

Gebiedsstudie Rotterdam Noord

INCAH

Infrastructure Networks Climate Adaptation and Hotspots

Datum: 3-12-2014

Auteurs: Tara Geerdink, Nienke Maas, Paul Fortuin, Kees van Muiswinkel, Rob Ammerlaan, Jos Streng, Douwe Yska, Ben Immers, Diana van der Meer, Andrew Bollinger, Bas Wols, Bert Sman, Gerard Dijkema, Maaïke Snelder, Mike Woning, Rolf van Buren, Srirama Bhamidipati en Telli van der Lei.

Project Thema 5

KvK rapport nummer: 150/2014



Bijdragers:

INCAH Onderzoekers:

Andrew Bollinger (TU Delft)
Bas Wols (KWR Water)
Bert Sman (Deltares)
Christian Bogmans (VU)
Elja Huibregtse (TNO)
Gerard Dijkema (TU Delft)
John van Esch (Deltares)
Maaïke Snelder (TNO)
Martin Adler (VU)
Mike Woning (Deltares)
Nienke Maas (TNO)
Rolf van Buren (Deltares)
Srirama Bhamidipati (TU Delft)
Tara Geerdink (TNO)
Telli van der Lei (TU Delft)

Stakeholders:

Ben Immers (TRAIL)
Chantal Oudkerk Pool (gemeente Rotterdam)
Diana van der Meer (Stedin)
Douwe Yska (HHSK)
Hans Groeneveld (RWS)
Jan Tigchelaar (HH Delfland)
Jos Streng (Gemeente Rotterdam)
Kees van Muiswinkel (RWS)
Klaas de Dood (Stedin)
Lissy Nijhuis (gemeente Rotterdam)
Maartje Smeets (Synergos Communicatie)
Mark Schipper (VRRR)
Monique Slegers (Programmabureau Klimaat)
Nick Barneveld (gemeente Rotterdam)
Paul Fortuin (RWS)
Peter Uithol (VRRR)
Pieter Jan Hofman (Provincie ZH)
Rob Ammerlaan (HH Delfland)

Copyright © **2014**

Nationaal Onderzoekprogramma Kennis voor Klimaat (KvK). Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden vermenigvuldigd, in geautomatiseerde bestanden opgeslagen en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm, geluidsband of op welke andere wijze ook, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van het Nationaal Onderzoekprogramma Kennis voor Klimaat. In overeenstemming met artikel 15a van het Nederlandse auteursrecht is het toegestaan delen van deze publicatie te citeren, daarbij gebruik makend van een duidelijke referentie naar deze publicatie.

Aansprakelijkheid

Hoewel uiterste zorg is besteed aan de inhoud van deze publicatie aanvaarden de Stichting Kennis voor Klimaat, de leden van deze organisatie, de auteurs van deze publicatie en hun organisaties, noch de samenstellers enige aansprakelijkheid voor onvolledigheid, onjuistheid of de gevolgen daarvan. Gebruik van de inhoud van deze publicatie is voor de verantwoordelijkheid van de gebruiker.

Dit onderzoeksproject (projectnummer 034.23069; Gebiedsstudie Rotterdam Noord) werd uitgevoerd in het kader van het Nationaal Onderzoeksprogramma Kennis voor Klimaat (www.kennisvoorklimaat.nl). Dit onderzoeksprogramma wordt medegefinancierd door het Ministerie van Infrastructuur en Milieu.

Inhoud

Samenvatting	5
1. Inleiding	6
2. Doel en afbakening onderzoek	7
3. Werkwijze kwetsbaarheidsanalyse	9
Proces aanpak.....	9
Workshop 1 Kick-off	10
Workshop 2 Blue Spots	10
Workshop 3 Adaptatie	11
Evaluatie	12
4. Resultaten	14
2 ^e workshop	14
3 ^e workshop	17
Evaluatie resultaten	23
5. Conclusie.....	24
6. Aanbevelingen.....	25
7. Bijlagen.....	27
Bijlage A: Antwoorden op de gestelde vragen van de stakeholders aan de onderzoekers in de 2 ^e workshop	27
Bijlage B: Adaptatie maatregelen n.a.v. werksessie in 2 ^e workshop.....	30
Bijlage C: Water op de weg (Deltares)	31

Samenvatting

In het kader van INCAH¹ hebben onderzoekers van INCAH samen met stakeholders een kwetsbaarheidsanalyse van infrastructuur voor klimaatverandering uitgevoerd voor het gebied Rotterdam Noord in de periode augustus 2013 tot en met april 2014. De gebiedsstudie had het doel om de ontwikkelde modellen en rekenmethodieken uit INCAH toe te passen in een praktijksituatie en de dialoog aan te gaan met stakeholders. De gemeente Rotterdam, één van de stakeholders, is hierin geïnteresseerd, in verband met het verbeteren van de Rotterdamse Klimaat Adaptatie Strategie.

Het doel van de gebiedsstudie Rotterdam Noord is drieledig; (1) de uitvoering van een klimaat infrastructuurkwetsbaarheidsanalyse, (2) een dialoog voeren met onderzoekers, de praktijk en beleidsmakers en (3) een aanpak ontwikkelen voor een integrale kwetsbaarheidsanalyse. Drie workshops met stakeholders vormden de kern van de gebiedsstudie. Tijdens deze workshops zijn onderzoeksresultaten teruggekoppeld en bediscussieerd, die naast afstemming tussen deelstudies ook verbeterpunten en aanbevelingen voor vervolg heeft opgeleverd. Daarnaast is de vraag en aanbod van informatie afgestemd tussen de stakeholders en onderzoekers.

De hoofdresultaten van de INCAH gebiedsstudie Rotterdam Noord zijn inzicht in de kwetsbaarheid van drie infrastructuurnetwerken en een ontwikkelde aanpak voor een integrale kwetsbaarheidsanalyse. Daarvoor is een scenario gebruikt met een overstroming, waarbij we op dag vijf van de overstroming hebben gekeken naar het netwerk van wegen, elektriciteit en leidingen. De type infranetwerken die kwetsbaar zijn, zijn middenspanningsstations, transformatorhuisjes, laagspanningskasten, leidingen en grote delen van de wegen. De onderlinge afhankelijkheden van de verschillende infranetwerken en de cascade-effecten resulteren in grote gevolgen bij een overstroming in een gebied. De klimaatkwetsbaarheid van het elektriciteitsnet, weglichamen en leidingen kan leiden tot stroomuitval, wegverzakking en opdrijven en/of breuk van leidingen. Dit leidt tot economische schade en een mogelijk gezondheidsrisico voor de samenleving.

Om tot deze integrale kwetsbaarheidsanalyse te komen is er een proces doorlopen. De ontwikkelde aanpak voor een integrale kwetsbaarheidsanalyse bevat de volgende elementen:

- Selectie: Selecteren van een casus, stakeholders, onderzoekers.
- Workshops: Samenkomen van de belangrijkste gebiedsstakeholders en onderzoekers om in gesprek te gaan met elkaar tijdens drie workshops. Hierdoor kunnen alle betrokkenen (onderzoekers, de praktijk en beleidsmakers) kennis ontwikkelen en uitwisselen, onderling verbinden en visies en perspectieven uitwisselen.
- Vragen staan centraal: Door de vragen van stakeholders centraal te stellen in de workshops zijn de stakeholders aangehaakt bij het proces en blijven deelnemen.
- Voorbereiding: Afstemmingsoverleggen voor onderzoekers en voor organisatoren.

Multidisciplinaire kennis van verschillende onderzoekers en stakeholders, van beheerders en eigenaren van de netwerken is nodig voor een integrale kwetsbaarheidsanalyse van infrastructuur. Stakeholders zijn nodig om de onderzoeksresultaten bruikbaar te maken voor de praktijk. Aansluiting van de vraag en aanbod van informatie is hiervoor cruciaal.

¹ INCAH: infrastructure and Networks, Climate Adaptation and Hotspots, onderzoeksproject van Kennis voor Klimaat, uitgevoerd door TNO, TU Delft, Deltares, VU en KWR.

1. Inleiding

Klimaatverandering leidt tot een toename van extreem weer. Hierdoor is infrastructuur meer blootgesteld aan extreme weersomstandigheden. Wereldwijd nemen de gevolgen van overstromingen toe doordat de waarde van boven en ondergrondse infrastructuur toeneemt en gebieden steeds dichtbevolkter worden. Deze gevolgen resulteren in hoge economische schade en schade voor de maatschappij. De onderlinge afhankelijkheid van infrastructuurnetwerken en het grote aantal stakeholders dat hierbij betrokken is, vraagt om een integrale benadering om infrastructuursystemen minder kwetsbaar te maken voor extreem weer. De uitdaging voor de betrokken partijen is om gezamenlijk op basis van multidisciplinaire kennis een integrale oplossing te ontwikkelen.

In het kader van INCAH hebben onderzoekers van INCAH samen met stakeholders een kwetsbaarheidsanalyse van infrastructuur voor klimaatverandering uitgevoerd voor het gebied Rotterdam Noord. INCAH² is een project dat aan de hand van ontwikkelde modellen en rekenmethodieken de effecten van klimaatverandering voor fysieke infrastructuur kwantificeert als basis voor adaptatiestrategieën. De ontwikkelde modellen en rekenmethodieken uit INCAH zijn toegepast in een praktijksituatie om de domeinen te integreren en de dialoog aan te gaan met stakeholders. De gemeente Rotterdam is één van de stakeholders en is hierin geïnteresseerd in verband met het verbeteren van de Rotterdamse Klimaat Adaptatie Strategie. Naast financiering uit het INCAH project heeft de gemeente Rotterdam een financiële bijdrage geleverd aan de gebiedsstudie.

Het doel van de gebiedsstudie Rotterdam Noord is drieledig; (1) de uitvoering van een klimaat multi-infrastructuurkwetsbaarheidsanalyse, (2) een dialoog voeren met onderzoekers, de praktijk en beleidsmakers en (3) een methode ontwikkelen voor een integrale kwetsbaarheidsanalyse. Drie workshops met stakeholders vormden de kern van de gebiedsstudie. Tijdens deze workshops zijn onderzoeksresultaten teruggekoppeld en bediscussieerd, die naast afstemming tussen deelstudies ook verbeterpunten en aanbevelingen voor vervolg hebben opgeleverd.

Dit rapport beschrijft de hoofddresultaten van de INCAH Gebiedsstudie Rotterdam Noord. Eerst wordt de afbakening van het onderzoek beschreven, dan de aanpak en de resultaten en tot slot de conclusie en aanbevelingen.

² Infrastructure Networks Climate Adaptation and Hotspots, onderzoek gefinancierd door Kennis voor Klimaat, consortium partners en stakeholders.

2. Doel en afbakening onderzoek

Het hoofddoel van de gebiedsstudie is het beoordelen van de kwetsbaarheid van de transportinfrastructuur (weg, elektriciteit en leidingen) in het gebied en hun onderlinge afhankelijkheid. Dit als gevolg van een overstroming in het studiegebied Rotterdam Noord (zie Figuur 1). Het eindresultaat is driedelig: (1) een eerste verkennende toepassing van een aanpak voor een integrale analyse van de klimaatbestendigheid van infrastructuurnetwerken, (2) een overzicht van de bereikbaarheid en beschikbaarheid van infrastructuurnetwerken en (3) aanbevelingen voor beleid, praktijk en onderzoek. De aanbevelingen zijn gericht op het minimaliseren van de kwetsbaarheid van infrastructuurnetwerken en op het toepassen van deze werkwijze op de klimaatadaptatiestrategie van de stakeholders, met name Rotterdam.

Om de in INCAH ontwikkelde modellen en rekenmethodieken toepasbaar te maken in de praktijk en het onderzoek hanteerbaar te houden, is het onderzoek inhoudelijk afgebakend en het studiegebied beperkt. De gebiedsstudie is afgebakend tot een autonoom gebied, drie infrastructuurnetwerken, één extreme weersomstandigheid en een bepaalde tijdsduur. We hebben gekozen voor een klein gebied met overstromingsrisico en met kwetsbare objecten, infrastructuurnetwerken. De casus Rotterdam Noord is geselecteerd omdat er al benodigde data beschikbaar waren van een onderzoek naar de waterveiligheid³. In het studiegebied ligt een vliegveld, een metrolijn, een treinstation, een ziekenhuis, bebouwing, verschillende wegen (A13, A20, N209 en N472) en grotere wateren als de Rotte en de Schie (zie Figuur 1). De tracé van de toekomstige aansluiting A13/16 ligt ook in het gebied.

