappen en de gevolgen van kleine waterdieptes zijn onzeker omdat deze sterk afhangen van de lokale situatie. Zo levert 10 cm water in een woning veel schade op, maar zullen bij een waterdiepte van 10cm veel woningen met een drempel droog blijven. Ook de hoogte van stoepanden kan bepalend zijn voor de impact. Bij grotere waterdieptes wordt de onzekerheid over de gevolgen kleiner.

Voor het stedelijk gebied is in dit project in het algemeen dezelfde aanpak gevolgd als voor de andere gebieden. Voor een gedeelte van de gemeente Rotterdam en in Dordrecht is bovendien met de gemeente gekeken naar overlast in het verleden en de relatie met riolering.

2.2.3 Interacties tussen gebieden via het NZK-ARK systeem

De belangrijkste waterlopen om te beschouwen om de interactie tussen gebieden in beeld te krijgen zijn het Amsterdam-Rijnkanaal en het Noordzeekanaal (ARK-NZK). Meerdere waterschappen voeren hun water immers af naar het ARK-NZK. Andere wateren die ook voor meerdere waterschappen van belang zijn, naast het ARK-NZK, zijn de Hollandse IJssel en het Volkerak-Zoommeer. Echter, deze wateren kunnen de afvoer uit waterschappen gemakkelijk aan en stijgen niet snel, tenzij er ook sprake is van storm. Echter, grootschalige extreme neerslag en storm gaan niet goed samen aangezien voor grootschalige extreme neerslag juist een stagnerend weersysteem nodig is, wat bij storm niet waarschijnlijk is. Daarom is in besloten om in deze casestudie de analyse naar samenhangende systemen te richten op het Ark-NZK.

³ De gebieden van HDSR en de Alblasserwaard van Waterschap Rivierenland worden op dit moment niet meegenomen.

Om te bepalen wat de gevolgen zijn van een grootschalig neerslagsysteem boven het ARK-NZK gebied is het neerslagscenario met 200 mm neerslag toegepast op het hele ARK-NZK gebied, (dus het hele gebied waarvan het regenwater afgevoerd wordt via het ARK-NZK), ook op de delen die in de provincies Utrecht en Noord-Holland liggen. De doorgerekende scenario's zijn weergegeven in tabel 2-2.

Tabel 2-2. Doorgerekende scenario's voor het afwateringsgebied van het ARK-NZK

| | Neerslag in 48 uur | Getij | IJmuiden | Aanvoer uit gebieden |
|--|--------------------|--|---|----------------------------------|
| | 200 mm | middeld getij | Alle pompen en spuisluizen operationeel | Zonder opgelegde beperking |
| | 200 mm | middeld getij | 1 pomp in onderhoud | Zonder opgelegde beperking |
| | 200 mm | Zeespiegelstijging 2050 en gemiddeld getij | Alle pompen operationeel | Zonder opgelegde beperking |
| | 200 mm | Zeespiegelstijging en gemiddeld getij | 1 pomp in onderhoud | Zonder opgelegde beperking |
| | 200 mm | Zeespiegelstijging en gemiddeld getij | 1 pomp in onderhoud | Met volledige maalstop na 24 uur |

Er is in scenario 3, 4 en 5 uitgegaan van ongeveer 15 cm zeespiegelstijging van 2022 tot 2050 (uitgaande van 30 cm tussen 1990 en 2050 waarvan de helft al is opgetreden). Ook is in scenario 2, 4 en 5 gerekend met het in onderhoud zijn van een pomp, aangezien onderhoud in de zomer standaard is, en is er een scenario doorgerekend met een maalstop na de eerste regendag (scenario 5).

Model

De effecten van deze neerslag op de waterstanden van het ARK-NZK zijn doorgerekend met het operationele systeem van Rijkswaterstaat voor het beheer van de sluis bij IJmuiden. Deze modellen worden ook gebruikt in het IWP (Instrument voor Waterpeilbeheer). Dit IWP bevat twee met elkaar verbonden modellen:

1. Een neerslag-afvoermodel gebouwd door HydroLogic waarin de neerslag via eenvoudige bakjesmodellen per waterschap of deel van een waterschap wordt geconverteerd naar een afvoer op het ARK-NZK;
2. Een hydraulisch model van het NZK-ARK gebouwd door Deltares, ook gebruikt in het RWSOS-IWP. Hierop wordt de berekende afvoer naar het ARK-NZK gezet en wordt bepaald hoeveel bij IJmuiden gespuid of gemalen moet worden en wat de resulterende waterstanden op het ARK en NZK worden. Dit model is gemaakt om de waterstanden van het ARK/NZK zo goed mogelijk te regelen (en om energiegebruik te beperken).

Aanpak

- Met het model uit het IWP is het effect doorgerekend van 200 mm neerslag in 48 uur door deze neerslag op te leggen en de neerslag-afvoerrelaties in het IWP te gebruiken.
- Vervolgens zijn de debieten uit de beheersgebieden van de waterschappen door betere debiettijdsreeksen vervangen voor die waterschappen waarvoor we deze input hebben (alleen Rijnland).
- Eerst zijn de scenario's 1-4 doorgerekend en is gekeken of de drempelwaardes van -0,3 m, -0,2 m en 0 m + NAP voor maatregelen uit de redeneerlijn voor wateroverlast in het ARK-NZK van slimwatermanagement zijn overschreden.
- Op basis van de uitkomsten is een extra scenario gedraaid met een maalstop (scenario 5).
- Ook is een werksessie georganiseerd met de experts van de waterschappen en RWS om de storyline door te redeneren op basis van de redeneerlijn en maatregelen uit het traject 'Slim Watermanagement'.
- Tenslotte is een indicatieve analyse gedaan van de bovengrens van de effecten van een maalstop op de wateroverlast voor Rijnland.

De uitkomsten van de analyses en van de overleggen met de waterschappen, en Rijkswaterstaat leveren een beeld op van de beperkingen van het NZK-ARK, de noodzaak tot maalstops of maalbeperkingen en de duur daarvan. Er wordt niet gestreefd naar een kansanalyse op maalstops, daarvoor wordt verwezen naar de rapportages van Slim Watermanagement (slimwatermanagement.nl). Het netwerk van 'toekomstbestendig ARK-NZK' was betrokken bij de werksessie.

2.2.4 Combineren van resultaten voor Zuid-Holland

De resulterende waterbeelden van de waterschappen zijn tenslotte samengevoegd tot kaarten voor de provincie Zuid-Holland. Deze kaarten bevatten de volledige beheersgebieden van de waterschappen waarvoor data ontvangen is, ook van de delen buiten Zuid-Holland.

2.3 Aanpak voor het bepalen van de gevolgen

De volgende gevolgen zijn bekeken:

1. Gevolgen voor nutsvoorzieningen (in dit project is alleen naar elektriciteit gekeken);
2. Gevolgen voor infrastructuur: wegen;
3. Gevolgen voor kwetsbare objecten en IED bedrijven (IED bedrijven zijn bepaalde bedrijven die verontreiniging kunnen veroorzaken, zie tekst hieronder voor de definitie);
4. Het aantal getroffen hectares van de landgebruik categorieën: landbouw, recreatie, natuur en stedelijk gebied;
5. Het aantal woningen en het aantal getroffen: woningen en mensen waarvan de woning op een locatie staat met meer dan 2 cm wateroverlast (bovenwoningen zijn hierin niet meegeteld, de inwoners van die woningen wel).
6. De monetaire schade: hiervoor is een indicatie gegeven door een standaard schade en slachtoffermodel SSM2017 voor regionale systemen te draaien.

Naast maximale waterdieptes is ook de duur van de overlast van belang voor de impact van de overlast. De weergave van gevolgen is besproken in de eerste werksessie (Zie bijlage A) waar gekeken is naar de kaarten. De aanpak voor het bepalen van deze gevolgen is in deze paragraaf toegelicht.

Nutvoorzieningen:

De gevolgen van grootschalige neerslag op nutsvoorzieningen is relevant voor de economische schade en maatschappelijke ontwrichting. Wateroverlast kan schade geven aan watervoorziening, rioolwaterzuiveringen, stroomvoorziening, ICT en telecom (de sectoren uit Deltaprogramma Ruimtelijke Adaptatie [Kennisdossiers - Klimaatadaptatie \(klimaatadaptatienederland.nl\)](https://www.klimaatadaptatienederland.nl)).

In deze studie wordt geanalyseerd in hoeverre het stroomnetwerk wordt getroffen. Het hoofdstroomnetwerk is zeer robuust en redundant aangelegd en zal naar verwachting niet geraakt worden bij grootschalige neerslag. In de studie wordt bekeken welke en hoeveel midden en laagspanningsstations te maken krijgen met bepaalde waterdieptes. Er is niet geanalyseerd welk gebied te maken krijgt met stroomuitval door de overlast bij de laag- en middenspanningsstations. Dit viel buiten de scope van het onderzoek.

Het effect op watervoorziening, de werking van de gemalen van de waterschappen, rioolwaterzuiveringen, ICT en telecom is niet beschouwd, maar kan zeer relevant zijn. Het is dan ook aan te raden op basis van de waterbeelden hier in een vervolgwerk verder naar te kijken.

Transport Infrastructuur

Voor de analyse van wegen zijn de waterdieptekaarten over het wegennetwerk gelegd. De analyse van het effect op wegen is uitgevoerd in het kader van de opdracht van RWS in het kader van het programma 'Klimaatbestendige Netwerken'.

In de kaart is per wegsegment de maximale waterdiepte genomen en geclassificeerd. De resultaten voor het hoofdwegennet (de snelwegen) zijn handmatig nagelopen. Er is aangenomen dat in het hoofdwegennet de pompen en afwatering van tunnels en verdiepte trajecten blijft functioneren. Deze aanname is niet gedaan voor regionale en lokale wegen. De kaart geeft dan ook een beeld passend bij het gekozen uitgangspunt dat pompen in tunnels van snelwegen wel blijven functioneren, maar van regionale en lokale wegen niet. In werkelijkheid hangt het functioneren van de pompen en het effect ervan af van:

1. Het onderhoud van de tunnel en de pomp (zijn roosters verstopt met vuil dan werkt het systeem niet goed)
2. De hoeveelheid weg te pompen water: wanneer alleen de regen die valt op de ingang van de tunnel of op de verdiepte ligging zelf moet worden weggepompt is dat een beperkte hoeveelheid. Echter, als water vanuit een waterloop of aangrenzend gebied de weg oploopt, dan vraagt het wegpompen een veel grotere pompcapaciteit;
3. Het watersysteem dat het weggepompte water ontvangt: het is niet duidelijk of het ontvangend systeem altijd water kan blijven ontvangen. Als naar het riool wordt gepompt of naar een waterloop en deze hebben geen bergingsruimte meer kan dat de pompcapaciteit beïnvloeden.
4. Stroomuitval: als de stroom uitvalt, dan zal ook de pomp uitvallen.

De waterdieptekaart geeft een goed globaal beeld, maar kan lokaal onnauwkeurigheden bevatten. Deze is immers bepaald met regionale Sobekmodellen en een nabewerking met de waterverspreider. In de waterverspreider is een AHN 3 kaart gebruikt (Algemeen Hoogtebestand Nederland). Op locaties waar de weg aangepast is, een nieuwe weg is aangelegd of de maaiveldshoogte is veranderd, is de kaart verouderd. Ook zijn soms sloten die onder wegen doorgaan niet goed gerepresenteerd waardoor de weg ten onrechte overlast lijkt te krijgen. De kaart met ondergelopen wegen zal daarom handmatig gecontroleerd moeten worden.

De kaart geeft dus een indruk van getroffen weggedeeltes door wateroverlast. De kaart is nog niet gevalideerd in het veld of besproken met beheerders. Het is aan te raden om deze kaart als startpunt te gebruiken en met beheerders na te gaan of uitval waarschijnlijk is en of eventueel aanvullende maatregelen wenselijk zijn.

Het effect van de wateroverlast op het functioneren van tramlijnen, spoorwegen en metrolijnen en scheepvaart is niet bekeken in deze studie.

Kwetsbare objecten en IED installaties

De gegevens van risiciokaart.nl over de locatie van IED installaties en kwetsbare objecten zijn gebruikt om te bepalen welke hiervan getroffen worden door wateroverlast.

IED installaties zijn installaties als bedoeld in bijlage I bij Richtlijn 96/61/EG van de Raad van 24 september 1996 inzake geïntegreerde preventie ter bestrijding van verontreiniging (9) die in geval van overstroming voor incidentele verontreiniging kunnen zorgen.

In 2010 is deze richtlijn over gegaan in de Richtlijn Industriële Emissies (IED): Richtlijn 2010/75/EU van 24 november 2010 van het Europees Parlement en de Raad inzake industriële emissies (geïntegreerde preventie en bestrijding van verontreiniging). Het RIVM heeft in 2018 in het kader van de Richtlijn Overstromingsrisico's (ROR) een overzicht gestuurd van alle IED-installaties in Nederland. Welke installaties in overstroomd gebied liggen is opgenomen op risicokaart.nl en officieel onderdeel van de implementatie ROR. Ook zijn ze meegenomen in het Standaard Schade en Slachtoffermodel (SSM2017) (Slager en Wagenaar, 2017). Dit overzicht (met locaties van de installaties) is ook hier gebruikt.

Voorbeelden van kwetsbare objecten op deze kaart zijn ziekenhuizen, verzorgingshuizen en gevangenissen. De gegevens liggen ook aan de basis van de gevolgenkaarten van de EU-ROR (Deltares, 2019 - (https://www.helpdeskwater.nl/publish/pages/132175/handboek_overstromingsrisicos_op_de_kaart.pdf)) en zijn verwerkt in SSM2017 (Slager en Wagenaar, 2017).

Getroffen landgebruikscategorieën, aantallen getroffen woningen, mensen en monetaire schade

Om een indicatie van de getroffen oppervlaktes van bepaalde landgebruiksklassen, het aantal woningen en het aantal getroffen en een indicatie van de schade te krijgen is het Standaardmodel Schade en Slachtoffermodel 2017 (SSM2017) gebruikt (Slager en Wagenaar, 2017). Dit model heeft verschillende modules. In deze studie is de module 'Regionale overstromingen gebruikt'.⁴

In de regionale module van SSM2017 wordt de directe fysieke schade aan objecten en voor bepaalde landgebruikstypes bepaald. Bedrijfsuitval, indirecte schade ten gevolge van het uitvallen van kritieke infrastructuur, kosten van hulpverlening, evacuatie, opruimen en nazorg, milieuschade door verontreiniging, schade door stress, ontwrichting, imagoschade of reputatieschade van locaties zijn niet beschouwd (Min I&W, 2020).

2.4 Verkennen van het handelingsperspectief

Uiteindelijk is een eerste stap gemaakt naar het vertalen van de uitkomsten naar handvaten waarmee crisisbeheersing, ontwerp en inrichting en waterbeheer effectiever kan worden of waarmee burgers beter kunnen handelen. Om dit te doen is een werksessie georganiseerd en zijn gesprekken gevoerd met de gemeente Dordrecht en de waterschappen. (zie bijlage A).

⁴ Voor het bepalen van de schade van wateroverlast is ook een Waterschadeschatter beschikbaar. Deze is hier niet gebruikt omdat SSM2017 en de aannames en methode daarachter bekend en beschikbaar was bij de onderzoekers, en omdat de Waterschadeschatter waterstanden als invoer vraagt in plaats van waterdieptes. In deze studie waren geen waterstandskarten beschikbaar. Het gebruik van de Waterschadeschatter zou daarmee extra tijd en budget vragen.

3 Resultaten voor de verschillende gebieden

3.1 Delfland

3.1.1 Gebied

Het watersysteem van het Hoogheemraadschap van Delfland (hierna Delfland) kan worden onderverdeeld in een boezemsysteem en lager gelegen polders die via gemalen op het boezemsysteem afvoeren. Het hoger gelegen boezemland in het Westland en Den Haag watert vrij af op het boezemsysteem. Dit gebied bedraagt 23% van het totaal oppervlak dat op de boezem afwatert. Overtollig water wordt vanaf het boezemsysteem met boezemgemalen afgevoerd op de Nieuwe Waterweg/Nieuwe Maas en de Noordzee. Daarnaast zijn er enkele polders die direct naar de Nieuwe Waterweg afvoeren. In het stedelijk gebied zijn rioolgemalen aanwezig die bijdragen aan de afvoer van neerslag uit het stedelijk gebied. De afvalwaterzuiveringen voeren het water af naar het buitenwater en belasten dus niet het boezemsysteem.

Bij extreme neerslag zal met name de afvoer uit het sterk “verharde”, vrij-afwaterend boezemland leiden tot een piek in het boezemsysteem. De bemalingscapaciteit van de poldergemalen bedraagt ca. 66% van de totale capaciteit van de boezemgemalen. Als voorzien wordt dat boezemkeringen kunnen gaan overstromen, zal besloten worden om een maalstop in te stellen om te voorkomen dat de boezemwaterstanden hoger worden dan de kruinhoogtes van de waterkeringen.

In situaties waar veel neerslag wordt verwacht worden het boezemwaterpeil en het waterpeil in sommige polders verlaagd zodat er meer berging beschikbaar komt. Bij extreme neerslag kan Delfland meerdere maatregelen treffen. Om te hoge polderwaterstanden te voorkomen beschikt Delfland over 34 polderwaterbergingen (zes bergingsgebieden en 28 natte waterbergingen) waar bij extreme neerslag tijdelijk water vanuit de polders kan worden geborgen. Ook heeft Delfland vijf boezemwaterbergingen waar bij extreme neerslag tijdelijk water vanuit het boezemsysteem kan worden afgelaten. Er kunnen in sommige polders mobiele pompen bijgezet worden om lokale wateroverlast in polders te bestrijden. Een deel van de binnenstad van Delft is door de lage maaiveldligging kwetsbaar. De watergangen in de binnenstad worden daarom voorafgaand aan extreme neerslag met automatische stuwafgesloten van de rest van het boezemsysteem en bemalen op een lager waterpeil. De onderscheiden neerslagsituaties en de door de peilbeheerder uit te voeren handelingen zijn vastgelegd in protocollen.

Een enkele keer is in het verleden bij calamiteiten ook water naar Rijnland gemalen, maar in het algemeen is Delfland onafhankelijk van andere waterschappen in situaties van extreme neerslag.

Gerelateerde trajecten/ontwikkelingen en interesse van Delfland in deze studie

Delfland ontwikkelt op dit moment een lange termijn strategie voor wateroverlast. Deze strategie biedt het Delfland een kader en vormt de basis voor de inzet van het Delfland op het gebied van het voorkomen en/of beperken van wateroverlast uit het regionale watersysteem door extreme neerslag. Deze strategie helpt om (samen met partners) te komen tot een waterrobuuste en klimaatbestendige regio in 2050 en verder. Het is een startpunt voor de inhoudelijke doorontwikkeling van beleid en handelingsperspectieven - zowel op korte als langere termijn. De vraag in hoeverre Delfland gesteld is voor grootschalige extreme neerslagevents past bij het ontwikkelen van een lange termijn strategie voor wateroverlast.

3.1.2 Aanpak

Door Delfland zijn de volgende scenario's doorgerekend (zie Tabel 3-1)

Tabel 3-1 Doorgerekende scenario's voor Delfland

| | Neerslag (48hr) | Watermanagement | Initiele condities | Calacimiteiten/noodmaatregelen |
|---|-----------------|-----------------|--------------------|--------------------------------|
| 1 | 150 mm | Voormalen 15 cm | GHG | Geen |
| 2 | 150 mm | Voormalen 15 cm | GLG | Geen |
| 3 | 200 mm | Voormalen 15 cm | GHG | Geen |
| 4 | 200 mm | Voormalen 15 cm | GLG | Geen |

In de berekeningen is aangenomen dat alle kunstwerken en waterkeringen optimaal functioneren, dat de boezem is voorgemalen (circa 15 cm peilverlaging in de boezem) dat alle boezem en polderwaterbergingen worden ingezet, er geen maalstops zijn en er na de 2 dagen extreme neerslag verder geen neerslag optreedt. Opgemerkt wordt dat de polders in de praktijk ook worden voorgemalen, maar dat dit nu niet in de simulaties is meegenomen.

Modellen

Voor het bepalen van de effecten van deze scenario's op het watersysteem is gewerkt met het Sobek2 model gemaakt voor het boezemsysteem⁵. De resulterende volumes geborgen water op land in de polders berekend met het Sobek2 model zijn vervolgens met de waterspreidertool vertaald naar waterdiepte kaarten. De hierbij gebruikte stappen zijn beschreven in bijlage C.

Analyse

De resultaten zijn geanalyseerd. Er is gekeken naar:

- 1 Kritieke waterstanden op de boezem: hiervoor zijn de waterstanden vergeleken met de kadehoogtes zoals deze opgenomen zijn in de legger (Legger-Delfland (hhdelfland.nl)).
- 2 Knelpunten in het boezemsysteem, de inzet van bergingsgebieden, de duur van hoogwater en implicaties, bijvoorbeeld of er in deze situatie maalstops of andere calamiteitenmaatregelen zouden worden getroffen.
- 3 Voor het stedelijk gebied zijn de waterstanden vergeleken met de dremelhoogtes van de riooloverstorten. Hiermee kan een inschatting gemaakt worden van de kans op (langduriger) water-op-straat door verdrinking van de overstortdrempels.

Kanttekening: In Vlaardingen en Schiedam zijn voor enkele poldergebieden geen gegevens getoond. Deze zijn in deze studie niet onderzocht omdat ze niet in het gebruikte modelinstrument zijn opgenomen. Voor deze gebieden was daardoor geen data beschikbaar.

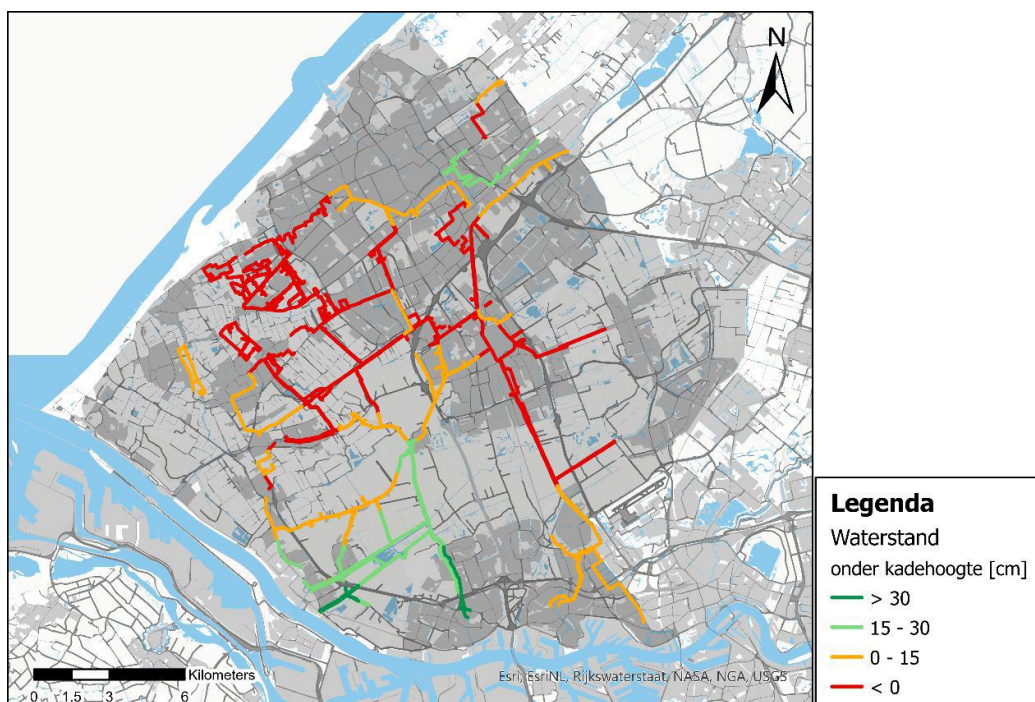
⁵ Model 'BzmLimHG.lit opgeleverd op 20-6-22 voor de droge scenario's en BzmLimHGv2.lit opgeleverd op 16-8-2022 voor de natte situaties door het waterschap

3.1.3 Effecten van de bui op het watersysteem en waterbeeld

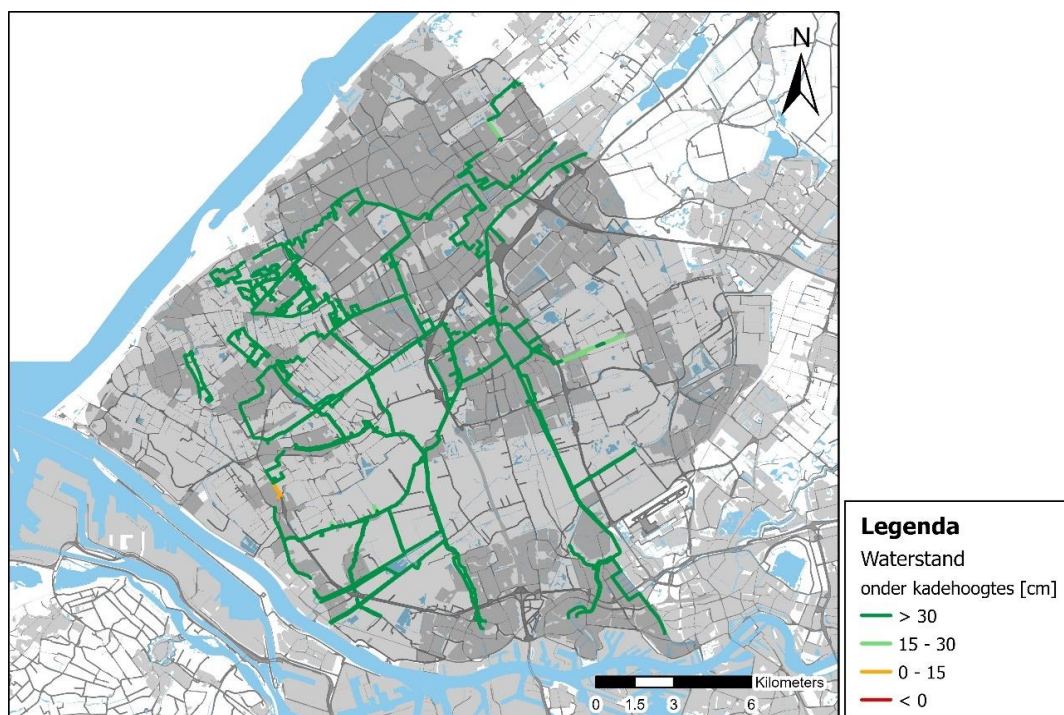
In het scenario met hoge initiële grondwaterstanden (een natte beginsituatie) en 200mm neerslag zijn de effecten op de boezemwaterstanden ernstig (Figuur 3.1. Bij een groot deel van de waterkeringen komen de waterstanden in het model uit boven de kade en in vrijwel het gehele gebied zijn de waterstanden kritisch (net onder de kade of er net boven) (zie Figuur 3.2).

Wanneer deze situatie zich in werkelijkheid voor zou doen, zullen de beheerders maalstops afkondigen om de kritische waterstanden en doorbraken van kades te voorkomen. Dit is niet meegenomen in de modellering van deze extreme neerslaggebeurtenis omdat hier geen standaard protocol voor is en niet bekend is bij welk peil en bij welke polders maalstops afgekondigd worden of welke andere noodmaatregelen zullen worden getroffen. In werkelijkheid zullen de waterstanden in de boezems door maalstops minder hoog worden, maar zal de overlast in de polders waar maalstops afgekondigd worden groter worden en langer duren.

Bij 150 mm neerslag met lage initiële grondwaterstanden (een relatief droge beginsituatie) blijven de waterstanden in het grootste deel van het gebied meer dan 30 cm onder de kade. De grens van wat dit regionale systeem aan kan ligt dan ook tussen 150 en 200 mm neerslag in 48 uur.



Figuur 3-1 Maximale waterstanden ten opzichte van de (legger)hoogte van de regionale waterkeringen in de boezems van Delfland bij het scenario met 200mm neerslag en natte initiële condities.



Figuur 3-2 Maximale waterstanden ten opzichte van de (legger)hoogte van de regionale waterkeringen in de boezems van Delfland bij het scenario met 150mm neerslag en droge initiële condities.

Omschrijving scenario met 200mm neerslag en natte initiële condities

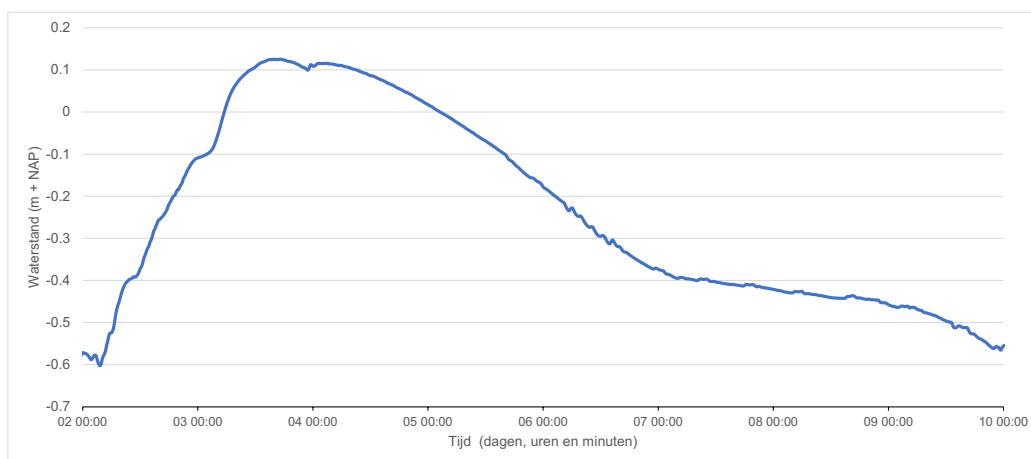
Volgens het model draaien de gemalen lang op volle capaciteit. Het gemaal bij Parksluizen bijvoorbeeld draait ongeveer 8 dagen op volle capaciteit. Dat in Westland draait ook meerdere dagen volop.

In het model draaien de gemalen lang op volle capaciteit. Het gemaal bij Parksluizen bijvoorbeeld draait ongeveer 8 dagen op volle capaciteit (max. capaciteit is 20 m³/s). Gemaal J.J.J.M. van der Burg (Westland) draait ook meerdere dagen volop (max. capaciteit is 6,5 m³/s).

De waterstanden in de boezems stijgen sterk tijdens dit event (zie bijvoorbeeld Figuur 3-3 voor de Schie bij Delft). De waterstand in de Schie bij Delft stijgt op de eerste regendag van NAP -0,6m naar NAP - 0,12m. Een waterstand van 0,12m onder NAP heeft in het huidige klimaat (KNMI'14+correctie in '19) een herhalingstijd van eens in de 100 tot 300 jaar. De volgende dag stijgt de waterstand hier snel verder tot 0,12m boven NAP. Dit is een waterstand die in het huidige klimaat (KNMI'14+correctie in '19) een herhalingstijd groter dan 1000 jaar heeft, en hoger is dan de kruinhoogte van de regionale waterkeringen (kaden).

De waterstand blijft een langere periode hoog. De waterstand is ongeveer 2 dagen hoger dan 0m boven NAP en meer dan 8 dagen boven streefpeil. Ter referentie, in het huidige klimaat heeft een waterstand van 0,05m onder NAP een herhalingstijd van eens in de 1000 jaar.

Alle bergingsgebieden in het systeem zijn ingezet en lopen vol. Het bergingsgebied Bergboezem Berkel (bergingscapaciteit van 1,2 miljoen m³) is aan het einde van de 2^e regendag vol. Pas na een week kan er gestart worden met het leegpompen van het bergingsgebied. Een week later is het bergingsgebied nog steeds niet helemaal leeg. De duur wordt ook beïnvloedt door de neerslag en verdamping na dit event. In dit scenario is uitgegaan van droog weer na dit neerslagevent.



Figuur 3-3 Waterstand in de Schie bij Delft (bij de Kolk) in de tijd bij het scenario met 200mm neerslag en natte initiële condities

Als niet alles functioneert zoals beoogd

De hierboven gepresenteerde resultaten zijn gebaseerd op de aanname dat alle gemalen en boezemkades en andere kunstwerken optimaal functioneren en dat de boezem circa 15 cm is voorgemalen. Mocht dit niet het geval zijn, dan zullen de waterstanden eerder kritisch worden.

Als poldergemalen niet goed functioneren neemt in de polder de overlast toe en duurt de overlast langer. Als de boezemgemalen uitvallen dan wordt de situatie nog kritischer.

Wateroverlast in de polders en stedelijk gebied

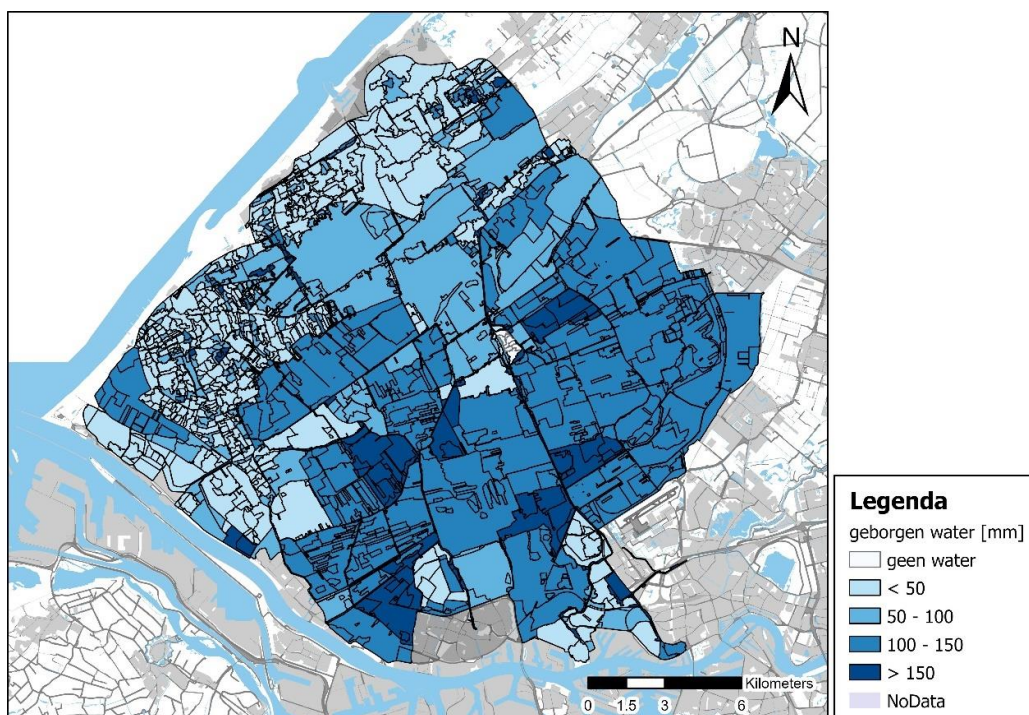
De waterdieptes in de polders en het stedelijk gebied horend bij de hier boven beschreven scenario's zijn bepaald met behulp van de waterverspreider. Hiervoor zijn de geborgen volumes water per afwateringsgebied uit het Sobek model gehaald en per peilgebied verspreid over het gebied rekening houdend met sloten en water dat hier al in aanwezig is (er is uitgegaan van streefpeil of, indien er een variabel peil is, van zomerpeil).

De kaarten in Figuur 3-4 en Figuur 3-5 laten zien hoeveel millimeter water er in een deel van het boezemland of in een polder maximaal moet worden geborgen in het oppervlaktewatersysteem of op maaiveld. Dit maximum treedt op direct na de 48 uur neerslag. In het vrij afwaterend boezemland is dit beperkt. In de diepe polders in het midden van het gebied is dit meer dan 120 mm bij het scenario met 200 mm neerslag en natte initiële condities. In het scenario met 150 mm neerslag en relatief droge initiële condities zijn de te bergen waterschijven veel kleiner. Bij relatief droge initiële condities kan er meer in de bodem en waterlopen geborgen worden.

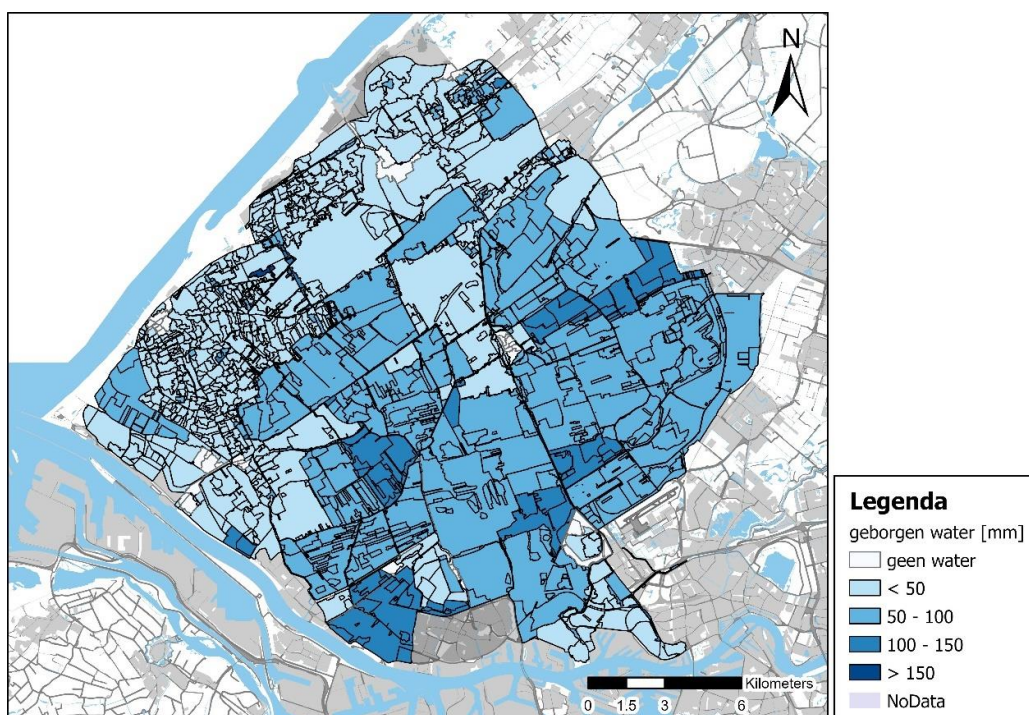
Ook is de duur van de periode met water op land bepaald. Dit is weergegeven in Figuur 3-6 en Figuur 3-7. De duur varieert van 3 tot meer dan 10 dagen, afhankelijk van het scenario en het gebied. De duur wordt voornamelijk bepaald door de poldergemaalcapaciteit van het gebied, de afwatering en infiltratiemogelijkheden.

De waterdiepte is weergegeven in Figuur 3-8 en Figuur 3-9. De figuren laten zien dat op veel plekken overstromingen optreden, met waterdieptes die vrijwel overal minder zijn dan 50 cm.

In werkelijkheid zal de wateroverlast in meerdere polders groter zijn en langer duren, vanwege een afgekondigde maalstop om de boezemwaterstand te beperken.

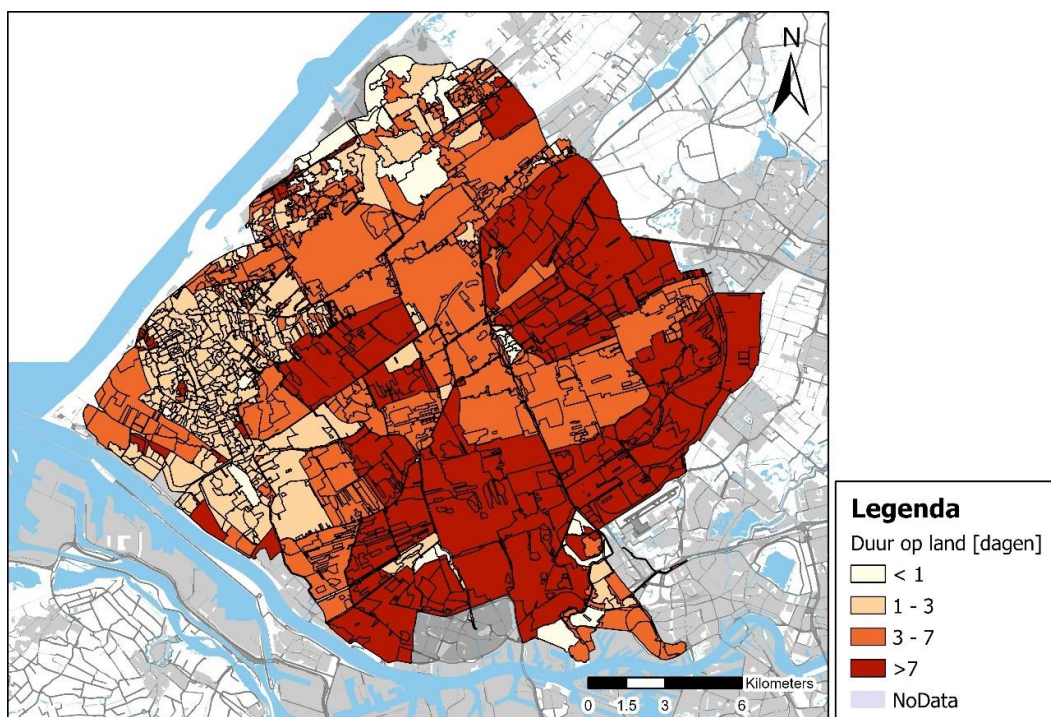


Figuur 3-4 Maximale waterschijf die moet worden geborgen per afwateringsgebied/peilgebied in Delfland bij het scenario met 200 mm neerslag en natte initiële condities⁶

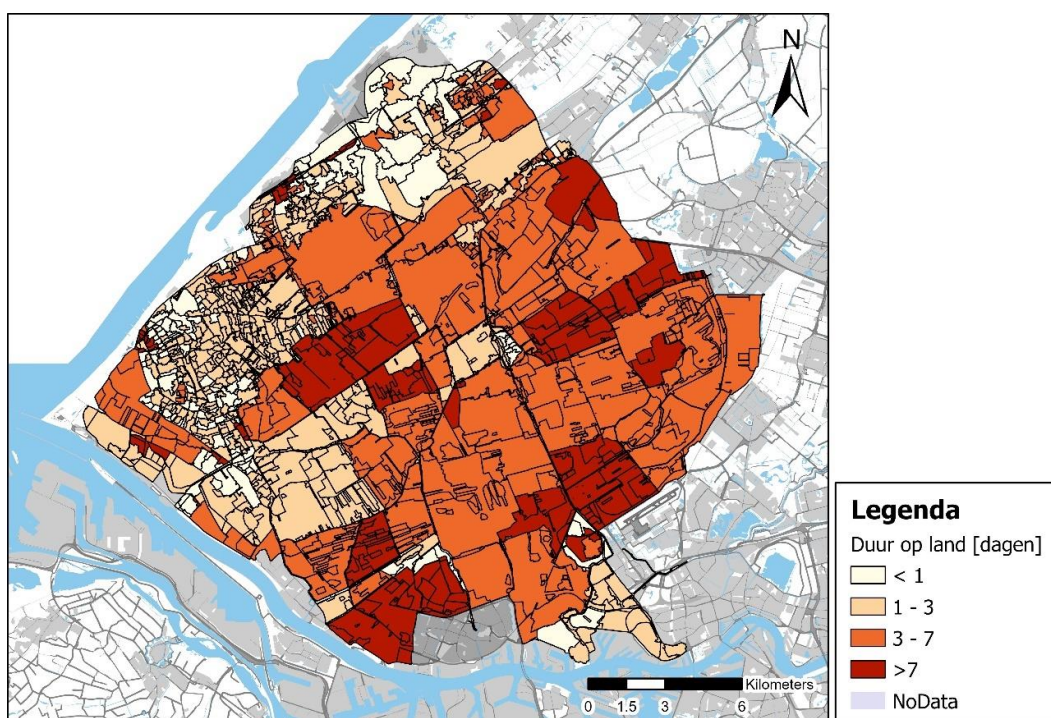


Figuur 3-5 Maximale waterschijf die moet worden geborgen per afwateringsgebied/peilgebied in Delfland bij het scenario met 150 mm neerslag en droge initiële condities⁶

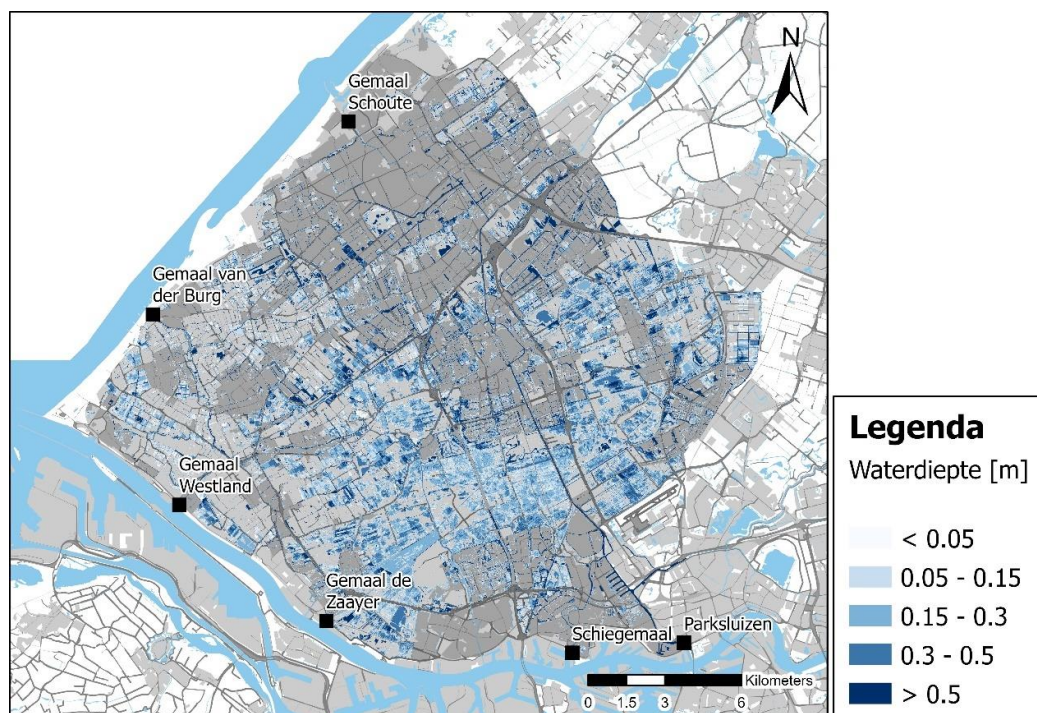
⁶ In Vlaardingen en Schiedam zijn voor enkele poldergebieden geen gegevens getoond omdat deze gebieden niet in het gebruikte modelinstrument waren opgenomen. Voor deze gebieden was daardoor geen data beschikbaar.



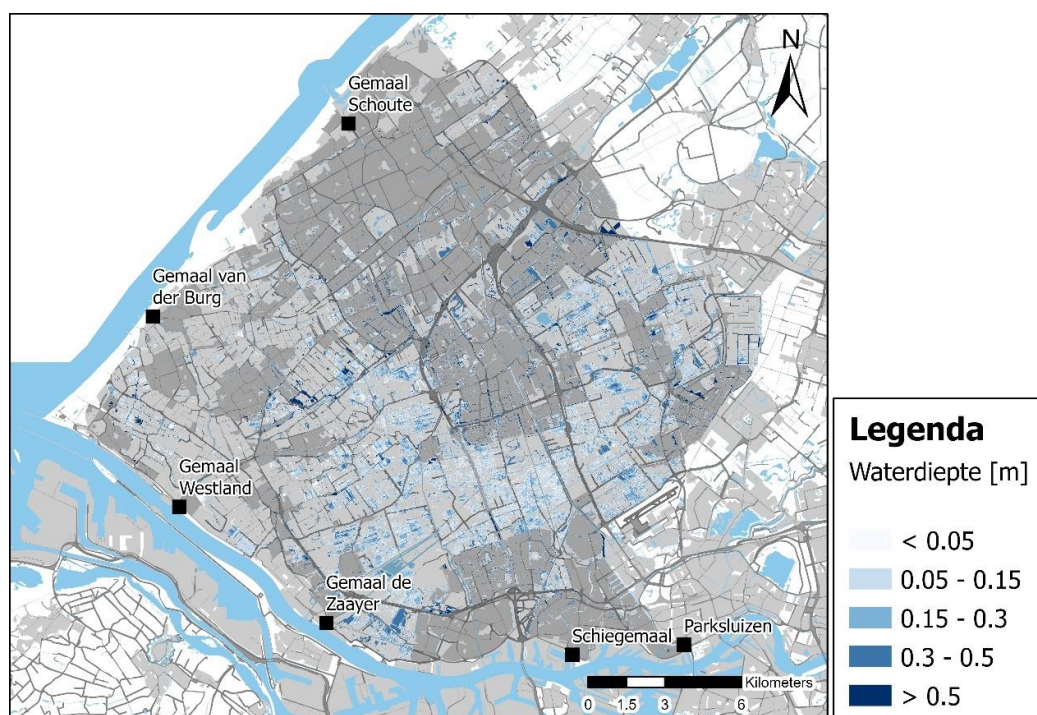
Figuur 3-6 Duur van water op maaiveld per peilgebied in Delfland bij het scenario met 200 mm neerslag bij natte initiële condities



Figuur 3-7 Duur van water op maaiveld per peilgebied in Delfland bij het scenario met 150 mm neerslag bij droge initiële condities



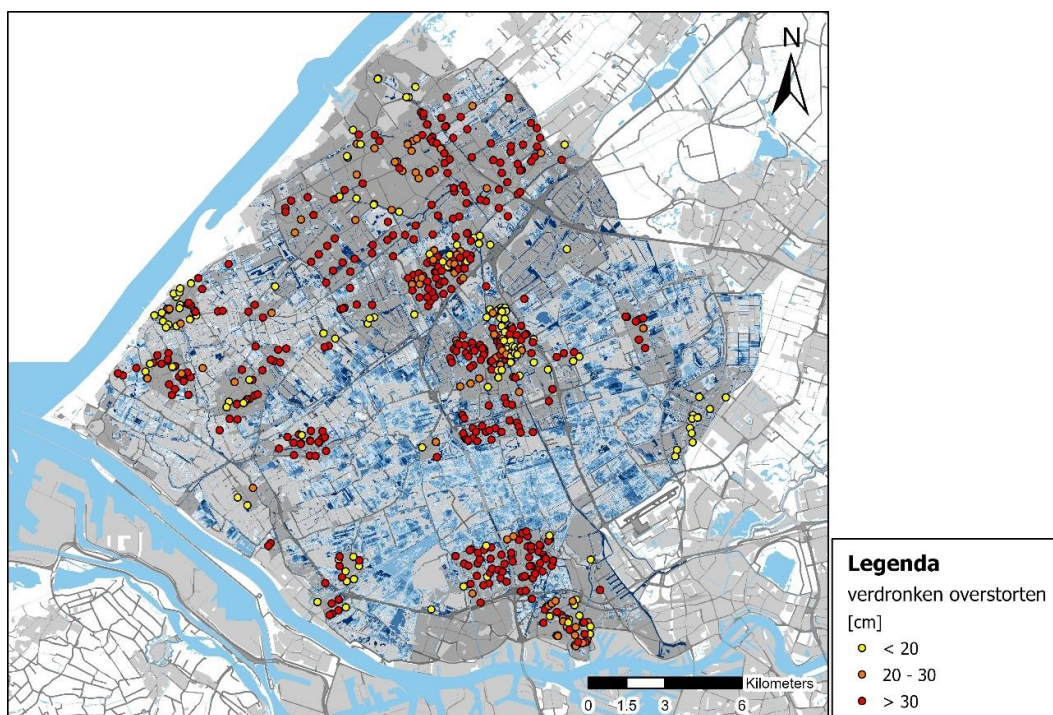
Figuur 3-8 Maximale waterdiepte in Delfland bij het scenario met 200mm neerslag en natte initiële condities



Figuur 3-9 Maximale waterdiepte in Delfland bij het scenario met 150 mm neerslag na een droge periode

Stedelijk gebied

De waterdieptekaarten voor stedelijk gebied zijn minder nauwkeurig dan in landelijk gebied. Dit komt onder andere doordat in de schematisatie van het riolsysteem in het regionale watersysteemmodel wordt gerekend met een ongelimiteerde capaciteit van de rioloverstorten. In werkelijkheid zullen op sommige locaties de rioloverstorten verdrinken door de hoge waterstanden in de watergangen waardoor regenwater niet meer goed door het riolsysteem afgevoerd kan worden. Er zal dan in de steden mogelijk meer water blijven staan dan in deze kaart wordt gesuggereerd. In Figuur 3-10 is getoond welke overstorten volgens de berekeningen verdrinken en waar een kans op overlast op straat ontstaat. Of er daadwerkelijk overlast ontstaat hangt af van de neerslag op de tweede dag, de berging in het riolsysteem en de drooglegging van de wijken. Als het straatniveau maar weinig verschilt van de hoogte van de rioloverstortdrempel, is de kans op wateroverlast groter. In bijlage E is voor een aantal wijken waarvan volgens figuur 3-10 de rioloverstorten verdrinken in meer detail gekeken naar de berekende waterstanden in het model en de overstorthoogtes. Deze bijlage laat zien dat de meeste overstorten hier inderdaad verdrinken. Als het straatniveau niet ver boven de overstorthoogte ligt, is de kans op water op straat daar groot.



Figuur 3-10 Verdrongen rioloverstorten in Delfland bij het scenario met 200mm neerslag en natte initiële condities

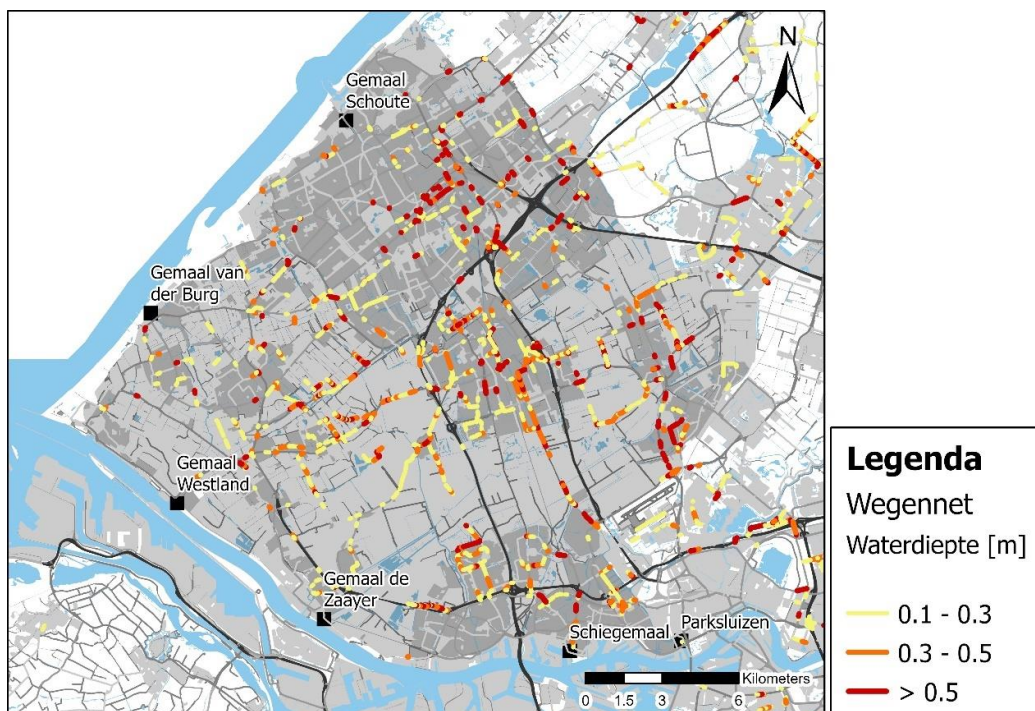
3.1.4 Gevolgen bij het scenario met 200 mm neerslag en natte initiële condities

De gevolgen zijn bepaald voor het scenario met 200 mm neerslag en natte initiële condities. Er is gekeken naar het effect op wegen, elektriciteit, kwetsbare objecten, IED installaties en naar verschillende categorieën landgebruik.

