



Brede Methodiek

Wateroverlast

Naar een Heldere Klimaatambitie

Deltares

Enabling Delta Life



Brede Methodiek Wateroverlast Naar een Heldere Klimaatambitie

Inhoud

Voorwoord	5
Samenvatting	7
1 Inleiding	10
1.1 Op orde of niet?	10
1.2 Wat is er nieuw aan de brede methodiek?	10
1.3 Geen norm, maar een weg naar een gezamenlijk uitvoeringstraject	11
1.4 Informatiebehoefte	11
1.5 Aanleiding en aanpak	11
1.6 Opzet rapport	12
2 Brede methodiek in vier stappen	14
2.1 Stappen	14
2.2 Stap 1: Gebiedsdekkend beeld wateroverlastlocaties	14
2.3 Stap 2: Knelpunten in beeld	18
2.4 Stap 3: Groepering en ordening knelpunten	18
2.5 Stap 4: Formuleren (klimaat)ambitie	22
3 Praktische invulling methodiek	26
3.1 Van theorie naar praktijk	26
3.2 Uitgangspunten en overwegingen	26
3.3 Laatste visuele model check	34
3.4 Overlastlocaties	37
3.5 Knelpunten	43
3.6 Haarvatproblemen of watersysteemproblemen?	47
4 Stappen schematisch	48

Voorwoord

Een van de kerntaken van ons waterschap is om ervoor te zorgen dat we droge voeten houden. Maar dat kunnen we niet alleen. Het waterschap probeert wateroverlast te voorkomen, maar u zult soms laarzen moeten aantrekken om de voeten droog te houden. Ons watersysteem is goed op orde, blijkt wanneer we het toetsen aan de geldende normen.

Maar het kan harder regenen dan de norm. Daarom willen we ook in kaart brengen wat er in ons gebied gebeurt als die uitzonderlijke hoosbui valt. Waar staan de plassen, hoe diep zijn die en hoe lang blijven ze staan? Pas als we dat goed weten, kunnen we gezamenlijk aan maatregelen werken om deze overlast te minimaliseren. Het waterschap neemt daarbij zijn verantwoordelijkheid, maar het kan het zeker niet alleen.

In deze studie presenteren we een nieuwe methodiek met de nieuwste instrumenten om de gevolgen van een uitzonderlijke hoosbui zo precies mogelijk in kaart te brengen. Daarbij wordt ons hele gebied tot in de haarvaten doorgerekend. We doen dat omdat ook in deze haarvaten verstoppingen kunnen optreden die tot wateroverlast leiden. Bovendien kunnen we op deze manier grote en kleine maatregelen, voor de korte en voor de lange termijn zorgvuldig beoordelen. Alleen zo kunnen we de klimaatverandering te lijf gaan en ons beheersgebied voor de toekomst klimaatbestendig inrichten.

Luc Kohsiek
Dijkgraaf hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier

Samenvatting

De aanleiding voor de studie is het besef dat klimaatverandering vraagt om ruimtelijke adaptatie van het beheersgebied. Het hoogheemraadschap van Hollands Noorderkwartier wil hierbij een pro-actieve rol spelen en haar beheersgebied klimaatrobuust inrichten.

In de uitwerking daarvan stuiten we op twee problemen:

- 1) Er is nog geen sluitende methodiek beschikbaar die beschrijft hoe je een gebied klimaatbestendig moet inrichten en
- 2) Er zijn nog geen instrumenten beschikbaar om de methodiek uit te voeren. In deze studie zijn beide problemen aangepakt.

Dit rapport beschrijft de methodiek en het bijbehorende instrument.

De essentie van de voorgestelde methodiek is een stresstest, waarbij een beperkt aantal klimaatbuien met een (hoge resolutie) model van het gebied worden doorgerekend. De ontwikkelde methodiek is zowel toepasbaar in stedelijk als in het landelijk gebied en is binnen Hollands Noorderkwartier getoetst op zijn waarde en uitvoerbaarheid.

In de methodiek wordt eerst de wateroverlast berekend. De kaart waarop de waterplassen zichtbaar worden gemaakt noemen we de 'blauwe kaart'. Vervolgens wordt de blauwe kaart omgezet in een knelpuntenkaart. Daarbij zijn de knelpunten in vier categorieën onderverdeeld: kwetsbare panden, kwetsbare wegen, kwetsbare vitale infrastructuur en kwetsbare landbouwpercelen. Daarna volgt het ordenen van de knelpunten, het identificeren van mogelijke maatregelen, het formuleren van een eigen klimaatambitie en het oplossen van de knelpunten. Idealiter worden alle gevonden knelpunten opgelost, maar dat is financieel en bestuurlijk vaak niet mogelijk. Daarom worden samen met de partijen in het gebied afspraken gemaakt over wie welke bijdrage levert aan het oplossen van de knelpunten. Dat gebeurt vanuit de gedeelde verantwoordelijkheid van alle betrokkenen die ruimtelijke adaptatie nu eenmaal met zich meebrengt.

De waarde van de resultaten van de methodiek is sterk afhankelijk van de kwaliteit van het instrument, in casu, het model. Doordat we nu beschikken over hoge resolutie data en software die hiermee kan rekenen, is het praktisch mogelijk om betrouwbare blauwe kaarten en knelpuntenkaarten te maken van zowel landelijk als stedelijk gebied.

Het vaststellen van het maatregelenpakket vraagt om een gebiedsproces, waarbij intensief wordt samengewerkt en uiteindelijk bindende afspraken worden gemaakt over de uitvoering van maatregelen door alle actoren. De nieuwe omgevingswet biedt hiervoor de juiste juridische kaders en instrumenten.

1 Inleiding

1.1 Op orde of niet?

In gemeente x valt een clusterbui. De straten in de dorpskern staan blank en op enkele plaatsen stroomt zelfs water huizen binnen. Bij agrariërs in het buitengebied ontstaat schade doordat kuilgras verloren gaat. Een dergelijke bui, zo blijkt later uit de statistiek, heeft een kleine kans van voorkomen, maar dat zegt gedupeerden weinig. Burgers en boeren zijn boos op de gemeente en het waterschap en bestuurders worden onder druk gezet om direct maatregelen aan te kondigen. Het waterschap wil graag in actie komen, maar er is ook het vermoeden dat als deze extreme bui in een naburige gemeente was gevallen, de schade nog veel groter zou zijn geweest. Wat te doen, en wat te communiceren?

Als een systeem volgens de norm ‘op orde’ is en een bepaalde basisbescherming is gerealiseerd, dan betekent dat nog niet dat alle knelpunten in de buitenruimte zijn opgelost, of dat een gebied bestand is tegen zogenaamde klimaatbuien. Om deze problemen fundamenteeler aan te pakken, en een ambitie op dat vlak te formuleren, is een bredere analyse nodig, waarin ook buitengewone situaties goed worden bestudeerd. In zo’n analyse kijken we niet alleen naar water in de buitenruimte, maar ook naar de impact daarvan op huizen, bedrijven en bijvoorbeeld landbouwpercelen. Dat kan een directe impact zijn door instromend water, maar ook een indirecte, door cascade-effecten. Voorbeelden zijn uitval van stroomverdeelstations en evacuatie van zorginstellingen wanneer bevoorrading door wateroverlast wegvalt. Zo’n brede analyse, waarin ook de buitenruimte en de impact op objecten wordt meegenomen, is nodig voor het afleiden van doelmatige maatregelen en het formuleren van een concrete klimaatambitie. We zoeken een kader voor abnormale situaties, die ook in systemen die wettelijk op orde zijn kunnen optreden. Klimaatverandering maakt de behoefte aan zo’n kader steeds urgenter. Gemeenten en waterschappen ‘moeten wat’ met die klimaatbuien, maar schrikken terecht terug voor ad hoc maatregelen. Wat is in dit soort situaties ‘waterhuishoudkundige wijsheid’? Wat zijn goede maatregelen? en hoe voorkom je willekeur en ‘kortademig incidentenbeheer’?

1.2 Wat is er nieuw aan de brede methodiek?

In dit rapport pleiten we voor een uitgebreidere watersysteemanalyse om kwetsbare locaties met betrekking tot wateroverlast op te sporen, knelpunten te formuleren en op basis daarvan een ambitie vast te stellen en vervolgens een plan te maken voor een doelmatige aanpak. De methodiek is geen vertaling van nieuwe inzichten in de hydrologie. Al jaren is de ambitie om de water(afvoer)processen zo nauwkeurig mogelijk te beschrijven en water op het maaiveld te vertalen naar ‘echte’ knelpunten. Het feit dat de focus steeds meer komt te liggen op problemen in de zogenaamde haarvaten van het systeem is daar debet aan. Met hoge resolutie modellen zoals 3Di kunnen we voor het eerst goed naar de processen in die haarvaten kijken, een veel natuurgetrouwer beeld van wateroverlast opbouwen en preciezer bepalen hoe we de buitenruimte klimaatrobuuster kunnen inrichten.

De uitwerking van de stappen in de methodiek leverde veel nieuwe vragen op. Welke informatie presenteer je? De analyses leveren enorme hoeveelheden data. Het is dan de kunst juist de essentie eruit te pakken. We hebben gaandeweg de studie een

aantal keuzen gemaakt, bijvoorbeeld voor het gebruik van centrale kaartbeelden, vooral om de stappen van de methodiek te illustreren. In latere fase, bij de toepassing in het beheergebied van HHNK, zullen ongetwijfeld nog andere accenten worden gelegd. Deze ‘rijping’ van de methodiek bij de toepassing is nadrukkelijk gewenst en voorzien door HHNK.

