



Kennis voor Klimaat 3^e tranche

Eindrapport 3Di





Copyright © 2013

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.



Kennis voor Klimaat 3^e tranche Eindrapport 3Di

3Di, Waterbeheer

KvK rapportnummer: 104/2013
ISBN: 978-94-90070-74-8

Dit onderzoeksproject (projectnummer HSHL3.3; projecttitel 3Di Water Management Operational Phase) werd uitgevoerd in het kader van het Nationaal Onderzoekprogramma Kennis voor Klimaat (www.kennisvoorklimaat.nl). Dit onderzoeksprogramma wordt medegefinancierd door het Ministerie van Infrastructuur en Milieu.





Inhoudsopgave

Samenvatting	7
1 Projectbeschrijving	8
1.1 Inleiding	8
1.2 Doel HSHL 3.3	8
1.3 Onderzoeksvragen	9
1.4 Milestones	9
1.5 Leeswijzer	10
2 Relaties andere onderzoekstrajecten	11
2.1 Relatie 1 ^{ste} tranche KvK	11
2.2 Relatie 2 ^{de} tranche KvK	12
3 Resultaten I: 3Di-instrumentarium	13
3.1 Functioneel ontwerp	13
3.1.1 Inleiding	13
3.1.2 Functionele wensen	13
3.1.3 Technische doorvertaling	16
3.2 3Di-rekenkern	21
3.2.1 Algemeen	21
3.2.2 Basis	22
3.2.3 Add-ons	26
3.3 Interfaces	30
3.3.1 Interactieve web-interface	31
3.3.2 Touch table	32
3.3.3 3D Visualisatie	34
3.3.4 FEWS	38
4 Resultaten II: Casestudy's	39
4.1 Doel	39
4.2 Case Delft Zuid – Poldersysteem	40
4.2.1 Doel van de casestudy	40
4.2.2 Opstellen 3Di-model	41
4.2.3 Voorbereiden werksessie	41
4.2.4 Evaluatie van scenario's	44
4.3 Case de Lange Stukken – Boezemland	46
4.3.1 Doel van de casestudy	47
4.3.2 Activiteiten	47
4.3.3 3Di-model en scenario's	49
4.3.4 3Di in het operationeel beheer	51



4.4	<i>Technische doorvertaling gebruikersinterface</i>	52
5	Valorisatie en maatschappelijk inbedding	54
5.1	<i>Toepassing</i>	54
5.2	<i>Besluitvormingsproces</i>	55
5.3	<i>Werkwijze</i>	56
5.4	<i>Maatschappelijk belangstelling</i>	57
6	Exposure	59
6.1	<i>Publicaties</i>	59
6.2	<i>Presentaties</i>	61
7	Conclusies en aanbevelingen	64
7.1	<i>Milestones</i>	64
7.2	<i>Onderzoeksvragen</i>	66
7.3	<i>Conclusies</i>	68
7.4	<i>Aanbevelingen</i>	69



Samenvatting

Het onderzoeks- en innovatietraject 3Di Waterbeheer streeft naar overstromings- en wateroverlastberekeningen veel sneller en veel gedetailleerder uit te voeren en de resultaten in aansprekende (3D) beelden te visualiseren voor burgers, bestuurders, ruimtelijke ordenaars en calamiteitenbeheerders. De basis hiervoor is de subgrid techniek met het quadtree rekenrooster (Stelling, 2012).

Het doel van dit Kennis voor Klimaat project is het ontwikkelen van interfaces en add-ons bij de rekenkern, om de gebruiksmogelijkheden sterk uit te breiden.

3Di is geschikt voor stedelijk en landelijk gebied. Door de ontwikkelde add-ons kan nu de volledige hydrologische cyclus op hoog detail gemodelleerd worden: neerslag, oppervlakkige afstroming, uitwisseling met grondwater en grondwaterstroming. Ook kunnen watergangen 1D gemodelleerd worden en er wordt een nieuw rioleringsmodel ontwikkeld (Stelling en Casulli, 2013).

Binnen dit project zijn vier interfaces ontwikkeld. 1) Een interactieve web-interface, 2) Een touch table voor interactief rekenen met stakeholders, 3) Een 3D visualisatie voor aansprekende beelden van overstromingen en wateroverlast, 4) Een FEWS koppeling.

Twee casestudy's zijn uitgevoerd om het gebruik van het 3Di-instrumentarium te testen. Het instrumentarium wordt zowel bij specialisten als niet specialisten goed ontvangen. Daarbij zien potentiële eindgebruikers veel praktische toepassingsmogelijkheden.



1 Projectbeschrijving

1.1 Inleiding

Het onderzoeks- en innovatietraject 3Di-Waterbeheer is in 2010 gestart met het doel in vier jaar tijd overstromings- en wateroverlastberekeningen veel sneller en veel gedetailleerder uit te kunnen voeren en om de resultaten in aansprekende (3D) beelden te visualiseren voor burgers, bestuurders, ruimtelijke ordenaars en calamiteitenbeheerders. Binnen dit traject zijn de onderstaande onderdelen ontwikkeld:

1. Een nieuw, snel en integraal rekenmodel voor het berekenen van overstromingen en wateroverlast door hevige neerslag;
2. Een aansprekende 3D visualisatie van de berekeningsresultaten voor de communicatie naar burgers en bestuurders;
3. Een op het internet gebaseerde gebruikersinterface en database voor het ontsluiten van beschikbare meet- en modelresultaten.

Het project 3Di-waterbeheer is geschikt voor onderzoek- en ontwerpstudies met het oog op klimaat adaptatie. Daarom zijn ook verschillende onderdelen van dit vierjarige onderzoekstraject uitgevoerd onder de vlag van Kennis voor Klimaat.

Het voorliggende document beschrijft het onderzoeks- en innovatietraject 3Di-waterbeheer, maar gaat daarbij expliciet in op de aspecten genoemd in uit het projectvoorstel HSHL 3.3.

1.2 Doel HSHL 3.3

Het doel van het KvK onderzoeksproject 3Di Water Management Operational Phase is het ontwerpen en ontwikkelen van interfaces en add-ons bij de rekenkern. Hiermee worden de gebruiksmogelijkheden van het 3Di-instrumentarium op twee manieren uitgebreid.

Ten eerste worden interactieve modellen bruikbaar voor ruimtelijke ordenaars en bestuurders. Door zowel add-ons als interfaces hiervoor te ontwikkelen, kunnen zij het instrumentarium gebruiken ter ondersteuning van het besluitvormingsproces.



Ten tweede wordt het 3Di-instrumentarium bruikbaar voor het opstellen van klimaat adaptatie strategieën. Bijvoorbeeld maatregelen binnen meerlaagsveiligheid kunnen ontworpen worden (robuuste ruimtelijke ordening, calamiteiten plannen, etc.). Dit sluit aan op het KvK project HSHL06/12, waarin aanbevolen is te focussen op goedkope en no-regret maatregelen en nauwe samenwerking tussen publieke en private organisaties.

1.3 Onderzoeksvragen

Het hierboven gestelde doel heeft zich in de volgende hoofdvraag vertaald:

Hoe kan de 3Di-rekenkern gebruikt worden door eindgebruikers, zodat het leidt tot slimmere oplossingen voor waterproblematiek in stedelijk en landelijk gebied?

Bovenstaande hoofdvraag is vervolgens in onderstaande deelvragen uitgesplitst:

- Welke functionele eisen hebben bestuurders en besluitvormers voor het 3Di-instrumentarium in de context van watermanagement en ruimtelijke ordening?
- Wat zijn de technische uitdagingen in het combineren van de 3Di-rekenkern (inclusief add-ons) en de interfaces?
- Hoe maken we het aannemelijk dat de 3Di-rekenkern in combinatie met de interfaces tot slimmere oplossingen in het watermanagement leidt?

In de voorliggende rapportage zullen bovenbeschreven deelvragen en de onderzoeksvraag beantwoord worden.

1.4 Milestones

De belangrijkste resultaten om de onderzoeksvragen te kunnen beantwoorden zijn vooraf in het projectvoorstel gedefinieerd in zes milestones:

1. Een 3D visualisatie van wolken op basis van regenradarbeelden in de 3D omgeving met realistisch water.
2. Een web-interface voor het simuleren van neerslag en overstromingen door middel van high performance cloud computing.



3. Het ontwikkelen van een ontwerp instrument voor interactief gebruik.
4. Add-ons voor de 3Di-rekenkern voor integrale neerslag-afvoer-, grondwater- en oppervlaktmodellering.
5. Casestudy's voor het aantonen van de voordelen en praktische toepassing van het 3Di-instrumentarium in het waterbeheer.
6. Een werkwijze om met behulp van het 3Di-instrumentarium kosteneffectief om te gaan met klimaatadaptatie.

1.5 Leeswijzer

In de voorliggende rapportage worden de resultaten van het onderzoek beschreven, in de context van het gehele innovatietraject van 3Di-waterbeheer. Er zal steeds duidelijk worden aangegeven welke aspecten binnen het Kennis voor Klimaat projectvoorstel HSHL 3.3 behoren. In de verschillende hoofdstukken wordt weergegeven welke milestones uit dit voorstel behaald zijn.

In Hoofdstuk 3 en 4 worden de resultaten beschreven van het ontwikkelde 3Di-instrumentarium en de uitgevoerde casestudy's.

Hoofdstuk 5 gaat in op de valorisatie en maatschappelijke inbedding van 3Di. Aansluitend hierop wordt in Hoofdstuk 6 de exposure van 3Di beschreven, waarin een overzicht is opgenomen van publicaties en presentaties.

De rapportage sluit af met de conclusies en aanbevelingen (Hoofdstuk 7). Hier wordt antwoord gegeven op de hoofdvraag en bijbehorende deelvragen en wordt beschreven of de doelstelling van het project behaald is.



2 Relaties andere onderzoekstrajecten

Het onderzoeksprogramma Kennis voor Klimaat heeft in eerdere onderzoekstrajecten bijgedragen aan de ontwikkelingen binnen het project 3Di-Waterbeheer:

- 2010/2011: 1^{ste} Tranche KVK – Waterkader Haaglanden.
- 2010/2013: 1^{ste} Tranche KVK – Tools For Adaptation Strategies.
- 2012/2013: 2^{de} Tranche KVK – Climate Proof Cities.

2.1 Relatie 1^{ste} tranche KvK

In 2010/2011 maakte het onderzoekstraject 3Di onderdeel uit van de eerste tranche van Kennis voor Klimaat in de hotspot Haaglanden (WH007.3). De eindresultaten hiervan zijn beschreven in het eindrapport voor Waterkader Haaglanden. De resultaten van 3Di in de eerste tranche worden hieronder kort opgesomd:

- Er is een prototype ontwikkeld dat 100 keer sneller (Stelling, 2012) wateroverlast door neerslag en overstromingen kan berekenen.
- De resultaten van overstromingssimulaties kunnen in een 3D omgeving gepresenteerd worden. De visualisatie van het water is verbeterd door deze op een realistische manier weer te geven. Dit is gedaan door middel van golven, reflectie en transparantie.
- Er is een casestudy uitgevoerd: calamiteitenoefening Delft. Tijdens deze oefening zijn de technologieën die zijn ontwikkeld binnen 3Di (de 3D visualisatie en het informatie raamwerk) ingezet. Resultaten en evaluatie van de casestudy zijn gerapporteerd.
- Proeftuin Oranjepolder is gebruikt als casestudy om de ontwikkelde producten te testen. In deze casestudy is een integraal neerslag-afvoer model ontwikkeld en is het informatieraamwerk ingericht voor het gebied. Dit informatieraamwerk is tijdens verschillende workshopsessies ingezet. Resultaten en evaluatie van deze casestudy zijn gerapporteerd.
- Driemaal bijgedragen aan een Waterkader Haaglanden event. 1) Werkateliers proeftuin Oranjepolder, 2) Symposium Leven met water in de regio Haaglanden, 3) Slotconferentie Haaglanden Waterproof.



- Zeven publicaties over de toepassing van 3Di in de werkvelden van water, ruimtelijke ordening en calamiteitenbeheersing in Nederlandse vaktijdschriften.
- Vijf voortgangsrapportages met de meest actuele ontwikkelingen binnen 3Di aan het programmabureau Waterkader Haaglanden.

Daarnaast is in 2010 binnen de eerste tranche van Kennis voor Klimaat (thema 8: Tools for adaptation strategies) een onderzoek gestart naar nieuwe technieken voor het visualiseren van klimaatscenario's. Afdeling Virtual Reality van faculteit EWI van TU Delft onderzoekt visualisatie van de buitenruimte in een realistische 3D-stereo omgeving. Hierbij wordt gebruik gemaakt van hoge resolutie geografische data (ruwe AHN2). Ook door de faculteit Civiele Techniek van TU Delft is onderzoek gedaan. In dit onderzoek is een nieuwe rekenkern ontwikkeld die veel sneller overstromingsberekeningen kan uitvoeren dan conventionele modellen (Stelling, 2012).

2.2 Relatie 2^{de} tranche KvK

3Di-Waterbeheer heeft ook een plek binnen de tweede tranche van Kennis voor Klimaat, namelijk binnen thema 4 Climate Proof Cities, extensievoorstel 1.0. Dit project is medio 2012 gestart en wordt naar verwachting in het najaar van 2013 afgerond. Binnen dit project wordt een afwegingsinstrument ontwikkeld voor maatregelen bij extreme neerslag in stedelijk gebied. Er worden verschillende workshops gehouden met de drie grote steden: Rotterdam, Amsterdam en Den Haag. Met de stakeholders van deze gemeenten worden schets-sessie gehouden waarin het ontwikkelde afwegingsinstrument toegepast kan worden binnen vraagstukken over planvorming, ruimtelijke ordening en klimaatadaptatie.

Het ontwikkelde afwegingsinstrument bestaat uit de integrale en interactieve rekenkern die binnen 3Di-waterbeheer is ontwikkeld. Deze is binnen het Climate Proof Cities project verder uitgebreid door onder andere de interface en interactieve aansturing te verbeteren. Hiermee kan de rekenkern ook aangestuurd worden via een touch table, de zogenoemde watertafel. Ook is het mogelijk gemaakt berekeningen te pauzeren, modelaanpassingen te doen en verder te rekenen. Dit maakt het mogelijk interactief te rekenen en what-if scenario's door te rekenen.



3 Resultaten I: 3Di-instrumentarium

3.1 Functioneel ontwerp

3.1.1 Inleiding

Binnen 3Di-Waterbeheer wordt een instrumentarium ontwikkeld voor waterbeheerders. Hiermee kunnen zij veel sneller en nauwkeuriger overstromings- en wateroverlastberekeningen uitvoeren. Ook kunnen de resultaten op een aansprekende manier worden gevisualiseerd. Er worden verschillende producten ontwikkeld, zoals de supersnelle rekenkern, verschillende gebruikersinterfaces, 3D visualisatie en meerdere databanken. Deze producten worden samengevoegd in het zogenaamde 3Di-instrumentarium.

Het doel binnen dit KvK onderzoeksproject is om het 3Di-instrumentarium toegankelijk te maken voor waterbeheerders, zowel in regionale en stedelijke waternvraagstukken.

Dit hoofdstuk gaat uitgebreid in op de toepassing en onderdelen van het 3Di-instrumentarium. Er wordt zowel een functionele als een technische beschrijving gegeven van alle onderdelen van het instrumentarium. De onderdelen ontwikkeld binnen het projectvoorstel HSHL 3.3 krijgen specifieke aandacht.

3.1.2 Functionele wensen

Het 3Di-instrumentarium wordt ontwikkeld voor waterbeheerders in de brede zin van het woord. Aan het begin van het innovatietraject is besloten om gedurende de gehele periode tussenproducten op te leveren, niet slechts een eindproduct (zie 3Di Eindrapportage jaar 1, 2 en 3). Het doel hiervan is om deze tussenproducten direct door de eindgebruikers te laten gebruiken. De feedback hierop wordt gebruikt in verdere ontwikkeling van het 3Di-instrumentarium.

Voor dit doel zijn de bevindingen uit de casestudy's gereviewd. De casestudy's die hiervoor zijn gereviewd zijn:

- Calamiteiten oefening bij Hoogheemraadschap Delfland.
- Calamiteiten oefening bij Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier.
- Casestudy Meerlaagsveiligheid West-Friesland.



- Interviews calamiteitenorganisatie.
- Pilotgebieden Climate Proof Cities.

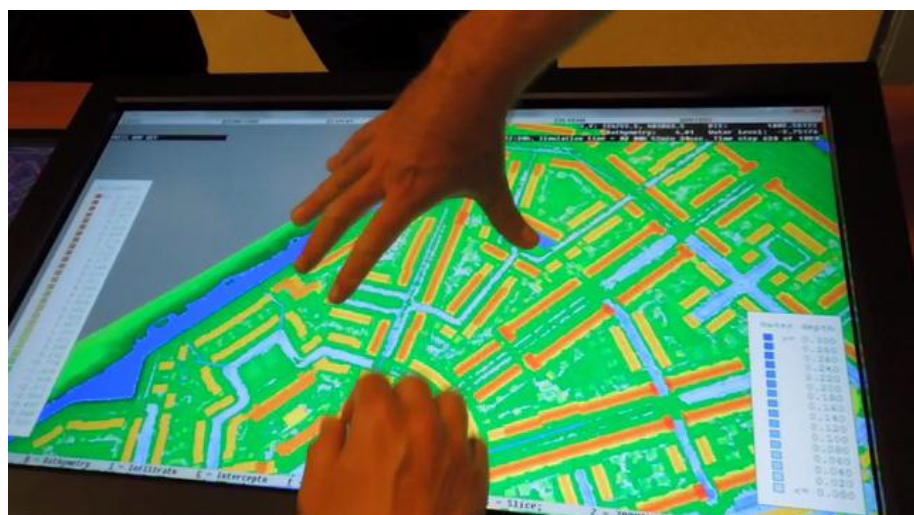
Bij Hoogheemraadschap van Delfland en Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier is 3Di toegepast binnen een grote calamiteitenoefening. De oefeningen omvatten de operationele fase van calamiteitenmanagement. Dit is waardevol voor het testen van het 3Di-instrumentarium, doordat dergelijke oefeningen niet vaak voorkomen.

14

Voor provincie Noord-Holland en Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier is een casestudy naar meerlaagsveiligheid uitgevoerd. Bijzonder is de brede verzameling van aanwezige stakeholders; provincie, waterschap, gemeentes, agrariërs, bedrijfsleven, projectontwikkelaars, energie leveranciers, GHOR, brandweer en een verzekeringsmaatschappij. Alle stakeholders verkenden samen het probleem en probeerden maatregelen uit (Leskens, Boomgaard, van Zuijlen en Hollanders, 2013).