Wegen

De effecten op de wegen zijn weergegeven in Figuur 3-11. Verschillende provinciale wegen ondervinden overlast zoals de weg door Midden-Delfland, (De N468), de Rotterdamse weg en de N471.

De bereikbaarheid van een aantal wijken en dorpen, zoals bijvoorbeeld Schipluiden, en voorzieningen zoals het Reinier de Graafziekenhuis in Delft, wordt hierdoor minder. Door hoge waterstanden kunnen ook wegen op waterkeringen worden afgesloten vanwege de veiligheid van de waterkeringen. Dit is niet meegenomen in Figuur 3-11.



Figuur 3-11 Effect van het scenario met 200 mm neerslag en natte initiële condities op de wegen van Delfland

Elektriciteit

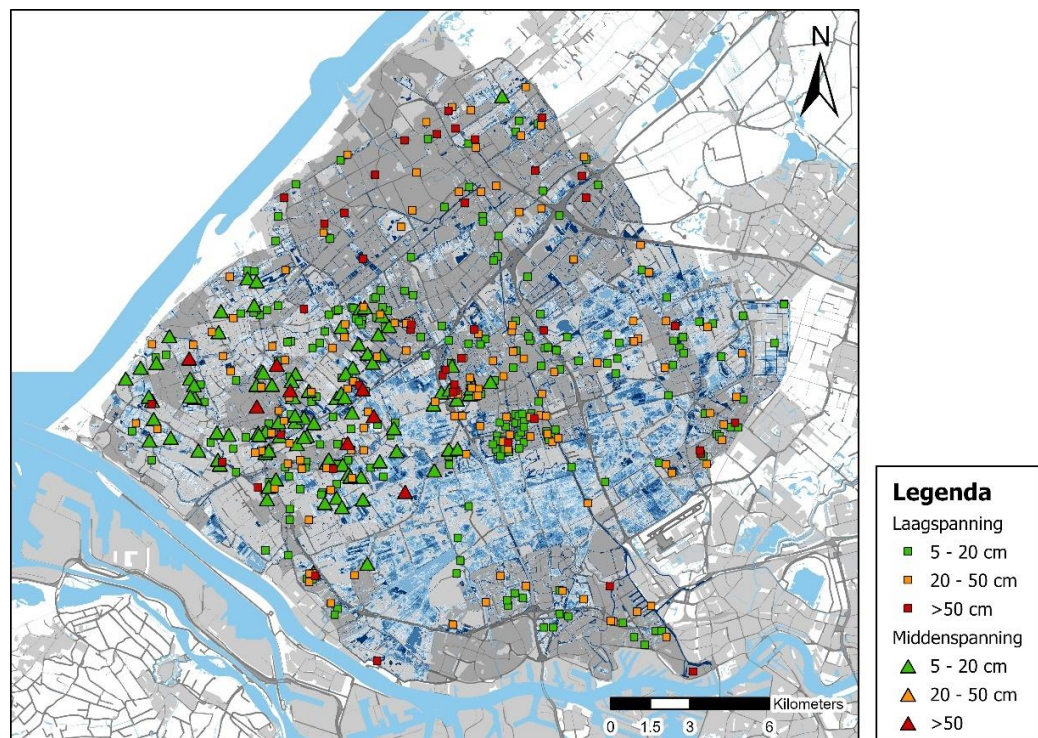
De meeste elektriciteitsstations blijven waarschijnlijk functioneren (zie Figuur 3-12). Van de 1300 middenspanningsstations in het beheergebied van Delfland blijft 85% droog en krijgt 7% te maken met meer dan 20 cm water. Van de laagspanningsstations blijft 90% droog (zie Tabel 3-2). Ook al blijft het grootste deel van de stations functioneren, toch is het aantal stations dat te maken heeft met wateroverlast van meer dan 20 cm groot (92 middenspanningsstations en 180 laagspanningsstations). Het repareren van middenspanningsstations kan veel tijd vragen.

Enkele van de, volgens de analyse getroffen electriciteitsstations kunnen in werkelijkheid beter gesitueerd zijn dan op basis van de beschikbare data lijkt⁷. De volgens de analyse door overstroming getroffen electriciteitsstations zouden daarom nader beschouwd moeten worden. De conclusie die getrokken kan worden, is dat op de meeste plaatsen de stroom blijft functioneren, maar dat stroomuitval niet kan worden uitgesloten.

⁷ Het toegepaste hoogtemodel is het ahn3 uit 2017. Hierdoor zal de waterdieptekaart onnauwkeurigheden bevatten

Tabel 3-2 Getroffen electriciteitstations (vallend in verschillende wateroverlast-classes) in het beheergebied van Delfland bij het scenario met 200 mm neerslag en natte initiële condities

| | Totaal | Aantal getroffen | Percentage |
|------------------------|--------|------------------|------------|
| Elektra middenspanning | 1296 | | |
| niet getroffen | | 1099 | 85% |
| 0 tot 5 cm | | 51 | 4% |
| 5 tot 20 cm | | 47 | 4% |
| 20 tot 50 cm, | | 91 | 7% |
| 50 cm of meer | | 8 | 1% |
| Elektra laagspanning | 5572 | | |
| niet getroffen | | 5001 | 90% |
| 0 tot 5 cm | | 167 | 3% |
| 5 tot 20 cm | | 224 | 4% |
| 20 tot 50 cm | | 138 | 2% |
| 50 cm of meer | | 42 | 1% |



Figuur 3-12 Alle door overlast getroffen elektriciteitskasten in het beheergebied van Delfland bij het scenario met 200 mm neerslag en natte initiële condities. Voor zowel de laagspanning als voor de middenspanning is aangegeven hoeveel cm de kasten onder water komen te staan.

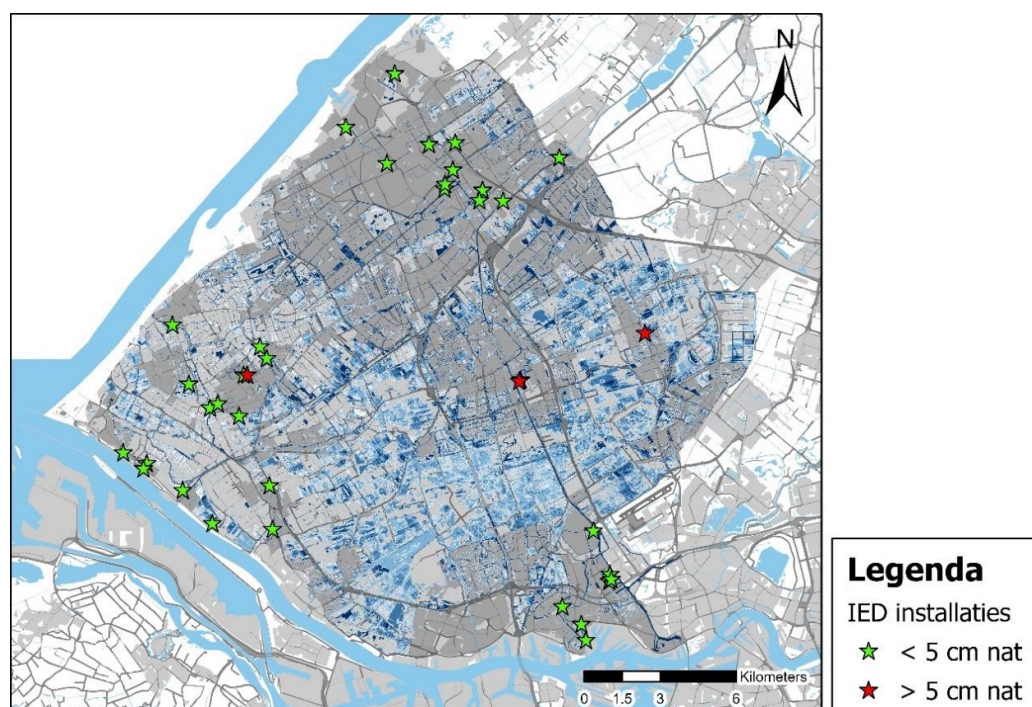
Kwetsbaar en vitaal

Vrijwel alle IED installaties (chemische bedrijven genoemd op risicokaart.nl) liggen op locaties die niet gevoelig zijn voor wateroverlast. Slechts vier objecten krijgen te maken met meer dan 5 cm water (zie Figuur 3-13). Deze zouden met beheerders nader bekeken kunnen worden om te controleren of deze daadwerkelijk kwetsbaar zijn.

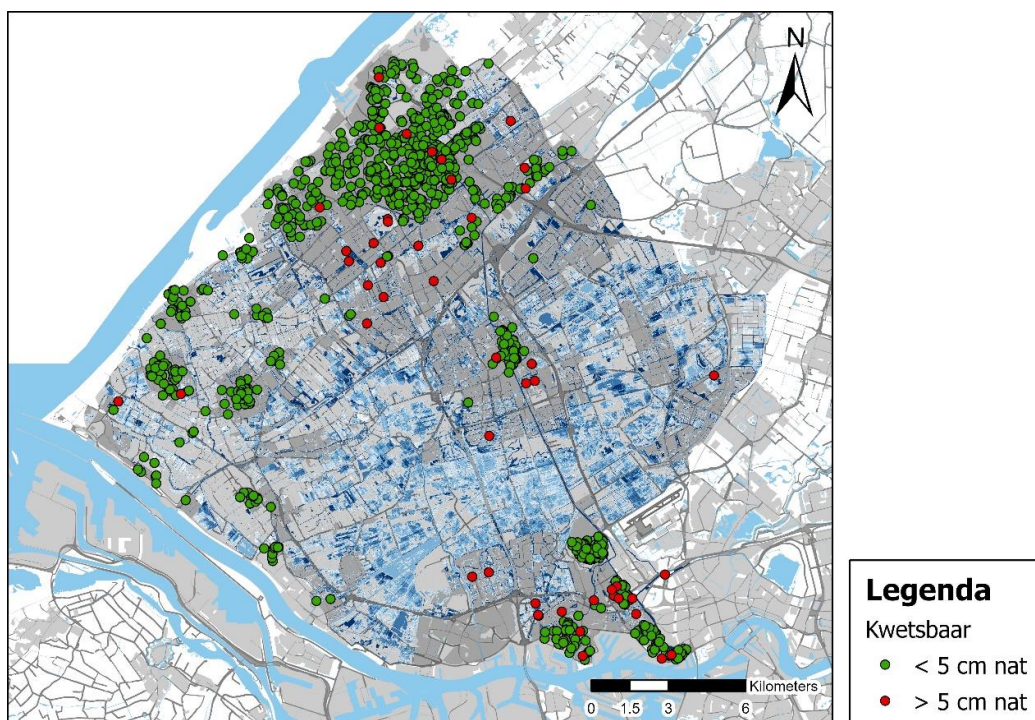
Van de kwetsbare locaties zoals ziekenhuizen en verzorgingstehuizen wordt ongeveer 2% bedreigd door wateroverlast (zie Figuur 3-14). Het gaat hier om 49 objecten. Ook deze moeten nader worden beschouwd.

Tabel 3-3 Getroffen kwetsbare locaties en IED installaties in het beheergebied van Delfland bij het scenario met 200 mm neerslag en natte initiële condities.

| | Totaal | Aantal getroffen | Percentage |
|------------------|--------|------------------|------------|
| Kwetsbaar | 2238 | 49 | 2% |
| IED installaties | 113 | 4 | 4% |



Figuur 3-13 Mogelijke gevolgen voor IED installaties in Delfland bij 200 mm neerslag en natte initiële condities . In rood aangegeven welke objecten meer dan 5 cm onder water komen te staan.



Figuur 3-14 Mogelijke gevolgen voor kwetsbare objecten in het beheergebied van Delfland bij het scenario met 200 mm neerslag en natte initiële condities. In rood is aangegeven welke objecten meer dan 5 cm onder water komen te staan. Definitie kwetsbaar volgens: <https://www.atlasleefomgeving.nl/kwetsbare-objecten>

Omvang van de gevolgen

De schade is berekend met SSM2017, regionale module (prijspeil 2011). Tabel 3-4 toont zowel de berekende schade, als de oppervlakte en/of aantal getroffen.

Bij het scenario met 200 mm neerslag in 48 uur en natte initiële condities zijn de gevolgen groot. De berekende schade is circa 680 M€ (prijspeil 2011 wat neerkomt op ongeveer 817 M€ in 2022). Circa 17480 mensen wonen in een gebied met wateroverlast. Meer dan 4000 woningen, 71 ha bedrijfsoppervlak en 1200ha stedelijk gebied worden getroffen. Verder wordt wateroverlast ondervonden in meer dan 5000 ha landbouw, 1700 ha glastuinbouw en 1500 ha recreatiegebied. Dit zijn zeer grote oppervlaktes en aantallen.

Tabel 3-4 Schadebedragen van Delfland bij het scenario met 200 mm neerslag en natte initiële condities (bepaald met SSM2017, regionale module) (prijspeil 2011)

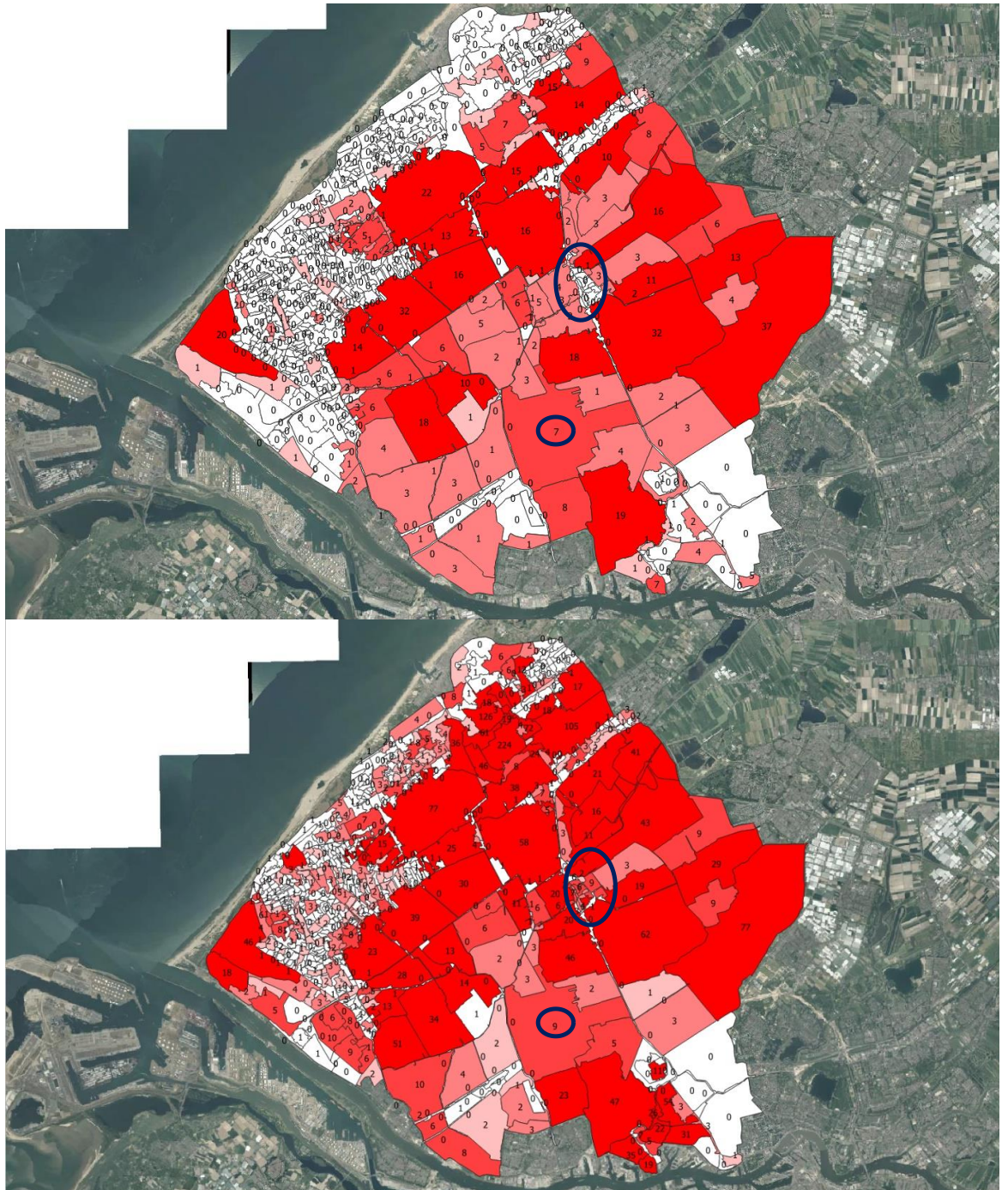
| Schadecategorie | Schade (€) | Aantal en eenheid |
|----------------------------|------------|-------------------|
| Woningen | 72.400 | 4052 stuks |
| Stedelijk gebied | 120.000 | 1232 ha |
| Bedrijven | 134.460 | 71 ha |
| Infrastructuur | 35.800 | 385 km |
| Glastuinbouw | 210.000 | 1786 ha |
| landbouw | 22.000 | 5023 ha |
| Recreatie | 52.300 | 1576 ha |
| Gemalen en vervoermiddelen | 28.500 | 7403 stuks |
| Totaal | 675.460 | |

Vergelijking van de schade van het gesimuleerde event en van een te bergen waterschijf

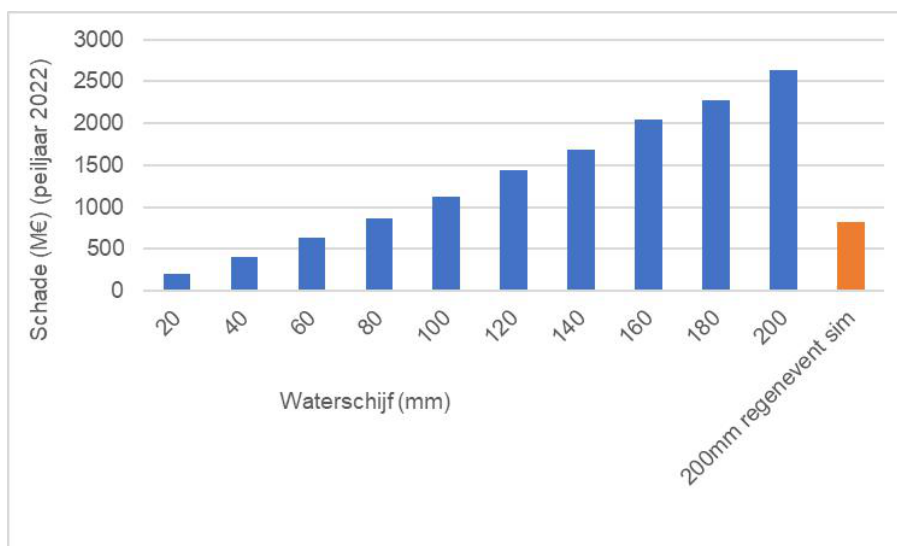
Figuur 3-15 toont de schade zowel voor het scenario met 200 mm neerslag, als voor het geval er een bepaalde waterschijf moet worden geborgen. De kaarten tonen dat de lage landgebouwgebieden in bijvoorbeeld Midden Delfland een vergelijkbare schade oplopen in beide situaties (zie bijvoorbeeld de schade in het gebied met de kleine rode cirkel). De schade in stedelijke gebieden verschilt zeer sterk in beide kaarten (zie bijvoorbeeld Delft, aangeduid met de grote rode cirkel op de kaart). Op basis van deze kaart kan nagedacht worden over de prioriteitsvolgorde voor het instellen van maalstops in polders.

Figuur 3-16 laat zien dat de schade toeneemt als er meer water op het land geborgen moet worden. Dit is op zich logisch, immers de waterdieptes en het overstroomd gebied worden dan groter. De figuur laat ook zien dat de schade bij de 200 mm neerslaggebeurtenis minder is dan de schade bij een gemiddelde berging van 80 mm in *alle* afwateringsgebieden. Dat is op het eerste gezicht opmerkelijk omdat onder een neerslagscenario van 200 mm volgens de modelberekeningen in veel afwateringsgebieden *meer* dan 80 mm water geborgen op land moeten worden, terwijl in maar enkele gebieden minder dan deze hoeveelheid op land geborgen wordt. De berging op het land veroorzaakt de wateroverlast. Vooral in het westen van het gebied en in de stedelijke gebieden wordt de berging bij de grootschalige neerslaggebeurtenis minder dan 80 mm en juist in die gebieden is de schade potentieel hoog. Doordat in het gebied met het grootste schadepotentieel bij een neerslag van 200mm er minder dan 80mm water verzamelt, blijft de schade door de neerslaggebeurtenis van 200 mm lager dan wanneer aangenomen zou worden dat alle afwateringsgebieden 80 mm zou worden geborgen. De gebieden waar de blootstelling het grootst is, liggen derhalve relatief gunstig.

Uit deze analyse kan worden geconcludeerd dat het watersysteem op zich goed functioneert: er wordt namelijk meer water geborgen in minder kwetsbare gebieden dan in stedelijke gebieden. Het is dan ook belangrijk om bij analyse van grootschalige event niet 'gewoon' een waterschijf op te leggen over een heel gebied. Ook is het dus nuttig om waterberging te blijven sturen: dit leidt tot significant minder schade dan als overal de waterafvoer stagneert.



Figuur 3-15 Schadekaarten voor de verschillende afwateringsgebieden ten gevolge van de 200mm neerslagebeurtenis en natte initiële condities (bovenste kaart) en ten gevolge van het bergen van een waterschijf van 200 mm in alle afwateringsgebieden (onder), (de blauwe cirkels worden in de beschrijving genoemd).



Figuur 3-16 Schade bij berging van een waterschijf van 20 tot 200 mm per afwateringsgebied en de schade bij het gesimuleerde 200 mm neerslagevent

3.2 Rijnland

3.2.1 Gebied

Hoogheemraadschap van Rijnland (hierna aangeduid als 'Rijnland') beheert het water in het gebied tussen grofweg IJmuiden en Amsterdam in het noorden en Wassenaar en Gouda in het zuiden (zie figuur 3-17). Het is een divers gebied met duinen, veenweidegebieden, droogmakerijen en stedelijke gebieden (onder andere Leiden, Haarlem en Alphen a/d Rijn). Tevens ligt de luchthaven Schiphol, de bollenstreek en het boomteeltgebied rond Boskoop binnen Rijnland. Een deel watert af onder vrij verval en een groot deel bestaat uit polderboezemsystemen. De neerslag die valt op het boezemwater zelf, leidt direct tot peilstijging. Het boezemland, de gronden die hoger liggen dan het boezemwater en waarvan de neerslag door afstroming terecht komt in het boezemwater, omvat bijvoorbeeld de steden Leiden, Haarlem, en een deel van de bollenstreek. Deze afstroming is niet te sturen. Het Rijnlandse boezemstelsel bestaat uit z'n 200 polders met ruim 350 poldergemalen en 4 boezemgemalen. Het neerslagoverschot wordt uitgemalen naar de Noordzee bij Katwijk, naar het Noordzeekanaal en naar de Hollandse IJssel (zie figuur 3-17).

Voor het Rijnlandse boezemsysteem geldt een ontwerpnorm van 1/100 per jaar, net als voor het stedelijk gebied in de polders. De scenario's die in dit rapport bekeken worden zijn dan ook boven normatief.



Figuur 3-17 Het beheersgebied van Rijnland

Wanneer er veel neerslag valt, kan een deel worden geborgen in de piekberging 'Nieuwe Driemanspolder' (bij Zoetermeer) en (in de nabije toekomst) in de piekberging Haarlemmermeerpolder (in de zuidwestpunt van de polder).

De buitenwaterstanden op het ARK/NZK stijgen wanneer er bij IJmuiden niet gespuid kan worden. Wanneer ook andere waterschappen meer water op het ARK malen, worden de waterstanden op dit ARK/NZK nog hoger. De kans dat de waterstand op het ARK/NZK boven de 0 m +NAP stijgt en een volledige maalstop moet worden afgekondigd is ongeveer 1/70 tot 1/100 per jaar (Vermeulen, 2017). Ook is er interactie met andere waterschappen die malen richting de Hollandse IJssel. Wanneer de kering in de Hollandse IJssel dicht is, is de berging in de Hollandse IJssel zeer beperkt en zullen er snel maalbeperkingen en/of maalstops nodig zijn. Deze interactie treedt op bij storm tijdens of na het neerslaggebeurtenis.

Vragen van het waterschap in deze studie liggen met name op het operationele management en de informatie die daarvoor nodig is: Zullen er maalbeperkingen zijn op het NZK-ARK?

- Kan er geanticipeerd worden en wegen de schades die dat vooraf oplevert op tegen de vermeden overlastering achteraf?
- Hoe kan tijdens een event snel een beeld van de overlast verkregen worden, bv. door inzet van drones of helikopters of door samenwerking met het leger?
- Kan er een redeneerlijn ontwikkeld worden voor dergelijke extreme neerslaggebeurtenissen?
- Kunnen boezemkades verweken wanneer deze gedurende meerdere dagen dergelijke hoge waterstanden moeten weerstaan.

Rijnland heeft zelf ook een analyse gedaan van het effect van en Limburgbui op haar beheersgebied. Deze is beschreven in Rijnland (2022). De conclusies en aanbevelingen zijn in lijn met de resultaten van dit project.

3.2.2 Aanpak

Rijnland heeft voor operationeel beheer een 1D-Sobek2 model waarin de waterlopen zijn meegenomen en de polders door zogenaamde open water en RR knopen zijn geschematiseerd. Dit model is gebruikt om de 4 scenario's zoals beschreven in 2.2.1 door te rekenen. Gebruikte uitgangspunten hierbij zijn:

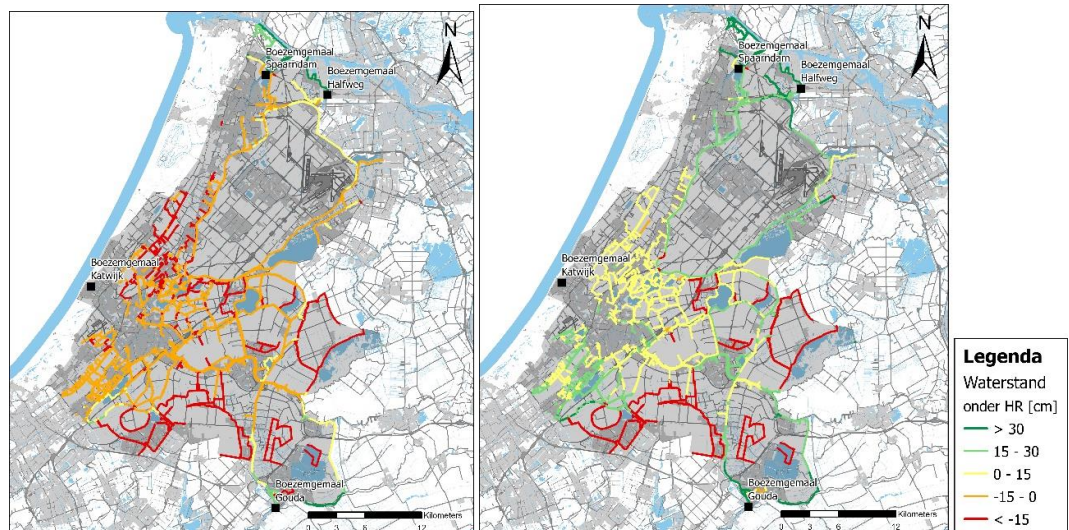
- In de boezem wordt voorgemalen tot NAP -0,7 m. In de polders wordt tot maximaal 10 cm onder zomerpeil voorgemalen. Alleen in polders met veel oppervlaktewater (polderplassen als bijvoorbeeld de Nieuwkoopse Plassen) wordt deze 10 cm niet gehaald binnen 24 uur en wordt voorgemalen tot het peil dat binnen 24 uur bereikt kan worden (3-4 cm voormalen).
- De piekbergingen Nieuwe Driemanspolder (10 m³/s) en Haarlemmermeerpolder (15 m³/s) worden ingezet bij een lokale waterstand van NAP -0,52 m.
- De aanvoer bij sluis Bodegraven is continu 25 m³/s.
- Er is geen inzet van Tijdelijke Pomp Installaties (TPI's) of bemaling door windmolens.

3.2.3 Effecten van de bui op het watersysteem en waterbeeld

In de scenario's met hoge initiële grondwaterstanden en 200mm neerslag zijn de effecten op de boezemwaterstanden groot (Figuur 3-18). Bij dit bovennormatieve scenario komen in grote gebieden de waterstanden in het model uit boven maatgevend boezempeil. In het model draaien de poldergemalen en boezemgemalen lang op volle capaciteit. Beide piekbergingen worden volledig ingezet.

Wanneer deze situatie zich in werkelijkheid voor zou doen, zullen de beheerders maalstops afkondigen om de kritische waterstanden en doorbraken van kades te voorkomen. Dit is niet meegenomen in de modellering van deze extreme neerslaggebeurtenis. In werkelijkheid zullen de waterstanden in de boezems door maalstops iets minder hoog worden. Dat gaat gepaard met een groter wordende en langer durende overlast in de polders waar maalstops afgekondigd worden.

Bij 150 mm neerslag gevolgd door een droge periode blijven de waterstanden in het grootste deel van het gebied net onder maatgevend boezempeil. De grens van wat dit systeem aan kan ligt dan ook tussen 150 en 200 mm neerslag in 48 uur.



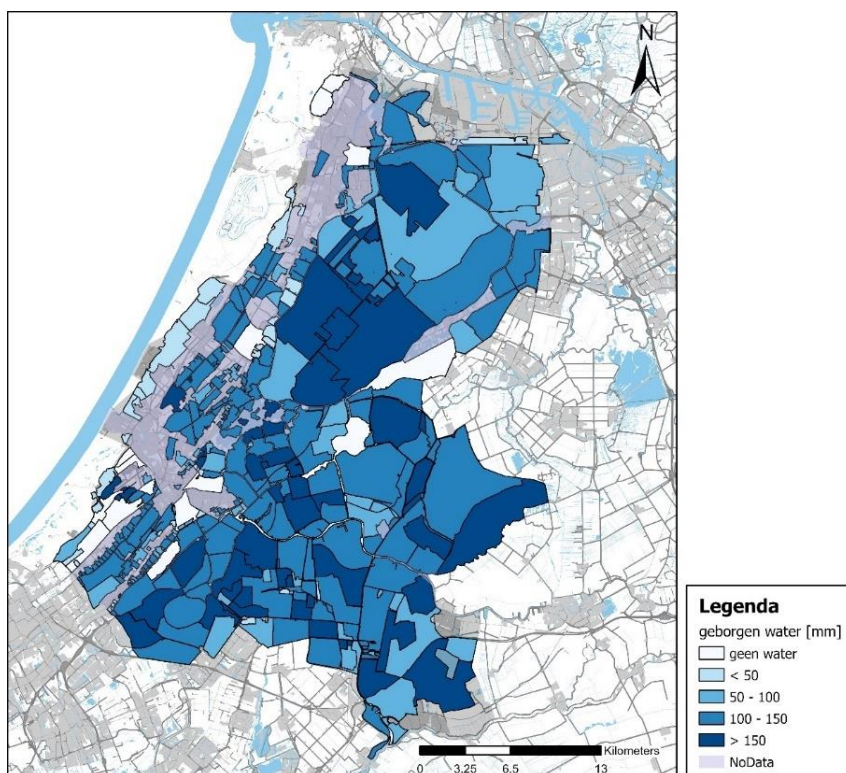
Figuur 3-18 Waterstanden bij het scenario met 200 mm neerslag en natte initiële condities (links) en bij een scenario met 150 mm neerslag en droge initiële condities (rechts) ten opzichte van het maatgevende boezempeil (HR)

Resultierend wateroverlast in de polders en stedelijk gebied

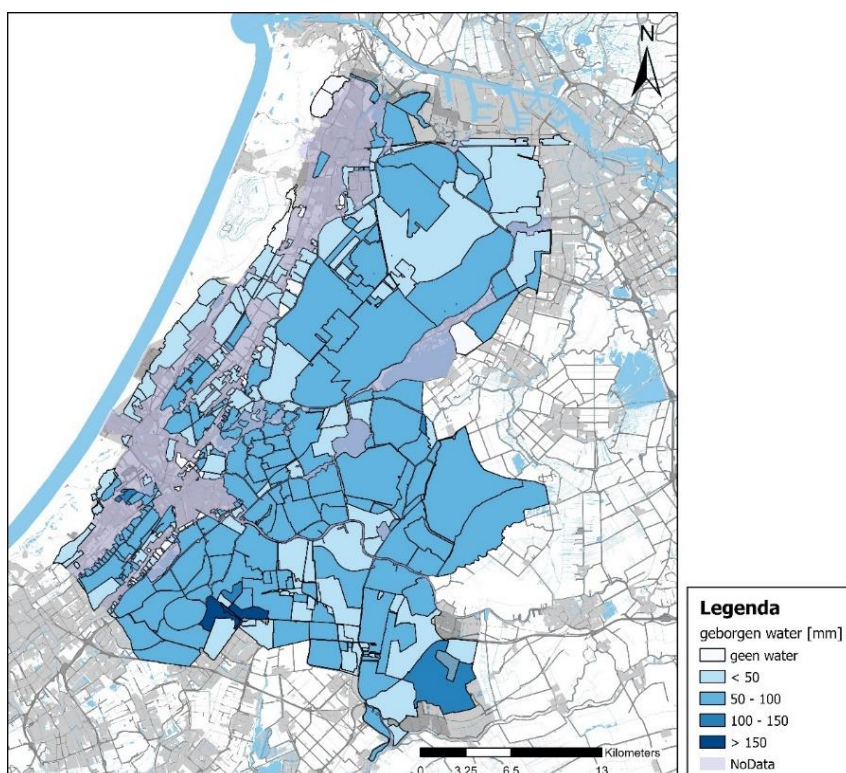
De resulterende waterdieptes in de polders en stedelijk gebied zijn bepaald met behulp van de waterverspreider. Hiervoor zijn de geborgen volumes water op het land per afwateringsgebied berekend met regionale Sobek model overgenomen en per peilgebied verspreid over het gebied rekening houdend met sloten en water dat hier al in aanwezig is (er is uitgegaan van streefpeil daar). De kaarten in figuur 3.19 en 3.20 laten zien hoeveel millimeter water er in de verschillende peilvakken maximaal moet worden geborgen. Dit maximum treedt op direct na de 48 uur neerslag. In enkele hogere vrij-afwaterende gebieden in de duinen is dit nihil, in laag gelegen polders met relatief een minder grote gemaalcapaciteit is dit meer dan 150 mm bij het scenario met 200 mm neerslag. Volgens het scenario met droge initiële condities en 150 mm neerslag zijn de te bergen waterschijven veel kleiner: meestal minder dan 100 mm. Er kan dan meer in de bodem en waterlopen geborgen worden en de neerslag is minder.

Ook is de duur dat er water op land staat bepaald. Deze is weergegeven in figuur 3.21 en figuur 3.22 en verschilt van 3 tot meer dan 10 dagen afhankelijk van het scenario en het gebied. Deze duur wordt vooral bepaald door de maalcapaciteit van het gebied, de afwatering en infiltratiemogelijkheden.

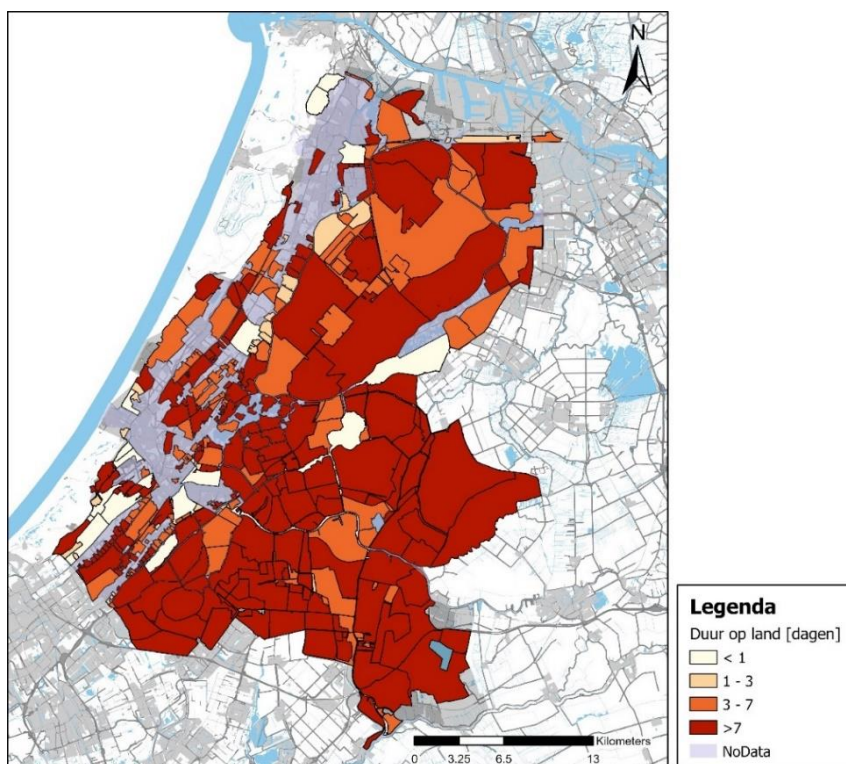
De bijbehorende waterdieptekaarten zijn weergegeven in Figuur 3-23 en Figuur 3-24. De figuren laten zien dat op veel plekken overstromingen optreden met waterdieptes die vrijwel overal minder zijn dan 50 cm.



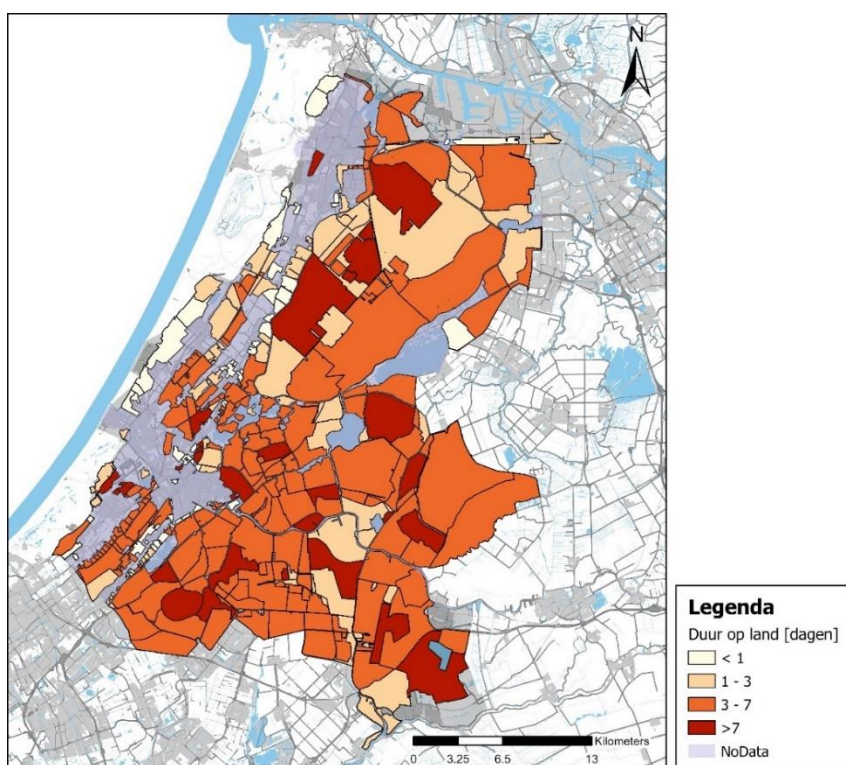
Figuur 3-19 Maximale waterschijf die moet worden geborgen per afwateringsgebied bij het scenario met 200 mm neerslag na natte initiële condities



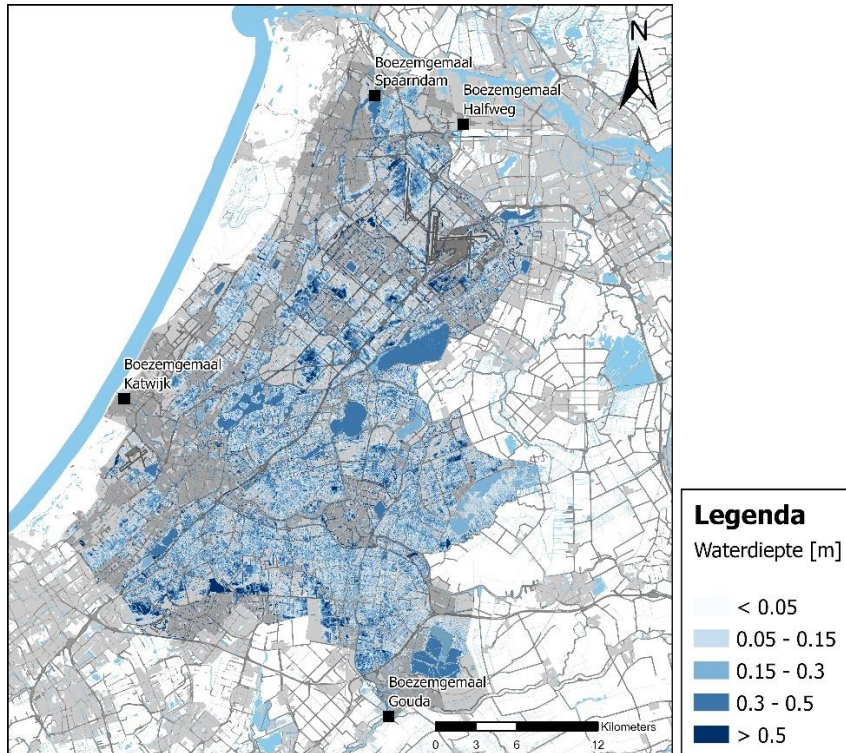
Figuur 3-20 Maximale waterschijf die moet worden geborgen per afwateringsgebied bij het scenario met 150 mm neerslag na droge initiële condities



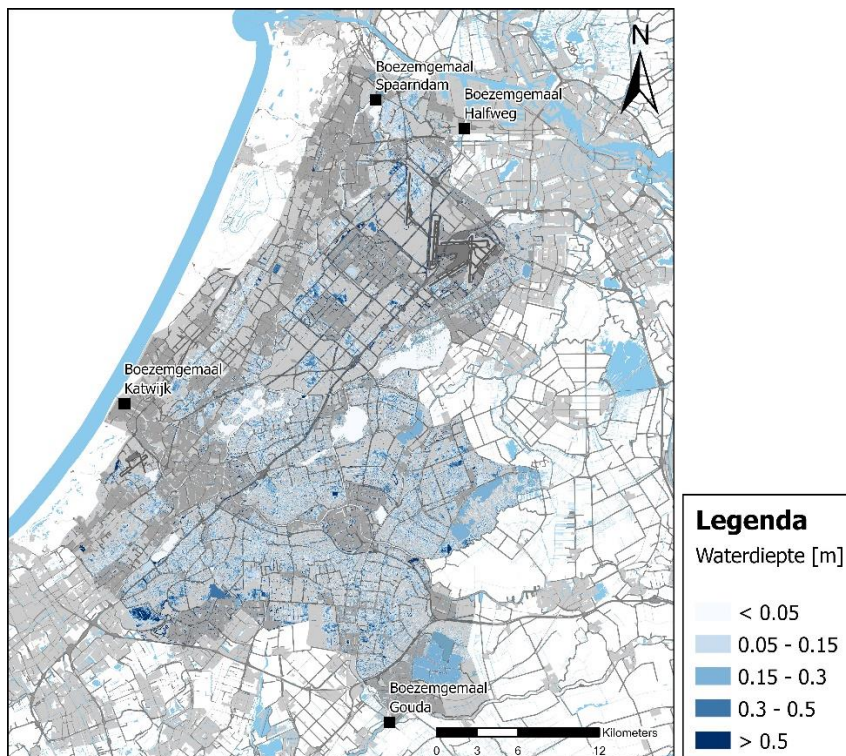
Figuur 3-21 Duur van water op maaiveld per peilgebied bij het scenario met 200 mm neerslag bij natte initiële condities



Figuur 3-22 Duur van water op maaiveld per peilgebied bij het scenario met 150 mm neerslag bij natte initiële condities



Figuur 3-23 Maximale waterdiepte bij het scenario met 200 mm neerslag en natte initiële condities



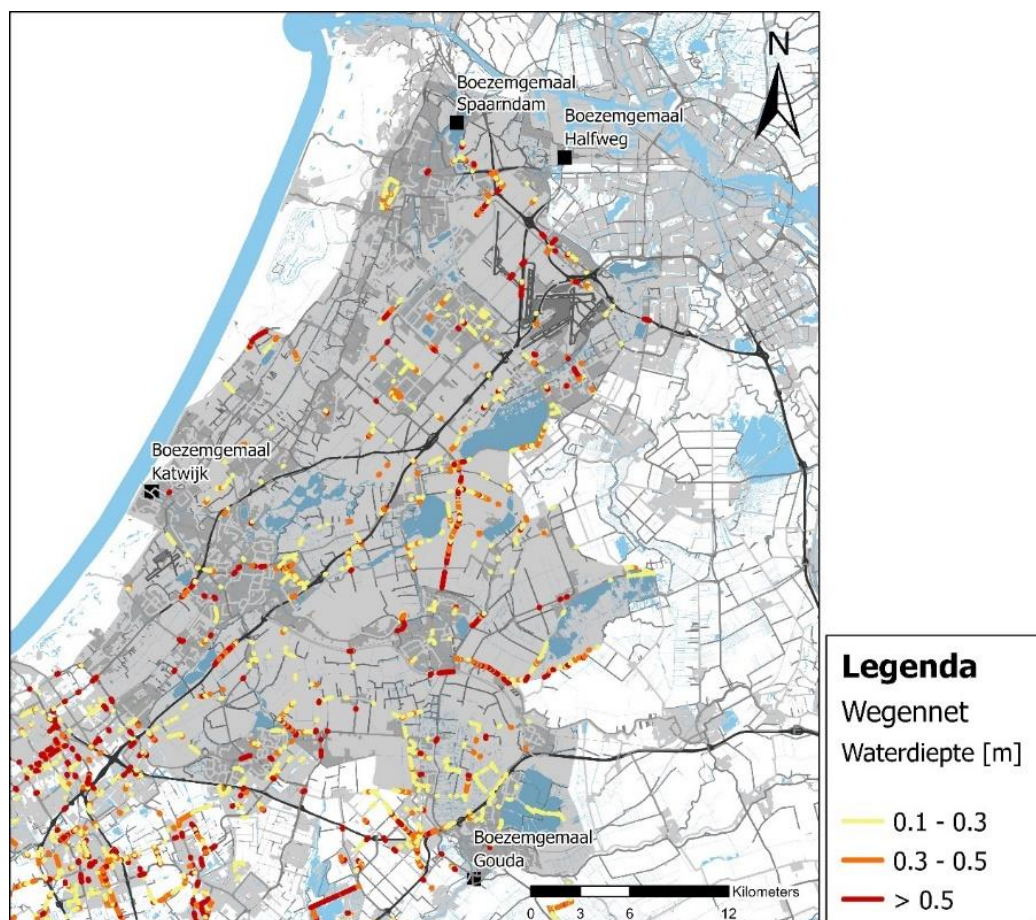
Figuur 3-24 Maximale waterdiepte bij het scenario met 150mm neerslag en natte initiële condities

3.2.4 Gevolgen

De gevolgen van de wateroverlast voor het scenario met 200 mm neerslag en natte initiële condities zijn onderzocht voor wegtransport, stroomvoorziening, kwetsbare objecten en IED installaties.

In Rijnland zijn veel wegen die te maken krijgen met wateroverlast. Een aantal weggedeeltes loopt onder met dieptes groter dan 50 cm. Dit betreft vaak verlaagde delen of onderdoorgangen, soms met pompen. De aanwezigheid van pompen is hier niet beschouwd, behalve voor de snelwegen. Dit betekent dat in werkelijkheid, wanneer pompen van regionale en lokale wegen goed werken, minder overlast ontstaat. Als de pompen van snelwegen niet goed werken, dan ontstaat juist meer overlast dan hier aangegeven. De wegenkaart vormt een startpunt voor nadere analyse met wegbeheerders.

Door hoge waterstanden kunnen ook wegen op waterkeringen worden afgesloten vanwege de veiligheid van de waterkeringen. Dit is niet meegenomen in figuur 3-25.



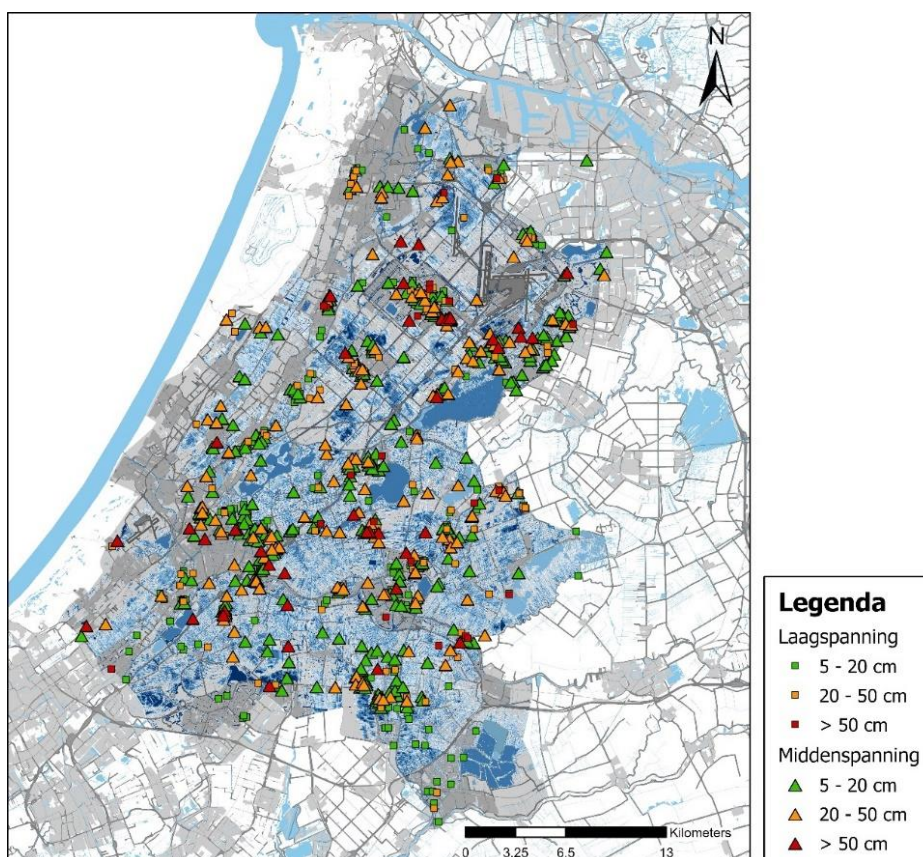
Figuur 3-25 Effect van het scenario met 200 mm neerslag en natte initiële condities op de wegen in Rijnland

De meeste electriciteitsstations krijgen niet te maken met wateroverlast. Slechts ongeveer 3 a 4% van de middenstations en laagspanningsstations heeft te maken met waterdieptes groter dan 20 cm. De verwachting is dan ook dat op de meeste locaties de stroom blijft functioneren. Het is niet uitgesloten dat op enkele locaties wel de stroom uitvalt.

De locaties in rood aangegeven op de kaart zouden nader bekeken moeten worden om te zien of de rode kleur terecht is. Het gaat hierbij toch nog altijd om 213 middenstations en 130 laagspanningsstations.