1.3 Geen norm, maar een weg naar een gezamenlijk uitvoeringstraject

De brede methodiek is niet normgericht en niet bedoeld voor afbakening van wettelijke aansprakelijkheid. ‘Extremen zijn niet normaal’. Onze gedachte is dat het klimaat-robuuster inrichten van de buitenruimte per definitie gaat over samenwerking met stakeholders in een gebiedsproces. De normen zijn veelal gehaald en de vraag is nu hoe vanuit de bestaande ambities (dus ‘boven-normatief’) kan worden geïnvesteerd. Daarbij gaat het niet om aansprakelijkheid, maar is het vooral belangrijk dat de werkelijk gevoelde knelpunten op tafel komen. Die knelpunten moeten dan vertaald worden in een gezamenlijke (klimaat)ambitie zodat de stap kan worden gezet naar doelmatige verbeteringsmaatregelen die aansluiten bij het ‘gezond verstand’ en de bestuurlijke realiteit.

1.4 Informatiebehoefte

Maar welke technische informatie is daarvoor nodig? Hoe bepalen we wateroverlast-locaties, knelpunten en hun kwetsbaarheid? En op basis van welke informatie ordenen we de knelpunten als voorbereiding op een bestuurlijke afweging? We komen op minimaal de volgende informatie:

- Een ruimtelijke beeld van wateroverlastlocaties, afgeleid uit waterbewegingsmodellen die weer zijn gebaseerd op gedetailleerde geografische informatie;
- Informatie waarmee het overlastbeeld kan worden vertaald naar daadwerkelijke knelpunten, inclusief een onderscheid naar de mate van kwetsbaarheid (onder welke condities treedt het knelpunt op?). Het gaat dan om informatie over type objecten en de relatie tussen wateroverlast en uitval van die objecten;
- Informatie over de schade aan objecten, over de kosten en baten van eventuele maatregelen en cascade-effecten bij uitval.

1.5 Aanleiding en aanpak

Het hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier heeft Deltares gevraagd een methodiek te ontwikkelen waarin naast mogelijke inundatie vanuit het watersysteem (de NBW-knelpunten) ook gevolgen van extreme neerslag op agrarische percelen en in de stad in beeld gebracht worden, of ze nu binnen of buiten de norm vallen. In de methodiek worden een aantal stappen beschreven in de vorm van een workflow. Deze workflow is ‘open’ in die zin dat, afhankelijk van de beschikbare data, modellen, tijd en budget, veel verfijningen kunnen worden aangebracht en accenten verlegd. De methodiek wordt aangeboden aan de specialisten die in fase 2 van de BWN2-studie maatregelen gaan vaststellen.

1.6 Opzet rapport

Dit rapport gaat over een nieuwe brede methodiek die gebruik maakt van hoge resolutie modelberekeningen, juist om het effect van extreme neerslag in de haarvaten van watersystemen goed te kunnen beschrijven. Eerst gaan we in op de (ideale) situatie waarin alle informatie en modellen beschikbaar zijn. We beschrijven welke stappen dan noodzakelijk zijn voor een gebiedsdekkend overzicht van knelpunten en het identificeren van maatschappelijk optimale waterhuishoudkundige maatregelen. Daarna vullen we de methode praktisch in, met de huidig beschikbare modelinstrumenten en de beschikbare informatie. We komen dan uit op een praktische workflow.

Hoofdstuk 2 beschrijft de opzet van een systeemanalyse en de stappen die we daarin zetten om uiteindelijk maatschappelijk optimaal en met ‘gezond verstand’ te investeren. Hoe ziet zo’n brede systeemanalyse er uit? Welke informatie gebruik je en hoe? Het gaat over het in kaart brengen van wateroverlast, de kwetsbare locaties en het prioriteren van de aanpak daarvan in een concrete klimaatadaptatieambitie.

In hoofdstuk 3 geven we een (eerste) praktische invulling van het geschetste theoretische kader. We maken daarbij gebruik van de informatie en instrumenten die binnen het BWN2-project voorhanden zijn.

In hoofdstuk 4 vatten we de methodiek samen in een stappenplan.

Wanneer we kijken naar de detailschematisering van een watersysteem dringt de vergelijking zich op met een bloedvatensysteem van haarvat tot slagader. Wanneer we een breed beeld willen opbouwen van mogelijke wateroverlast in een gebied moeten we kijken naar de haarvaten van watersystemen, die kwetsbaar zijn voor pieken in de wateraanvoer (extreme buien) en naar de grotere vaten, die juist kwetsbaar zijn voor langduriger maatgevende belastingen. Dat totaalbeeld maakt doelmatige klimaatadaptatie mogelijk.



2 Brede methodiek in vier stappen

2.1 Stappen

Uitgaande van een model van het watersysteem waarin voldoende vertrouwen is (stap 0, zie paragraaf 3.3) kan de brede methodiek door de volgende stappen worden gekarakteriseerd:

- Stap 1: Eerst een gebiedsdekkend beeld genereren van mogelijke wateroverlastlocaties (inundatie en plasvorming, hoe dieper hoe blauwer), bedoeld voor een gebiedsdekkend vergelijkend beeld en het inzoomen op specifieke zones;
- Stap 2: Daarna de wateroverlastlocaties op eenduidige wijze vertalen in knelpunten, dat zijn objecten (gebouwen, wegen en percelen) die kwetsbaar zijn voor 'uitval' door overlast, ingedeeld naar mate van kwetsbaarheid;
- Stap 3: Vervolgens het groeperen en ordenen van deze knelpunten;
- Stap 4: Het formuleren van een klimaatambitie, mede op basis van de geordende knelpunten.

Na het doorlopen van deze stappen kan in gebiedsprocessen de vertaling worden gemaakt van de ambities van de diverse stakeholders in een gezamenlijk uitvoeringsprogramma voor een bepaald gebied.

In de navolgende paragrafen worden de vier stappen verder toegelicht.

2.2 Stap 1: Gebiedsdekkend beeld wateroverlastlocaties

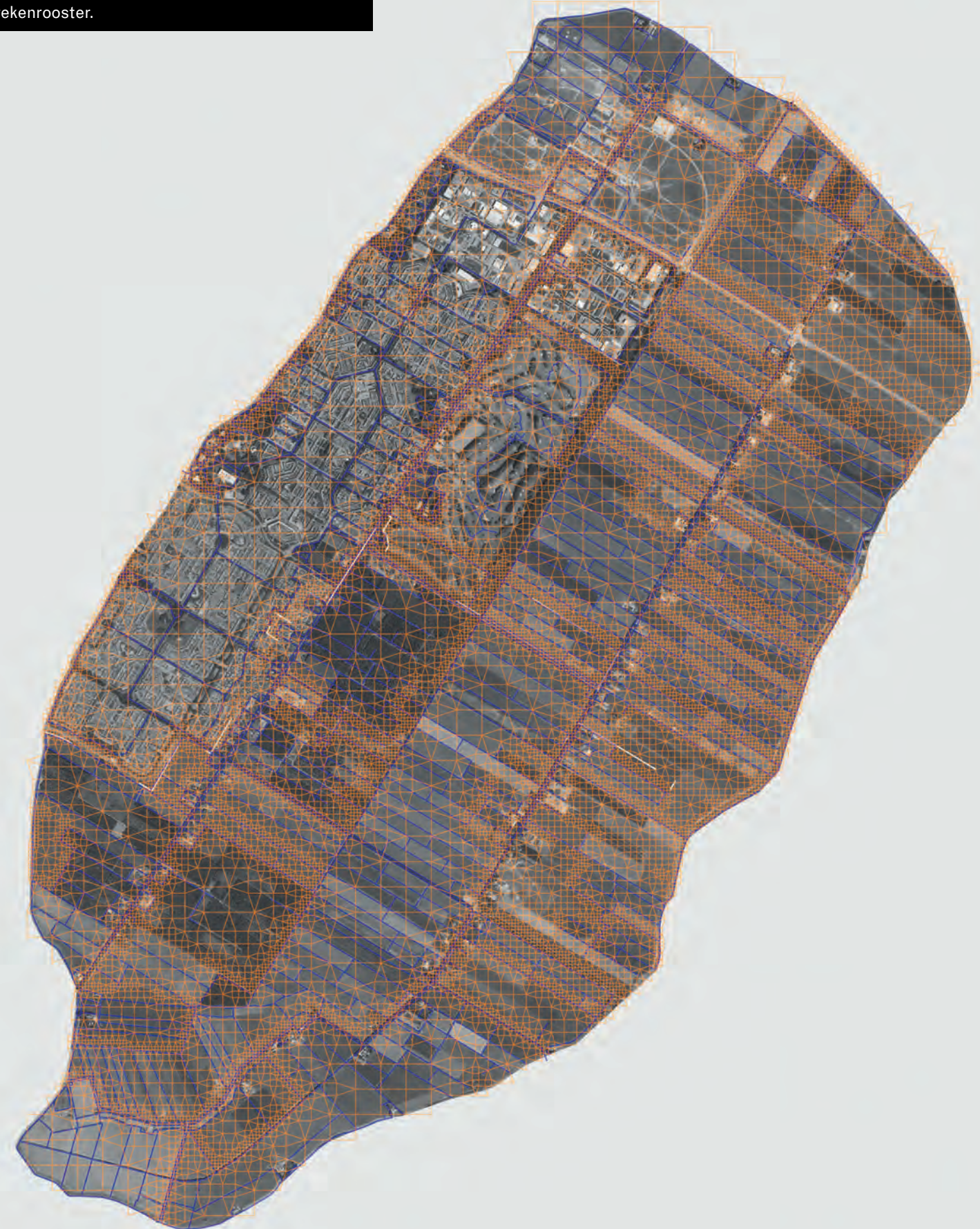
2.2.1 Data en modellen

De brede methodiek moet dus allereerst een gebiedsdekkend beeld opleveren van de wateroverlastlocaties, in principe bij alle mogelijke maatgevende situaties. Dat betekent dat een representatieve set systeembelastingen moet worden bekeken, en dat de rekenmodellen alle relevante waterhuishoudkundige mechanismen natuurgetrouw beschrijven. We hebben het dan over inundatie vanuit open water naar percelen en bebouwd gebied als plasvorming en oppervlakkige afstroming naar percelen en in stedelijk gebied. De stedelijke gebieden zouden met rioleringsmodellen moeten worden gemodelleerd, en ook de drainage op landbouwpercelen zou in de modellen moeten worden opgenomen.