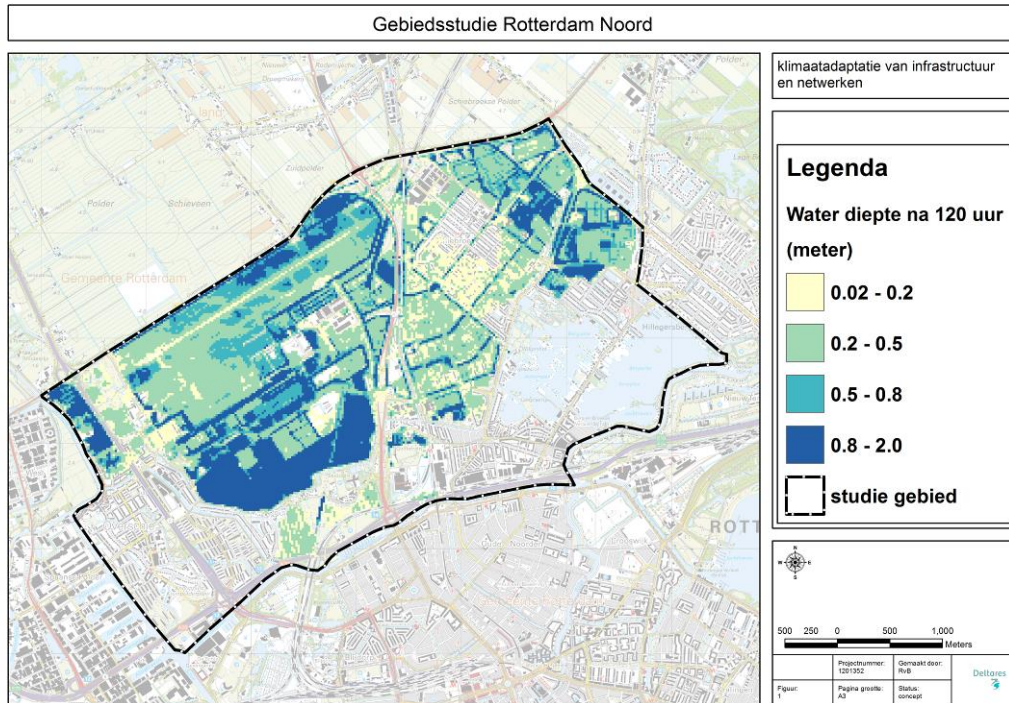
De drie geselecteerde typen infranetwerken zijn het wegennet, het distributienet voor elektriciteit en ondergrondse (holle) leidingen. Het spoor is niet meegenomen als netwerk in het onderzoek. Een overstroming is de extreme weersomstandigheid⁴. In dit studiegebied is aangenomen dat de Schie overstroomt door een gat in de dijk van de Schie. Op basis van de beschikbare modelleringen is gekozen voor het scenario van de bres Schie Noord, omdat dit scenario resulteerde in het meeste water in het gebied. Hierbij is niet gekeken naar de kans van voorkomen en de veiligheidsnorm van de verschillende keringen. Alle onderzoekers hebben gekeken naar het tijdstip 5 dagen na start van de overstroming. Op dat moment is er sprake van het meeste water in het gebied. In Figuur 2 is de waterdiepte te zien na 5 dagen overstroming.



Figuur 1 Noord Rotterdam Casus. De rode ster is de Schie Noord.

³ Onderzoek door “Nelen & Schuurmans, 2012”, beschikbaar gesteld door de gemeente Rotterdam.

⁴ Aangenomen is dat er voorafgaande aan de overstroming sprake was van extreme neerslag. Bij de doorbraak staat het waterpeil in de Schie 0,2 m hoger dan het streefpeil. Tijdens en na de overstroming is er geen sprake van extreem weer.

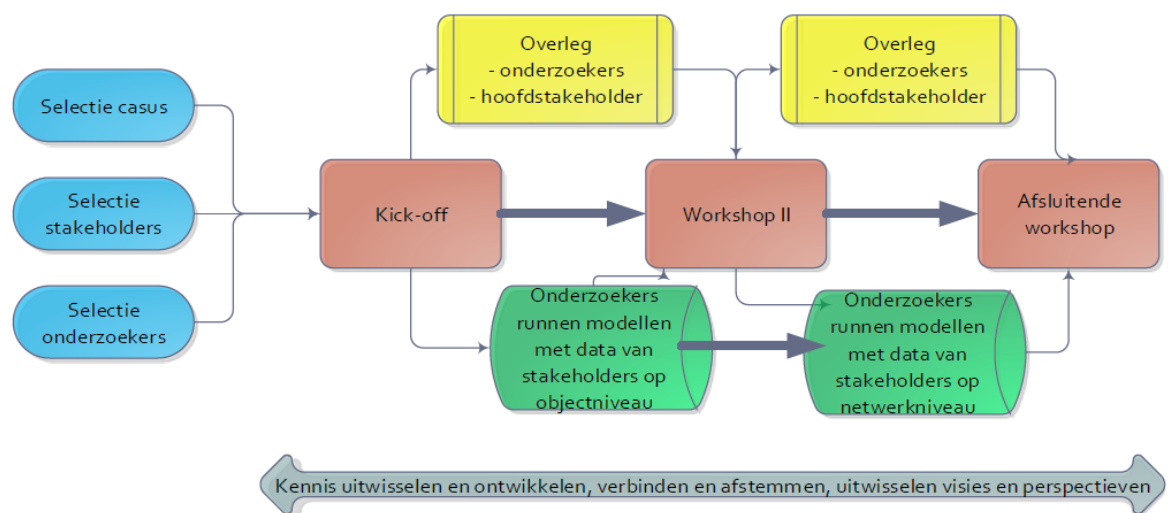


Figuur 2 Waterdiepte na 5 dagen (120 uur) in Rotterdam Noord.

3. Werkwijze kwetsbaarheidsanalyse

Proces aanpak

Voor de uitvoering van een integrale kwetsbaarheidsanalyse van infrastructuurnetwerken is het van belang dat alle betrokkenen (onderzoekers, de praktijk en beleidsmakers) kennis ontwikkelen en uitwisselen, onderling verbinden en visies en perspectieven uitwisselen. De verschillende domeinen, modellen en disciplines vragen om zo een kennis-interactieproces. In drie workshops zijn de belangrijkste gebiedsstakeholders samengekomen en in gesprek gegaan met onderzoekers. Door de vragen van stakeholders centraal te stellen in de workshops zijn de stakeholders aangehaakt bij het proces en blijven deelnemen. In Figuur 3 is een vereenvoudigde weergave gegeven van het proces wat we hebben doorlopen om tot een integrale kwetsbaarheidsanalyse te komen.

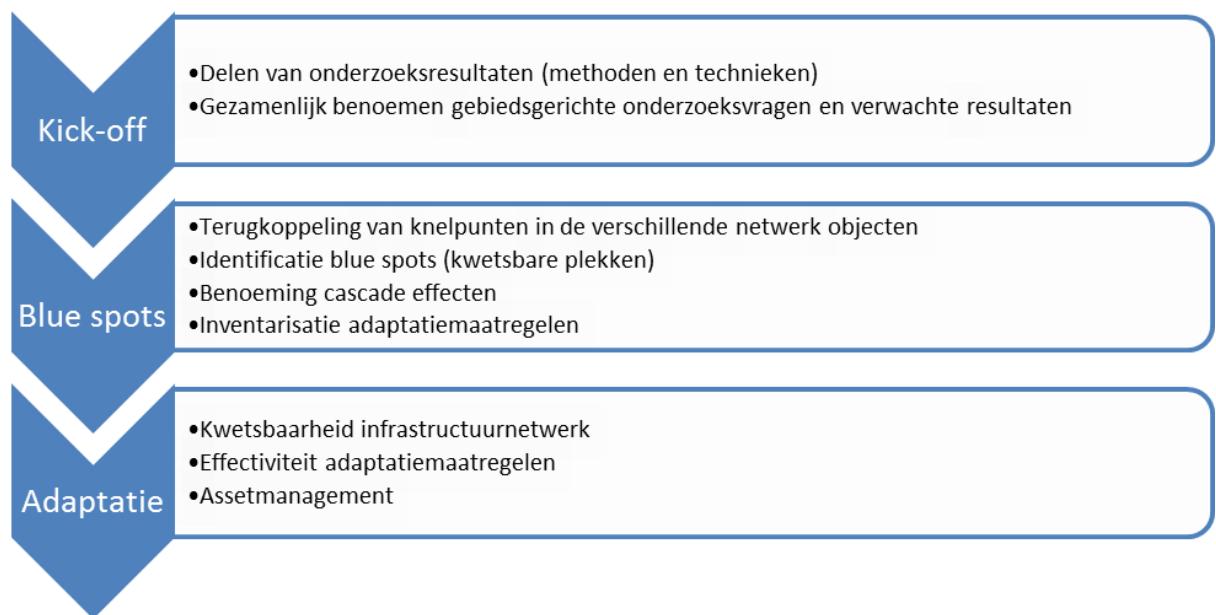


Figuur 3 Procesaankpak integrale kwetsbaarheidsanalyse

De gemeente Rotterdam en de organisatoren hebben voor het plaatsvinden van de kick-off de casus, stakeholders en onderzoekers geselecteerd. Gedurende het proces is dit 'kernteam' meerdere keren bij elkaar gekomen om tussentijds af te stemmen, de workshops voor te bereiden en te evalueren. Dit is belangrijk om af te bakenen en focus te houden om gezamenlijk een volgende stap te zetten. Als kennismakelaar hebben de organisatoren continue geïnventariseerd wat de vragen en behoeften zijn bij de belangrijkste stakeholders. Vervolgens zijn deze vragen aan antwoorden uit de gebiedsstudie verbonden. Het was niet mogelijk om alle vragen te beantwoorden door de beperkte tijd en scope van het onderzoek.

De geselecteerde stakeholders zijn infrastructuurbeheerders en beleidsmakers; Stedin, Hoogheemraadschap Delfland, Hoogheemraadschap van Schieland en de Krimpenerwaard, Rijkswaterstaat, de Veiligheidsregio Rijnmond, de gemeente Rotterdam en de provincie Zuid Holland. De geselecteerde onderzoekers zijn onderzoekers uit het INCAH project van Deltares, TU Delft, KWR Water, TNO en de VU.

Via een iteratief proces is de gebiedsstudie tijdens de workshops verder afgebakend. Ingebrachte kennis, beschikbare data en vragen van stakeholders zorgde voor verdere focus van het onderzoek. Tijdens de workshops hebben stakeholders en onderzoekers informatie uitgewisseld, discussies gevoerd en is het onderzoek aangescherpt. In Figuur 4 is de kern van de drie workshops te zien. De workshops worden hierna beschreven.



Figuur 4 Workshops Gebiedsstudie Rotterdam Noord

Workshop 1 Kick-off

Tijdens de kick-off zijn door INCAH ontwikkelde onderzoeksmethoden en –technieken gedeeld en zijn gezamenlijk praktijkrelevante onderzoeksvragen en de wenselijke resultaten benoemd. Ook is het financieringsvraagstuk besproken. De onderzoekers presenteerden hoe wegen-,elektriciteit- en leidingeninfrastructuur in het studiegebied kunnen reageren op een overstroming, langdurige droogte of hevige regenval. Tijdens deze kick-off workshop werd duidelijk dat er behoefte is aan een integrale kwetsbaarheidsanalyse van infrastructuurnetwerken in de gebiedsstudie Noord-Rotterdam. De stakeholders adviseerden het volgende: zoek de praktijk op en blijf niet in de theorie hangen, werk de maatschappelijke kosten baten analyse met lokale partijen uit en breng gezamenlijk consequenties van extreem weer in beeld zodat alle stakeholders betrokken kunnen worden.

Tussen de eerste en tweede workshop is het kernteam bij elkaar gekomen om de casus verder af te bakenen en om extra financiering te regelen. Ook de onderzoekers zijn tussentijds bij elkaar gekomen om de verwachtingen en de onderzoeken op elkaar af te stemmen. Drie infrastructuurnetwerken, twee extreme weersomstandigheden (overstroming en hevige regen) en de onderzoeksvragen zijn geselecteerd. Het plan van aanpak is vervolgens verder uitgewerkt waarin de stakeholdervragen gekoppeld zijn aan een netwerkanalyse waaraan bijna alle INCAH onderzoekers bijdragen. Zoals afgesproken in de eerste workshop konden stakeholders de benodigde data leveren aan de onderzoekers. De onderzoekers konden vervolgens de ontwikkelde methoden en technieken toepassen op de casus.

Workshop 2 Blue Spots

De onderzoekers en stakeholders zijn voor een tweede keer bij elkaar gekomen om de onderzoeksresultaten te bespreken in de vorm van knelpunten in de verschillende netwerken en de identificatie van zogenaamde Blue spots (kwetsbare plekken in de infrastructuur die onder water komen te staan). De onderzoekers brachten de kwetsbaarheid van de onderdelen van de infrastructuurnetwerken bij overstromingen⁵ in kaart. Dit deden ze door een korte presentatie te

⁵ De extreme weersomstandigheid hevige regen wordt niet meer meegenomen in het onderzoek door gebrek aan geschikte data en tijd.

geven over de hoofdresultaten van hun onderzoek. In deelsessies discussieerden we over de bruikbaarheid van de kwetsbaarhedenkaart en klimaatadaptatiemaatregelen.

De presentaties van de onderzoeksresultaten blijken voor de praktijk van de stakeholders goed bruikbaar te zijn. Veel stakeholders benoemen de faalmechanismen, de cascade-effecten, en de discussie over adaptatiemaatregelen als interessante onderwerpen van de sessie. Ook wordt de dialoog tussen stakeholders en onderzoekers over de onderzoeksresultaten positief gewaardeerd en als belangrijk resultaat van de gebiedsstudie gezien. De uitwisseling van informatie en de verschillende visies en perspectieven worden ook hoog gewaardeerd door de deelnemers van de workshop.

Tussen de 2e en 3e workshop heeft er naast een bijeenkomst met het kernteam ook een bijeenkomst plaatsgevonden met de onderzoekers. Dit maakte het mogelijk om de verschillende onderzoeken af te stemmen, verbindingen te maken en de verwachtingen helder te maken.

Workshop 3 Adaptatie

Voor de laatste keer kwamen de stakeholders en onderzoekers bij elkaar om de eindresultaten van de gebiedsstudie te bespreken. Onderzoekers hebben netwerkanalyses uitgevoerd en de interactie tussen de netwerken geanalyseerd. Dit levert een overzicht op van de totale kwetsbaarheid van het infrastructuurnetwerk in de gebiedsstudie. Met behulp van een visualisatie van de cascade-effecten worden de gevolgen van een overstroming in het gebied inzichtelijk. Discussies zijn gevoerd over de visualisatie van cascade-effecten, de integrale aanpak, aanbevelingen en een mogelijk vervolg.



beelding 1: Foto van een sessie tijdens de workshop.