Ook zijn er veel interviews gehouden. Het doel hiervan is om inzicht te krijgen in de uitwisseling en het gebruik van informatie in zowel de calamiteitenorganisatie als bij de gebiedsplanners. De resultaten zijn gepubliceerd in het artikel 'Real reasons why actual flood models are not being used during flood calamities' (Leskens, 2012).

In het kader van het programma Climate Proof Cities is een workshop gehouden, waarin klimaat adaptatie maatregelen zijn uitgetoetst in pilotgebieden. Hiervoor is een situatie met extreme neerslag in de wijk Betondorp gemodelleerd, zie Figuur 3-1.



Figuur 3-1 Interactief rekenen met waterpleinen, groene daken en doorlatende verharding in de wijk Betondorp tijdens een workshop met stakeholders



Daarnaast zijn functionele wensen van eindgebruikers expliciet onderwerp van onderzoek geweest. De functionele eisen binnen de calamiteitenorganisaties van waterschappen zijn onderzocht door Hoff (2013). Meerdere publicaties van Leskens gaan over de organisatorische context van gebruik van modellen (zie bijvoorbeeld 'Applying a network approach to identify reasons for the limited use of flood models', 2012).

De resultaten uit de casestudy's uit de tweede tranche kunnen als volgt worden samengevat:

- De afstand tussen bestuurders en modelleurs is groot.
- De afstand tussen modelleurs en mensen in het veld is groot.
- De besluitvorming vindt plaats op basis van gegevens en modellen die achterlopen op de ontwikkelingen in de realiteit (verouderde en vaak onnauwkeurige informatie).
- Een visuele presentatie begeleid met eenduidige tekst en uitleg is gewenst.

De resultaten uit de casestudy's tweede tranche zijn vertaald naar functionele eisen voor de launching customers. De functionele wensen voor het gebruik van modellen in de besluitvormingsprocessen van de waterbeheerder zijn:

1. Actueel. Gegevens waar mee gewerkt wordt moeten actueel zijn. Daarvoor is het belangrijk dat er een actueel bestand is waarin deze gegevens worden aangeboden, zodat iedereen met dezelfde inhoudelijke informatie werkt.
2. Flexibel en snel. Er is vraag om interactief te kunnen modelleren om in te kunnen spelen op ideeën die naar voren komen in vergaderingen. Hierbij moet een bedachte ingreep in het watersysteem eenvoudig in het model kunnen worden ingebracht. Daarnaast dient de snelheid van het model zo hoog te zijn dat er tijdens een overleg al resultaten beschikbaar komen.
3. Communicatief. De water-technische informatie dient begrijpelijk te zijn voor de vele niet-waterexperts die betrokken zijn.

Klimaat adaptatie strategieën zijn gereviewd tijdens workshops. Met behulp van het instrumentarium zijn de volgende maatregelen tegen de effecten van klimaatverandering beschouwd:

- Groene daken.



- Waterpleinen.
- Groenstroken.
- Doorlatende verharding.
- Ondergrondse berging.

Met het instrumentarium kan samen met stakeholders op een interactieve manier klimaat adaptatie strategieën worden doorgerekend. De rekenkern bevat functionaliteiten voor interactief rekenen. Daardoor kunnen stakeholders als groep aan tafel samen maatregelen doorrekenen. In casestudy's blijkt dat dit in discussies de zin van de onzin scheidt (zie Interactive modelling during work sessions: a test with the new 3Di-model, Leskens 2012). Samen rekenen kan besluitvormingstrajecten aanzienlijk versnellen.

Op basis van de ervaringen zijn technische kansen voor ontwikkelingen binnen het 3Di-instrumentarium geïnventariseerd. In de casestudy's zijn vooral maatregelen in de buitenruimte verkend. Er is echter ook sterke behoefte aan het meenemen van riolering in de berekening. Dit biedt kansen voor het ontwikkelen en integreren van een rioleringsmodel.

Ook zijn er kansen voor een 'common operating picture', waarin iedereen naar hetzelfde beeld kijkt. De web portal is hier zeer geschikt voor. Daarnaast is met de aankondiging van 4G mobiel internet de mogelijkheid de 3Di web portal overal op elk mobiel apparaat beschikbaar te maken.

Er blijkt ook behoefte aan verbetering van bestaande delen. Het realisme van de 3D visualisatie is te vergroten door aanpassing van golfjes, transparant water en reflectie van wolken. Ook is er behoefte te zijn aan het opnemen van 1D kunstwerken in de 1D component van de rekenkern.

3.1.3 Technische doorvertaling

- ✓ 3. Het ontwikkelen van een 3Di-instrumentarium voor interactief gebruik.

Om de 3Di-rekenkern toegankelijk te maken, zijn voor verschillende type gebruikers interfaces ontwikkeld. Het doel van de interfaces is het inzichtelijk maken van modelresultaten en het kunnen aansturen van berekeningen. Om de rekenkern te kunnen aansturen via remote interfaces is een generiek communicatie protocol ontwikkeld. Via deze module kunnen basisfuncties van de rekenkern aangestuurd worden vanuit de interfaces.

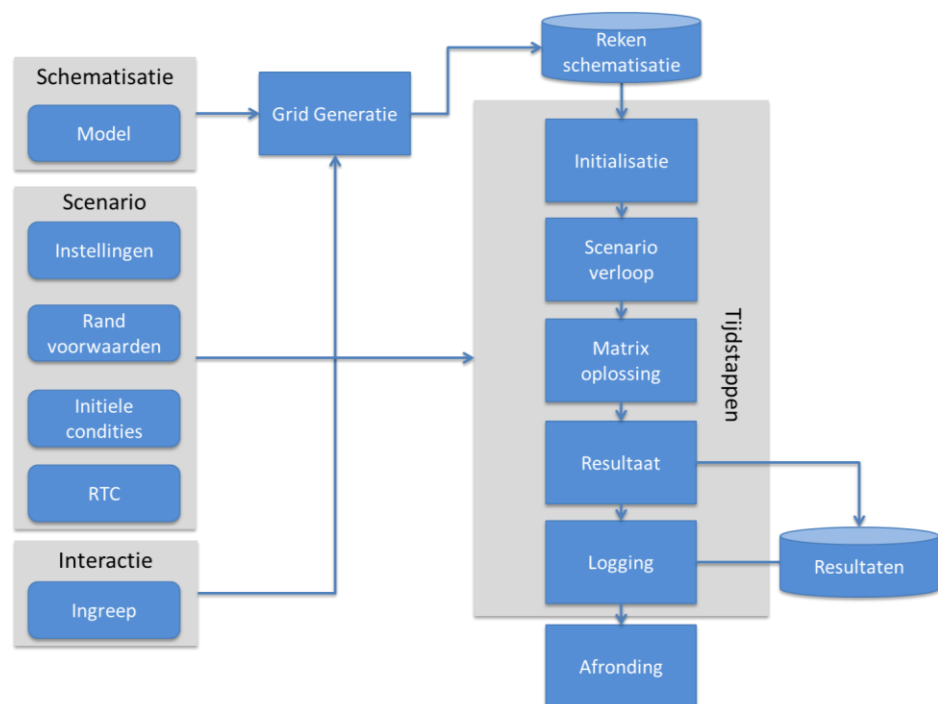


Voor de interfaces zijn eerst de basis functies ontwikkeld, die direct operationeel zijn gemaakt. Dit wijkt af van standaard software ontwikkeltrajecten, waarin pas aan het einde een werkend product wordt opgeleverd. Door dit proces om te keren, kan feedback van gebruikers al tijdens de ontwikkeling worden verwerkt.

De interfaces zijn ontwikkeld om de complexiteit te verbergen en bieden gebruikersgemak voor de eindgebruikers. Hiermee zijn ze op te splitsen in de front end en de back end. De front end is het deel dat de gebruiker ziet, de gebruikersinterface. The back end is onzichtbaar voor de gebruiker, maar noodzakelijk voor functioneren van het systeem.

Back end

Doordat de rekenkern complexer wordt, is een duidelijke structurering van de werkstappen vereist. De structuur van werkstappen was minder relevant in eerste versies van de rekenkern. Bij het uitbreiden van de rekenkern neemt het aantal werkstappen en de onderlinge samenhang hiertussen toe. Gedurende de ontwikkeling is in een iteratief proces een structuurdiagram ontstaan voor de werkstappen in de rekenkern, zie Figuur 3-2. Het diagram vormt de basis voor de inrichting van het rekenkern.

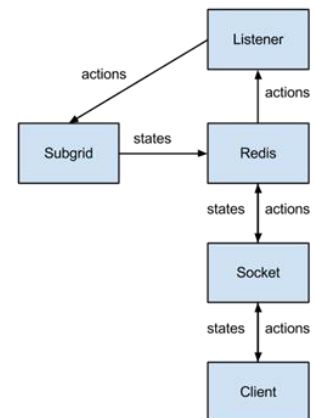
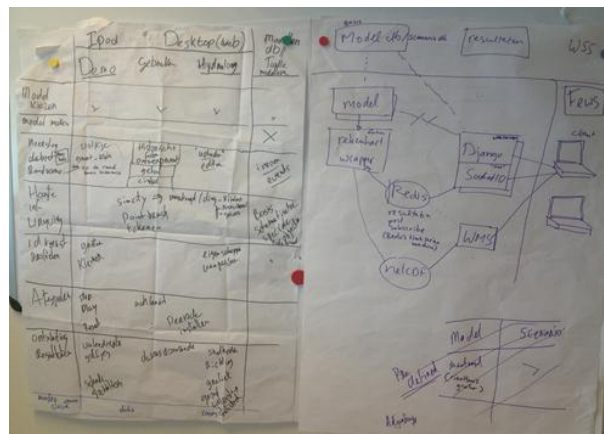


Figuur 3-2 Het structuurdiagram geeft de inrichting van de werkstappen binnen het rekenhart weer



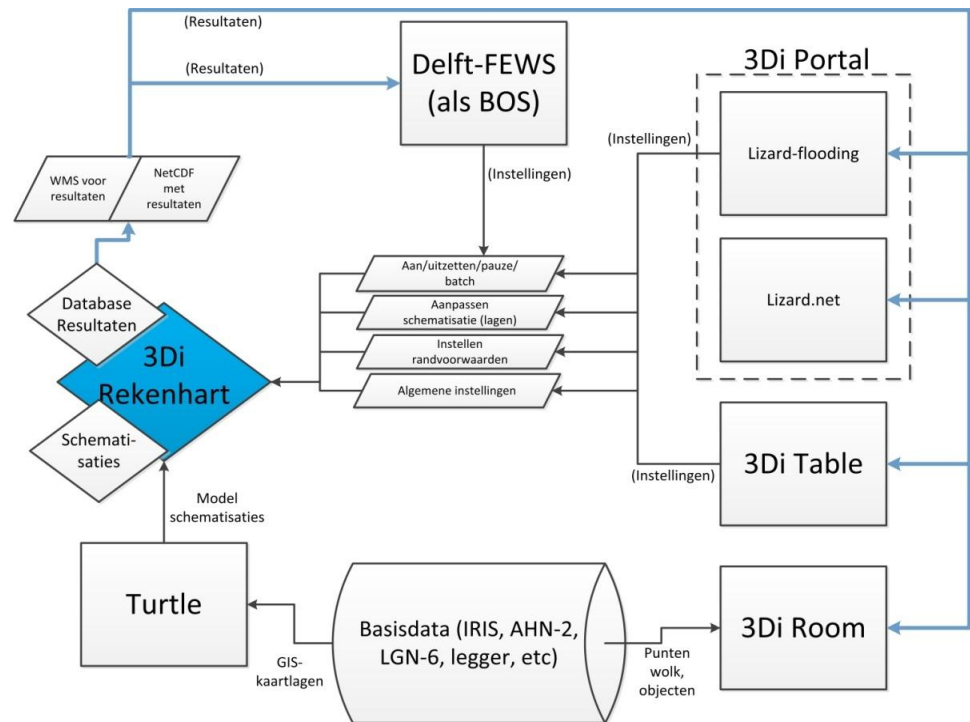
Er is een module ontwikkeld die de verbinding vormt tussen de rekenkern (listener) en de interfaces (cliënt). Door deze module kunnen alle interfaces op dezelfde manier met de rekenkern communiceren. De opbouw van deze module is tot stand gekomen in een technische brainstorm sessie, zie Figuur 3-3. In de sessie is gekozen dit te doen op basis van sockets en een moderne Redis database.

18



Figuur 3-3 Resultaat van technische brainstorm voor opbouw van de remote interface module

Door middel van de module zijn binnen het 3Di-instrumentarium meerdere interfaces aangesloten op rekenkern. De samenhang tussen de delen binnen het 3Di-instrumentarium staan weergegeven in Figuur 3-4.

**Figuur 3-4 Totaal overzicht van het 3Di-instrumentarium**

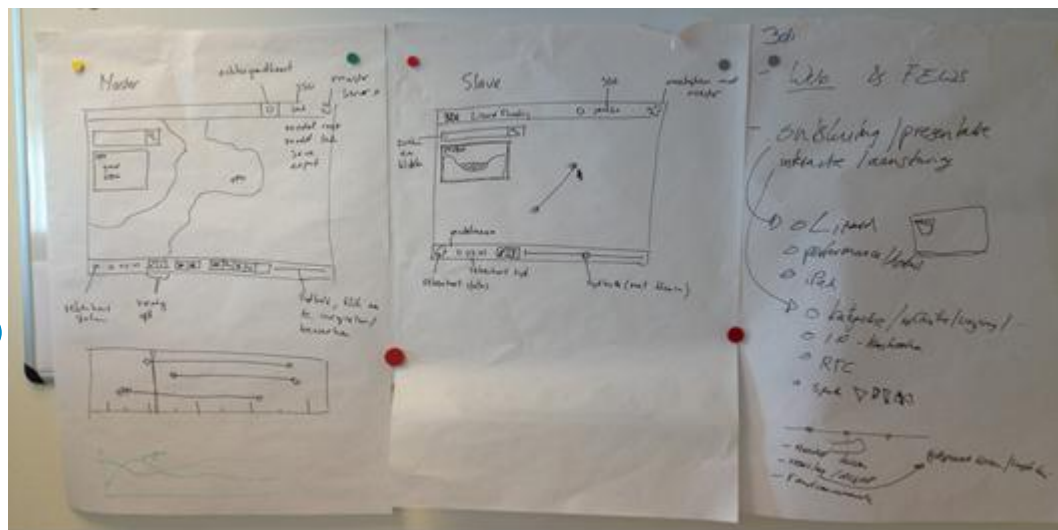
De interfaces worden ook gebruikt om modelresultaten hierbinnen te ontsluiten. Hiervoor is gebruik gemaakt van de WMS (Web Mapping Service) standaard. Dit biedt ook mogelijkheden voor nieuwe integraties in de toekomst. De NetCDF-resultaten uit de 3Di-rekenkern worden automatisch omgezet naar WMS.

De output van het rekenmodel is zeer gedetailleerd, waardoor de uitvoerbestanden groot zijn. Tegelijkertijd moeten resultaten na iedere rekentijdstep via de interfaces te ontsluiten zijn. Het snel ontsluiten van gedetailleerde informatie is mogelijk door een nieuw uitgewerkte technologie (tile-pyramids). Hierdoor kan “big data” (bijvoorbeeld de 150 miljard pixels uit de Nederlandse maaiveldhoogtekaart) snel geladen worden. De juiste weergave van detail op het gewenste zoomniveau wordt automatisch berekend en gegenereerd.

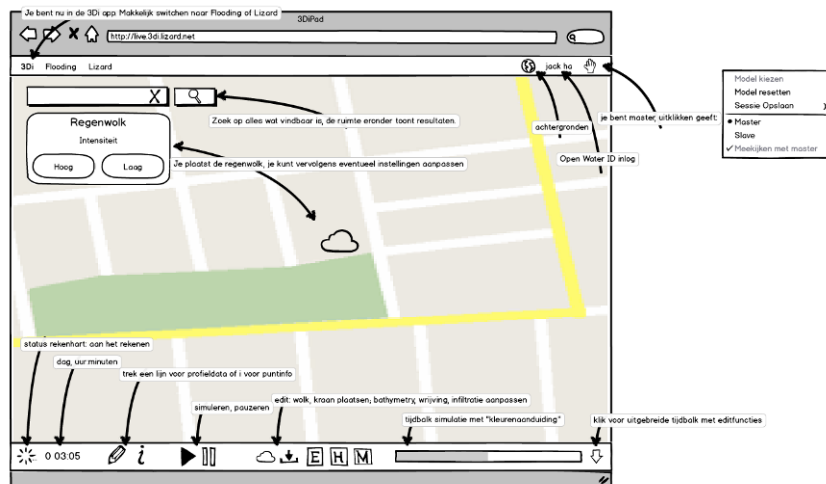
Front end

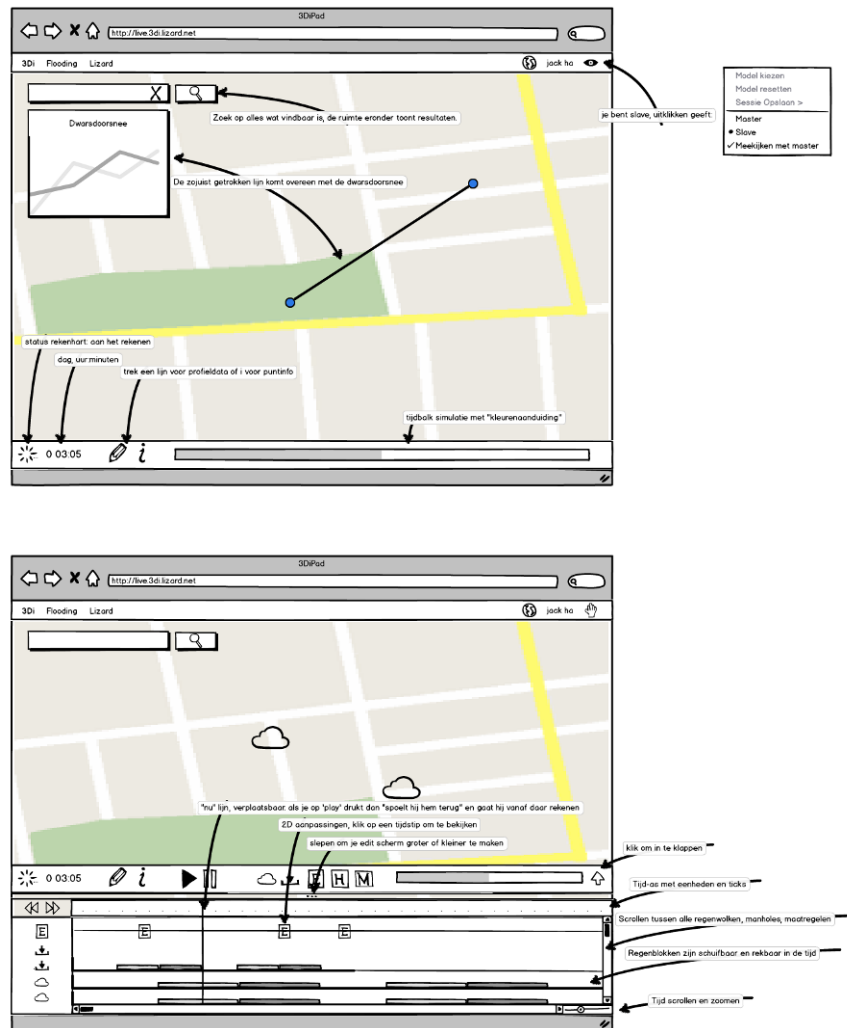
De complexe samenhang binnen het instrumentarium gaat schuil achter een gebruiksvriendelijke interface met makkelijk te interpreteren resultaten. Voor het inrichten van de web-interface is input gebruikt uit casestudy's, workshops en andere vormen van feedback. De feedback betreft onder andere welke informatie relevant is en welke niet. Naast het weergeven van de inhoud spelen ook zaken als kleuren en uitstraling een belangrijk rol. Ook kunnen verschillende indicatoren voor vragenstukken belangrijk zijn.