Tabel 3-5 Electriciteitsstations in Rijnland vallend in verschillende wateroverlastklassen

| | Totaal | Aantal getroffen | Percentage |
|------------------------|--------|------------------|------------|
| Elektra middenspanning | 6287 | | |
| Niet getroffen | | 5349 | 85% |
| 0 tot 5 cm | | 424 | 7% |
| 5 tot 20 cm | | 301 | 5% |
| 20 tot 50 cm, | | 170 | 3% |
| 50 cm of meer | | 43 | 1% |
| Elektra laagspanning | 4508 | | |
| Niet getroffen | | 3710 | 82% |
| 0 tot 5 cm | | 437 | 10% |
| 5 tot 20 cm | | 231 | 5% |
| 20 tot 50 cm | | 108 | 2% |
| 50 cm of meer | | 22 | 0.5% |

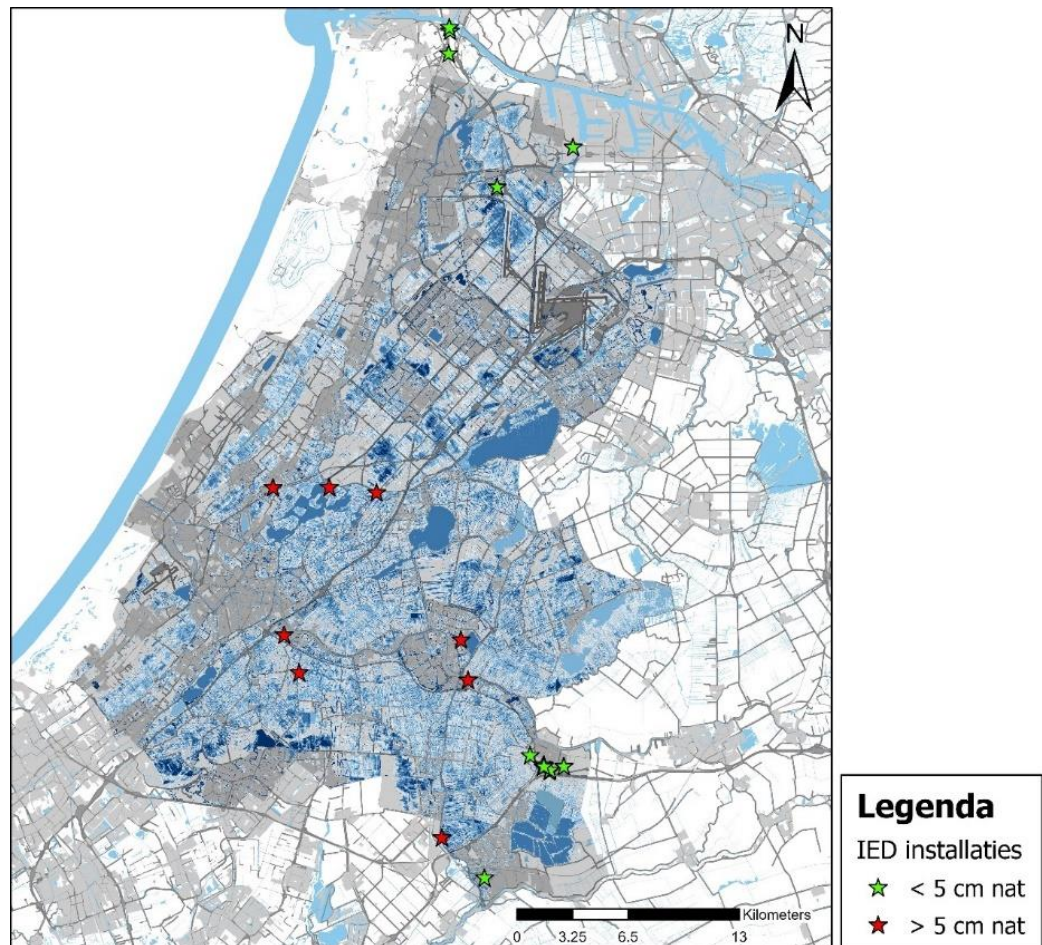


Figuur 3-26 Mogelijke gevolgen voor elektriciteitskasten in Rijnland bij 200 mm neerslag na een natte periode. Voor zowel de laagspanning als voor de middenspanning aangegeven hoeveel cm de kasten onder water komen te staan.

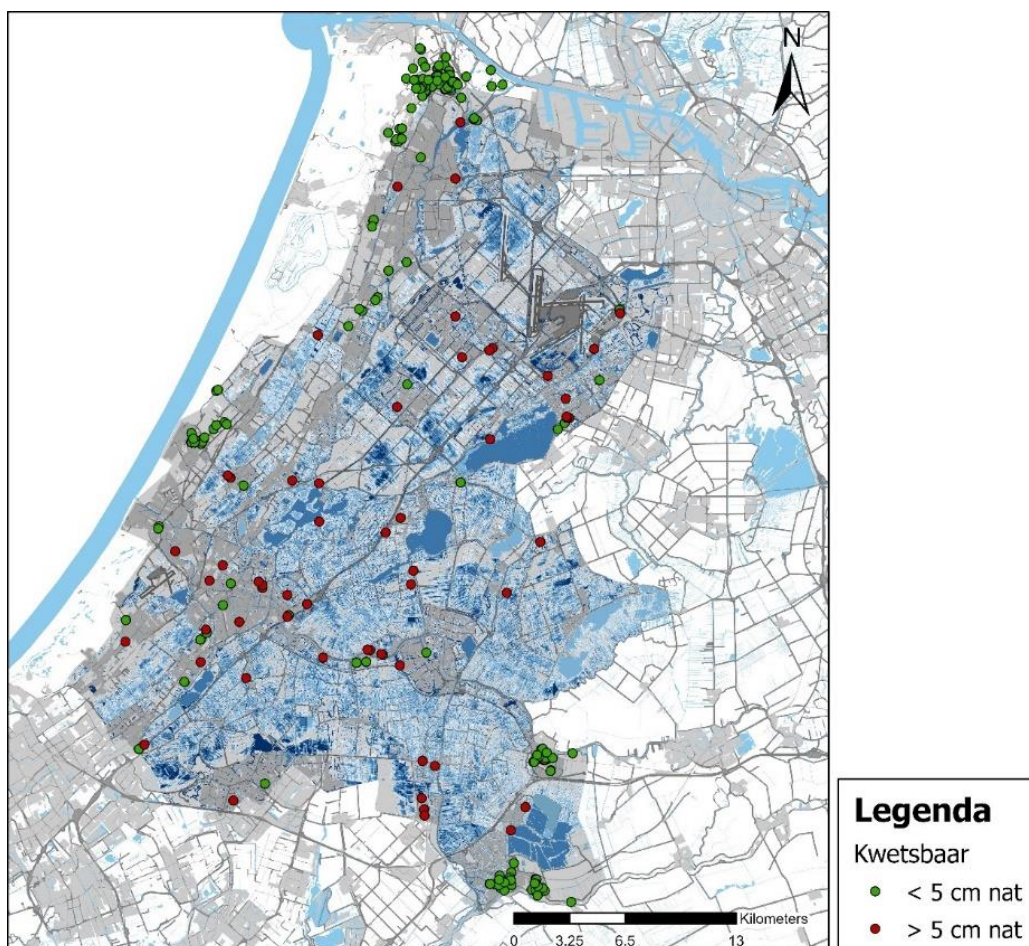
Tabel 3-6 Aantal IED installaties en kwetsbare objecten getroffen door wateroverlast in Rijnland

| | Totaal | Aantal getroffen | Percentage |
|------------------|--------|------------------|------------|
| Kwetsbaar | 3166 | 62 | 2% |
| IED installaties | 197 | 8 | 4% |

Minder dan 5% van alle kwetsbare objecten en IED installaties krijgen te maken met meer dan 5 cm wateroverlast (waarbij uitgegaan is van de definitie zoals gehanteerd op risicokaart.nl). Die objecten die in rood aangegeven staan in figuur 3-27 en 3-28 zouden nader beschouwd worden om te verifiëren of deze inderdaad op een locatie liggen waar overlast waarschijnlijk is.



Figuur 3-27 Mogelijke gevolgen voor IED installaties in Rijnland bij 200 mm neerslag na een natte periode. In rood aangegeven welke objecten getroffen worden door wateroverlast met een waterdiepte kleiner dan 5 cm en in rood de objecten waar de waterdiepte in dit scenario meer is dan 5 cm.



Figuur 3-28 Mogelijke gevolgen voor kwetsbare objecten in Rijnland bij 200 mm neerslag na een natte periode. In rood aangegeven welke objecten getroffen worden door wateroverlast met een waterdiepte kleiner dan 5 cm en in rood de objecten waar de waterdiepte in dit scenario meer is dan 5 cm. Definitie kwetsbaar volgens: <https://www.atlasleefomgeving.nl/kwetsbare-objecten>

De schade berekend voor dit gebied bedraagt ongeveer 560 M€ (prijsspeil 2022). Er worden ongeveer 13.000 mensen getroffen.

3.3 Hollandse Delta

3.3.1 Gebied

Waterschap Hollandse Delta heeft 5 eilanden in zijn beheersgebied die ieder onafhankelijk zijn van andere gebieden, namelijk Goeree-Overflakkee, Voorne-Putten, de Hoekse Waard, Dordrecht en IJsselmonde. Op deze eilanden wateren veel poldergebieden direct via gemalen af op de rivieren en zijn er relatief weinig boezemsystemen. De gevolgen van specifiek grootschalige events is daarmee waarschijnlijk minder een extra probleem dan in gebieden waar verschillende systemen op eenzelfde drainagekanaal afwateren. Voor de afwatering is wel de benodigde opvoerhoogte van belang, wat betekent dat bij storm of opwaaiing er minder uit gemalen kan worden dan bij minder hoge buitenwaterstanden. In het gebied ligt veel landelijk gebied, maar ook steden en dorpskernen. Interacties met andere gebieden beperken zich tot rond het Volkerrak-Zoommeer.

De onafhankelijkheid van de verschillende polders van elkaar leidt er overigens wel toe dat er weinig sturingsmogelijkheden zijn als een gemaal faalt en er niet eenvoudig water van een polder in een andere polder kan worden geborgen om een gebied te ontlasten. Iedere polder moet als het ware zijn eigen broek ophouden. De pomp- en rioolcapaciteit van stedelijke gebieden is in het algemeen groter dan van landbouwpolders, waardoor in de landelijke polders meer overlast ontstaat dan in de stedelijke polders.



Figuur 3-29. Het beheersgebied van WSJD, waarbij de verschillende polders (groen omlind) en alle belangrijke in- en uitlaatkunstwerken gevisualiseerd zijn. (inlaatpunten: blauw, uitlaatpunten: rood, gecombineerd: geel, primaire locaties: vierkant, secundaire locaties: driehoekig, verbindingspunten: groene cirkels)

Het waterschap is in deze studie betrokken vanwege interesse in:

- Calamiteitenmanagement van het waterschap;
- Eventuele knelpunten voor vitale functies en infrastructuur;
- De relatie met de veiligheidsregio's en crisisbeheersing;
- De relatie met gemeentes en wateroverlast in stedelijk gebied;
- Maximale belasting boezemsystemen (bijv. Binnenbedijkte Maas, boezem bij Strijen)
- En de mogelijkheid om meer inzicht te verkrijgen in waar welk type knelpunten ontstaan, handelingsperspectief voor de knelpunten tijdens een calamiteit of in de koude fase en de benodigde acceptatie van wateroverlast (knelpunten waarvoor vanuit het watersysteem geen handelingsperspectief is)

3.3.2 Aanpak

Het waterschap heeft 1D Sobek-modellen die gebruikt worden voor de toetsing aan de NBW normen (watersysteemanalyses 2016-2020)⁸. Er is een grof model voor hoofdwatergangen en daarnaast zijn er gedetailleerdere modellen voor detailanalyse bij het waterschap. In deze analyse is het grovere hoofdwatergangmodel gebruikt, daar deze, in tegenstelling tot de detailmodellering, voor het gehele beheersgebied beschikbaar is. Dit model is redelijk nauwkeurig met betrekking tot de waterstanden en afvoeren naar buitenwater/boezem. Daar waar secundaire watergangen een belangrijke af- of aanvoerende functie hebben, zijn deze meegenomen in de modellering, maar dit blijkt niet 100% volledig.

⁸ Er zijn vier aparte deelmodellen beschikbaar en gebruikt: IJsselmonde (incl. Rozenburg en Pernis), Dordrecht, Goeree-Overflakkee en Voorne-Putten. Het deelmodel voor de Hoeksche Waard ontbreekt

De interactie tussen het watersysteem van WSHD en het riool in voornamelijk gemeente Rotterdam, maar ook in zekere mate in Dordrecht, is niet volledig meegenomen in de modellen.

Voor de analyse zijn de volgende aannames gebruikt:

- Bij stuwen wordt gestuurd op bovenstreams peil (zgn. 'referentiesturing');
- Er wordt niet voorbemalen. Hoewel dit op initiatief van de peilbeheerder gebeurt, is dit niet vastgelegd in interne peilbeheersprotocollen;
- Voor de berekeningen zijn de 2 neerslagscenario's uit paragraaf 2.2.1 gebruikt.
- Voor verdamping wordt het langetermijngemiddelde gebruikt;
- Er wordt gerekend met natte en droge initiële condities:
 - Nat: 10 dagen 2 mm/dag in de zomerperiode
 - Droog: 10 dagen 0 mm/dag in de zomerperiode
- Riooloverstorten worden niet gemaximeerd, voor berging in het rioolsysteem is gewerkt met defaultwaarden.

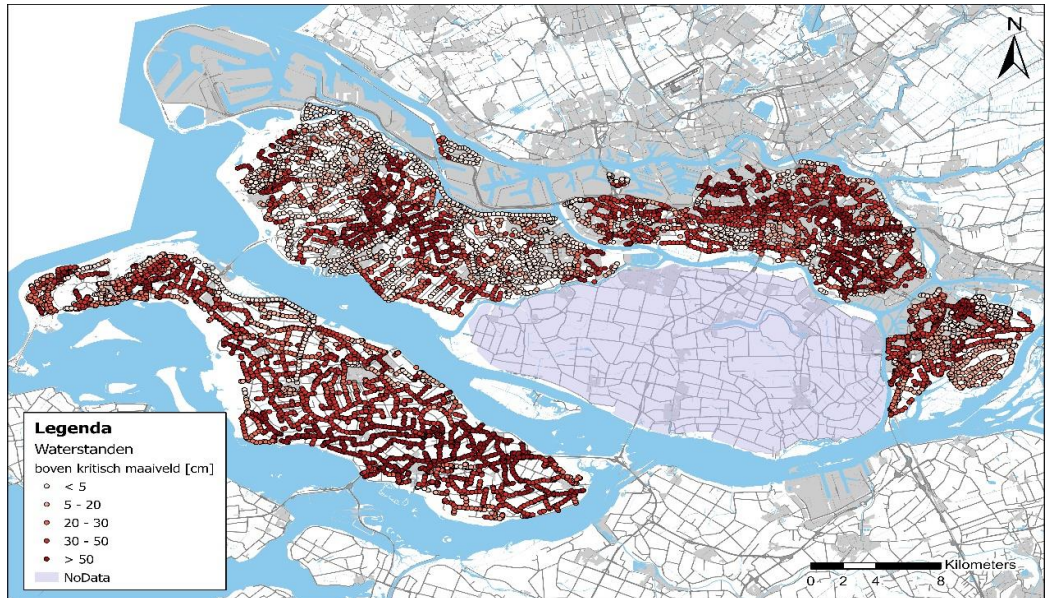
Er is geen werkend model beschikbaar voor de Hoekse Waard. Om die reden is dit gebied niet meegenomen in de analyses.

Er zijn kaarten gemaakt van maximale waterstanden in de polder(sloten) t.o.v. kritisch maaiveld. Het kritisch maaiveldniveau geeft aan tot hoever het waterpeil mag stijgen om aan de normen voor wateroverlast te voldoen. Er mag dan slechts een klein percentage van het gebied last hebben van wateroverlast. Verder is ingeschat hoeveel water er op enig moment maximaal oppervlakkig geborgen moet worden; dit is de som van volumes op onverharde gebieden en in de watergangen⁹ boven het streefpeil van de verschillende afwateringseenheden in het gebied. Dit volume is vervolgens met de waterverspreider tool per peilgebied (met meerdere inliggende afwateringseenheden) verdeeld.

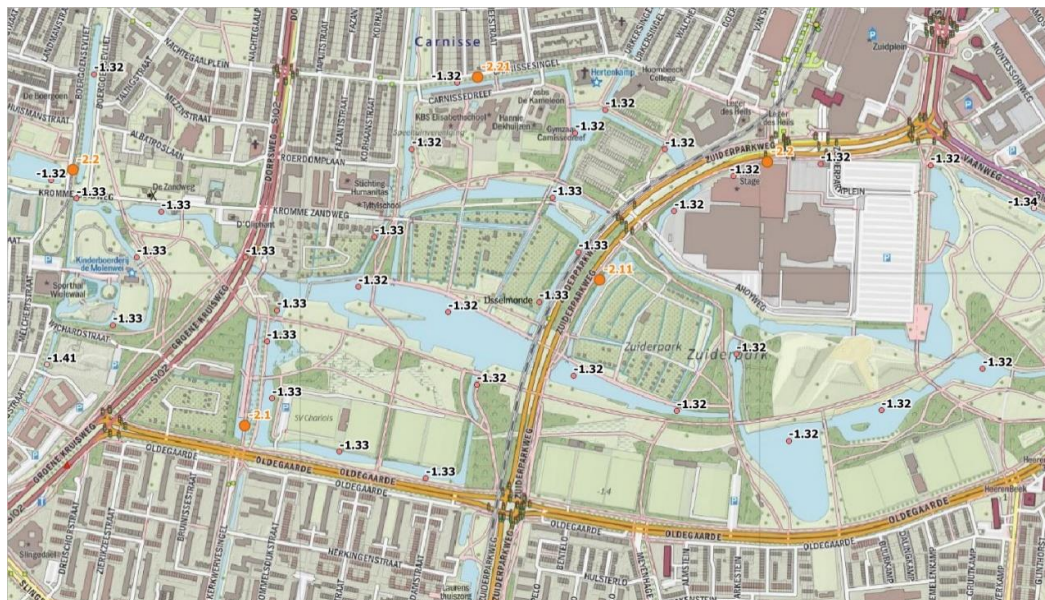
3.3.3 Effecten van de bui op het watersysteem en waterbeeld

Het vele regenwater zal volgens het model snel tot afvoer komen en zich verzamelen in de poldersloten en het rioolsysteem, alvorens het wordt uitgedumpt naar het buitenwater. Op heel veel plekken stijgen de waterstanden in de poldersloten tot meerdere decimeters boven het kritisch maaiveldniveau wat leidt tot substantiële, wateroverlast in de bebouwde en landelijke gebieden (zie figuur 3-30 en 3-31).

⁹ 'stor**'-reknodes

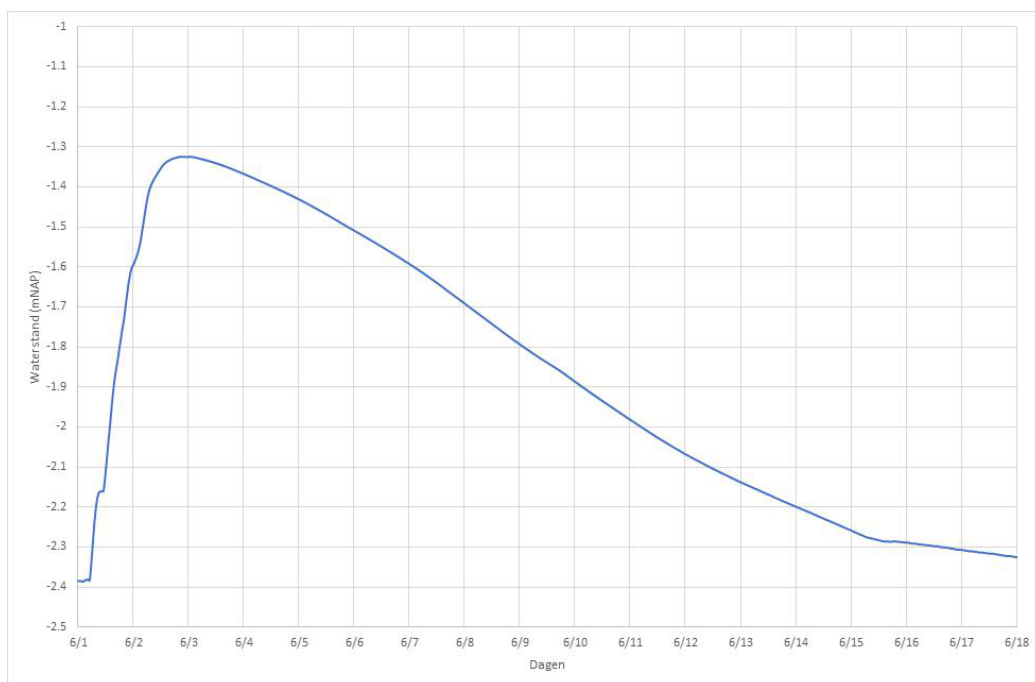


Figuur 3-30 Maximale waterstanden boven kritisch maaiveld, scenario 200 mm, natte initiële condities¹⁰



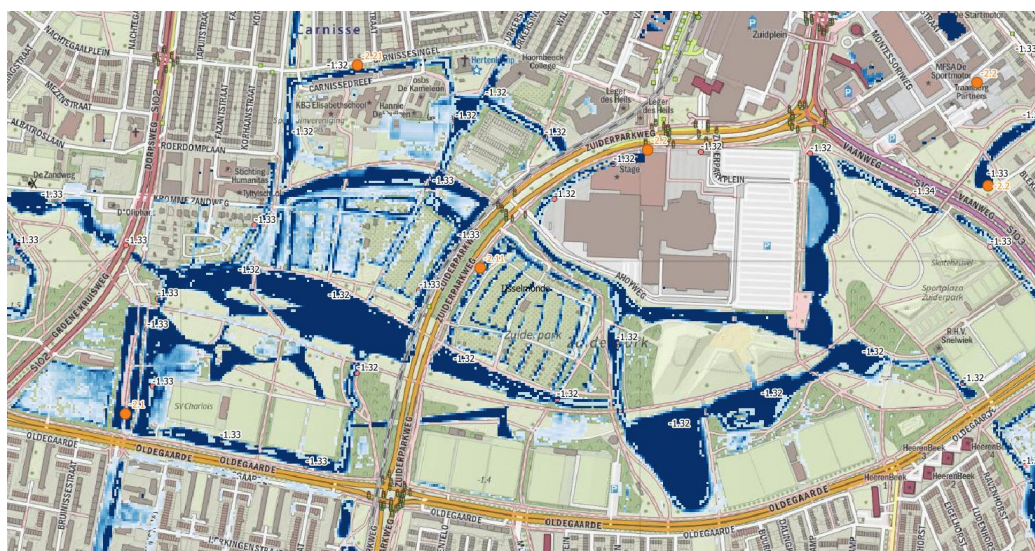
Figuur 3-31. Maximale waterstanden (m + NAP) die in het Zuidpark op IJsselmonde in Rotterdam-Zuid kunnen optreden bij het scenario met natte initiële condities en 200 mm regenval in 2 dagen. De kleine bolletjes met een zwart getal zijn de maximale waterstanden uit het regionale Sobek model. De oranje bolletjes met oranje getallen laten de drempelhoogtes zien van verschillende riooloverstorten in het gebied.

¹⁰ De Hoekse Waard is niet meegenomen in de analyses omdat daar geen werkend model van beschikbaar was.



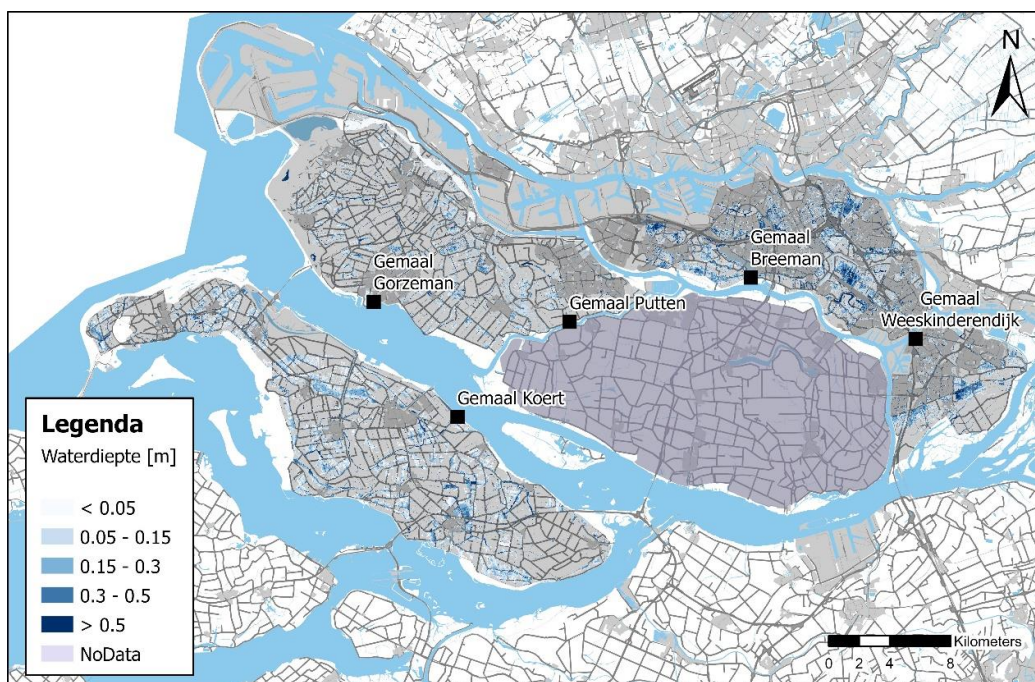
Figuur 3-32. Maximale. Waterstanden op de Oldegaarde bij het Zuiderpark op IJsselmonde bij 200 mm regenval in 48 uur en natte initiële condities.

Een voorbeeld van de waterstanden in de poldersloten op IJsselmonde is gegeven in figuur 3-32. Het streefpeil voor dit peilgebied is -2.35 m NAP. Een groot deel van het gebied ligt op -1 m NAP of hoger. Het kritisch maaiveld niveau ligt hier op -1.90m NAP. Binnen een dag van de start van de regen stijgt het water tot 30 tot 40 cm boven het kritisch maaiveldniveau. Binnen 36 uur bereikt het de hoogste waarde van -1.32m NAP. Dit peil houdt het ongeveer een dag aan. Vervolgens duurt het nog een week voordat het waterpeil in de sloten weer tot beneden het kritisch maaiveld niveau dalen. Veel volkstuintjes en de sportvelden in het zuiderpark zullen lange tijd onder water komen te staan (Figuur 3-33). Door de grote drooglegging in de wijken zal de overlast in straten en huizen hier beperkt blijven.



Figuur 3-33. De waterdieptes getekend in figuur 3-31. Zie voor duiding van de bolletjes en getallen figuur 3-31. De laagste delen van het zuiderpark zullen enkele decimeters onder water komen te staan.

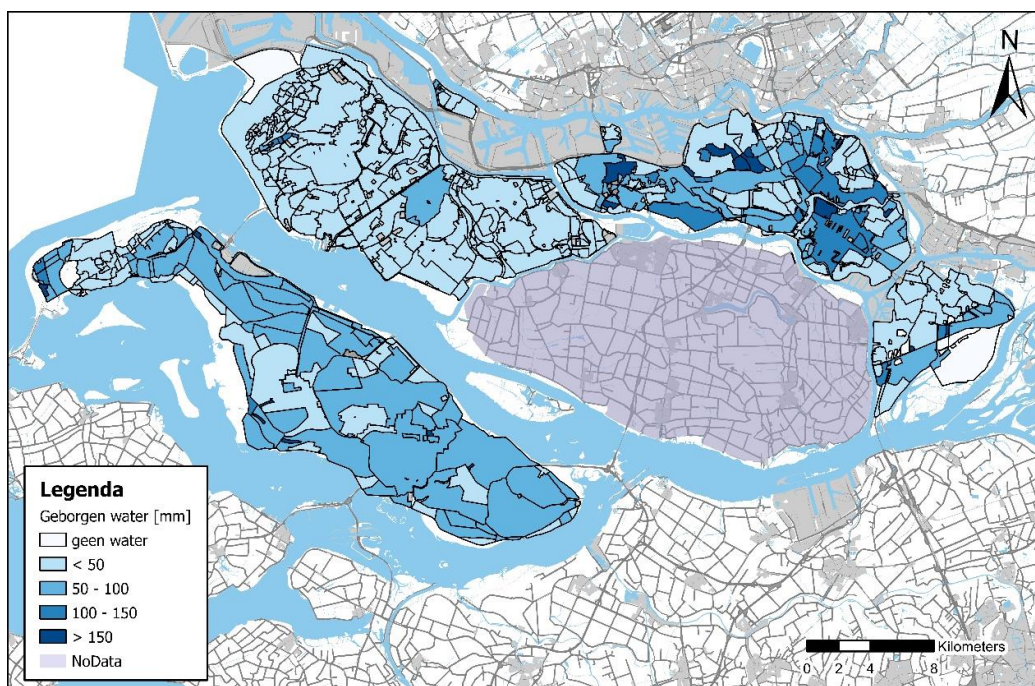
Het totale waterbeeld (zie figuur 3-34) toont bijna alle gebieden met wateroverlast die ook het waterschap in de watersysteemanalyses aantreft. Veel laaggelegen plekken binnen peilgebieden zullen inunderen, maar we zien ook dat de drooglegging (afstand van maaiveld tot streefpeil) in veel gevallen voldoende is om langdurig water op straat en in huizen te voorkomen.



Figuur 3-34. Indicatie van maximale waterdiepte voor het beheersgebied van Hollandse Delta, bij het scenario 200 mm en natte initiële conditie¹⁹

In enkele buurten van Dordrecht (zoals Crabbehof, Land van Valk, rond de Sintel en Vogelbuurt) treedt gedurende enkele dagen flinke wateroverlast op. Op Goeree-Overflakkee en Voorne-Putten valt op dat vooral het landelijk gebied wordt getroffen en dat de stedelijke gebieden over het algemeen (op enkele kwetsbare buurten na die liggen in de kernen Oude-Tonge, Stellendam, Oostvoorne en Spijkenisse) geen grote overlast hoeven te verwachten.

In enkele stedelijke gebieden wordt in deze analyse de waterdiepte onderschat. Dit komt doordat in de regionale watermodellen geen rekening houden met eventuele stremming van de drainage via riolering. Overstorten zullen mogelijk binnen 24 uur en dan voor de duur van 3 tot 7 dagen verdrinken, indien de polderwaterstanden meer dan 30 cm boven drempelniveaus stijgen. Of en waar dit tot extra overlast leidt is afhankelijk van de hoeveelheid neerslag die moet worden afgevoerd, de bergingscapaciteit van het riool en het verschil in maaiveldhoogte en overstortheogte.

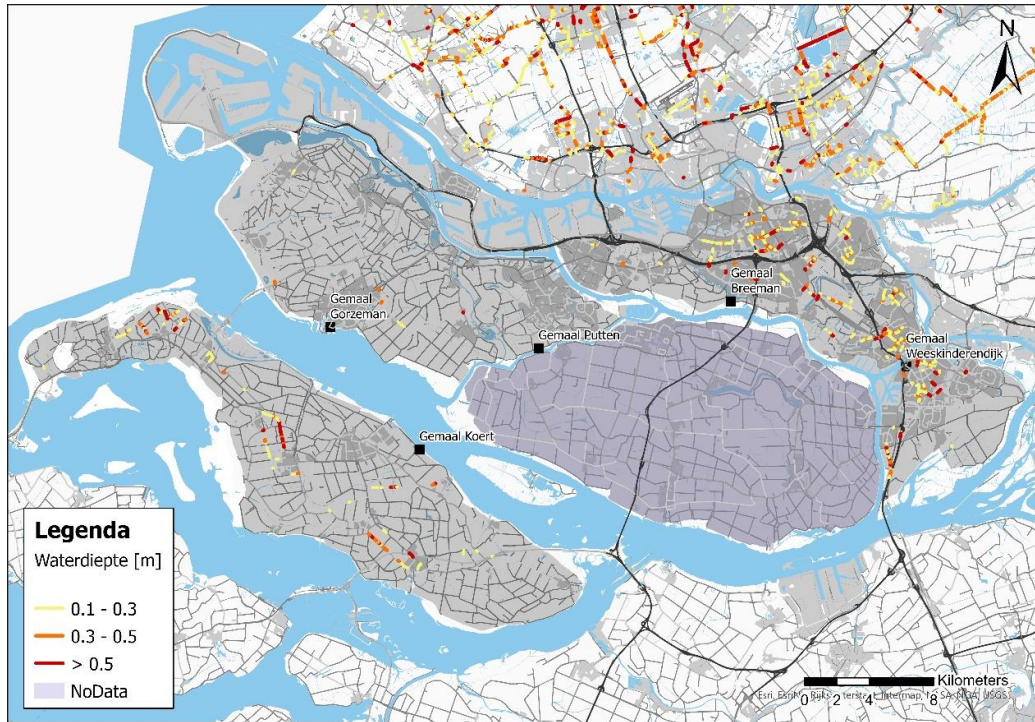


Figuur 3-35. Indicatie van maximale berging op het land en in het regionale watersysteem voor het beheersgebied van Hollandse Delta, bij het scenario 200 mm en natte initiële condities¹⁰

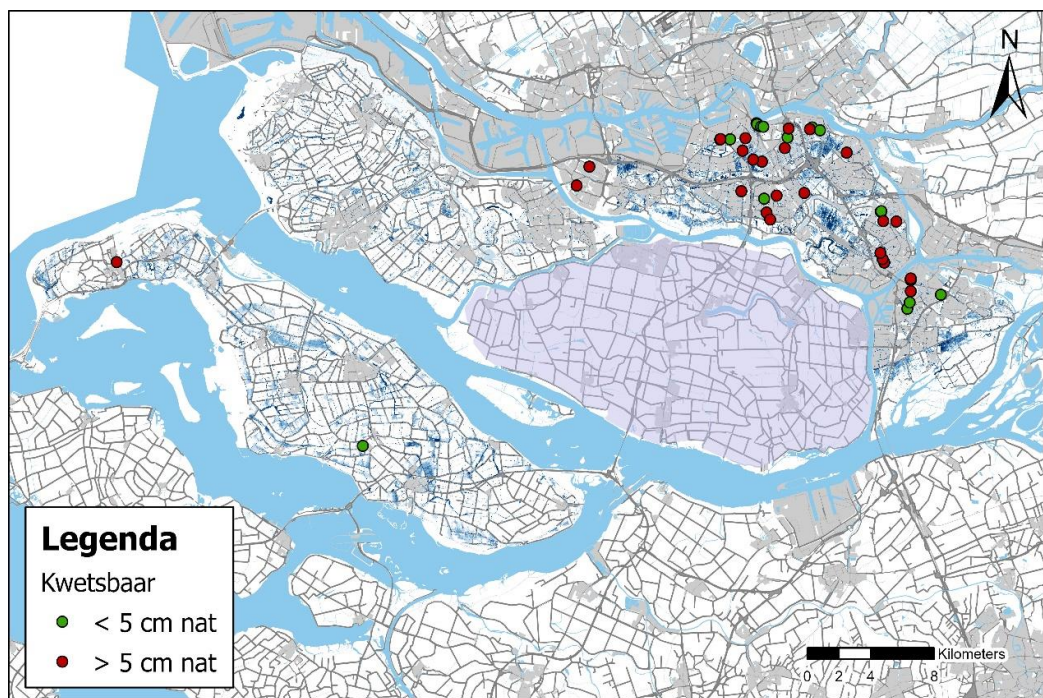
Verschillen tussen de scenario's die uitgaan van natte initiële condities dan wel droge initiële condities zijn verklaarbaar en leiden niet tot grote verschillen in gebiedsomvang van de wateroverlast. Het is met minder neerslag overal wat minder nat, maar de locaties waar het nat is blijven dezelfde. Ook duurt het over het algemeen enkele dagen korter dat normale waterpeilen weer worden bereikt.

3.3.4 Gevolgen

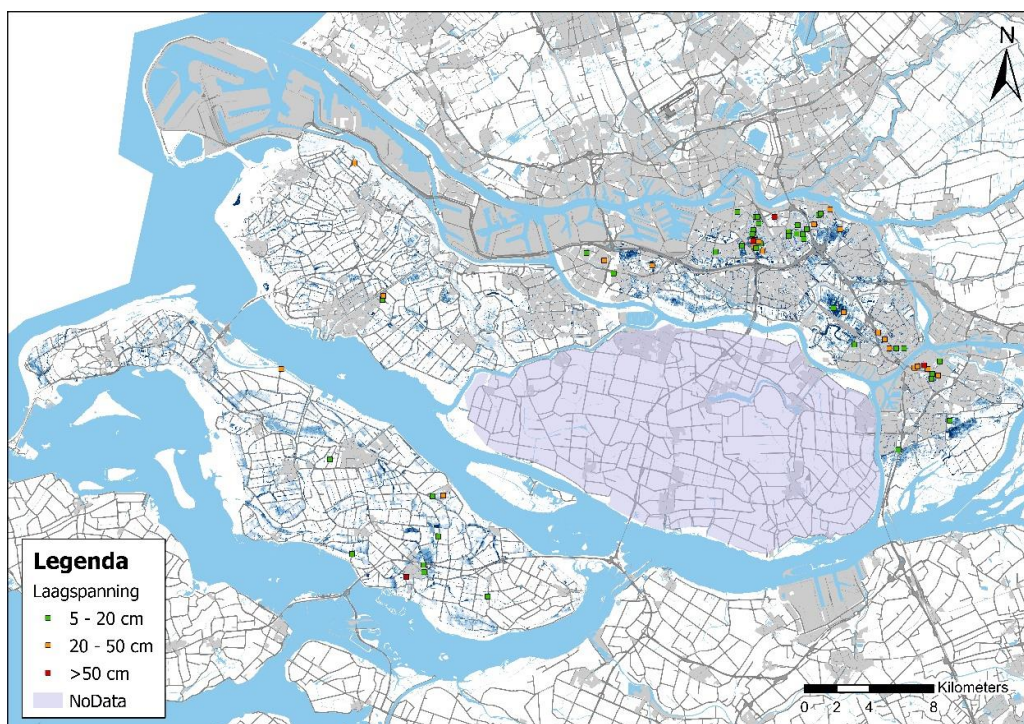
Enkele provinciale en lokale wegen zullen tijdelijk (enkele dagen) onder water komen te staan. Vooral in het stedelijk gebied op IJsselmonde en Dordrecht kunnen laaggelegen gedeeltes van wegen inunderen. Hierdoor kunnen delen van de stedelijke gebieden tijdelijk slechter bereikbaar zijn over de weg. Dat zal ervoor zorgen dat ook kwetsbare objecten (Figuur 3-36 en 3-37) slechter bereikbaar zijn; tientallen (28) zullen ook zelf direct overlast kunnen ervaren. Er worden geen IED-installaties of middenspanningselektrische kastjes bedreigd. Ruim 60 laagspanningkastjes worden mogelijk getroffen wat kan leiden tot lokale stroomuitval (Figuur 3-38). De hersteltijd van deze kastjes is in het algemeen kort (uren/dagen).



Figuur 3-36 Effect van het scenario met 200 mm neerslag en natte initiële condities op de wegen in het gebied van Hollandse Delta¹⁰



Figuur 3-37. Mogelijk getroffen kwetsbare objecten bij het scenario met 200 mm neerslag en natte initiële condities¹⁰



Figuur 3-38. Laagspanningskasten die mogelijk kunnen worden getroffen door water op straat; 40 kastjes (5 – 20 cm), 20 kastjes (20 – 50 cm), 4 kastjes (meer dan 50 cm)¹⁹

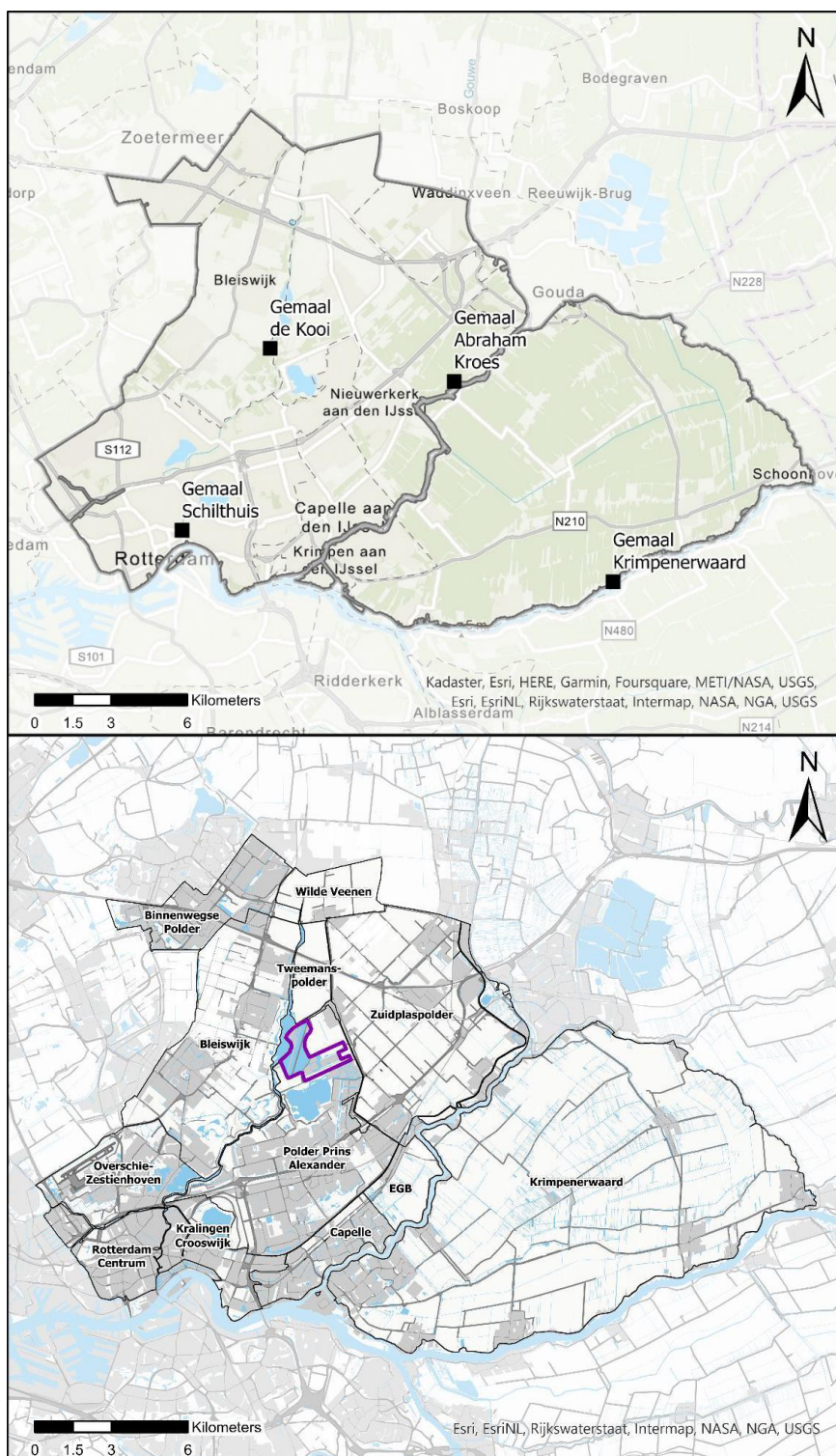
De totale schade in de bekeken gebieden van dit waterschap bedraagt 328 M€. Er worden ongeveer 6600 mensen getroffen.

3.4 Schieland en de Krimpenerwaard

3.4.1 Gebied

Het beheers gebied van HHSK strekt zich uit tussen Rotterdam, Schoonhoven en Zoetermeer en kan worden onderverdeeld in twee gebieden: Schieland en Krimpenerwaard. Het watersysteem van dit gebied bestaat voor het overgrote deel uit laaggelegen polders die via 70 verschillende gemalen afvoeren op het relatief kleine boezemsysteem. Het gebied kent niet of nauwelijks vrij afwaterend gebied of boezemland.

Het watersysteem van HHSK is net als het watersysteem van westelijk HDSR en Rijnland afhankelijk van de Hollandsche IJssel. Hierop wordt geloosd vanuit de Krimpenerwaard en de Ringvaartboezem. De Zuidplaspolder loost via enkele gemalen op de Ringvaartboezem en ook bij gemaal Abraham Kroes via 2 pompen direct op de Hollandsche IJssel (zie figuur 3-39). De Ringvaartboezem zelf loost ook via gemaal Abraham Kroes met 2 pompen op de Hollandsche IJssel. Bij dreigende wateroverlast op de boezem wordt een maalstop voor de polders afgekondigd waardoor de veiligheid van de boezemkades altijd gegarandeerd zou moeten zijn.



Figuur 3-39 Overzicht van het beheersgebied HHSK met vier belangrijke gemalen (boven) en de polders (onder).

Een belangrijk aandachtspunt in dit systeem is dat bij extreem hoog water op de Nieuwe Maas de stormvloedkering Hollandsche IJssel dicht kan gaan, en lozingscapaciteit op de Hollandsche IJssel (en als gevolg daarvan ook op de Ringvaartboezem) beperkt kan worden.

Hoge buitenwaterstanden op de Nieuwe Maas kunnen ook leiden tot sluiting van het Boerengat en een automatische maalstop op gemaal Schilthuis. Voor deze gebeurtenis i.c.m. hevige neerslag is met name het Rottesysteem gevoelig. Indien er vanuit de Rotteboezem niet gemalen kan worden vanwege hoge buitenwaterstanden op de Nieuwe Maas en een maalstop van boezemgemaal Schilthuis geldt, kan het water tijdelijk geborgen worden in een calamiteitenberging (Eendragtspolder, naast de Rottemeren). Het bereiken van het maalpeil op de Rotte leidt tot een maalstop van alle poldergemalen en dus het accepteren van grootschalige overlast/schade. Met de verwachte zeespiegelstijging neemt de kans hierop toe (in 2085 wordt de kans op een maalstop naar de Rotte geschat op 1/100 per jaar);

Aandachtspunten van het waterschap

Belangrijke aandachtspunten voor het hoogheemraadschap in dit project zijn:

- Communicatie: De vertaling van modeluitkomsten naar bruikbare informatie voor communicatie met inwoners, om de zelfredzaamheden te verbeteren en om kwetsbaarheid van stedelijke gebieden te verminderen
- Het vergroten van de uniformiteit van stresstesten en analyses binnen het gebied.

Het waterschap is verder vanzelfsprekend geïnteresseerd in het onderzoeken welke waterstanden bij een extreme bui verwacht kunnen worden. Ook is het HHSK geïnteresseerd in het 2D waterbeeld en eventuele gevolgen van de overlast en handelingsperspectieven.

3.4.2 Aanpak

In deze casestudie zijn de vier standaardscenario's die zijn beschreven in 2.2.1 doorgerekend (zie Tabel 3-7).

Tabel 3-7 Doorgerekende scenario's voor Schieland en Krimpenerwaard

| | Neerslag (48hr) | Initiële condities | Calamiteiten/noodmaatregelen |
|---|-----------------|--------------------|------------------------------|
| 1 | 150 mm | Droog | Geen |
| 2 | 150 mm | Nat | Geen |
| 3 | 200 mm | Droog | Geen |
| 4 | 200 mm | Nat | Geen |

Ook hier is in de berekeningen aangenomen dat alle kunstwerken optimaal functioneren en er na de 2 dagen extreme neerslag verder geen neerslag optreedt.

Er zijn verschillende Sobek2 modellen gebruikt voor die verschillende poldersystemen¹¹. Deze modellen schematiseren de waterbeweging in de polders en zijn gemaakt voor de NBW-toetsing van de verschillende polders binnen HHSK.

De resulterende volumes geborgen water in de afwateringsgebieden berekend met het Sobek2 model zijn vervolgens met de waterverspreidertool vertaald naar waterdiepte kaarten. De hierbij gebruikte stappen zijn beschreven in bijlage C.

¹¹ Model 'LIM_HHSK.lit is opgeleverd op 09-06-22 voor de gebieden Krimpenerwaard, Capelle, Polder Esse, Gans-en Blaardorp, Zuiderplaspolder en Kralingen Crooswijk, met een tweede levering genaamd model LIM_HHSK_v2.lit op 12-10-2022 voor de gebieden Wilde Venen / Tweemanspolder, Polder Prins Alexander, Binnenwegse Polder, Overschie Zestienhoven, Bleiswijk en Rotterdam Centrum. De modellen Rotterdam Centrum en Bleiswijk zijn niet gebruikt, omdat de koppeling van de waterberging op land in deze modellen aan gebieden nadere analyse vroeg en dit binnen dit project in oktober niet meer mogelijk was. Deze gebieden zijn voor de duidelijkheid gearceerd aangegeven in de resultaten.

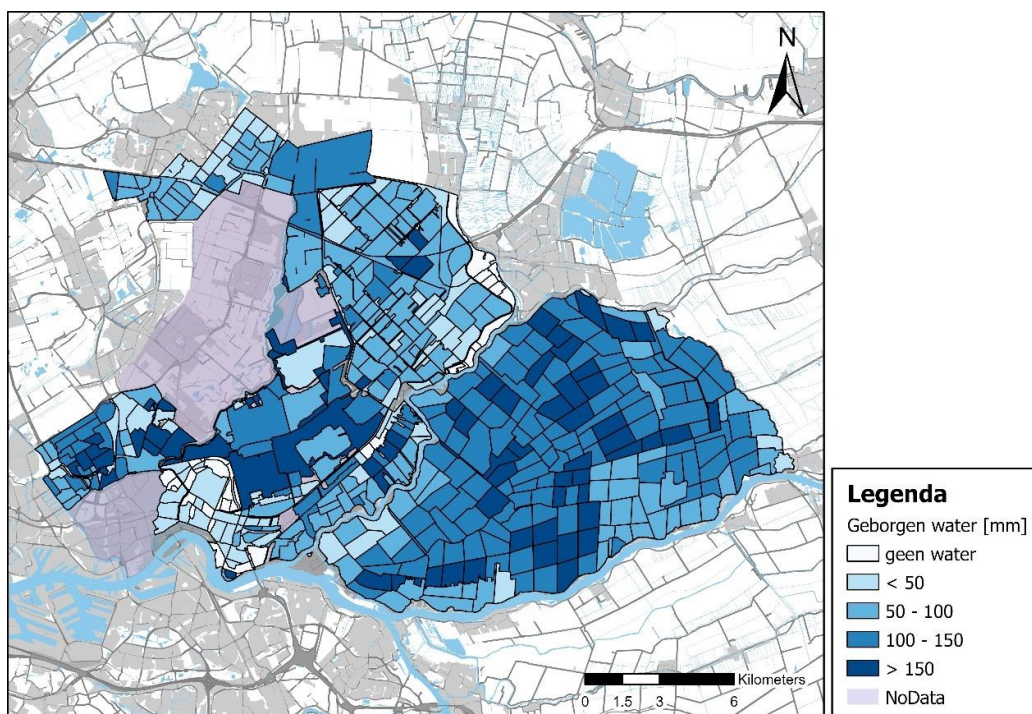
Tenslotte zijn de resultaten geanalyseerd waarbij gekeken is naar:

- De effecten van de extreme regenbui op het watersysteem, inclusief hoeveelheid geborgen water per afwateringsgebied, duur wateroverlast op land en waterdiepte op land.
- Impact van wateroverlast op elektriciteit(uitval), kwetsbare objecten, IED installaties en het (hoofd-)wegennet.

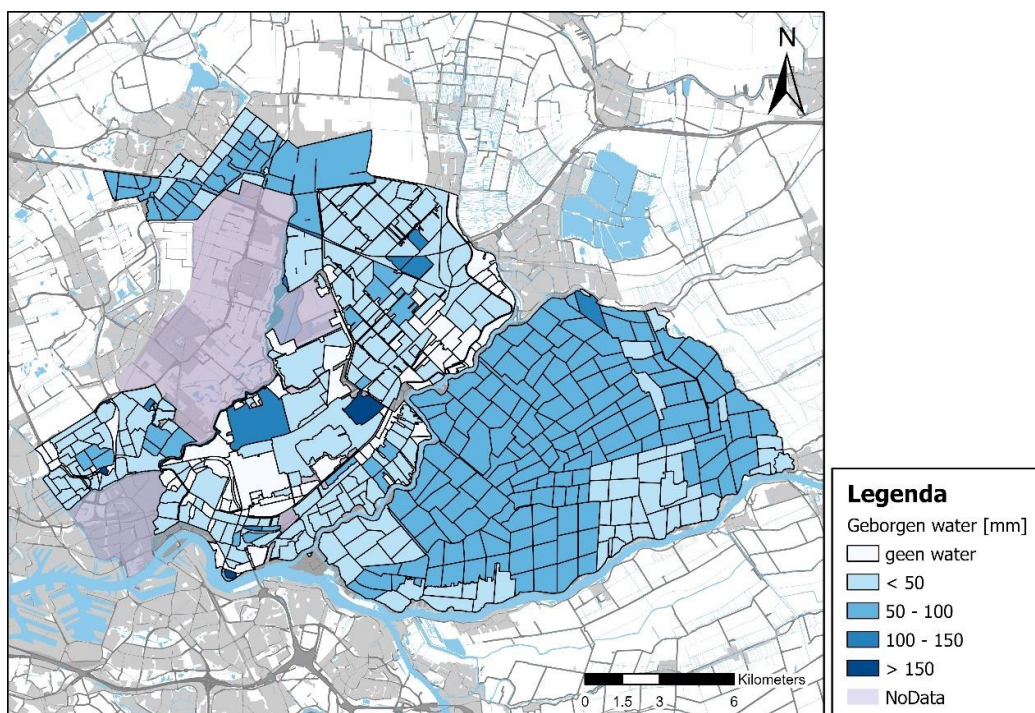
3.4.3 Effecten van de bui op het watersysteem en waterbeeld

De kaarten in Figuur 3-40 en Figuur 3-41 laten zien hoeveel mm water er maximaal in de verschillende afwateringsgebied moet worden geborgen. Dit maximum treedt over het algemeen direct na het einde van de twee daagse neerslag op.

Zoals in de figuren te zien is, is het verschil in de hoeveelheden water die geborgen moeten worden tussen het minst extreme en het meest extreme scenario groot. In beide gevallen zou met name de Krimpenerwaard veel water moeten bergen: in het scenario met 200 mm neerslag en een verzadigde begincondities zou 20% (42 van de 196) afwateringsgebieden meer dan 150mm water op land moeten bergen, terwijl in het scenario met 150 mm neerslag bij droge begincondities veel minder water op land geborgen wordt. De afwateringsgebieden die veel water op land moeten bergen zijn met name delen van Overschie-Zestienhoven, Polder Prins Alexander en Polder Esse, Gans- en Blaardorp (hierna EGB).