Evaluatie

Feedback deelnemers workshop

Tijdens de workshops is er feedback verzameld van de stakeholders en onderzoekers over het verloop van de workshops en de gebiedsstudie. De positieve aspecten die zijn benoemd is de interactie met en tussen stakeholders en onderzoekers, de koppeling van wetenschap met de praktijk en de interactie tussen de verschillende infrastructuurnetwerken en projecten. Volgens velen hebben deze verschillende verbindingen geleid tot nieuwe inzichten en een stap voorwaarts in het benaderen van het overstromingsrisico en het bewustzijn hiervan. De open sfeer tijdens de workshops is benadrukt. Stakeholders hebben informatie openlijk gedeeld ondanks de gevoeligheid hiervan. Dit en de grote betrokkenheid van alle deelnemers hebben er voor gezorgd dat er goede discussies plaats konden vinden. Door het gebruik van een concrete casus zijn de onderzoeksresultaten voorstelbaar en herkenbaar voor de stakeholders en toe te passen op de praktijk. Dit alles heeft eraan bijgedragen dat de kwetsbaarheid van infrastructuurnetwerken, hun onderlinge afhankelijkheden en mogelijke cascade-effecten inzichtelijk zijn geworden.

De verbeterpunten die zijn genoemd: het meenemen van het ICT netwerk in de gebiedsstudie, meer inzetten van stakeholders en een goed proces voor het delen van informatie. Het meenemen van andere vitale sectoren leidt tot een completer resultaat van de gebiedsstudie. Een idee is om tijdens de workshops de stakeholders ook te laten presenteren en op die manier vanaf het begin hun (praktijk)kennis en ervaringen mee te nemen in de gebiedsstudie. Daarnaast zijn de infrastructuur gebruikers niet meegenomen en betrokken in de gebiedsstudie. Er is nu volgens een stakeholder te weinig aandacht gegaan naar de functies en behoeften in het studiegebied. Verschillende onderzoekers hebben ervaren dat ze niet alle benodigde data hadden.

Vorm bijeenkomsten

De workshops zijn zo ingericht dat er veel ruimte was voor kennisuitwisseling en interactie tussen de deelnemers. De verschillende workshops bestonden allen uit korte presentaties van onderzoekers met ruimte voor vragen en discussie en aparte discussie onderdelen die plenair of in deelsessies werden gehouden. De verhouding van de presentaties en discussie ruimte was (1:2). Ter voorbereiding van de workshops zijn de onderzoekers aangestuurd om zo kort en helder mogelijk voor stakeholders de essentie van de resultaten te presenteren. Dit was met behulp van een format voor de presentaties en de te beantwoorden vragen voor de onderzoekers. Tijdens de workshops zijn stakeholders gestimuleerd om data beschikbaar te stellen en uit te wisselen met onderzoekers. Het creëren van een vertrouwelijke omgeving zorgde ervoor dat er gevoelige informatie werd gedeeld en besproken werd. De deelnemers waren erg betrokken omdat ze voor de informatie die ze beschikbaar stelden, weer nieuwe informatie terug kregen. Het enthousiasme van de deelnemers en de grote betrokkenheid waren van meerwaarde voor de gebiedsstudie.

Verbetering werkwijze

De werkwijze is verbeterd nadat de tweede workshop uitgesteld moest worden. De tweede workshop was uitgesteld omdat er nog te weinig nieuwe onderzoeksresultaten waren om te delen met de stakeholders. Deze vertraging ontstond door het regelen van aanvullende financiering, en dus onduidelijkheid welke onderzoekers met hun deelonderzoeken konden bijdragen aan de gebiedsstudie. Daarnaast hebben we de tijd en energie voor het verzamelen van gebiedsspecifieke informatie onderschat. Het verzamelen van informatie kost veel tijd. Onderzoekers zijn hierbij afhankelijk van informatie die de stakeholders leveren. Het ontbreken van data heeft verschillende oorzaken: de data zijn niet beschikbaar, de data zijn niet verkrijgbaar i.v.m. confidentialiteit of er is geen goede match tussen vraag en aanbod van informatie.

De werkwijze is verbeterd door tussen de workshops bijeenkomsten te organiseren voor de onderzoekers en organisatoren. Tussen de workshops zijn de onderzoekers en organisatoren samen gekomen om de voorgaande workshop na te bespreken, het vervolg te bespreken, heldere onderlinge afspraken te maken en de verwachtingen af te stemmen. Door een overzicht te maken van de informatiestroom hebben we de informatie-uitwisseling gestimuleerd. In dit overzicht staat de beschikbare en de ontbrekende informatie. Het afstemmen en de interactie tussen onderzoekers onderling is ook belangrijk om te kunnen toewerken naar een gezamenlijk resultaat.

Afstemming

Voor een integrale kwetsbaarheidsanalyse is het nodig dat behoeften continue afgestemd worden tussen de stakeholders en onderzoekers. Hiervoor is het creëren van een vertrouwelijke omgeving essentieel om een open dialoog en discussies te kunnen houden. Een vertrouwelijke omgeving is de basis voor kennisuitwisseling en het delen van visies. Welke onderzoeksresultaten zijn toepasbaar in de praktijk en wat hebben de onderzoekers hiervoor nodig? Een casus maakt de onderzoeksresultaten concreter en gemakkelijker om te bediscussiëren voor stakeholders, maar ook voor onderzoekers. Onderzoekers hebben data nodig als invoer voor hun ontwikkelde modellen om de resultaten gebiedsspecifiek te kunnen maken. De stakeholders zijn cruciaal voor het leveren van deze data. Afstemming tussen de onderzoekers is nodig om de verschillende wetenschappelijke disciplines en onderzoeken met elkaar te verbinden en tot een gezamenlijk resultaat te kunnen komen. Hiervoor moeten heldere afspraken gemaakt worden over hoe de communicatie, discussie, kennisuitwisseling, afstemming en inhoudelijke verbinding zal plaatsvinden. Tijdens bijeenkomsten met stakeholders en onderzoekers is het van belang dat de vraag en het aanbod afgestemd wordt. Het afstemmen tussen onderzoekers onderling en met stakeholders zorgt er voor dat er toegewerkt wordt naar multidisciplinaire kennis.

4. Resultaten

De onderzoekers hebben de onderzoeksresultaten ten aanzien van de kwetsbaarheden van de drie infrastructuurnetwerken en hun onderlinge interactie in de tweede en derde workshop gepresenteerd. De belangrijkste resultaten staan hieronder beschreven per workshop en per infrastructuurnetwerk.

Samenvatting casus

In de eerdere studie naar waterveiligheid [Nelen en Schuurmans 2012] waren drie overstromings-scenario's met dijkdoorbraken van de Schie op verschillende locaties uitgewerkt. De dijkdoorbraak op de locatie Schie Noord bleek als enige te resulteren in een overstroming van de A13. Om de effecten op zoveel mogelijk infrastructuur te kunnen onderzoeken is dit scenario geselecteerd voor deze casus. De kans op dit type dijkdoorbraak op deze locatie is niet nader onderzocht. Bij het beschouwde scenario is er voorafgaande aan de dijkdoorbraak sprake van extreem weer (veel neerslag), waardoor het waterpeil in de Schie 0,2 m hoger staat dan het streefpeil. Tijdens en na de overstroming is er geen sprake van extreme weersomstandigheden.

Voor de casus is aangenomen dat de doorbraak in de Schie pas na vijf dagen is hersteld. In deze periode van vijf dagen loopt het gebied geleidelijk onder water. Eerst het gebied tussen de Schie en de A13. Na korte tijd loopt het water ook over de A13 de polder Zestienhoven in. Verder loopt het water via onderdoorgangen onder de A13 naar de oostelijk gelegen polders. Door de doorbraak daalt het waterpeil in de Schie. Na enkele uren is het waterpeil in de Schie lager dan het niveau van het wegdek van de A13, waardoor deze niet meer overstroomd. De polders ten oosten van de A13 lopen geleidelijk verder vol doordat er nog water blijft toestromen via de onderdoorgangen onder de A13. Bij de beoordeling van de gevolgen van de overstroming zijn eventuele erosie effecten, bijvoorbeeld bij onderdoorgangen, buiten beschouwing gelaten.

2^e workshop

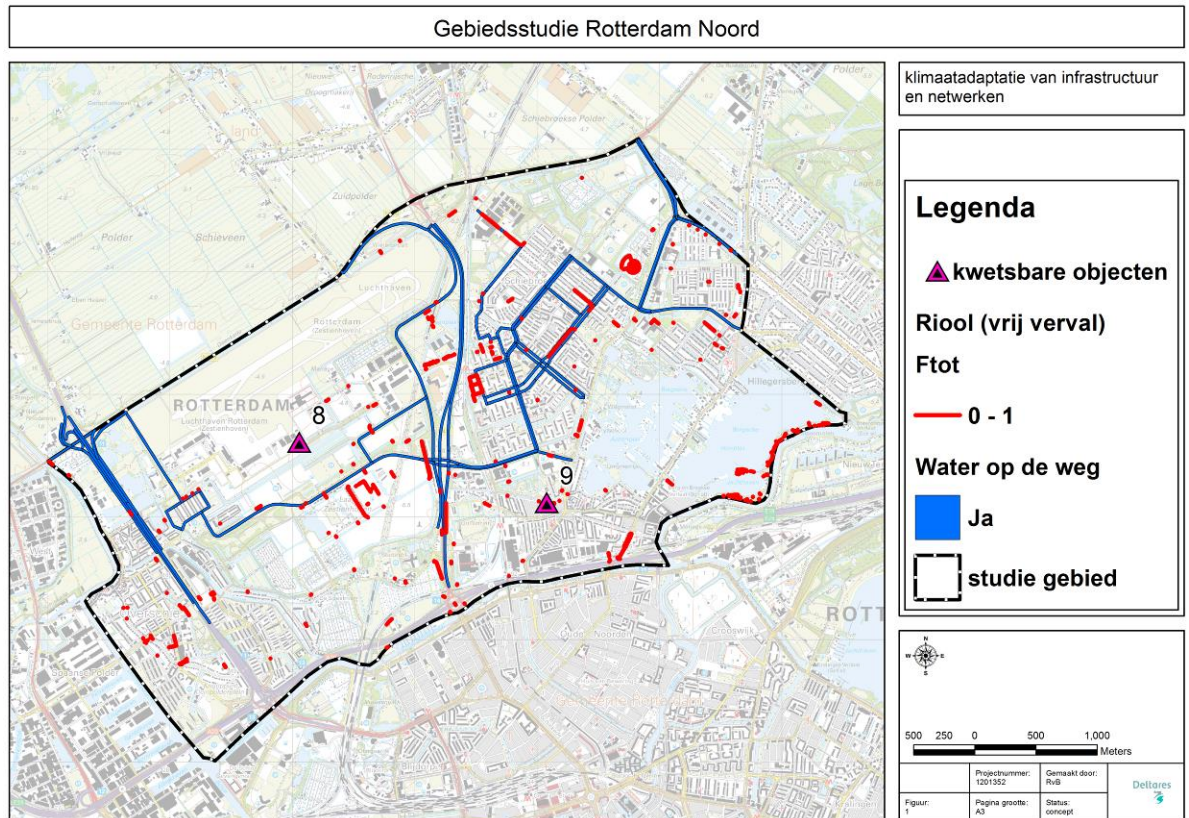
De onderzoekers presenteerden tijdens de tweede workshop de kwetsbaarheid van het elektriciteitsnet, stabiliteit van een grondlichaam (weg en waterkering), de kwetsbaarheid van ondergrondse holle leidingen en cascade-effecten bij een overstroming. Tijdens de workshop zijn er ook adaptatiemaatregelen geïnventariseerd (zie bijlage B).

Kwetsbaarheden in kaart

Het studiegebied is gedeeltelijk onder water gelopen als gevolg van een vijf dagen durende dijkdoorbraak van de Schie Noord (zie Figuur 2). In Figuur 5 zijn de voor overstroming kwetsbare infranetwerken in het studiegebied weergegeven. Twee middenspanningstations zijn kwetsbaar in het gebied onder het ergste scenario⁶ (worst case scenario). Onder het beste scenario⁷ (best case scenario) is enkel één middenspanningstation kwetsbaar. Op verschillende plaatsen in het gebied zijn meerdere transformatorhuisjes en laagspanningskasten kwetsbaar. Daarnaast zijn op verschillende plaatsen leidingen kwetsbaar. Op grote delen van de wegen staat water op de weg na vijf dagen. In de volgende sectie is per infrastructuurnetwerk het faalmechanisme uitgelegd en de vragen die hierbij werden gesteld tijdens de workshop. De vragen en antwoorden staan in bijlage A.

⁶ Er is niet voldoende tijd om het net vanaf laagspanningsniveau te sectioneren. In dat geval moet een station op een hoger spanningsniveau worden uitgezet om transformatorhuisjes en laagspanningskasten (op een lager spanningsniveau) uit te kunnen zetten, om elektrocutiegevaar te voorkomen.

⁷ Er is voldoende tijd om het net vanaf laagspanningsniveau te sectioneren. In dat geval kunnen laagspanningskasten en transformatorhuisjes die dreigen te overstroomden handmatig worden uitgezet.



Figuur 5 Kwetsbare infrastructuur in gebiedsstudie Rotterdam Noord

Kwetsbaarheid Elektriciteitsnet

Middenspanningsstations, transformatorhuisjes en laagspanningskasten zijn kwetsbaar voor overstromingen en kunnen uitvallen als ze onder water komen te staan. Er is een uitvoerige discussie gevoerd en velen vragen gesteld die in de derde workshop zijn beantwoord (zie 3^e workshop). De discussie ging over de noodvoorziening, hersteltijd, verantwoordelijkheden, kabels en het afschakelingsprotocol. De volgende vragen zijn gesteld:

- Is er een back-up station bij de luchthaven? Zo ja, wat is de kwetsbaarheid van dit middenspanningsstation? Werkt dit back-up station bij nood?
- Hoeveel tijd kost het om de schakelstations weer op gang te krijgen?
- Hoe lang is de herstelperiode? En wat is de schade?
- Bij wie ligt de verantwoordelijkheid en het risico?
- Wat is de kwetsbaarheid van kabels in het gebied?
- Wat is het afschakelingsprotocol?
- Wat kan je doen, ook op het gebied van meerlaagseveiligheid?