20



De resultaten van de schetssessie zijn uitgewerkt tot digitale ontwerpen. De digitale ontwerpen vormen de basis voor de ontwikkeling van de web-interface. De digitale ontwerpen staan in de onderstaande figuren.





Figuur 3-6 Het ontwerp voor de web-interface, gebaseerd op de schetsen uit de schetssessie

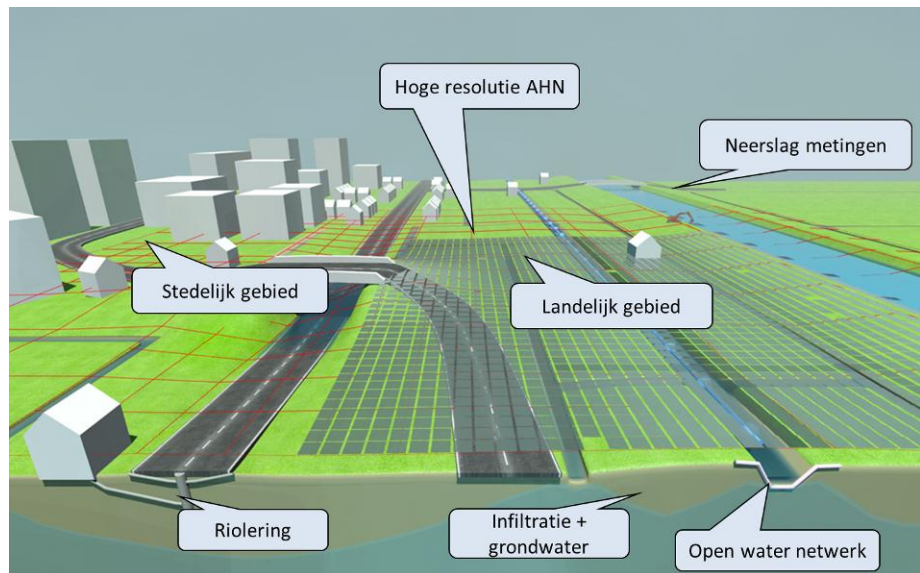
3.2 3Di-rekenkern

3.2.1 Algemeen

Het basis principe van de 3Di-rekenkern is dat hij veel sneller berekeningen kan uitvoeren dan conventionele watermodellen. Hierdoor wordt het mogelijk om veel nauwkeurigere (hogere resolutie) invoerdata te gebruiken. Dit resulteert in betere modeluitkomsten. Daarnaast maakt een snelle rekenkern het ook mogelijk om interactief te rekenen. Dit betekent dat gedurende een berekening, aanpassing in het model kunnen worden gedaan.



Een tweede unieke eigenschap van het 3Di-rekenmodel is de integraliteit. Integraal duidt in deze context op de verschillende modelcomponenten. De 3Di-rekenkern is ontwikkeld om alle componenten uit het waterbeheer (de hydrologische cyclus) op te nemen. In onderstaande figuur is een schets te zien van het integrale 3Di-rekenmodel.



Figuur 3-7 Schematisatie van integrale rekenkern

Het prototype rekenkern bevat een grafische user interface met functies voor interactief modelleren. Het is mogelijk een berekening te pauzeren, aanpassingen te doen en verder te rekenen. Ook kunnen aanpassingen aan kaartlagen worden 'getekend'. Het interactief rekenen maakt het model geschikt voor werksessies met stakeholders.

3.2.2 Basis

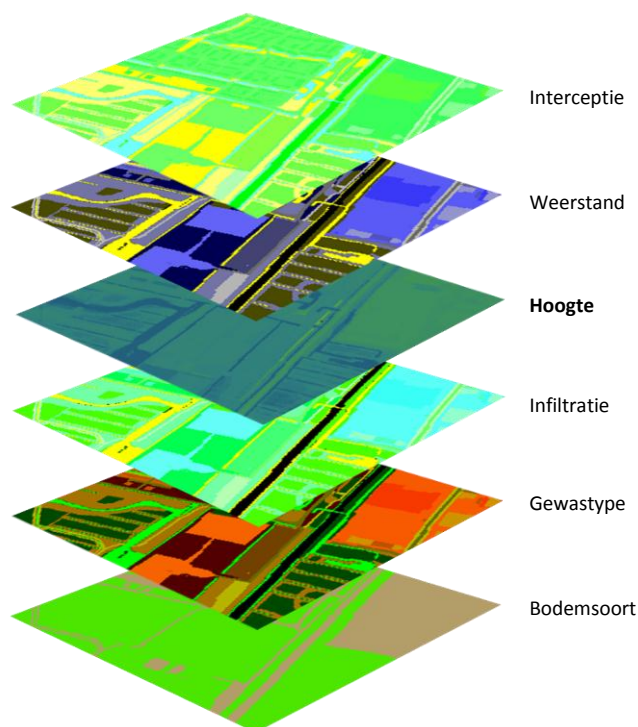
De basis van het 3Di-modelinstrument ligt in de gedetailleerde informatie die middels rasters met hoge resolutie aan het modelinstrument worden aangeboden. Deze hoge resolutie rasters worden subgrids genoemd. Over de subgrids wordt een rekenrooster geprojecteerd voor het uitvoeren van berekeningen. Het rekenrooster heeft grovere cel afmetingen dan het subgrid. De grove cellen van het rekenrooster staan binnen 3Di bekend als quadtree cellen (Stelling, 2012).

**Quadtree flood simulations with sub-grid digital elevation models***G.S. Stelling, 2012***Abstract:**

Flooding is an increasing hazard to society and good governance now implies careful water management in terms of design, planning and control of urban and rural areas. This requires that rainstorms, extreme water levels and so on are taken into account with relevant precision. A great aid is the existence of graphical information systems with raster-based digital elevation models (DEMs). Modern technology such as Lidar means that DEMs are of everincreasing resolution. This paper describes how, without adaptations, a DEM can be used efficiently for detailed 2D flooding simulations. The method is based on four components: the sub-grid method; bottom friction derived from the divided channel method; the finite-volume staggered grid method for shallow water equations with rapidly varying flows; and quad-trees.

Subgrids

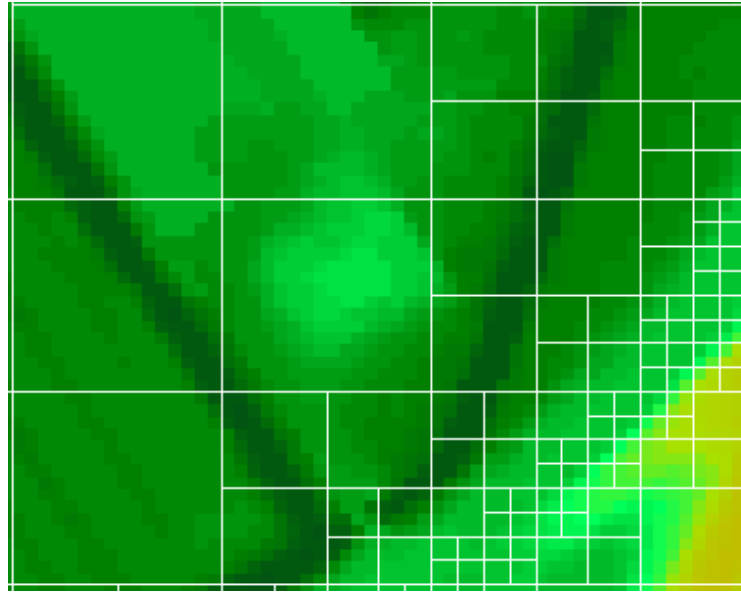
Alle twee dimensionale informatie voor de modelberekeningen komt uit de subgrids. De subgrids vormen dan ook de modelschematisatie voor het model. De subgrids worden aangeboden aan het modelinstrument in de vorm van lagen met rasterinformatie zodat ruimtelijk variërende informatie ingevoerd kan worden. De gelaagde opbouw van een 3Di-model is weergegeven in Figuur 3-8. Deze lagen hebben een hoge resolutie en leveren op deze manier ruimtelijk gedetailleerde informatie aan het modelinstrument.



Figuur 3-8 Subgrid lagen voor het opzetten van een modelschematisatie

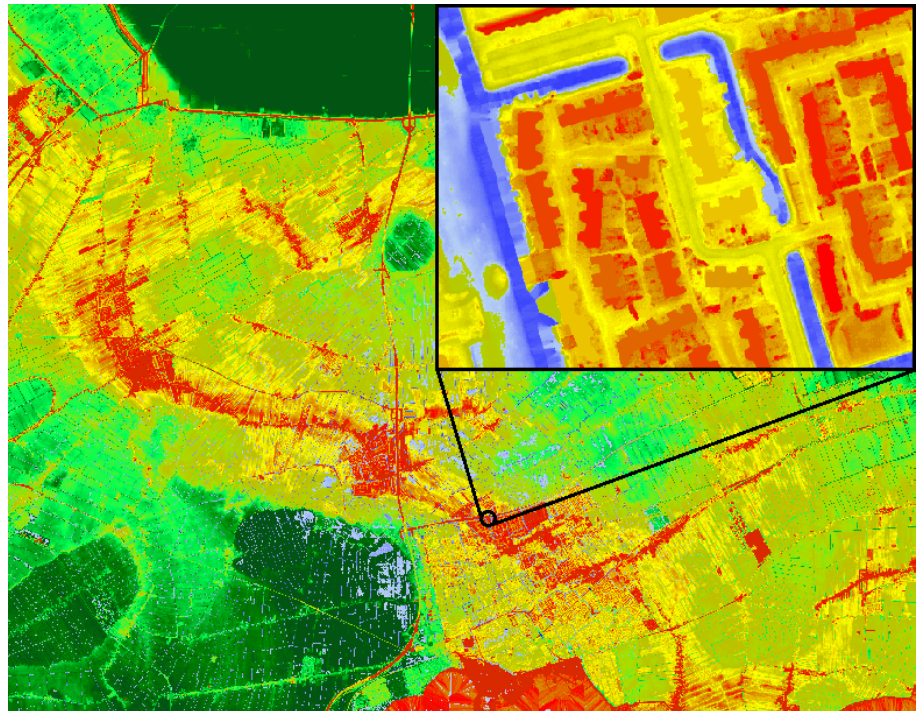
Quadtree schematisatie

De kracht van het 3Di-modelinstrumentarium zit in het gebruik van grovere rekencellen (quadtree cellen) bovenop de subgrid informatie (zie Figuur 3-9). De grovere rekencellen zijn opgebouwd volgens de regels van een quadtree, een wetenschappelijke methode om vierkante cellen op te delen in kleinere vierkante cellen (zie onder andere "Quad trees: a data structure for retrieval on composite keys", Finkel en Bentley, 1974). Een voorbeeld van een ordening van de quadtree cellen is weergegeven in Figuur 3-9.



Figuur 3-9 Quadtreerekengrid met een hoogtemodel (subgrid)

Doordat quadtree cellen meerdere subgrid pixels bevat treedt een significante versnelling in rektijd doordat op sommige plekken grover gerekend wordt. Grovere berekeningen zijn mogelijk wanneer weinig verandering in stroming optreedt, bijvoorbeeld voor oppervlakkige afstroming met weinig variatie in de bodemhoogte. Wanneer de bodemhoogte aan veel variatie onderhevig is, zal de stroming veranderlijker zijn. Op die plekken worden dan ook kleinere quadtree cellen gekozen worden.



Figuur 3-10 Door de subgrid techniek kan tegelijk op hoog detail niveau en op grote schaal worden gerekend

Grondwater processen zijn over het algemeen weinig variërend in stroming en dus bij uitstek geschikt voor grove rekencellen. Ook hier moeten op plekken waar wel grotere variatie in bodemeigenschappen is (bodemsoort, infiltratie etc.) kleinere rekencellen worden gebruikt om deze variatie goed te kunnen modelleren. De quadtree benadering maakt het mogelijk om voor iedere benodigd detail toepasselijke berekeningen te maken, zonder in overbodig detail te treden.

3.2.3 Add-ons

- ✓ 4. Add-ons voor de 3Di-rekenkern voor integrale neerslag-afvoer-, grondwater- en oppervlaktmodellering.

Ontwikkelingen van de rekenkern zijn gericht op het verbeteren en uitbreiden van de modelberekeningen die gemaakt kunnen worden. Het betreft het verbeteren van bestaande functies en het ontwikkelen van geheel nieuwe functies.

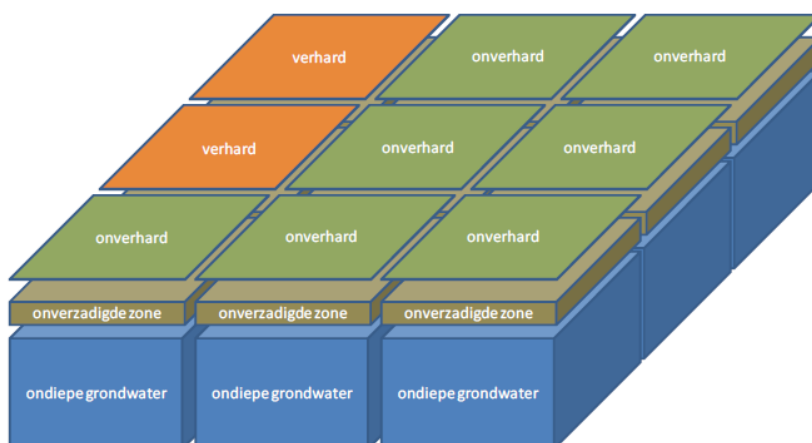
Add-ons voor neerslag-afvoer, grondwater en oppervlaktewater berekeningen zijn ontwikkeld voor de rekenkern. De volledige hydrologische cyclus kan gemodelleerd worden: neerslag, oppervlakkige afstroming, grondwater uitwissel-

ling en verdamping. Door deze ontwikkelingen kan nu de effectiviteit van maatregelen tegen de effecten van klimaatverandering bepaald worden. De ontwikkelde add-ons kunnen aan- of uitgezet worden tijdens de modellering. Afhankelijk van de modeltoepassing kan de gebruiker zelf kiezen welke componenten

Onverzadigde- en verzadigde zone

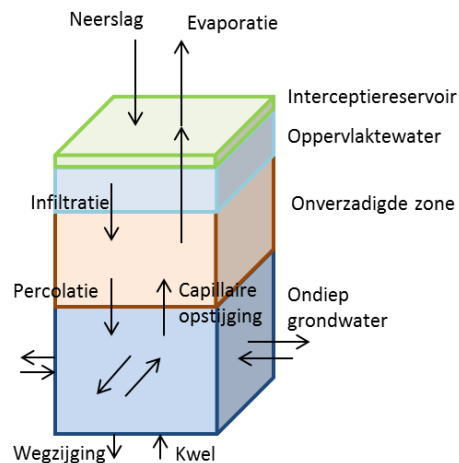
Het 3Di-modelinstrument is een integraal model en daarom geschikt om neerslag afvoer processen te modelleren. Er is een add-on ontwikkeld voor de (on)verzadigde zone voor doorrekenen van neerslag-afvoer processen. Deze processen zijn onderwerp van onderzoek geweest voor twee afstudeerders, Nasika (2012) en Fakkert (2013).

Tijdens neerslag-afvoer berekeningen is de uitwisseling tussen oppervlaktewater, onverzadigde zone en grondwater van belang (zie Figuur 3-11). De uitwisselingsprocessen voor neerslag-afvoer worden op quadtree cellen uitgevoerd om ook hier zowel detail als snelheid te kunnen garanderen. De quadtree ordening in combinatie met de subgrids maakt de neerslag-afvoer ruimtelijk gedistribueerd. Het ruimtelijk gedistribueerde aspect zorgt ervoor dat de uitwisselingsprocessen daadwerkelijk op de plek worden berekend waar deze zich afspelen. Op deze manier kan een neerslagevenement niet alleen temporaal veranderlijk zijn in een gebied maar ook ruimtelijk. De lokale bodemkarakteristieken of maaiveldinrichting zijn dus ook direct van invloed op de neerslag-afvoer relatie omdat deze in de subgrids zijn gedefinieerd.



Figuur 3-11 Ruimtelijke distributie neerslag-afvoer component

Om de uitwisseling tussen oppervlaktewater, onverzadigde zone en grondwater ruimtelijk te kunnen berekenen, bevinden zich onder iedere subgrid pixel reservoirs. Een schematisatie van deze reservoirs is weergegeven in Figuur 3-12.



Figuur 3-12 Uitwisselingsprocessen tussen oppervlakte- en grondwater

Tussen de reservoirs kunnen vervolgens de volgende zeven processen optreden:

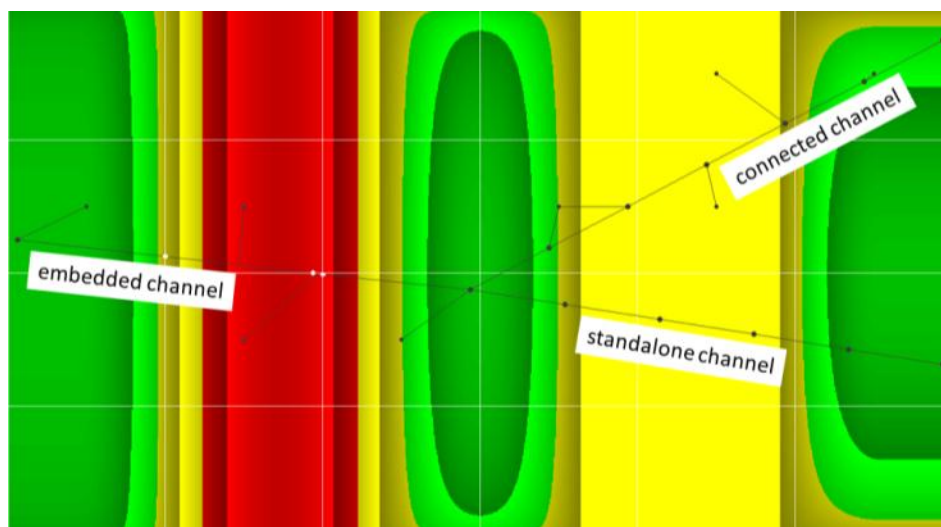
1. Interceptie van neerslag op het oppervlak.
2. Infiltratie van neerslag naar de onverzadigde zone.
3. Verdamping van bodemvocht uit de onverzadigde zone (en interceptiereservoir).
4. Percolatie van bodemvocht uit de onverzadigde zone naar het grondwater.
5. Capillaire opstijging van het grondwater naar de onverzadigde zone.
6. Kwel of wegzijging naar het diepe grondwater.
7. Uitwisseling van grondwater tussen de ondiepe grondwater bakjes.