De ruimtelijke resolutie van de modelschematisering moet passen bij de schaal van de mogelijke knelpunten in het watersysteem en in de haarvaten, dus ordegrootte 'vierkante meters' (zie figuur 2.1).

Qua randvoorwaarden (neerslagdata) is een volledige set aan maatgevende situaties nodig (neerslag-events in samenhang met andere rand- en beginvoorwaarden).

Figuur 2.1: Voorbeeld van een hoge resolutie 1D2D modelschematisering van polder de Purmer tegen de achtergrond van de luchtfoto. In blauw de watergangen en in oranje het rekenrooster.



2.2.2 Volledig pallet maatgevende events

Idealiter gebruiken we bij het bepalen van de wateroverlastkaart een volledige set aan maatgevende events. Praktisch wil dat zeggen: voldoende ‘neerslag-begin-toestand-combinaties’ doorrekenen, en neerslagpatronen die maatgevend zijn voor realistische extreme situaties en voor extremen die passen bij de diverse klimaat-veranderingsscenario's.

Een systematische manier om zo'n set aan combinaties te genereren is gebruik te maken van de zogenaamde stochastenmethode, waarin een representatieve set van events worden gegenereerd bestaande uit combinaties van:

- buiduren;
- bui-patronen, en
- combinaties van bui-volume en herhalingstijd.

Deze set omvat dan zowel langdurige maatgevende buien (vaak maatgevend voor het watersysteem), als korte, intensere maatgevende buien (maatgevend voor de buiten-ruimte).

De events worden vervolgens gekoppeld aan verschillende mogelijke initiële con-dities en relevante buitenwaterstanden, ook weer met een daaraan gekoppelde kans van optreden.

Het uitvoeren van een stochastanalyse ‘volgens het boekje’ is een omvangrijke exercitie, maar een beproefde manier om maatgevende events te koppelen aan een betrouwbare herhalingstijd, die weer nodig is voor het bepalen van een jaarlijkse risico waarde. Toch wijken we in de praktische invulling van de methodiek (hoofdstuk 3) af van deze aanpak. De beperkte rekensnelheid van de hoge resolutie modellen staat deze toepassing in de weg. Bij de noodzakelijke keuze tussen ‘hoge resolutie’ en ‘een uitgebreide set buien’ kiezen we dan voor het eerste. Dit wordt nader toegelicht in hoofdstuk 3.

2.2.3 Genereren wateroverlastkaart

Kijkend naar wateroverlast kunnen problemen optreden in de haarvaten van het systeem, dus in de buitenruimte op straten bij huizen op percelen. Dit komt door de beperkte afvoercapaciteit van de haarvaten. De grotere ‘vaten’ (secundaire en primaire watergangen) zijn kwetsbaarder voor langdurige buien van maatgevende omvang.

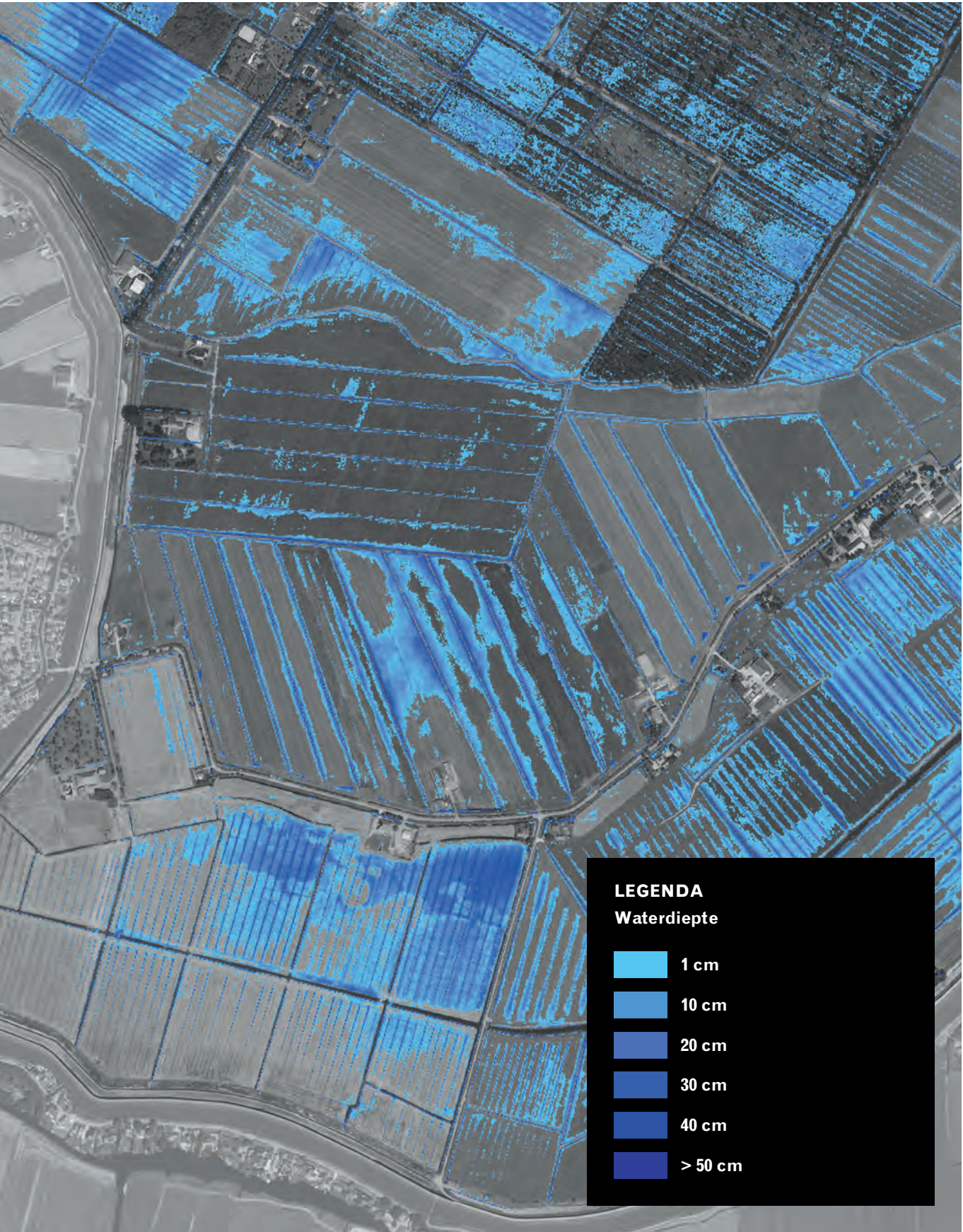
Wanneer we een analyse uitvoeren zoals beschreven in 2.2.2. met een ruimtelijk gedistribueerd model zoals beschreven in 2.2.1. kan het ruimtelijk beeld uit figuur 2.2 worden opgebouwd.

De kaart in figuur 2.2 geeft een overzicht van mogelijke inundaties en plasvorming als gevolg van locale extreme neerslag met een herhalingstijd van 100 jaar voor polder de Purmer. De kaart is bedoeld om overlastlocaties ten opzichte van elkaar te beoor-delen en vervolgens in te zoomen op de lokale effecten.

Figuur 2.2: Wateroverlastkaart met inundaties en plasvorming als gevolg van extreme neerslag voor polder de Purmer. De overlastkaart geeft de waterdiepten weer bij extreme neerslag van een bepaalde herhalingstijd.

NB: De kaart geeft geen realistisch totaalbeeld, het is een 'visuele combinatie' van het effect van

extreme, vaak zeer lokale buien en bedoeld om overlastlocaties ten opzichte van elkaar te beoordelen, om vervolgens in te zoomen op de realistische lokale effecten. De combinatie van overlast in deze kaart heeft natuurlijk een verwaar-loosbare kans van optreden. Lokaal is de kans van optreden groter, bijvoorbeeld 1:100. De kans dat in een jaar ergens in dit gebied optreedt is weer een orde groter.



2.3 Stap 2: Knelpunten bepalen

2.3.1 Denken vanuit de objecten: Wanneer uitval?

In stap 2 van de methodiek wordt het gebiedsdekkende wateroverlastbeeld zoals in figuur 2.2, vertaald in een verzameling knelpunten. Dat is nodig omdat ‘water op het maaiveld’ alleen niet automatisch leidt tot een knelpunt. Dat hangt er van af. Van een knelpunt is pas sprake wanneer objecten ter plaatse zoals huizen, bedrijven, landbouwpercelen, worden aangetast (lees: hun functie niet langer kunnen vervullen). Het gaat dan bijvoorbeeld om huizen en bedrijfsgebouwen waar water naar binnen stroomt, om landbouwpercelen waar een significant deel van de opbrengst verloren gaat, om zorginstellingen die geen zorg meer kunnen bieden, om ondergelopen wegvakken, maar ook om de uitval van stations voor de distributie van gas, water en elektriciteit. Wanneer ergens water staat maar dit niet leidt tot uitval noemen we de betreffende locatie geen knelpunt. Bij de stap van wateroverlast naar knelpunten moeten waterstand-uitvalrelaties worden gebruikt.