Het is verleidelijk om niet meteen naar oplossingen te kijken, mogelijk kan totale robuustheid van infrastructuurnetwerken verbeterd worden in plaats van sub optimalisaties per netwerk.

Kwetsbaarheid grondlichaam (weg en waterkering)

In het studiegebied blijken grondlichamen (dijken en verhoogde wegen) niet kwetsbaar te zijn⁸ op het moment van overstromen⁹. Risico's op instabiliteit vindt plaats als het water naast het grondlichaam (te snel) wordt weggepompt¹⁰. Als het water weg is uit het gebied is er een grote kans dat het grondlichaam onstabiel wordt en wegzakt. In het studiegebied is dit na veertien dagen nadat de overstroming heeft plaatsgevonden. De kwetsbaarheid van grondlichamen is afhankelijk van lokale omstandigheden. Bij een lange overstromingsduur, slechte afwatering, steil talud en verkeersbelasting, is de kans op instabiliteit van een grondlichaam groter¹¹. Gebleken is dat het mechanisme macrostabiliteit bij de wegen zeer locatieafhankelijk is vanwege de sterke invloed van de ondiepe grondlagen (de grondlagen onder de meestal 0,5 m dikke toplaag) en aanwezige sloten of watergangen. Vooral veengebieden zijn kwetsbaar voor het wegzakken van grondlichamen. De steilheid van de taluds bepaalt daarnaast in belangrijke mate tot welke rijstrook kritieke glijcirkels worden aangetroffen.

Deze informatie is voor de meeste deelnemers van de workshop nieuw. Als je denkt dat het gevaar voorbij is (en het water allemaal weg is) dan komt het risico pas. Hierbij is aangenomen dat de pompen blijven werken. Tijdens de workshop gaat de discussie over de gevolgen van falende pompen, de kans van voorkomen, het tijdvak van evacuatie en over de veiligheidsnormen. In de discussie komen de volgende vragen aanbod:

- Wat gebeurt er als de pompen het begeven?
- Wat is de veiligheidsnorm?
- Als het wegdek belast is met 20cm water wordt er niet meer geëvacueerd. Wanneer is dat moment?
- Wat is de kans van voorkomen? De kans van voorkomen is een grote onzekerheid, bij keringen zoals bij de Schie en vaak lager dan 1/1000.

In bijlage C staat de analyse van het functioneren van de weg bij water meer in detail beschreven.

Kwetsbaarheid ondergrondse holle leidingen

Tijdens een overstroming bestaat de mogelijkheid dat ondergrondse holle leidingen opdrijven. Het gevaar is dat leidingen beschadigen of breken. Hierbij kan er gas of rioolwater vrijkomen met gevaar voor de samenleving. Naast gevaar leidt dit tot ongemakken, waarbij huishoudens geen beschikking hebben over water, gas of elektra. Bovendien kunnen de oprijvende leidingen andere infrastructuur beschadigen, zoals andere ondergrondse leidingen of bovenliggende wegllichamen. Dit zorgt voor economische schade. Met behulp van modelberekeningen in GIS is de kwetsbaarheid van ondergrondse holle leidingen bepaald. Dit model beschouwt het krachterevenwicht op de leiding om te bepalen of een leiding kan opdrijven. Het model is een vereenvoudigde versie van een model dat in INCAH is ontwikkeld om een inschatting te maken van het risico op leidingbreuk door zettingen.¹² De rioolleidingen zijn het meest gevoelig voor opdrijven, omdat deze de grootste diameter hebben en daarmee het grootste oprijvend vermogen hebben. Hierbij is er wel van uitgegaan dat de rioolleidingen leeg zijn. De modelberekeningen, uitgaande van een worst-case scenario, laten zien dat een aantal grote rioolleidingen (diameter rond de 1m of groter) mogelijk zullen opdrijven. De gasleidingen zullen niet zo snel opdrijven, omdat de diameter relatief klein is. Drinkwaterleidingen zijn niet gevoelig

⁸ Op basis van stationaire berekeningen met het programma D-Settlement 9.3.

⁹ Bij deze casus zijn de gevolgen van eventuele ersoie van langsstromend water, bijvoorbeeld bij de onderdoorgangen, niet in beschouwing genomen.

¹⁰ Dit op basis van de resultaten verkregen met de niet stationaire modellering, met de in INCAH ontwikkelde module [1201351-008-GEO-0002-r-Impact of climate change on engineered slopes for infrastructure, 2012].

¹¹ Nader uitgewerkt in een separate studie in opdracht van Rijkswaterstaat [1207839-000-GEO-0004-v3-r-KPP Aanlegvraagstukken Klimaatbestendigheid geotechnische constructies].

¹² Wols, B. A., K. Van Daal and P. Van Thienen (2014). "Effects of climate change on drinking water distribution network integrity: Predicting pipe failure resulting from differential soil settlement." *Procedia Engineering* 70: 1726-1734

voor opdrijven in het geval van een zoetwater overstroming, omdat de leidingen volledig gevuld zijn met water.

In de discussie tijdens de workshop gaat het voornamelijk over de kruisingen tussen infrastructuur, de risico's van de kruisingen van drinkwaterleidingen en dijken en gevolgen van de uitval van pompen. Vragen die gesteld zijn:

- Wat is de conclusie van de plaatjes waarin de kruisingen tussen infrastructuur staan?
- Wat zijn de risico's van de kruisingen van drinkwaterleidingen en dijken?
- Kan je ook kijken naar duikers door de dijk / weglichaam heen, als zijnde holle leiding?
- Wat gebeurt er door uitval van de pompen in de druckleidingen?

Maatregelen

De beste investeringsstrategie is om maatregelen in te zetten die naast klimaatdoelen ook andere doelen nastreven. Hieronder is een opsomming gegeven van een selectie van technische, communicatieve en organisatorische maatregelen voor het studiegebied. Het totale overzicht van de inventarisatie van adaptatie maatregelen is weergegeven in bijlage B.

- Techniek
 - o Aanleg en onderhoud van drainage is belangrijk voor de klimaatrobustheid van de weg
 - o Rekening houden met ontwerp van taluds en wegen
 - o Het zo snel mogelijk dichten van het gat in de dijk van de Schie.
 - o Gevoelige componenten met grote kwetsbaarheid hoger aanleggen
 - o Draagbare (tijdelijke) rioolpompen
 - o Noodaggregaten voor verkeerslichten
 - o Uitschakelen van substations op afstand¹³
 - o Sloten en waterpartijen op enige afstand uit de teen van de helling aanleggen.
 - o Zwaardere leidingen
- Informatie
 - o In beeld brengen kwetsbare locaties in relatie tot kwetsbare doelgroepen
 - o Communicatie strategie
 - o Het geven van informatie over verwachte drukte en gestremde wegen
 - o Evacuatiestrategie communiceren
- Organisatie
 - o Zelfredzaamheid burgers verhogen
 - o Bewustwording over kritieke infrastructuur bij bewoners verhogen
 - o Mobiliteitsmaatregelen: thuiswerken, sluiten scholen
 - o Selectieve toegang tot het rampgebied om ramptoeristen te beperken
 - o Omleidingsroutes doorgaand verkeer

3^e workshop

In de laatste workshop zijn de eindresultaten teruggekoppeld; de kwetsbaarheid van het hele infranetwerk inclusief cascade-effecten en de faalmechanismen als gevolg van een overstroming. De onderzoekers beantwoordden de vragen van de stakeholders uit de 2^e workshop (zie bijlage A). De onderzoekers presenteerden de back-up strategie van middenspanningsstations, de kwetsbaarheid van het wegnennetwerk en assetmanagement voor netwerken. Daarnaast zijn de kwetsbaarheden en faalmechanismen in kaart gebracht en bediscussieerd. In de volgende secties worden per infrastructuurnetwerk deze resultaten beschreven.

Kwetsbaarheid en back-up strategie elektriciteitsnet

Als er voldoende tijd beschikbaar is om het net te sectioneren (door handmatig transformatorhuisjes en laagspanningskasten aan of uit zetten en om te schakelen), dan kan de uitval beperkt worden gehouden. Als er niet voldoende tijd beschikbaar is, dan moeten stations op een hoger spanningsniveau worden uitgeschakeld, om elektrocutiegevaar bij overstroomde

¹³ STEDIN realiseert binnen 2 jaar het uitschakelen van middenspanningsstations op afstand.

transformatorhuisjes en laagspanningskasten te voorkomen. In dat geval komt er een groter gebied zonder elektriciteit te zitten dan strikt noodzakelijk. Na de overstroming kan met behulp van noodvoorzieningen de stroomvoorziening binnen een maand redelijk worden hersteld. Alle overstroomde elektrische objecten (stations, transformatorhuisjes, laagspanningskasten en aansluitingen) zullen echter moeten worden gecontroleerd en schoongemaakt. Afhankelijk van de complexiteit van de objecten en de opgelopen beschadiging kan het maanden tot 1 a 2 jaar duren voordat het elektriciteitsnet is teruggebracht in de oorspronkelijke staat. De uitval van stations (transformatorhuisjes en laagspanningskasten) kan er voor zorgen dat een significant aantal (riool) pompen, verkeerslichten en elektriciteitsstations uitvallen.

Functioneren van het wegennetwerk

Als gevolg van een overstroming kan de capaciteit van het wegennetwerk om vier redenen omlaag gaan:

1. Als het wegdek belast is met 20cm water mogen wegen niet meer door verkeer worden gebruikt en mogelijk worden de wegen al eerder afgesloten.
2. Als gevolg van wegverzakkingen of dreigende wegverzakkingen kunnen extra wegen worden afgesloten.
3. Daarnaast kunnen wegen worden afgesloten voor het reguliere verkeer zodat ze voor evacuatie en hulpdiensten gebruikt kunnen worden.
4. Als de elektriciteit uitvalt kunnen bepaalde dynamisch verkeersmanagement systemen (verkeerslichten, dynamische route panelen, matrixborden) uitvallen en kunnen spitsstroken, doelgroepsstroken en tunnels worden afgesloten omdat de veiligheidssystemen niet meer werken.

Voor het gebied bij Rotterdam-Noord is de eerste reden van doorslaggevend belang gebleken. Reden 2, 3 en 4 kunnen tot aanvullende afsluitingen voor regulier verkeer leiden. Dit geldt onder andere voor de A13 die op dag vijf niet meer onder water staat door de overstroming, maar wel vanwege een dreigende wegverzakking of ten behoeve van hulpdiensten kan worden afgesloten.

Met behulp van het dynamische verkeersmodel is op basis van bovenstaande capaciteitseffecten en aannames over het effect op de vervoervraag een inschatting gemaakt van de verkeerseffecten van een overstroming. Als gevolg van de wegafsluitingen is verplaatsen van en naar het gebied voor bewoners, werknemers en hulpdiensten lastig of zelfs niet meer mogelijk. Als de A13 wordt afgesloten, ondervindt ook het reguliere verkeer dat niet van of naar het overstroomde gebied komt, vertraging omdat het verkeer dat eerst gebruik maakte van de A13, dan gebruik zal moeten maken van de A20 en de A12. De A20 kan dat niet aan met lange files op de A20 en de A16 als gevolg en veel vertraging in de stad. Dit is een worstcase scenario. In praktijk gaan waarschijnlijk mensen hun reisgedrag aanpassen door thuis te werken, eerder of later te vertrekken, andere vervoerwijzen te kiezen (indien mogelijk bij de overstroming) etc. De congestie kan daardoor uiteindelijk meevallen, maar dit is erg lastig in te schatten omdat niet/weinig bekend is over hoe mensen zich bij overstromingen gedragen. Daarnaast kunnen extra maatregelen genomen worden zoals:

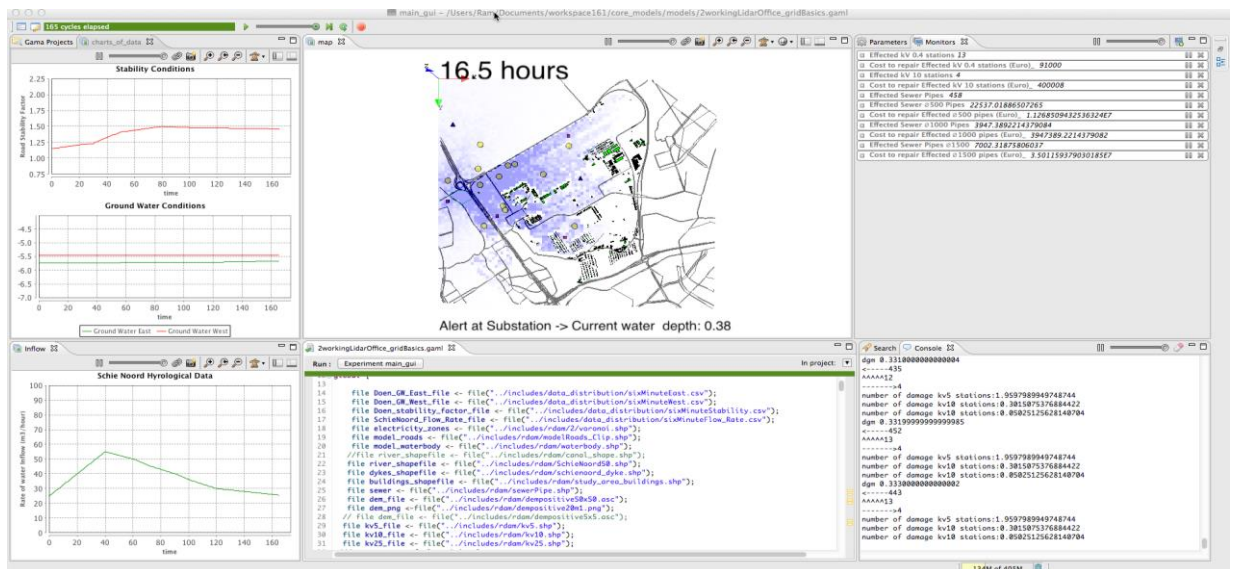
- Mobiliteitsmaatregelen: o.a. 'verplicht' thuis werken, sluiten scholen
- Communicatie: 'Verkeersalarm' & communicatiestrategie (VRR)
- Handhaving: o.a. weghouden ramptoeristen
- Flexibele infra: flexibel gebruik spitsstroken, doelgroepstroken (tekstkarren oid), contraflow
- Omleidingsroutes (doorgaand) verkeer
- Infra-aanpassingen: als de A4 Midden-Delfland & A13/A16 worden aangelegd met medeneming van klimaat adaptatie, kan dat een positief bijeffect hebben bij overstromingen.
- Incidentmanagement verhogen bij kwetsbare wegvakken.
- Noodaggregaten (relevant voor andere gebieden)

De uiteindelijke economische schade van de overstroming als gevolg van de verminderde beschikbaarheid van het wegennetwerk bestaat uit de voertuigverliesuren van de mensen in de file. Ook het niet meer kunnen maken van verplaatsingen leidt tot economische schade voor de mensen die de verplaatsing wilden maken, maar ook voor winkels, bedrijven, het vliegveld etc. die niet meer bereikt kunnen worden.