De invoer van de uitwisselingsprocessen vindt plaats via de subgrids. Het grondwaterniveau geldt als initiële conditie die ook ruimtelijk kan variëren. De opbouw van de onverzadigde zone bepaalt het verloop van processen als percolatie, capillaire opstijging en evaporatie. De opbouw van de onverzadigde zone, bodemsoort en gewastype op maaiveld, bepaalt het hysteresis effect op het bodemvochtgehalte van de lokale onverzadigde zone. De verandering van het bodemvochtgehalte zorgt vervolgens voor percolatie naar of capillaire opstijging van het ondiepe grondwater. Vanuit het ondiepe grondwaterreservoir kan daarna stroming van grondwater plaatsvinden door uitwisseling met naburige reservoirs.

Door bovengenoemde processen per rekencel te berekenen, is er een gedistribueerd model ontwikkeld voor nauwkeurige neerslag-afvoer berekeningen.

1D netwerk – open water

Een andere add-on die is ontwikkeld is het 1D netwerk. Het 3Di-model biedt mogelijkheden om een 1D waterloppennetwerk op te nemen. Er wordt onderscheid gemaakt tussen drie type waterlopen: 'standalone channels', 'connected channels' en 'embedded channels'. Deze drie typen verschillen van elkaar in de uitwisseling van 1D naar 2D en andersom. De toepassing bepaald welk type kanaal wenselijk is.



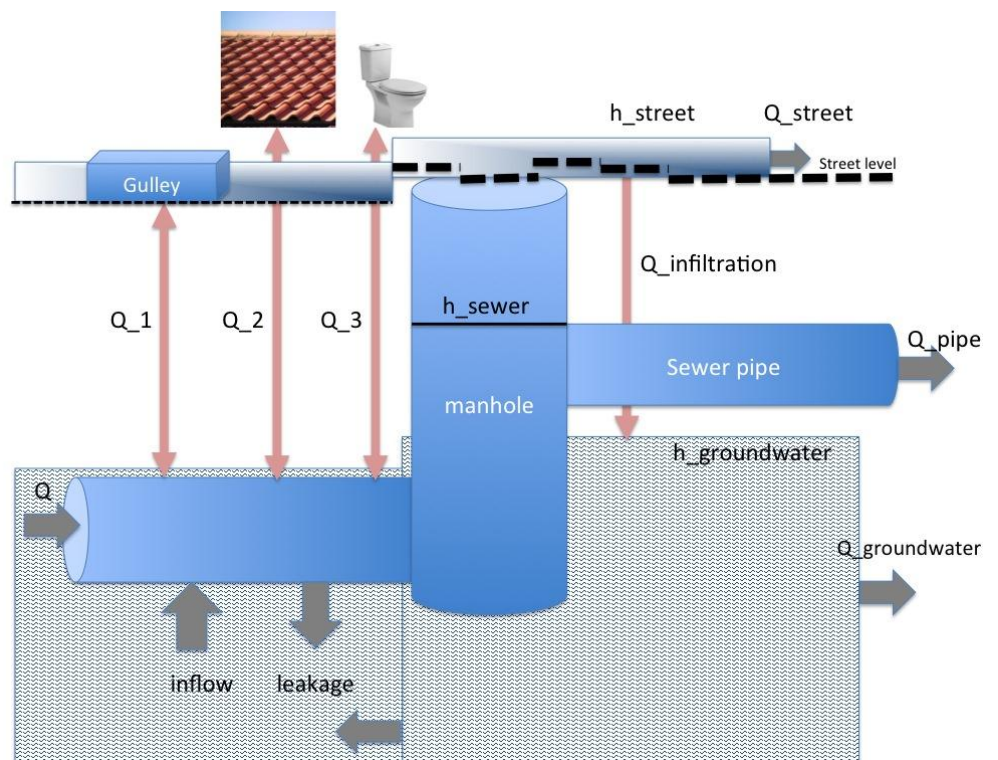
Figuur 3-13 Schematisatie van 1D kanalen in het rekenmodel

Het voordeel van het opnemen van een 1D netwerk, is dat de 1D stroming in waterlopen efficiënter berekend kan worden dan met het 2D rekenschema. Daarnaast worden in dit netwerk ook de kunstwerken geïntegreerd. Op deze manier kan het gehele watersysteem (zowel de 2D componenten als de 1D componenten) nauwkeurig worden meegenomen in de modelberekeningen. De integratie van 1D netwerk in de fijnmazige 2D omgeving levert het beste van 2 werelden.

Doordat het waterloppensysteem en inliggende kunstwerken in het model opgenomen kunnen worden, is het 3Di-rekenmodel geschikt voor het uitvoeren van watersysteemanalyses.

1d netwerk – riolering

Onderdeel van het 1D netwerk is de rioleringscomponent. Binnen dit project is eerst een inventarisatie gedaan naar de invloed van riolering op de modellering van stedelijk waterbeheer. Vervolgens is onderzoek gedaan (Stelling en Casulli, 2013) op welke manier het complete rioleringsmodel geïntegreerd kan worden in de 3Di-rekenkern. Figuur 3-14 is het resultaat van dit onderzoek en geeft schematisch alle componenten en onderlinge connecties weer van de riolering.



Figuur 3-14 Schematisatie van het rioolmodel

De ontwikkeling en integratie van de rioleringscomponent maakt het mogelijk de volledige integraliteit van klimaatadaptatie in de stad kunnen modelleren.

3.3 Interfaces

Er zijn vier grafische gebruikersinterfaces ontwikkeld. Deze maken gebiedsinformatie en modelresultaten inzichtelijk en er kunnen nieuwe modelberekeningen mee gemaakt worden. In deze paragraaf worden de vier interfaces beschreven:

- De interactieve web-interface.
- De touch table.
- De 3D visualisatie.
- FEWS.

3.3.1 Interactieve web-interface

- ✓ 2. Een web-interface voor het simuleren van neerslag en overstromingen door middel van high performance cloud computing.

Een interactieve web-interface is ontwikkeld om de 3Di-rekenkern via het internet aan te sturen. Het doel van deze web-interface is dat eindgebruikers zelfstandig en eenvoudig simulaties kunnen uitvoeren. Hiervoor is geen aparte software (inclusief licenties) nodig, maar alleen een internetverbinding. Daarnaast kan door cloud computing iedere gebruiker gebruik maken van de rekenkracht van grote servers.

De web-interface is zo opgezet dat deze via een “simpele” iPad (zie Figuur 3-15) bediend kan worden. Hierdoor is het rekenmodel voor een veel grotere gebruikersgroep bruikbaar. Conventionele modellen zijn alleen te gebruiken door specialisten. Door de web-interface is het met 3Di ook voor beleidsmedewerkers en bestuurders mogelijk scenario's door te rekenen.

Waar voorheen alleen specialisten modelberekeningen uitvoerde, maakt deze web-interface het mogelijk om ook beleidsmedewerkers en bestuurders scenario's te berekenen en maatregelen door te rekenen.



Figuur 3-15 Web-interface op de iPad

Het prototype van de web-interface maakt het ook mogelijk vanuit meerdere computers (of iPad's) tegelijk op één model in te loggen. Op deze manier kunnen verschillende mensen samen naar dezelfde casus kijken. Alle partijen hebben hetzelfde informatieoverzicht: een “common picture”.



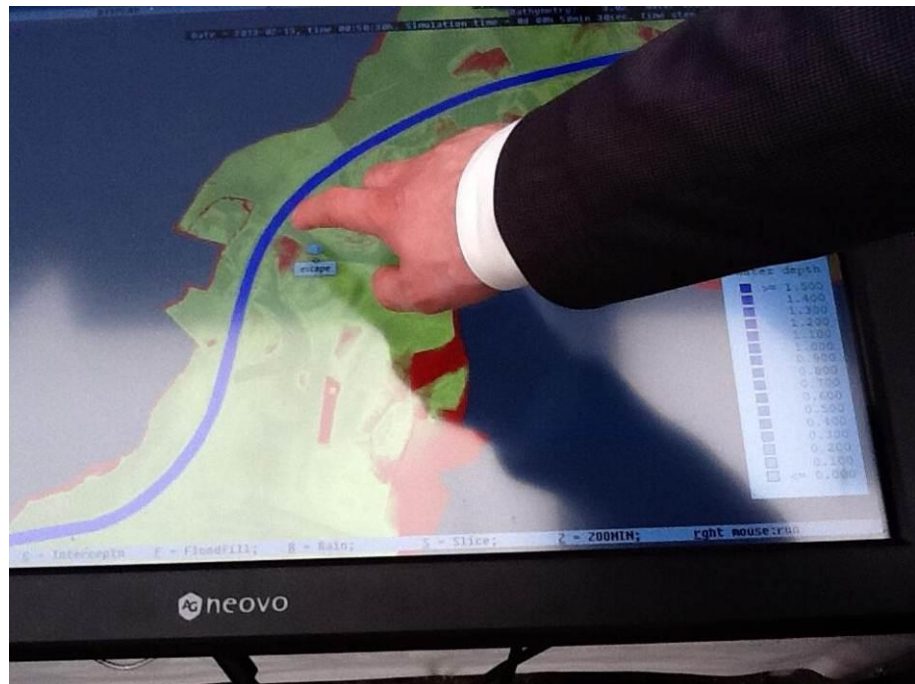
De hoogheemraadschappen van Delfland en Hollands Noorderkwartier zijn inmiddels het 3Di implementatietraject ingegaan. Dit betekent dat voor beide een gebieddekkend overstromingsmodel is opgesteld, welke via de interactieve web-interface beschikbaar is. Gebruikers (van hydroloog tot dijkgraaf) kunnen zelf via de iPad een overstromingsscenario of hevige neerslag gebeurtenis doorrekenen. Hierbij wordt gebruik gemaakt van high performance cloud computing, waardoor de resultaten van de berekening razendsnel zichtbaar worden.

3.3.2 Touch table

De 3Di touch table interface is ontwikkeld, deze wordt ook wel 'de watertafel' genoemd. Dit is een beslissing ondersteunend instrument, dat in het besluitvormingsproces kan worden ingezet.

In verschillende workshops is de 3Di touch table (Figuur 3-16) ingezet, met als doel om:

- een "common picture" te vormen met alle stakeholders;
- de huidige situatie in kaart te brengen en het probleem te definiëren;
- direct potentiële maatregelen door te rekenen (zogenaamde "what if" scenario's).



Figuur 3-16 Tijdens workshops is veel gerekend met de touch table

In principe werkt de touch table op eenzelfde manier als de web-interface. De rekenkern wordt aangestuurd via deze interface en elke tijdstap worden de resultaten gevisualiseerd op de tafel. Een verschil met de web-interface is dat de watertafel meer interactieve mogelijkheden heeft. Het is hierdoor een technischer en specialistischere interface om te bedienen. De resultaten zijn echter ook voor niet specialisten begrijpelijk, omdat ze eenvoudig en visueel worden gepresenteerd op de tafel. In Figuur 3-17 is te zien hoe de touch table tijdens een workshop is ingezet.



Figuur 3-17 Inzet van de touch table tijdens een workshop



3.3.3 3D Visualisatie

- ✓ 1. Een 3D visualisatie van wolken op basis van regenradarbeelden in de 3D omgeving met realistisch water.

In de 3D interface wordt er een 3D beeld gecreëerd van de omgeving, wat resulteert in een 3D gebiedskaart (De Haan, 2009). In deze 3D omgeving worden de berekende modelresultaten realistisch gevisualiseerd. De modelresultaten (in netCDF formaat) worden geconverteerd, waardoor ze geanimeerd kunnen worden in de 3D omgeving. Deze manier van presenteren leidt tot een beter overzicht en begrip van risico's, effecten van maatregelen en oplossingsrichtingen. Figuur 3-18 geeft een impressie van de 3D visualisatie van een overstroming.



Figuur 3-18 Visualisatie van een overstromingsscenario in de 3D omgeving

De realistische weergave van water wordt bereikt door de model resultaten direct te gebruiken voor het genereren van de watervisualisatie. Zo worden de berekende stroomsnelheden en waterdieptes gebruikt voor het bepalen van de richting en grootte van de golven. Dit geeft een realistisch en eenduidig beeld van het scenario (Kehl en De Haan, 2012).

Naast de visualisatie van grote overstromingen, kan wateroverlast als gevolg van hevige neerslag in de 3D interface gevisualiseerd worden. De resultaten van de neerslag berekeningen worden op een zelfde manier gevisualiseerd als de resultaten van een overstromingsberekening. Hierdoor kunnen plassen op straat op dezelfde manier op hoog detail niveau gevisualiseerd worden.

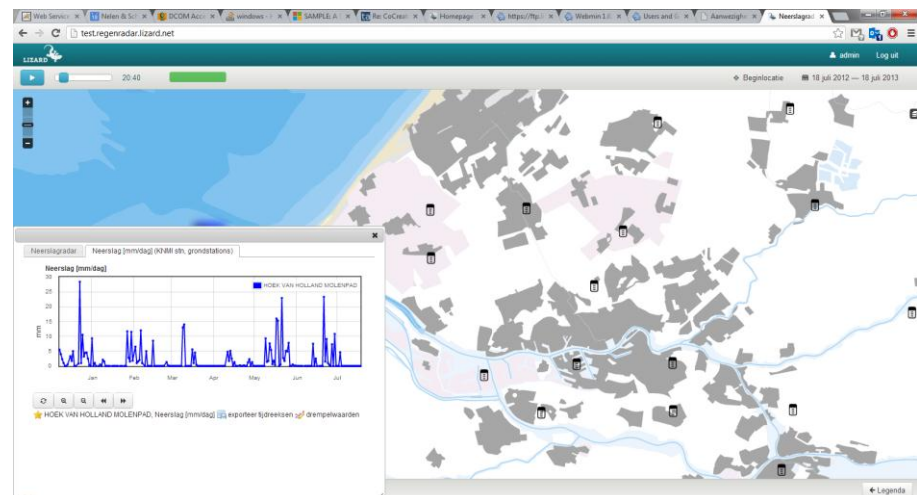


Het doel van de 3D interface is om resultaten van modelberekeningen zo realistisch mogelijk te visualiseren. Dit is gedaan door de omgeving zo nauwkeurig mogelijk (in 3D) in kaart te brengen en door de resultaten van de berekeningen op een realistische manier te visualiseren.

Daarnaast is de 3D interface in dit onderzoek uitgebreid met de visualisatie van neerslag. De input voor het creëren van regenwolken in de 3D omgeving zijn regenradarbeelden.

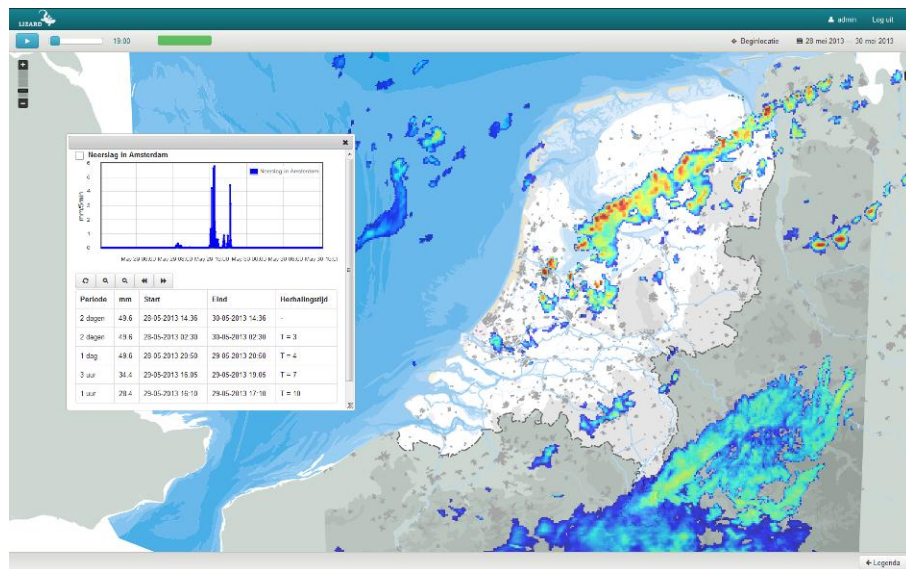
Een tool voor het combineren van meerdere regenradars en grondstations is ontwikkeld: De Nationale Regenradar. Deze berekent via het web gekalibreerde radarbeelden en neerslag voorspellingen. De Nederlandse, Duitse en Belgische radar metingen worden gecombineerd met grondstations. In Figuur 3-19 staan enkele (grond)neerslagstations op een kaart weergegeven. Per station kan een grafiek met neerslaggegevens worden weergegeven.