In hoofdstuk 3 gaan we bij de praktische invulling van deze stap nader in op deze relaties en de objecten waarop ze betrekking hebben.

2.3.2 Bepalen kwetsbaarheid knelpunten

Het combineren van de wateroverlastbeelden met waterstand-uitvalrelaties, levert een gebiedsdekkend beeld van de knelpunten. Deze knelpunten kunnen we vervolgens rangschikken naar kwetsbaarheid door de uitval te koppelen aan de herhalingstijd van het overlastbeeld. Bij de panden kan in eerste instantie worden uitgegaan van een waterdiepte-uitvalrelatie. Figuur 2.3 geeft een voorbeeld van een knelpuntenkaart voor panden. In hoofdstuk 3 wordt verder ingegaan op deze knelpunten, daarbij komen ook kwetsbare landbouwpercelen aan de orde.

Net als de wateroverlast kaart is ook de knelpuntenkaart bedoeld om eerst een gebiedsbrede vergelijking uit te voeren (op zoek naar de meest problematische locaties) om daarna in te zoomen.

2.4 Stap 3: Groepering en ordening knelpunten

2.4.1 Waarom groepering en ordening?

Het identificeren van wateroverlastlocaties en knelpunten kan worden gezien als een stresstest. Zijn de individuele knelpunten (panden, percelen) eenmaal in beeld dan zullen deze vaak eerst worden gepresenteerd aan betrokken partijen in een gebied om vervolgens te groeperen naar locatie, of naar een eventuele gemeenschappelijke achterliggende wateroverlastoorzaak. Deze presentatie en groepering vormt een belangrijke stap bij het helder krijgen van werkelijke knelpunten, het identificeren van maatregelen, en het realiseren van draagvlak. De groepering is ook belangrijk voor een latere kosten-batenanalyse waarin de verhouding tussen kosten en baten bij het oplossen van knelpunten wordt ingeschat. Het is dus niet zo dat voor het oplossen van ieder knelpunt apart een kosten-baten analyse wordt uitgevoerd. Wanneer achterliggende oorzaken eenmaal duidelijk zijn, kunnen knelpunten worden gegroepeerd en samen door een maatregelpakket worden ‘afgedekt’.

Figuur 2.3: Knelpuntenkaart Panden. Weergegeven zijn de panden die door wateroverlast kunnen worden aangetast. In deze berekening is uitgegaan van ‘uitval’ bij een waterdiepte van 10 cm of meer bij het pand. Wanneer die waterstand 1:10 jaar wordt overschreden is sprake van ‘zeer kwetsbaar’ (rood), bij 1:100 ‘kwetsbaar’ (oranje) en bij 1:1000 ‘mogelijk kwetsbaar’ (geel).



Het kan natuurlijk de ambitie zijn om alle knelpunt(groepen) op te lossen, maar vaak zullen tijd en budget beperkt zijn. Keuzen maken is dan noodzakelijk. Deze paragraaf gaat over het voorbereiden van die keuzen door een nadere ordening aan te brengen in de knelpunten. Die ordening ondersteunt ook het formuleren van een concrete klimaatambitie. De eerst nog schetsmatige ambitie wordt juist door het ordenen van knelpunten steeds concreter en vormt dan een goede basis bij het kiezen en prioriteren van maatregelen. De concrete klimaatambitie van de waterbeheerder is naast die van de andere spelers in het gebiedsproces (gebiedsvisie gemeente) een belangrijke input voor dat proces.

2.4.3 Ordeningscriteria

De reeds aangebrachte groepering van de knelpunt-panden en –percelen en het onderscheid naar kwetsbaarheid van de knelpunten vormen een eerste ordening. Nadere interessante ordeningscriteria zijn:

- Directe schade aan de objecten bij de maatgevende events (onderscheid tussen een woning en een data centrum); Deze schade moet worden berekend met een schademodel;
- De kosten van maatregelen om knelpunt(groepen) op te lossen en de baten van die oplossing (bv in termen van voorkomen schade); Kosten moeten worden bepaald op basis van ervaring en kennis van kosten;
- Mogelijke cascade-effecten bij uitval van objecten (een object dat onderdeel is van een keten is misschien meer bescherming waard); De informatie hiervoor moet voornamelijk bij netwerkbeheerders worden opgehaald.

2.4.4 Directe schade bij maatgevende events

Zo is voor het scoren op directe schade een berekening nodig met een gedetailleerd schademodel. De huidige Stowa waterschadeschatter (WSS) is al wel geschikt voor grotere waterdieptes, maar schade aan de primaire infrastructuur is nog onrealistisch hoog. In een nieuwe versie die direct wordt gekoppeld aan 3Di is dit punt opgelost.

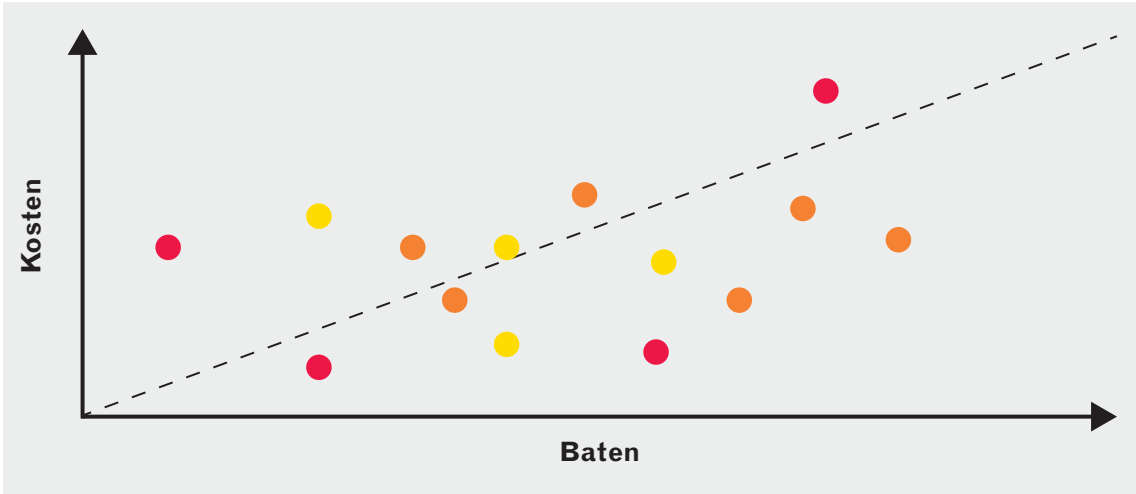
De WSS berekent alleen directe schade. De indirecte schade wordt ingeschat door een vast opslagpercentage. Gekozen kan worden voor handmatige inschatting van indirecte schade op object niveau. Hoe we die waarde uiteindelijk moeten verdisconteren in een risicowaarde is nog een vraag.

2.4.5 Kosten en baten van maatregelen

Voor het scoren van maatregelen op kosten en baten moet eerst per knelpunt worden bepaald op welke wijze (met welke maatregelen) het knelpunt kan worden opgelost, om vervolgens de kosten en baten (voorkomen schade) af te leiden:

- De kosten schatten we in op basis van expert judgement;
- De baten door inschatting van de afname van het risico als gevolg van de maatregelen.

Figuur 2.4: Knelpunten of groepen knelpunten gedifferentieerd naar kwetsbaarheid (mogelijk kwetsbaar: geel, kwetsbaar: oranje en zeer kwetsbaar: rood) en geordend naar kosten en baten.



Het gaat om het vergelijken van de jaarlijkse kosten tegen de jaarlijks baten, teruggebracht naar de netto contante waarde op het beslismoment. Zie voor een inzichtelijke verhandeling Hoes (2006).

Wanneer we de knelpunten uitzetten tegen de kosten en baten ontstaat een beeld zoals in figuur 2.4. Hierin zijn de knelpunten met een (groeps)-i.d. weergegeven gedifferentieerd naar (samengestelde) kwetsbaarheid. Verticaal staan de kosten en horizontaal de baten.

2.4.6 Cascade-effecten

Een belangrijk criterium voor het prioritair aanpakken van knelpunten is het optreden van cascade-effecten als gevolg van de uitval van een object. Of deze effecten (uitstraling naar omgeving) optreden en onder welke condities, moet natuurlijk eerst in kaart worden gebracht samen met de betrokken nutsbedrijven.

De ervaring leert (bij de ontwikkeling van de informatieronde 3d delta: zie 3ddelta.nl), dat exacte informatie vaak niet direct beschikbaar is. Het gaat namelijk vaak om complexe interacties in systemen die ook nog eens via menselijke tussenkomst aan- of afgeschakeld kunnen worden. Wel kan vaak betrekkelijk snel een eerste inschatting worden gemaakt.

2.4.7 Ordenen

Hoe kan dat ordenen van knelpunten op basis van deze criteria nu in zijn werk gaan? Eigenlijk is de eerste ordening de indeling naar kwetsbaarheid. Dit doen we door de uitval te koppelen aan het waterbeeld bij uiteenlopende herhalingstijden. De ordening op de bovenbeschreven aanvullende criteria kan dus worden opgevat als een bijstelling van dit kwetsbaarheidsbeeld.