De economische schade wordt veroorzaakt in de periode dat er wegen zijn afgesloten. Het duurt veertien dagen voordat het water weer uit het gebied is gepompt en alle wegen weer bereikbaar zijn na een vijf daagse overstroming van de Schie (Bijlage C: water op de weg). Hierbij is aangenomen dat de pompen blijven werken. Als de pompen uitvallen zal er langer water in het gebied zijn en dus meer overlast en schade veroorzaken. Tot slot is niet specifiek gekeken naar de periode voor de overstroming en de eerste dagen van de overstroming. De evacuatie van het gebied is dus buiten beschouwing gelaten.

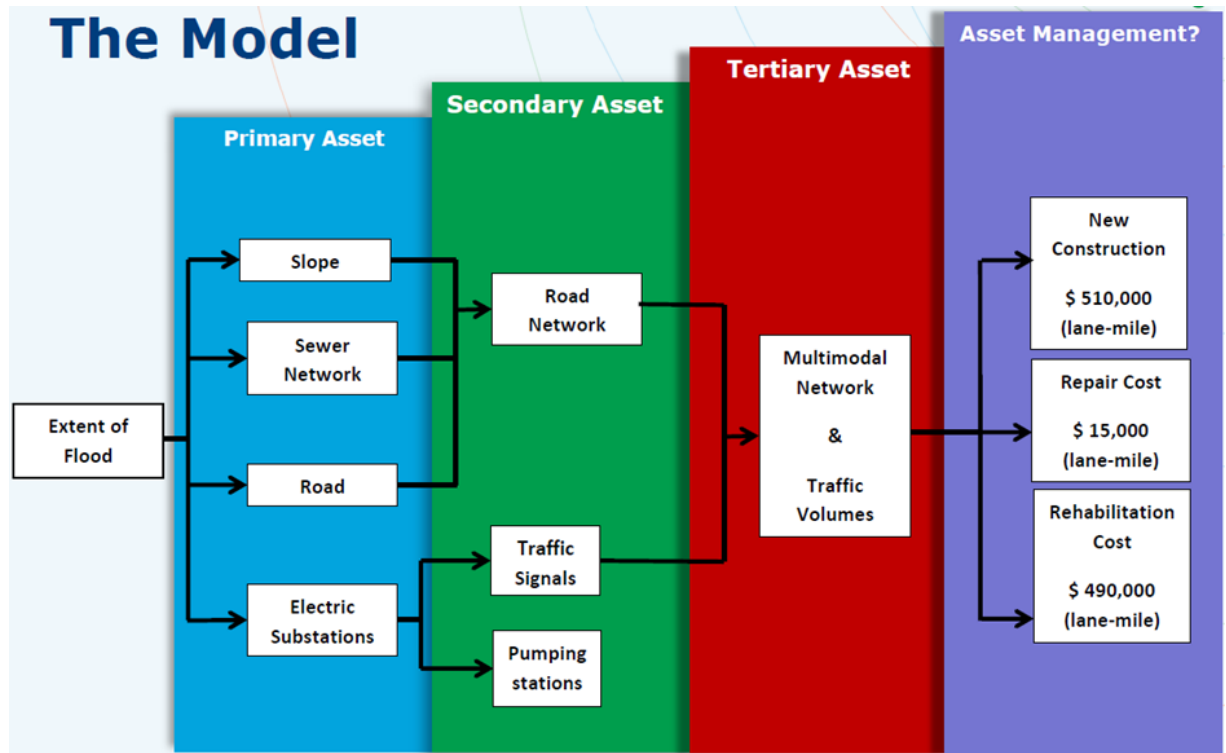
Asset management

Alle kwetsbaarheden van de drie verschillende infranetwerken zijn samengebracht in een model voor assetmanagement. Met dit model kunnen onderlinge afhankelijkheden en (lange termijn) effecten zichtbaar worden. In Figuur 6 staat een snapshot van de simulatie 16,5 uur na de dijkdoorbraak.



Figuur 6: Snapshot van simulatie 16,5 uur na de dijkdoorbraak met links conditiedata en rechts vervangingskosten van gefaalde infrastructuur.

Naast de simulatie van de effecten die de verschillende infrastructuren hebben, kan het model ook de kosten van de schade berekenen waaruit het optimum van investeren in infrastructuurnetwerken over de levenscyclus heen gehaald kan worden. In Figuur 7 is de samenhang tussen de verschillende assets weergegeven.



Figuur 7: Effecten van asset soorten op het wegennetwerk en daaraan verbonden vervangingskosten

Alle kwetsbaarheden van de drie verschillende infranetwerken zijn samengebracht in een model voor assetmanagement. Met dit model kunnen onderlinge afhankelijkheden en (lange termijn) effecten zichtbaar worden. Naast de simulatie van de effecten die de verschillende infrastructuren hebben, berekent het model ook de kosten van de schade. Het optimum van investeren in infrastructuurnetwerken over de levenscyclus heen is hier uit te halen. In Figuur 6 is zichtbaar welke data het model nodig heeft om de onderlinge afhankelijkheden van deze gebiedsstudie inzichtelijk te maken.¹⁴

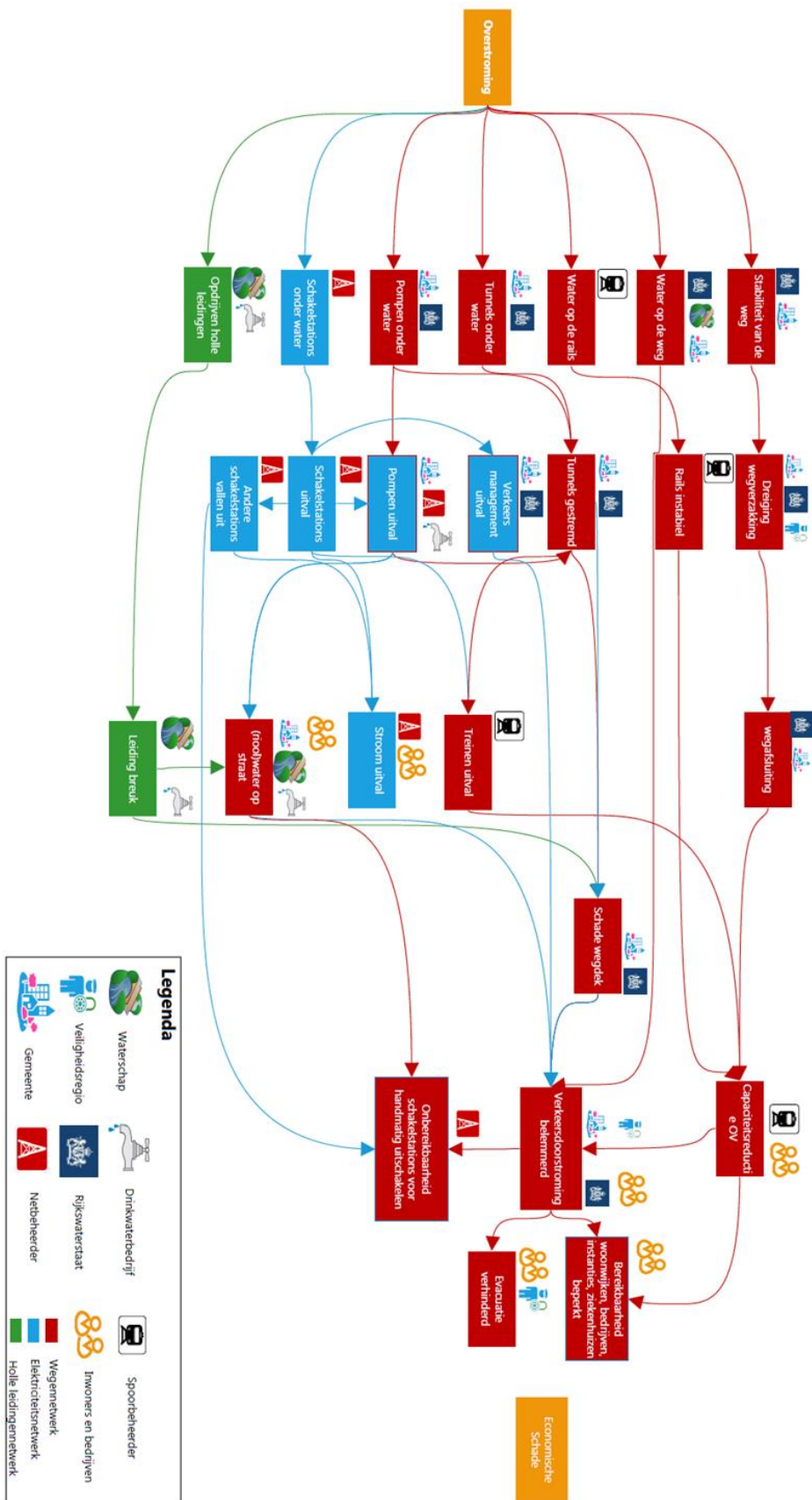
¹⁴ Het model is ingediend als een artikel voor een tijdschrift (EJTIR) en een conferentie (ETC 2014). Beide worden op het moment beoordeeld voor een publicatie en een uitslag is verwacht in december 2014.

Visualisatie cascade-effecten

Om inzicht te geven in de kwetsbaarheid van infranetwerken als gevolg van overstromingen zijn de cascade-effecten in kaart gebracht voor de gebiedsstudie (zie Figuur 8). In deze vereenvoudigde verbeelding zijn de interacties tussen de verschillende netwerken en gevolgen zichtbaar. Ook is weergegeven welke partijen hier last door ervaren. Dit schema is een weergave van de discussie maar heeft niet de illusie compleet te zijn of volledige complexiteit weer te geven. Een overstroming resulteert in het onder water staan van verschillende infrastructuurnetwerken. Dit kan leiden tot stroom-, trein- en metro- uitval, (riool)water op straat en leidingbreuken. Door de onderlinge afhankelijkheden van de netwerken leiden cascade-effecten veelal belemmering van de verkeersdoorstroming, capaciteitsreductie van het openbaar vervoer en beperkte bereikbaarheid van woonwijken, bedrijven, instanties en ziekenhuizen. Dit leidt tot economische schade. Door de uitval van pompen kan het rioolwater niet meer goed afgevoerd worden. Dit vormt een gezondheidsrisico voor de omgeving.

De visualisatie geeft ook inzicht in de betrokken stakeholders. Drinkwaterbedrijven kunnen in dit overzicht ook vervangen worden door beheerder van het gasnetwerk of rioolnetwerk. Vooral omdat de rioolleidingen het meest kwetsbaar zijn voor overstromingen.

Volgens de deelnemers aan de workshops geeft de visualisatie van de cascade-effecten een goed overzicht van de connecties tussen de infrastructuurnetwerken en de mogelijke gevolgen. Een deelnemer zei: *“dat het geen compleet nauwkeurig beeld geeft is bekend, maar dat neemt niet weg dat het een duidelijk beeld geeft van de cascade-effecten bij een overstroming.”* De stakeholders en onderzoekers ervaren het als een goed ‘discussie’ plaatje. In deze visualisatie worden de gedrags/vraag effecten niet meegenomen die invloed hebben op de verkeersvraag. Gedrag leidt tot een ander verplaatsingspatroon en heeft effect op de verkeersdoorstroming. De verschillen in lange of korte hersteltijd is ook niet inzichtelijk in deze weergave, terwijl hier wel grote verschillen in zijn. De schade aan wegdek door wegverzakking en tunnels kan structureel van aard zijn met als gevolg langdurige uitval en hoge kosten voor de maatschappij. Dit zijn mogelijke verbeterpunten.



Figuur 8 Visualisatie cascade-effecten van een overstroming voor infranetwerken.

Evaluatie resultaten

De workshopdeelnemers hebben allemaal nieuwe inzichten opgedaan tijdens de gebiedsstudie (zie hieronder verschillende citaten). Het voornaamste nieuwe inzicht zijn de klimaatkwetsbaarheden van infrastructuurnetwerken, de onderlinge afhankelijkheden van de verschillende infranetwerken en de cascade-effecten. Ook de werking van de onderlinge infrastructuurnetwerken hebben nieuwe inzichten opgeleverd. Zoals de werking van het elektriciteitsnet, stabiliteit van weglichamen, leidingen en de mogelijke gevolgen van een overstroming hierop. Ook het combineren van al deze effecten in één assetmanagementsysteem heeft nieuwe inzichten en discussies opgeleverd. De stakeholders benadrukken dat het kijken naar cascade-effecten en het meenemen ervan in het onderzoek nog niet veel gedaan is. Naast deze onderzoeksresultaten hebben de perspectieven en visies van de stakeholders ook nieuwe inzichten opgeleverd. Door de gedeelde kennis op basis van ervaringen uit de praktijk en data van de stakeholders zijn de onderzoeksresultaten aangescherpt en vollediger geworden. Ook de infrastructuurbeheerders hebben nieuwe of verbeterde inzichten gekregen over hun eigen infrastructuurnetwerken. Hieronder staan verschillende citaten van de deelnemers.