35



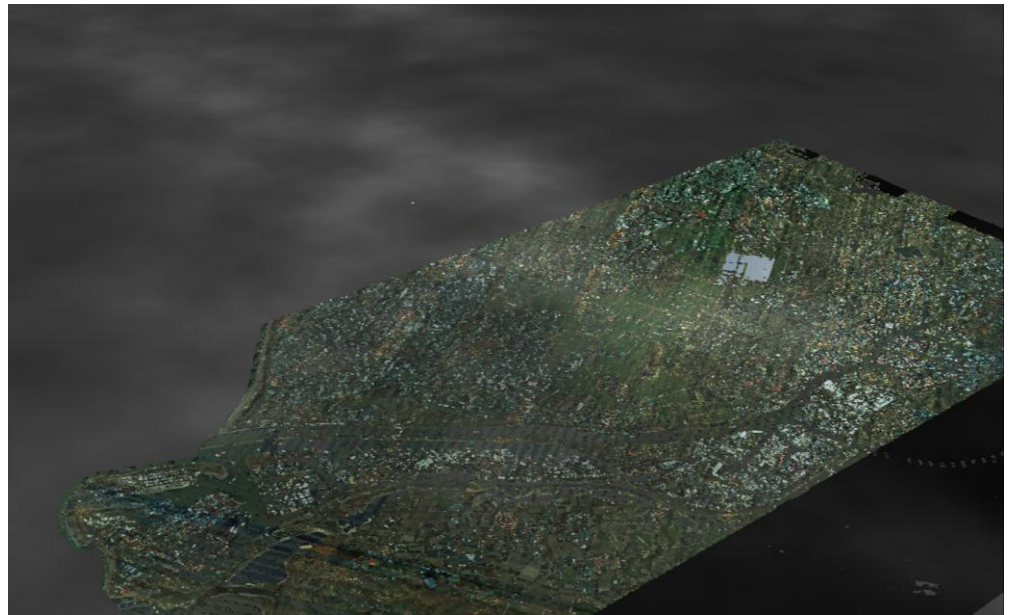
Figuur 3-19 Enkele (grond)neerslagstations weergegeven op de kaart van Nederland in De Nationale Regenradar. Per station zijn neerslaggegevens opvraagbaar

De Nationale Regenradar produceert 5 minuten sommen, waarbij iedere 5 minuten een neerslagbeeld wordt gegenereerd. In Figuur 3-20 staat de Nationale Regenradar afgebeeld.

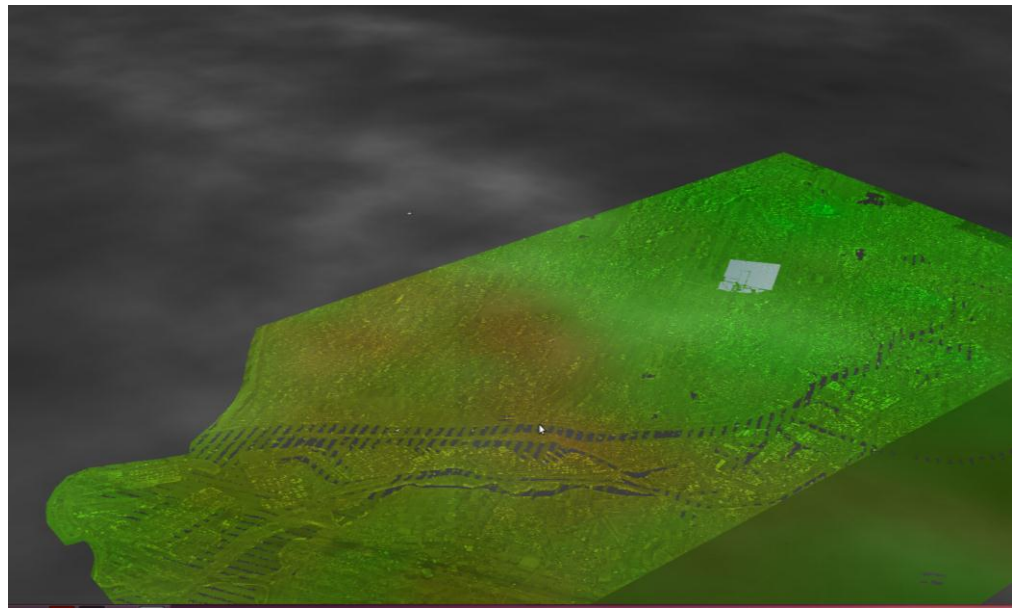


Figuur 3-20 Voorbeeld van de Nationale Regenradar

De neerslagdata die door de Nationale Regenradar wordt gegenereerd kan vervolgens worden ingelezen en gevisualiseerd in de 3D interface. Hiervoor wordt gebruik gemaakt van het gangbare HDF5 formaat. Op basis van de HDF5 bestanden, wordt de locatie van de regenwolken en de intensiteit van de neerslag geprojecteerd in de 3D omgeving. In onderstaande figuren is te zien hoe de regenwolken in de 3D omgeving worden gevisualiseerd. In Figuur 3-22 is de neerslag intensiteit gevisualiseerd door middel van kleuring van de point cloud. De groene kleuring geeft aan dat er geen neerslag valt en de rode kleuring geeft een hoge neerslag intensiteit aan. In de 3D interface kan eenvoudig geschakeld worden tussen de verschillende point cloud kleuringen (luchtfoto, neerslagintensiteit, bodemhoogte).



Figuur 3-21 Visualisatie van regenwolken



Figuur 3-22 Visualisatie van regenwolken op basis van neerslagintensiteit. De groene kleuring geeft aan dat er geen neerslag valt en de rode kleuring geeft een hoge neerslag intensiteit aan

De bovengenoemde visualisatietechnieken maken het mogelijk om de effecten van klimaatverandering ook in beeld te brengen bij niet-technische stakeholders. Een groot deel van stakeholders hebben vaak geen technisch inhoudelijke achtergrond.



Daardoor zijn problemen en maatregelen soms moeilijk in te schatten. Door deze in een 3D omgeving te visualiseren, ontstaat een platform voor discussies en wederzijds begrip.

3.3.4 FEWS

De laatste interface binnen het 3Di-instrumentarium is het hoogwater voorspel systeem FEWS. FEWS wordt ingezet voor het maken van hoogwatervoorspellingen op basis van neerslagdata en afvoerberekeningen. Voor berekenen van de afvoer loopt de 3Di-rekenkern mee.

De 3Di-rekenkern berekent real-time verwachte waterstanden tot een bepaalde periode vooruit. Binnen de FEWS interface is het niet mogelijk interactief te rekenen en er kunnen geen modelaanpassingen gedaan worden. De FEWS interface biedt de mogelijkheid metingen en modelresultaten gezamenlijk te ontsluiten.



4 Resultaten II: Casestudy's

- ✓ 5. Casestudy's voor het aantonen van de voordelen en praktische toepassing van het 3Di-instrumentarium in het waterbeheer.

4.1 Doel

39

Het doel van de casestudy's is testen van de bruikbaarheid van het instrumentarium. Hoe werkt het in de praktijk, zijn gebruikers enthousiast, is het model inzetbaar voor workshops.

Uit casestudy's komen vaak aanbevelingen om het product nog beter bij de stakeholders te laten aansluiten. De aanbevelingen van voorgaande casestudy's staan in de 3Di eindrapportages jaar 1, 2 en 3.

Casestudy's zijn standaard onderdeel van 3Di: we willen met het onderzoekstraject werken naar een instrumentarium dat daadwerkelijk kan en gaat gebruikt gaan worden. Daarom moet je in alle stadia van het project de gebruikers meenemen, juist als het nog niet volledig af is. Dan is namelijk de mogelijkheid om bij te sturen zodat het een succesvol instrumentarium wordt.

Interactive modeling during work sessions a test with the new 3Di-model
J.G. Leskens, 2012

Abstract:

(...) The question addressed in this paper is if and how these ultrafast interactive models are able to improve the decision making process in work sessions. To answer to this question, a broad literature review of decision-making theory and decision support systems has been carried out and two workshops have been organized to test and evaluate the use of a prototype interactive model in the context of integrated water management.

It is concluded that interactive models can improve the decision-making process as they can support the dynamic information demands during a work session. Furthermore, they improve the speed of the decision-making process as a whole, as the effectiveness of measures can be tested directly, whereas in the past the effectiveness could only be evaluated in a following work session. Technical and social preconditions have to be met to successfully apply interactive models in work sessions, such as accuracy, flexibility, computation time, willingness of the stakeholders to participate and well organized work sessions.



4.2 Case Delft Zuid – Poldersysteem

De Zuidpolder van Delfgauw is gekozen als casestudygebied omdat het polder is met (deels) dicht stedelijk gebied; Delft Zuid. Hiermee kunnen de technische ontwikkelingen binnen het KvK 3^{de} tranche project worden getest, te weten de toepassing van 1D waterlopen, riolering en het bieden van een interface voor gebiedsprocessen rond klimaatadaptatie. Het stedelijk gebied omvat een typisch stedelijke waterproblematiek, zoals problemen met riolering, met oppervlaktewater, hydraulische beperkingen en afwentelen op omgeving. Daarnaast is er een gebiedsproces gaande (project Groen-Blauw) waar Delfland contact heeft met gebiedspartners. Daarmee is het zowel technisch-inhoudelijk als procesmatig een geschikt studiegebied.

Specifieke aandachtspunten in deze polder zijn het beperkte inzicht in de effectiviteit van diverse klimaatadaptatiemaatregelen, zoals groene daken en berging op straat. Ook is er een beperkt inzicht in wateroverlast bij laag gelegen grasland, wat in deze polder deels aanwezig is.



Figuur 4-1 3Di-model Zuidpolder van Delfgauw

4.2.1 Doel van de casestudy

Met de ontwikkelde functionaliteiten binnen het KvK 3de tranche project (1D-waterlijnen, riolering, interface) wordt een model opgesteld van de Zuidpolder van Delfgauw, welke in een werksessie met potentiële eindgebruikers zal worden getest op bruikbaarheid.

4.2.2 Opstellen 3Di-model

Het 3Di-model van de Zuidpolder van Delfgauw is opgebouwd uit meerdere kaartlagen op een resolutie van 1x1m, 1D-watergangen, gemalen, stuwen, keringen en riolering in het stedelijk gebied. Een belangrijke onderdeel van het riolsysteem is de overstort bij de Amalia van Solmslaan en is tevens opgenomen in het model.

41



Figuur 4-2 Schematisatie Zuidpolder van Delfgauw

In oktober 2012 heeft wateroverlast plaatsgevonden, zowel nabij de overstort aan de Amalia van Solmslaan en in het laaggelegen grasgebied. Deze situatie is het uitgangspunt voor de scenario's.

4.2.3 Voorbereiden werksessie

Om bovenstaand doel te behalen zijn de volgende activiteiten uitgevoerd:

1. Uitbreiden 3Di-instrumentarium met 1D-waterlijnen, riolering en interface (interactieve ontwerptafel). Deze activiteit wordt in het lopende ontwikkeltraject van 3Di uitgevoerd.
2. Opstellen 3Di-model van de polder. Hierbij wordt gebruikt gemaakt van de volgende inputbestanden: AHN2, bodemkaart op basis van Sti-BoKa, GeoTop en Dino-boringen, landgebruikskaart (volgens de waterschadeschatter), watervlakken of meren (HHD), waterlijnen (HHD), kunstwerken (HHD), peilgebieden (HHD), keringen of verhoogde lijnelementen in het maaiveld (HHD), locatie straatkolken / putten (HHD), locatie hemelwaterafvoeren (HHD), overstortlocaties (HHD), afbakening studiegebied (HHD), neerslaggegevens ook gebruikt in riolerings-



model (HHD). Dit model is reeds gemaakt en afgebeeld in bovenstaande figuur.

3. Uitvoeren unit-tests om het functioneren van de fysische fenomenen te testen, zoals de werking van infiltratie, uitwisseling grondwater en oppervlaktewater en riolering. Het model is in zijn huidige vorm nog niet geschikt voor een volledige kalibratie en validatie op basis van gemeten neerslag en waterstanden. Medewerkers van Delfland worden actief bij de unit-tests betrokken om inzicht te krijgen in het functioneren van het model.
4. Gebruiksklaar maken van het 3Di-model voor toepassing op een interactieve ontwerptafel in een workshop met potentiële eindgebruikers. Ook wordt het internetportaal van 3Di toegepast om voor een aantal scenario's de resultaten op internet te kunnen bekijken.
5. Interne werksessie met 2 medewerkers van Delfland om het functioneren van het model te testen en de workshop voor te bereiden. Hierin wordt huidige situatie bekeken onder belasting van een extreme bui. De aandacht gaat daarbij uit naar de herkenbaarheid van de overlast en de mogelijkheid om de meest voor de hand liggende maatregelen te kunnen analyseren. Specifiek worden 4 scenario's voorbereid voor de externe werksessie, zoals aanpassen van de afvoer van verhard oppervlak (met het oog op verkleinen overstortdebiet), vergroten van de afvoer door het watersysteem (vooral duikers) en aanleggen van extra waterberging. Hierin kan, binnen de mogelijkheden van het model, worden aangesloten op de wensen vanuit het lopende gebiedsproces.
6. Externe werksessie met potentiële eindgebruikers. Aan Delfland wordt gevraagd circa 5 tot 10 potentiële eindgebruikers uit het gebiedsproces te vragen, zoals medewerkers van de afdeling Ruimtelijke Planvorming en medewerkers van de gemeente.

Aanwezigen tijdens de werksessie:

Naam	Email
Kim van Nieuwaal	k.van.nieuwaal@programmabureauklimaat.nl
Carl Pauwe	cpauwe@hhdelfland.nl
Elgard van Leeuwen	elgard.vanleeuwen@deltares.nl
Saskia Jouwersma	sjouwersma@hhdelfland.nl
Jochem Fritz	jfritz@hhdelfland.nl
Walter Vincent	wwincent@hhdelfland.nl
Pieter Otten	potten@hhdelfland.nl
Harry van den Broek	hvandenbroek@hhdelfland.nl
Peter Hollanders	phollanders@hhdelfland.nl



Jaap Korf	jkorf@hhdelfland.nl
Martijn Heinhuis	mheinhuis@hhdelfland.nl
Sjaak Clarisse	sclarisse@delft.nl
Moniek Wibier	mwibier@delft.nl
Wouter van Esse	wouter.vanessa@nelen-schuumans.nl
Anne Leskens	anne.leskens@nelen-schuumans.nl
Tessa van Rosmalen	tessa.vanrosmalen@nelen-schuurmans.nl

Tijdens de werksessie van 22 juli 2013 is de volgende agenda doorlopen:

1. Toelichting doel en opzet van de dag [Elgard van Leeuwen].
2. De Zuidpolder van Delfgauw; wat aan deze sessie vooraf ging [Jaap Korf].
3. Modelleren van een polder, hoe deden we dat eerst, hoe doen we het nu met 3Di?
4. Uiteen in 2 groepen (groep 1: Delft-zuidoost, groep 2: laaggelegen grasland). Per groep achtereenvolgens:
 - a. Diagnose met Sobek [Jochem Fritz & Martijn Heijnhuis].
 - b. Voorbereide oplossingsrichtingen met 3Di [Anne Leskens & Wouter van Esse].
 - c. Hands-on met 3Di [Anne Leskens & Wouter van Esse].
 - d. Discussie gebruiksvriendelijkheid interface en op stellen wensen.
5. Wisselen groepen.
6. Plenair: terugkoppeling voorgestelde maatregelen [voorzitters groepen].

De werksessie neemt een dagdeel in beslag. Vanwege het uit elkaar gaan in groepen zullen er twee touch-tables worden ingezet. Terugkoppeling naar de deelnemers vindt plaats door een verslag en het opsturen van de gebruikte presentaties.



Figuur 4-3 Aanwezigen buigen zich over de wateroverlast in Delft Zuid

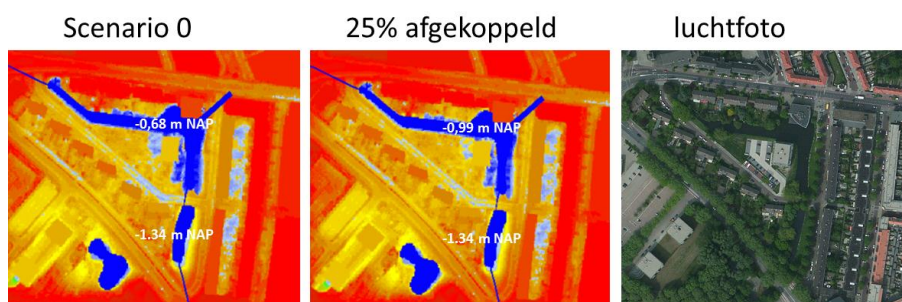
4.2.4 Evaluatie van scenario's

Er zijn drie klimaatadaptatiestrategieën ontwikkeld in de casestudy's. Deze strategieën zijn tijdens de workshop besproken en verder doorontwikkeld. Om inzicht te hebben in de impact van klimaatverandering is de neerslagsituatie van oktober 2012 gebruikt. De voorgestelde strategieën zijn getest aan de hand van dezelfde bui en steeds vergeleken met de huidige situatie.

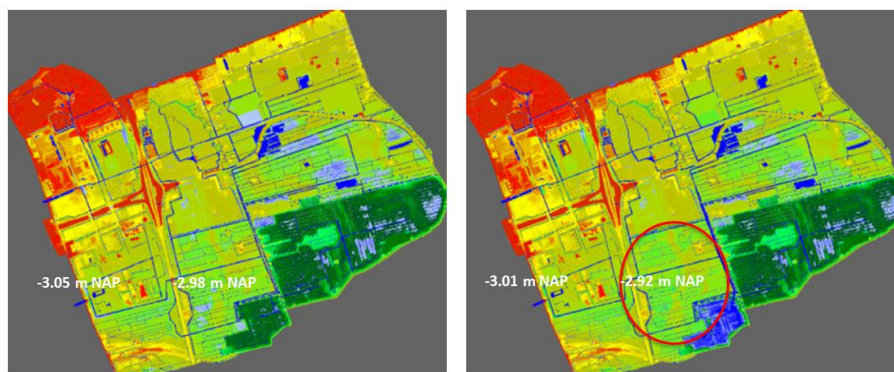
Scenario 1 – verminderen van overstort (stedelijk gebied)

De overstort uit de riolering kan worden verlaagt door verhard oppervlak in het stedelijk gebied af te koppelen. Afvoer vanaf daken en straten stroomt dan naar het oppervlaktewater in de directe omgeving, in plaats van via het riool. De afvoer van regenwater verspreidt zich hierdoor in ruimte en in tijd, waardoor de kans op wateroverlast kleiner wordt.

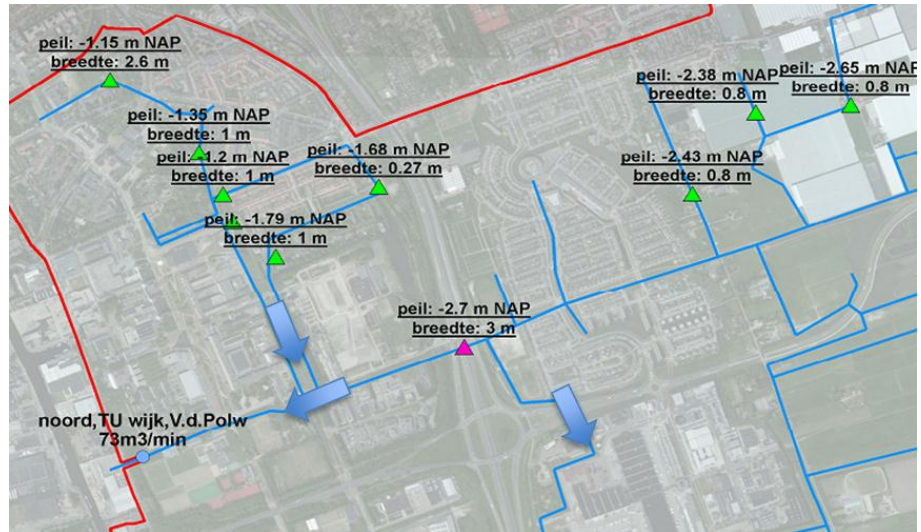
Figuur 4-4 toont het resultaat van het 3Di-model waarbij 25% van het verhard oppervlak is afgekoppeld. Het 3Di-model laat zien dat de wateroverlast nabij de overstort aan de Amalia van Solmslaan minder groot is door het verlagen van de overstortgolf. Met het 3Di-model wordt direct duidelijk welke delen van de buitenruimte nog wel last hebben van wateroverlast, en welke niet.