We werken het niet in detail uit, maar we kunnen ons de volgende ordeningsstappen voorstellen:

- Het aanpassen van een ‘mogelijk kwetsbaar’ knelpunt in een ‘kwetsbaar’ of ‘zeer kwetsbaar’ knelpunt op basis van de omvang van de schade aan het betreffende object of de groep objecten;
- Het daarna eventueel verder aanpassen van de kwetsbaarheidsklasse op basis van mogelijke cascade-effecten.

De resulterende knelpunten kunnen vervolgens van kosten en baten worden voorzien en uitgezet in een overzicht als in figuur 2.4.

2.4.8 Wat levert het ordenen op?

Het ordenen van de knelpunten op de diverse criteria is in theorie eenvoudig maar in de praktijk natuurlijk bewerkelijk. Het levert echter veel op. Juist het ordenen van de knelpunten zorgt er namelijk voor dat een transparantie ambitie kan worden geformuleerd en maatregelen worden genomen die tegen betrekkelijk lage kosten heel veel opleveren in termen van het voorkómen van problemen bij wateroverlast. Met de ordening van de knelpunten stijgen we uit boven het niveau van ‘kaartjes met blauwe vlekken’ en zorgen we er voor dat investeringen goed blijven matchen met ons ‘gevoel’ en ‘gezond verstand’. Verder geeft het de nodige informatie voor het gebiedsproces. Kortom: Het ordenen zorgt voor een waardevolle, objectieve input voor de brede bestuurlijke afweging.

Het ‘scoren’ van knelpunten op deze criteria vergt dus niet alleen kennis van de objecten in hun context, maar ook een uitgebreide maatregelanalyse. Uitgezocht moet namelijk worden welke maatregelen een bepaald knelpunt kunnen oplossen. Dat vergt veel modelsimulaties waarin effecten van maatregelen kunnen worden berekend en vergeleken. In de praktische uitwerking van de methodiek (hoofdstuk 3) wordt een aantal basiskaarten beschreven die richting kunnen geven aan het identificeren van oplossingsrichtingen.

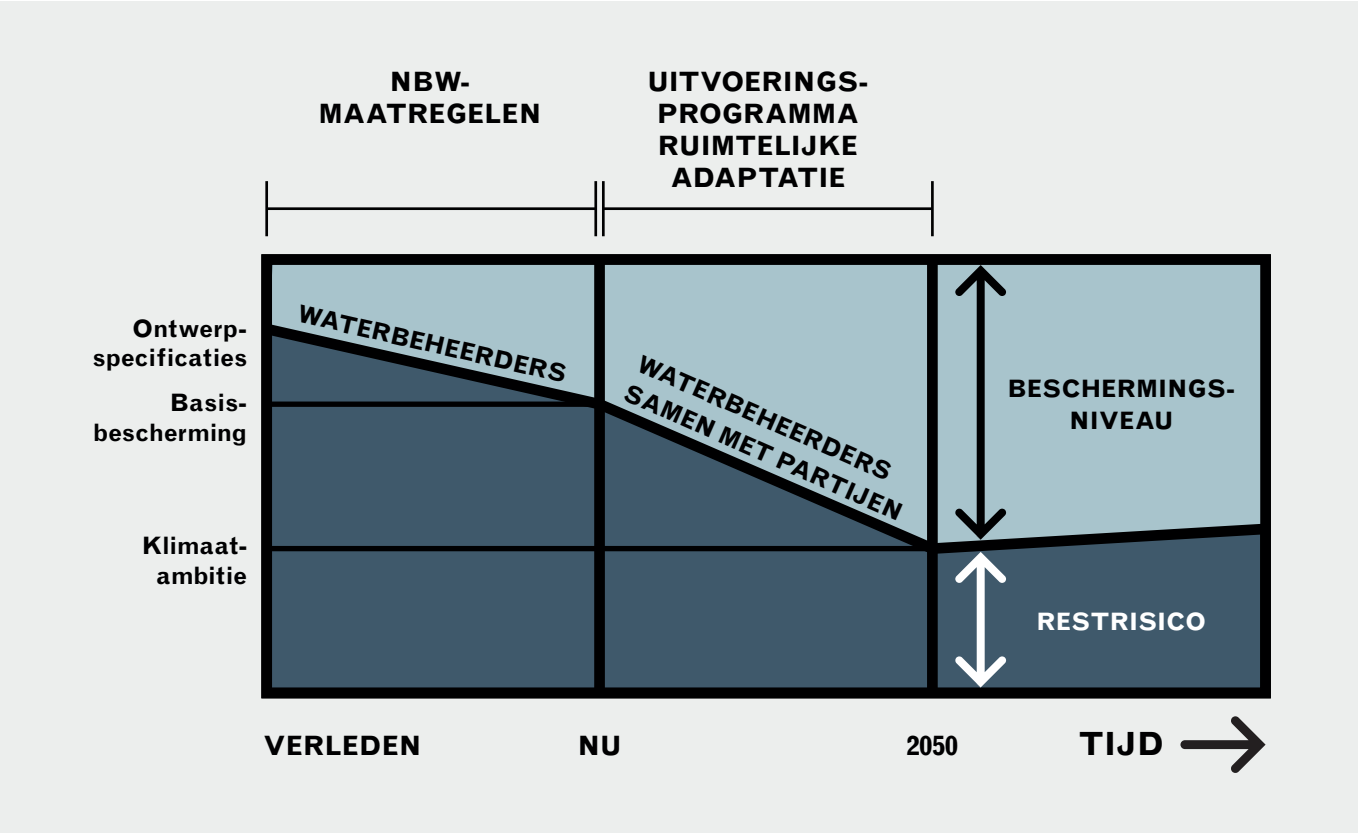
2.5 Stap 4: Formuleren (klimaat)ambitie

2.5.1 Norm, basisbescherming en klimaatambitie

Het formuleren en realiseren van klimaatambitie gaat uiteindelijk gepaard aan een verhoging van het beschermingsniveau van een gebied. Figuur 2.5 toont dat proces. We starten vanuit het watersysteem en de riolering die zijn ontworpen vanuit capaciteitsregels. In het kader van functie ondersteunend waterbeheer (methode Water-nood) en de NBW-toetsing zijn de systemen vervolgens verder versterkt (klimaat-scenario’s 2006). HHNK heeft daar mee het ‘basisbeschermingsniveau’ bereikt en op een aantal locaties overschreden.

Thans wordt een klimaatambitie geformuleerd. Dat is een ambitie die per definitie ‘bovennormatief’ is en daarom ook per definitie gezamenlijk zal worden opgepakt. Figuur 2.5 toont schematisch het verhogen van het beschermingsniveau door de jaren heen en de actuele uitdaging om samen met partners in het gebied een klimaat-ambitie te formuleren en samen met partijen afspraken te maken over maatregelen en budget.

Figuur 2.5: Bij aanleg zijn de water- en riolerings-systemen op ontwerpspecificatie. Daarna volgen maatregelen in het kader van de NBW-toetsing. Hiermee wordt een basisbeschermingsniveau gehaald. Thans wordt een klimaatambitie geformuleerd. De oude NBW-normen zijn daarmee overbodig geworden en in een gezamenlijk uitvoeringsprogramma bereiken we het gewenste eindbeschermingsniveau.



2.5.2 Klimaatambitie

Om antwoord te geven op de vraag: ‘Hoe maken we een gebied klimaatproof?’, moet eerst een ambitie worden geformuleerd. Een ambitie is geen norm, of verplichting, maar een wil om iets te bereiken. De ambitie van klimaatproof zou kunnen luiden: ‘Het gebied moet in 2050 bestand zijn tegen extreme buien en (aanvullend) vanaf nu moeten nieuwe gebiedsontwikkelingen klimaatproof worden ontworpen’.

Een ambitie zou kunnen zijn dat tijdens een (1:100 of 1:250 jaar) hoosbui, afkomstig van een klimaatscenario's, of een bui die eerder in het gebied is gevallen:

- woningen en gebouwen niet onderlopen;
- (hoofd)wegen begaanbaar blijven voor crisisbeheersing;
- vitale infrastructuur blijft functioneren, en
- landbouwpercelen met kapitaalintensieve gewassen geen noemenswaardige schade oplopen.