“De gevolgen voor elektriciteit zijn erg interessant en ook relevant, zeker ook voor de veiligheidsregio, maar ook om beleid op te baseren.”

“Mijn nieuwe inzichten hebben met name betrekking op een kijkje in de keuken van andere stakeholders met voor mij nieuwe inzichten en invalshoeken”

“Elektriciteit is de meest vitale functie, mede veroorzaker van de cascade-effecten”

“Nieuwe inzichten over cascade-effecten - de kwetsbaarheid van andere infranetwerken als gevolg van de kwetsbaarheid van middenspanningsstations”

“Het is essentieel om inzicht te hebben in gedragsveranderingen (wel of geen verplaatsing maken, vervoerwijze keuze, bestemmingskeuze, vertrektijdstipkeuze, routekeuze, rijgedrag) om een goede inschatting te maken van de verkeersprestatie bij overstromingen (en andere weersomstandigheden)”

“Het meest opvallende uit de workshops is de sterke afhankelijkheid van de verschillende infranetwerken en het grote aantal stakeholders dat hierbij betrokken is.”

“Bij de stabiliteit van wegen is het opvallend dat in deze casus de grootste problemen ontstaan in de herstelfase, na de overstroming. Het (snel) verlagen van de waterstanden langs de weg heeft een grotere invloed op de stabiliteit van de weg dan het vollopen van het gebied.”

“Dat voor wegen met een relatief eenvoudige ingreep de stabiliteit onder extreme omstandigheden kan worden vergroot. Dit door te zorgen voor een goede drainage van de weg en ook door sloten en waterpartijen op enige afstand van de weg te leggen en niet direct onder aan het talud.”

5. Conclusie

Het doel van de gebiedsstudie was het uitvoeren van een klimaat infrastructuurkwetsbaarheidsanalyse, een dialoog voeren met onderzoekers, de praktijk en beleidsmakers en een aanpak te ontwikkelen voor een integrale kwetsbaarheidsanalyse. Deze drie doelen zijn bereikt aan de hand van workshops.

De kernpunten van de werkwijze van de integrale kwetsbaarheidsanalyse zijn: (1) de selectie van een casus, stakeholders en onderzoekers; (2) het samenbrengen van de belangrijkste stakeholders en onderzoekers tijdens drie workshops; (3) het centraal stellen van de vragen van stakeholders in de workshops en (4) afstemmingsoverleggen voor onderzoekers en organisatoren. Door het samen laten komen van stakeholders, onderzoekers en beleidsmakers tijdens drie bijeenkomsten is kennis uitgewisseld en ontwikkeld en zijn visies en perspectieven gedeeld. Hierdoor zijn verbindingen tussen stakeholders en onderzoekers, wetenschap en beleid en verschillende disciplines ontstaan.

Het resultaat hiervan is een integrale kwetsbaarheidsanalyse waarbij naar de onderlinge afhankelijkheden en cascade-effecten is gekeken voor drie infrastructuurnetwerken. Na een vijf dagen durende overstroming als gevolg van een dijkdoorbraak in de Schie zijn delen van het wegennetwerk, elektriciteit-en leidingen netwerk kwetsbaar. Ze functioneren niet of onderdelen zijn niet bereikbaar. De kwetsbaarheid van het elektriciteitsnet, weglichamen en leidingen kan door de overstroming ook leiden tot stroomuitval, wegverzakking en opdrijven en/of breuk van leidingen. Een overstroming kan door de onderlinge afhankelijkheden van infrastructuurnetwerken, resulteren in grote economische schade en een mogelijk gezondheidsrisico. Door cascade-effecten mee te nemen in een kwetsbaarheidsanalyse ontstaat er een completer beeld van de klimaatrisico's in een gebied. De integrale kwetsbaarheidsanalyse heeft voor stakeholders, beleidsmakers en onderzoekers tot nieuwe inzichten geleid. Het bewustzijn is dan ook bij allen vergroot. Hierdoor is de kans dat klimaatkwetsbaarheid van infrastructuur op de gemeentelijke agenda verschijnt vergroot. Dit resultaat is gezamenlijk bereikt door de multidisciplinaire kennis van onderzoekers, de praktijk en beleidsmakers te integreren.

6. Aanbevelingen

We onderscheiden aanbevelingen voor beleid en praktijk, aanbevelingen voor onderzoek en onderzoekers en aanbevelingen voor de werkwijze.

Aanbevelingen voor beleid en praktijk

De gebiedsstudie levert aanbevelingen op voor verschillende fases van de adaptatiestrategie: ambitie, probleemanalyse, maatregelen bedenken, uitvoeren en monitoren. Beleidsmakers en netwerkbeheerders zijn in al deze fasen nodig om een gebied minder kwetsbaar voor klimaatverandering te maken.

Voor het goed in beeld brengen van de kwetsbaarheden in een gebied is het van belang om dit vanuit het perspectief van meerdere infrastructuren te doen. Het ene netwerk staat niet los van het andere netwerk. Ook horen bij deze analyse de cascade-effecten en de hersteltijd thuis. Bovendien kan deze analyse niet zonder stakeholders en beheerders en eigenaren van de netwerken. Zonder draagvlak van stakeholders is de kans op een succesvolle implementatie van klimaatadaptatiestrategieën klein, omdat dit ook vraagt om maatregelen die door stakeholders worden uitgevoerd. Voor draagvlak is eerst bewustwording nodig. Hiervoor zal in de fase van probleemanalyse en ambitievorming ook aandacht nodig zijn. Met deze gebiedsstudie is deze bewustwording verder gegroeid.

Voor het nemen van investeringsbeslissingen van infrastructuur moet je klimaatbestendigheid vanuit het gebiedsperspectief meenemen. Sommige infrastructuur kan door een bepaald ontwerp een bijdrage leveren aan klimaatbestendigheid, en daarmee dus een extra functie vervullen.

De kwetsbaarheidsanalyse en de daarbij gevoerde dialogen van de workshop laten zien dat het belangrijk is goed voorbereid te zijn als het toch (onverhoopt) mis gaat en daarvoor maatregelen te bedenken en uit te voeren. Dit kan bijvoorbeeld door de evacuatiestrategie te communiceren of informatie te geven over te verwachten drukte. De Rotterdamse Adaptatiestrategie zet in op 'het zo snel mogelijk dichten van het gat'. Door de cascade-effecten die kunnen optreden en de schade die kan ontstaan juist bij het langer openblijven van het gat in de dijk, is het van belang om ook over alternatieven na te denken, zoals het compartimenteren door het verhogen van wegen en andere kwetsbare objecten. Ook is het verstandig om dit 'single point of action' (het snel dichten van het gat) ook te oefenen.

Infrastructuurbeheerders kunnen er alleen samen voor zorgen dat het integrale infrastructuurnetwerk robuust is voor extreme weersomstandigheden. Zij moeten goed van elkaar weten wat er speelt bij de andere netwerken om daar goed mee om te kunnen gaan. De verantwoordelijkheden van infrastructuurbeheerders zijn nu niet per se op elkaar afgestemd en er kan bijvoorbeeld sprake zijn van een split incentive voor investeringen in klimaatadaptatie. De waarde van een dialoog die uit deze gebiedsstudie is gebleken kan verder gestalte krijgen in een continue samenwerking met de diverse stakeholders, waardoor een netwerk ontstaat voor het uitwisselen van kennis en informatie. Een platform waar data en informatie eenvoudig ontsloten kan worden draagt daar ook aan bij.

Aanbevelingen voor onderzoek

Om tot een integrale oplossing te komen voor het verminderen van de klimaatkwetsbaarheid van infrastructuurnetwerken is de uitdaging om interdisciplinaire ontwikkelde kennis te integreren en toepasbaar te maken voor infrastructuurbeheerders en beleidsmakers. Dit is nodig om te voorkomen dat er een kloof ontstaat tussen wetenschappelijke onderzoekers, infrastructuurbeheerders en beleidsmakers.

De integrale benadering die in de gebiedsstudie is gevolgd blijkt essentieel om ervoor te zorgen dat de onderzoeksresultaten bruikbaar zijn in de praktijk. Onderzoekers moeten voor het maken van modellen en het leveren van informatie uit blijven gaan van vragen en behoeften van

stakeholders. Een proces voor de aansluiting van de vraag en het aanbod van informatie is nodig. Er kan ook een data platform opgericht worden om data beter toegankelijk te maken.

Voor onderzoekers die zich met een onderdeel van een complex systeem bezighouden, is het van belang dat ook de interactie tussen disciplines wordt vormgegeven. Hiervoor is het van belang dat onderzoekers onderling frequent contact hebben om de onderzoeken te verbinden en mogelijke belemmeringen gezamenlijk op te lossen. Organiseer in onderzoek binnen dergelijke complexe systemen deze interdisciplinaire samenwerking. Voor kwetsbaarheidsanalyses van infrastructuurnetwerken kan dit goed aan de hand van een gebiedsstudie.

- Neem ook de cascade- effecten en de hersteltijd mee in een integrale gebiedsstudie van infrastructuurnetwerken.
- Meenemen van de directe en indirecte schade mee in een dergelijke analyse.
- Het meenemen van andere netwerken, zoals het ICT netwerk in de integrale kwetsbaarheidsanalyse.
- Kosten batenanalyse van klimaatadaptatiemaatregelen.
- Een analyse van gedragseffecten bij verschillende weersomstandigheden en overstromingen uit het verleden of een ex ante inschatting.
- Maak een inventarisatie van de verschillende infrastructuren en de kwetsbare plekken daarin en stel scenario's op waarin wordt uitgewerkt hoe mogelijke ongewenste effecten kunnen worden bestreden (voorkomen).
- Een serious game spelen. De problematiek gaat pas echt leven als men gezamenlijk een 'serious game' speelt waarin men als samenleving reageert op een ongewenste ontwikkeling. Hierin komen ook lacunes in de gewenste procesaanpak duidelijk in beeld.
- Voor een vervolgonderzoek is het van belang te kijken of het mogelijk is om de gebiedsstudie resultaten zoals de modellen en de analyses te veralgemeniseren zodat niet voor elke polder een aantal wetenschappelijke studies gedaan hoeven te worden.

Aanbevelingen voor de werkwijze

De kwetsbaarheidsanalyse in een serie van workshops draagt in belangrijke mate bij aan bewustwording. Deze serie van drie workshops is ook nodig om het bewustwordingsproces te laten rijpen. Een interactie tussen wetenschap, beleid en praktijk met aandacht voor zowel de vraag van stakeholders als het aanbod of antwoord van onderzoekers leidt ertoe dat de betrokkenheid blijft. De stakeholders moeten zich kunnen identificeren met het gebied van onderzoek. Als het te ver weg staat van hun verantwoordelijkheid, kunnen ze onvoldoende halen (en dus ook brengen). Een snelle en eenvoudige beschikbaarheid van informatie over de overstroming en over basisdata van geografische locaties. Het is van belang om een goed onderling begrip te hebben van de data die nodig is, hetgeen meestal niet vanzelf gaat. Ook moet voldoende tijd genomen worden om data voor de modellen en rekenmethodieken beschikbaar te hebben.

7. Bijlagen

Bijlage A: Antwoorden op de gestelde vragen van de stakeholders aan de onderzoekers in de 2^e workshop

Vragen aan Andrew Bollinger - Middenspanningsstations

Is er een back-up station bij de luchthaven?

Yes. The generator is located at street level (2-3 m below sea level), so it may be vulnerable to flooding.

Hoeveel tijd kost het om de schakelstations weer op gang te krijgen?

It takes 2-4 weeks for all equipment to be functional again, because all the substations have to be checked for damage. Often, temporary diesel generators can be made available to an affected area. The replacement times of substations differ depending on the voltage: 25–380kV = 2 years; 10kV = 9 months; 0.4kV = 1-4 weeks

Bij wie ligt de verantwoordelijkheid/het risico?

This is unclear. In 2003, blame was initially placed on the Waterschappen, but in the end Stedin had to cover the costs. This may become clearer after the September report of the Delta Commission.

Wat is de kwetsbaarheid van kabels in het gebied?

Underground cables will generally not fail, because they are sheathed in watertight materials. Under rare conditions, water can seep in at the joints or termination points of cables, which can cause a failure. However, termination points usually lie above sensitive substation equipment.

Wat is het afschakelingsprotocol?

Decisions are made jointly by the Veiligheidsregio, the Municipality and Stedin. In case of an anticipated flood situation, there will be discussions between these bodies and a decision will be made.

Vragen aan Bert Sman - Stabiliteit weglichamen

1) Falen van pompen

Voor het overstromingsscenario is aangenomen dat de bres in de dijk na 5 dagen wordt gedicht. Vervolgens is bepaald dat op basis van de beschikbare pompcapaciteit het water in circa 14 dagen kan worden weggepompt. De beschikbare pompcapaciteit betreft de bij het waterschap in beheer zijnde gemalen en verwachte noodpompen.

Vraag uit de workshop is wat er gebeurt als deze pompen het begeven?

De pompcapaciteit is verdeeld over meerdere gemalen en noodpompen. De pompen staan relatief hoog (op de dijk). Bij de gemalen zal rekening gehouden zijn met falen van delen van het

systeem. Voor onderhavig scenario beschouwen wij de herstelperiode van 14 dagen voor het leegpompen van het gebied als een worst case scenario.