**Figuur 4-4 Resultaat afkoppelen nabij Amalia van Solmslaan****Scenario 2 – inzet calamiteitenpolder (gehele polder)**

Door een laaggelegen polder tijdens hevige neerslag in te zetten als waterberging, kan de wateroverlast mogelijk worden verminderd. In de Zuidpolder van Delfgauw wordt een deel van de Drooglegging aan de zuidzijde van de polder als calamiteitenpolder ingezet. Figuur 4-5 toont het resultaat van de inzet van de calamiteitenpolder. Het 3Di-model laat zien dat de effecten van de inzet van de calamiteitenpolder zeer lokaal zijn. Alleen in het grasland dicht bij de ondergelopen polder vermindert de wateroverlast. In de rest van de polder zijn de effecten zeer klein. 3Di laat hier de meerwaarde van een ruimtelijk gedistribueerd model zien.

**Figuur 4-5 Resultaat inzet calamiteitenpolder (rechts)****Scenario 3 – Vergroten afvoer uit stedelijk gebied en sturen met stuw (gehele polder)**

Door de duikers in het stedelijk gebied te verruimen, vergroot en versnelt de afvoer uit dit gebied tijdens een extreme situatie. Tegelijkertijd wordt een nieuwe stuw geplaatst onder A13 zodat deze afvoer het grasland niet belast. Het gemaal aan de v.d. Polweg wordt hierdoor efficiënter gebruikt Figuur 4-6.



Figuur 4-6 Schematisatie Scenario 3

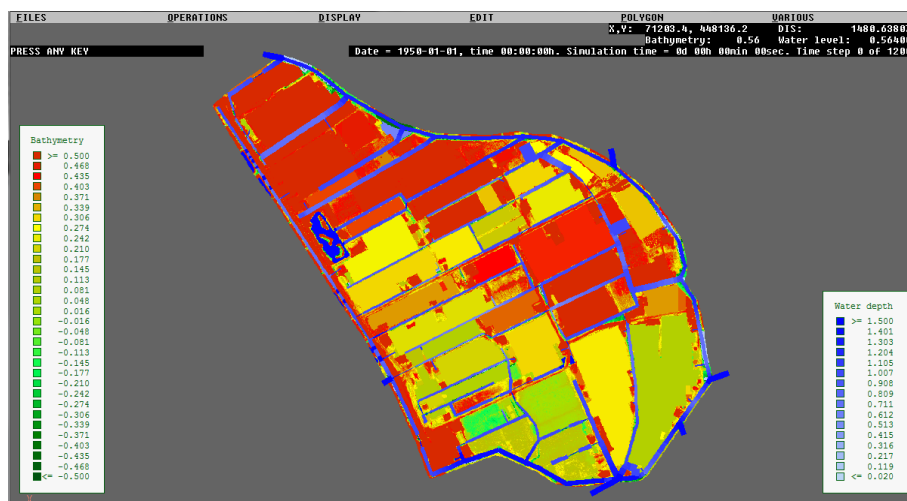
Het verruimen van de duikers in het stedelijk gebied vermindert de wateroverlast in het stedelijk gebied, vergelijkbaar met scenario 1. In het laaggelegen grasland vermindert de wateroverlast niet. Het 3Di-model biedt via dit scenario inzicht in de verhoudingen tussen het stedelijk gebied en het grasland in de polder.

4.3 Case de Lange Stukken – Boezemland

De Boezem is gekozen als onderwerp voor een casestudy omdat hierin de werking van 1D waterlopen en de aansluiting op polders en boezemland kan worden getest. Hierbij kan ook het operationeel beheer van Delfland worden betrokken. Immers, het 3Di-model wordt ook voor de toepassing in het operationele beheer van de polders en de boezem ontwikkeld.

Een specifiek probleem, waarin met het huidige modelinstrumentarium beperkt inzicht kan worden geboden, is de invloed van boezemland op de waterstanden in de boezem. Het boezemland watert direct af op de boezem en is daarom minder stuurbaar is dan de polders. Voor het operationeel beheer van de boezem is het daarom belangrijk hierin beter inzicht te hebben. Ook inzicht in de invloed van ruimtelijke maatregelen in het boezemland op de waterstanden in de boezem is in de huidige situatie beperkt. Het 3Di-model is in staat deze interactie tussen boezemland en boezem beter inzichtelijk te maken. Ook kan het model interactief worden toegepast tijdens sessies waarin maatregelen worden bedacht.

Deze casestudy richt zich specifiek op het boezemland genaamd 'Lange Stukken'. Dit boezemland zal ruimtelijk worden geschematiseerd en worden gekoppeld aan de boezem.



Figuur 4-7 3Di-model Boezemland Lange Stukken

4.3.1 Doel van de casestudy

Met de toevoeging van de specifiek ontwikkelde functionaliteiten binnen het KvK 3^{de} tranche, namelijk 1D-waterlijnen en een interactieve interface, wordt een model opgesteld van de boezem en een deel van het boezemland. Dit model wordt in een workshop gebruikt om potentiële eindgebruikers meer inzicht te geven in de afvoer van boezemland op de boezem (de “overdrachtsfunctie”). Hierbij wordt ook gekeken naar mogelijke maatregelen om deze overdrachtsfunctie te beïnvloeden.

4.3.2 Activiteiten

Om bovenstaand doel te behalen zijn de volgende activiteiten uitgevoerd:

1. Uitbreiden 3Di-instrumentarium met 1D-waterlijnen en interface (interactieve ontwerpafel). Deze activiteit wordt in het lopende ontwikkeltraject van 3Di uitgevoerd.
2. Opstellen 3Di-model van de boezem en een deel van het boezemland. Hierbij wordt gebruikt gemaakt van de volgende inputbestanden: AHN2, bodemkaart op basis van StiBoKa, GeoTop en Dino-boringen, landgebruikskaart (volgens de waterschadeschatter), watervlakken of meren (HHD), waterlijnen (HHD), kunstwerken (HHD), peilgebieden (HHD), afbakening studiegebied (HHD). Dit model is reeds gemaakt en afgebeeld in bovenstaande figuur.
3. Uitvoeren unit-tests om het functioneren van de fysische fenomenen te testen, zoals de stroming door de 1D-waterlijnen en de uitwisseling



van de 1D-waterlijnen met de ruimtelijke component van het 3Di-model. Het model is in zijn huidige vorm nog niet geschikt voor een volledige kalibratie en validatie op basis van gemeten neerslag en waterstanden. Medewerkers van Delfland worden actief bij de unit-tests betrokken om inzicht te krijgen in het functioneren van het model.

4. Gebruiksklaar maken van het 3Di-model voor toepassing op een interactieve ontwerptafel in een workshop met potentiële eindgebruikers worden een aantal scenario's voorbereid.
5. Interne werksessie met 2 medewerkers van Delfland om het functioneren van het model te testen en de workshop voor te bereiden. Hierin is de huidige situatie bekeken onder belasting van een extreme bui.
6. Externe werksessie met potentiële eindgebruikers. Aan Delfland wordt gevraagd circa 5 tot 10 potentiële eindgebruikers te vragen, zoals medewerkers van de afdeling operationeel beheer van Delfland en medewerkers van de gemeente Westland.

Aanwezigen tijdens de werksessie:

Naam	Email
Jochem Fritz	jfritz@hhdelfland.nl
Jaap Korf	jikorf@hhdelfland.nl
Dolf Daal	ddaal@hhdelfland.nl
Saskia Jouwersma	sjouwersma@hhdelfland.nl
Peter Beukema	pbeukema@hhdelfland.nl
Elgard van Leeuwen	elgard.vanleeuwen@deltares.nl
Wouter van Esse	wouter.vanesse@nelen-schuumans.nl
Anne Leskens	anne.leskens@nelen-schuumans.nl

Tijdens de werksessie van 19 juli 2013 is de volgende agenda doorlopen:

1. Inleiding workshop (Elgard van Leeuwen)
2. Boezemland algemeen: hoe werkt het in Delfland? (Jochem Fritz)
3. Modelleren van het boezemland: hoe deden we het eerst, hoe doen we het met 3Di? (Anne Leskens)
4. Hoe kunnen we de overdrachtsfunctie beïnvloeden? (Elgard van Leeuwen & Wouter van Esse)
 - a. Presentatie 0-scenario.
 - b. Interactief overdrachtsfunctie bepalen.
 - c. Terugkoppeling met overdrachtsfunctie uit model.
 - d. Beïnvloeden overdrachtsfunctie met 3 scenario's, opnieuw interactief.

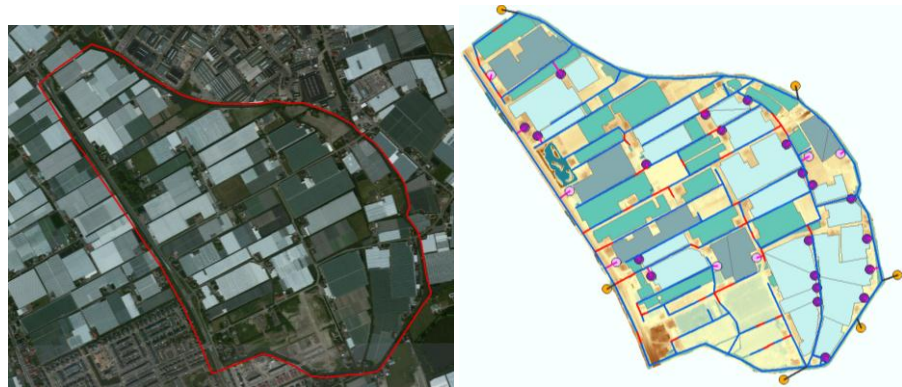


5. Evaluatie: hoe kunnen we 3Di gebruiken binnen operationeel beheer en ruimtelijke planvorming en welke functies moet het dan hebben?

De werksessie neemt een dagdeel in beslag. Terugkoppeling naar de deelnemers vindt plaats door een verslag en het opsturen van de gebruikte presentaties.

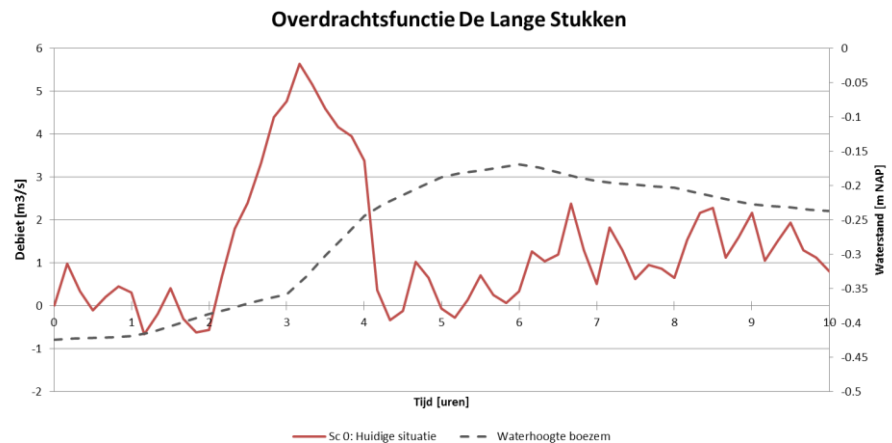
4.3.3 3Di-model en scenario's

Het 3Di-model van 'Lange Stukken' bestaat uit meerdere kaartlagen op een resolutie van 0.5x0.5m en 1D-watergangen. De kassen in het gebied zijn gemodelleerd met behulp van randvoorwaarden die de werking van de bassins schematiseren.



Figuur 4-8 Schematisatie de Lange Stukken

De overdrachtsfunctie is de overdracht van afvoer vanuit dit gebied naar het boezemsysteem. Dit debiet wordt bepaald aan de rand van het model, waar de boezemwatergangen in verbinding staan met de haarvaten van de Lange Stukken. De overdrachtsfunctie is bepaald met een fictieve bui met een herhalings-tijd van 100 jaar (Figuur 4-9).



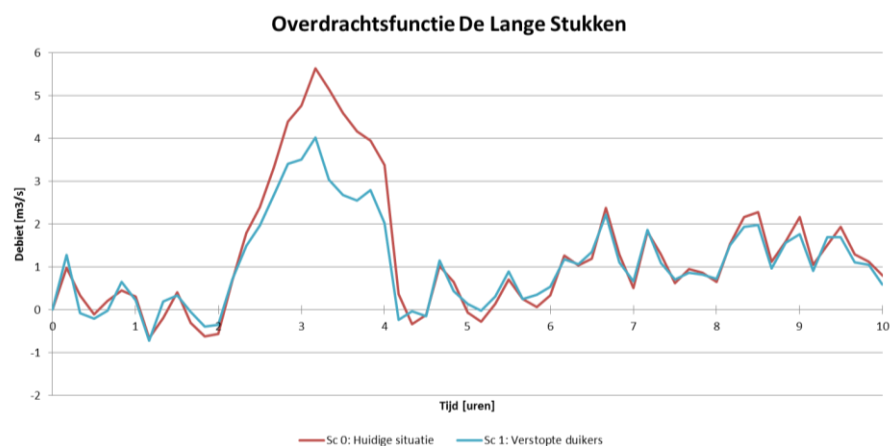
Figuur 4-9 Overdrachtsfunctie de Lange Stukken

Veranderingen in het watersysteem en het landgebruik in de Lange Stukken beïnvloed de overdrachtsfunctie. Door de overdrachtsfunctie telkens opnieuw te tekenen en de verschillen te verklaren, krijgen potentiële eindgebruikers meer inzicht in de afvoer van het boezemland op de boezem. De waterstand in het boezemsysteem wordt telkens als randvoorwaarde beschouwd.

Er zijn drie 'klimaatadaptatiestrategieën behandeld tijdens de werksessie:

1. Slecht onderhoud in de watergangen en verstopte duikers.
2. Grasland in plaats van kassengebied.
3. Twee brede watergangen in plaats van haarvaten.

Tijdens de werksessie zijn de overdrachtsfuncties door de aanwezigen getekend en de verschillen met de huidige situatie bediscussieerd. Figuur 4-10 laat een voorbeeld zien van de overdrachtsfunctie van het eerste scenario.



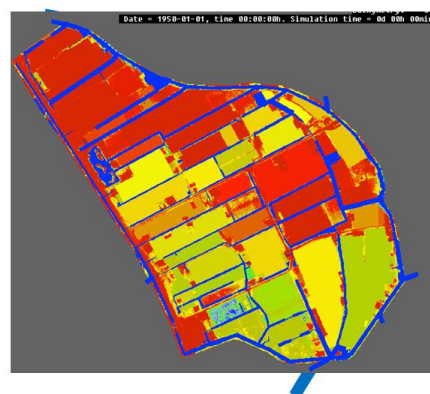
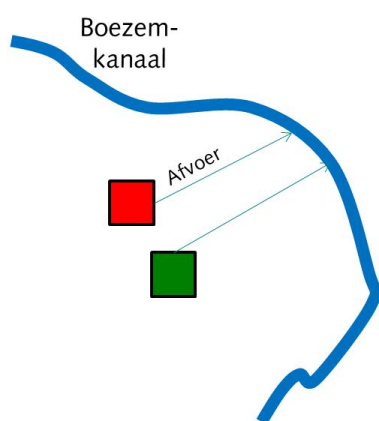
Figuur 4-10 Voorbeeld overdrachtsfuncties onder verschillende omstandigheden



Voordelen van het bepalen van de overdrachtsfunctie met behulp van 3Di zijn het grote detail van de overdracht. De timing van de afvoer uit alle kleine haarvaten in het gebied is terug te zien in de overdrachtsfunctie. Deze ruimtelijkheid keert ook terug in de verklaring van de verschillen tussen scenario's. Het 3Di-model geeft op deze manier meer inzicht in de effecten van maatregelen in het gebied.

Lumped

Distributed (3Di)



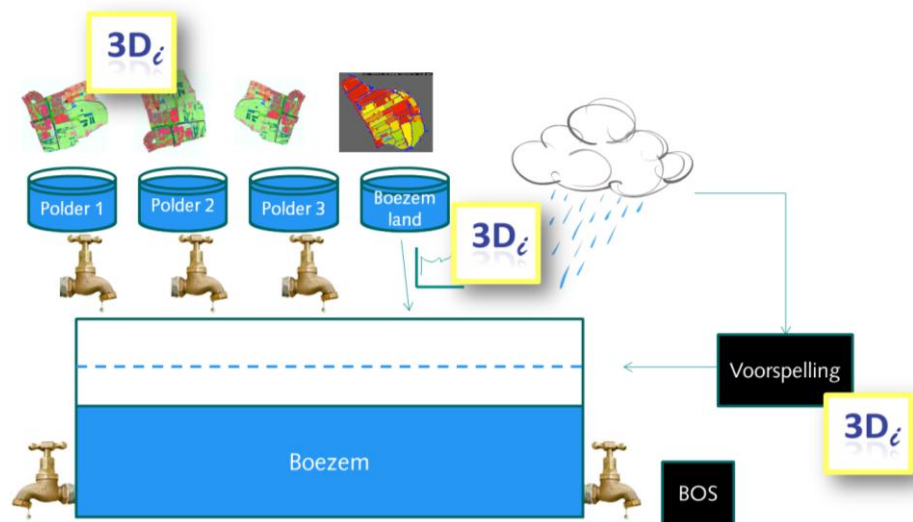
51

Figuur 4-11 Illustratie verschil tussen *Lumped* en *Distributed* model

Ook kunnen ruimtelijke aanpassingen snel in het model worden ingevoerd. Deze ruimtelijke aanpassingen kunnen vervolgens direct worden geëvalueerd op effectiviteit en eventueel doorontwikkeld worden.

4.3.4 3Di in het operationeel beheer

Uitkomst van de werksessie in het boezemland is bovendien de rol van 3Di in het operationeel waterbeheer. Figuur 4-12 geeft het operationeel beheer van het boezemsysteem voor Delfland schematisch weer. Hierin belasten de polders en het boezemland de boezem. De sturing van de boezemgemalen vindt plaats met behulp van voorspellingen van deze belastingen.