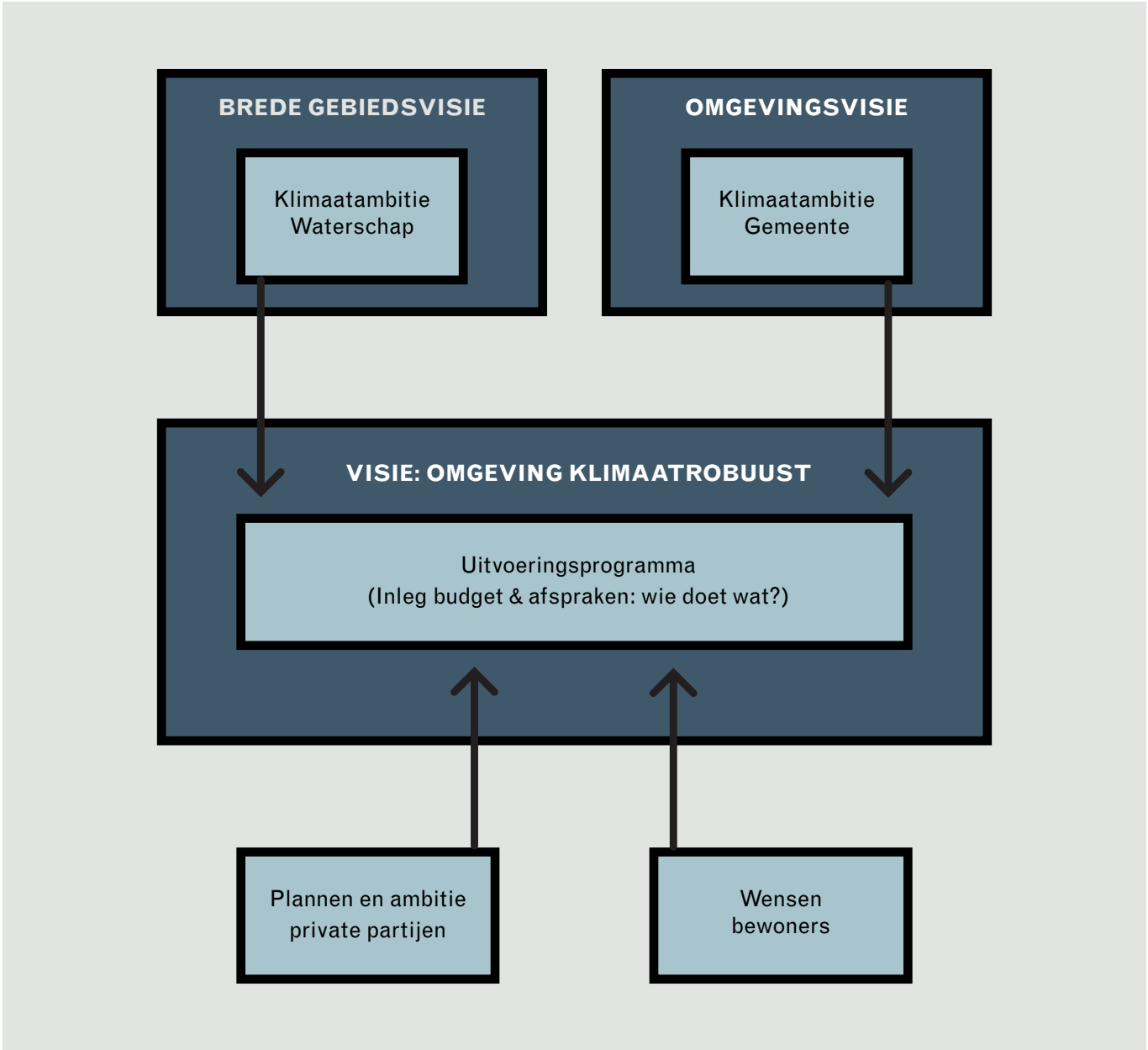
2.5.3 Keuzen maken: van gebiedsvisie naar uitvoeringsprogramma's

Wanneer waterschap en de gemeente een klimaatambitie hebben geformuleerd wordt eerst de omvang van het totale budget voor het realiseren van die ambitie bepaald. daarna moet gekozen worden hoe dit (beperkte) budget wordt verdeeld over de verschillende maatregelen. Daarbij zal ondermeer de kosten-baten verhouding een belangrijke rol spelen.

Wanneer de totale investering per partij is vastgesteld en grofweg is verdeeld over de knelpunten zal samen met de partners in het gebied gekeken worden naar de mogelijkheden om binnen gebieden tot een goede afstemming van investeringen te komen. uiteindelijk moeten afspraken worden gemaakt over een gezamenlijke aanpak van de knelpunten en de totale financiering (zie figuur 2.6). De afspraken over wie welke maatregelen uitvoert, en hoe die worden gefinancierd kunnen worden vastgelegd in een uitvoeringsprogramma. Partijen zouden dan aansprakelijk kunnen worden gesteld voor hun aandeel in de afspraken over de uitvoering. Op inspanning dus.

We verschuiven in de brede analyse de aansprakelijkheid dus van de performance eisen uit de NBW-normen naar de inspanningsverplichting voor het aflopen van een overeengekomen uitvoeringsprogramma.

Figuur 2.6: De klimaatambitie van het waterschap (passend binnen de gebiedsvisie) is input voor het formuleren van een gezamenlijke visie op de klimaatrobustheid voor een bepaald gebied. Deze visie wordt samen met partners opgesteld en uitgewerkt in een concreet uitvoeringsprogramma waarin wordt afgesproken hoeveel geld partijen inleggen en welke maatregelen daarvoor worden gerealiseerd.



3 Praktische invulling methodiek

3.1 Van theorie naar praktijk

In het vorige hoofdstuk zijn de stappen van de brede methodiek beschreven waarbij ook is aangegeven hoe in de ideale situatie deze stappen zouden kunnen worden ingevuld. In werkelijkheid lopen we echter tegen een aantal praktische technische beperkingen op die vooralsnog vragen om een vereenvoudiging van de ideale invulling.

De noodzaak tot vereenvoudigen van de theoretische stappen komt hoofdzakelijk voort uit de relatief lage rekensnelheid van hoge resolutie modellen. Let wel 'laag' relatief gesproken. De modellen zijn namelijk vele malen sneller dan de traditionele modellen bij een vergelijkbare resolutie. Om zaken uitvoerbaar te houden is het dus kiezen tussen: 1) veel simulaties draaien met grove schematiseringen, of 2) een beperkt aantal simulaties met fijnmazige ruimtelijk gedistribueerde modellen. We kiezen hier nadrukkelijk voor dat laatste ('resolutie is alles'). De kunst is dan wel om bij het gebruik van een gereduceerde neerslag dataset, die data te selecteren die representatief zijn voor mogelijke extreme neerslaggebeurtenissen.

Een andere reden tot vereenvoudiging ligt in de nog beperkte beschikbaarheid van software om de berekende resultaten te visualiseren. Zo is bijvoorbeeld software om de herkomst van water te visualiseren nog in ontwikkeling. Hiermee kunnen we in de toekomst bijvoorbeeld de vraag precies beantwoorden of water op het maaiveld afkomstig is van inundatie (vanuit open water) of dat het gaat om lokaal gevallen neerslag. Met die informatie (op kaart) kan de stap van waterbeeld naar mogelijke maatregel weer beter worden ingevuld.

In dit hoofdstuk vullen we vanuit deze beperkingen de stappen van de methodiek dus praktisch in met de nu beschikbare informatie. Ondanks die beperking ontstaat daarmee echter al een veel duidelijker beeld dan ooit te voren.

3.2 Uitgangspunten en overwegingen

3.2.1 Modelinstrumentarium en watersysteeminformatie

Van een modelinstrumentarium wordt geëist dat de waterbeweging kan worden beschreven op een fijne ruimtelijke resolutie. Het moet minimaal mogelijk zijn plasvorming in de buitenruimte, in stedelijk en landelijk gebied goed te beschrijven, dus tot in de haarvaten van het watersysteem. Ook moet inundatie vanuit open water goed worden beschreven.

In de BWN2-studie (en bij de illustratie van de methodiek in dit rapport) wordt gebruikt gemaakt van 3Di-modellen van het type 1D-2D, dat zijn zogenaamde gebiedsmodellen op een ruimtelijke resolutie van 2x2 meter (subgrids) en met een rekenrooster van uiteenlopende grootte afhankelijk van de lokale systeemopbouw.

De genoemde 3Di-modellen worden zoveel mogelijk rechtstreeks vanuit de brondata (DAMO) afgeleid. Waar nog fouten in de modelschematiseringen worden gevonden, wordt eerst zoveel mogelijk de onderliggende data in DAMO verbeterd, om daarna op basis van de verbeterde dataset opnieuw schematiseringen te genereren.

Figuur 3.1: Wateroverlast na hevige neerslag in Kopenhagen (juli 2011). Plaatselijk viel meer dan 150 mm regen.