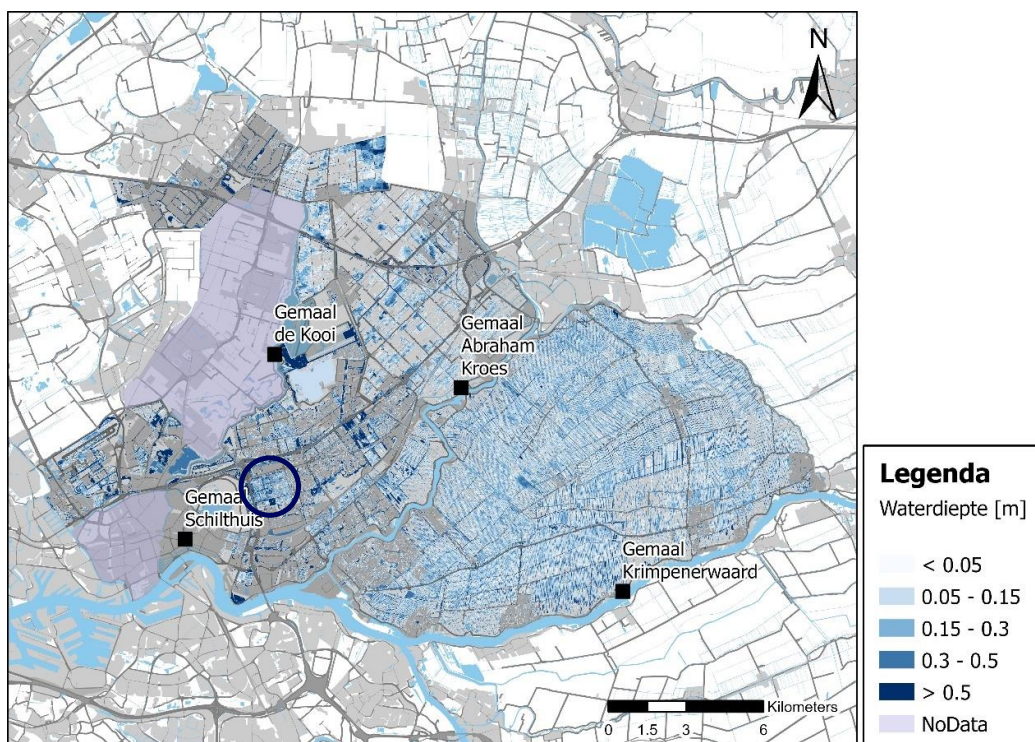
Figuur 3-40 Maximale waterschijf die moet worden geborgen per afwateringsgebied bij het scenario met 200 mm neerslag na natte initiële condities¹¹



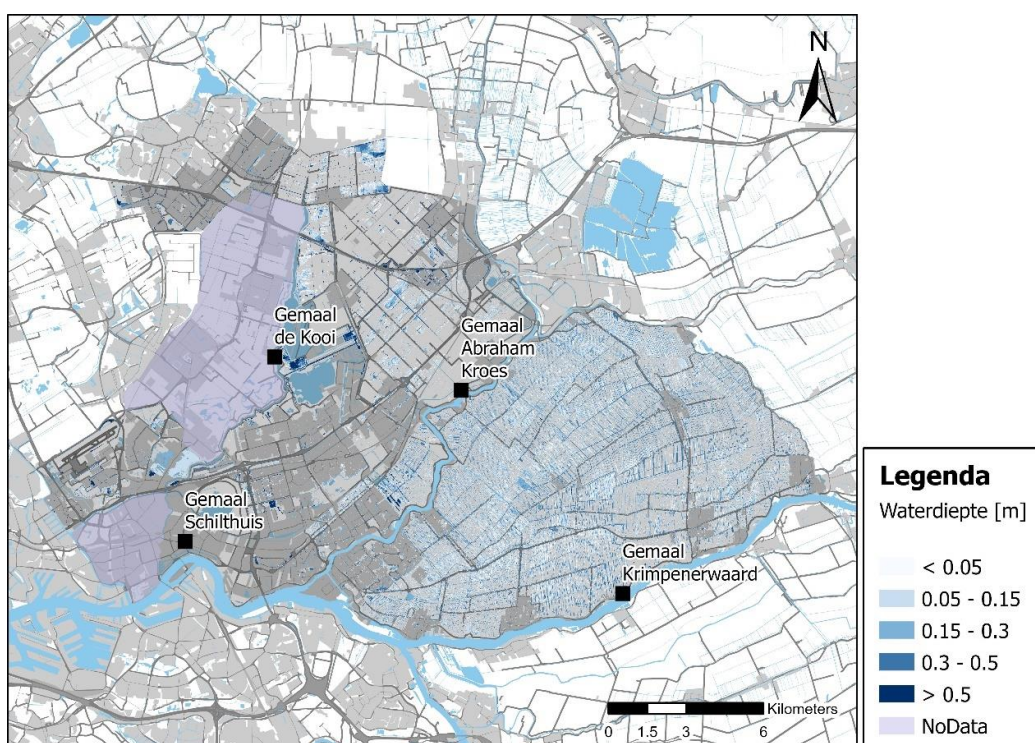
Figuur 3-41 Maximale waterschijf die moet worden geborgen per afwateringsgebied bij het scenario met 150 mm neerslag na droge initiële condities¹

De te bergen waterschijven op maaiveld en in waterlopen zijn gegeven in figuur 3-40 en 3-42. In figuur 3-42 zijn de waterdieptes bij het 200mm natte scenario weergegeven en Figuur 3-43 toont de waterdieptes voor het droge 150mm scenario. Het duurt vrij lang om de grote hoeveelheid water weg te pompen. In Figuur 3-44 en Figuur 3-45 is per pixel te zien hoe lang er water op land staat. Deze duur wordt vooral bepaald door de maalcapaciteit van het gebied, de afwatering en infiltratiemogelijkheden.

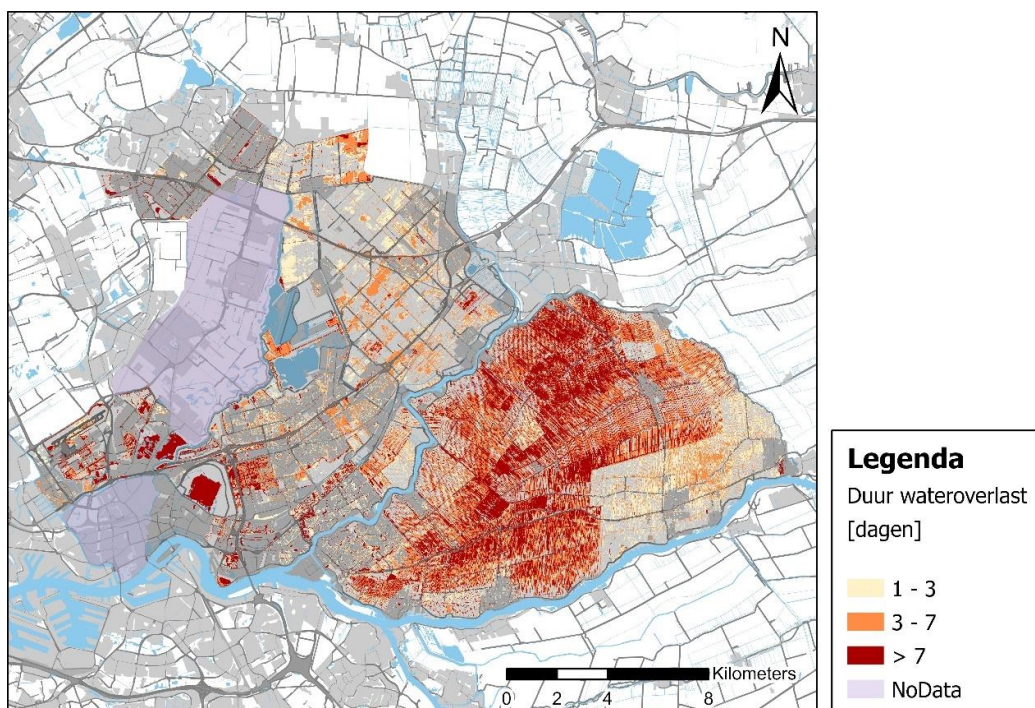
De laaggelegen Krimpenerwaard krijgt het meeste water op het land. Voor het overgrote deel van het gebied lijkt het water in het natte scenario ook lang te blijven staan, vaak meer dan 7 dagen. In dit gebied liggen vooral weilanden, waardoor de gevolgen/schade beperkt is. Er zijn buiten Krimpenerwaard nog een aantal andere gebieden die erg kwetsbaar lijken voor het weersysteem in het natte scenario. Zo lijkt de waterdiepte in EGB (Esse-, Gans en Blaardorp) relatief hoog en duurt de overlast daar lang. Ook hier zijn vooral de weilanden getroffen. Verder lijken vooral, maar niet exclusief, delen van de stedelijke gebieden in Overschie-Zestienhoven en Polder Prins Alexander erg kwetsbaar. Met name in en rondom de buurt 'Het Lage Land' zijn de waterdieptewaardes op straat hoog, vaak meer dan 30cm en regelmatig meer dan een halve meter, en houden deze zeker 3 tot meer dan 7 dagen aan. Rotterdam Centrum en Bleiswijk ontbreken in de analyse. Op basis van bestaande informatie geeft het waterschap Schieland en Krimpenerwaard aan dat Rotterdam Centrum door het weinige oppervlaktewater kwetsbaar is bij extreme neerslag en dat het rioolsysteem daar afhankelijk is van de gelimiteerde overstortbemaling. De NBW-toetsing laat zien dat het zuidelijk deel van de polder Bleiswijk door de beperkte drooglegging daar ook kwetsbaar is bij extreme neerslag.



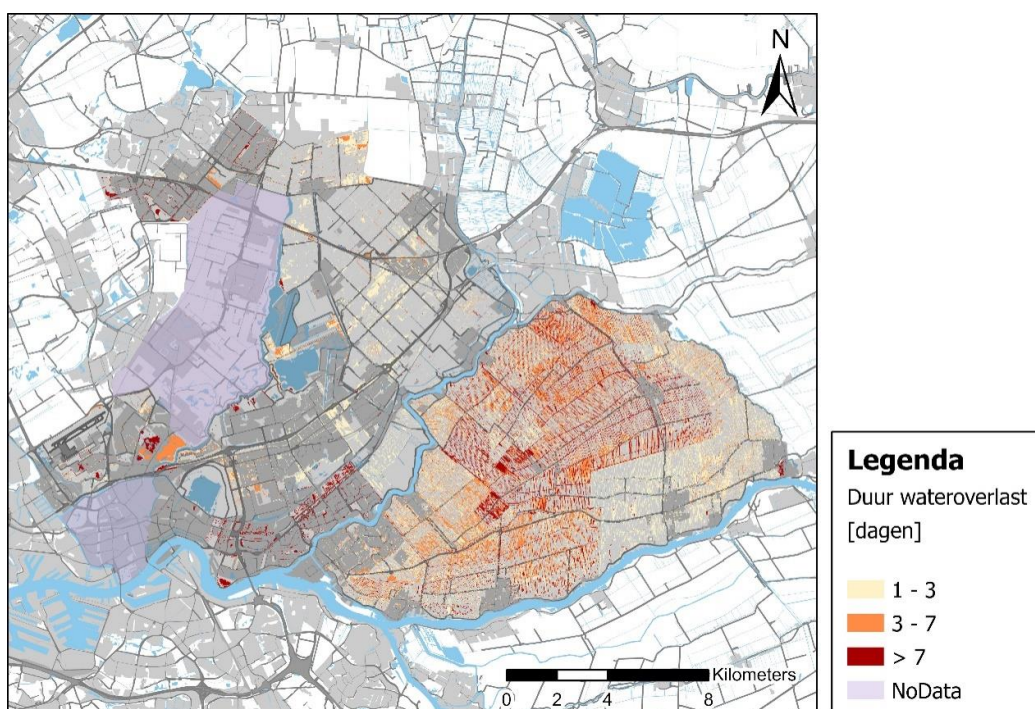
Figuur 3-42 Maximale waterdiepte bij het scenario met 200mm neerslag en natte initiële condities¹¹, met de wijk 'Het Lage Land' in blauw omcirkelt.



Figuur 3-43 Maximale waterdiepte bij het scenario met 150mm neerslag en droge initiële condities¹¹.



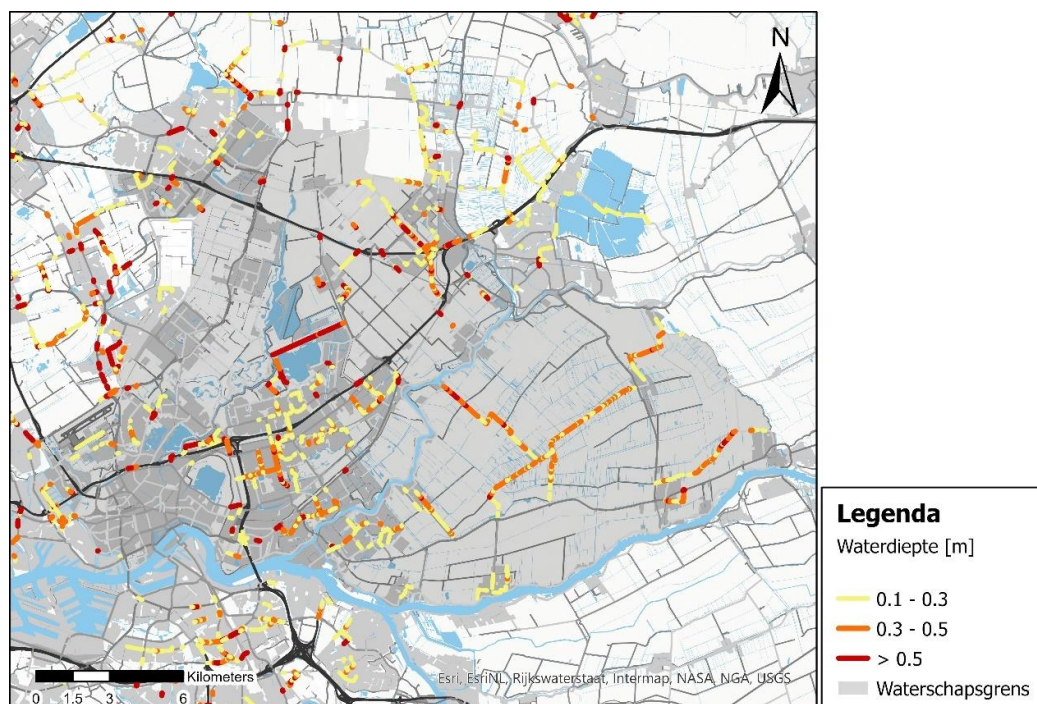
Figuur 3-44 Duur van water op maaiveld bij het scenario met 200 mm neerslag bij natte initiële condities¹¹



Figuur 3-45 Duur van water op maaiveld bij het scenario met 150 mm neerslag bij droge initiële condities¹¹

3.4.4 Gevolgen

De gevolgen voor Schieland-Krimpenerwaard zijn bepaald voor het maximum scenario met 200 mm neerslag en natte initiële condities. Er is gekeken naar het effect op wegen, elektriciteit, kwetsbare objecten en IED installaties.



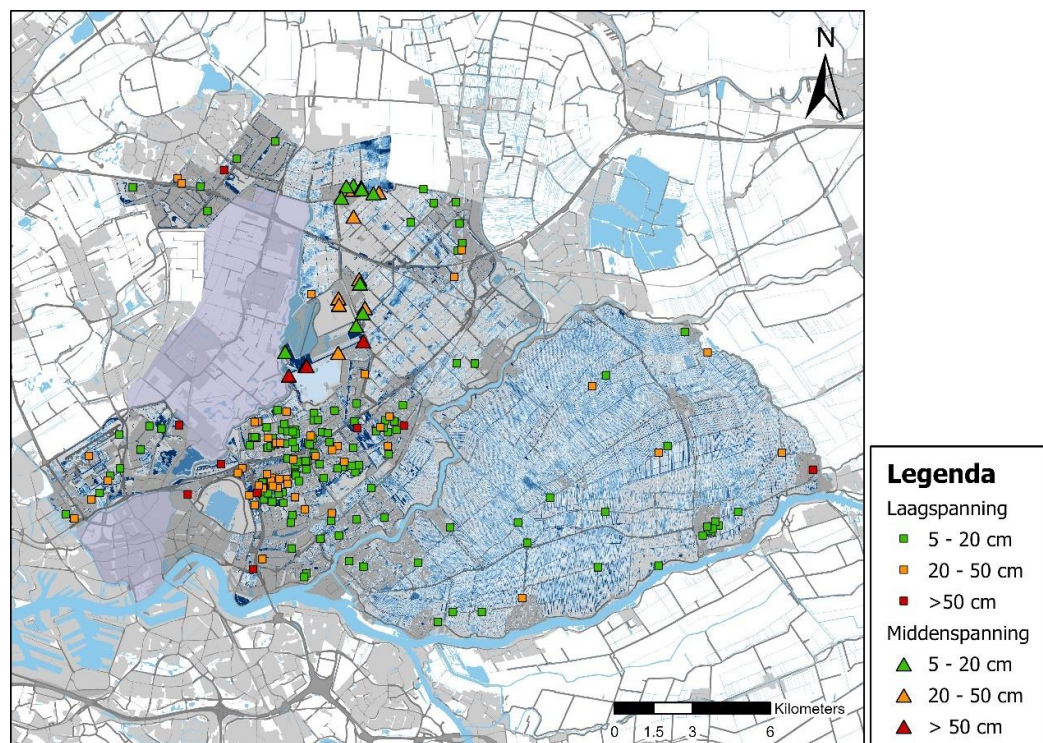
Figuur 3-46 Effect van het scenario met 200 mm neerslag en natte initiële condities op de wegen in het gebied van Schieland en Krimpenerwaard¹¹

Figuur 3-46 geeft het effect op wegen in het gebied van Schieland en Krimpenerwaard weer. Met name in de Krimpenerwaard is het effect op bereikbaarheid zeer groot: vrijwel alle wegen krijgen te maken met wateroverlast. Ook in de rest van het gebied komt op veel plaatsen water op wegen te staan.

Tabel 3-8 geeft een overzicht van de getroffen elektriciteitskasten in het gebied voor zowel de laag- als de middenspanning kasten. Ongeveer 14% van de middenspanningskasten en 15% van de laagspanningskasten ondervindt overlast. Daarvan staan respectievelijk slecht 6 en 2 % op een locatie met een waterdiepte van meer dan 20cm. De locaties van deze getroffen elektriciteitskasten is weergegeven in Figuur 3-47.

Tabel 3-8 Overzicht van getroffen elektriciteitskasten voor laag- en middenspanning in het beheersgebied van Schieland en de Krimpenerwaard.

| | Totaal | Aantal getroffen | Percentage |
|------------------------|--------|------------------|------------|
| Elektra middenspanning | 212 | | |
| Niet getroffen | | 182 | 86% |
| 0 tot 5 cm | | 8 | 4% |
| 5 tot 20 cm | | 10 | 5% |
| 20 tot 50 cm, | | 8 | 4% |
| 50 cm of meer | | 4 | 2% |
| Elektra laagspanning | 2270 | | |
| Niet getroffen | | 1929 | 85% |
| 0 tot 5 cm | | 156 | 7% |
| 5 tot 20 cm | | 128 | 6% |
| 20 tot 50 cm | | 48 | 2% |
| 50 cm of meer | | 9 | 0.4% |



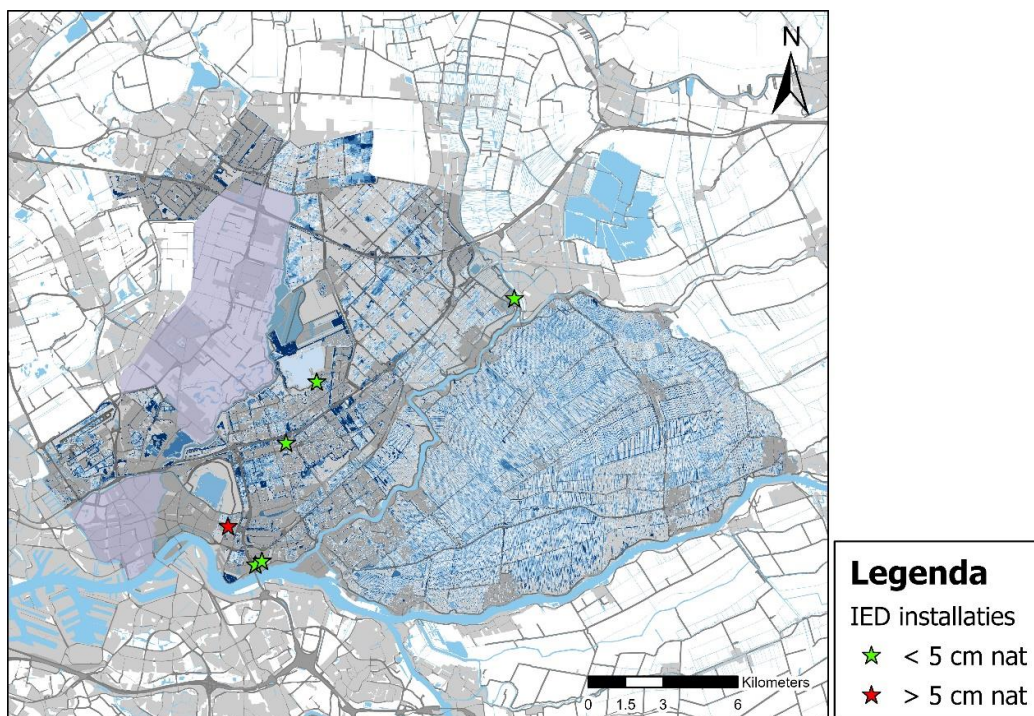
Figuur 3-47 Mogelijke gevolgen voor elektriciteitskasten bij 200 mm neerslag na een natte periode. Voor zowel de laagspanning als voor de middenspanning aangegeven hoeveel cm de kasten onder water komen te staan¹¹.

Vrijwel alle IED installaties liggen in een gebied waar geen overlast verwacht wordt (Tabel 3-9). Slechts 1 IED locatie ligt in een gebied waar water komt te staan (zie ook Figuur 3-48). Er worden 40 van de 1546 kwetsbare objecten getroffen door wateroverlast in dit gebied, wat neerkomt op zo'n 3 procent.

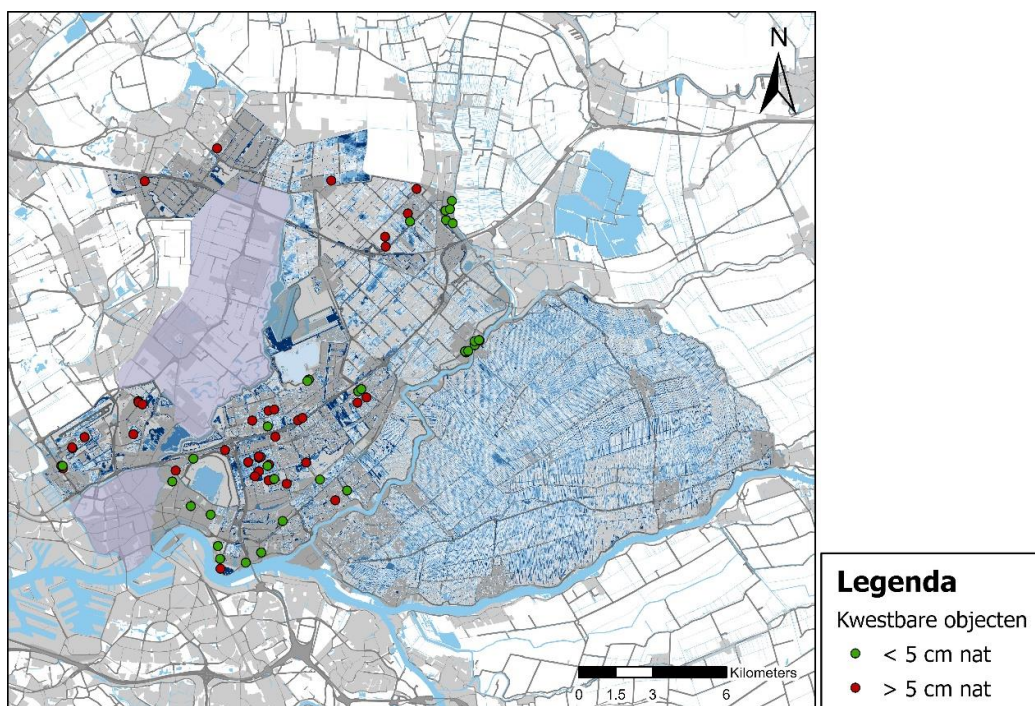
De meeste getroffen kwetsbare objecten liggen in Overschie-Zestienhoven en de Prins Alexander Polder (zie Figuur 3-49). Maar liefst 10 van de 40 getroffen kwetsbare objecten liggen hier in de buurt 'Het Lage Land'.

Tabel 3-9 Aantal getroffen IED installaties en kwetsbare objecten in Schieland-Krimpenerwaard

| | Totaal | Aantal getroffen | Percentage |
|------------------|--------|------------------|------------|
| IED installaties | 69 | 1 | 1% |
| Kwetsbaar | 1546 | 40 | 3% |



Figuur 3-48 Mogelijke gevolgen voor IED installaties bij 200 mm neerslag na een natte periode. In rood aangegeven welke objecten meer dan 5 cm onder water komen te staan¹¹.



Figuur 3-49 Mogelijke gevolgen voor kwetsbare objecten bij 200 mm neerslag na een natte periode. In rood aangegeven welke objecten meer dan 5 cm onder water komen te staan¹¹. Definitie kwetsbaar volgens: <https://www.atlasleefomgeving.nl/kwetsbare-objecten>

Met SSM2017 (regionale module) is ook een schadeberekening uitgevoerd voor de gebieden waarvoor waterdiepte kaarten beschikbaar zijn. De hierbij berekende schade is 350 M€ en treft ongeveer 18.870 inwoners (deze wonen in een gebied met een berekende waterdiepte van 1 cm of meer).

3.5 Stedelijk gebied

Neerslag op stedelijk gebied wordt via het rioleringsstelsel afgevoerd. Een deel wordt weggemalen naar de RWZI, een deel geborgen en een deel stort over naar het oppervlaktewatersysteem. In het Rotterdams rioelstelsel zijn diverse overstortbemalingen (OB), dat zijn pompen die water uit het rioelstelsel wegmalen (meestal naar oppervlaktewater) wanneer er een bepaalde hoeveelheid neerslag binnen een bepaald tijdsbestek valt. Ongeveer een kwart van de gemalen van Rotterdam kan OB-bemalen en doet dit op de Nieuwe en Oude Maas (zie bijvoorbeeld het Gemeentelijk Rioleringsplan: <https://www.rotterdam.nl/wonen-leven/grp/Gemeentelijk-Rioleringsplan.pdf>)

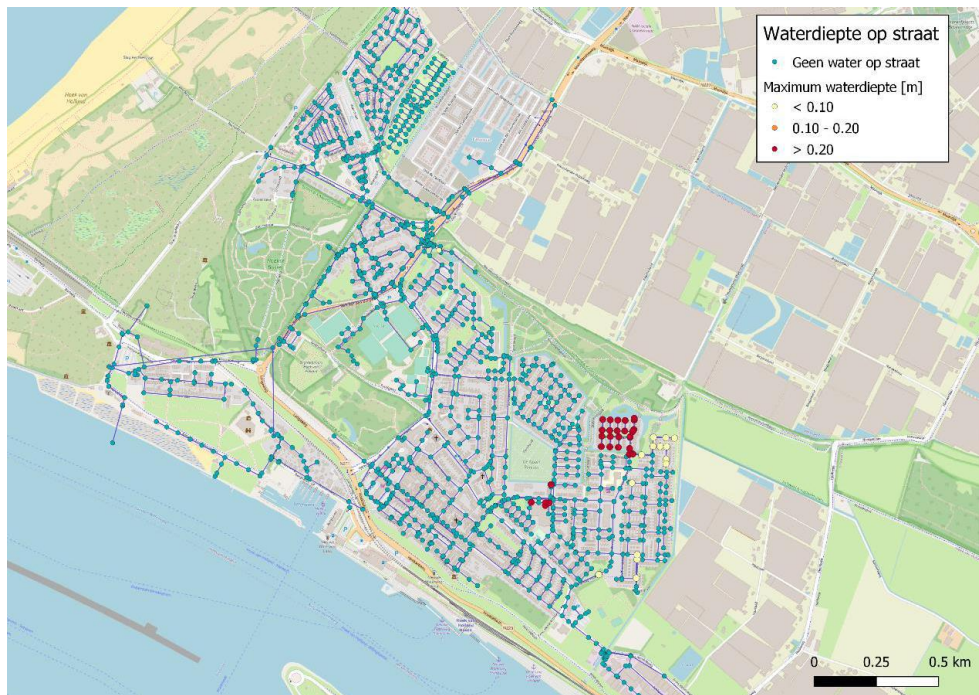
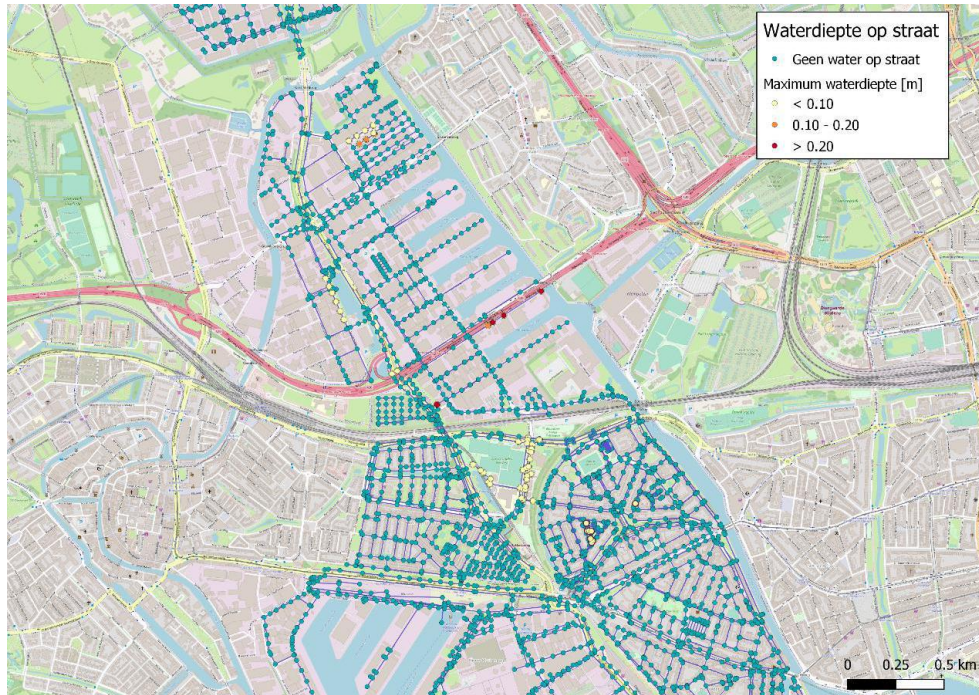
Er zijn diversie stresstesten uitgevoerd voor korte heftige buien zoals buien van 100 mm in 2 uur. Het systeem is ingericht op korte heftige buien. Bij grootschalige neerslag is de intensiteit vaak lager en zou het rioel de regen goed moeten kunnen afvoeren, tenzij het rioelsysteem en de overstorten verdrinken.

Om het effect van grootschalige neerslag te bekijken heeft de gemeente Rotterdam haar rioelmodellen beschikbaar gesteld om te kijken naar de interactie van het rioelsysteem en open water. Een deel van het systeem heeft alleen problemen bij hoog water op de Nieuwe/Oude Maas (RWS) en dat zal bij de hier bestudeerde gebeurtenissen niet waarschijnlijk zijn. Alleen delen die via overstorten verbonden zijn met polder- of boezemwater van de waterschappen kunnen bij grootschalige neerslag overlast ondervinden.

De bestaande rioolberekeningen zijn gemaakt zonder lozingsbeperkingen op oppervlaktewater (polderwater, boezemwater, of Oude en Nieuwe Maas rijkswater). , wanneer de polder- en boezemwaterpeilen echter stijgen tot meer dan 30 cm boven de overstorthoogte en het straatniveau laag ligt ten opzichte van het overstortniveau, kan water op straat komen te staan.

Voor Rotterdam is uit de regionale analyse van Delfland de waterstand ter plaatse van overstorthoogtes gehaald als randvoorwaarde opgelegd aan het rioolmodel. Vervolgens is het scenario met 200 mm neerslag gedraaid en is de hierbij optredende overlast in beeld gebracht. De resultaten zijn opgenomen in bijlage C. De conclusie is dat in het gebied de overlast op straat moeilijk te bepalen is: de waterstanden in de polders berekend door het regionale model (wat hier niet voor bedoeld is) zijn niet goed bruikbaar. Voor gebieden waar wel een goede koppeling mogelijk was was de overlast beperkt. Deze hebben overstortbemaling, of het straatniveau ligt ver boven de overstortdrempel. Twee gebieden waar overlast op straat waarschijnlijk is, zijn aangegeven in figuur 3-50.

Daarnaast is voor andere gemeentes in detail met streekproeven gekeken naar het al dan niet verdrinken van riooloverstorten en is voor die gebieden een plausibiliteitscheck gedaan voor figuur 3-10. Hierbij werd duidelijk dat in de meeste gevallen de overstorten inderdaad verdrinken (zie bijlage E). Dit betekent dat hierdoor in wijken met een kleine drooglegging water op straat komt te staan. In wijken met grote drooglegging of grote berging in het riool is de verwachte overlast beperkt.



Figuur 3-50 Waterdiepte op straat in de geanalyseerde wijken van Rotterdam (boven) en in Hoek van Holland (onder) (overgenomen uit bijlage D)

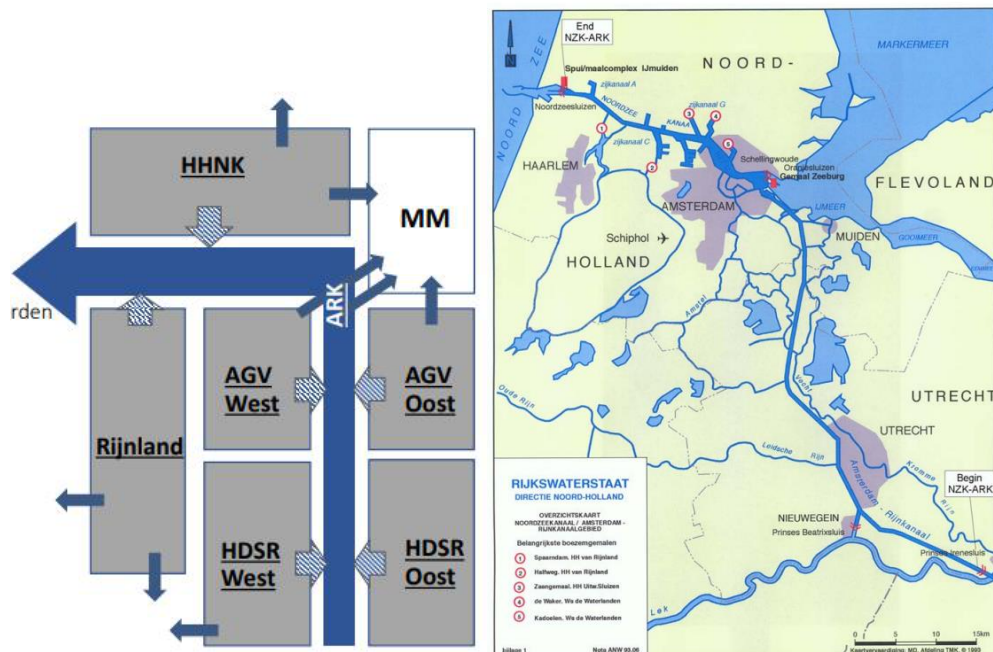
4 Interacties tussen gebieden: Verkenning van het effect van grootschalige neerslag op het afwateringsgebied van het ARK-NZK

4.1 Systeembeschrijving

Het Amsterdam-Rijnkanaal en het Noordzeekanaal (ARK-NZK) voeren het regenwater af van een deel van de beheersgebieden van de waterschappen Hollands Noorderkwartier, AGV, HDSR en Rijnland (Zie figuur 4.1). Daarmee is een groot deel van Zuid-Holland voor de afvoer van regenwater afhankelijk van dit kanaal. Daarnaast wordt ook de neerslag vanuit delen van Noord-Holland en Utrecht wordt via het ARK-NZK naar zee afgevoerd.

Het ARK-NZK kan in 2 delen onderscheiden worden: het Betuwepand en het Noordpand van het ARK-NZK. Dit project richt zich op het Noordpand. Dit kanaal heeft naast waterafvoer ook de functie wateraanvoer en scheepvaart.

De waterafvoer uit het NZK gaat vooral via gemaal- en spuijcomplex bij IJmuiden. Bij IJmuiden staan 6 pompen met een gezamenlijk debiet van 260 m³/s (4 * 40 en 2 * 50 m³/s pompen) en 7 spuijokers. De spuijokers hebben een maximaal debiet 500 m³/s. In de zomer wordt grootonderhoud uitgevoerd aan de pompen. Hierdoor is in de zomerperiode steeds minimaal een pomp langdurig niet beschikbaar. Ook is er vaak een pomp in klein-onderhoud. Deze kan binnen 24 uur weer operationeel gemaakt worden. Spuien is mogelijk wanneer de zeewaterstand meer dan 0,12m onder het kanaalpeil daalt en wordt gestaakt wanneer, bij opkomend getij, dit verschil kleiner wordt dan 0,08m.



Figuur 4-1 Schematisch beeld van de afvoer van water uit de beheersgebieden van de waterschappen Rijnland, AGV, Rijnland en Hollands Noorderkwartier naar de Noordzee en het Markermeer (MM) (links) en kaart van het gebied uit Goedbloed, 2006) (rechts)

Behalve bij IJmuiden kan er ook water afgevoerd worden bij gemaal Zeeburg, beheerd door waterschap AGV. Dit gemaal pompt water vanuit Amsterdam naar het Markermeer onder het ARK door. Dit gemaal heeft een capaciteit van 57 m³/s.

In het kader van 'Toekomstbestendig watersysteem ARK/NZK-gebied', een initiatief van de waterbeheerders van het ARK/NZK is de kans op systeemfalen van het ARK onderzocht voor de huidige situatie en voor de toekomst. Systeemfalen is hier gedefinieerd als een volledige maalstop, welke wordt ingesteld bij een peil op het ARK van + 0,0m. De kans hierop is bepaald op 1/72 zonder en 1/100 met slim watermanagement¹². De kans wordt bepaald door beperkingen van de afvoer bij IJmuiden, zoals bijvoorbeeld door het (deels) uitvallen van gemaal IJmuiden of het in onderhoud zijn van een pomp. In de toekomst neemt de kans op systeemfalen toe door hogere zeewaterstanden. Naast zeespiegelstijging zijn er nog meer uitdagingen in de toekomst voor het ARK-NZK. Zo zal naar verwachting de kans op grote hoeveelheden regen toenemen en kunnen nieuwe ontwikkelingen in het gebied zoals nieuwe woonwijken en infrastructuur extra vragen van de afvoercapaciteit van het systeem.

Hoge waterstanden op het ARK-NZK worden meestal veroorzaakt door storm op zee, waardoor er niet gespuid kan worden bij IJmuiden en/of door het uitvallen of in onderhoud zijn van een of meer pompen bij IJmuiden. Hoge waterstanden door alleen extreme neerslag zijn zeldzaam.

Het peil op het NZK-ARK moet tussen kritische drempelwaarden blijven. Wanneer de waterpeilen op het ARK-NZK te veel stijgen kunnen de kades in gevaar komen. Om te voorkomen dat waterstanden te veel oplopen, is een redeneerlijn ontwikkeld waarin maatregelen zijn opgenomen. Deze redeneerlijn is samengevat in figuur 4.2.

In de redeneerlijn zijn de volgende drempelwaardes gegeven:

- 1 Waterstand tussen de 0.55 en 0.30 m onder NAP: Geen aanvullende maatregelen nodig. (Het streefpeil is -0.40m +NAP)
- 2 Waterstand boven de 0.30 m onder NAP: Scheepvaart ondervindt hinder door gebrek aan doorvaarhoogte onder bruggen.
- 3 Waterstand gelijk aan 0.20m onder NAP: Het IJ-front bij Amsterdam wordt afgesloten om te voorkomen dat de riolering en straten van Amsterdam bedreigt worden. Dit betekent dat de grachten van Amsterdam afgesloten zijn van het ARK.
- 4 Waterstand gelijk aan 0,10 m onder NAP: Het Amstelfront wordt afgesloten. Dit betekent dat de boezemwateren van waterschap AGV zijn afgesloten.
- 5 Waterstand gelijk aan 0,00 m + NAP: volledige maalstop. Er mag geen water meer gepompt worden vanuit de waterschappen op het ARK-NZK.

Wanneer de waterstanden stijgen wordt eerst gekeken of de afvoer bij IJmuiden vergroot kan worden, of er voorgemalen en gespuid kan worden. Vervolgens wordt aangeraden water vast te houden in de regionale systemen met een beperkt waterbezwaar en om andere afvoerrichtingen naar het buitenwater te benutten. Zo kan Rijnland ook uitmalen bij Katwijk en kan HHNK naar het noorden afvoeren. Bij grootschalige neerslag in het hele waterschapsgebied zullen overigens alle gemalen volop draaien en is geen extra capaciteit mogelijk via bijvoorbeeld gemaal Katwijk, omdat dat gemaal dan al voor 100% in bedrijf zou moeten zijn. Wanneer de waterstanden boven de 0.20 m onder NAP komen, worden ingrijpende maatregelen voorgesteld zoals de inzet van noodpompen, calamiteitenberging, en het gericht accepteren van schade in polders. Bij grootschalige neerslag zijn de bergingsgebieden in de waterschappen al vol en is er al overlast in de polders.

¹² (bron: Tijsen, R., Sikma, H. (2020). Hoofdconclusies drie jaar faalkansstudies voor de regio Noordzeekanaal/Amsterdam Rijnkanaal. Notitie 18/5/2020 Slim Watermanagement.)

Het is lastig dan nog aanvullende maatregelen te identificeren. Wanneer de neerslag in een groot gebied valt, dan vraagt het bergen van dit water een zeer grote bergingscapaciteit. De huidige berging is relatief klein ten opzichte van de maalcapaciteit. Zo kan in het grote bergingsgebied van Rijnland in de Haarlemmermeer 1 miljoen m³ geborgen worden, terwijl Rijnland 15 miljoen m³ per dag weg maalt. Bovendien valt de 200 mm regen ook op de bergingsgebieden waardoor deze al voor een deel gevuld zijn door “eigen neerslag”.

| | Beschrijving | Gezamenlijk streven | Redeneerlijn | |
|--------|------------------------------|---|---|--|
| ↑ m | Calamiteit | Bij een calamiteit is sprake van ernstige hinder en ontstaat schade. | Totale schade zo beperkt mogelijk houden, rekening houdend met aangrenzende belangen. | <ul style="list-style-type: none"> F. Gericht schade accepteren E. Inzet noodmaatregelen (noodpompen, calamiteitenberging) |
| | Waterstanden verhoogd | Bij een waterstand van NAP 0 m mag niet meer worden afgevoerd naar het ARK of NZK, omdat daarboven de waterveiligheid in het geding komt. Bij een waterstand van NAP -0.20 m op het NZK wordt de Amstelboezem afgesloten van het ARK-NZK door het sluiten van IJ-front (en ARK front). | Gezamenlijk streven: Waterstanden verlagen rekening houdend met ontvangend water. | <ul style="list-style-type: none"> D. Vasthouden in de regionale systemen met beperkt waterbezwaar C. Andere afvoerrichtingen naar buitenwater benutten B. Maximaal afvoeren met IJmuiden en dicht zetten WIS |
| | Verwacht | Bij een waterstand boven NAP -0.30 m kunnen gebruikers hinder beginnen te ondervinden van de verhoogde waterstand. Elders op het ARK en in de boezem van AGV kan de waterstand dan al richting kritische waarden gaan. Rijkswaterstaat kan dan de waterschappen vragen de afvoer naar het ARK-NZK te verminderen. | Zo goed mogelijke uitgangssituatie en afvoermogelijkheden creëren. | <ul style="list-style-type: none"> A2. Voormalen en -spuien regionale watersystemen A1. Voormalen en -spuien ARK-NZK |
| | Regulier | Waterstanden rond het streefpeil van NAP -0.40 m en de watervraag aan het ARK is kleiner dan de reguliere aanvoermogelijkheden ARK op dat moment. | Optimale functiebediening tegen zo laag mogelijke maatschappelijke kosten. | |

Figuur 4-2 Redeneerlijn voor maatregelen wanneer waterstanden stijgen tot boven de reguliere situatie tot aan een calamiteit (bron: Hydrologic et al., 2022)

Voor het huidige watermanagement is een IWP (Instrument voor Water Peilbeheer) ontwikkeld waarin alle informatie verzameld is, van weersverwachtingen tot waterstandsmetingen. Ook geeft het IWP adviezen voor het spuien en pompen bij IJmuiden. In dit IWP is een 1D Sobek3 model met RTC sturing opgenomen waarmee het effect van neerslagscenario's en scenario's met bijvoorbeeld meer of minder beschikbare pompen op de gewenste bediening van IJmuiden en op de waterstanden in het NZK-ARK bepaald kan worden.

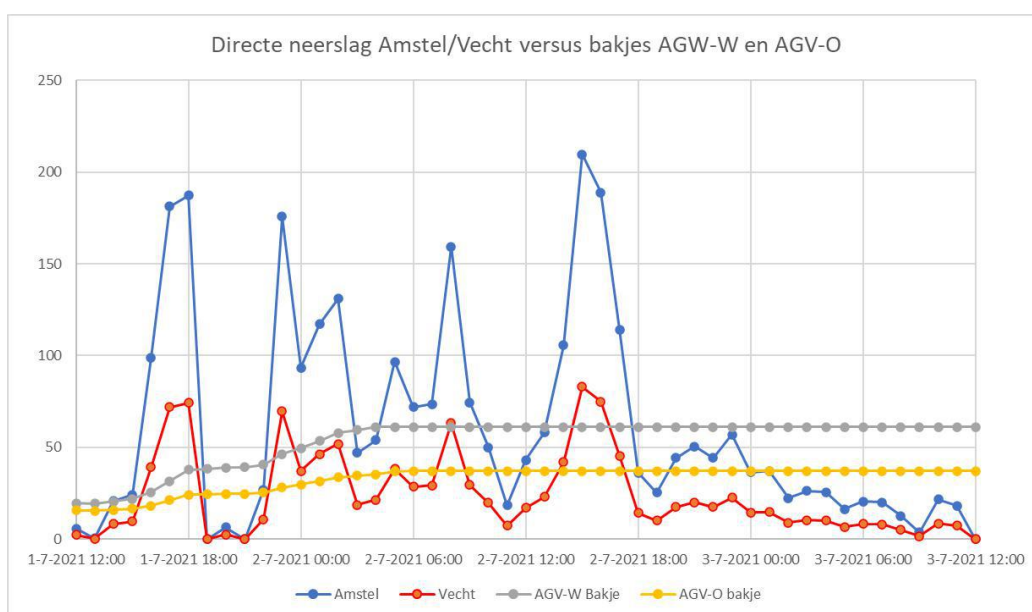
4.2 Berekeningen van de effecten van grootschalige neerslag op het ARK-NZK gebied

Om het effect van grootschalige neerslag op het stroomgebied van het ARK-NZK te bepalen is het scenario met de 48uurse neerslag van 200mm toegepast op het hele afwateringsgebied van het ARK-NZK, inclusief de delen buiten de provincie Zuid-Holland (zie paragraaf 2.2.4).

Door de enorme neerslag komt er veel water naar het ARK-NZK. Een groot deel van het gebied dat afwatert op het ARK-NZK is niet bemalen en voert af onder vrij verval. Het wateroppervlak van het ARK, de Vecht en de Amstel zelf ontvangen direct de neerslag van 200 mm.

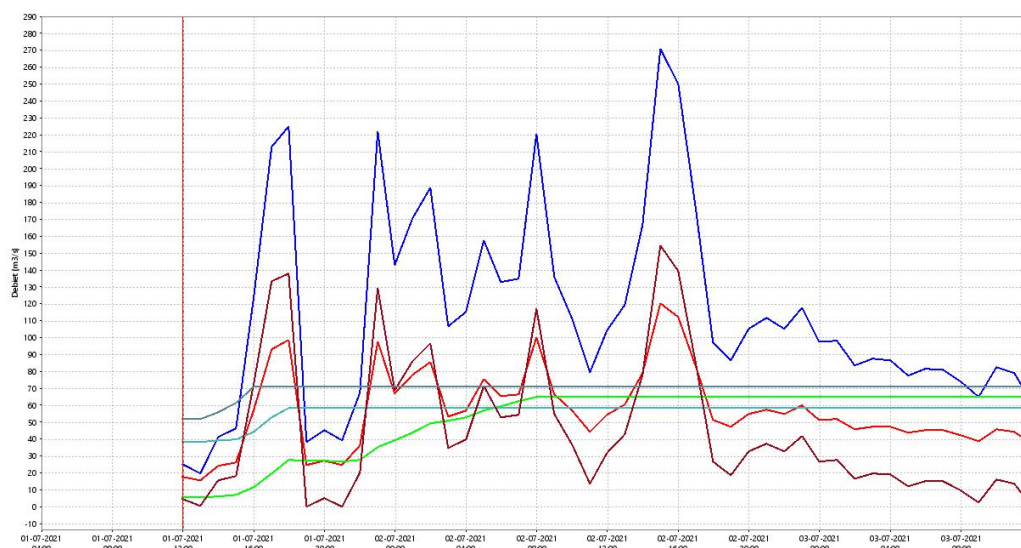
De boezemlanden zoals de havens langs het Noordzeekanaal, industriegebieden langs de wateren en Amsterdam centrum kunnen ook nauwelijks neerslag bergen en ook hiervandaan komt de neerslag dus vrijwel direct in het ARK-NZK terecht. De gebieden van waaruit het water via gemalen naar het ARK-NZK wordt afgevoerd, zullen de enorme neerslag vertraagd afvoeren: immers deze neerslag overtreft ruimschoots de maximale afvoercapaciteit van de gemalen. Het duurt dan ook meer dan een week om alle neerslag weg te malen.

Figuur 4.3 toont het verschil tussen de afvoer uit bemalen en vrij-afwaterende gebieden (plus de neerslag op de waterlopen zelf) Hierin is de toevoer vanuit AGV getoond. De neerslag op de Amstel en Vecht waterlopen en boezemlanden leidt tot snelle en hoge afvoerpieken die ook weer snel dalen nadat de neerslag gestopt is. De afvoer uit de bemalen gebieden neemt geleidelijk toe tot een maximum dat veel lager ligt, dan dat van de vrij afwaterende gebieden en blijft dan hoog. Twee dagen na de neerslag zijn de gemalen nog maximaal aan het draaien om de neerslag af te voeren.



Figuur 4-3 Toevoer van water naar het ARK-NZK systeem vanuit AGV bij het neerslag event met 200 mm neerslag. De rode en blauwe lijn geven de toevoer naar het ARK/NZK kanaal door neerslag op de watergangen van de Vecht en Amstel zelf en de bijbehorende boezemlanden. De gele en grijze lijn geven de toevoer naar het ARK-NZK door de gemalen van AGV West en Oost.

In totaal is het oppervlak van het NZK-ARK gebied waarvan de neerslag rechtstreeks op het kanaal wordt afgewaterd (dus niet via gemalen) volgens het model 39 km², en dat van de Amstel plus boezem 53 km² en van de Vecht plus boezem 21 km². Dit zijn dus grote gebieden die ongecontroleerd afvoeren naar het ARK-NZK. De bijdrage van de neerslag op deze gebieden leidt dan ook tot hoge pieken in de toestroom tijdens en direct na de neerslag (zie figuur 4-4).



Figuur 4-4 Toevoer van water naar het ARK-NZK systeem vanuit alle gebieden bij het neerslag event met 200 mm neerslag. De lijnen van vrij-afwaterende gebieden en/of de neerslag op het ARK-NZK zelf geven de hoogste pieken. Na de neerslag komt het meeste water uit de bemalen gebieden van HDSR, HHNK en Rijnland.

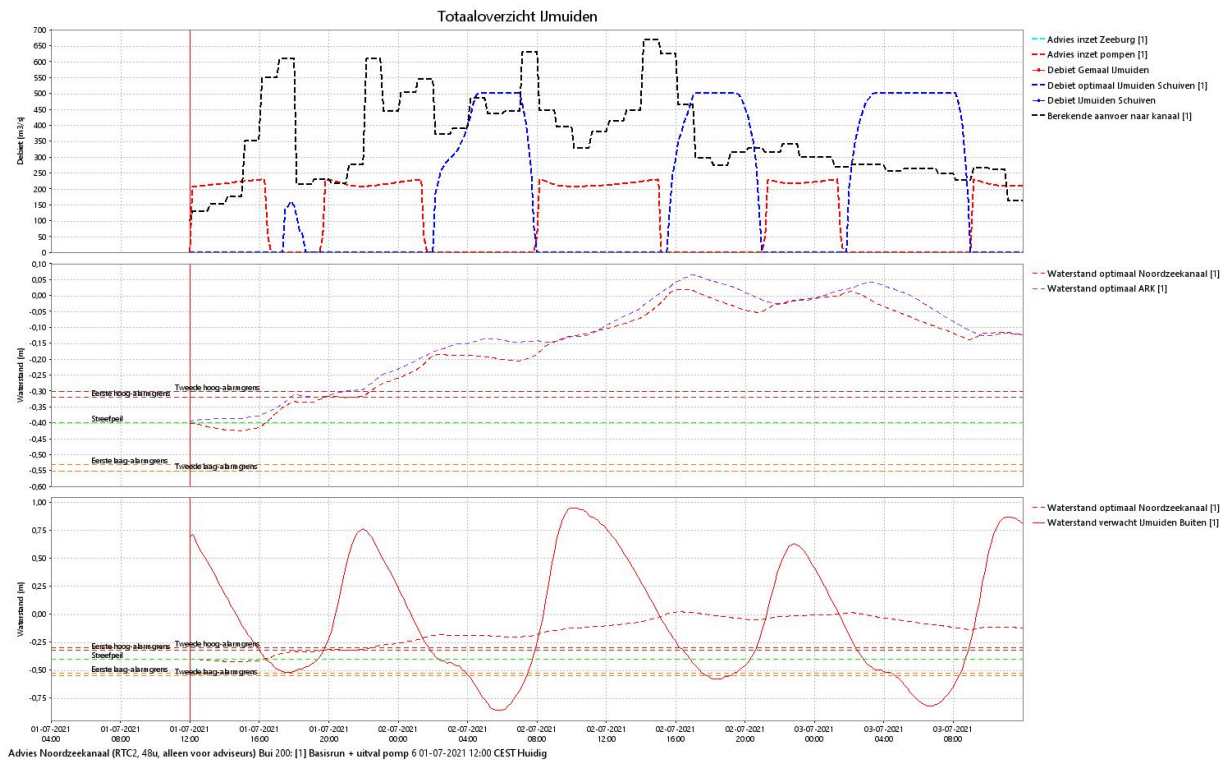
Figuur 4.5 laat zien dat gedurende de eerste twee dagen de toestroom naar het ARK-NZK zoals berekend met het IWP vrijwel continu ligt boven de uitstroom bij IJmuiden. Hierdoor stijgen de waterstanden sterk tot 6 cm boven NAP op het ARK en 2 cm boven NAP op het NZK. Pas tijdens de spuiperiode na de regen overtreft de afvoer de toestroom en daalt de waterstand totdat de spuiperiode voorbij is. Daarna stijgt de waterstand weer kort tijdens de periode dat er gemalen moet worden en vervolgens daalt deze weer tot ongeveer 20 cm onder NAP op het eind van de 2^e dag na de neerslag.

De resultaten van de andere scenario's zijn weergegeven in tabel 4.1 en bijlage C. In alle scenario's worden de waterstanden erg hoog.