Figuur 4-12 De rol van 3Di in operationeel waterbeheer

Tijdens de werksessie is de rol van 3Di in het voorspellen van de afvoer vanuit het boezemland geïllustreerd. Doordat de overdrachtsfunctie nauwkeuriger wordt bepaald, verbetert de voorspelling van de belasting op de boezem. Het ruimtelijke karakter van de 3Di poldermodellen helpt de waterbeheerder bij het inschatten van eventuele wateroverlast in de polders. Hierdoor kan hij snel een afweging maken voor welke polders een maalstop (om de belasting op de boezem te verminderen) de minste overlast veroorzaakt. Tenslotte verbetert 3Di de voorspelling door de snelheid en het detail van de modellen.

4.4 Technische doorvertaling gebruikersinterface

Tijdens beide workshops zijn er diverse gebruikswensen voor de interface van het 3Di-model naar voren gekomen. Deze wensen staan weergegeven in onderstaande tabel. Per wens is aangegeven hoe deze technisch wordt doorvertaald. De verbeteringen in de interface worden teruggekoppeld naar gebruikers in komende workshops.



	Wens	Type interface	Technische doorvertaling naar interface
1	Oriëntatie door herkenbare kaartlagen, zoals straten en luchtfoto's	Bestuurder, Beleidsmedewerker en specialist	In de interface kunnen kaartlagen aan en uit gezet worden. Dit betreft luchtfoto's, landgebruikskaarten en watersysteemkaarten
2	Zijaanzicht kunnen maken	Bestuurder, Beleidsmedewerker en specialist	In de interface is er de mogelijkheid een lijn te trekken en over die lijn een zijaanzicht te krijgen met daarin de bodemhoogte, het oppervlaktewater en het grondwater
3	Herkomst van het water kleuren. Mogelijke categorieën: grondwater, overstortwater, water van kassen	Specialist	Gezien het specialistisch karakter van deze wens wordt onderzocht of deze als nabewerking in een GIS-omgeving kan worden gemaakt.
4	Stromingsrichting water (en grondwater)	Bestuurder, Beleidsmedewerker en specialist	Deze wordt inzichtelijk gemaakt in de interface door pijlen
5	Rem, stop, pauze	Bestuurder, Beleidsmedewerker en specialist	Door eenvoudige knopjes, vergelijkbaar met een CD-speler
6	Voorgeschiedenis van een neerslag gebeurtenis instellen	Specialist	Kan in de invoerfile van de neerslaggebeurtenissen worden verwerkt en krijgt daarom geen specifieke interface
7	Vergelijking maken tussen een referentiesituatie en een scenario	Bestuurder, Beleidsmedewerker en specialist	Wordt onderzocht of het haalbaar is twee schermen naast elkaar te zetten in de interface. Daarnaast worden er nabewerkingsfunctionaliteiten in een GIS-omgeving gemaakt, waarmee bijvoorbeeld verschilkaarten kunnen worden gemaakt.
8	In welk scenario zit ik (waar ben ik in mijn analyse)	Bestuurder, Beleidsmedewerker en specialist	Weergegeven door duidelijke naamgeving en menu. Verloop over de tijd wordt weergegeven door een tijdbalk
9	Maatregelen toevoegen met icoontjes	Bestuurder, Beleidsmedewerker en specialist	Voor bestuurders en beleidsmedewerkers icoontjes per type maatregelen (groenen daken, infiltratievoorziening, verhogen/verlagen maaiveld etc.) Voor expert: verhogen/verlagen, aanpassen interceptie, aanpassen infiltratiecapaciteit, aanpassen watersysteem
10	Dynamische kaartlagen gekoppeld aan maatregelen. Bijvoorbeeld, bij groene daken alleen de huizen zichtbaar	Bestuurder, Beleidsmedewerker en specialist	Wordt vormgegeven in beschikbare kaartlagen.
11	Gevolgen van maatregelen: tellertjes (kosten, inundatie, schade)	Bestuurder, Beleidsmedewerker	Schademodule wordt gekoppeld. Er wordt onderzocht of andere tellers ook worden ontwikkeld.
12	Alarmbelletjes als er een bepaalde peilstijging plaatsvindt.	Bestuurder, Beleidsmedewerker en specialist	Doormiddel van kleurenencoding

Opmerkingen over de verwachten impact van het 3Di-model voor projecten en organisaties:

- Men verwacht dat de beheersystemen van gemeenten en waterschap (riolering en oppervlaktewater) meer integraal bekeken zullen worden.
- Interne afdelingen bij het waterschap kunnen beter samenwerken, zoals keringen, rioolzuivering en watersystemen.
- Model kan worden ingezet om ruimtelijke ontwikkelingen direct te toetsen.
- Scheiding tussen modelleur en ruimtelijke planvormer kan ook groter worden. Belangrijke eis aan gebruiksvriendelijkheid. Daarnaast moet dit goed georganiseerd worden. Het kost namelijk tijd en moeite om te elkaars perspectief te begrijpen.
- Als de norm weg is, wat is dan mijn mening over wat overlast is? Model helpt de impact van 'echte' wateroverlast in te schatten.



5 Valorisatie en maatschappelijk inbedding

5.1 Toepassing

Door toepassing van de bevindingen binnen waterbeheer, kunnen technische verbeteringen en gunstiger kosten-baten ratio's voor maatregelen worden bereikt. Hiervoor kan het 3Di-instrument worden ingezet in verschillende onderdelen van het waterbeheer, zoals in de calamiteitenorganisatie, in gebiedsprocessen, ruimtelijke ordening en beleidsanalyses.

Het gebruik van het instrument kan de calamiteitenorganisatie verbeteren. Doordat de informatievoorziening met het 3Di-instrument beter is, kunnen betere besluiten worden genomen. Het model zorgt namelijk voor zeer gedetailleerde informatie die veel sneller beschikbaar is. Hierdoor is het ook mogelijk meer maatwerk te leveren en interactief naar maatregelen te berekenen. Door modelresultaten realistisch te visualiseren wordt het begrip van de situatie bij niet-specialisten sterk vergroot.

Het model kan gebiedsproblemen verbeteren, doordat het besluitvormingsproces wordt versneld. In gebiedsproblemen is vaak een complexe samenhang tussen processen, zoals ruimtelijke ordening, oppervlaktewater en riolering. 3Di is een integraal model, waardoor informatie samenkomt. Doordat je snel en interactief kan rekenen, kan er 'aan de overlegtafel' gemodelleerd worden. Dit biedt mogelijkheden om actoren te betrekken om samen het probleem te verkennen en oplossingen te zoeken. De hogere nauwkeurigheid beperkt overdimensionering van het probleem en eventuele maatregelen.

Met 3Di kan in de toekomst realistischer en doeltreffender beleid worden vastgesteld en uitgevoerd. Eerder is een casestudy uitgevoerd waarin veel nauwkeuriger schade en slachtoffers in een overstromingsscenario zijn berekend. Hieruit blijkt dat normering van boezemkades in huidig beleid erg streng is (Duijkers, Pleumeekers en Hollander, 2012). Met nauwkeuriger berekeningen is het mogelijk kades scherper te normeren en maatwerk te leveren, waarmee onnodige maatregelen kunnen worden voorkomen. Ook in ruimtelijk ordening kan 3Di een bijdrage leveren in effectiviteit van beleid. Ruimtelijke ordening stelt eisen aan waterbeheer en vice versa. Door op hoger detail te rekenen, kan de ruimtelijke claim nauwkeuriger worden vastgesteld. Met het integraal en interactief rekenen is 3Di ook een communicatiemiddel voor het vergroten van wederzijds begrip.



5.2 Besluitvormingsproces

In een besluitvormingsproces wordt vaak onderscheid gemaakt in drie fases: verkenning, analyse en keuzevorming. Het 3Di-instrument kan in elk van deze fases worden toegepast, waarbij de standaard werkwijze van besluitvorming met 3Di veranderd. Dit is toegepast in werksessies, zie onder andere “Embedding Water Thinking early in Urban Planning using an Interactive Water Model” (Leskens, 2013).

In de verkenningsfase wordt de aard van de problematiek verkend, worden de aanwezige gegevens geïnventariseerd en worden de eisen en wensen vastgesteld. De 3D-visualisatie ondersteunt deze processtap door alle gegevens helder en overzichtelijk te presenteren. Door de aanwezige gegevens integraal te presenteren kunnen er nieuwe inzichten in de problematiek ontstaan. Daarnaast kunnen de betrokkenen zonder directe gebieds- en waterkennis de omvang en ernst van het probleem op een intuïtieve manier inschatten, om dit vervolgens te koppelen aan hun specifieke expertise (ruimte, veiligheid etc.). Verder kan de 3D-situatieschets op veel momenten het centrum van discussies vormen en worden gebruikt als “praatplaatje.”

In de analysefase worden, om tot de aard van een probleem te komen en het effect van oplossingsrichtingen in te schatten, steeds vaker modelsimulaties toegepast. Uiteraard zijn deze modelstudies pas waardevol als het model gevoed is met juiste informatie en de uitkomsten worden geïnterpreteerd door mensen met voldoende kennis van hydrologie en modelleren. Als dit correct gebeurt kunnen er waardevolle resultaten en inzichten worden behaald waaruit concrete maatregelen volgen. Met 3Di wordt de rekensnelheid van modellen honderd maal groter en worden verschillende processen die bij wateroverlast en overstromingen een rol spelen integraal en in hoog detail berekend (100 maal nauwkeuriger, zie Stelling (2012)). Hierdoor kunnen probleemanalyses sneller en met een grotere nauwkeurigheid worden uitgevoerd waardoor het inzicht wordt vergroot. Op basis van de eerste resultaten is inmiddels een overstroming van de binnenstad van Delft gesimuleerd waarbij voor het eerst onderscheid gemaakt kon worden op het niveau van huizen.

Wanneer de aard van een probleem is geanalyseerd en het effect van mogelijke oplossingsrichtingen bekend is, kunnen er keuzes voor maatregelen worden gemaakt. Het informatieportaal faciliteert het maken van de juiste keuze door meldingen, metingen en modelresultaten overzichtelijk te ontsluiten in 3D. Om bestuurders zoveel mogelijk te ondersteunen in het maken van gefundeerde keuzes binnen het besluitvormingsproces, wordt ook het advies van de inhoudelijk experts ontsloten in het systeem. Hierdoor is een bestuurder bewust van de betrouwbaarheid van de gegevens en de achtergrond van de verschillende oplossingsrichtingen waartussen gekozen dient te worden. Doordat bestuurders op deze wijze zekerheid en onderbouwing hebben ‘durven’ ze makkelijker keuzes te maken. Door de integrale wijze van het ontsluiten van gegevens en kennis in een informatieportaal wordt de communicatie tussen de actoren



(specialisten, beleidsmakers en bestuurders) bevordert en de bedrijfsvoering versoepelt.

5.3 Werkwijze

- ✓ 6. Een werkwijze om met behulp van het 3Di-instrumentarium kosteneffectief om te gaan met klimaatadaptatie.

Benodigde data

56

Voor het succesvol toepassen van het 3Di-instrumentarium is de juiste basisdata nodig. De benodigde data kan variëren afhankelijk van de modelopzet. Drie kaarten zijn altijd op hoge resolutie ($\pm 1 \times 1 \text{m}$) nodig voor een basis 3Di-model:

- Hoogtekaart. Voor de Nederland is de kwalitatief hoogwaardige AHN2 beschikbaar (zie www.ahn.nl).
- Landgebruik. Voor Nederland is de kwalitatief hoogwaardige landgebruikkaart van de WaterSchadeSchatter beschikbaar (zie www.waterschadeschatter.nl).
- Bodemkaart. Voor Nederland is op basis van de Stiboka, DINO boringen en de landsgebruikkaart een kwalitatief hoogwaardige bodemkaart ontwikkeld.

Daarnaast kan informatie nodig zijn voor specifieke vraagstukken. Dit kan informatie zijn over: dijkringen, waterlopen, kunstwerken, doorsnijdingen/duikers of riolering.

Model gebruikers

Bij conventionele modellen is de expert de modelgebruiker, bij 3Di kan iedereen de modelgebruiker zijn: hydrologen, ambtenaren, specialisten, bestuurders en politici. Deze brede groep gebruikers blijkt ook enthousiast en het instrumentarium wordt door hen goed ontvangen. Ook de dijkgraaf snapt nu het model. Daarnaast kunnen meerdere gebruikers tegelijk met een model werken. Voorbeelden hiervan zijn het iteratief rekenen met de touch table, zoals in enkele workshops is gedaan, en het meekijken naar hetzelfde beeld via de web-interface.



Besluitvormingsproces

Het 3Di-instrumentarium zorgt ervoor dat informatie centraler komt te staan in het besluitvormingsproces. Cruciaal in elke fase van het besluitvormingsproces is de informatievoorziening, zoals gebiedsinformatie, modelresultaten en meldingen. Belangrijk is dat deze informatie actueel, makkelijk te interpreteren en beschikbaar is.

Door de nieuwe manier van werken kijkt de hele verticale lijn in een organisatie naar een 'common picture'. Dit verbetert de besluitvorming, doordat informatielijnen korter worden. Het wordt voor iedereen mogelijk mee te praten en samen te rekenen aan problemen en oplossingen.

5.4 Maatschappelijk belangstelling

Dat het 3Di-instrumentarium aanslaat is te merken doordat er nationaal en internationaal veel belangstelling is. Dit geeft aan dat er duidelijk behoefte is aan een nieuwe manier van modelleren, om op een slimmere manier waterstudies uit te voeren.

Ook vanuit de wetenschap en het vakgebied is er veel belangstelling. Herkenning in de wetenschappelijke wereld blijkt uit de publicaties en presentaties (zie hoofdstuk 6). Op allerlei bijeenkomsten wordt aandacht gegeven aan 3Di en meerdere publicaties zijn al geaccepteerd. Ook binnen het vakgebied wordt de toegevoegde waarde van 3Di herkend, wat blijkt uit in vakbladen uitgebrachte artikelen.

De nieuwe manier om samen als modelgebruiker aan een probleem te werken slaat aan bij eindgebruikers. De grootte van het probleem en het effect van maatregelen wordt nu voor een veel bredere groep zichtbaar. Doordat deze groep meer grip krijgt op de situatie, zijn ze geïnteresseerder en meer betrokken.

Het 3Di-instrumentarium maakt simpele bediening van complexe materie mogelijk. Vraagstukken binnen wateroverlast en waterveiligheid zijn ruimtelijk en temporaal complex, waardoor handberekeningen meestal ontoereikend zijn. Daarnaast zijn de problemen integraal, waardoor meerdere disciplines nodig zijn binnen het proces. Waar eerdere modellen vaak weinig verhelderend waren voor niet-specialisten, zorgt 3Di voor begrip van het watersysteem.

Door één instrumentarium te gebruiken binnen de organisatie, worden communicatielijnen tussen uitvoerders en bestuurders korter. Hierdoor kan bijvoorbeeld ook de dijkgraaf de problematiek écht zien. Daarbij blijft er een rol voor de modelleur om het systeem in te richten.



Het enthousiasme rondom het 3Di project zorgt voor veel positieve belangstelling. Dit is goed voor promotionele doeleinden, waardoor er goede kansen zijn voor een businessplan in binnen en buitenland.



6 Exposure

Het onderzoek willen we uitdragen naar de wereld om ons heen. Dit doen we door presentaties, filmpjes, gesprekken, congressen en publicaties in kranten, vakbladen en wetenschappelijke tijdschriften. Ook heeft Kennis voor Klimaat aangegeven een symposium te willen organiseren.

6.1 Publicaties

59

Verschillende wetenschappelijke papers zijn gepubliceerd, onder andere over de technische werking van rekenen met quadtree cellen en het effect van technische hulpmiddelen binnen besluitvorming. Vier publicaties worden hieronder toegelicht.

Een paper is gepubliceerd over de wiskundige basis voor het te ontwikkelen rioleringsmodel (Stelling en Casulli, 2013). Voor het rioleringsmodel is een volledig nieuw rekenschema ontwikkeld. Dit rekenschema sluit aan op de bestaande 3Di-rekenkern. Integratie van het nieuwe rioleringsmodel in de bestaande rekenkern is erg belangrijk voor de toepassing van het 3Di-instrumentarium in stedelijk gebied.

Een wetenschappelijk artikel is geschreven over de toevoegde waarde van de touch table (Leksens, 2012). Voor deze publicatie zijn twee workshops met stakeholders gehouden. Tijdens de workshops zijn verschillende klimaatadaptatiestrategieën verkend met behulp van de 3Di touch table.

In een master thesis is onderzoek gedaan naar eisen voor overstromingsmodellen binnen de operationele fase van calamiteitenmanagement (Hoff, 2013). Bij waterveiligheid heeft zowel waterbeheer als ruimtelijke ordening een grote rol. Daarbij is de druk voor de juiste informatie op het juiste moment erg groot. Het onderzoek omschrijft functionele eisen voor gebruik van overstromingsmodellen binnen deze context.

Een recent wetenschappelijk artikel beschrijft waarom huidige modellen vaak niet worden gebruikt in de organisatorisch en politieke complexiteit van besluitvormingsprocessen. Dit wordt geïllustreerd met drie casestudy's in water management. Om modellen beter in te bedden in besluitvormingsprocessen wordt aanbevolen om modellen, snel, visueel en interactief te maken. Het artikel wordt ingezonden bij het internationaal wetenschappelijk journal (peer reviewed): Water resources management.

Naast de wetenschappelijke publicaties zijn er publicaties gedaan in verschillende vakbladen. Een overzicht van de papers en publicaties is weergegeven in de onderstaande tabel.



Tabel 1: Publicaties gerelateerd aan 3Di.