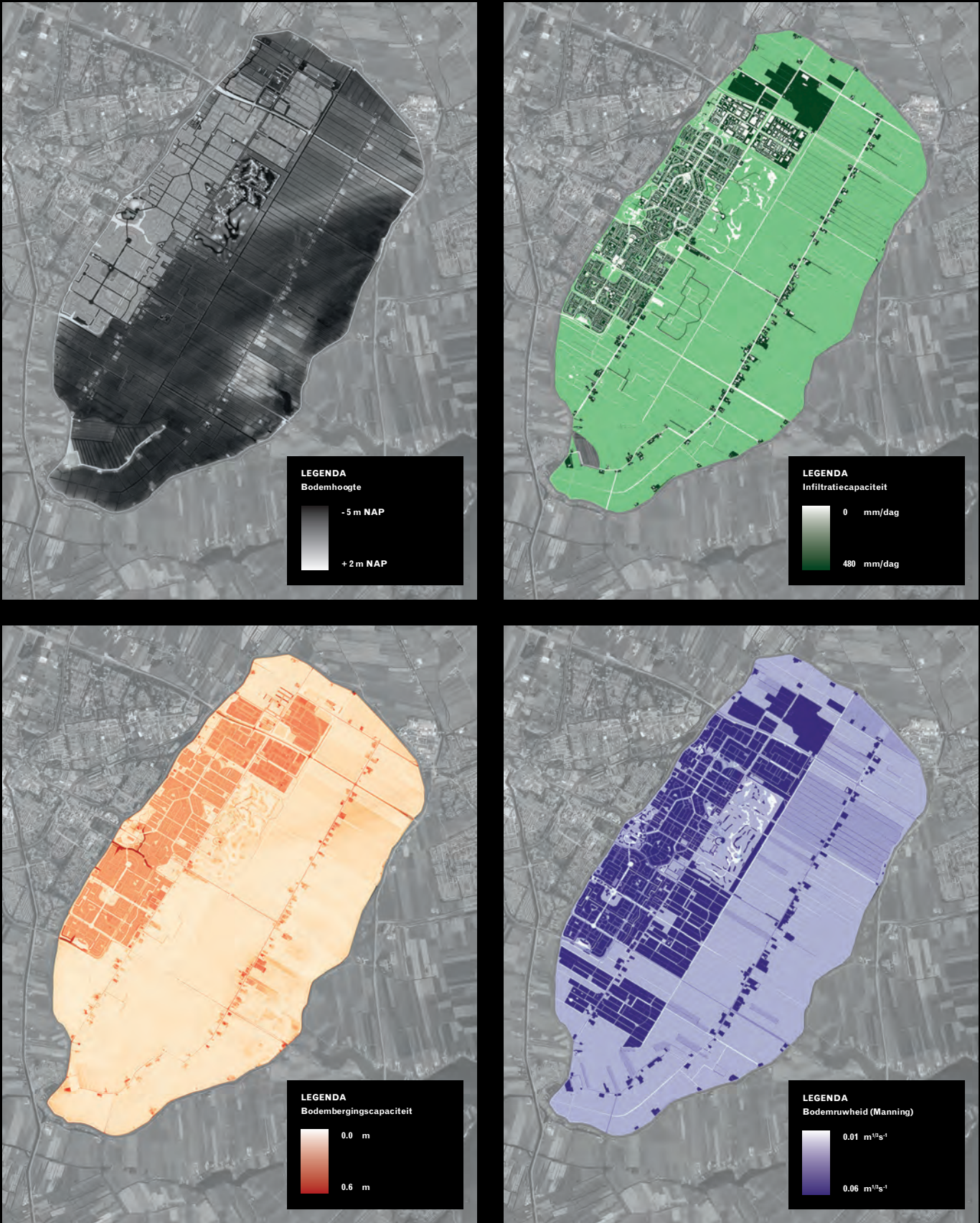
Om tot een inschatting te komen van de kosten en baten van maatregelen via een risicobenadering zijn schadeschatters nodig. Een praktische aanpak is gebruik maken van bestaande schademodelen zoals de STOWA schadeschatter waarmee op hoge resolutie schades als gevolg van water kunnen worden bepaald.

3.2.2 Parametrisering 3Di-modellen

In de stappen wordt uitgegaan van 3Di-gebiedsmodellen. Zie voor meer achtergronden www.3di.nu. 3Di-gebiedsmodellen maken gebruik van een viertal ruimtelijke rasterlagen waarin per subgrid (pixel) van 2x2 meter een waarde kan worden opgegeven. Het gaat om de volgende rasterkaarten (figuur 3.2):

- *Maaiveldhoogte*
De maaiveldhoogterasterkaart wordt afgeleid van het AHN3 en is speciaal nabewerkt met het oog op wateroverlastsimulaties.
- *Infiltratiecapaciteit*
De infiltratiecapaciteit rasterkaart geeft de maximale infiltratiecapaciteit van de grond weer, uitgedrukt in mm/dag. Deze infiltratiecapaciteit wordt tijdens de berekening vertaald in een maximale infiltratiecapaciteit per tijdstap die is afgeleid van een combinatie van de bodemsoort en het landgebruik.
- *Bodembergingscapaciteit*
De bodembergingscapaciteit rasterkaart geeft de maximale bergingscapaciteit weer van geïnfiltreerd (regen)water in de bodem. Wanneer deze maximale bergingscapaciteit volledig is benut, vindt er geen infiltratie meer plaats in de bodem. De bergingscapaciteit is afgeleid uit de bodemsoort en de drooglegging.
- *Bodemruwheid (hydraulische ruwheid oppervlak)*
De bodemruwheidrasterkaart geeft de hydraulische ruwheid van het oppervlak weer voor oppervlakkige afstroming. Deze hydraulische ruwheid is uitgedrukt in de Manning ruwheidscoëfficiënt n [$m^{1/3}s^{-1}$]. De waarde van de ruwheidscoëfficiënt is afgeleid uit de landgebruikskaart.

Figuur 3.2: Voorbeeld van de vier verschillende rasterkaartlagen als input voor de 3Di-gebiedsmodellen.



Figuur 3.3: Flow links in de schematisering van het Purmer model tijdens de afvoer van een piekbui. Hoe breder de link, hoe groter het debiet.



3.2.3 Netwerk rekenpunten

De rekencellen van het 2D-model (quadtrees) en de 1D-rekenpunten zijn met elkaar verboden via flow links. Figuur 3.3 toont deze verbindingen voor het Purmer model. Dit geeft een indruk van de fijnheid en lokale verfijningen van het netwerk van rekenpunten. Het blijkt dat dergelijke beelden goed van pas komen bij het visueel checken van de modellen. In 3.3 wordt daar verder op ingegaan. De flow links in figuur 3.3 geven via hun breedte de grootte van het debiet aan. Zo ontstaat snel een beeld van het ruimtelijk afvoerpatroon.

3.2.4 Beperkt aantal gebiedsdekkende buien

Het identificeren van de beste beperkte selectie van maatgevende events vraagt in beginsel om een uitgebreide vergelijking tussen een uitgebreide stochastische analyse zoals toegepast bij NBW-normtoetsingen aan de ene kant, en het gebruik van enkele maatgevende events aan de andere kant. Beide analyses zouden dan met hoge resolutie modellen moeten worden uitgevoerd. Dat zou inzicht geven in de representativiteit van de praktische benadering.

Er zitten echter nogal wat praktische haken en ogen aan een dergelijke vergelijking. Het belangrijkste is dat er geen resultaten voorhanden zijn van een uitgebreide stochasten- of tijdreeks-analyse die is uitgevoerd met hoge resolutie modellen zoals de 3Di-modellen van HHNK voor de BWN2-studie. Het genereren van die resultaten neemt nog teveel tijd in beslag. Vergelijking van de ‘maatgevende-event-methode’ en de beschikbare BWN1-resultaten van dezelfde gebieden geven ook geen uitsluitel. Daarvoor zijn de 0D1D-modelschematiseringen te sterk vereenvoudigd. Met die modellen wordt geen 2D-stroming berekend en worden inundaties op het maaiveld afgeschat met een ‘GIS-extrapolatie’ waardoor het verschil tussen de in deze praktische invulling gekozen methode volledig wegvalt. De vereenvoudigingen maken de beschikbare NBW-resultaten eigenlijk tot een onbruikbare referentie. We zouden dan appels met peren vergelijken. In 3.2.9 gaan we verder in op het gebruik van een beperkt aantal events.

Het is bekend dat hevige buien meest plaatselijk optreden. Toch rekenen we met gebiedsdekkende neerslag events, zowel de piekbuien als de zogenaamde blokbuien. De reden is dat we zo op een eenvoudige wijze een gebiedsdekkend beeld krijgen van locale problemen. Uitgangspunt is dan dat de interactie met de omgeving, die tijdens locale pieken ontlastend zou kunnen werken, niet van dominante invloed is op de locale overlastpatronen. Deze aanname zal voor de pieken beter opgaan dan voor de langduriger blokbuien.

3.2.5 Afschatten jaarlijks risico

Met een beperkt aantal events kan het jaarlijks risico, en de invloed daarop van maatregelen wel worden ingeschat, maar grof. HHNK hanteert de risiobepaling zoals die ook in de WSS wordt gehanteerd. Hierin wordt op basis van een beperkt aantal schades met verschillende herhalingstijden de ‘risico-integraal’ geïnterpoleerd. Figuur 3.4 toont deze aanpak.

De nauwkeurigheid van de berekende risico waarde hangt natuurlijk sterk af van de nauwkeurigheid waarmee de inundatie (waterstanden) zijn bepaald. Bij de NBW-toetsing gebeurt dat door met veel meer events een betere kansverdeling van de waterstanden te bepalen. Deze nauwkeurigheid wordt echter weer grotendeels teniet gedaan door te rekenen met onnauwkeurige inundatie- en schadebeelden (afkomstig van GIS-extrapolatie).

In de brede methodiek worden bovendien meer inundatiemechanisme meegenomen (ook plasvorming) en worden de inundaties veel realistischer berekend (2D-waterbeweging i.p.v. GIS-extrapolatie). Het idee is dat deze verbetering opweegt tegen de grotere onzekerheid in de waterstandsstatistiek. Zeker wanneer we de berekende schadereducties vooral vergelijkenderwijs gebruiken.

Daarnaast kunnen we vrij precies het risico bij een bepaalde event vast te stellen, voor en na maatregelen. Ook dit levert een indicatie van de baten.