Tabel 4-1 Waterstanden in m + NAP en waterstandsverschillen t.o.v. de referentie (in m)

| | Scenario | ARK | NZK | Verschil tov basis | |
|---|---|-------|-------|--------------------|------|
| | | | | ARK | NZK |
| 1 | 200 mm bui | -0,01 | -0,05 | | |
| 2 | 200 mm bui + 15 cm zeespiegelstijging | 0,12 | 0,09 | 0,13 | 0,14 |
| 3 | 200 mm bui + uitval pomp 6 | 0,06 | 0,02 | 0,07 | 0,07 |
| 4 | 200 mm bui + 15 cm opzet + uitval pomp 6 | 0,21 | 0,18 | 0,22 | 0,23 |
| 5 | 200 mm bui + 15 cm opzet + uitval pomp 6 + maalstop na 24 uur | 0,00 | -0,03 | 0,01 | 0,02 |

Deze resultaten geven een indicatie van het effect van een dergelijk neerslagevent op de waterstanden van het ARK-NZK. Het model waarmee ze berekend zijn, is een vereenvoudigd model. Zo is de sluiting van het IJfront en het Amstelfront niet opgenomen in het model en is ook de bijdrage van het gemaal Zeeburg niet meegenomen. Als Amsterdam de fronten sluit, dan nog zullen de waterstanden binnen Amsterdam stijgen door de grote hoeveelheid neerslag. De afvoer uit de vrij afwaterende gebieden en van de gemalen is groter dan wat door gemaal Zeeburg kan worden weggemalen.



Figuur 4-5 Resultaten van het IWP voor de 200 mm bui met 1 pomp in onderhoud (zoals gebruikelijk in de zomer), deze komt overeen met scenario 3 in tabel 2-2. Bovenin wordt getoond hoeveel water er van en naar het ARK-NZK stroomt. De zwarte curve geeft de instroom, de blauwe het volume dat gespuid wordt bij IJmuïden en de rode lijn geeft het volume dat uitgepompt wordt bij IJmuïden. Het tweede paneel geeft de waterstanden op het ARK-NZK weer en de drempelwaarden. De waterstanden komen net boven de 0m NAP uit. Het onderste paneel geeft de waterstand op zee en op het kanaal zodat duidelijk is wanneer gespuid kan worden en wanneer moet worden gemalen.

4.3 Storyline voor een grootschalig neerslagsysteem

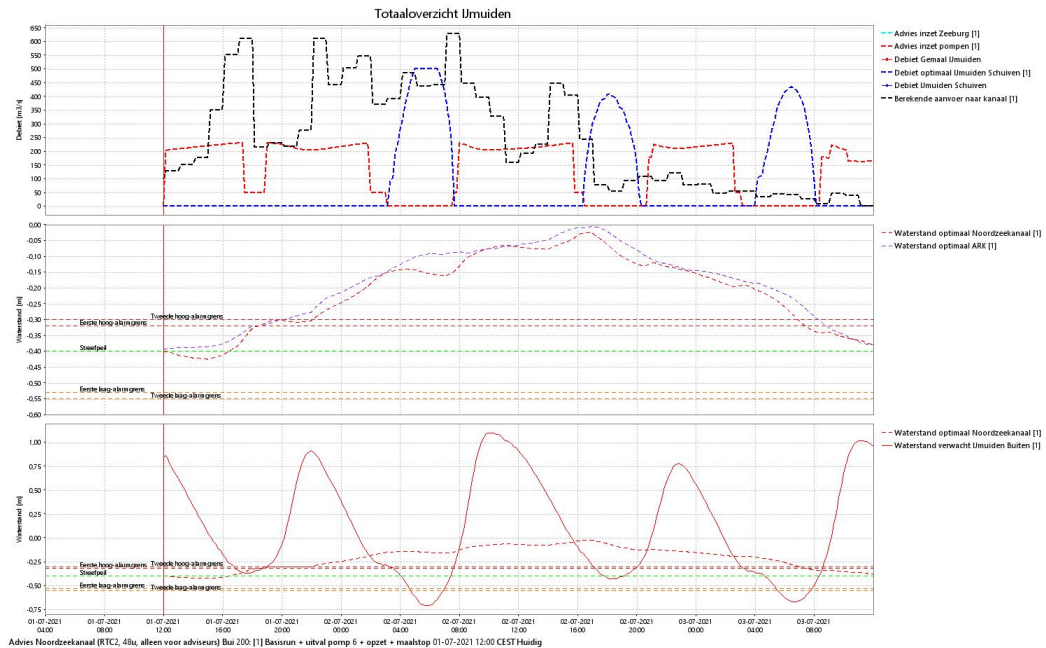
In een werksessie is een grootschalig neerslagevent doorgeredeneerd door via een storyline als het ware door de tijd te stappen. Aan de hand van de storyline is besproken wat er gebeurt, welke maatregelen worden voorgesteld en welke informatie nodig is en wat er nog ontbreekt. De werksessie is georganiseerd op 16 september 2022 in samenwerking met het netwerk van Slim Watermanagement, Toekomstbestendig ARK-NZK en samen met RWS-WNN en RWS-WVL en de waterschappen Rijnland en AGV. Ook de provincie Noord-Holland, Utrecht en het Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier (HHNK) en HDSR hebben deelgenomen.

De storyline start 2 dagen voor de regen valt, op het moment dat de 200 mm neerslag voorspeld wordt en eindigt nadat het ARK-NZK weer op streefpeil is gebracht. De storyline is gebaseerd op de rekenresultaten verkregen met het IWP (zie vorige paragraaf) scenario 3 en 5, de redeneerlijn van Slim Watermanagement (zie paragraaf 4.1 en Hydrologic *et al.* (2022) en de resultaten van de analyses van Rijnland (zie paragraaf 3.2).

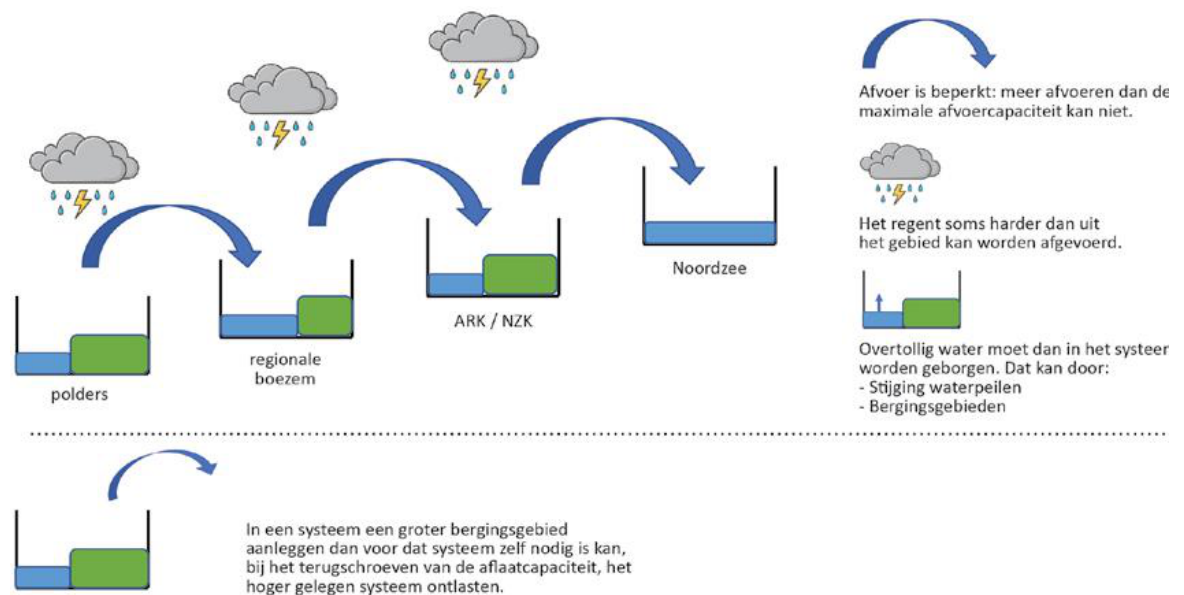
Wanneer extreme neerslag voorspeld wordt gaan de waterschappen opschalen en houden ze de situatie zeer goed in de gaten. In de werksessie werd aangegeven dat er voorgemalen gaat worden zodra de waterschappen voldoende vertrouwen hebben in de weersvoorspelling om zo de boezempeilen te verlagen. Ook wordt er extra gespuid om bergingsruimte te creëren in het ARK-NZK. Immers, een neerslag van 200 mm op alleen het wateroppervlak resulteert al in een peilstijging van 20 cm die afgevoerd moet worden. Daarbij komt direct ook de neerslag die valt op boezemland zoals havens, en industrie en Amsterdam Centrum en vrij snel erna ook water uit vrij afwaterend gebied. Tenslotte leveren de gemalen ook nog veel water aan het ARK-NZK. De waterschappen houden in de zomer het water graag lang vast om te voorkomen dat kostbaar zoet water afgevoerd wordt, terwijl mogelijk de neerslag toch meevalt of elders valt. Bij een dergelijke voorspelling schalen de waterschappen niet alleen zelf op maar staan deze ook in contact met elkaar onder andere via een appgroep.

Wanneer het peil stijgt tot boven de 30 cm onder NAP en er nog veel regen voorspelt wordt, zal Rijkswaterstaat de waterschappen vragen om de afvoer naar het ARK-NZK te beperken. In de storyline gaan de waterschappen wel in de hoogste fase van alarmering, maar wordt pas na 24 uur een maalstop effectief. Het peil is dan al gestegen tot 0,05m onder NAP. Dit is na één dag neerslag. De polders in de waterschappen staan dan al blank en de waterstanden in de boezems zijn dan kritiek. Op dat moment is er overleg tussen de waterschappen onderling, tussen RWS en de waterschappen, tussen de veiligheidsregio's en de waterschappen en zijn veel boeren en tuinders al zwaar getroffen. Het water stijgt dan na instellen van de maalstop, nog harder. De waterschappen zijn op dit moment dus volledig opgeschaald zijn, moeten hun eigen gebied zo goed mogelijk beheren en de gevolgen daar beperken. Daarnaast zullen ze vele vragen vanuit hun eigen gebied moeten beantwoorden. Tegelijkertijd zal er inzet nodig zijn om maatregelen af te stemmen met veiligheidsregio's, andere waterschappen en Rijkswaterstaat. Dit is een zeer complexe uitdagende situatie die een extreem beroep doet op de capaciteit van de waterschappen.

Na het instellen van de maalstop is er in deze storyline een periode waarin niet gespuid kan worden (gedurende vloed) en stijgen de waterstanden op het ARK-NZK nog ruim 5 cm door tot 0m boven NAP op het ARK en 3 cm onder NAP op het NZK. De waterstanden in de boezems van de waterschappen en de waterdieptes in de polders op land stijgen ook verder en harder, nu de maalstop is afgekondigd. De toestroom naar het ARK-NZK wordt nu alleen nog veroorzaakt door neerslag op het water en boezemland en vrij afwaterend gebied, maar zelfs deze toestroom is dan nog kort groter dan de gemaalcapaciteit bij IJmuiden (ongeveer 450 m³/s, terwijl de pompcapaciteit van IJmuiden ongeveer 210 m³/s bedraagt (er is een pomp in onderhoud). Na ongeveer 6 uur gaan in dit scenario de waterstanden dalen en 1 dag na de neerslag naderen de waterstanden streefpeil (figuur 4-6). De precieze response van de waterstanden in het ARK-NZK op de maalstop hangt af van het moment van het instellen van de maalstop en het samenvallen met het getij: wanneer er gespuid kan worden dalen de waterstanden terwijl als er gemalen moet worden de waterstanden eerst nog stijgen vanwege de grote toestroom van water de beperkte maalcapaciteit bij IJmuiden. Door de maalstop neemt de overlast in de waterschappen sterk toe en duurt deze ook langer.



Figuur 4-6 Resultaten van het IWP voor de 200 mm bui met 1 pomp in onderhoud, een zeeopzet van 15 cm en een maalstop na 24 uur, deze komt overeen met scenario 5 in tabel 2.2. Bovenin wordt getoond hoeveel water er van en naar het ARK-NZK stroomt. De zwarte curve geeft de instroom, de blauwe het volume dat gespuid wordt bij IJmuiden en de rode lijn geeft het volume dat uitgepompt wordt bij IJmuiden. Het tweede paneel geeft de waterstanden op het ARK-NZK weer en de drempelwaarden. De waterstanden komen net boven de 0m NAP uit. Het onderste paneel geeft de waterstand op zee en op het kanaal zodat duidelijk is wanneer gespuid kan worden en wanneer moet worden gemalen.



Figuur 4-7 Weergave van het systeem van polders, boezems, het ARK/NZK en de Noordzee met daarin waterlopen en land. Wanneer de neerslag groter is dan de afvoer naar een ander systeem, stijgen de waterpeilen in de waterlopen. Wanneer deze boven maaiveld uitkomen treedt er wateroverlast op (in polders) of dreigen er doorbraken (in boezems en bij het Ark-NZK) (TB, maart 2021)

Alle organisaties hebben eigen taken zoals het stopzetten van scheepvaart (provincie en Rijkswaterstaat), het sluiten van inlaten (Rijkswaterstaat), het verlagen van het streefpeil voor de bui (Rijkswaterstaat), het gereedmaken van Zeeburg en het sluiten van de fronten bij Amsterdam (AGV), voormalen (Rijnland, HHNK en andere waterschappen), voorbereidingen treffen in piekbergingsgebieden, het zo goed mogelijk opvangen van alle neerslag in de eigen gebieden (alle waterschappen), het monitoren en repareren van zwakke plekken in kades, dijken en het doen van noodreparaties en controles aan gemalen en andere kunstwerken (waterschappen) en het communiceren over de situatie aan de veiligheidsregio's. De veiligheidsregio's communiceren met burgers, bedrijven en hulpdiensten. Naast de eigen taken is het coördineren en afstemmen tussen gebieden een extra taak.

4.4 Belangrijkste observaties uit de werksessie

Bij het bespreken van de extreme neerslaggebeurtenis, en mogelijke acties kwamen veel punten aan bod. De belangrijkste observaties zijn hieronder samengevat.

Bij dit soort zeer extreme en bovenmaatgevende gebeurtenissen is overlast niet te voorkomen. Op dit moment zal het ook lastig zijn om overzicht te krijgen en de de juiste beslissingen kunnen nemen om de overlast zoveel mogelijk te beperken en de duur van de overlast te verkorten. Er is betere voorbereiding nodig. De redeneerlijn van Slim Watermanagement biedt goede aanknopingspunten maar laat ruimte voor keuzes en bij die keuzes ontstond discussie.

Ter illustratie: De fase waarin gevraagd wordt om minder te malen naar het ARK-NZK voordat de volledige maalstop afgekondigd wordt, leidde in de werksessie tot verhitte discussie over de prioritering van gebieden en waterschappen en onmogelijke vragen als: "Wat is meer belangrijk bloembollenteelt, een boezemkade die bijna bezwijkt in een ander waterschap of het voorkomen dat het rioleringsstelsel van Amsterdam verdrinkt?"

Mandaat en organisatie bij crisis

Om besluitvorming te vereenvoudigen en versnellen is het aan te raden om een duidelijke uitwerking van de organisatie van besluiten voor het instellen van maalbeperkingen en maalstops vanuit de waterschappen naar het ARK-NZK en vanuit de polders naar de boezems te maken. Dit leidt ook tot minder onzekerheid en minder afhankelijkheid van de precieze persoon die op het moment van crisis aanwezig is. Hierbij is het belangrijk scherp te krijgen wie welke beslissingen mag nemen en een redeneerlijn hiervoor vast te stellen. Er zijn nu nog vragen met betrekking tot de organisatie van de maatregelen, de verantwoordelijkheden en aansprakelijkheden bij schade die besluiten vertragen. Vragen die hierover naar boven zijn gekomen, zijn:

1. Hoe kan een overkoepelende inschatting gemaakt worden van de ernst van het neerslagevent voor het hele gebied zodat optimaal samengewerkt kan worden? Wanneer de gevolgen in een waterschap groter lijken te worden dan in een ander waterschap kan dat waterschap eerder of hoger opschalen dan andere. Kan dit overleg en afstemming hinderen?
2. Wie mag een besluit nemen tot het beperken van bemaling naar het ARK-NZK en voor het uitzetten van poldergemalen en wie is verantwoordelijk voor eventuele gevolgschade van zo'n besluit? Op dit moment is duidelijk dat bij 0m + NAP een volledige maalstop komt, en dat boven de 30 cm onder NAP Rijkswaterstaat kan verzoeken tot het beperken van de afvoer naar het ARK-NZK. De situatie met waterstanden tussen 30 cm onder NAP en 0 m NAP is daarmee niet hard vastgelegd. Dit geeft flexibiliteit maar maakt het ook lastiger om besluiten te nemen en uit te voeren.

3. Hoe kunnen we het proces voor het instellen van maalstops van polders binnen een waterschap beter voorbereiden en de legale/aansprakelijkheids consequenties daarvan in beeld brengen en hoe verloopt daarbij de afstemming met bijvoorbeeld de veiligheidsregio's?
4. Hoe en wat en door wie wordt gecommuniceerd naar inwoners en bedrijven? Wat wordt de inhoud van eventuele NL alert berichten, een calamiteitenwebsite en hoe worden nood telefoons ingezet. Kan dit voorbereid worden? Hierbij is afstemming tussen Rijkswaterstaat, de waterschappen en veiligheidsregio's cruciaal.

Er zal veel media aandacht zijn. Zeker wanneer maalstops of maalbeperkingen worden ingesteld zal de media hier vragen over stellen. Om te voorkomen dat experts die in het gebied nodig zijn de media ook te woord moeten staan, is aandacht voor communicatie naar de media vooraf belangrijk.

Er zijn al bestaande netwerken die ingezet kunnen worden, zoals slim watermanagement, de SCOR (de coördinatie van overstromingsdreiging in dijkkring 14, 15 en 44 , een samenwerkingsverband van de waterschappen, Rijkswaterstaat en veiligheidsregio's). Deze netwerken kunnen gebruikt worden in de voorbereiding en mogelijk ook tijdens een wateroverlastsituatie.

Informatiebehoefte

Ter voorbereiding voor dergelijke gebeurtenissen is informatie nodig over:

1. Strategie voor het voormalen uitwerken: hoe ver kunnen we voormalen, bij welke verwachting en wat is tijdig beginnen?
2. Het effect van maalstops op het peil van het ARK-NZK en het effect van het sluiten van de fronten bij Amsterdam bij extreme neerslag op Amsterdam en een verhoogd peil op het ARK-NZK.
3. De beschikbare noodbergingsgebieden, de inzetbaarheid en de tijd dit vraagt.
4. Een prioriteitsvolgorde voor het uitzetten van poldergemalen op basis van de schade in de verschillende polders in de waterschapsgebieden en belangrijke objecten in die polders.
5. Een prioriteitsvolgorde voor het weer aanzetten van poldergemalen op basis van de schadetoename door langere duur van overlast in de verschillende polders in de waterschapsgebieden en belangrijke objecten in die polders.
6. Data over stabiliteit en hoogte van keringen langs het ARK-NZK en de boezems van de waterschappen bij dergelijke extreme waterstanden die dagen aanhouden zodat het gevaar op doorbraken meegenomen kan worden in besluiten en effectief gemonitord kan worden bij de meest gevaarlijke plekken.

Om keuzes te kunnen maken over het al dan niet afschakelen van poldergemalen en boezemgemalen is informatie nodig over de gevolgschade en ook over het effect op de boezemwaterstanden en/of waterstanden in het ARK-NZK. Met die informatie kan beter geprioriteerd worden tussen polders. Om de gevolgschade in beeld te krijgen wordt al gewerkt aan het berekenen van de potentiële schade in polders. Zo kijken Rijnland en AGV naar vasthoudpolders en bepalen daarvoor de schadecurve: schade als functie van het geborgen aantal mm waterschijf in het gebied, en bovendien loopt er een analyse naar de schade bij het bergen van bepaald volumes water.

Naast de monetaire schade informatie is ook informatie nodig over de te verwachten maatschappelijke ontwrichting door wateroverlast bij het uitzetten van poldergemalen en het effect daarvan op prioritering te beschouwen.

Zo is het nodig om de locatie van kwetsbare objecten zoals ziekenhuizen, musea en vitale infrastructuur (Schiphol, drinkwatervoorzieningspunten, of belangrijke transformatorstations) en de schadegevoeligheid bij berging van bepaalde volumes of millimeters water in beeld te krijgen. Ook indien veel wegen uitvallen kan de maatschappelijke ontwrichting groot zijn, maatschappelijke ontwrichting kan een reden zijn om de prioritering van het droog krijgen van polders aan te passen. Ontwrichtende gevolgen zijn bijvoorbeeld beperkte bereikbaarheid van ziekenhuizen, hulpdiensten of eventueel distributiecentra, en het langdurig niet goed functioneren van riolering in een stad als Amsterdam.

De prioritering kan ook onverwachts aangepast moeten worden, bijvoorbeeld als er gemalen vallen uit, boezemkade in een waterschap dreigen te breken of andere onverwachte omstandigheden optreden.

Bij het ontwikkelen van een prioritering in polders zou rekening gehouden kunnen worden met een situatie waarin er nog geen ernstige overlast is opgetreden en een situatie waarin al overlast is opgetreden en het gaat om het weer aanzetten van poldergemalen. Hierbij zou rekening gehouden moeten worden met de duur en de waterdiepte van het reeds aanwezige water in de polders en het effect van die duur en diepte op schade: indien gewassen al beschadigd zijn gedurende meer dan 48 uur leidt het langer vasthouden van water in die polders mogelijk niet tot veel extra schade. Dit is anders in stedelijk gebied waar riooloverstorten verdrinken of in gebieden waar cruciale wegen ondergelopen zijn. Daar is de duur van de overlast wel bepalend voor de impact op mensen en is het verkorten van de duur van de overlast cruciaal.

Lange termijn

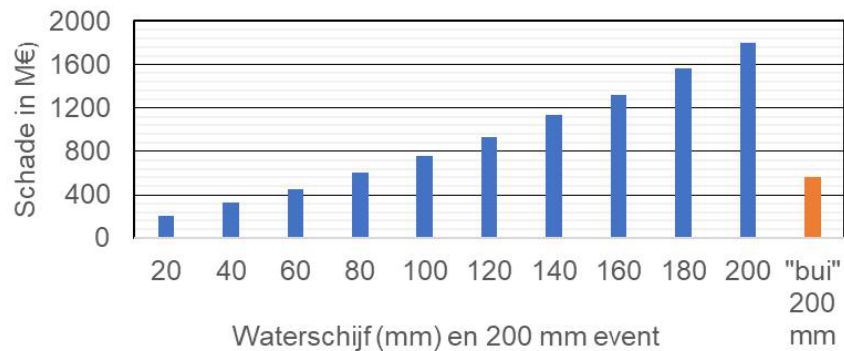
Het ARK-NZK systeem zit momenteel aan zijn grenzen. Bij de bouw en herinrichting van woonwijken en bedrijventerreinen is daarom aandacht vereist voor wateroverlast en waterafvoer. Wanneer er immers nog meer neerslag afgevoerd wordt naar het ARK-NZK treden problemen met peilen daar eerder op en kunnen maalstops vaker optreden. In Toekomstbestendig ARK-NZK worden daarom scenario's bekeken met klimaatverandering (neerslag, zeespiegelstijging) voor 2050 en aanpassingen van het systeem voorgesteld. Het rekening houden met neerslag en afvoer van neerslag bij de inrichting van gebieden is daarnaast ook cruciaal om het probleem voor de toekomst niet te vergroten.

4.5 Vertaling naar implicaties voor Rijnland

In een grove verkenning is getracht een eerste gevoel te krijgen bij de implicaties zijn van het niet malen voor Rijnland. De hoofdvraag daarbij was of een maalstop zal leiden tot significant meer schade en ontwrichting dan wanneer er wel naar het ARK-NZK kan worden gemalen.

Om daar gevoel voor te krijgen zijn berekeningen gedaan van de schade bij:

1. Het neerslag event van 200 mm waterschijf
2. Bij een berging van 200 mm waterschijf per afwateringsgebied (stel er mag niets weggemalen worden)
3. Bij berging van een waterschijf van 20 tot 200 mm (met stappen van 20 mm).



Figuur 4-8 Schade als functie van de geborgen hoeveelheid water in ieder afwateringsgebied en de schade bij het gesimuleerde 200 mm event (berekend met SSM2017, regionale module, prijspeil 2022)

Figuur 4-8 laat zien dat de schade toeneemt bij toenemende berging. De schadetoename bij 20 mm extra berging is steeds groter: eerst is de toename 100 M€, later 200 M€. Dit komt waarschijnlijk doordat eerst de minst kwetsbare landgebruikstype last krijgen van wateroverlast, en dat pas bij grote waterschijven ook de meest kwetsbare landgebruikstypes onderlopen.

De schade bij het simuleerde neerslagevent bedraagt ongeveer 560 M€ (prijspeil 2021). Wanneer de gehele bui zou worden geborgen (200 mm waterschijf over Rijnland), dan zou de schade maar liefst 1,8 miljard € bedragen. Dit betekent dat het afvoeren van water en het bergen op de minder kwetsbare delen heeft geleid tot een enorme schadereductie. Zelfs bij een berging van 80 mm overall is de schade groter dan bij het neerslagsscenario. In het scenario is de berging op veel plekken groter dan 80mm (zelfs groter dan 150 mm) maar op sommige plekken veel kleiner (zie paragraaf 2.3). Aangezien de totale schade lager is, leidt dit tot de conclusie dat in het huidige systeem water daar geborgen wordt waar de overlast het minste schade geeft. In stedelijke gebieden blijft veel minder water staan. Dit betekent ook dat het sturen van water kan, en veel potentie heeft: het maakt uit waar water wordt geborgen. Het prioriteren van polders kan dus waarschijnlijk ook uit: immers het sturen van het geborgen water naar de minder kwetsbare delen kan vele miljoenen euro's verschil maken. Deze quick-dirty analyse geeft alleen een indicatie dat het sturen van de berging en het prioriteren van polders veel schade kan schelen. Voor het bepalen van een prioriteitsvolgorde zijn betere analyses nodig. Hoogheemraadschap Rijnland gaat dit soort analyses uitvoeren.

5 Overzicht van de resultaten voor heel Zuid-Holland

5.1 De resultaten

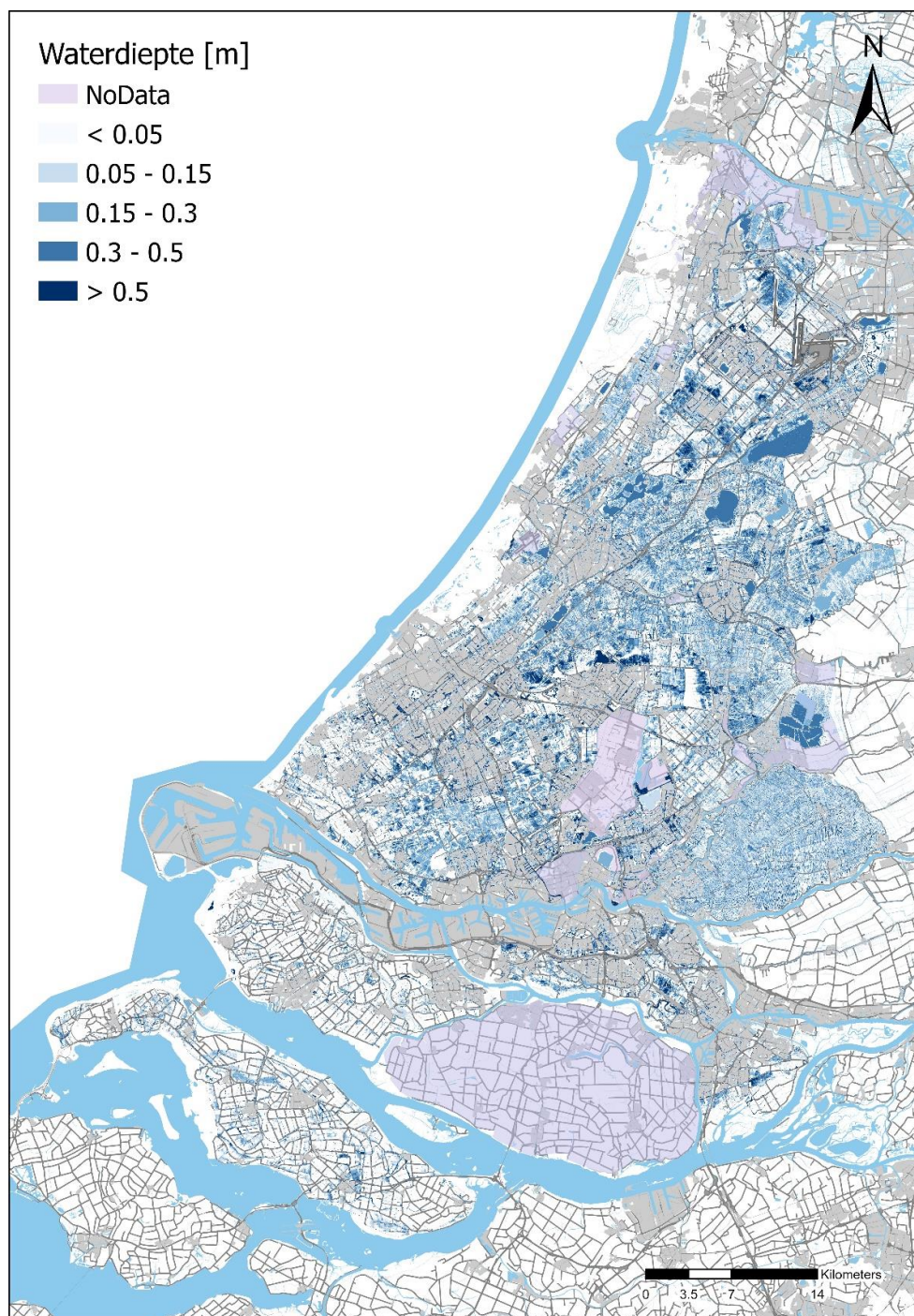
Deze paragraaf geeft een samenvattend overzicht van de gevolgen van grootschalige neerslag voor de provincie Zuid-Holland.

Een grootschalig neerslagevent leidt tot langdurige wateroverlast in een groot gebied. Dit soort neerslaggebeurtenissen zijn bovenmaatgevend, wat betekent dat het watersysteem hiervoor niet is ingericht en dat het ontstaan van overlast volgens verwachting is. De waterdieptes zijn in het algemeen minder dan 50 cm (Zie figuur 5.1).

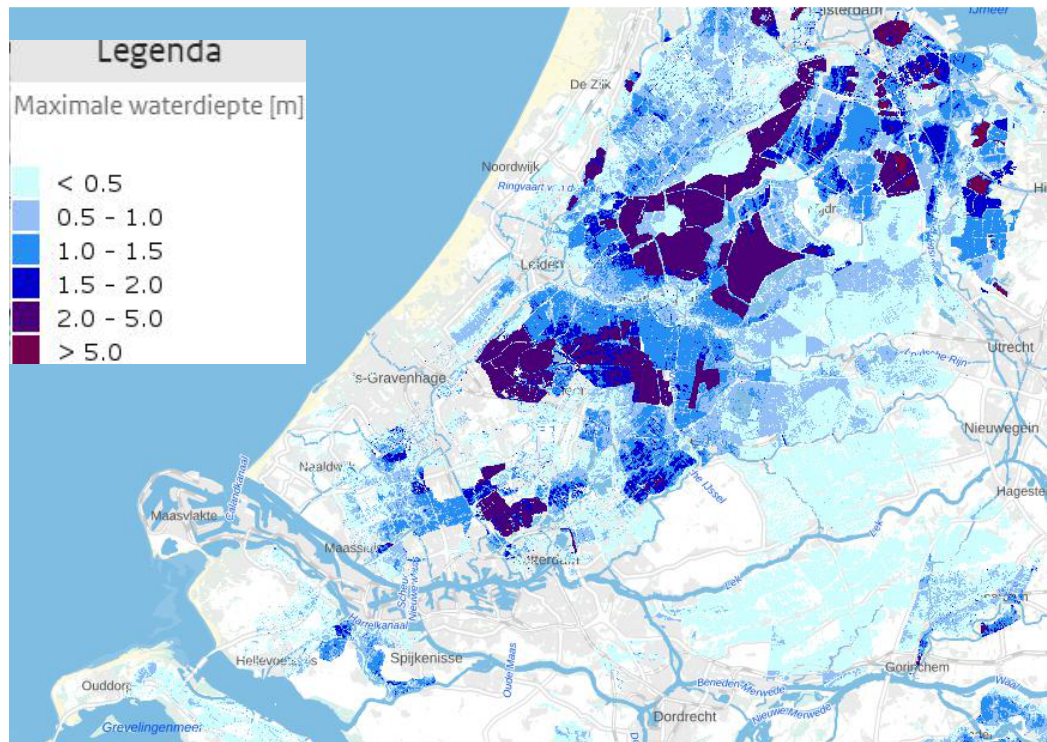
Bij grootschalige neerslag in Zuid-Holland zullen in Rijnland en Delfland kritieke waterstanden op de boezems ontstaan waardoor maalstops zullen worden afgekondigd om doorbraken van boezemkades te voorkomen. Immers, wanneer boezemkades breken kan wateroverlast overgaan in een waterveiligheidsprobleem en kunnen waterdieptes ontstaan van meer dan 2m (zie figuur 5.2). Hierdoor zal de duur van de overlast in de polders nog groter worden dan uit deze kaarten blijkt.

In landelijk gebied komt meer water op het land te staan dan in stedelijk gebied. Dit komt doordat in landelijk gebied de gemaalcapaciteit kleiner is, dit gebied vaak lager gelegen is en de normen van boezemkaders en voor wateroverlast er minder streng zijn dan in stedelijk gebied. Landelijke gebieden zijn immers minder kwetsbaar dan stedelijke gebieden. Op sommige locaties zullen riooloverstorten verdrinken en als dat gebeurt kan regenwater niet meer goed afgevoerd worden en moet het geborgen worden in het rioolsysteem. Er is dan een grotere kans op wateroverlast ook in stadswijken. De mate van overlast hangt af van de rioolcapaciteit en drooglegging: het hoogteverschil tussen straatniveau en het niveau van de overstort. De duur van de overlast op straat kan dan meerdere dagen bedragen.

Het ARK-NZK systeem zit al aan zijn grens, en de kans op kritische waterstanden waarbij een totale maalstop van alle gemalen moet worden afgekondigd is geschat op ongeveer 1/100. Bij een grootschalige neerslaggebeurtenis is de kans op kritische waterstanden zeer groot en zijn moeilijke keuzes nodig en daar zijn RWS en de waterschappen nog niet goed op voorbereid. Wanneer waterschappen minder of niet meer mogen uitmalen naar het ARK-NZK, dan wordt de overlast in die waterschappen groter en duurt de overlast in die waterschappen langer. Dit is nog niet meegenomen in de totale waterdieptekaart



Figuur 5-1 Waterdiepte wanneer 200 mm neerslag in 48 uur valt op Zuid-Holland bij natte initiele condities (de paarsblauwe gebieden zijn niet meegenomen in de analyse)



Figuur 5-2 De waterdieptes die verwacht worden per polder wanneer de boezemkade breekt

Gevolgen

Grootschalige wateroverlast geeft veel schade aan landbouw, recreatie en glastuinbouw en ook schade aan bedrijventerreinen, industrie en er worden veel woningen getroffen. De schade is in de orde van 2 miljard € gegeven de aanname dat het systeem functioneert zoals het bedoeld is, en er geen kades breken of andere calamiteiten optreden. Hiervan treedt ongeveer 811 M€ op in Delfland, 560M€ in Rijnland, 345 M€ in Schieland en Krimperwaard en 323M€ in het geanalyseerde gebied van Hollandse Delta (prijsspeil van 2022) (tabel 5.1). Ook worden er ongeveer 52.000 mensen getroffen: zij wonen op een locatie met wateroverlast. Als deze bedragen worden vergeleken met de potentiële waarde van alle aanwezige objecten en hectares in het geanalyseerde gebied dan blijkt de schade slechts 1,4% van de totale waarde te betreffen. Van landbouw is 9% van de totale potentiële schade opgetreden, van woningen en slechts 0.07%.

Tabel 5.2 laat zien dat er grote oppervlaktes landbouw, recreatie en stedelijk gebied worden getroffen. Maar liefst 43% van alle landbouwgrond in het geanalyseerde gebied krijgt te maken met wateroverlast en 30% van de glastuinbouw.

Tabel 5-1 Schades in miljoenen euro's (prijspeil 2022) voor het 200mm event bij natte initiële condities voor alle waterschapsbeheersgebieden en in totaal. Ook is de potentiële schade van het totale geanalyseerde gebied gegeven ("potentieel") en het % hiervan dat door grootschalige wateroverlast getroffen wordt.

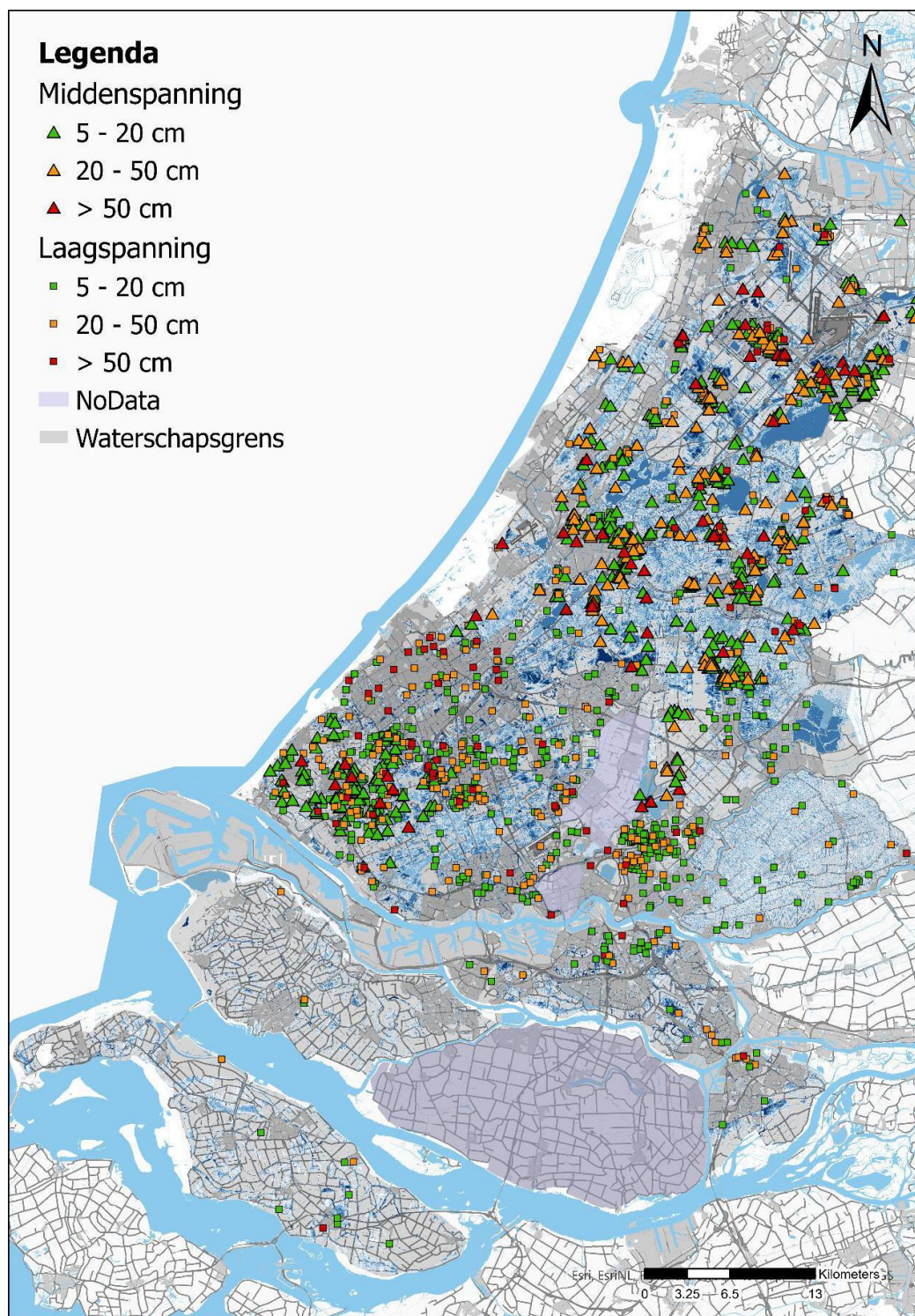
| | Delfland | Rijnland | HD | SK | Som schade | Potentieel | % |
|-----------------------------------|----------|----------|-------|--------|------------|------------|-------|
| Woningen | 86.9 | 61.6 | 31.0 | 49.4 | 228.8 | 338.400 | 0.07 |
| Stedelijk gebied | 144.0 | 101.8 | 78.6 | 80.4 | 404.8 | 28.800 | 1.41 |
| Bedrijven | 161.4 | 131.9 | 52.0 | 89.7 | 435.0 | 137.184 | 0.32 |
| Infrastructuur | 43.0 | 46.2 | 15.0 | 9.6 | 113.8 | 9.410 | 1.21 |
| Glastuinbouw | 252.0 | 27.9 | 21.2 | 22.8 | 324.0 | 4.800 | 6.75 |
| landbouw | 26.4 | 83.2 | 55.3 | 40.8 | 205.7 | 2.400 | 8.57 |
| Recreatie | 62.8 | 51.0 | 37.1 | 31.3 | 182.2 | 2.988 | 6.10 |
| Gemalen en vervoermiddelen | 34.2 | 30.0 | 7.7 | 9.4 | 81.3 | 15.000 | 0.54 |
| Vliegvelden | 0.0 | 3.8 | 0.0 | 6.4 | 10.1 | 1.440 | 0.70 |
| Zuiveringsinstallaties | 0.0 | 26.4 | 25.2 | 4.8 | 56.4 | 1.200 | 4.70 |
| Totaal | 811 | 564 | 323 | 345 | 2042 | 541.622 | 0.38 |
| getroffenen | 17.480 | 12.883 | 6.631 | 18.870 | 55.864 | 3.729.000 | 1.384 |

Tabel 5-2 Totaal aantal getroffen objecten en/of hectares voor het 200mm event bij natte initiële condities voor alle waterschapsgebieden en in totaal. Ook is het totale aantal aanwezige objecten of hectares in het geanalyseerde gebied gegeven ("potentieel") en het % hiervan dat door grootschalige wateroverlast getroffen wordt

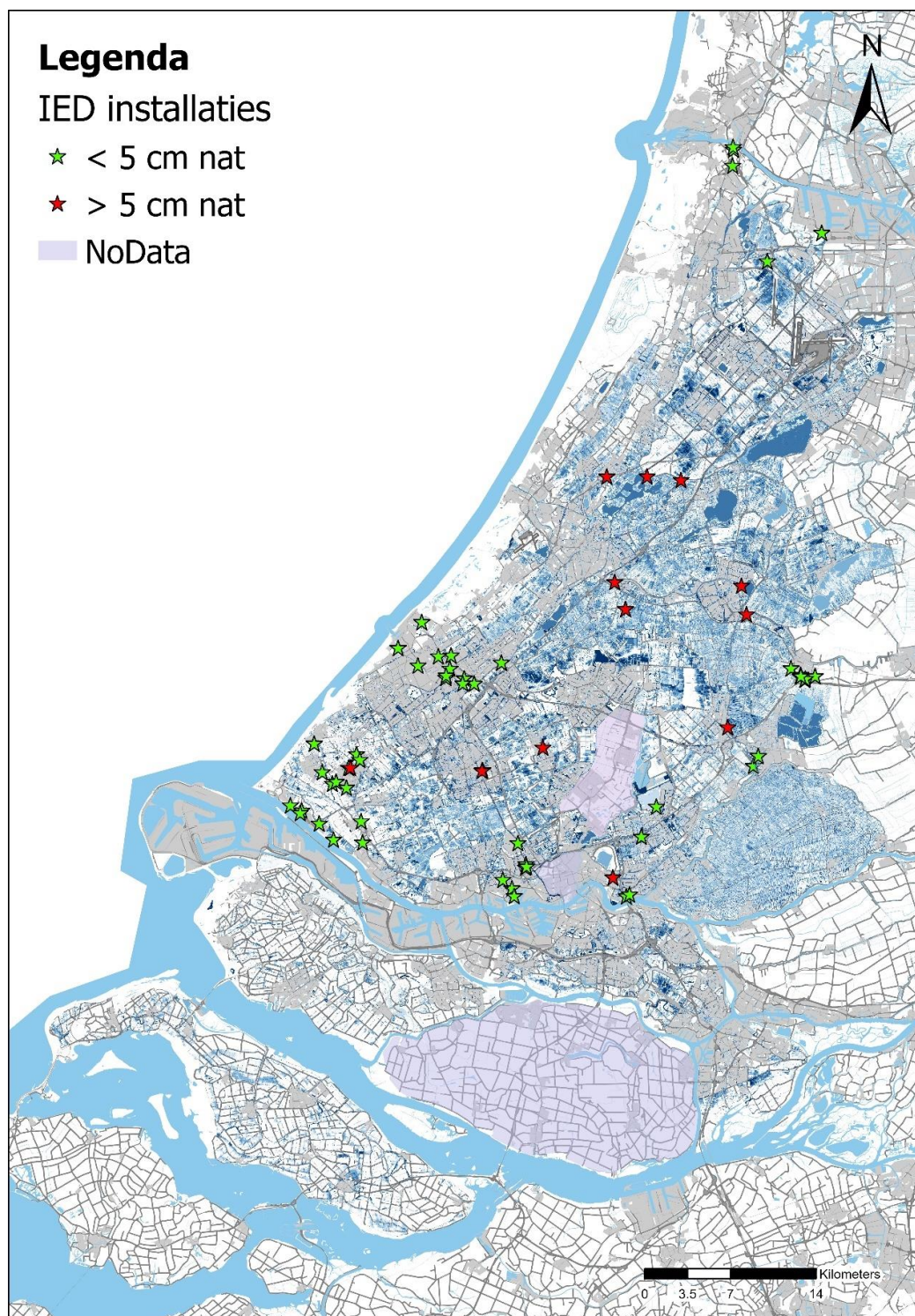
| | Delfland | Rijnland | HD | SK | Totaal | Potentieel | % | Eenheid |
|-------------------------------|----------|----------|-------|--------|--------|------------|-----|----------------|
| Woningen | 4052 | 3560 | 2219 | 4184 | 14015 | 1054600 | 1.3 | aantal |
| Stedelijk gebied | 1232 | 1109 | 894 | 1005 | 4240 | 39790 | 11 | Ha |
| Bedrijven | 71 | 55 | 26 | 40 | 192 | 9051 | 2.1 | ha |
| Infrastructuur | 385 | 255 | 229 | 214 | 1082 | 10543 | 10 | m |
| Glastuinbouw | 1786 | 255 | 131 | 152 | 2325 | 8194 | 28 | m ² |
| Landbouw | 5023 | 20410 | 11769 | 10160 | 47361 | 110400 | 43 | m ² |
| Recreatie | 1576 | 1664 | 997 | 893 | 5130 | 22131 | 23 | m ² |
| Vliegvelden | 0 | 98900 | 0 | 218900 | 317800 | 8272000 | 3.8 | m ² |
| Zuiveringsinstallaties | 0 | 9 | 5 | 3 | 17 | 76 | 22 | aantal |

Op de meeste locaties zal de stroom naar verwachten blijven functioneren, worden de meeste kwetsbare objecten niet direct getroffen en ondervinden slechts enkele gevaarlijke IED bedrijven overlast. Ook al valt slechts een klein percentage van alle laag- en middenspanning-transformatorstations) uit, toch is het absolute aantal elektriciteitsstations dat mogelijk getroffen wordt door wateroverlast groot: 320 middenstations en 452 laagspanningsstations krijgen te maken met een waterdiepte groter dan 20 cm. Samen met de elektriciteitsbedrijven kan gekeken worden welke het meest belangrijk zijn en of deze inderdaad op een gevaarlijke locatie liggen. Voor de meest kritieke stations kan gekeken worden in welk gebied stroom kan uitvallen en hoe eventueel de stroomuitval beperkt of verkort kan worden.

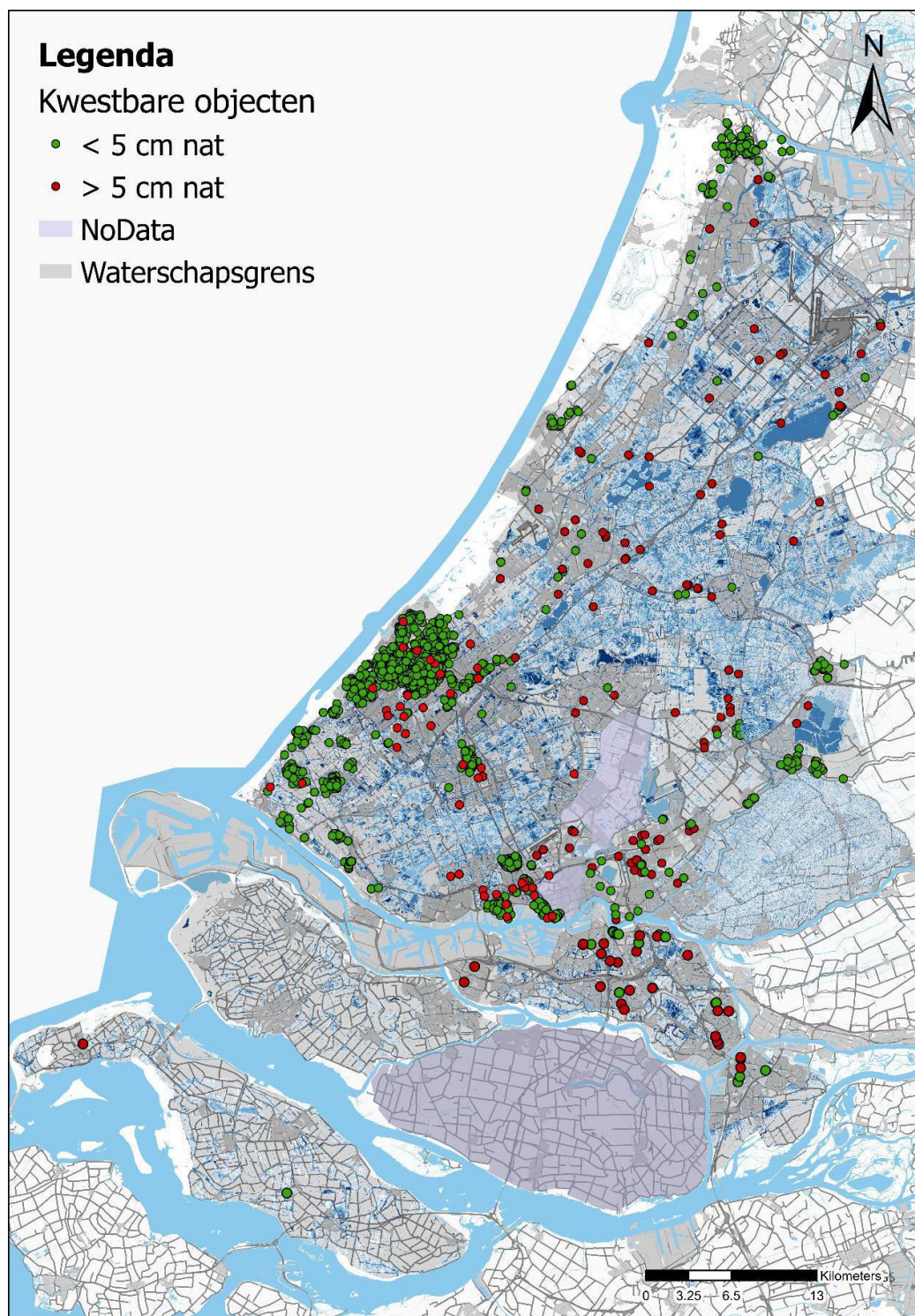
Grootschalige neerslag heeft grote impact op transportinfrastructuur en bereikbaarheid. Laaggelegen weggedeeltes en onderdoorgangen lopen vol wanneer de pompen en/of riolering niet werken. Op de snelwegen zullen de tunnels en laag gelegen bakken waarschijnlijk leeggepompt worden. Op N-wegen en lokale wegen van gemeentes en waterschappen is er grotere kans op wateroverlast door niet werkende afvoer van regen van laaggelegen weggedeeltes en tunnels. Naar verwachting zal van de brandweer veel inzet gevraagd worden om knelpunten weg te nemen. Het effect op bereikbaarheid van ziekenhuizen, kazernes, snelwegaf- en opritten en dergelijke is nog niet in detail bepaald. Waarschijnlijk worden ook cruciale locaties zoals ziekenhuizen en brandweerkazernes tijdelijk minder toegankelijk (zie figuur 5.6).



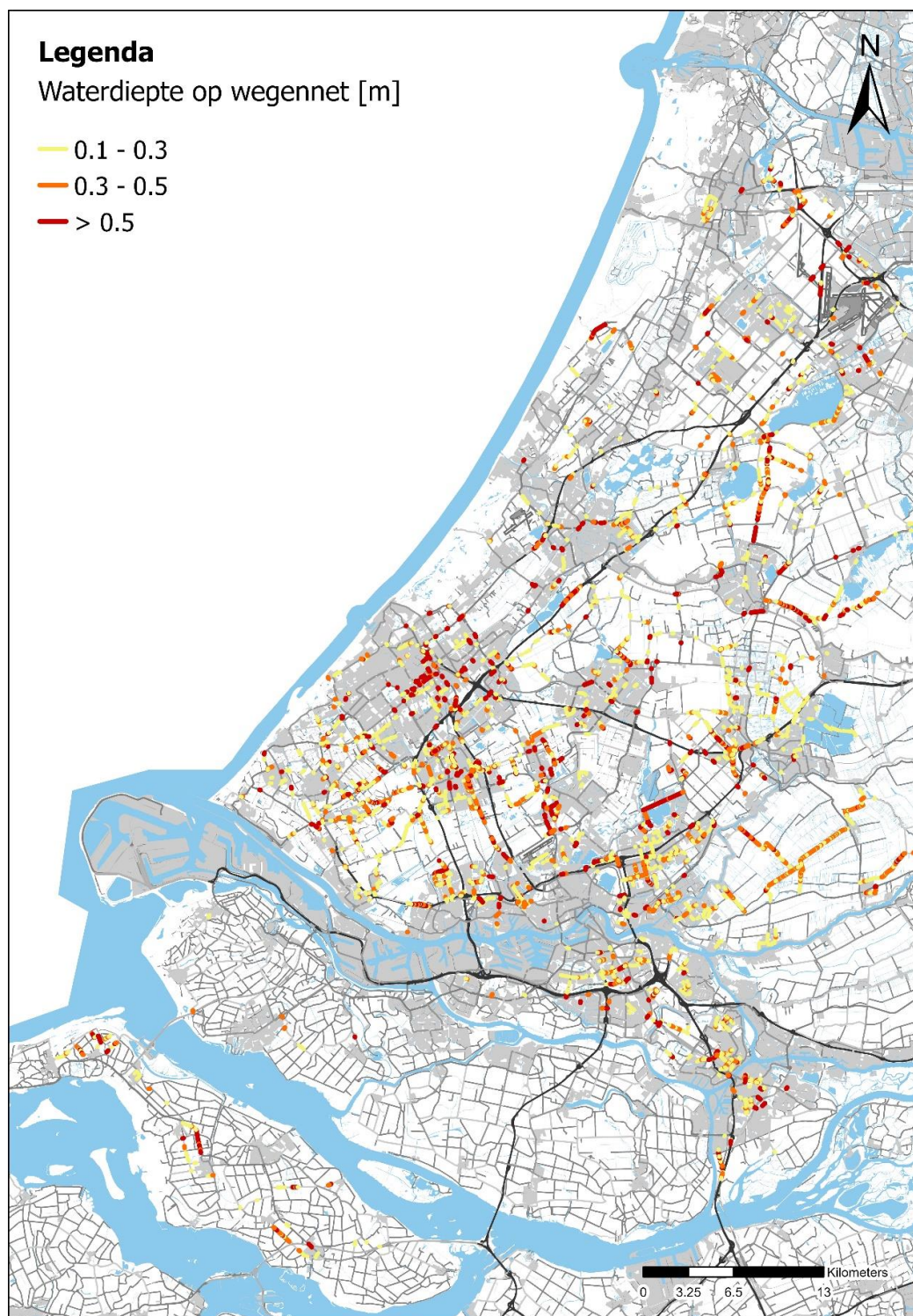
Figuur 5-3 Getroffen transformatorstations bij het 200mm neerslagevent en natte initiële condities in het totale geanalyseerde gebied



Figuur 5-4 Getroffen IED installaties bij het 200mm neerslagevent en natte initiële condities in het totale geanalyseerde gebied



Figuur 5-5 Getroffen kwetsbare objecten bij het 200mm neerslagevent en natte initiële condities in het totale geanalyseerde gebied



Figuur 5-6 Wegenkaart horend bij het 200 mm neerslagevent en natte initiële condities

5.2 Bruikbaarheid en betrouwbaarheid van de kaarten en uitkomsten voor Zuid-Holland

Geldigheid gekozen uitgangspunten

Er zijn verschillende uitgangspunten gekozen in deze studie (zie hoofdstuk 2). Enkele daarvan worden hier bediscussieerd.