2) Kans van voorkomen op een overstroming

Voor het overstromingsscenario is aangenomen dat er een bres in de dijk van de Schie ontstaat. Op basis van de beschikbare modelleringen is gekozen voor de bres Schie Noord, omdat deze bres van de beschouwde scenario's resulteerde in het meeste water in de wijk. Hierbij is niet gekeken naar de kans van voorkomen en de veiligheidsnorm van de verschillende keringen.

Vraag uit de workshop is aan te geven wat de veiligheidsnormen met betrekking tot overstromen zijn in het gebied.

In de waterverordening van Zuid-Holland zijn per waterschap de veiligheidsnormen van de verschillende regionale keringen opgenomen. Voor HHSK is de veiligheidsnorm voor zowel de Schiekade als de kade van de Rotte 1:1000. De Schiekade ten noorden van de Doenkade is in beheer bij HH Delfland. De veiligheidsnorm voor dit deel van de oostelijke Schiekade bedraagt 1:100.

Hierbij dient opgemerkt te worden dat deze normen geen faalkansen representeren, maar kansen op overschrijding van een extreme (natte) belastingsituatie die de kade nog veilig moet kunnen keren.

3) Tijdvenster evacuatie

Bij de presentatie van het overstromingsscenario is aangegeven dat er bij 20 centimeter water op de weg niet meer geëvacueerd gaat worden.

Vraag uit de workshop is aan te geven op welk moment na de doorbraak dit gebeurt.

Het overstromingsbeeld is gevarieerd. Kort, binnen 2 uur, staat er water op de A13. Dit water loopt over de weg heen, waarbij de diepte in de modellering beperkt blijft tot circa 10 centimeter. In de lagere delen ten oosten van de A13 wordt de waterdiepte groter. Na circa 12 uur staat er meer dan 20 centimeter water op delen van de Vliegveldweg, hier neemt de diepte wel toe tot meer dan 50 en vervolgens meer dan 80 centimeter. Ook ten oosten van de N471 worden dergelijke diepten bereikt, zij het na een periode van meer dan 48 uur na de doorbraak.

Bij de presentatie van de waterdiepten op de weg zijn 3 klassen gehanteerd. Hierbij is als gedacht aan de volgende activiteiten: 0 – 20 cm: toegankelijk voor personenauto's, 20 -50 cm toegankelijk voor vrachtwagens/hulpverlening, 50-80 cm toegankelijk voor militaire voertuigen en Meer dan 80 cm ontoegankelijk.

Vragen aan Bas Wols - Holle leidingen

Wat is de conclusie van de plaatjes waarin de kruisingen tussen infrastructuren staan?

Er zijn locaties waar de ondergrondse leidingen dicht in de buurt liggen van de waterkeringen. De plaatjes laten zien waar dit het geval is. Het riool loopt het grootste risico op opdrijven. Aangezien het aantal kruisingen met het riool beperkt is, is de kans op schade aan de dijken door opdrijven van het riool klein. Daarnaast kan het opdrijvende riool andere ondergrondse infrastructuur

meenemen. Hiervoor zal in meer detail gekeken moeten worden naar de specifieke locaties waar het riool kan opdrijven.

Wat zijn de risico's van de kruisingen van drinkwaterleidingen en dijken?

De risico's voor opdrijven van drinkwaterleidingen zijn gering, omdat deze gevuld zijn en niet zullen opdrijven.

Kan je ook kijken naar duikers door de dijk / weglichaam heen, als zijnde holle leiding?

Dat kan, maar deze zullen door de overstroming gevuld zijn met water en daarom is er geen risico op opdrijven.

Wat gebeurt er door uitval van de pompen in de drukleidingen?

Als de pompen in drukleidingen uitvallen zal het rioolwater niet goed afgevoerd kunnen worden. Dit vormt een gezondheidsrisico voor de omgeving. Voor het opdrijven kan dit weer een positief effect hebben omdat de (vrij verval) leidingen meer gevuld zijn.

Bijlage B: Adaptatie maatregelen n.a.v. werksessie in 2^e workshop

Technisch	Informatie
<ul style="list-style-type: none"> ○ Op afstand uitschakelen van midden en laagspannings onderstations ○ Infra & asfalt-aanpassingen <ul style="list-style-type: none"> ○ Alternatieve bestrating/asfalt die makkelijk onderhoudbaar of vervangbaar zijn (drijvende wegen van RWS) ○ Grondverbetering (waterafvoerverbetering) (met name bij veengronden) & drainage ○ Dynamax: dynamisch snelheidsadvies gekoppeld aan de hoeveelheid neerslag (wegkant of in car) + routeadvies obv neerslagverwachtingen via buienradar ○ Veiligheidssystemen in de auto (ITS) ○ Verzwaren van de leiding ○ Afsluitbare duikers bij weg als tijdelijke kering (is al praktijk) ○ Kanteldijken bij langzaam verkeerskruising (bij snelverkeer zijn deze maatregelen complex) (ook in bestaande situaties toepassen?) ○ No regret maatregelen ruimtelijke adaptatie ○ Nieuwe bouwprojecten overstromingsrobuuster maken ○ Weg als tijdelijke kering 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Weerwaarschuwing → minder mensen op de weg ○ Informatie over ‘gestremde wegen’ en alternatieven, ook in geval van evacuatie ○ Evacuatiestrategie duidelijk communiceren ○ Emergency drills (ook cross sector) ○ In beeld brengen kwetsbare locaties in relatie tot kwetsbare doelgroepen (bejaardenhuizen, ziekenhuizen, stations) ○ Voorspelling (bv monitoren van dijken)
	Organisatie (overheid)
	<ul style="list-style-type: none"> ○ Evacuatie (en informatie hierover delen) ○ Sluiten scholen ○ Verschuiven van focus van autogericht naar multimodaal vervoer (en bijbehorende investeringen) ○ Zelfredzaamheid burgers verhogen ○ In opdrachtverlening van infrastructuur expliciet functie en bestendigheid mbt klimaatverandering meenemen ○ Zorg dat het GSM net in de lucht blijft ○ Algemeen: meer preventie ○ Bewustwording over kritieke infrastructuur bij bewoners verhogen
Ruimtelijk (horizontaal en ‘vertikaal’)	Organisatie (Bedrijf)
<ul style="list-style-type: none"> ○ Gevoelige componenten met grote kwetsbaarheid hoger aanleggen ○ Omleidingsroutes doorgaand verkeer ○ A4 Midden-Delfland & A13/A16 (mits hoog genoeg aangelegd) ○ Beschikbaarheid restcapaciteit op de route zelf en op alternatieve routes ○ Leiding op grotere diepte leggen ○ Alternatieve verbindingen identificeren en toevoegen (niet alleen kritieke connecties) ○ Hogere A13 (van -0.7 m NAP (huidig) naar -0.2 NAP; vraagt om extra eisen aan stabiliteit van de weg) (En leidt tot extra geluidsoverlast) ○ Compartimentering ○ Water ergens anders ‘heensturen’ (grotere bergingscapaciteit) ○ Niet bouwen in hoog-kwetsbare gebieden 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Investeren in back up stations voor gevoelige links. ○ Aanpassingen van onderhoudscontracten en van ontwerp/bouwspecificaties ○ Slimme noodvoorzieningen aanbrenen ○ Organisaties robuuster maken ○ Beoordeel de levensduur van nieuwe infra of klimaatmaatregelen al moeten worden meegenomen
	Organisatie (Individueel)
	<ul style="list-style-type: none"> ○ Thuis werken

Bijlage C: Water op de weg (Deltares)

Aankomsttijden water op de weg

Voor de analyse van het functioneren van het vervoersnetwerk is het maatgevende criterium “water op de weg”. Bij verschillende wegen in het gebied doet deze situatie zich op verschillende tijdstippen voor. In onderstaande sectie is het vollopen van het gebied beschreven, waarbij dit criterium centraal staat. In tabel A.1 is dit vervolgens stapsgewijs samengevat.

Met betrekking tot het vervoersnetwerk zijn alleen die elementen beschouwd, waar in Google Earth ook wegen zichtbaar zijn. Voor het vervoersnetwerk zijn blijkbaar hulpelementen geïntroduceerd bij Zestienhoven, bij de Overschiese Kleiweg en een ‘ster’ in de wijk Schiebroek.

Verloop dijkdoorbraak

Het doorbreken van de noordelijke Schiekade betekent dat deze kade op tijdstip 0 voor vervoer geblokkeerd raakt. Het gebied tussen de kade en de A13 loopt snel onder water. Na iets minder dan een uur staat het water op de westelijke parallelweg naast de A13. Dit compartiment loopt geleidelijk vol en na ongeveer 2 uur stroomt het water over de A13 naar het westen (zie Figuur A.1). Gelijktijdig met het overstromen van de A13 loopt ook de oostelijke parallelweg onder water. Vervolgens vult het compartiment zich aan de oostzijde van de A13 tot de Vliegveldweg. Na ongeveer 2,5 uur stroomt het water ook over de Vliegveldweg. Na ongeveer 4 uur is het water ook ten zuiden van de luchthaven gestegen en komt er water op de Van der Duim Maasdamweg te staan (zie Figuur A.2). Vervolgens stijgt het water geleidelijk in de polder Zestienhoven, waarbij na circa 12 uur de Woensdrechtstraat onder water komt te staan (zie Figuur A.2). Opvallend is dat het water in het compartiment ten westen van de A13 enigszins daalt, dit hangt samen met de daling van het waterpeil in de Schie, omdat deze leegloopt in de polder. Na circa 2 dagen staat er daarom geen water meer op de A13 (zie Figuur A.3). Na ongeveer 2 dagen passeert het water de N471 en komen ook wegen in Schiebroek onder water te staan. De eerste locatie betreft het kruispunt van de N471 met de Melanchtonweg. Min of meer gelijktijdig komt er ook water te staan op de hoofdwegen in de wijk: Kastanjesingel, Meidoornlaan, Abeelweg en Wilgenwei. Ook meer zuidelijk komt de Kleiweg nabij de N471 onder water te staan. Ook het water in het compartiment Schiebroek stijgt geleidelijk en na circa 72 uur komt er water op de Jasonweg te staan. Na ongeveer 96 uur komen ook de grotere wegen in de meest oostelijk in de polder gelegen wijk onder water te staan (zie Figuur A.4). Dit betreft de Ankie Verbeek Ohrlaan en de Argonautenweg. Hiermee is het eindbeeld van de gesimuleerde overstromingssituatie bereikt. Na 5 dagen (120 uur) is voor deze case verondersteld dat het gat in de dijk wordt gedicht en het water met maximale capaciteit uit het gebied wordt gepompt. Waarbij het vrij lang duurt voordat het water in de verschillende compartimenten zover is gedaald dat de wegen droogvallen. Na 192 uur, 72 uur na het dichtmaken van het gat in de dijk, staan alle in bovenstaande beschrijving genoemde wegen m.u.v. de A13 en de oostelijke parallelweg langs de A13 nog onder water (zie Figuur A.5). Na 288 na de doorbraak zijn alle wegen weer watervrij.

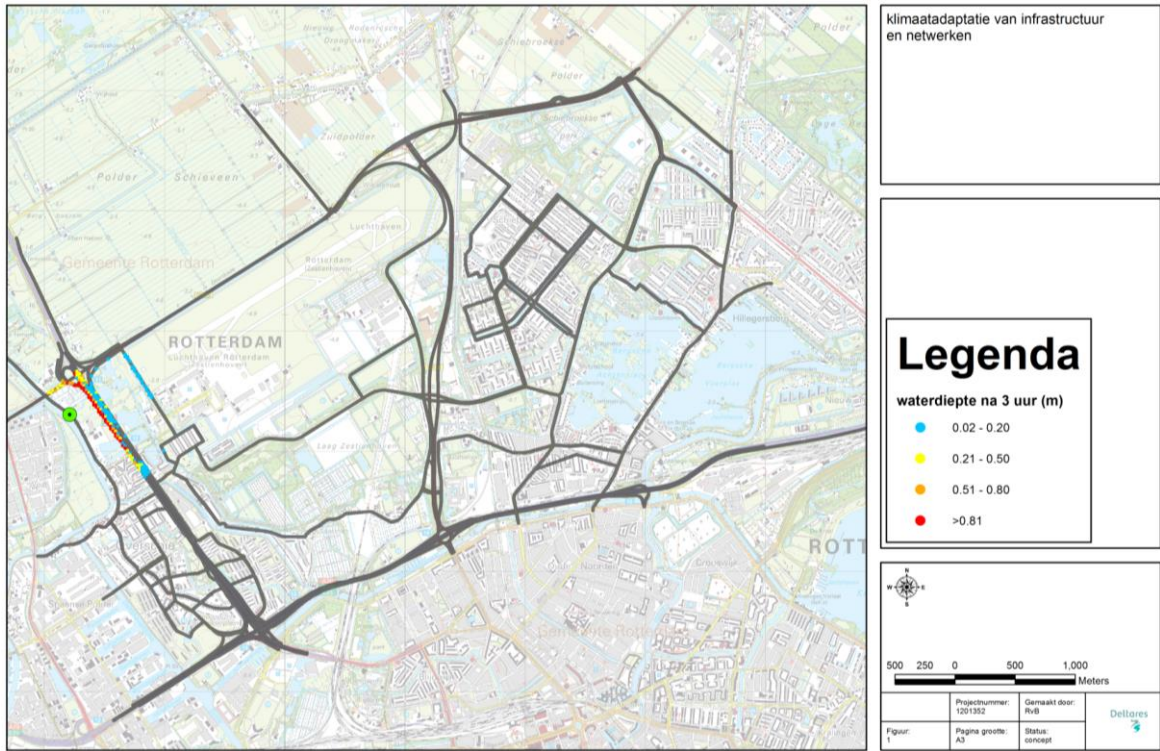
Hoger gelegen wegen die niet overstromen

Een aantal wegen blijven gedurende het incident vrij van water (zie ook Figuur A.4). Dit betreft de Doenkade aan de noordzijde van het gebied. De Zestienhovensekade en de Overschiese Kleiweg in het zuidwesten. Langs de oostzijde van het gebied blijven droog: De Kleiweg, De Grindweg en de Wildersekade. In het oostelijke deel van het gebied blijven ook een aantal grotere wijkwegen watervrij: Rozenlaan, Ringdijk, Juliana van Solberglaan en de Straatweg.