Naam	Auteur	Type
Quadtree flood simulations with sub-grid digital elevation models	G.S. Stelling	Water Management; V165/WM10
Interactive modelling during work sessions: a test with the new 3Di-model	J.G. Leskens	Water Science and Technologie (in peer review)
Real reasons why actual flood models are not being used during flood calamities	J.G. Leskens	Ingediend voor Floodrisk2012
Applying a network approach to identify reasons for the limited use of flood models	J.G. Leskens & Brugnach M.	19th Annual Conference on Multi-Organisational Partnerships, Alliances and Networks
A semi-implicit numerical model for urban drainage systems	G.S. Stelling & V. Casulli	International Journal for Numerical Methods in Fluids
Are flood models used? A method for assessing the use of flood models in the operational phase of flood calamity management	M.A. Hoff	Master thesis, Water Engineering and Management Universiteit Twente
Onderzoek naar grondwaterprocessen in het 3Di-model	B. Fakkert	Bachelor thesis, Civiele Techniek Universiteit Twente (In press)
3Di-Waterbeheer Nieuwsbrief nummer 2		
10 questions to professor Guus Stelling about 3Di water management	E. van Leeuwen en W. Schuurmans	Hydrolink; no3/2012
Meer bytes, minder beton	E. van Leeuwen en W. Schuurmans	Het Waterschap; no5/2012
Huidige overstromingsmodellen voldoen niet meer	J.G. Leskens, E. van Leeuwen en J. Strijker	H2O; no13/2012
Watergedrag tot in detail voorspelbaar	J. Ekkelboom	Het Waterschap; no4/2013
Effectievere normering van boezemkades	M. Duijkers, O. Pleumeekers en P. Hollanders	H2O; no3/2012
Informatiestrategie stedelijk waterbeheer	J.G. Leskens	Riolering; maart/2011
Embedding water thinking early in urban planning using an interactive water model, a case study	J.G. Leskens	Ingediend voor conferentie Singapore 2014
A multi-layer flood safety approach towards resilient cities	J.G. Leskens, M. Boomgaard, C. van Zijl en P. Hollanders	Ingediend voor International Conference on Flood Resilience 2013



Watermanagement is informatiemanagement	J.G. Leskens, P. Hollanders en M. Boomgaard	H2O; no9/2011
Analysis and evaluation of the unsaturated zone processes in modelling flash floods in rural areas	L. Nasika	Master thesis, Civil Engineering TU Delft
Overstromingsmodellen met een hoge resolutie	O. Pleumeekers en J.M. Verbree	H2O; no21/2010
3Di water management: more insight, lower costs	G. Schoonewille	Views; no5
The 3Di professor	E. van Leeuwen	Waterproof; nov/2011
Zo past het water wel	E. van Leeuwen	Water wonen & ruimte; no5/2013
Scalable visualization of massive point clouds	G. de Haan	Nederlandse Commissie voor Geodesie KNAW; vol49/2009
Interactive Simulation and Visualisation of Realistic Flooding Scenarios	C. Kehl en G. de Haan	Intelligent Systems for Crisis Management, 2012
Visualization on a Budget for Massive LiDAR Point Clouds	B. Wouda	Master thesis, Informatica TU Delft
Ontwikkelen van software architectuur opcloud computer voor 3Di-Waterbeheer	H. Meijer	Bachelor thesis, Informatica TU Delft
Real-time Visualization of Massive Aerial LiDAR Point Clouds	G. de Haan en H. Ledoux	unpublished
Smooth, Interactive Rendering Techniques on Large-Scale, Geospatial Data in Flood Visualisations	C. Kehl, T. Tutenel en E. Eissemann	unpublished

6.2 Presentaties

De resultaten en bevindingen uit het 3Di onderzoeksproject zijn naast de bovengenoemde publicaties, ook regelmatig gepresenteerd. Zowel op nationale en internationale wetenschappelijke conferenties, als tijdens workshops, gebiedsavonden en demonstraties bij waterschap en provincie. Een overzicht van deze presentaties staat in de onderstaande tabel weergegeven.



Tabel 2: Presentaties
gegeven in het kader
van 3Di.

Datum	Event	Locatie
26 mei 2010	Presentatie WCIT Conference	Amsterdam (NL)
1 jun 2010	SuperComputing Conference	Hamburg (DE)
4 nov 2012	International Water Conference	Amsterdam (NL)
20 nov 2012	Floodrisk2012	Rotterdam (NL)
11 jun 2012	Symposium Next Generation Hydro Software	Delft (NL)
14 jun 2012	De nationale FEWS gebruikersdag	Utrecht (NL)
17 jun 2012	International Supercomputing Conference	Hamburg (DE)
21 jun 2012	Presentatie bij Veiligheidsregio Haaglanden	Den Haag (NL)
25 jun 2012	Presentatie bij TedX Binnenhof	Rotterdam (NL)
2 jul 2012	Singapore, International Water Week	Singapore (SG)
31 okt 2012	Presentatie bij waterschap Scheldestromen	Middelburg (NL)
17 jan 2013	Meerlaagse Veiligheid workshop West Friesland	Hoorn (NL)
24 jan 2013	Presentatie op KvK conferentie Klimaatbestendige Stad	Amersfoort (NL)
30 jan 2012	Presentatie door Michiel van Haersma Buma op bijeenkomst Watersnood in 3Di	Delft (NL)
1 feb 2013	Opening 3D visualisatie watersnoodramp 1953 in watersnoodmuseum	Ouwerkerk (NL)
7 feb 2013	Presentatie voor RIONED Innovatieprijs	Utrecht (NL)
7 maa 2013	Presentatie voor Raad van Toezicht van Kennis voor Klimaat	Delft (NL)
14 maa 2013	Amsterdam Rainproof	Amsterdam (NL)
18 maa 2013	Presentatie 3Di tijdens bezoek Vietnam voor Mekong Delta Portaal	Ho Chi Minh (VN)



19 maa 2013	Presentatie in Watermanagementcentrum Leystad voor Rijkswaterstaat en Ministerie IenM	Lelystad (NL)
28 maa 2013	Presentatie 'Gebruik van IT en modellen in besluitvorming' op seminar 'IT in de watersector: kansen en hindernissen'	Utrecht (NL)
7 apr 2013	EGU General Assembly	Wenen (AT)
23 april 2013	Demonstratie 3Di tijdens conferentie Deltaprogramma 2013 op Universiteit Wageningen	Wageningen (NL)
24 april 2013	Demonstratie interactief rekenen en 3D visualisatie tijdens Kennisproeverij Deltares te Amersfoort	Amersfoort (NL)
12 mei 2013	Presentatie op Geospatial World Forum 2013	Rotterdam (NL)
23 mei 2013	Presentatie en demonstratie bij 'Een bijzondere waterbeheersing in Almere'	Almere (NL)
13 jun 2013	Demonstratie op bijeenkomst Expertise Netwerk Waterveiligheid	Wijk bij Duurstede (NL)
14 jun 2013	Presentatie voor delegatie van Vietnam National University	Utrecht (NL)
19 jun 2013	Presentatie en demonstraties op Lizarddag	Utrecht (NL)
24 jun 2013	Presentatie voor Dam and Dike department Ho Chi Minhstad	Ho Chi Minh (VN)
25 jun 2013	Workshop casestudy calamiteitenorganisatie Noorderzijlvest	Groningen (NL)
27 jun 2013	Presentatie voor gedeputeerde en burgemeesters Noord-Holland	Haarlem (NL)
27 jun 2013	Presentatie voor stuurgroep Droge Voeten waterschap Noorderzijlvest	Groningen (NL)



7 Conclusies en aanbevelingen

7.1 Milestones

De zes milestones die in het projectvoorstel zijn gedefinieerd zijn gedurende het project behaald. Hieronder worden de milestones kort toegelicht.

1. Een 3D visualisatie van wolken op basis van regenradarbeelden in de 3D omgeving met realistisch water.
 - De Nationale Regenradar is ontwikkeld op basis van zes radarstations en grondstations die real-time de best mogelijke neerslagbeelden genereert. Er is een koppeling gemaakt tussen de Nationale Regenradar en de 3D visualisatie, waardoor de radarbeelden ingelezen en gevisualiseerd kunnen worden in de 3D omgeving. Op deze manier wordt de neerslaginformatie gecombineerd met resultaten van scenario's.
2. Een web-interface voor het simuleren van neerslag en overstromingen door middel van high performance cloud computing.
 - Er is een module ontwikkeld die de 3Di-rekenkern extern kan aansturen. Dit maakt het mogelijk om vanaf een externe server de rekenkern aan te spreken. Door middel van een externe server, "the cloud", kan via de web-interface berekeningen worden uitgevoerd. Resultaten per tijdstap worden direct weer terug gestuurd en ontsloten in de web-interface. Op deze manier kan bijvoorbeeld via een iPad gebruik worden gemaakt van high performance cloud computing. De enige ICT vereiste voor de gebruiker hiervoor is een internetverbinding.
3. Het ontwikkelen van een 3Di-instrumentarium voor interactief gebruik.
 - Er is een instrumentarium ontwikkeld waarmee via verschillende interfaces interactief de 3Di-rekenkern aangestuurd kan worden en real-time rekenresultaten terug gestuurd en gevisualiseerd worden in de interface. Door gebruik te maken van slimme WMS en socket IO gaat deze communicatie tussen rekenkern en interfaces dusdanig snel, dat het instrumentarium toegepast kan worden voor interactief gebruik.



4. Add-ons voor de 3Di-rekenkern voor integrale neerslag-afvoer-, grondwater- en oppervlaktemodellering.
 - De basis van de 3Di-rekenkern is een 2D oppervlakte water model. De basis principes van het 3Di-rekenmodel (subgrid en quadtree methode) zijn hierbinnen ontwikkeld. Daarnaast zijn er verschillende add-ons ontwikkeld die het mogelijk maken om naast 2D overstromingsberekeningen, ook de 3Di-rekenkern te gebruiken voor neerslag-afvoer modellering in stedelijk en regionaal gebied. De add-ons die hiervoor zijn ontwikkeld zijn: 1D waterlopen model, grondwater model en onverzadigdezone model. Deze componenten kunnen, afhankelijk van de toepassing, aan of uit worden gezet.
5. Casestudy's voor het aantonen van de voordelen en praktische toepassing van het 3Di-instrumentarium in het waterbeheer.
 - Binnen dit project zijn twee casestudy's uitgevoerd. Het doel van de casestudy's was om de praktische toepassing van het 3Di-model in het waterbeheer te toetsen. Er zijn verschillende werksessies met de stakeholders gehouden en afsluitend zijn er twee workshops georganiseerd. De voordelen en praktische toepassingsmogelijkheden zijn herkend, met name vanuit ruimtelijke planvorming. 3Di maakt de weg vrij voor integratie van waterbeheer binnen het gebied van ruimtelijke ordening.
6. Een werkwijze om met behulp van het 3Di-instrumentarium kosteneffectief om te gaan met klimaatadaptatie.
 - In het innovatieproject 3Di-Waterbeheer wordt naast een 3Di-instrumentarium ook een nieuwe werkwijze ontwikkeld voor waterbeheerders. De mogelijkheden die het 3Di-instrumentarium biedt, leiden ertoe om op een andere manier het waterbeheer uit te voeren. De nieuwe werkwijze wordt in alle casestudy's toegepast, waarbij het 3Di-instrumentarium beslissing ondersteunend is. Centraal in de nieuwe werkwijze staat het uitvoeren van zogenaamde "what if"- scenario's. Hiermee kan het effect van maatregelen razendsnel worden doorgerekend en kan onderbouwd een meest effectieve maatregel worden bepaald. Deze nieuwe manier van werken is uitermate geschikt voor waterbeheerders voor omgaan met klimaatadaptatie.



7.2 Onderzoeksvragen

In het projectvoorstel zijn onderstaande onderzoeksvragen gedefinieerd. Op basis van de milestones die in dit onderzoek zijn behaald, kunnen de onderzoeksvragen beantwoord worden.

1. Welke functionele eisen hebben bestuurders en besluitvormers voor het 3Di-instrumentarium in de context van watermanagement en ruimtelijke ordening?
 - Het instrumentarium moet snel, visueel en toegankelijk zijn, maar gelijker tijd ook betrouwbaar en actueel. Dit betekent dat het gebruik van het instrument simpel is en de resultaten gemakkelijk te interpreteren en te combineren zijn.
 - De zogenaamde “common picture” is bij de watermanagers van belang, wat betekent dat het instrumentarium ervoor moet zorgen dat alle informatie (metingen, scenarioresultaten, gebiedsinformatie, enz.) voor alle partijen gelijk is.
2. Wat zijn de technische uitdagingen in het combineren van de 3Di-rekenkern (inclusief add-ons) en de interfaces?
 - Een technische uitdaging is die van de performance van het instrumentarium. Hoe ontsluiten we terabytes aan modeldata via de interfaces over het web. Het detailniveau van de berekeningen is zeer hoog en de berekeningen worden daarbij razend snel uitgevoerd. Uitdaging ligt in het versturen van deze informatie over internet en het snel visualiseren ervan. De visualisatie mag daarbij niet meer tijd kosten dan het berekenen van één rekentijdstep.
 - Daarnaast ligt er een technische uitdaging om, aan de ene kant, de interfaces eenduidig en simpel bedienbaar te maken (zie functionele eisen hierboven) en aan de andere kant de rekenkern, inclusief alle add-ons, via deze interfaces toegankelijk te maken. Met andere woorden: Hoe bouw je een interface die simpel genoeg is om de complexe materie aan te sturen?



3. Hoe maken we het aannemelijk dat de 3Di-rekenkern in combinatie met de interface tot slimmere oplossingen in het watermanagement leidt?

- Doordat berekeningen op veel hoger detailniveau plaatsvinden (factor 1000, zie Stelling (2002), wordt meer informatie meegenomen in het model. Uiteraard moeten er nog steeds aannames gedaan worden, maar veel minder dan conventionele modellen. Door het hoge detailniveau kan makkelijker maatwerk geleverd worden.
- Doordat alle componenten uit het waterbeheer in het model aanwezig zijn, kunnen watersysteemanalyses veel beter uitgevoerd worden. Het integrale model beschrijft beter de werkelijkheid.
- De performance van het rekenmodel is zo hoog, dat het mogelijk is om interactief te rekenen, waardoor tussentijds modelaanpassingen gedaan kunnen worden. Dit betekent een hele nieuwe manier van modelleren. Het is mogelijk om op een eenvoudige manier zogenaamde “what if” – scenario’s uit te voeren. Besluitvorming wordt hierdoor sneller en keuzes kunnen beter onderbouwd worden.
- Bovenstaande alleen leidt niet direct tot betere oplossingen in het watermanagement. Het instrumentarium moet door de watermanagers eenvoudig te gebruiken zijn en de resultaten gemakkelijk te interpreteren. De verschillende interfaces maken dit mogelijk. Met de touch table wordt het besluitvormingsproces direct ondersteund, doordat zelfstandig het effect van maatregelen berekend kan worden. De interactieve web-interface maakt het mogelijk om zelfstandig en snel analyses uit te voeren. Het model komt op die manier weer dicht bij de besluitvorming te staan. De 3D visualisatie is daarnaast een krachtig middel dat bijdraagt in overtuigingskracht van maatregelen en effecten op de omgeving.
- Uit de evaluaties van de casestudy’s komt bijna altijd naar voren dat zij het 3Di-instrumentarium gaan toepassen in de organisatie van de waterbeheerders. De vraag is alleen nog wanneer dat gaat gebeuren.
- De hoogheemraadschappen van Delfland en Hollands Noorderkwartier zijn al een implementatietraject begonnen om het 3Di-instrumentarium in de organisatie te implementeren.



7.3 Conclusies

Er kan geconcludeerd worden dat het project succesvol is geweest. De vooraf gedefinieerde milestones zijn behaald en verwachte wetenschappelijke en maatschappelijk resultaten van het 3Di-instrumentarium zijn gehaald. Door integratie van hydrologische processen en de ruimtelijke ordening biedt het 3Di-instrumentarium kansen om slimmere oplossingen te vinden, in tegenstelling tot conventionele modellen.

Met name vanuit afdelingen die zich bezighouden met ruimtelijke planvorming is er veel behoefte aan een instrument waarbij ontwikkelingen in de ruimtelijke ordening getoetst kunnen worden op hun effect op het watersysteem. Ook de kansen die dit biedt om watersystemen te verbeteren zijn hierin belangrijk. De ruimte staat hierin dus centraal, in plaats van het watersysteem. Met name voor deze groep biedt 3Di geheel nieuwe kansen.

De integratie van waterbeheer en ruimtelijke ordening biedt mogelijkheden voor meer kosteneffectieve maatregelen. Momenteel staan ingrepen in de ruimtelijke ordening en waterbeheer vaak los van elkaar. Door betere afstemming kunnen kosten bespaard worden, waarbij het 3Di-instrumentarium kan helpen.

De 3D visualisatie blijkt met name niet-specialisten sterk aan te spreken. Door een grootschalige overstroming in 3D te visualiseren, wordt het onvoorstelbare zichtbaar. Zodra de hevigheid van de situatie met eigen ogen wordt gezien, blijkt dit het bewustzijn van de dreiging te vergroten.

De onderzoeksvraag:

Hoe kan de 3Di-rekenkern gebruikt worden door eindgebruikers, zodat het leidt tot slimmere oplossingen voor waterproblematiek in stedelijk en landelijk gebied?

- 3Di biedt ondersteuning in elk onderdeel van de Data Informatie Kennis Besluit-lijn, door de gehele verticale lijn van de organisatiestructuur.
- Een nieuwe werkwijze wordt ontwikkeld, welke al is toegepast in alle casestudy's. Belangrijk hierbinnen is het snel en interactief doorrekenen van variërende scenario's en maatregelen.
- Voor daadwerkelijk gebruik is implementatie en inbedding in de organisatiecultuur belangrijk.



- Het instrumentarium biedt een nieuwe manier om klimaatadaptatiestrategieën integraal, interactief en samen met stakeholders te beschouwen.

7.4 Aanbevelingen

Het project en de bijbehorende conclusie hebben geleidt tot een aantal aanbevelingen:

69

- De afgelopen jaren heeft ons geleerd dat het toetsten van de ontwikkelde producten en valorisatie van het instrumentarium zeer belangrijk is. Enerzijds voor het ontwikkelen van draagvlak bij de eindgebruikers en anderzijds voor het gebruik van hun specifieke kennis (over gebied, beleid, organisatie, politiek, enz.). We streven ernaar om naast de ontwikkeling van het 3Di-instrumentarium ook een nieuwe werkwijze te creëren. Om hiervoor draagvlak te krijgen, moeten gebruikers en stakeholders in het gehele proces en ontwikkeling betrokken worden. Een belangrijke aanbeveling is dan ook om meer casestudy's uit te voeren in verschillende toepassingsrichtingen, zodat de diversiteit en het draagvlak van potentiële eindgebruikers vergroot wordt.
- Het succes van de 3Di-rekenkern ligt voor een belangrijk deel in de integraliteit. Alle onderdelen uit het waterbeheer zijn opgenomen. Binnen dit project is de eerste koppeling gelegd met de rioleringscomponent. Deze eerste inventarisatie is zo succesvol gebleken, dat we aanbevelen om het gehele rioleringsmodel te integreren in de 3Di-rekenkern. Op deze manier kan het integrale proces van stedelijk waterbeheer nauwkeurig gemodelleerd worden; iets wat uniek is in de wereld.
- Uit de casestudy's is gebleken dat er meerdere typen eindgebruikers zijn: bestuurders, beleidsmedewerkers en specialisten. De interface dient dusdanig gescheiden te zijn van de rekenkern en dusdanig flexibel te zijn, dat deze geconfigureerd kan worden naar de wensen van deze drie gebruikerstypen.



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 80115

3508 TC Utrecht

T +31 88 335 7881

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