In de studie is gekeken naar specifieke neerslagsscenario's. De kans dat exact deze scenario's optreden is nul. Echter, de vier scenario's geven wel aan welke gebieden kwetsbaarder zijn en welke orde van grootte van waterdieptes en gevolgen verwacht kunnen worden bij dit soort gebeurtenissen en dat is waar ze voor bedoeld zijn.

In de analyse is aangenomen dat alles functioneert zoals bedoeld is. Dit uitgangspunt is een startpunt. Natuurlijk is de kans dat in dit soort extreme situaties ergens in het gebied een gemaal storing geeft of een ander kunstwerk niet goed functioneert heel groot. Bij de neerslaggebeurtenis in juni 2021 in het gebied van HHNK bijvoorbeeld, viel ongeveer 15% van de gemalen uitwerkte ongeveer 25% van de noodbergingen niet optimaal (HHNK, 2021). Als dat gebeurt wordt in de polders waarvan het gemaal is uitgevallen de overlast groter, maar is de druk op de boezems en boezemgemalen iets kleiner. Uitval vraagt bovendien extra inzet van het personeel van de waterschappen. De afhankelijkheid van de boezemgemalen is zeker in Delfland en Rijnland zeer groot. De faalkans van de gemalen kan gebruikt worden om een scenario te kiezen en toe te voegen met uitval van een boezemgemaal indien daarop voorbereid zou willen worden. Het kan ook gebruikt worden om het belang te illustreren van het inbouwen van extra robuustheid, door bijvoorbeeld extra pompen te plaatsen of de kans op stroomuitval te verkleinen of noodstroom te verzorgen. Daarbij zal dan wel naar de kans op extreme neerslag en op uitval van de pomp meegewogen moeten worden. Een scenario met uitval kan ook gebruikt worden om aan te tonen dat onverwachte gebeurtenissen tot andere uitkomsten zullen leiden en dat er dus een grote mate van voorbereiding, en flexibiliteit nodig is.

In de analyse zijn boezemkadedoorbraken niet beschouwd. Wanneer de waterstanden zo hoog worden zijn deze echter niet uitgesloten. Om te voorkomen dat boezemkades zullen breken zullen de waterschappen de waterstanden niet zo hoog laten worden, maar maalstops inzetten. De hier gepresenteerde waterstanden in de boezems zijn dan ook overschat. De waterdieptes in de polders in Rijnland en Delfland zouden door maalstops hoger worden en zijn daarom dan ook mogelijk iets onderschat.

Berekende waterstanden, volumes geborgen water en waterdieptes

De berekende waterstanden in de boezems en volumes geborgen water in de polders zijn bruikbaar voor het krijgen van een beeld van de gevolgen van een dergelijk grootschalig neerslagsysteem. Het detailniveau van de studie en de aanpak laten niet toe dat de uitkomsten gebruikt worden voor bijvoorbeeld het in detail ontwerpen van oplossingen of het precies beschouwen van de schade aan individuele gebouwen. Voor dergelijke vragen zijn meer gedetailleerde analyses nodig. Bovendien horen de resultaten bij de gekozen uitgangspunten. Voor een ontwerp zal naar een grotere set van gebeurtenissen en hun kans gekeken moeten worden. Ook zijn de effecten van ingrepen zoals een maalstop niet meegenomen in de beelden.

Impactbepaling

De impact bepaling heeft zich gericht op directe gevolgen en effecten op wegen, elektriciteitskastjes en kwetsbare objecten. De werkelijke impact op de maatschappij van Zuid-Holland is hierdoor onderbelicht. De schade en impact is ook sterk afhankelijk van de duur van de overlast en eventuele cascade-effecten: wat gaat er mis als toch de stroom uitvalt of als wegen niet meer toegankelijk zijn? Dit is nog niet beschouwd hier.

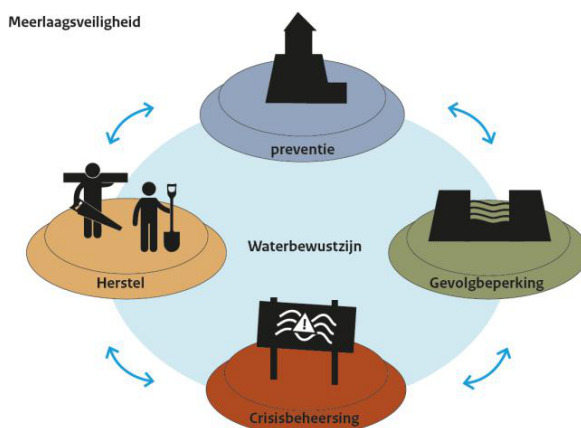
6 Eerste verkenning handelingsperspectief

6.1 Inleiding

Op basis van de inzichten over de gevolgen van een grootschalige neerslaggebeurtenis is een eerste verkenning gedaan naar handelingsperspectieven.

In de Beleidstafel Wateroverlast en Hoogwater (Min I&W, 2022b) is een meerlaagsveiligheidsmodel beschreven met vijf lagen (zie figuur 6.1):

- *Waterbewustzijn*, de basislaag, deze vormt de basis voor hoe organisaties en burgers voorbereid zijn op handelen rond wateroverlast;
- *Preventie*: gericht op het beperken van de kans op overstroming;
- *Gevolgbeperking*: gericht op het beperken van schade en het zoveel mogelijk voorkomen van maatschappelijke ontwrichting in de 'koude fase' door klimaatrobuuste inrichting
- *Crisisbeheersing*: gericht op het zoveel mogelijk voorkomen van maatschappelijke ontwrichting tijdens crisis
- Klimaatrobuust *herstel*: gericht op het zo herstellen dat bij vergelijkbare volgende gebeurtenissen minder schade en ontwrichting ontstaat



Figuur 6-1 De vijf lagen in het waterveiligheidsmodel (bron: Eindadvies Beleidstafel wateroverlast en hoogwater, 2022)

De eerste verkenning in deze studie heeft zich met name gericht op de twee lagen crisisbeheersing en gevolgberking.

Voor het doen van de eerste verkenning is gesproken met experts van waterschappen, de veiligheidsregio's, gemeentes, Rijkswaterstaat en de provincie. Ook is een werksessie gericht op handelingsperspectieven georganiseerd (zie bijlage A). In de volgende paragrafen worden de resultaten van de eerste verkenning beschreven. Voor crisisbeheersing is onderscheid gemaakt tussen de waterbeheerders en andere organisaties.

6.2 Crisisbeheersing – sturen aan het watersysteem/ de wateroverlast

Situatie

Bij grootschalige neerslaggebeurtenissen zoals bekeken in deze studie worden de boezemwaterstanden in Delfland en Rijnland kritiek en treedt er veel wateroverlast op in vooral de meer landelijke gebieden.

Deze kritieke waterstanden duren meerdere dagen en de overlast zal meer dan een week aanhouden. Alle gemalen en alle bergingsgebieden zullen zo goed mogelijk ingezet moeten worden met hun volledige capaciteit.

Wat kunnen waterschappen doen vooraf en tijdens een neerslagevent?

Waterschappen kunnen maatregelen treffen voordat de neerslag daadwerkelijk valt, en tijdens het neerslagevent. De waterschappen richten hun watermanagement bij extreme situaties als eerste op het bereiken van veiligheid, dit betekent: het voorkomen van doorbraken in boezemkades. Daarna richten de maatregel zich op het beperken van schade en maatschappelijke ontwrichting door de overlast zoveel mogelijk te beperken tot overlast in minder kwetsbare gebieden.

Grootschalige neerslag wordt vaak beter voorspeld dan lokale extreme neerslag. Zo werd de neerslag in Limburg in juli 2021 al ruim een dag vooruit voorspeld. Zo bericht de Volkskrant op maandag 12 juli 2021: "Op dinsdagochtend breidt een regengebied zich vanuit Duitsland uit over het zuiden en oosten. Vooral in Limburg en het oosten van Brabant kan het een tijd flink doorplunzen. In het noorden en westen wordt veel minder regen verwacht, maar is het wel bewolkt. In de middag is het even wat droger in het oosten en zuiden, maar in de loop van de middag en avond volgen onweersbuien. Ook hierbij valt de meeste neerslag waarschijnlijk in Limburg.(bron: Rijnland, 2022). De meeste neerslag viel op 13 en 14 juli. Wanneer een dergelijk grootschalig neerslagevent voorspeld wordt, kunnen waterschappen voormalen om berging te creëren in het boezemsysteem. Ook kunnen de waterstanden op bijvoorbeeld het ARK-NZK verlaagd worden. Een risico hiervan is dat wanneer de neerslag toch niet valt, kostbaar zoetwater is afgevoerd.

Tijdens en na een groot neerslagevent kunnen waterschappen ook maatregelen treffen om de gevolgen van de neerslag te beperken:

- *Monitoren, en zorg dragen voor het goed functioneren van het systeem:* Het waterschap zal kades en keringen monitoren en eventueel noodmaatregelen treffen op zwakke of te lage plekken, de gemalen zo goed mogelijk laten functioneren, eventueel noodpompen bijplaatsen op kritieke plekken en zorgen dat de bergingsgebieden ingezet kunnen worden en deze ook inzetten.
- *Maalbeperkingen of maalstops instellen:* Wanneer de boezemwaterstanden te hoog worden en de boezemkades in gevaar komen, zullen maalbeperkingen of maalstops ingesteld worden in een aantal polders om de aanvoer naar de boezem te verminderen.
- *Communiceren en delen van informatie met anderen:* Het waterschap zal de verwachte wateroverlast, eventuele dreiging en de geplande maatregelen ook delen met andere organisaties zoals andere waterschappen, veiligheidsregio's, en belanghebbenden zoals agrariërs en natuurorganisaties. Zij kunnen dan ook adequaat reageren. Ook de pers moet te woord worden gestaan.

Het is de verwachting dat bij grootschalige neerslaggebeurtenissen een groot beroep wordt gedaan op de capaciteit van waterschappen voor de bovengenoemde maatregelen binnen het eigen gebied, voor afstemming met andere waterschappen, veiligheidsregio's, en voor het beantwoorden van vragen van bedrijven en inwoners die overlast ondervinden en van de pers. Vanwege de langdurige overlast zal de inzet van de waterschappen zeker 7 dagen nodig zijn en een groot deel van het beheersgebied kunnen treffen wat leidt tot een uitdaging om alle medewerkers periodiek afgelost te krijgen. Om beter gesteld te staan voor alle vragen raadt Rijnland aan om een backoffice te organiseren die meldingen van burgers te kunnen duiden, en een quick response team van deskundigen van waterkeringen of waterbeheer die in het veld een eerste beoordeling kunnen uitvoeren en indien nodig via de calamiteitenorganisatie acties kunnen opstarten (Rijnland, 2022).

Observaties in de werksessie en gesprekken met waterschappen

De waterschappen gaven in de werksessies en gesprekken aan dat de voorbereiding nog niet vanzelfsprekend ingericht is op dit soort extreme en grootschalige gebeurtenissen. Er bestaan vanzelfsprekend al calamiteitenhandboeken en bestrijdingsplannen maar bij de ontwikkeling van deze plannen waren grootschalige neerslaggebeurtenissen zoals die van juli 2021 nog niet duidelijk in beeld.

Om snel besluiten te kunnen nemen bij extreme grootschalige neerslaggebeurtenissen is het wenselijk om onder andere onderstaande informatie vooraf beschikbaar te hebben (Rijnland, 2022) (Bij sommige waterschappen kan een deel van deze informatie al beschikbaar zijn):

- Strategie voor voormalen;
- Protocol voor inzetten van tijdelijke noodpompen;
- Het prioriteren van gebieden: in bijvoorbeeld een calamiteitenplan wateroverlast kan een protocol ontwikkeld worden over de wijze waarop polderbemaling geminderd of afgeschakeld kan worden bij hoge boezemwaterstanden;
- Voorbereiden van monitoring van kades en keringen door informatie over de status van keringen klaar te zetten: welke keringen zijn eventueel beter belast tegen overloop dan andere? (e.g. waar ligt een grasmat, waar lopen paarden of zijn er volkstuintjes of is er begroeiing op de dijk, of waar is verdroging een probleem, waardoor de dijk minder regenwater kan hebben). Ook de kruinhoogte is hierbij relevant. Deze info helpt bij het opstellen van een praktische werkwijze voor dijkinspecties.

Ook zouden bruikbare instrumenten voor informatievoorziening, bijvoorbeeld om snel actuele en verwachte inundatiebeelden te kunnen maken en inzicht te krijgen in de locatie van belangrijke wegen of kwetsbare functies en of deze overstroomd kunnen raken. Deze informatie is van belang voor besluitvorming van waterschappen en voor de afstemming met de veiligheidsregio's.

Er kwamen in de werksessie niet alleen informatievragen naar boven gerelateerd aan mogelijke maatregelen en hun effecten, maar ook vragen met betrekking tot organisatie, verantwoordelijkheden en mandaat. Juist doordat deze neerslag bovenregionaal is, zijn verantwoordelijkheden voor besluiten nog niet altijd volledig duidelijk voor alle werksessie deelnemers. Vragen die genoemd zijn, zijn bijvoorbeeld:

- Wie mag besluiten nemen over bijvoorbeeld het uitzetten van poldergemalen om boezems te ontlasten en wie is er aansprakelijk voor de extra schade in de betreffende polders wanneer inwoners door handelen van waterschappen extra schade ondervinden?
- Hoe kan er goed afgestemd worden met andere waterschappen, overheden, veiligheidsregio's en organisaties zonder te veel tijd/menskracht kwijt te zijn aan het afstemmingsproces?
- Hoe verloopt de communicatie naar burgers (in principe gaat dit via de veiligheidsregio's, maar ook de waterschappen communiceren zelf naar de buitenwereld en in praktijk kunnen burgers en boeren wel naar het waterschap bellen en daarmee tijd vragen van werknemers van het waterschap).
- Hoe kan snel overzicht verkregen worden van de gebieden met wateroverlast? Afhankelijk van de grootte van het getroffen gebied is hierbij gedacht aan het maken van fotovluchten met behulp van de inzet van een politiehelikopter, professionele drones of een F16 van het ministerie van Defensie.

Aanbevelingen

Het is aan te bevelen om bestaande protocollen te vergelijken met de impacts van bovenmaatgevende events en te bepalen waar aanvulling nodig is en een redeneerlijn 'grootschalige neerslaggebeurtenissen' op te stellen waarin vooraf bedacht is hoe te handelen tijdens extreme neerslag en waarbij ook alle relevante informatie voor het nemen van besluiten voorhanden is.

Ook organisatorische vragen en vragen gerelateerd aan mandaat en verantwoordelijkheden die juist bij grootschalige of bovenregionale gebeurtenissen een rol spelen kunnen hierin geadresseerd worden. Hierdoor kan tijdens extreme neerslaggebeurtenissen kostbare tijd worden bespaard, en kan beter worden ingespeeld op de actuele situatie.

6.3 Crisisbeheersing – maatregelen buiten het watersysteem

Situatie

De waterschappen kunnen wateroverlast niet voorkomen bij extreme grootschalige neerslaggebeurtenissen. Er zal een risico zijn op doorbraken van boezemkades en er zal grootschalige wateroverlast optreden op veel locaties vooral in meer landelijk gebied. De stroom zal op enkele locaties uitvallen, en de bereikbaarheid zal minder zijn door ondergelopen delen van wegen, door ondergelopen tunneltjes en ook zullen er enkele kwetsbare objecten en IED installaties te maken hebben met overlast.

Wat kan gedaan worden tijdens een grootschalig neerslaggebeurtenis

De overheden, veiligheidsregio's, gemeentes, waterschappen, provincies en rijk zullen trachten de gevolgen zoveel mogelijk te beperken en herstel te bevorderen. Het voorkomen van slachtoffers heeft hierbij de hoogste prioriteit.

De veiligheidsregio's hebben als taak om de coördinatie tussen organisaties en de afstemming van maatregelen te organiseren. Hiervoor worden operationele en beleidsteams bij elkaar geroepen waarin ook de waterschappen zijn vertegenwoordigd en het waterbeeld kunnen schetsen. In die coördinatieoverleggen wordt allereerst gezorgd voor een beeld van de situatie (waar staat water, waar is de stroom uitgevallen, welke wegen zijn niet meer toegankelijk en waar zijn kwetsbare mensen of gebouwen). Vervolgens zullen maatregelen en acties genomen worden, zoals bijvoorbeeld het zorgen van een goede bereikbaarheid van kwetsbare objecten zoals ziekenhuizen, het informeren van hulpverleners, burgers en bedrijven over de actuele en verwachte situatie en mogelijke maatregelen die genomen kunnen worden. Ook zullen noodoplossingen gecreëerd worden om de effecten van uitgevallen infrastructuur te beperken, zoals omleidingsroutes, noodaggregaten, afsluiten van ondergelopen delen of boezemkades.

Observaties in de werksessie en gesprekken met waterschappen

In de werksessie kwamen veel vragen naar boven, zoals:

- Is het voor iedereen duidelijk wie wat moet doen en wie waarvoor verantwoordelijk is bij grootschalige neerslaggebeurtenissen en zijn alle taken wel belegd?
- Is er genoeg menskracht bij een zo grootschalige gebeurtenis om alle mogelijke vragen te beantwoorden en knelpunten snel op te lossen?
- Welke adviezen en handelingsperspectieven kunnen we geven aan bewoners en bedrijven en kunnen we de communicatie voorbereiden?
- Waar kunnen burgers met vragen over mogelijk maatregelen of met meldingen van schade het beste terecht?

Aanbeveling

Om de mogelijke informatiebehoefte concreet te maken en maatregelen beter voor te bereiden helpt mogelijk een oefening of een pilot te houden met een concrete case met de veiligheidsregio's (en waterschappen). Ter voorbereiding voor grootschalige overstromingen hebben de veiligheidsregio's impactanalyses uitgevoerd en plannen gemaakt. De stappen en informatie hieruit kunnen wellicht gebruikt worden bij het vormgeven van een impactanalyse en plannen voor grootschalige neerslagoverlast.

6.4 Gevolgbeperking en ruimtelijk beleid

Situatie

Uit hoofdstuk 3 blijkt dat bij grootschalige neerslag in grote gebieden wateroverlast optreedt, vooral in de nu nog meer landelijke gebieden. Deze liggen minder gunstig dan stedelijke gebieden en hebben in het algemeen een minder goede afwateringscapaciteit. Ook blijkt de samenhang van het systeem en het belang daarvan bij grootschalige gebeurtenissen: als de afvoer van water uit polders wordt verbeterd, dan worden de boezemwaterstanden sneller te hoog en dreigen er maaltops voor heel veel polders waardoor de overlast toe neemt. De bijzondere effecten die samenhangen met de grote schaal van bovenregionale neerslag en het verschil met lokale extreme neerslag zijn niet in alle gebieden even relevant: in gebieden die meer geïsoleerd zijn qua watersysteem zijn grootschalige en lokale neerslaggebeurtenissen qua gevolgen minder verschillend en zijn grootschalige gebeurtenissen daarom minder relevant om te beschouwen (naast lokale piekbuien) dan in gebieden met samenhangende watersystemen. Zo zijn de effecten van juist die grote schaal kleiner op de Zuid-Hollandse eilanden kleiner dan in Rijnland en Delfland. Deze inzichten zijn relevant voor ruimtelijk beleid. Er is ruimte nodig in polders om water te bergen, omdat niet alles direct naar de boezem kan worden afgevoerd in Rijnland en Delfland. Bovendien zijn er voor de boezems in de toekomst mogelijk extra bergingen nodig als dit soort gebeurtenissen zich vaker voordoen. Deze ruimtevraag voor juist grootschalige neerslag is minder belangrijk op de Zuid-Hollandse eilanden dan in Delfland en Rijnland.

Wat kan er ruimtelijk beleid bijdragen

In de Nationale Omgevingsvisie is aangeduid dat het beleid ertoe moet leiden dat Nederland in 2050 klimaatbestendig en waterrobuust is ingericht. Dit betekent dat bij (her)ontwikkelingen gekeken moet worden hoe het risico op schade en slachtoffers door extreem weer verkleind kan worden en dat er voldoende ruimte moet worden gereserveerd voor toekomstige waterveiligheidsmaatregelen (Kolen *et al.*, 2022).

Ruimtelijk beleid kan bijdragen aan het beperken van de gevolgen van grootschalige neerslaggebeurtenissen, door de gevolgen van dergelijke gebeurtenissen te beschouwen in keuzes over bijvoorbeeld woningbouw:

1. *Waar* gebouwd kan worden: voor de locatiekeuze gaat de voorkeur dan uit naar hogere of minder kwetsbare delen;
2. Hoe wijken het beste kunnen worden *ingericht* kunnen worden zodat de afwenteling naar andere gebieden en de overlast in het nieuwe ontwikkelde gebied zelf beperkt blijven;
3. En bij het ontwerp van individuele gebouwen en objecten.

Zo kan door grootschalige neerslagoverlast mee te nemen bij het invullen van het concept 'bodem en water stuurt' nagedacht worden over de locatiekeuze voor grootschalige woningbouwlocaties.

Bij de inrichting van wijken kan nagedacht worden over situaties waarin de riolering of drainage onvoldoende is en bijvoorbeeld berging op straat realiseren door stoepranden. Eventueel regenwater op straat komt dan niet direct de gebouwen in. Ook kan bergingsruimte worden gecreëerd zoals nu al gebeurt voor lokale piekneerslag.

Ook gaat het hier om het ontwerpen, aanpassen of eventueel beschermen van gebouwen en objecten die kwetsbaar zijn voor wateroverlast en waarvan het goed functioneren cruciaal is voor de maatschappij. Denk hierbij aan transformatorstations, tunnels, ziekenhuizen en andere kwetsbare en vitale objecten.

Voor het beoordelen van het risico op een bepaalde locatie voor een object gegeven grootschalige gebeurtenissen en lokale piekbuien en overstromingen door dijkdoorbraken is een aanpak geschetst door Kolen et al. (2022).

Wateroverlast van lokale piekbuien wordt al beschouwd in ruimtelijk beleid en bodem en er wordt al gewerkt aan het invullen van het principe 'bodem en water stuurt'. Het specifieke grootschalige karakter van neerslag zoals hier bekeken, wordt mogelijk nog niet goed beschouwd. Voor het lokale risico van een gebouw zal dit in het algemeen niet relevant zijn, maar voor de ruimtevraag voor waterberging wel. Wanneer gebouwd wordt in nu nog relatief lege polders bestaat het risico op afwenteling naar boezems, kritieke situaties daar en toenemend gevaar en overlast in andere gebieden. Hoe dit het beste meegenomen kan worden in de keuze voor locatie voor grootschalige woningbouw of in aanpassing van woningen is een belangrijke vraag.

Om extreme neerslag mee te kunnen nemen in ruimtelijk beleid (lokatiekeuze, inrichting van gebieden en ontwerp van objecten) is informatie nodig zoals:

- inzicht in mogelijke gevolgen van extreme wateroverlast (diepte, duur, schade) zoals voor deze casestudie gegeven in hoofdstuk 3;
- inzicht in de benodigde ruimte voor piekberging (in een afwateringsgebied waar nu ongeveer 100 mm waterschijf geborgen wordt, zal indien een bergingsgebied met een laag van 1m 10% van het gebied bergingsgebied moeten worden om de overige 90% droog te houden. Dit zijn aanzienlijke gebieden. Hoofdstuk 3 biedt voor dit gebied eerste indicaties hiervoor.
- inzicht in de mogelijkheden van klimaatrobuuste inrichtingen van wijken;
- inzichten in alternatieve locaties voor woningbouw.

Aanbeveling

Het is aan te raden om landelijk in beeld te brengen voor welke gebieden grootschalige neerslag het meest vraagt van ruimtelijke keuzes en hoe daar rekening gehouden kan worden met grootschalige neerslag.

Verder kunnen in een pilotgebied mogelijke maatregelen en inrichtingen uit te werken gebruik makend van de in deze casestudie verzamelde informatie over de gevolgen van grootschalige neerslag en hieruit lessen te trekken voor het gebied en voor andere gebieden. Bestaande richtlijnen kunnen hierbij meegenomen worden (e.g. convenant klimaatadaptief bouwen en passage in de verordening over klimaatadaptatie). Naast de in dit rapport gepresenteerde kaarten van waterdieptes en gevolgen kunnen samen met stakeholders ook extra kaarten ontwikkeld worden met daarop geïnterpreteerde informatie, zoals:

- Gevaarkaart: combinatie van verwachte waterdiepte en duur.
- Indicatie van benodigde ruimte voor het watersysteem, bijvoorbeeld voor versterking van boezemkades, bergingsgebieden voor het boezemsysteem en benodigde oppervlaktes bergingsgebied voor het bergen van lokale neerslag in de polders zelf bij bepaalde situaties

7 Conclusies

7.1 Effecten van grootschalige neerslag voor Zuid-Holland

Dit project heeft als doel om de mogelijke gevolgen van grootschalige wateroverlast en mogelijke implicaties ervan voor crisisbeheersing en ruimtelijk beleid voor Zuid-Holland in beeld te brengen en om een methode te schetsen voor het analyseren van de overlast zodat ook andere gebieden hier hun voordeel mee kunnen doen. In deze paragraaf staan de conclusies met betrekking tot de gevolgen in Zuid-Holland. In de volgende paragraaf staat de voorgestelde methode beschreven.

Eerst worden de conclusies over het waterbeeld gegeven, dan die gerelateerd aan gevolgen, en tenslotte worden de conclusies die getrokken kunnen worden over mogelijke implicaties voor handelingsperspectieven gegeven.

Waterbeeld:

Bij grootschalige neerslag komt op veel plaatsen water op het maaiveld te staan, vooral in landelijk gebied. De waterdieptes zijn vrijwel overal kleiner dan 50 cm. Veel boezemwatergangen in Delfland en Rijnland krijgen te maken met kritische waterstanden en boezemkadedoorbraken zijn niet uitgesloten.

Bij een grootschalige neerslaggebeurtenis is de kans op kritische waterstanden op het ARK-NZK systeem zeer groot en zijn moeilijke keuzes nodig zoals over het instellen van maaltbeperkingen. Wanneer waterschappen minder of niet meer mogen uitmalen naar het ARK-NZK, dan wordt de overlast in die waterschappen groter en duurt de overlast in die waterschappen langer.

Vooraf in gebieden met polder-boezemsystemen of in gebieden die interactie hebben met andere gebieden via een gedeelde waterloop is het effect van grootschalige neerslag anders en langduriger dan van extreme lokale neerslag. Zo is de overlast in de beheergebieden van Rijnland en Delfland groter dan in Hollandse Delta. In Hollandse Delta zijn de watersystemen immers meer geïsoleerd en hangen minder samen. Ook al zullen de lokale waterdieptes daar vergelijkbaar zijn met die veroorzaakt door lokale neerslag van dezelfde hoeveelheid, voor de watermanagers van het waterschap en voor de veiligheidsregio is het beheer een grootschalige gebeurtenis wel veel complexer: immers, dan treedt wateroverlast op veel locaties tegelijkertijd op.

Gevolgen

De gevolgen van grootschalige neerslag zullen groot zijn en komen uit in de orde van 2 miljard euro. Deze schatting is conservatief, want de waterdieptes in polders en in stedelijk gebied is enigszins onderschat daar waar vanwege kritische boezemwaterstanden maaltstops ingesteld zouden worden, en daar waar riooloverstorten verdrinken. Ook zijn de indirecte gevolgen nog niet beschouwd. Verder is er uit gegaan van een goed functionerend watersysteem zonder kadedoorbraken en zonder storing bij gemalen.

Grootschalige wateroverlast geeft veel schade aan landbouw, recreatie en glastuinbouw en ook schade aan bedrijventerreinen, industrie en er worden veel woningen getroffen. Gezien de beperkte waterdieptes is de kans op dodelijke slachtoffers heel klein. Op de meeste locaties zal de stroom naar verwachten blijven functioneren, worden de meeste kwetsbare objecten niet direct getroffen en ondervinden slechts enkele gevaarlijke IED bedrijven overlast.

Ook al valt slechts een klein percentage van alle laag- en middenspannings-transformatorstations uit, toch is het absolute aantal stations dat mogelijk getroffen wordt door wateroverlast nog groot. Grootschalige neerslag heeft grote impact op transportinfrastructuur en bereikbaarheid. Laaggelegen weggedeeltes en onderdoorgangen lopen vol wanneer de pompen en/of riolering niet werken. Op de snelwegen zullen de tunnels en laag gelegen bakken waarschijnlijk leeggepompt worden. Op provinciale wegen en lokale wegen van gemeentes en waterschappen is er grotere kans op wateroverlast door niet werkende afvoer van regen van laaggelegen weggedeeltes en tunnels. Naar verwachting zal van de brandweer veel inzet gevraagd worden om knelpunten weg te nemen. Waarschijnlijk worden ook cruciale locaties zoals ziekenhuizen en brandweerkazernes tijdelijk minder toegankelijk.

Crisisbeheersing

Bij grootschalige extreme neerslag kan overlast kan niet voorkomen worden, simpelweg omdat de polder- en boezemgemalen een beperkte capaciteit hebben. Grootschalige overlast in veel gebieden gedurende lange tijd vraagt een grote inzet van mensen en materiaal op veel locaties. Dat is heel anders dan inzet bij een lokale piekbui. Ook de informatiebehoefte zal dan groot zijn. Er is kans op verlies aan overzicht, overbelaste experts en tegenstrijdige berichten in de media. In gesprekken en de werksessie is vastgesteld dat maatregelen gericht zullen zijn op het:

- Het zo veel mogelijk voorkomen van slachtoffers door
 - het voorkomen van kadedoorbraken door boezempeilen niet te ver te laten stijgen door op tijd maaltstops af te kondigen en goed de kades te monitoren
 - Zorgen dat kwetsbare objecten zoals ziekenhuizen bereikbaar blijven
- De schade en ontwrichting te beperken door bijvoorbeeld:
 - water te bergen in de polders waar dat niet te veel tot overlast leidt. Om dit voor te bereiden en prioritering te kunnen toepassen wordt bijvoorbeeld nu al gekeken naar de potentiële schade in polders door AGV en Rijnland (Rijnland, 2022)
 - voorkomen dat kritieke objecten, tunnels en verlaagde weggedeeltes ontoegankelijk worden door deze anders te ontwerpen, of onderhoud nog beter te prioriteren, of door gerichte inzet van de brandweer op deze cruciale locaties tijdens neerslaggebeurtenissen.
 - Zoveel mogelijk te voorkomen dat de riolering overstroomt.
 - Het vooraf en tijdens dit soort gebeurtenis informeren van burgers, bedrijven, en organisaties op zo'n manier dat zij effectief kunnen handelen, en zo min mogelijk hinder ondervinden van de wateroverlast.

De huidige calamiteitenhandboeken en protocollen zijn ontwikkeld voor juli 2021 en mogelijk zijn er aanvullingen nodig specifiek voor grootschalige neerslaggebeurtenissen. Denk hierbij aan afstemming tussen organisaties en regio's, het verkrijgen van overzicht bij zo'n groot event en communicatie naar grote aantallen belanghebbenden.

Wat betekent dit

De toekomstige wateropgave als gevolg van extreme en grootschalige neerslag dient dan ook serieus genomen te worden. Om in de toekomst voorbereid te zijn en gesteld te staan voor grootschalige wateroverlast is het nodig om niet alleen te kijken naar het watersysteem, maar ook om de effecten van grootschalige neerslag mee te nemen in ruimtelijke ordening en crisisbeheersing. Deze opgave kan niet opgelost worden door één partij, omdat bij grootschalige wateroverlast veel organisaties een rol spelen en ieder verantwoordelijk is voor een deel van de benodigde taken. Het is daarom cruciaal om niet alleen waterdieptekaarten (of blauwe kaarten) en impactkaarten te maken, maar om juist ook in werksessies en risicodialogen samen te bespreken hoe een gebied het best ingericht of voorbereid kan worden op grootschalige neerslag. Het gebruik van storylines en concrete scenario's kan helpen bij communicatie tussen organisaties.

7.2 Methode voor de analyse van grootschalige wateroverlast

7.2.1 Belangrijke stappen en uitgangspunten bij de methode

Op basis van de analyse van grootschalige neerslaggebeurtenissen in Zuid Holland worden in deze paragraaf een methode voorgesteld die ook in toekomstige studies of gelijksoortige gebieden met polder-boezemsystemen gebruikt kan worden voor studies naar de gevolgen van grootschalige neerslaggebeurtenissen.

Van grof naar fijn en weer terug

Voor het analyseren van de gevolgen van grootschalige wateroverlast is geen kant en klaar model of aanpak beschikbaar. Voor het verkrijgen van het beeld van het effect op waterstanden en de overstroming zijn vaak grovere modellen waarin grotere gebieden op een minder nauwkeurige wijze geschematiseerd zijn. Er zijn wel gedetailleerde modellen aanwezig, maar die bestrijken meestal maar een klein gebied en zijn dus niet geschikt om de interactie tussen gebieden of systemen te beschouwen. Om toch een gebiedsdekkend beeld te krijgen, is het daarom aan te raden om “van grof naar fijn te werken en weer terug van fijn naar grof”: om eerst een beeld te krijgen van kwetsbare gebieden of systemen en daar dan in detail verder naar te kijken en vervolgens de resultaten uit de detailanalyses eventueel weer te gebruiken om ook op andere locaties de uitkomsten van de grovere modellen te duiden of om deze te gebruiken als input voor de grovere modellen om de effecten op het grote systeem te beschouwen.

Stappen:

Bij het analyseren van grootschalige neerslaggebeurtenissen in laag Nederland zijn de volgende stappen aanbevolen:

- 1 Keuze met betrekking tot de te bekijken grootschalige neerslagscenario's;
- 2 Bepaal het bijbehorende waterbeeld (met waterstanden, waterdieptes en duur van de overlast);
- 3 Bepaal de gevolgen van de wateroverlast;
- 4 Bespreek de uitkomsten (risicodialoog) en verken het handelingsperspectief.

Deze stappen worden in de volgende subparagrafen in meer detail toegelicht.

Wie is nodig om een grootschalige neerslagoverlast analyse te maken?

Bij het uitvoeren van een analyse van grootschalige neerslagoverlast zijn verschillende organisaties cruciaal. De waterschappen en veiligheidsregio's zijn belangrijk voor het bepalen van gevolgen van de neerslag en crisisbeheersing. Verder zijn voor coördinatie, afstemming en de relatie met ruimtelijk beleid de provincie en gemeentes belangrijk. Ook de betrokkenheid van Rijkswaterstaat is nodig vanwege de rol van RWS in ruimtelijke adaptatie, het beheer van wegen en waterwegen. Voor het communiceren tussen verschillende organisaties kunnen werksessies gebruikt worden, en kunnen storylines werken als communicatiebindmiddel.

7.2.2 Stap 1: Keuze van de te bekijken scenario's

In deze studie zijn vier scenario's gekozen die variëren in hoeveelheid neerslag, en initiële condities. In alle hier bestudeerde scenario's is uitgegaan van het goed functioneren van het watersysteem en van een response van de waterbeheerders conform de protocollen. Ook in deze factoren kunnen keuzes gemaakt worden waardoor meer scenario's ontstaan. De scenario's waarin alles werkt zoals bedoeld is, kan opgevat worden als het basisscenario en op basis van de uitkomsten kunnen aanvullende scenario's bekeken worden (zie ook paragraaf 2.2).

De hier genoemde scenario's zijn voor analyse van grootschalige wateroverlast. Daarnaast blijven vanzelfsprekend ook de bestaande stresstesten met vooral lokale intensieve buien van belang.

In toekomstige stresstesten voor grootschalige neerslaggebeurtenissen kan ofwel getracht worden om te bepalen welke hoeveelheid neerslag het systeem nog net aan kan, of wel de response van een bepaalde hoeveelheid neerslag bepaald worden. De hier gekozen hoeveelheden neerslag van 150 en 200 mm neerslag passen bij de situatie in 2021. De kans hierop is afhankelijk van de grootte van het gebied waarop de neerslag wordt toegepast: de kans is groter dat deze neerslag valt op een klein gebied, dan op bijvoorbeeld heel Delfland en de kans dat neerslag in de hele provincie valt is nog kleiner. De scenario's zijn in ieder geval bovenmaatgevend en plausibel. Op basis van de onderzoeken naar kansen van grootschalige neerslagsystemen die nu nog lopen kan in de toekomst waarschijnlijk een betere schatting worden gegeven.

Bij de keuze van een scenario moeten in ieder geval de volgende bepalende elementen worden beschreven:

- *Neerslag*: Kies voor een neerslag die homogeen is in de ruimte, dus gelijk is in heel het gebied zodat er geen discussies ontstaan over de locatie van het centrum van de bui en het scenario helder is. Verdeel de neerslag op een realistische manier over de dagen zodat de hydrologische processen realistisch kunnen verlopen (zie paragraaf 2.2).
- *Buitenwatercondities*: er is hier uitgegaan van een situatie met normaal getij en geen storm. Storm of een ongunstige wind na de regenval kan de situatie verergeren. Dit is hier niet meegenomen.
- *Initiële condities*: In deze studie is een situatie bekeken met droge en natte initiële condities. Bij droge initiële condities is er veel bergingsruimte in de bodem en sloten, bij natte initiële condities zijn de bodem en het gebied al verzadigd voor de neerslag valt.
- *Functioneren watersysteem*: In deze studie is aangenomen dat het systeem functioneert zoals het hoort te functioneren. Waterschappen kunnen extra scenario's bekijken waarin bijvoorbeeld een cruciaal gemaal storing vertoont, of een zwakke en/of belangrijke boezemkade bezwijkt. Dit zijn dan extra scenario's die bijvoorbeeld bepaald kunnen worden om het belang van reservepompen of snelle reparaties te onderzoeken.
- *Response watermanagers en anderen*: Er is aangenomen dat de response verloopt volgens de protocollen. Dat betekent bijvoorbeeld dat Delfland voormaakt bij de voorspelling van dit neerslagevent, dat bergingsgebieden worden ingezet als de drempelwaarde daarvoor overschreden wordt en dat kunstwerken volgens procedure gestuurd worden. De precieze invulling verschilt per waterschap en zou door de waterschappen benoemd moeten worden, zodat de aannames helder zijn.

7.2.3 **Stap 2: Bepaal het waterbeeld**

Om het waterbeeld te bepalen wordt eerst gekeken naar het watersysteem, dan naar de polders, de samenhang met het stedelijk systeem en tenslotte naar interacties tussen gebieden.

2a: Bepaal waterstanden in waterlopen en te bergen volumes water in polders

Met een regionaal model kan het effect van het scenario op de waterstanden in waterlopen bepaald worden. In deze studie zijn hier de bestaande Sobek2 modellen voor gebruikt, maar vanzelfsprekend kunnen ook andere modellen gebruikt worden mits deze het watersysteem goed representeren. Ook worden hiermee de volumes water die achterblijven in polders of afwateringsgebieden berekend. Het is belangrijk niet alleen naar de maximale waterstanden te bekijken, maar ook naar de duur van hoge of kritische waterstanden.

In het algemeen zijn regionale modellen van waterschappen gemaakt en bedoeld om de waterstanden in de boezems goed te representeren. De polders zijn vaak vereenvoudigd opgenomen op zo'n manier dat hun bijdrage aan de boezem goed is meegenomen. De waterstanden en dieptes in polders worden door deze modellen niet altijd goed gesimuleerd. Om die reden is het niet altijd mogelijk om deze modellen te gebruiken voor inzicht in waterstanden in de polders, maar wel om de volumes water geborgen in een polder te bepalen.

De resultaten geven aan waar knelpunten in het boezemsysteem liggen, geven informatie over de inzet van bergingsgebieden, de duur van hoogwater en implicaties, bijvoorbeeld of er in deze situatie maalstops of andere calamiteitenmaatregelen zouden worden getroffen en eventueel de interactie met andere gebieden en of relevante factoren voor het waterschap (e.g. calamiteiten of noodmaatregelen of etc.)

2b. Controleer en evalueer de uitkomsten

Waterschappen kunnen de resultaten van de regionale modellen voor de boezems en grotere waterlopen op hoofdlijnen controleren. Hierbij kan gekeken worden of het model nog betrouwbaar is voor deze hoge waterstanden. In werkelijkheid zullen waterstanden niet ver boven de kades uitkomen: als dit wel gebeurt lopen deze immers over en stijgt de waterstand niet verder. Bovendien zullen waterschappen in werkelijkheid maatregelen treffen om te voorkomen dat boezemkades onderlopen en dan maalstops instellen. In regionale modellen kunnen waterstanden meestal doorstijgen en wordt het overlopen niet gerepresenteerd in het model, wat kan leiden tot een overschatting van de waterstand in de boezem en een onderschatting van de waterdiepte in polders.

2c. Analyseer het effect in boezemlanden en vrij afwaterende gebieden in laag

Nederland: In boezemlanden kan een redelijk beeld verkregen worden door de waterstanden in de boezems te extrapoleren over het land.

2d. Bepaal het overstromingsbeeld door de volumes te spreiden met bv. de waterverspreider (zie bijlage B)

Het bepalen van de volumes per polder/afwateringsgebied en het koppelen hiervan aan gebieden en correct verspreiden, rekening houdend met waterlopen en peilen daarin geeft een beeld van waar het water dat achterblijft in de polders komt te staan. Dit is nodig als de verdeling van water binnen een polder niet goed gemodelleerd is in de gebruikte watersysteemmodellen, bijvoorbeeld omdat de polders als geheel als bakje zijn weergegeven. Als de regionale modellen zo zijn opgezet dat het duidelijk is welk afwateringsgebied hoort bij welke 'modelknoop' en het volume per afwateringsgebied goed bepaald kan worden, dan is het verdelen ervan relatief eenvoudig.

Het "gewoon" opleggen van bijvoorbeeld 150 mm neerslag aan een gebied en dat verspreiden geeft een overschatting: immers bij grote hoeveelheden neerslag in een groot gebied verspreid over twee dagen is het effect van berging in bodem en waterlopen en van het watersysteem ook belangrijk en deze wordt niet meegenomen wanneer 'gewoon' de neerslag verspreid wordt over het oppervlak. De verschillen zijn besproken in onder andere paragraaf 3.1 (Delfland) en 4.5 (voor Rijnland).

2e. Bekijk in nader detail het stedelijk gebied

Het stedelijk gebied, en zeker het rioolsysteem zijn op een vereenvoudigde manier meegenomen in de regionale modellen (zie paragraaf 3.5). Aangezien de intensiteit per uur niet extreem is, treedt naar verwachting alleen wateroverlast op, wanneer de riooloverstorten verdrinken. Gebeurt dit niet, dan kan het regenwater door het rioolsysteem worden afgevoerd naar de RWZI, de overstort of worden geborgen in het rioolsysteem.

Om de kwetsbare stedelijke gebieden te bepalen kan gestart worden met een analyse van de hoogte van de overstorten in vergelijking met de waterstanden.

Dit geeft een indicatie van de kans op overlast. Voor belangrijke kwetsbare gebieden is het gebruik van een gekoppeld riool-oppervlaktewatermodel aan te bevelen voor die gebieden waar mogelijk riooloverstorten verdrinken.

2f. Samenhangende systemen zoals ARK-NZK: Wanneer verschillende watersystemen op hetzelfde water of op elkaar afwateren, kan er interactie of afhankelijkheid optreden waardoor de afvoer uit de gebieden beperkt wordt. Het effect hiervan kan worden meegenomen door eerst voor de systemen apart te bekijken wat er gebeurt indien er geen afvoerbelemmeringen optreden, en kan geanalyseerd worden of dit leidt tot te hoge waterstanden op het ontvangende waterstanden en eventueel beperkingen op de afvoer of de gemalen. Als dat zo is, kan het effect daarvan bepaald worden. Voor het ARK-NZK is een eerste analyse gedaan in hoofdstuk 4.

2g. Resultaten waterbeeld weergeven op een bruikbare wijze, bespreken en delen

Om de resultaten te kunnen gebruiken zullen ze weergegeven moeten worden in bijvoorbeeld kaarten. Dit kan door de resultaten zelf ruimtelijk weer te geven en/of door afgeleide kaarten te maken met geïnterpreteerde resultaten (bijvoorbeeld de ernst van overlast op basis van waterdiepte en landgebruik). Het maken van geïnterpreteerde kaarten kan alleen in samenwerking met bijvoorbeeld veiligheidsregio's, gemeentes of de provincie. Eerste aanbevelingen hiervoor zijn gegeven in hoofdstuk 8.

7.2.4 Stap 3: Bepaal de gevolgen

Er kunnen gevolgen geanalyseerd worden door getroffen objecten te identificeren. Eventueel kan hier een schadebedrag aan toe te kennen. Het is aan te bevelen om te kijken naar:

- 1 Gevolgen voor nutsvoorzieningen;
 - a Bekijk welke transformatorstations, communicatiemasten en eventuele andere objecten voor elektriciteit, communicatie, gas, watervoorziening, waterafvoer en waterzuivering worden getroffen door wateroverlast en vergelijk de waterdiepte met drempelwaardes voor overlast. Voor de drempelwaardes gaan nu nog verschillende indicaties rond. Het zou goed zijn hiervoor uniforme getallen te gebruiken of de effecten van meerdere waardes te laten zien, zoals gedaan is in deze studie (20 en 50 cm water voor transformatorstations). Het is aan te raden de resulterende kaart te controleren met beheerders.
- 2 Gevolgen voor transportinfrastructuur:
 - a Het wegennetwerk kan over de waterdieptekaarten heen gelegd worden om te bepalen waar water op straat komt te staan. Hierbij kan ook de duur meegenomen worden. Vervolgens zal gecorrigeerd moeten worden voor de aanwezigheid van werkende pompen in tunnels en laaggelegen delen. Aangezien wegen vaak langs boezems of sloten lopen, is een hoge resolutie vereist om te veel modelartefacten te voorkomen. Naast wegen die onderlopen kunnen ook boezemkades ontoegankelijk worden in het geval van kritische waterstanden op de boezems.
 - b Het effect van de wateroverlast op het functioneren van de spoorlijnen, trams, metrolijnen en scheepvaart is niet bekeken in deze studie, maar is wel relevant om te beschouwen in vervolgstudies.
- 3 Gevolgen voor kwetsbare objecten en IED bedrijven;
 - a Met behulp van de data van risicokaart.nl kan eenvoudig beeld gegeven worden van de getroffen kwetsbare objecten en IED bedrijven. Het is aan te raden dit beeld vervolgens nog te valideren in het veld of met beheerders.
- 4 Overige directe gevolgen:
 - a Het aantal getroffen hectares van de landgebruik categorieën: landbouw, recreatie, natuur en stedelijk gebied;

- b Het aantal getroffen woningen
- c Het aantal getroffen: mensen waarvan de woning op een locatie staat met meer dan 2 cm wateroverlast (bovenwoningen zijn hierin niet meegeteld, de inwoners van die woningen wel).
- d Een indicatie van de monetaire waarde van de directe schade aan gebouwen, gewassen en objecten. Het economisch waarderen van ontwrichting door uitval van stroom, verminderde bereikbaarheid van kwetsbare objecten, en andere indirecte effecten is moeilijker en mogelijk ook minder noodzakelijk voor de discussie. Voor deze ontwrichting kan ook een beeld gegeven worden door bijvoorbeeld het aantal getroffen mensen te geven (bij stroomuitval bijvoorbeeld), of het aantal vervoermiddelen dat normaal gebruik maakt van de weg en de duur van overlast.

Om een indicatie van de getroffen oppervlaktes van bepaalde landgebruiksklassen, het aantal woningen en getroffen en een indicatie van de schade te krijgen is het Standaardmodel Schade en Slachtoffermodel 2017 (SSM2017) gebruikt in deze studie (zie paragraaf 2.3). Hiervoor kan ook de waterschadeschatter gebruikt worden.

In deze studie is schade door bedrijfsuitval, indirecte schade ten gevolge van het uitvallen van kritieke infrastructuur, kosten van hulpverlening, evacuatie, opruimen en nazorg, milieuschade door verontreiniging, schade door stress, ontwrichting, imagoschade of reputatieschade van locaties niet beschouwd. Deze posten worden niet meegenomen in SSM2017 en ook niet in de Waterschadeschatter en zouden eventueel apart benoemd kunnen worden.

Duur van overlast:

Naast maximale waterdieptes is ook de duur van de overlast van belang voor de impact van de overlast. In de Waterschadeschatter kan het effect van duur op landbouwschade meegenomen worden. De impact van duur op maatschappelijke ontwrichting, bijvoorbeeld als er lang water op straat staat, of wegen niet toegankelijk zijn, is relevant. Om die reden is het geven van een indicatie van de duur van de overlast belangrijk, zelfs al kan dit niet goed in economische schade vertaald worden. Ook zou een indicatie van de duur van het herstel bijdragen aan de gevolgschatting.

Hersteltijd

Na schade komt herstel. In deze studie is niet onderzocht wat de hersteltijd is na schade. Voor een compleet beeld van de gevolgen en impacts van een grootschalige neerslaggebeurtenis is het aan te bevelen hersteltijd ook mee te nemen.

7.2.5

Stap 4: Risicodialoog en het verkennen van het handelingsperspectief

Op basis van het waterbeeld en de bijbehorende gevolgen kan het handelingsperspectief verkend worden. Hiervoor is een dialoog met de verschillende betrokken organisaties belangrijk. Deze stap hangt sterk samen met de risicodialoog uit de conventionele stresstesten.

In een werksessie of oefening kan door de relevante organisaties gezamenlijk een gebeurtenis helemaal uitgewerkt worden en doorlopen in de tijd van de voorspelling tot en met het herstel om te bekijken wie wat doet, waar afstemming nodig is en waar nog gaten liggen. Een dergelijke storyline benadering is met name nuttig voor crisisbeheersing, maar kan ook input leveren voor ruimtelijk beleid.

Daarnaast kunnen de verschillende organisaties zelf op basis van het beeld van de gevolgen hun voorbereiding verbeteren en andere acties ondernemen (zie hoofdstuk 5). De uitkomsten kunnen ook handvaten bieden voor het ontwikkelen van leidende principes voor ruimtelijk beleid.

Voor het bekijken van benodigde en mogelijke maatregelen (inclusief voorbereiding en communicatiemaatregelen) is het netwerk van organisaties en de dialoog tussen mensen van organisaties cruciaal aangezien dit leidt tot een gedeeld inzicht over mogelijke maatregelen, informatiebehoefte, communicatiemogelijkheden en deze het begrip en de kennis van de individuele organisaties vergroot. Er is geen enkele organisatie verantwoordelijk voor de gehele response of het gehele beleid, iedere organisatie heeft andere verantwoordelijkheden, dus samenwerking is noodzakelijk.

7.2.6 Relatie met andere trajecten

Door gemeentes worden stresstesten voor wateroverlast uitgevoerd. De analyse van grootschalige neerslagevents zoals in deze studie gedaan vormt een aanvulling hierop. De stresstest voor grootschalige wateroverlast kijkt naar een groter gebied, en neemt interactie in het watersysteem mee. Ook is er meer aandacht voor de duur van het event en vooral voor de keten van effecten in zo'n event. Doordat het gebied waar naar gekeken wordt groter is, wordt de analyse niet gedaan door gemeentes alleen, maar is de rol van de waterschappen cruciaal en zijn veiligheidsregio's en de provincie belangrijker dan bij de meer lokale stresstesten van korte lokale hevige buien. Aangezien er meerdere partijen samen moeten werken om te bekijken of een gebied gesteld staat voor grootschalige wateroverlast, waar knelpunten liggen en wat mogelijke acties zijn tijdens een event en hoe dergelijke event van invloed kunnen zijn op ruimtelijk beleid, wordt hier een andere aanpak voorgesteld (zie vorige paragraaf). Het maken van de waterdiepte kaarten is complex, maar tegelijkertijd slechts een begin. Het duiden van de uitkomsten en de gesprekken tussen partijen is het hierbij cruciaal.

Voor locaties waar met name kortere duren bepalend zijn voor de overlast kunnen de resultaten van bestaande stresstesten al een goede indicatie geven van de kwetsbaarheid en potentiële handelingsperspectieven. Dit geldt voor bijvoorbeeld voor stedelijk gebied waarbij eventuele overstorten op grote riviertakken plaatsvinden en welke dus ook beschikbaar zijn bij grootschalige neerslag, of waar het straatniveau ruim boven het overstortniveau ligt. Het geldt ook voor eilanden en geïsoleerde gebieden waarvoor alleen de lokale neerslag relevant is en het dus voor het waterbeeld en de gevolgen niet uitmaakt of de neerslag alleen lokaal valt, of in een groter gebied. Denk hierbij bijvoorbeeld aan Dordrecht. Voor gebieden waarvan de afwatering via een boezemsysteem verloopt, of via een gedeeld watersysteem is grootschalige neerslag wel relevant om te beschouwen naast intensieve kortdurende piekbuien. Voor de response op overlast kan het overigens ook voor eilanden wel uitmaken of de neerslag valt uit een lokale bui, of deel uitmaakt van een grootschalig neerslagsysteem. Zo is het voor bijvoorbeeld waterschap Hollandse Delta (in het geval van Dordrecht) of wel relevant of de extreme neerslag alleen in Dordrecht is gevallen, of ook op andere eilanden, immers het waterschap heeft slechts een beperkte capaciteit en moet die verdelen over de verschillende eilanden in haar beheersgebied.