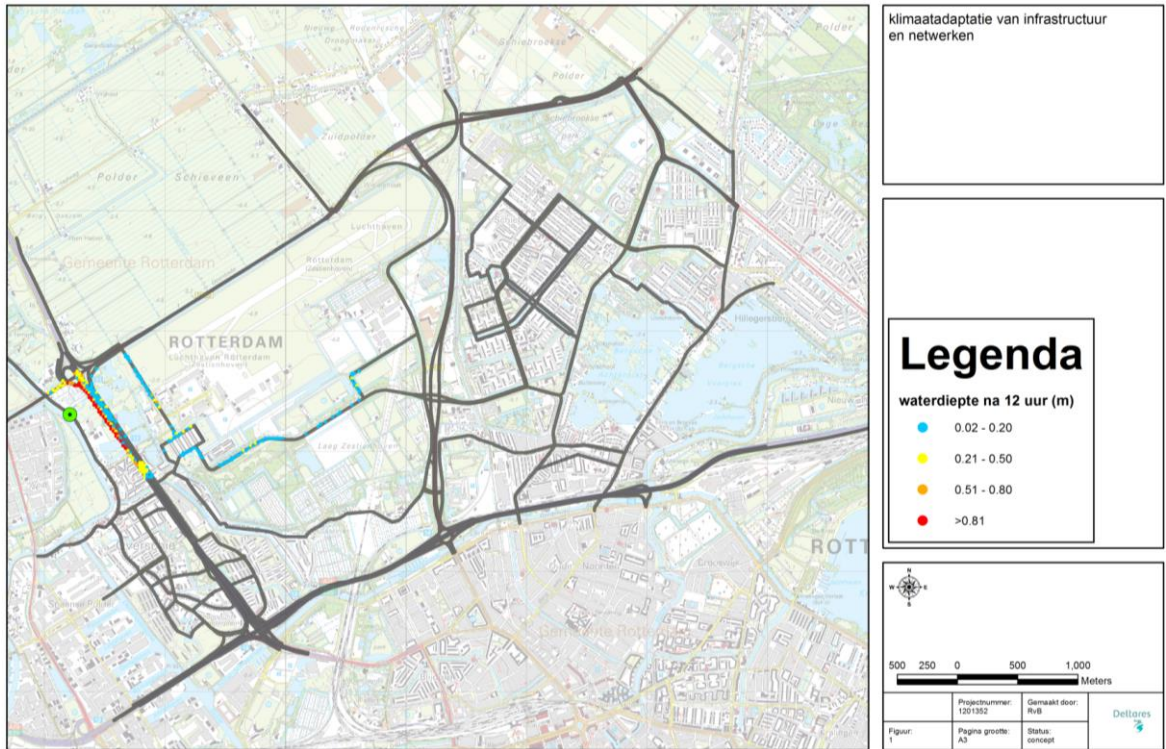
Chronoloog water op de weg

T [uren]	Water op de weg
0	Weg over de kade van de Schie ter plaatse van doorbraak geblokkeerd
1	Westelijke parallelweg A13: water op de weg
2	Water op de A13
	Water op de oostelijke parallelweg
2,5	Vliegveldweg: water op de weg
4	Van der Duim Maasdamweg: water op de weg
12	Woensdrechtstraat: water op de weg
48	Kruispunt van de N471 met de Melanchtonweg: loopt onder
	Kastanjesingel: water op de weg
	Meidoornlaan: water op de weg
	Abeelweg: water op de weg
	Wilgenwei: water op de weg
	Kleiweg: water op de weg
72	Jasonweg water op de weg
96	Ankie Verbeek Ohrlaan: water op de weg
	Argonautenweg: water op de weg

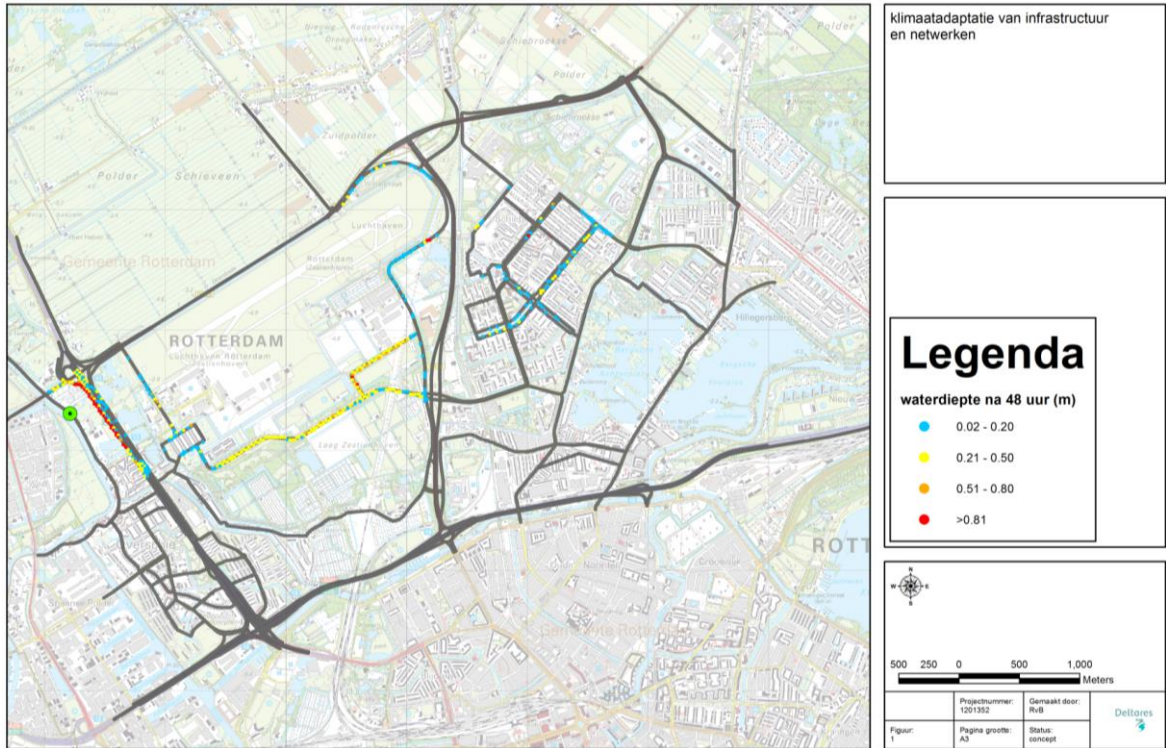
Tabel A.1 Chronoloog wanneer welke wegen onder water komen te staan



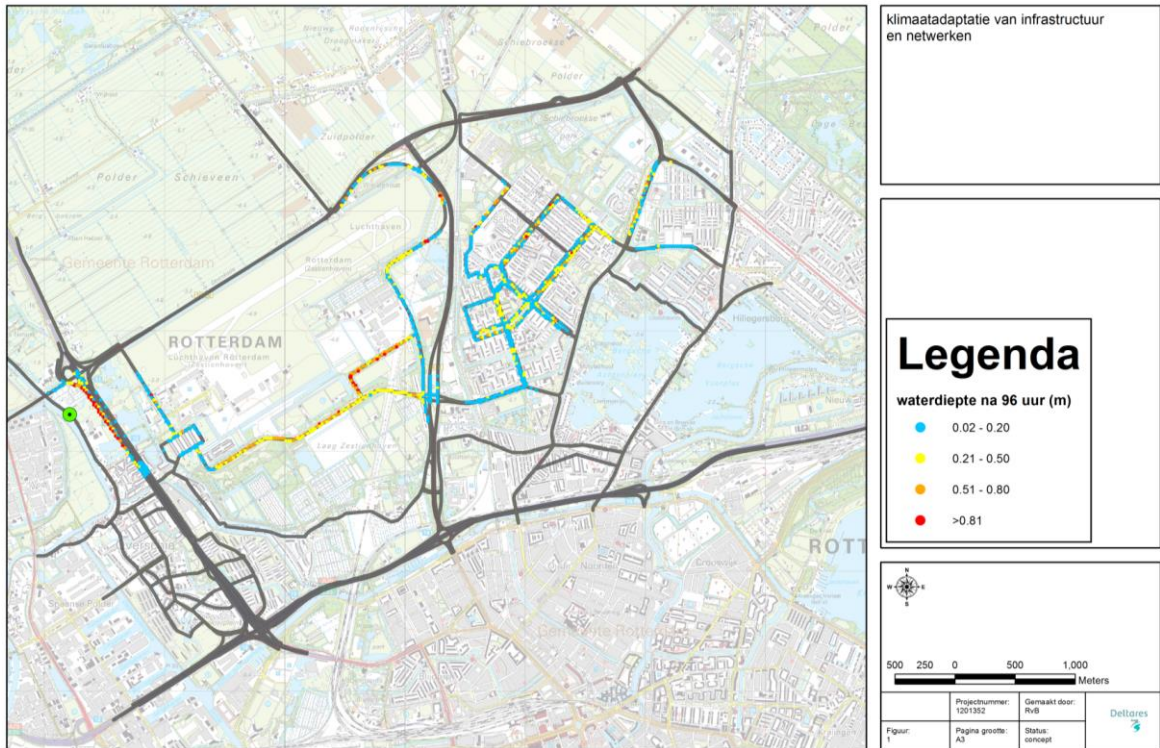
Figuur A.1 Water op de weg, geclassificeerde waterdiepte 3 uur na de doorbraak van de Schiecade Noord



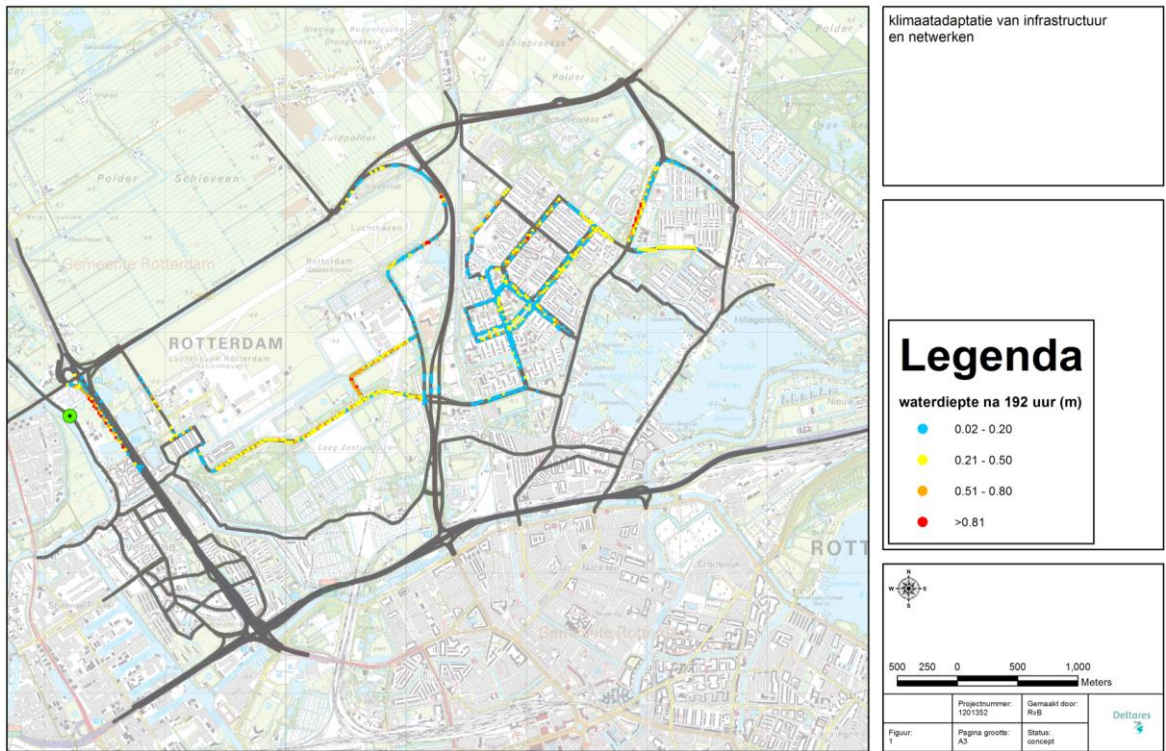
Figuur A.2 Water op de weg, geclassificeerde waterdiepte 12 uur na de doorbraak van de Schieade Noord



Figuur A.3 Water op de weg, geclassificeerde waterdiepte 2 dagen (48 uur) na de doorbraak van de Schiecade Noord



Figuur A.4 Water op de weg, geclassificeerde waterdiepte 4 dagen (96 uur) na de doorbraak van de Schiecade Noord



Figuur A.5 Water op de weg, geclassificeerde waterdiepte 8 dagen (192 uur) na de doorbraak van de Schiekade Noord (waarbij na 5 dagen kade is hersteld)



Ontwikkelen van wetenschappelijke en toegepaste kennis voor een klimaatbestendige inrichting van Nederland en het creëren van een duurzame kennisinfrastructuur voor het omgaan met klimaatverandering

Contactinformatie

Programmabureau Kennis voor Klimaat

Secretariaat:

p/a Universiteit Utrecht

Postbus 85337

3508 AH Utrecht

T +31 30 253 9961

E office@kennisvoorklimaat.nl

Communicatie:

p/a Alterra, Wageningen UR

Postbus 47

6700 AA Wageningen

T +31 317 48 6540

E info@kennisvoorklimaat.nl

www.kennisvoorklimaat.nl