8 Aanbevelingen

8.1 Aanbevelingen om een beter beeld van de gevolgen te krijgen

Om de gevolgen van grootschalige neerslag nog beter in beeld te krijgen worden de volgende aanbevelingen gedaan:

- 1 Analyseer voor enkele voorbeeldgebieden waar riooloverstorten verdrinken met gekoppelde riool-oppervlaktewater modellen of en waar water op straat komt te staan bij grootschalige neerslagevents.
- 2 Leg de kaarten met getroffen weggedeeltes voor aan beheerders van wegen en tunnels om samen na te gaan of uitval waarschijnlijk is en of eventueel aanvullende maatregelen wenselijk zijn. Bepaal vervolgens of de uitval van wegen een belangrijk effect heeft op de bereikbaarheid van bepaalde cruciale locaties zoals bijvoorbeeld ziekenhuizen, brandweerkazernes of gemalen.
- 3 Bekijk de kaarten met getroffen electriciteitsstations met beheerders. Voor de meest belangrijke getroffen electriciteitsstations kan een plausibiliteitscheck gedaan worden en kan zo'n analyse ook bijdragen aan het zicht te krijgen op mogelijke maatregelen om stroomuitval, of overlast bij kwetsbare locaties of IED bedrijven te voorkomen. Ook kan dan bepaald worden in welk gebied de stroom kan uitvallen en kan inzicht gegeven worden over mogelijk belangrijke cascade-effecten van die stroomuitval.
- 4 Analyseer ook de gevolgen van de bekeken scenario's op drinkwatervoorziening, rioolwaterzuiveringen, (riool)gemalen, het netwerk voor ICT en telecom, metro- en tramlijnen en scheepvaart.
- 5 Besteed aandacht aan de stabiliteit van boezemkades: welke kades zijn gevoeliger voor overloop of hoge waterstanden en wat is de faalkans gegeven dit soort events?
- 6 Bepaal de gevolgen van grootschalige wateroverlast in meer detail rond Amsterdam en in het beheersgebied van AGV en HDSR, rekening houdend met het gemaal bij Zeeburg, de fronten bij Amsterdam en voormalen en bespreek mogelijke redeneerlijnen en maatregelen met het netwerk van Slim Watermanagement.

8.2 Aanbevelingen voor het verbeteren van crisisbeheersing

Om crisisbeheersing verder te verbeteren worden de volgende aanbevelingen gegeven:

- 1 Bekijk de bestaande draaiboeken, handboeken en protocollen tegen het licht van de gevolgen van grootschalige neerslaggebeurtenissen en bespreek of aanvullingen nodig zijn.
- 2 Stel voor het ARK-NZK een redeneerlijn 'grootschalige neerslaggebeurtenissen' op waarin uitgewerkt is hoe te handelen tijdens extreme neerslag en waarbij ook alle relevante informatie voor het nemen van besluiten voorhanden is. Ook organisatorische vragen en vragen gerelateerd aan mandaat en verantwoordelijkheden kunnen hierin geadresseerd worden. Hierdoor kan tijdens extreme neerslaggebeurtenissen kostbare tijd worden bespaard, en kan beter worden ingespeeld op de actuele situatie.
- 3 Bereid coördinatie en afstemming tussen organisaties en naar belanghebbenden (nog) beter voor door een pilot of concrete case met de veiligheidsregio's (en waterschappen) te oefenen of uit te werken.

8.3 Aanbevelingen voor ruimtelijk beleid en gevolgbepierking

Neem ook *grootschalige* wateroverlast mee in ruimtelijk beleid (nu zijn stresstesten en ruimtelijk beleid nog vooral ingericht op lokale piekbuien):

1. Het meeste water wordt nu geborgen in landelijk gebied en op dit moment is dat minder kwetsbaar. Het is belangrijk ruimte voor berging in minder kwetsbare gebieden te behouden.
2. Ontwikkel een grootschalige wateroverlastkaart en voeg die toe aan de kaarten in 'Op Waterbasis' van Klijn (2021). Deze kaart zou inzicht moeten geven in het belang van grootschalige wateroverlast in de verschillende gebieden in Nederland en knelpunten identificeren.
3. Neem de kennis over grootschalige wateroverlast ook mee in de uitwerking van het principe 'bodem en water stuurt'. Bepaal bijvoorbeeld leidende principes met betrekking tot minimale bergingsruimte, het niet vergroten van de pompcapaciteit naar de boezems (om afwenteling te voorkomen) of met betrekking tot het zo ontwerpen dat bij een klein laagje water op straat de woningen niet getroffen worden.
4. Houdt bij de inrichting van nieuwe wijken rekening met water op straat door bijvoorbeeld stoepranden terug te brengen, en met grootschalige overlast in het gebied door bijvoorbeeld het straatniveau ruim boven het niveau van de riooloverstort te brengen.
5. Overweeg voor kritieke infrastructuur een hoger beschermingsniveau of een hoger niveau van aanleg. Zeker nieuwe objecten, zoals nieuwe transformatorstations kunnen zo aangelegd worden dat ze niet kwetsbaar zijn voor wateroverlast. Dit reduceert de maatschappelijke ontwrichting van grootschalige wateroverlast.
6. Neem de samenhang tussen crisisbeheersing en ruimtelijk beleid mee: Soms zijn de gevolgen van grootschalige neerslag zo groot dat in plaats van crisisbeheersing oplossingen gezocht moeten worden in ruimtelijke maatregelen, of soms geven crisismanagers randvoorwaarden aan ruimtelijk beleid. Om die reden is het goed om de twee perspectieven niet volledig los te ontwikkelen.

8.4 Aanbevelingen met betrekking tot de methode voor analyse grootschalige overlast

Het is aan te bevelen de hier geleerde lessen uit te werken in een handreiking voor de analyse van grootschalige wateroverlast. Hoofdstuk 7.2 kan hierbij als startpunt gebruikt worden. Naast een analyse voor laag Nederland, is het aan te bevelen om ook een analyse voor een vrijafwaterend gebied te doen om ook daar de methode uit te proberen.

De belangrijkste aanbevelingen met betrekking tot de methode zijn:

- 1 Gebruik enkele realistische scenario's en werk die helemaal uit samen met verschillende organisaties. Dit levert meer inzicht en draagvlak op dan een analyse van heel veel scenario's zonder duiding en zonder vertaling naar de implicaties voor de betrokken organisaties. De resultaten van berekeningen zijn immers nooit compleet of perfect maar vragen interpretatie: "Wat betekenen de uitkomsten voor wegen, gebouwen, landbouw, en voor de mensen in het gebied? Wat willen we er aan doen? Wat kunnen we? Wat moeten we weten? Hoe lang duurt een hoge waterstand? Deze vragen en de antwoorden erop worden helderder bij de analyse van een beperkte set scenario's.
- 2 Geef bij de keuze van een casestudie prioriteit aan gebieden met samenhangende watersystemen of interactie tussen watersystemen.
- 3 Bepaal het meest geschikte model voor de schatting van monetaire schade voor dit soort grootschalige events (SSM2017 of de waterschadeschatter). Kijk ook naar het effect van de duur van wateroverlast op de schade.
- 4 Volg ander lopend onderzoek (zoals bijvoorbeeld in de Brabantse Delta, Rijn en IJssel, NKWK, en meteorologisch onderzoek over kansen) en de lessen die daaruit volgen.
- 5 Vertaal de inzichten naar bruikbare kaarten, informatie en principes of handvaten voor Ruimtelijk beleid en crisisbeheersing

9 Referenties

- De Bruijn, K.M. & Slager, K. (2022a). *Wat als 'de waterbom' elders in Nederland was gevallen? Hackathon Deltares*, November 2021. Deltares rapport 11206890-010-GEO-0006. Deltares, Delft.
- De Bruijn, K.M. (2022b). *Casestudie Zuid-Holland: 'Analyse grootschalige wateroverlast'. Plan van aanpak*. 11208520-000-ZWS-0002, juni 2022. Deltares, Delft
- ENW (2021). Hoogwater 2021. Feiten en duiding. Expertise Netwerk Waterveiligheid.
- HHNK (2021). *Evaluatie bestrijding wateroverlast juni 2021*. HHNK.
- Hydrologic et al. (2022). *Slim Watermanagement Redeneerlijnen Amsterdam-Rijnkanaal / Noordzeekanaal*. Ontwikkeld met Rijkswaterstaat (WVL, WNN, MN) en de waterschappen AGV, HDSR, HHRL, HHNK, versie 3.1. Februari 2022.
- Kolen, B. et al. (2022). *Methodiek voor uitwerken bovenregionale extreme neerslagsscenario's als input voor stresstesten, ruimtelijk ordening crisisbeheersing en risico analyse*. NKWK Werkpakket Wateroverlast en overstroming 2022. Concept versie 0.9. 10 november 2022.
- Ministerie van Infrastructuur en waterstaat (2022a). *Eerste advies beleidstafel wateroverlast en hoogwater*. 55 pagina's. Downloadbaar van: [Eerste advies Beleidstafel wateroverlast en hoogwater | Rapport | Rijksoverheid.nl](#)
- Ministerie van Infrastructuur en waterstaat (2022). *Eindadvies Beleidstafel wateroverlast en hoogwater*. Voorkomen kan niet, voorbereiden wel. Allemaal aan de slag. 102 pagina's.
- Ministerie van I&W (2020). Gebruikershandleiding Schade Slachtoffer Module (SSM).
- Rijnland (2022). *Wat als de Limburgbui in Rijnland valt? Stresstest Rijnlands watersysteem*. Nr. 22.008078. April 2022. Hoogheemraadschap van Rijnland, Leiden.
- Slager, K., & Wagenaar, D. (2017). *Standaardmethode 2017 Schade en slachtoffers als gevolg van overstromingen*. 11200580-004. Deltares.Delft.
- STOWA (2021). *Provinciale normering wateroverlast: Hoe toekomstbestendig is de huidige aanpak en werkwijze?* Rapport 50, STOWA.
- TB (2021). Kernboodschappen TB (stand maart 2022). Kernteam TB. 11 maart 2022. Versie 0.3
- Tijssen, R., Sikma, H. (2020). *Hoofdconclusies drie jaar faalkansstudies voor de regio Noordzeekanaal/Amsterdam Rijnkanaal*. Notitie 18/5/2020 Slim Watermanagement.
- Van Ginkel, K. et al. (2022). *Grootschalig Neerslag Event provincie Zuid-Holland. Effecten op bereikbaarheid op het Hoofdwegenennetwerk en onderliggend netwerk*. Deltares, Delft.
- Vermeulen, C., Versteeg, R., van den Brink, M. (2017) *Slim watermanagement. Faalkansanalyse Noordzeekanaal/Amsterdam Rijnkanaal bij wateroverlast. Hoofdrapport*. PR3393.10. HKV Lijn in Water en Hydrologic.

Vermeulen, C.J.J., Honingh, D. (2021). *TB ARK/NZK – Effecten zeespiegelstijging op pomp- en spuicapaciteit*. HKV Lijn in Water, Rapport PR388.10. In opdracht van: Toekomstbestendig watersysteem Amsterdam-Rijnkanaal/Noodrizekanaalgebied. Juli 2021.

WAVE (2020). Handreiking Redden van mens en dier tijdens overstromingen

Websites:

Resultaten van de analyse van het effect van de Limburgbui op het beheersgebied van Hoogheemraadschap Stichtse Rijnlanden: [Limburg weersysteem op beheergebied HDSR \(arcgis.com\)](#)

Klimaatatlas Zuid-Holland: [Klimaatatlas | Zuid-Holland](#)

A Samenvatting werksessies :

Komt nog

- 1 ARK-NZK
- 2 Naar bruikbare kaartbeelden
- 3 Naar veerkrachtig systeem verkennen handelingsperspectieven

Aanpak, programma, aantal aanwezigen en achtergrond grofweg, uitkomsten

A.1 Werksessie 1: *Naar bruikbare kaarten voor grootschalige wateroverlast*

De provincie Zuid-Holland, Deltares, de waterschappen en enkele gemeentes werken samen in het project 'Analyse grootschalige wateroverlast, case studie Zuid-Holland'. Ook de Veiligheidsregio's worden meegenomen in dit project. De vraag achter dit project is: Wat als er zoveel neerslag valt als vorig jaar in Limburg, de Ardennen en Duitsland, maar dan in Zuid-Holland? Zijn we daarop voorbereid en vraagt het aanpassingen in bijvoorbeeld ruimtelijk beleid of calamiteitenmanagement? In het kader van dit project is op 8 september de werksessie georganiseerd getiteld: "Naar bruikbare kaarten".

Doel:

Het doel van de sessie was het delen van de eerste resultaten en het bespreken van hoe de resultaten het beste kunnen worden weergegeven op een manier die de verschillende gebruikersgroepen helpt.

Programma:

| | |
|-------|---|
| 9.30 | Welkom en opening |
| 9.40 | Overzicht van het project en resultaten voor Zuid-Holland |
| 10.10 | De effecten van extreme grootschalige neerslag op het watersysteem: een pitch met de resultaten en reflectie van enkele waterschappen |
| 10.45 | Pauze |
| 11.00 | Werksessie in groepen |
| 11.45 | Plenaire terugmelding en discussie met focus op de informatiebehoefte |
| 12.15 | Vervolg en sluiting |

Werksessie in groepen:

In de groepen is gewerkt aan de betekenis van de resultaten en de informatiebehoefte en kaartbehoefte gerelateerd aan een van onderstaande drie subonderwerpen:

- 1 Maatregelen en monitoring gerelateerd aan waterbeheer (opschalen/gevaar voor kades, noodberging/maalstops/noodmaatregelen, aanpassing van het watersysteem, interacties tussen gebieden)
- 2 Calamiteiten management gericht op gevolgbeperking: (denk aan beperking effecten op bereikbaarheid, schadebeperking, informatiemanagement etc.)
- 3 Ruimtelijke ordening: bv. informatie over dit soort events t.b.v. invullen van principe 'Water Stuurt'

In de sessies zijn de volgende vragen gebruikt:

- Begrijpen we wat er gebeurt?
- Dragen de kaarten bij aan het verkrijgen van inzicht in wat er gebeurt en helpen ze bij het nadenken over (de noodzaak van) maatregelen?
- Welke aanbevelingen/opmerkingen gerelateerd aan de analyse en de benodigde informatie en kaarten zijn er bij de deelnemers?

De voorlopige resultaten en kaarten zijn tijdens de sessie beschikbaar gesteld aan de subgroepen.

Overall beeld van de sessie

Er waren ongeveer 45 mensen aanwezig van de waterschappen, provincie Zuid-Holland, Rijkswaterstaat, Veiligheidsregio's, gemeente Rotterdam, Den Haag en Dordrecht en Deltares. De presentatie met de eerste resultaten en de pitches van de waterschappen werden zeer goed ontvangen. De discussie tussen de verschillende mensen en instituten was levendig en leidde tot een beter begrip. Het netwerk of de aanwezigheid van deze verschillende groepen werd genoemd als sterk punt van de sessie.

Algemene punten uit de sessie:

- 1. Voorbereiding is cruciaal:** In een crisis is er geen tijd voor discussie of het uitzoeken van open vragen. Daarom is een betere voorbereiding aan te bevelen. Denk hierbij aan:
 - Het vooraf bediscussiëren van prioriteiten, mogelijke maatregelen en hun effecten
 - Inzicht in welke actoren waarvoor verantwoordelijk zijn en wat hun handelingsmogelijkheden zijn.

Het gaat er niet om bij dit soort events om wateroverlast te voorkomen, maar om te zorgen dat de juiste beslissingen op tijd genomen kunnen worden om de impacts zo goed mogelijk te reduceren en de duur van overlast te beperken. Zo zou bijvoorbeeld van te voren al bedacht kunnen worden welke polders (of welk type polders) bij een extreem neerslag events als eerste een maalstop zouden moeten krijgen, of: welke polders of gebieden absoluut geen maalstop zouden moeten krijgen. Ook de locaties waar tijdelijke pompen geplaatst kunnen worden en een beeld van de locaties die van belang zijn voor kritisch infrastructuur is cruciaal.

- 2. Breng niet alleen overlast locaties in beeld maar ook de impact:** Geef in de kaarten niet alleen waterdieptes maar ook de ernst van de wateroverlast weer door waterdieptes en landgebruik of objecten te combineren.

- 3. Samenwerking en interactie is nodig:** De wateroverlast op deze schaal kan alleen geanalyseerd en voorbereid worden wanneer er interactie is tussen verschillende organisaties en groepen. Om in de koude fase al beslissingen te nemen en voorbereidingen te treffen is bij een organisatie vaak informatie nodig van andere partijen.

- 4. De duur van overlast is een belangrijk punt dat benadrukt moet worden:** Water op straat is misschien acceptabel, maar als dat dagen blijft staan, ook als al weer de zon schijnt, dan zal dat leiden tot veel onbegrip.

5. resultaten voor het stedelijk gebied

Deze resultaten zijn nog niet volledig beschikbaar en zijn ook het meest onzeker. Het stedelijk gebied is wel cruciaal. Om die reden wordt er nog nader gekeken naar Rotterdam en Dordrecht.

A.2 Werksessie 2: Verkenning handelingsperspectieven

Datum: Dinsdag 8 november

Tijdstip: 9:15/9.30 uur-13:00 uur inclusief lunch

Locatie: Provinciehuis Den Haag (Gebouw C, zaal: Marnixpassage)

Doelen:

- Informeren over de stand van zaken van het onderzoek;
- Inzicht creëren in elkaars rol en taak t.a.v. wateroverlast nu en in de toekomst;
- Verkennen sleutelbesluiten, mogelijke acties en informatie die daarvoor nodig is.

Programma:

| | |
|---------------|--|
| 9:15 - 9:30 | Inloop met koffie en thee |
| 9:30 - 9:45 | Welkom en opening door Lucy Smeets (PZH) |
| 9:45 - 10:15 | Toelichting door Deltares Resultaten van het project en agenda van de dag |
| 10:15 - 11:05 | Pitches van deelnemende organisaties over huidige rol/taak bij wateroverlast en uitdagingen of vragen die zij zien (Vanuit de provincie Zuid-Holland, het Hoogheemraadschap Delfland, gemeente Dordrecht en de Veiligheidsregio's Haaglanden en Zuid-Holland Zuid) |
| | Pauze |
| 11:15 - 12:30 | Breakoutsessies: werken aan concrete vraag op het gebied van of: <ol style="list-style-type: none">1. Crisisbeheersing bij grootschalige wateroverlast:<ol style="list-style-type: none">a. Waar liggen de prioriteiten bij de organisatiesb. Welke mogelijke acties kunnen ondernomen worden en welke sleutelbesluiten zijn nodigc. Wat betekent dit tijdens een concreet event en voor de voorbereiding op dit soort events?2. Ruimtelijk beleid: aan de hand van 2 woningbouwcases denken we samen na over hoe het beperken van wateroverlast meegenomen kan worden bij het maken van locatiekeuzes en keuzes over de gebiedsinrichting, waar we dan tegenaan lopen (qua informatiebehoefte, beleid en regelgeving) en waar kansen liggen. |
| 12:30 - 13:00 | Plenaire terugkoppeling break out sessies, vervolgacties, afsluiting |

A.3 Werksessie: Grootschalige neerslag op het afwateringsgebied van het ARK-NZK

Wat kan er gebeuren als een grootschalig neerslag systeem zoals de 'Limburgbui' boven het gebied van het ARK-NZK zou optreden?

Deze vraag stond centraal in de werksessie met waterbeheerders en provincies van het ARK-NZK systeem. In de workshop is op basis van scenarioberekeningen en bestaande redeneerlijnen voor 'verdringingseksen en maatregelen gewerkt aan enkele storylines. Er is hierbij niet alleen gekeken naar het ARK-NZK maar ook naar de invloed op de beheersgebieden van de aanliggende waterschappen en de scheepvaart.

In de werksessie is geanalyseerd wat er gebeurt als een grootschalig weersysteem boven het afwateringsgebied van het ARK-NZK komt te liggen en meerdere waterschappen veel water naar het ARK-NZK willen malen/afvoeren. Er is verkent wat dat zou betekenen voor calamiteitenmanagement (van het ARK-NZK en de waterschappen), en het watersysteem. Ook is de relatie gelegd naar de toekomst door te kijken naar een situatie in 2050 met een iets hogere zeestand,

Voor het maken van de storylines zijn simulaties gedraaid om de afvoeren/debietten en de duur van hoogwater en overlast te bepalen voor verschillende situaties en wordt zo veel mogelijk de kennis uit slim watermanagement en Toekomst Bestendig ARK-NZK gebruikt.' De uitkomst kan bijdragen aan vragen uit de teams van Slim Watermanagement en TB.

Deze werksessie vond plaats op 16 september van 9.30- 12.00 bij Waternet in Amsterdam. Er waren vertegenwoordigers van alle waterschappen en provincies en van alle relevante afdelingen van RWS. De werksessie heeft meer inzicht gegeven in wat er kan gebeuren bij een grootschalig neerslagevent, en wat voor informatie er dan is, welke info ontbreekt en wat handelingsperspectieven zijn. Bij dergelijke extreme events is wateroverlast niet te voorkomen, maar streven we wel naar het nemen van de juiste beslissingen om de schade en impacts te beperken en de duur van de overlast zo kort mogelijk te houden.

Programma

| Tijd | Onderdeel |
|--------------|---|
| 9.00-9.30 | Inloop en koffie |
| 9.30- 10.00 | Welkom en opening - Matthijs van de Brink (WVL) |
| | Context project grootschalige wateroverlast -Karin de Bruijn (Deltares) |
| | Link naar Slim watermanagement/ TBWM – Rob Thijssen (Waternet) |
| 10.00-10.30 | Wat gebeurt er bij grootschalige neerslag op het ARK-NZK gebied? Nu, en in 2050 (Olav van Duin – (Deltares) |
| 10.30-10.45 | Pauze |
| 10.45-11.30 | Break-out sessies: Uitwerking verhaallijn mbv bestaande redeneerlijn in subgroepen |
| 11.30-11.45 | Terugmelding en discussie |
| 11.45 a12.00 | Hoe verder, samenvatting, sluiting, afspraken |

B Vertalen naar uitkomsten van de regionale watermodellen naar waterbeelden met de waterverspreider

De waterverspreider vertaalt de volumes water die geborgen worden per afwateringsgebied of deel van een afwateringsgebied zoals berekend met de Sobek 1D modellen naar waterdieptekaarten.

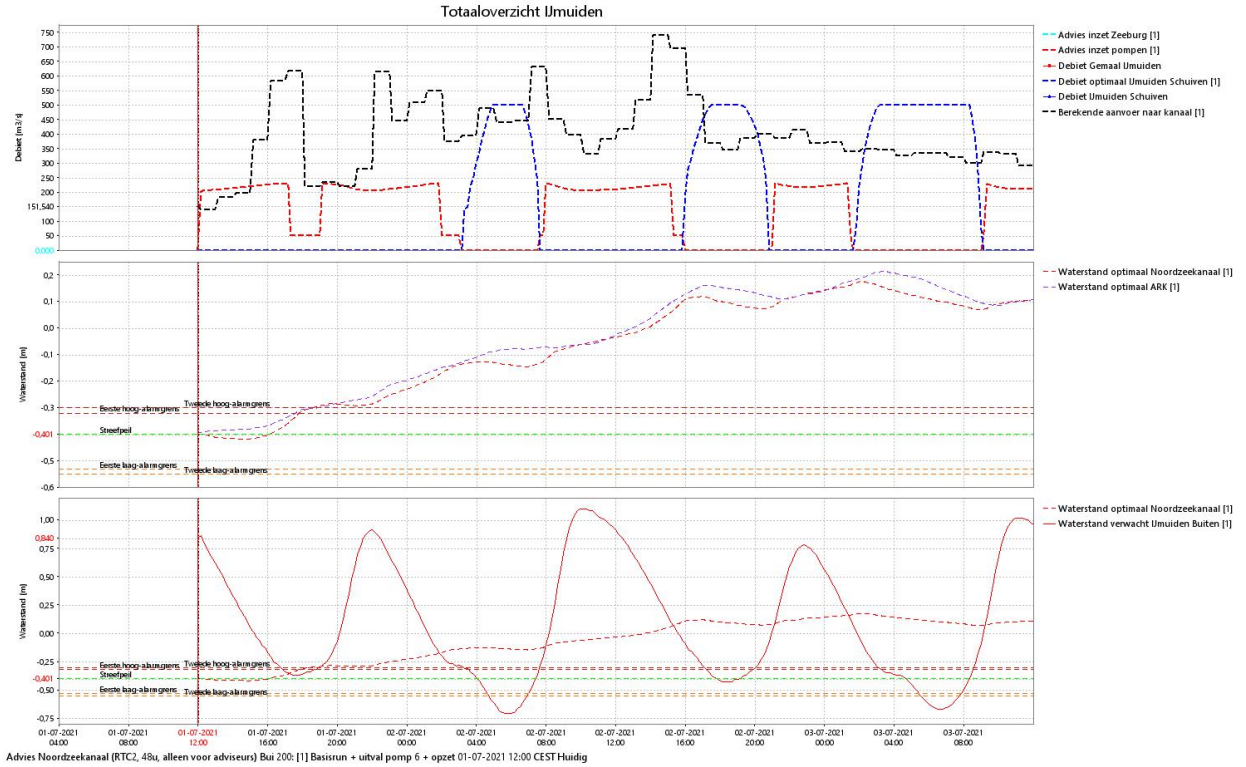
Dit volume wordt gehaald uit de Sobekknopen 'paved' en 'unpaved' en uit het open water netwerk en opgeteld per peilvak of afwateringsgebied (of soms deel ervan). Vervolgens wordt het geborgen volume op een bepaalde tijd verdeeld over het peilvak/ het afwateringsgebied of een deel ervan.

Stappen:

1. bepaal de geborgen volumes geborgen op land in de Sobek RR knopen:
 - *paved*: In "paved" (stedelijk gebied dat naar de zuivering afvoert). Hier wordt vrijwel niets geborgen aangezien uitgegaan is van onbeperkte afvoer via de riooloverstorten. De berging is maximaal 2 mm.
 - *unpaved*: Hier staat vaak veel water op land.
 - Open water: In sommige gebieden zijn poldersloten en open water in polders opgenomen als open water knoop. Van die knopen wordt ook de berging *boven* streefpeil meegenomen. In andere zijn een soort storage nodes toegevoegd aan de boezems waarin de berging in sloten is opgehangen (Hollandse Delta). De hierin opgeslagen volumes boven streefpeil worden meegenomen.
2. In de waterverspreider worden sloten initieel opgevuld tot streefpeil. Vervolgens wordt het bergingsvolume over de polders verdeeld.

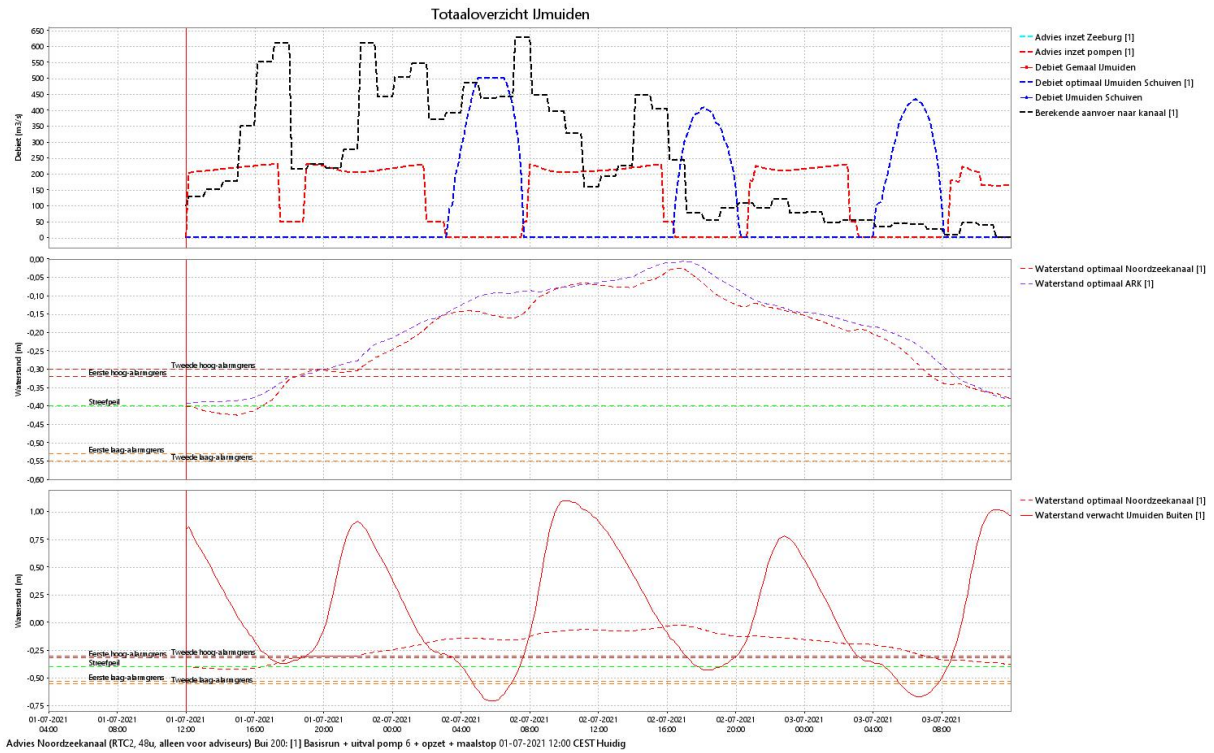
C Het Noordzeekanaal en het Amsterdam-Rijnkanaal

Scenario 4: 200 mm neerslag in 48 uur, 15 cm opzet buiten en pomp 6 in onderhoud.
Maximale waterstand op het ARK: 0,21 cm + NAP, op het NZK: 0,18m + NAP



Scenario 5: 200 mm neerslag in 48 uur, 15 cm opzet buiten en pomp 6 in onderhoud. Maalstop op 2 juli 2021 om 12.00 (24 uur na de eerste regen). Peil is ongeveer -0.05m + NAP en stijgend.

Maximale waterstand op het ARK: 0,21 cm + NAP, op het NZK: 0,18m + NAP



D Analyse van wateroverlast in delen van Rotterdam en Hoek van Holland met behulp van rioolmodellen

Vera Kingma en Didrik Meijer

Samenvatting

Dit onderzoek is onderdeel van een groter onderzoek naar wateroverlast in de gemeente Rotterdam. In dit onderdeel van het onderzoek is onderzocht wat de gevolgen zijn van peilstijgingen in het oppervlaktewater op het functioneren van de riolering tijdens een extreme neerslag gebeurtenis.

De oppervlaktewaterstanden als gevolg van een extreme neerslag gebeurtenis zijn gesimuleerd. Deze simulatie liet zien dat op veel plekken de oppervlaktewaterstanden als gevolg van extreme neerslag ver boven het streefpeil uit kunnen komen. De invloed van deze hoge oppervlaktewaterstanden op de afvoercapaciteit van het rioolstelsel is onderzocht om erachter te komen of de hoeveelheid wateroverlast onderschat wordt als gevolg van een overschatting van de afvoercapaciteit van het rioolstelsel.

Op basis van dit onderzoek kan geconcludeerd worden dat op de meeste locaties het rioolsysteem goed blijft functioneren en er geen langdurige overlast optreedt. In een aantal wijken verdrinken echter de overstorten door de hoge oppervlaktewaterstanden waardoor de afvoercapaciteit van de riolering afneemt en er op meer plekken langdurig water op straat komt te staan.

D.1 Inleiding

In dit onderdeel van het onderzoek hebben we onderzocht wat de gevolgen zijn van peilstijgingen in het oppervlaktewater als gevolg van een grootschalige neerslagsysteem op het functioneren van de riolering.

Het rioolsysteem is ontworpen op het kunnen bergen of afvoeren van extreem intensieve korte buien. Bij het ontwerp wordt er van uitgegaan dat in extreme situaties een deel van het water uit het riool overstort naar het oppervlaktewater.

Als grootschalige neerslagsystemen (zoals bv het neerslagsysteem dat opgetreden is in de zomer van 2021 in Limburg, Duitsland en België) boven Zuid-Holland zou komen te liggen, dan zullen de oppervlaktewaterstanden sterk stijgen waardoor mogelijk de rioolwater overstorten verdrinken. Dit kan leiden tot extra overlast in de stad.

Om dit te onderzoeken is in deze casestudie voor een deel van het rioolsysteem van Rotterdam (het deel dat in het beheersgebied van Hoogheemraadschap Delfland ligt) gekeken wat er in het rioolsysteem gebeurt bij deze bui. Hierbij zijn in het rioolmodel voor de waterstanden niet de streefpeilen, maar de waterstanden die verwacht worden bij zo'n grootschalig weersysteem gebruikt.

Het doel van dit onderzoek is dus om te bepalen wat de gevolgen van grootschalige extreme neerslag zijn op het functioneren van de riolering van de gemeente Rotterdam binnen het gebied van Hoogheemraadschap van Delfland. De volgende vragen zijn hierbij beantwoord:

- 1 Resulteren de hoge waterstanden in het oppervlaktewater door de grootschalige neerslag tot extra wateroverlast in stedelijk gebied? Komt er water op straat te staan en hoe lang?
- 2 Leidt het gebruiken van waterstanden uit het oppervlaktemodel in het rioolmodel (i.p.v. streefpeilen) tot andere uitkomsten?
- 3 Zo ja, wat zijn de gevolgen voor de hoeveelheid locaties met water op straat, waterdiepte en de duur van het water op straat?
- 4 Zijn er algemene indicaties af te leiden voor de doorgerekende sub-gebieden waarmee we ook een verwachting kunnen geven voor water op straat in de niet-berekende gebieden?

In dit hoofdstuk zijn eerst de gebruikte methode beschreven om tot antwoorden op de bovenstaande vragen te komen. Vervolgens zijn de resultaten beschreven en besproken en tot slot zijn uit deze resultaten conclusies getrokken en aanbevelingen gedaan.

D.2 Methode

In dit onderzoek zijn de constante streefpeilen bij de uitstroompunten van een rioolmodel vervangen door de tijdsafhankelijke variabele waterstanden van het oppervlaktewater, tijdens extreme neerslag. Dit is gedaan door de uitstroompunten van het rioolmodel te koppelen aan het dichtstbijzijnde, in het zelfde peilvak gelegen, rekenpunt uit het oppervlaktewater model van Delfland. Op basis van deze uitkomsten zijn algemene regels afgeleid welke vervolgens getest kunnen worden op de delen van Rotterdam binnen de beheersgebieden van waterschap Hollandse Delta en hoogheemraadschap Schieland en Krimpenerwaard (HHSK). Deze paragraaf beschrijft in detail de modellen en data die we hebben gebruikt voor dit onderzoek.

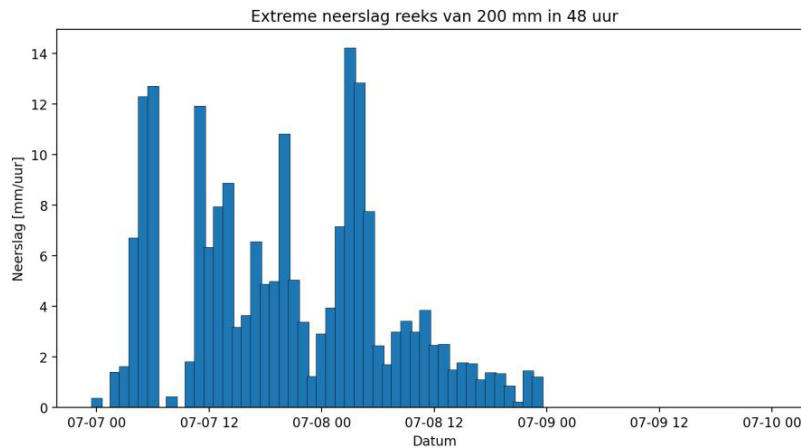
Gebruikte data

Voor dit onderzoek is gebruik gemaakt van de volgende data:

- Neerslag data: zie figuur 1. Dit is de neerslag die in 2021 in Limburg viel gedurende 48 uur, gemeten op een bepaald punt. Bestandsnaam: 200MM_48.BUI
- Resultaten van de oppervlaktewatermodellen:
 - waterlevels_200_GHG_nat.csv: bevat 10357 waterlevel series van 17 dagen voor een 200mm bui met korte inlooperperiode. Deze waterstanden komen uit het regionaal watermodel van Hoogheemraadschap Delfland bij toepassing van de genoemde bui en natte initiële voorcondities (dus een redelijk verzadigde bodem).
 - Network_n.shp file: bevat 39326 rekenpunten uit het oppervlaktewater model
- De rioolmodellen aangeleverd door de gemeente Rotterdam (zie figuur 2 en 3) voor de locaties van de districten):
 - HDD_WSA.lit (voor het gebied van waterschap Delfland)
 Waarvan gebruikte cases: District 4, District 5, District 5 incl Waterpleinen, District 11, District 12, District 14, District 15, District 16
- Een shapefile met de peilgebieden in het beheergebied van Delfland: PeilgebiedPraktijk.shp

Neerslagdata

Voor de analyse van het functioneren van het regionale oppervlaktewatersysteem in combinatie met de riolering is gebruik gemaakt van de bui die in de zomer van 2021 op Limburg is gevallen. Hiermee zijn de oppervlaktewatermodellen van de waterschappen en de rioolmodellen van Rotterdam doorgerekend. De gekozen bui geeft 200 mm in 48 uur en is homogeen over Zuid-Holland toegepast. De neerslagwaardes zijn uurwaarden. Er is in de simulatie aangenomen dat er in de dagen na de bui geen neerslag meer valt (zie figuur 1).



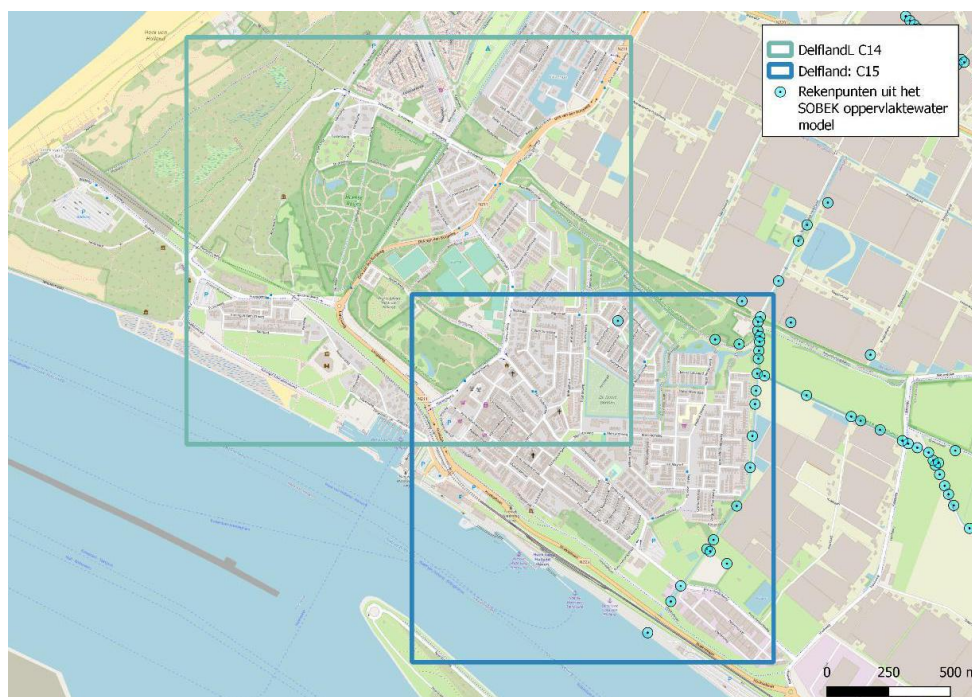
Figuur 1. Neerslag data in [mm/uur]

Voor rioolberekeningen wordt idealiter gebruik gemaakt van neerslagdata per minuut in plaats van per uur. Deze data was in dit onderzoek niet beschikbaar. Doordat hier gebruik is gemaakt van uur-data in plaats van minuut-data zijn de piekintensiteiten (mogelijk) onderschat. De uitkomsten van dit onderzoek geven daarom waarschijnlijk een te positief beeld van de werkelijke situatie: er kunnen dan meer plassen op straat komen te staan.

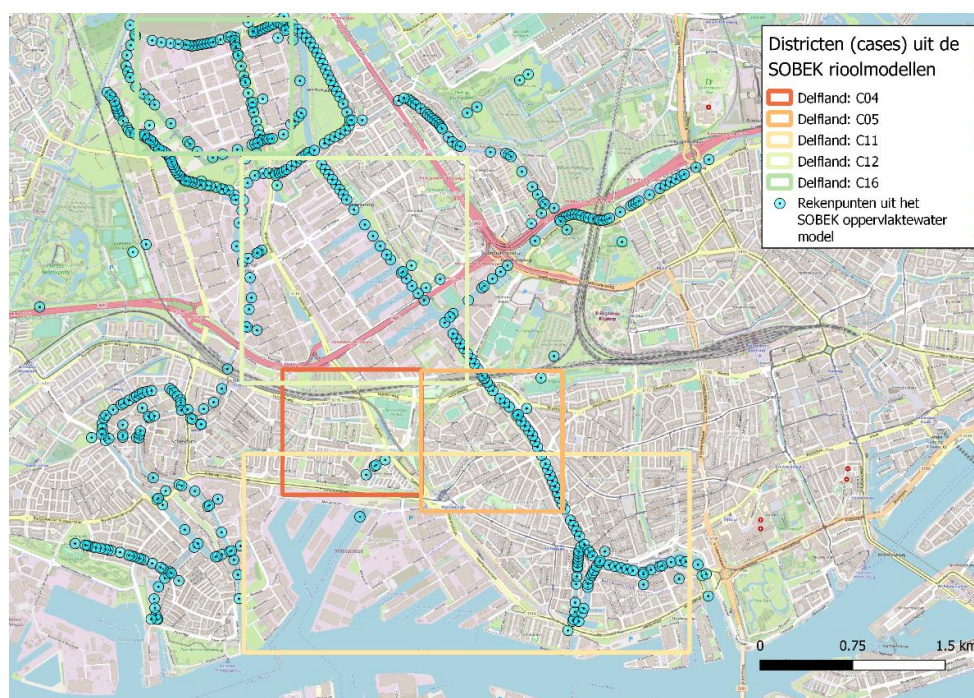
SOBEK modellen

In dit onderzoek zijn zowel de uitkomsten van de oppervlaktewatermodellering gebruikt van Hoogheemraadschap Delfland en de rioolmodellen van Rotterdam.

De resultaten van de oppervlaktewatermodellering zijn geëxporteerd naar een Excel bestand vanuit waar we voor meer dan 10.000 rekenpunten in het oppervlaktewater model de berekende waterstanden hebben ontvangen. Dit betreft met name de waterstanden in het hoofdsysteem (A-watergangen) en bevat niet alle gegevens van de kleinere watergangen. Figuur 4 en figuur 5 geven een indicatie van de locaties van deze rekenpunten in respectievelijk Hoek van Holland en de omgeving van Rotterdam.

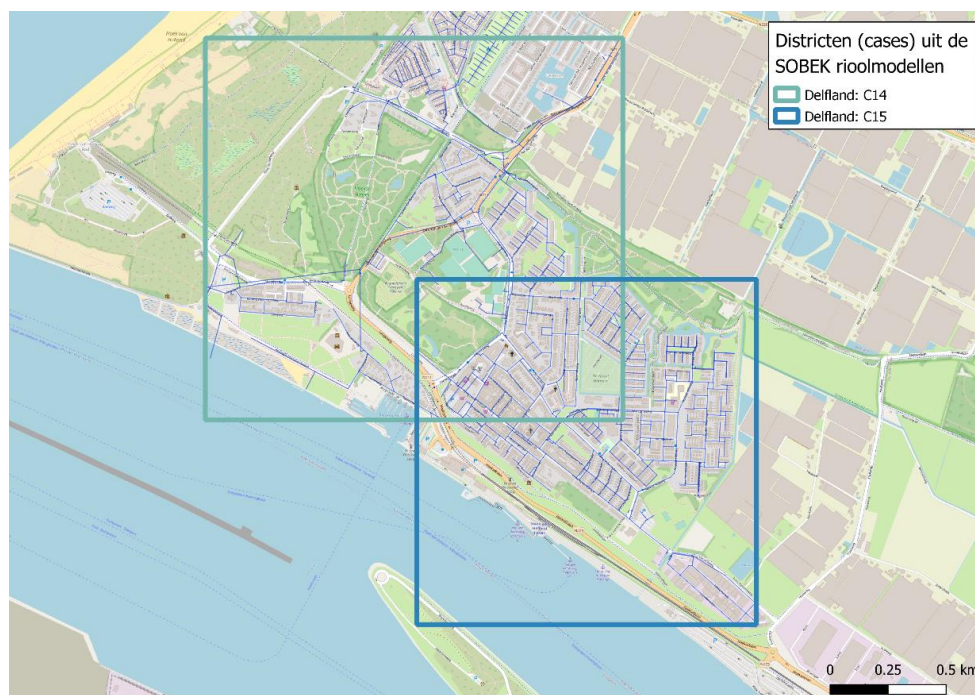


Figuur 2. Overzicht van de datapunten en hun ligging ten opzichte van de verschillende districten in Hoek van Holland uit de rioolmodellen uit het oppervlaktewater model van Delfland.

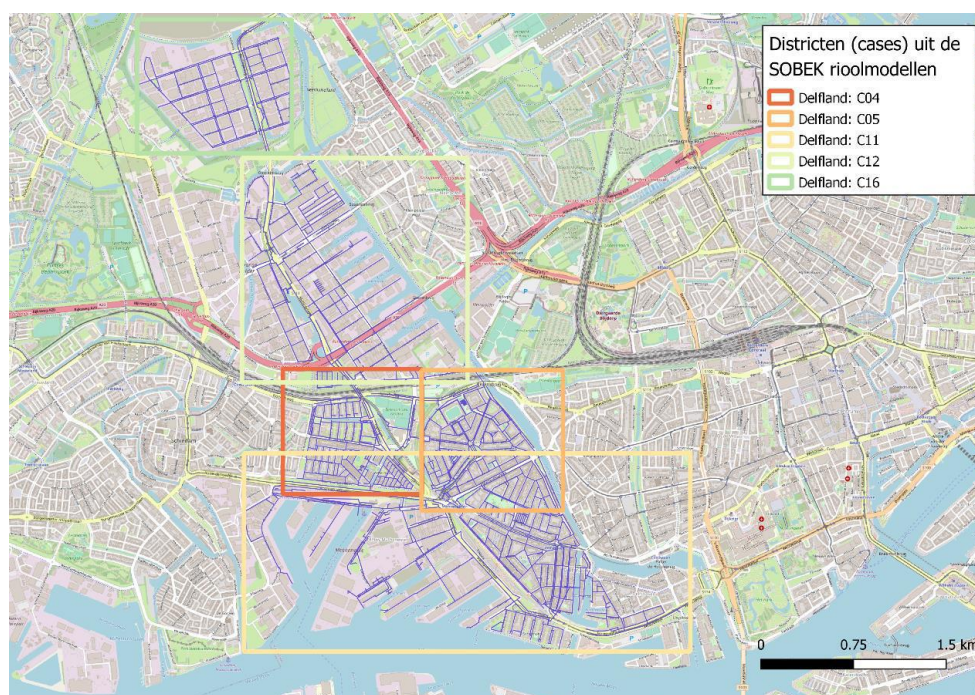


Figuur 3. Overzicht van de datapunten en hun ligging ten opzichte van de verschillende districten in Rotterdam Centrum uit de rioolmodellen uit het oppervlaktewater model van Delfland.

Voor het onderzoek is het rioolmodel van het stedelijke gebied in de regio Delfland gebruikt, zie figuur 2 en 3 .



Figuur 4. Rioleringskaarten van Hoek van Holland waarbij de paarse rioleringsbuizen in Delfland liggen. Binnen het SOBEK model zijn de rioelstelsel opgedeeld in verschillende districten, hier aangegeven met case nummers.



Figuur 5. . Rioleringskaarten van Rotterdam waarbij de paarse rioleringsbuizen in Delfland liggen. Binnen het SOBEK model zijn de rioelstelsel opgedeeld in verschillende districten, hier aangegeven met case nummers.

De riool modellen hebben oorspronkelijk constante randvoorwaarden bij de uitstroompunten, op basis van het streefpeil van het bijbehorende peilvak. Voor dit onderzoek zijn deze constante waarden vervangen door fluctuerende waterstanden. Deze variabele waterstanden zijn afkomstig uit de berekeningen met de oppervlaktewatermodel met de hiervoor beschreven neerslaggebeurtenis. Er is een koppeling gemaakt tussen de uitstroompunten van het rioolmodel met het dichtstbijzijnde rekenpunt uit het oppervlaktewatermodel dat in hetzelfde peilvak ligt als het uitstroompunt. Daarnaast zijn de waarden van de standaard berging op straat van 100 m² per put vervangen door een waarde van 300 m² per put. Deze oppervlakte is vergroot om een realistischer waterdiepte te krijgen in het geval van water op straat.

Voor elk district van het rioolmodel zijn 2 berekeningen gemaakt:

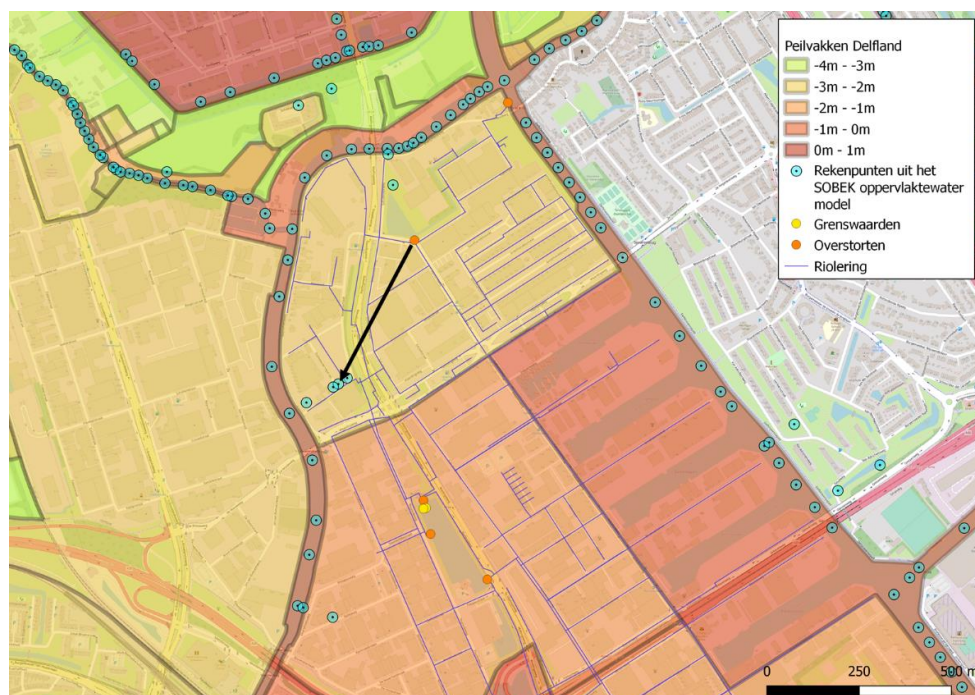
- 1 Een berekening met vaste waterstanden bij de uitstroompunten (scenario 0).
- 2 Een berekening met dynamische waterstanden bij de uitstroompunten (scenario 1).

Elk district is daarbij opgeslagen als een case met een bepaald scenario: bijvoorbeeld district 4 heeft een C4SC0 model (constante waterstanden) en een C4SC1 model (fluctuerende waterstanden). District 14 en 15 liggen in Hoek van Holland en de andere gebieden liggen in Rotterdam Centrum en Rotterdam West. De resultaten van de twee berekeningen per case zijn met elkaar vergeleken om te bepalen of, en zo ja, waar tijdens langdurige extreme neerslag, het oppervlaktewatersysteem het functioneren van de riolering negatief beïnvloed.

Koppeling van de modellen

Zoals hiervoor beschreven is, zijn de uitkomsten van het oppervlaktewatermodel gebruikt als randvoorwaarden van het rioolmodel. Hiervoor zijn de rekenpunten van het oppervlaktewatermodel die het dichtst bij de overstorten en randvoorwaarden van het rioolmodel liggen bepaald. Dit is gedaan met de nearest neighbour functie van QGIS. Vervolgens is gecontroleerd of de rekenpunten in hetzelfde peilvak liggen. De overstorten en grenswaarden waarvoor er geen rekenpunt in hetzelfde peilvak ligt, zijn constant gebleven. Voor deze punten is het streefpeil gebruikt, zoals in het oorspronkelijke model. Als gevolg hiervan zullen de oppervlaktewaterstanden in een extreme neerslag situatie onderschat worden. Daardoor overschat het rioolmodel de hoeveelheid water dat kan worden geloosd bij de overstorten en wordt de wateroverlast door het model onderschat.

In figuur 6 is een voorbeeld te zien van een overstort uit Delfland die gekoppeld staat aan een rekenpunt van het oppervlaktewatermodel. In (Bijlage A) is weergegeven welke punten precies aan elkaar gekoppeld zijn. In het voorbeeld van figuur 6 is duidelijk te zien dat het gekozen punt niet het dichtstbijzijnde rekenpunt uit het oppervlaktewatermodel en binnen hetzelfde peilvak is. Het dichtstbijzijnde, noordelijk gelegen, rekenpunt was ongeschikt omdat deze in het oppervlaktewatermodel in direct contact staat met de boezem, zonder gescheiden te worden door een gemaal of pomp. Als gevolg heeft dit rekenpunt een waterstand die gelijk is aan de waterstand in de boezem, en hoort het punt dus bij een ander peilvak.



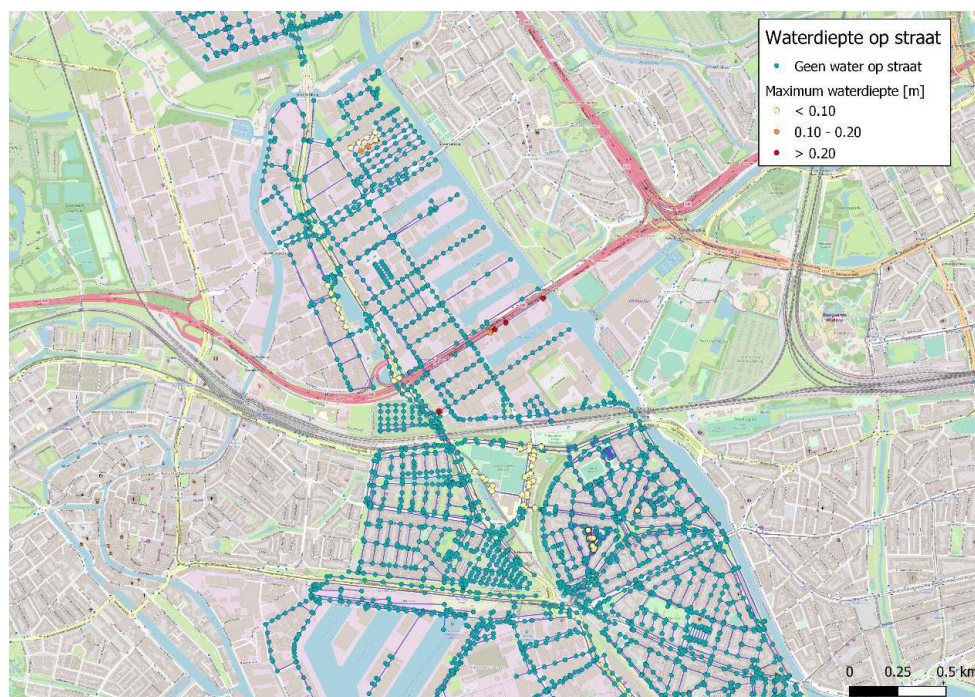
Figuur 6. Koppeling van de twee SOBEK modellen. Hierbij zijn de oranje punten de overstorten, de gele punten de randvoorwaarden uit het rioolmodel en de blauwe punten de rekenpunten uit het oppervlaktewatermodel. De zwarte pijl geeft voor een overstort in case 12 het gekozen rekenpunt uit het oppervlaktewater model aan waarvan de waterstanden zijn gebruikt als randvoorwaarde in de overstort. De lichtgrijze omlijning laat zien dat alle punten in hetzelfde peilvak liggen.

D.3 Resultaten

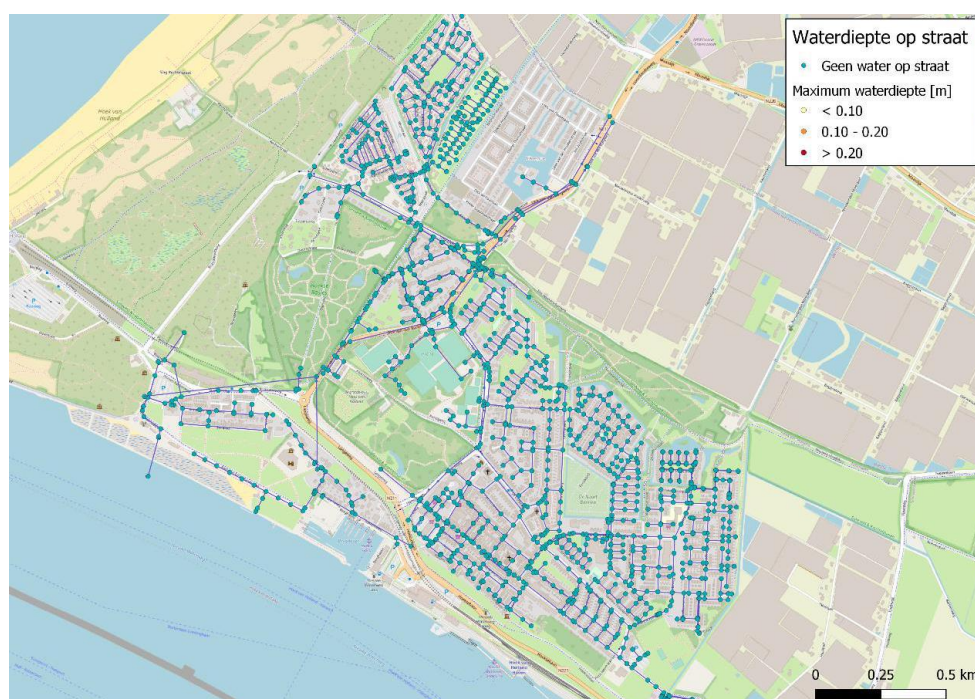
In dit onderzoek is eerst geanalyseerd op welke locaties er water op straat staat als gevolg van de extreme grootschalige neerslag. Ook zijn locaties geïdentificeerd waar na het koppelen van de oppervlaktewaterstanden aan het rioolmodel meer water op straat staat dan wanneer het originele rioolmodel zou worden gebruikt. In de tweede paragraaf wordt de duur van het water op straat uitgelicht. De volgende paragrafen beschrijven de resultaten voor het onderzochte gebied van Hoogheemraadschap van Delfland.

D.3.1 Waterdiepte op straat

Figuur 7 en 8 laten zien waar in het oorspronkelijke rioolmodel al water op straat werd voorspelt. Figuur 7 geeft het centrum gebied van Rotterdam weer. In dit gebied zijn met name in het noorden een aantal punten (geel, oranje en rood) te zien waar water op straat komt te staan. Figuur 8 laat Hoek van Holland zien, waar geen water op straat komt te staan.



Figuur 7. Locaties in Rotterdam Centrum waar het rioolmodel water op straat berekent.

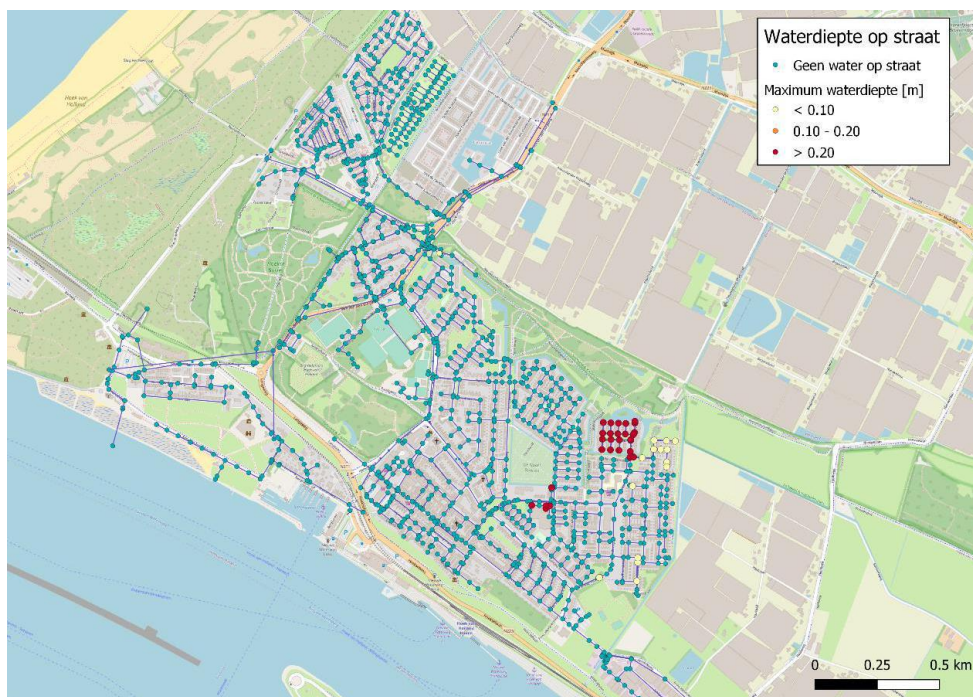


Figuur 8. Locaties in Hoek van Holland waar het rioolmodel water op straat berekent (uitgaande van de aanname dat het oppervlaktewaterpeil gelijk is aan streefpeil).

Voor elk gebied zijn de resultaten van het originele model (case 0 zonder gekoppelde uitstroompunten) vergeleken met het model met de gekoppelde uitstroompunten (case 1). De resultaten na het koppelen van de uitstroompunten zijn weergegeven in figuur 9. Hierbij is de maximale berekende waterdiepte gebruikt uit het gekoppelde scenario, en zijn de waterdieptes opgedeeld in minder dan 10 cm water op straat, 10 - 20 cm water op straat en meer dan 20 cm water op straat.

De berekende waterdiepte op straat moet opgevat worden als een indicatie, aangezien de putten op straat en de bijbehorende straten die functioneren als bergingsgebieden op een vereenvoudigde wijze zijn weergegeven in het model .

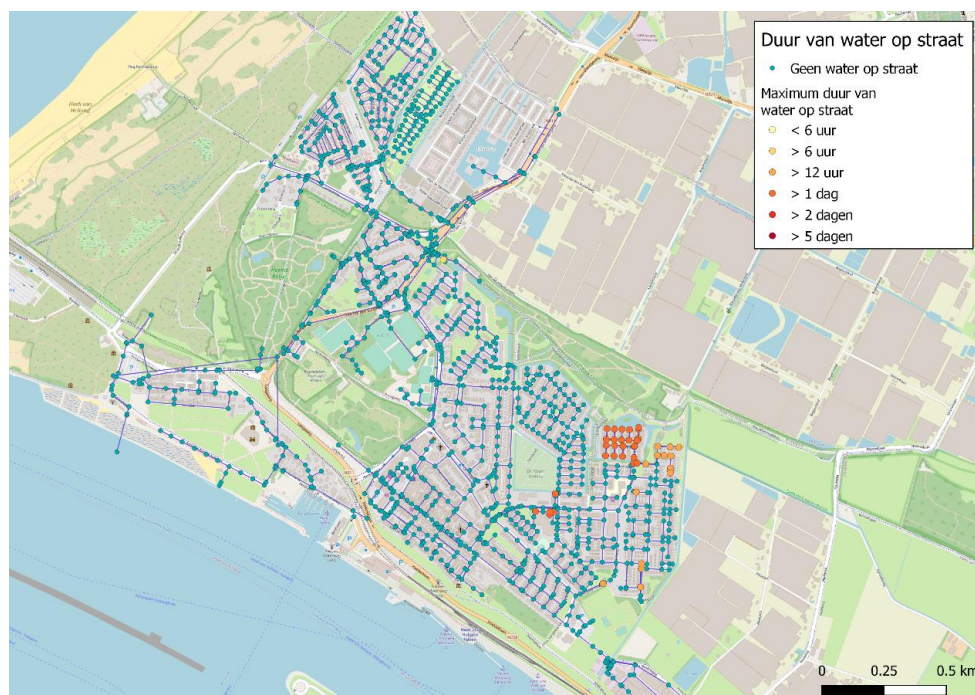
Wanneer i.p.v. streefpeil op de waterlopen de waterstand passend bij dit regensysteem worden gebruikt, worden meer overlastlocaties geïdentificeerd. In Figuur 3-50 is zichtbaar dat in district 15 het grootste verschil tussen beide aanpakken optreedt. In dit gebied stijgt het oppervlaktewater snel en significant. Waar in het oorspronkelijke model geen water op straat te zien is, zijn nu waterdieptes op straat van ongeveer 22 cm gemodelleerd. De locaties van de wateroverlast liggen dicht bij de riool overstort.



Figuur 9. Waterdiepte op straat in Hoek van Holland, onderdeel van Waterschap Delfland.

D.3.1.1. Duur van water op straat

In figuur 10 is voor case 15 te zien hoe lang het water op straat blijft staan. Hierbij wordt onderscheid gemaakt tussen minder dan 6 uur en meer dan 6 uur, 12 uur, 1 dag, 2 dagen of meer dan 5 dagen water op straat.

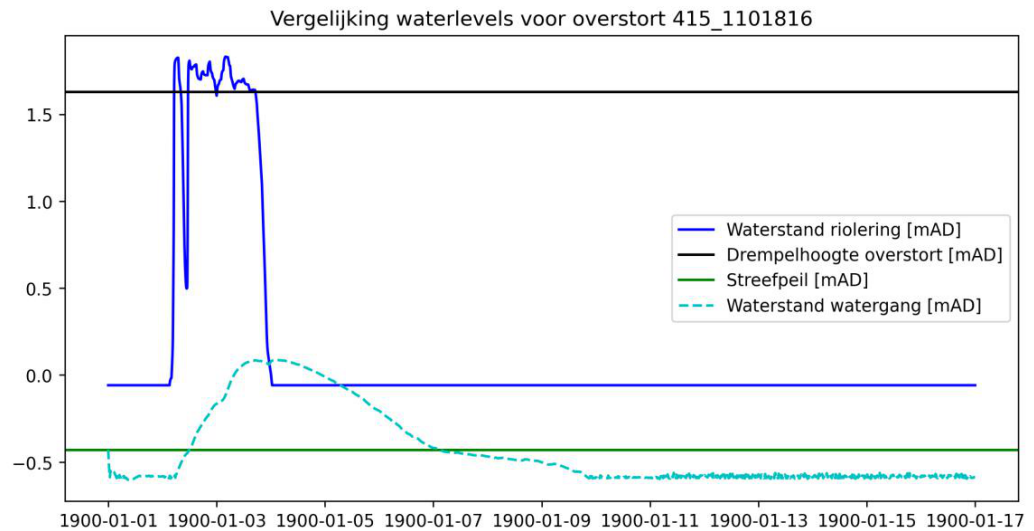


Figuur 10. Duur van water op straat in Hoek van Holland

Opvallend is dat op de meeste locaties waar water op straat komt te staan, het water ook lang blijft liggen en de overlast dus groot is. Dit komt omdat de waterstanden in het buitenwater langdurig hoog blijven en daarmee de afvoer van het rioolsysteem lang beperken. Op enkele locaties blijft het water minder dan een uur op straat staan. Op die locaties is de extreme neerslag in dat uur bepalend voor de overlast. De duur van de overlast is bij dit grootschalige langdurige regensysteem dus afhankelijk van de afvoercapaciteit van het oppervlaktewatersysteem.

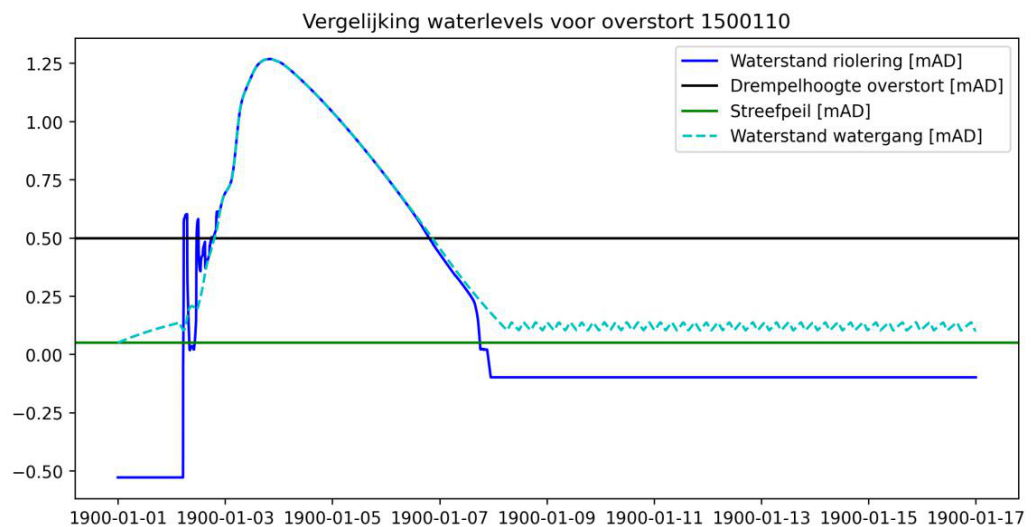
Om de wisselwerking tussen het oppervlaktewaterpeil en de waterstand in de riolering te illustreren zijn in figuur 11 en 12 twee overstorten, respectievelijk uit district 11 en district 15, met elkaar vergeleken.

Figuur 11 een overstort zien in district 11, waar water wordt geloosd op de Schie en waarvan de waterstand aan de uitstroomkant dus gekoppeld staat aan de waterstand op de Schie. De neerslag gebeurtenis zorgt voor een snelle toename van de waterstand in de overstort. Op de waterstand in de Schie heeft deze gebeurtenis ook een grote invloed: het peil stijgt hier met zo'n 60 cm. Echter de overstortdrempel ligt ver boven de maximale waterstand in de Schie waardoor de overstort blijft functioneren. Na de neerslaggebeurtenis wordt het rioolwater dus alsnog op de Schie gestort en neemt de waterstand in de riolering snel af. Het maaiveld ligt in dit gebied op ongeveer 1.85m waardoor het water zelfs tijdens de piekneerslag niet op straat komt te staan.



Figuur 11. Vergelijking van streefpeil en drempelhoogte met de gekoppelde waterstanden voor een overstort in district 11

In figuur 12 is een overstort uit district 15 (Hoek van Holland) te zien die loost op een kleine watergang in een woonwijk. De neerslaggebeurtenis leidt hier tot een grote peilstijging in het oppervlaktewater, waarbij de waterstand ver boven het niveau van de overstortdrempel komt. Zodra de waterstand meer dan 20 cm boven de overstortdrempel komt, wordt de overlaat onvolkomen en is de afvoercapaciteit van de overstort beperkt. Stijgt de waterstand in de watergang tot boven de waterstand in het riool, dan kan er zelfs water vanuit het oppervlaktewater het rioolsysteem in stromen. Na de neerslag gebeurtenis neemt de waterstand in het oppervlaktewater langzaam af waardoor de overlast lang aanhoudt.



Figuur 12. Vergelijking van streefpeil en drempelhoogte met de gekoppelde waterstanden voor een overstort in district 15.

D.3.1.2.

Effect van de rioolgemaal op de oppervlaktewaterstand

In de hiervoor besproken resultaten zijn de oppervlaktewaterstanden uit het regionale model als randvoorwaarden opgelegd in de rioolberekeningen. Een belangrijke beperking in deze methode is de ontbrekende invloed van de afvoercapaciteit van de riolering op het oppervlaktewatermodel. In werkelijkheid zal de duur van water op straat korter zijn omdat niet alleen de oppervlaktewater gemalen het oppervlaktewater wegpompen maar, zodra de neerslaggebeurtenis is afgelopen, het oppervlaktewater ook wegstroomt via de rioolgemaal. In Rotterdam is de capaciteit van de rioolgemaal groot, en kan dit dus een grote impact hebben. Om een inschatting te kunnen maken van de bijdrage van het rioolgemaal kan de volgende formule worden gebruikt.

$$\text{Duur wegpompen water [s]} = \text{aantal putten} * \frac{\text{Gemiddelde waterdiepte [m]} * \text{berging oppervlak [m}^2\text{]}}{\text{Pompcapaciteit gemaal} \left[\frac{\text{m}^3}{\text{s}} \right] - \text{DWF} \left[\frac{\text{m}^3}{\text{s}} \right]}$$

$$\text{DWF} \left[\frac{\text{m}^3}{\text{s}} \right] = \text{aantal personen aangesloten op het riool} * \text{water gebruik per persoon} \left[\frac{\text{m}^3}{\text{s}} \right]$$

Wanneer de berekening voor district 15 wordt uitgevoerd gelden de volgende waarden.

- Aantal putten: 587
- Totale pompcapaciteit van het gemaal: 0.200 [m³/s]
- Aantal personen aangesloten op het riool: 9282
- Water gebruik per persoon: 0.012 [m³/s]
- Gemiddelde waterdiepte op straat (na 48 uur): 0.045 [m]
- Berging oppervlak per put: 300 [m²]

In deze situatie kan het rioolgemaal in een halve dag het gehele volume aan water op straat wegpompen.

D.4 Conclusies en aanbevelingen

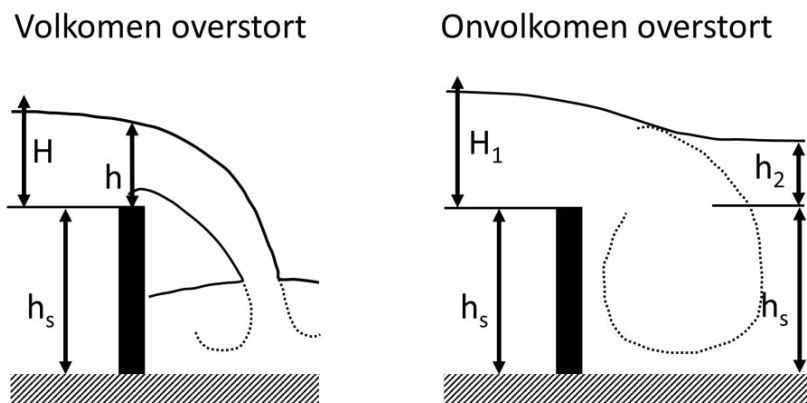
Op basis van het uitgevoerde onderzoek kan worden geconcludeerd dat op de meeste locaties het riolsysteem goed blijft functioneren en er geen langdurige overlast optreedt. In een aantal wijken verdrinken echter de overstorten door de hoge oppervlaktewaterstanden door de grootschalige neerslag. Met de huidige modellen is met name in district 15 goed te zien dat de oppervlaktewaterstanden interfereren met het functioneren van het riolering systeem.

De volgende drie factoren spelen hierbij een rol:

- 1 De **peilstijging** in het oppervlaktewater en de duur van deze stijging. Hoe groter de toename in het oppervlaktewaterpeil hoe groter de kans dat het oppervlaktewaterpeil de afvoer uit het riool belemmert en dat er wateroverlast in het stedelijk gebied.
- 2 De **hoogte van de overstortdrempel** (h_s) en de overstortconditie, zie figuur 13. Een volkomen overstortconditie is de situatie die standaard wordt aangenomen bij berekeningen. Hierbij ligt de waterstand van het oppervlaktewater onder de waterstand in het riolsysteem .
- 3 Wanneer er veel neerslag valt en de waterstand in het oppervlaktewater stijgt, kan de overstortconditie onvolkomen worden. In dat geval beïnvloedt de waterstand in het oppervlaktewater de afvoer uit de riolering. Het risico op wateroverlast neemt in deze situatie sterk toe.

Of deze situatie optreedt is afhankelijk van de boven en benedenstroomse waterstand ten opzichte van de bovenkant van de overstortdrempel. Deze situatie ontstaat wanneer de benedenstroomse waterstand (h_2) groter wordt dan twee derde van de bovenstroomse waterstand (H_1) ($h_2 > \frac{2}{3}H_1$). Als het oppervlaktewaterpeil doorstijgt of de waterstand in het riool daalt, kan de stroomrichting omdraaien. Dan stroomt er oppervlaktewater het riool in. Een veel toegepaste ontwerpregel is een maximale overstortende straal van 0,3 m ten opzichte van de drempel (H). Dat betekent dat als de oppervlaktewaterstand meer dan 0,2 m boven de overstortdrempel komt, de overstort in veel gevallen overgaat van volkomen naar onvolkomen en dat bij een peilstijging van het oppervlaktewater tot meer dan 0,3 m boven de overstort de stroomrichting van oppervlaktewater naar riolsysteem wordt.

- 4 De beschikbare waking (afstand maaiveld- oppervlaktewaterpeil). De waking geeft aan hoeveel ruimte er is om water te bergen onder het maaiveld. Hoe kleiner de waking hoe groter de kans op wateroverlast. Door het gebruik van uur-data in plaats van minuut-data voor de neerslag wordt in dit onderzoek de waking waarschijnlijk overschat. De maximale minuut-piekintensiteiten zijn hoger dan de gebruikte gemiddelde uur intensiteiten. De minuut-piekintensiteiten zullen leiden tot een grote afvoer door de leidingen en daardoor een groter verhang. Dit leidt tot een kleinere waking. De verwachting is daarom dat de impact van het oppervlaktewaterpeil op het functioneren van de riolering in deze studie wordt onderschat.



Figuur 13. Een volkomen overstort (links) vergeleken met een onvolkomen overstort (rechts). In de rechter figuur is duidelijk te zien dat het oppervlaktewater onder de overstortdrempel ligt en de overstort dus volkomen is. Voor een volkomen overstort geldt: $Q = mb \frac{2}{3} \sqrt{\frac{2}{3}g} H^{\frac{3}{2}} = 1,7 mbH^{\frac{3}{2}}$. In de linker figuur is een situatie bereikt waarin $h_2 > \frac{2}{3} H_1$ en verandert de volkomen overstort in een onvolkomen overstort. De waterstand in het oppervlaktewater beïnvloedt vanaf dit punt de snelheid waarmee het riool water kan lozen. Voor deze situatie geldt: $Q = mbh_2 \sqrt{2g(H_1 - h_2)}$. Wanneer de waterstand in het oppervlaktewater nog verder stijgt zal er zelfs instromen van het oppervlaktewater naar de riolering plaatsvinden.

In dit onderzoek is er op de meeste locaties waar water op straat wordt berekend sprake van langdurige water op straat. Dit komt doordat op deze locatie het maaiveld lager ligt dan het optredende oppervlaktewaterpeil. De duur is daardoor rechtstreeks gekoppeld aan de duur van de peilstijging in het oppervlaktewater. Als het water op straat wordt veroorzaakt door een tijdelijk beperking van de afvoercapaciteit van de riolering als gevolg van een onvolkomen overstort is de (verwachting dat de) duur van het water op straat beperkter is.

Om de locaties te vinden die een grote kans hebben op wateroverlast als gevolg van hoge oppervlaktewaterpeilen moet onderzocht worden:

- Waar grote peilstijgingen in het oppervlaktewater optreden.
- Of hierdoor de oppervlaktewaterstanden meer dan 0,2 m boven de overstortdrempels uitkomen waardoor de overstort onvolkomen kan raken. Omdat overstortdrempels meestal minimaal 0,15 m boven het oppervlaktewaterpeil liggen is hier een peilstijging van minimaal 0,35 m t.o.v. het streefpeil noodzakelijk.
- Wat de hoogte van het maaiveld is ten opzicht van de overstortdrempels en de optredende oppervlaktewaterpeilen.
- Wat de maatgevende oorzaak is voor de wateroverlast. Wanneer de afvoercapaciteit van de riolering maatgevend is zal de overlast van korte duur zijn. In een situatie waarin het oppervlaktewaterpeil de maatgevende oorzaak is, zal de overlast lang aanhouden.

Het is hierbij belangrijk dat er kritisch gekeken wordt naar de locaties van de rekenpunten van het oppervlaktewatermodel. Ook al liggen twee punten dicht bij elkaar, het kan zo zijn dat ze bij een verschillend peilniveau horen en dat in praktijk het oppervlaktewater dus niet in contact zal staan met het desbetreffende rioleringssysteem. In dat geval mag de reeks uit het oppervlaktewatermodel niet gekoppeld worden aan het rioolmodel.

In Tabel 4 zijn de drempelhoogtes van de overstorten vergeleken met de maximaal optredende waterstanden in het gekoppelde oppervlaktewaterpunt. Hiermee wordt voor gebied 15 de beschreven vuistregel bevestigd. In gebieden 12 en 16 stijgt het oppervlaktewaterpeil iets meer dan 35 cm maar ligt het maaiveld nog steeds hoog genoeg om geen water op straat te krijgen.

Binnen het huidige onderzoeksgebied waren niet veel mogelijkheden om de theorie te toetsen omdat het rioolmodel met name overstorten in het poldergebied heeft terwijl het oppervlaktewater model de focus legt op de boezem. De missende oppervlaktewaterstanden in het poldergebied vormen een informatie gat met als gevolg dat er binnen de twee modellen maar een beperkt aantal rekenpunten te vinden zijn die in hetzelfde peilgebied liggen.

D.5 Bijlage 1: Overzicht gekoppelde rekenpunten uit het rioolmodel en het oppervlaktewatermodel

Tabel 16. Overzicht van de gekoppeld ID's van de twee SOBEK modellen in Delfland.

| ID riolering node | ID oppervlaktewater node | Case |
|-------------------|--------------------------|------|
| 4 | calc_5066 | 11 |
| 1101697 | calc_5068 | 11 |
| 3 | 2753 | 11 |
| 1101739 | calc_4966 | 11 |
| 1109000 | calc_5060 | 11 |
| 415_1100494 | cns_BZM336 | 11 |
| 415_1101816 | calc_6818 | 11 |
| 1 | cns_BZM351 | 12 |
| 2 | cns_BZM351 | 12 |
| 12-236 | 2834 | 12 |
| 12-2053 | 1365 | 12 |
| 16-205 | calc_1386 | 16 |
| 16-382 | calc_1743 | 16 |
| 16-438 | calc_1384 | 16 |
| 16-790 | calc_1773 | 16 |
| 16-798 | calc_1776 | 16 |
| 500362 | calc_4966 | 05 |
| 5 | 60 | 14 |
| 1400085 | 60 | 14 |
| 1500110 | dwn_POL306b | 15 |
| 1500122 | calc_5925 | 15 |
| 1500550 | 3277 | 15 |
| 1501159 | 3277 | 15 |

D.6 Bijlage 2: vergelijking van maximale waterstanden met de drempelhoogte in de overstort

Tabel 4. Overzicht van de maximale waterstanden uit het SOBEK oppervlaktewater model, de hoogte van de overstort drempel en het verschil tussen die twee standen, voor de overstorten in Delfland. De rode rijen geven aan waar het verschil tussen de overstort drempel en de maximale waterstand meer dan 0.35 cm is. Voor die locaties is de verwachting dat er wateroverlast optreedt.

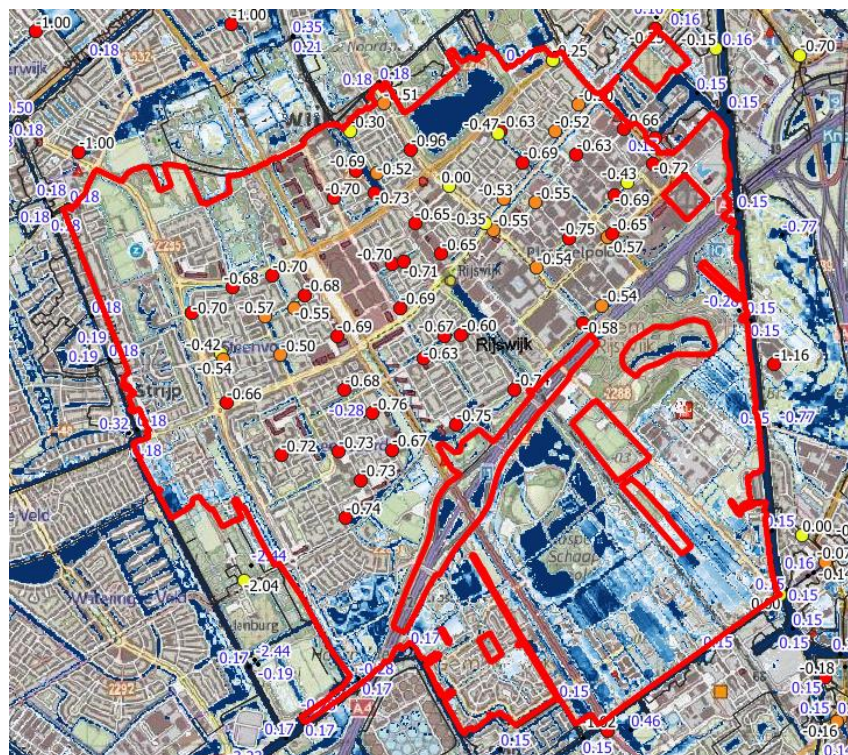
| Node | Case | Max waterstand gekoppelde serie [mNAP] | Overstort drempel [mNAP] | Vershil overstort en max waterstand |
|-------------|------|--|--------------------------|-------------------------------------|
| 16-205 | 16 | 0.6731358 | 0.32 | 0.353136 |
| 16-382 | 16 | 0.6602556 | 0.4 | 0.260256 |
| 16-438 | 16 | 0.6754509 | 0.33 | 0.345451 |
| 16-790 | 16 | 0.6758943 | 0.66 | 0.015894 |
| 16-798 | 16 | 0.6754996 | 0.38 | 0.2955 |
| 1500110 | 15 | 1.268093 | 0.5 | 0.768093 |
| 1500122 | 15 | 0.266353 | 1.65 | -1.38365 |
| 1500550 | 15 | 1.268095 | 0.16 | 1.108095 |
| 1501159 | 15 | 1.268095 | 0.5 | 0.768095 |
| 12-236 | 12 | -1.338189 | -1.97 | 0.368189 |
| 12-2053 | 12 | 0.0988 | 0.1 | -0.0012 |
| 3 | 11 | - | 2.7 | - |
| 1101739 | 11 | 0.0899 | 2.5 | -2.4101 |
| 1109000 | 11 | 0.0855 | 1.75 | -1.6645 |
| 415_1100494 | 11 | 0.0846 | 2.7 | -2.6154 |
| 415_1101816 | 11 | 0.0855 | 1.63 | -1.5445 |

E Nadere analyse van figuur 3-10

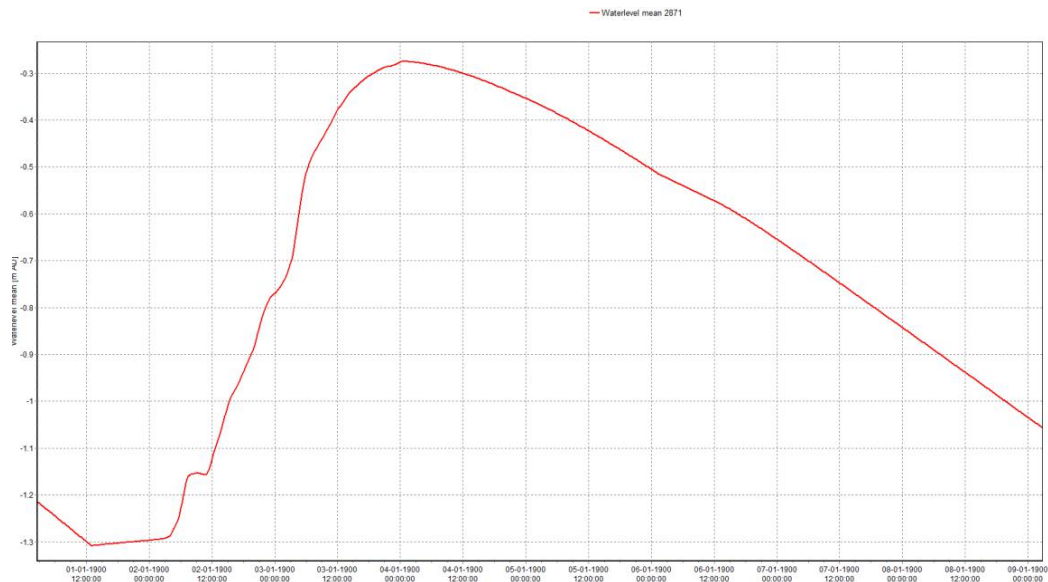
Voor enkele gebieden waar volgens de analyse weergegeven in figuur 3.10 drempels van riooloverstorten verdrinken is gekeken of de berekende waterstanden in het Sobekmodel plausibel zijn (in verhouding met waterstanden van de boezem, buurlocaties, maaiveld etc), en zijn deze vergeleken met de resultaten van de Watersverspreider.

Rijswijk centrum

In onderstaand figuur staan de drempelhoogtes van verschillende riooloverstorten (in zwart). In lichtblauw de maximale waterstanden in polders en boezemsystemen, deze zijn nagelopen en voor dit gebied realistisch bevonden bij dit scenario. Drempelhoogtes van de overstorten variëren gemiddeld tussen -0.70 m + NAP en -0.50 mNAP. In dit gebied verdrinken de riooloverstorten met een drempelhoogte lager dan -0.60 m +NAP volledig (met meer dan 30 cm) gedurende 1,5 (-0.60 m NAP) tot 5 dagen (-0.75 m + NAP).

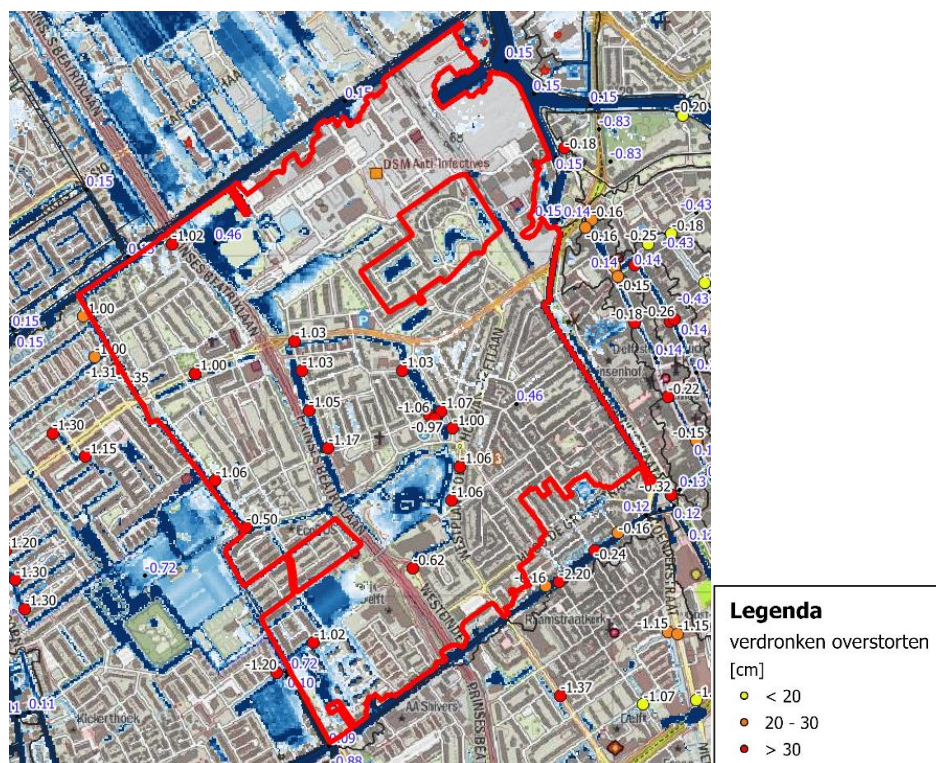


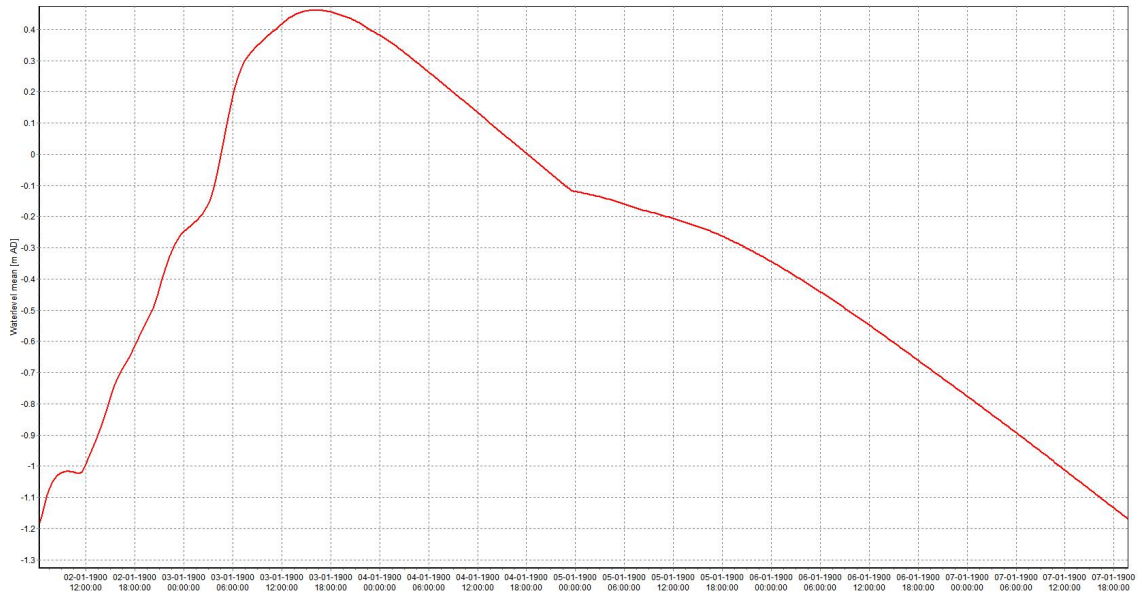
| Legenda | |
|---------------------------------------|---------|
| verdrongen overstorten | [cm] |
| ● | < 20 |
| ● | 20 - 30 |
| ● | > 30 |



Wijk ten westen van Delft centrum

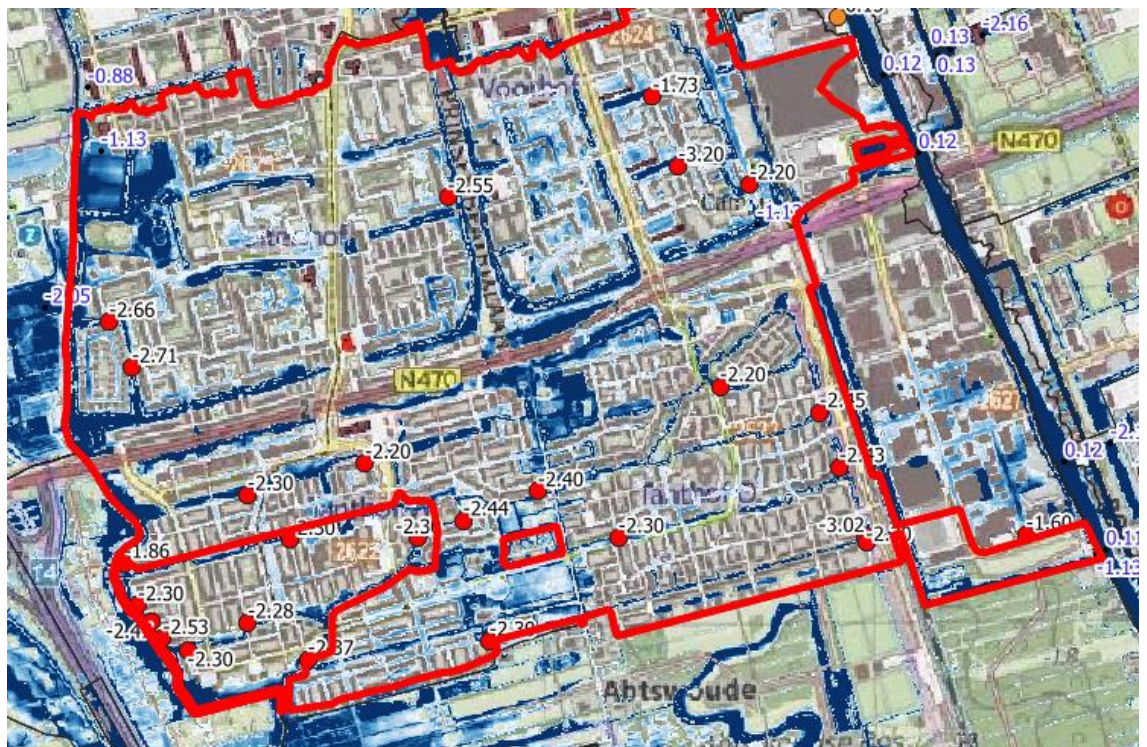
In onderstaand figuur staan de drempelhoogtes van verschillende riooloverstorten ten westen van het centrum van Delft (in zwart). In lichtblauw de maximale waterstanden in polders en boezemsystemen. Drempelhoogtes variëren tussen de -1.05 mNAP en -1.00 mNAP. Waterstanden voor het polderwater is gegeven in de grafiek. De gegeven waterstanden in de grafiek zijn echter niet realistisch. Poldersloten in deze wijk stijgen maximaal 0.8 – 0.9 m. Startend met een streefpeil van -1.13m NAP, stijgt deze feitelijk maximaal tot -0.20 mNAP. Dit is echter ver boven de gemiddelde drempelhoogtes van de overstorten. Het is onduidelijk hoe lang deze situatie aan kan houden.

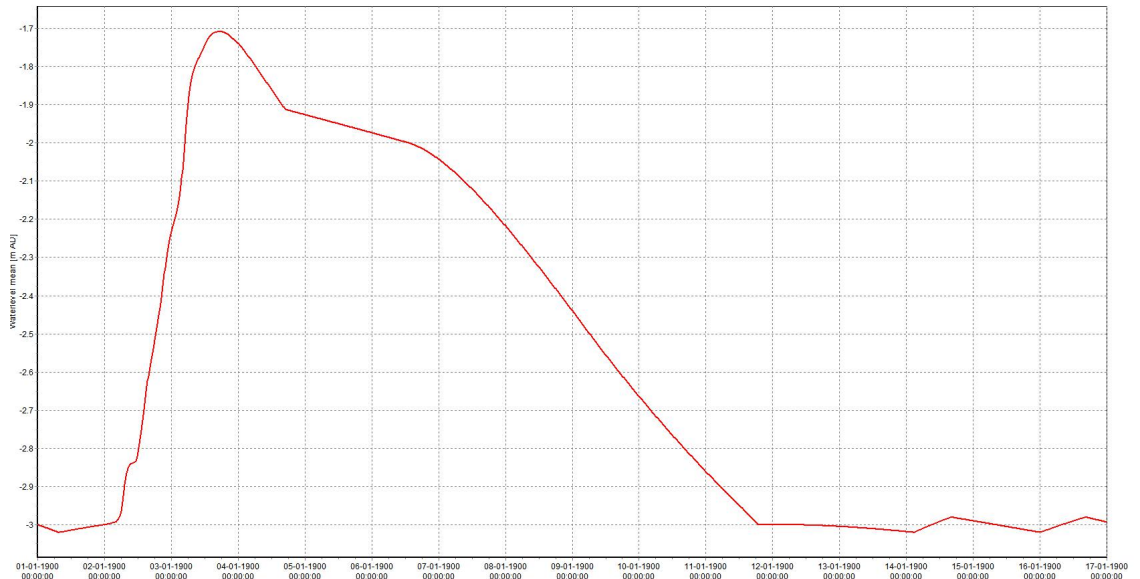




Tanthof Delft

In onderstaand figuur staan de drempelhoogtes van verschillende riooloverstorten in de wijk Tanthof in Delft (in zwart). In lichtblauw de maximale waterstanden in polders en boezemsystemen. Drempelhoogtes variëren tussen de -2.70 mNAP en -2.20 mNAP. Waterstanden voor het polderwater is gegeven in de grafiek. De gegeven waterstanden in de grafiek zijn echter niet realistisch. Poldersloten in deze wijk stijgen maximaal 0.8 – 0.9 m. Startend met een streefpeil van -2.70m NAP, stijgt deze feitelijk maximaal tot -1.80 mNAP. Dit is 40 tot 90 cm hoger dan de drempelhoogtes van het merendeel aan overstorten. Het is onduidelijk hoe lang deze situatie aan kan houden.



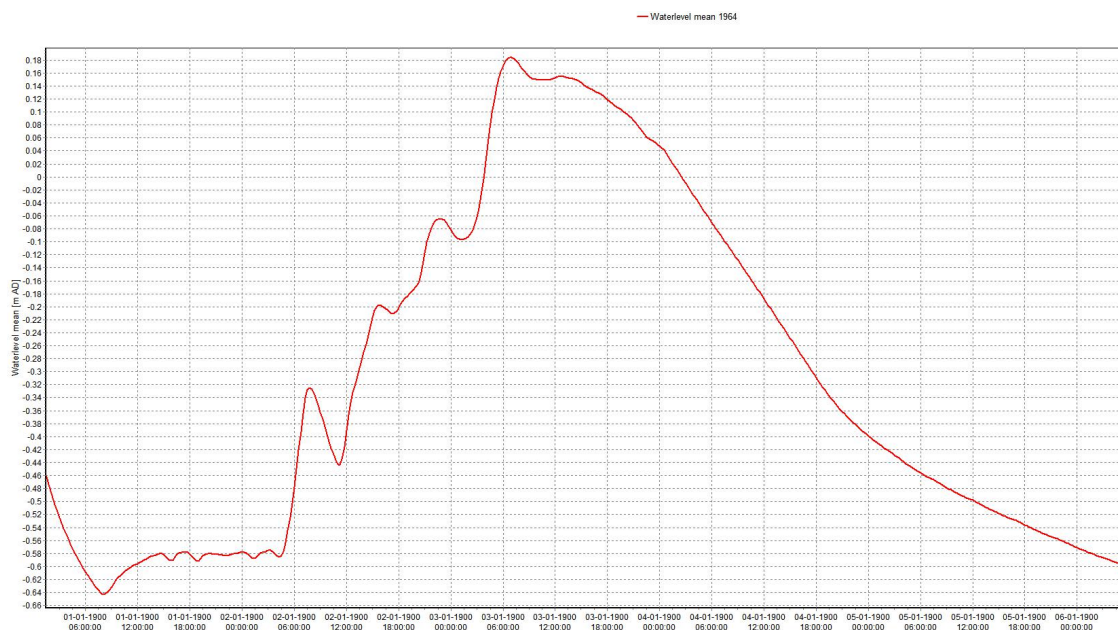


's-Gravenzande

In onderstaand figuur staan de drempelhoogtes van verschillende riooloverstorten in 's-Gravenzande (in zwart). In lichtblauw de maximale waterstanden in polders en boezemsystemen. Drempelhoogtes variëren tussen de -0.30 mNAP en -0.10 mNAP.

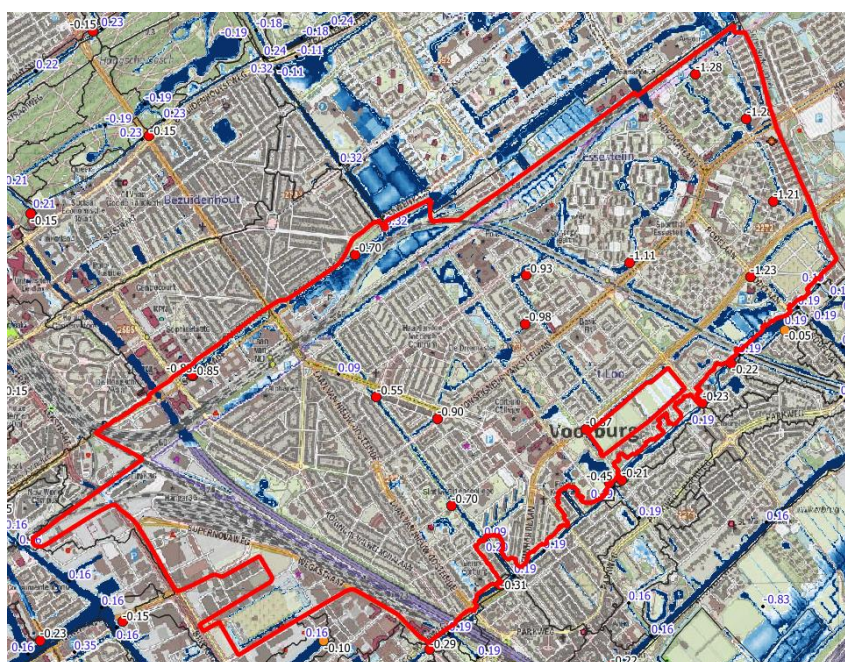
Waterstanden voor het boezemwater is gegeven in de grafiek. De gegeven waterstanden in de grafiek zijn realistisch. Poldersloten in deze wijk stijgen maximaal 0.8 m. Startend met een streefpeil van -0.43m NAP, daalt deze door voormalen eerst naar -0.64 mNAP en stijgt deze feitelijk maximaal tot 0.15 mNAP. Dit is 25 tot 45 cm hoger dan de drempelhoogtes van het merendeel aan overstorten. Het lijkt dat de overstorten maximaal 1 dag volledig verdrongen zijn en max. 2 dagen is de boezemwaterstand hier hoger dan de drempelhoogte van de overstorten.

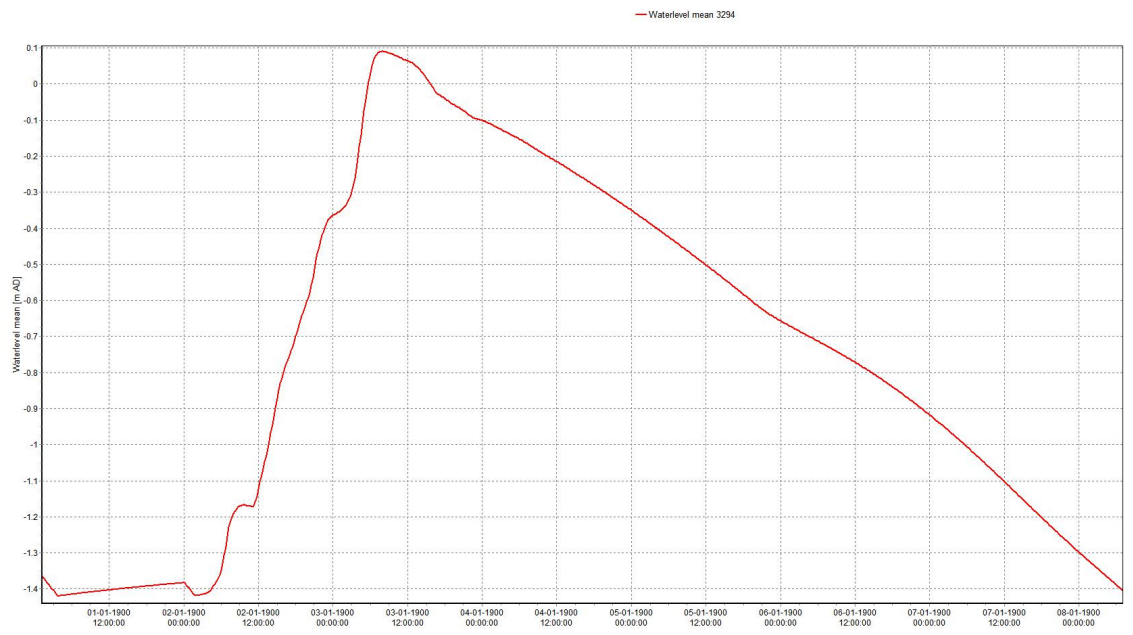




Voorburg

In onderstaand figuur staan de drempelhoogtes van verschillende riooloverstorten in Voorburg (in zwart). In lichtblauw de maximale waterstanden in polders en boezemsystemen. Drempelhoogtes variëren tussen de -1.00 mNAP en -0.20 mNAP. Waterstanden voor het polderwater is gegeven in de grafiek. De gegeven waterstanden in de grafiek zijn niet realistisch. Poldersloten in deze wijk stijgen maximaal 0.95 m. Startend met een streefpeil van -1.34m NAP, stijgt deze feitelijk maximaal tot -0.40 mNAP. Dit is tot 60 cm hoger dan de drempelhoogtes van het enkele van de overstorten. Het is onduidelijk hoe lang deze situatie voor de overstorten zal duren.





Deltares is een onafhankelijk kennisinstituut voor toegepast onderzoek op het gebied van water en ondergrond. Wereldwijd werken we aan slimme oplossingen voor mens, milieu en maatschappij.

Deltares

www.deltares.nl