Figuur 3.4: Berekenen van het risico aan de hand van een beperkt aantal events met schade S en herhalingstijd T.

$$risico = \frac{1}{T_1} \cdot S_1 + \left(\frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1}\right) \cdot \frac{S_1+S_2}{2} + \left(\frac{1}{T_3} - \frac{1}{T_2}\right) \cdot \frac{S_2+S_3}{2} + \left(\frac{1}{T_4} - \frac{1}{T_3}\right) \cdot \frac{S_3+S_4}{2} + \left(\frac{1}{T_5} - \frac{1}{T_4}\right) \cdot \frac{S_4+S_5}{2}$$

3.2.6 Overlast realistisch in beeld

Hoe ver komen we met deze vereenvoudigingen qua rekenbuien? Uit de herberekeningen in het kader van de NBW-toetsing (die vaak met minder buien worden uitgevoerd) blijkt dat we ook bij een klein aantal bui-simulaties de benodigde informatie boven tafel kunnen krijgen. Wat daarbij helpt is dat knelpunten zelden of nooit van plaats verspringen wanneer het bui-patroon of bui-volume verandert. Bij een iets zwaardere belasting (bv als gevolg van een aangescherpt klimaatscenario) verandert de locatie van een knelpunt dus niet, net zo min als de onderlinge rangschikking van de knelpunten (bij heviger neerslag blijft de grootste overlastlocatie de grootste). Het verschil in overlastbeeld bij toenemende neerslag is dus gradueel. De figuren 3.10 en 3.11 ondersteunen dit uitgangspunt: op die locaties waar de 1:10 jaar buien overlast geven, worden de bijbehorende oppervlakken (geel) geheel omsloten door die van de buien 1:100 en 1:1000 jaar. Dit effect treedt zowel op bij piek- als bij de zogenaamde blokbuien.

3.2.7 Een piek is geen blok

Langdurige gelijkmatige buien (blokbuien) zoals winterse neerslag leiden vaak tot wateroverlast op de laagst gelegen plekken in de (deel)afvoergebieden. Het water heeft dan voldoende tijd om zich, voordat lokaal inundatie optreedt, te verdelen over het gebied en af te stromen naar de laagste plekken. Buien met een korte duur (1 – 4 uur) en hoge (piek)intensiteit (ordegrootte 20 mm per uur en hoger) geven een ander wateroverlast beeld dan langdurige, gelijkmatige buien, namelijk een meer ruimtelijk gespreid overlast-patroon.

Uit eerdere analyses van o.a. de Berkmeer blijkt dat daar de mate van overlast voor-namelijk wordt bepaald door de neerslagintensiteit. Hogere intensiteiten geven in da gebied meer overlast, ook al is het totale volume van een bui lager. ook blijken meer-daagse buien met een variërend patroon maar met een duidelijke piekintensiteit, zijn qua effect vergelijkbaar met korte piekbuien.

3.2.8 Ruimtelijke verdeling infiltratie van belang

De invloed van de bodem (hoeveelheid bodemberging, infiltratiecapaciteit, interceptie) heeft veel invloed op het wateroverlastbeeld. De invloed van de bodem moet daarom goed in het model worden meegenomen. Voor de onderlinge vergelijking van wateroverlast locaties is vooral de lokale infiltratiespreiding belangrijk.

3.2.9 Keuze maatgevende events

Wij hebben een representatieve set events geselecteerd op grond van maatgevendheid van de extreme neerslag én de representativiteit voor alle mogelijke extreme events qua vorm, duur, buivolume en initiële conditie. De set van door te rekenen events (totaal 12) is opgebouwd uit:

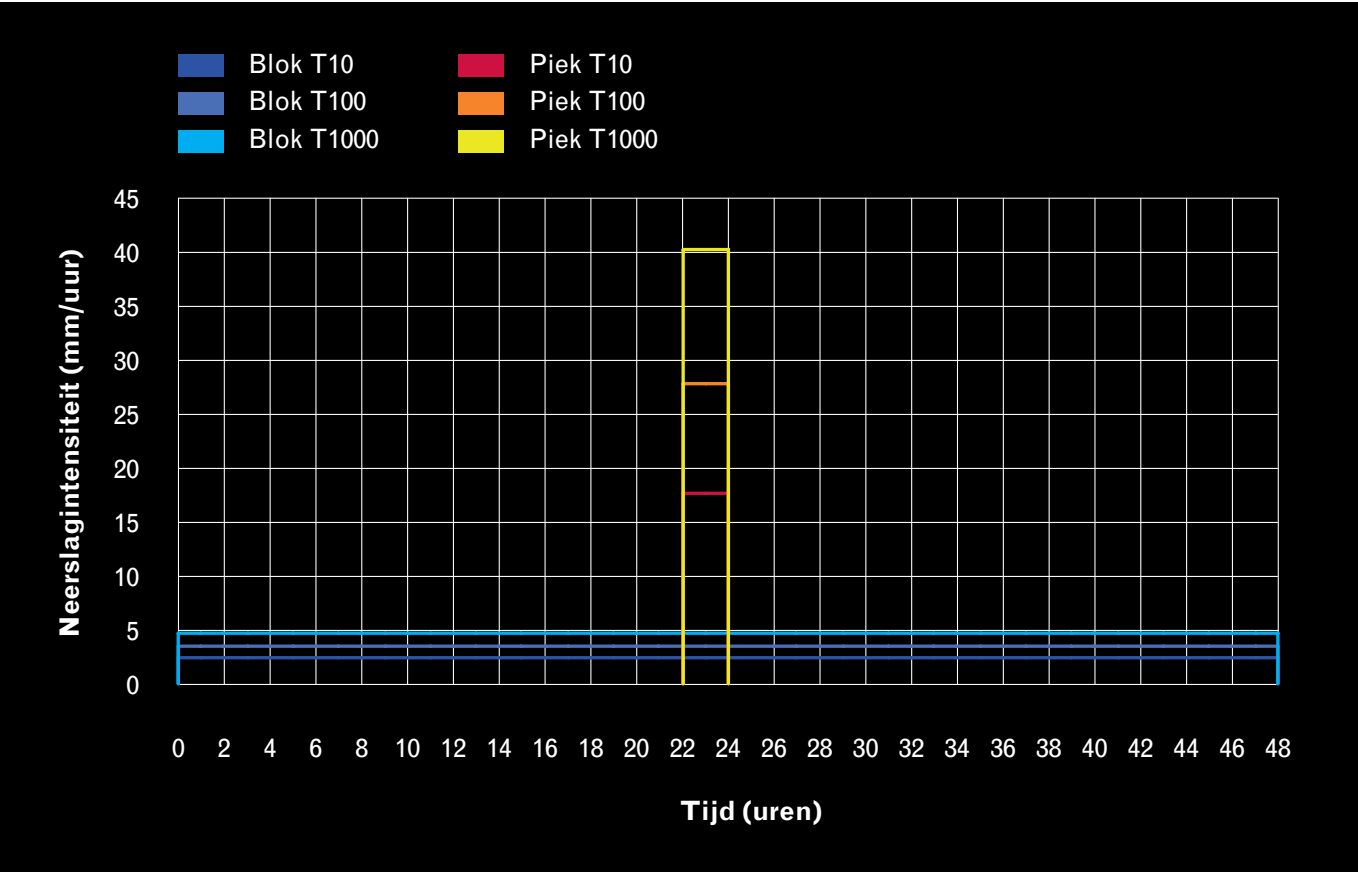
- 3 zomerse ‘piekbuien’ met een neerslagduur van 2 uur voor de (theoretische) herhalingstijd van 10, 100 en 1000 jaar gebaseerd op de STOWA nieuwe neerslagstatistiek;
- Deze 3 buien worden doorgerekend voor de situatie met een gemiddelde initiële grondwater conditie én een droge initiële grondwater conditie (Gemiddelde Grondwaterstand en GLG als initiële grondwaterstand);
- 3 winterse ‘blokbuien’ met een neerslagduur van 2 dagen voor de (theoretische) herhalingstijd van 10, 100 en 1000 jaar gebaseerd op de STOWA nieuwe neerslagstatistiek;
- Deze 3 buien worden doorgerekend voor de situatie met een gemiddelde initiële grondwaterconditie én een natte initiële grondwaterconditie (Gemiddelde Grondwaterstand en GHG als initiële grondwaterstand).

Dit leidt tot een totaal van 6 buien (zie tabel 3.1 en figuur 3.5) en in combinatie met de 2 voorgeschiedenissen uiteindelijk tot totaal 12 rekenevents.

Tabel 3.1: Voorbeeld van 6 maatgevende events.

EVENT	KENMERKEN BUI			
	duur	vorm	volume (mm)	herhalingstijd
1	2 dagen	blok	71,2	10
2	2 dagen	blok	100,9	100
3	2 dagen	blok	134,6	1000
4	2 uur	piek	35,5	10
5	2 uur	piek	55,7	100
6	2 uur	piek	80,5	1000

Figuur 3.5: Voorbeeld van de 6 verschillende buien (3 piekbuien en 3 blokbuien) als onderdeel van de door te rekenen events.



Twee vragen verdienen in de toekomst zeker nog nadere aandacht. Ten eerste de vraag rond de representativiteit van de 12 events en vervolgens het probleem van het inschatten van het jaarlijks risico op basis van deze beperkte data set.

In contact met het KNMI over de representativiteit van de 12 events is inmiddels het plan opgevat een vergelijking uit te voeren waarbij de resultaten van stap 1 van de methodiek (de wateroverlastkaart) naast de resultaten met een historische neerslag event (radarbeelden) wordt gelegd. Momenteel onderzoekt het KNMI de overdraagbaarheid van events naar andere gebieden zodat een realistische belasting van allerlei locaties met historische maatgevende events mogelijk wordt. Dan hebben we gelijk de invloed van het ontlastende effect van de omgeving (waar minder neerslag valt) in beeld. De verwachting is in ieder geval wel dat de locatie van knelpunten vergelijkbaar zal zijn. We gaan dus gewoon door met fase 2 van de BWN2-studie.

Het berekenen van het jaarlijks risico op basis van slechts enkele events zullen we eveneens nader bekijken, bijvoorbeeld in een vergelijkende case studie. Ook hier geldt dat er voldoende vertrouwen is in de opzet om de BWN2-studie volgens plan door te zetten.

3.3 Stap 0: Laatste visuele model check

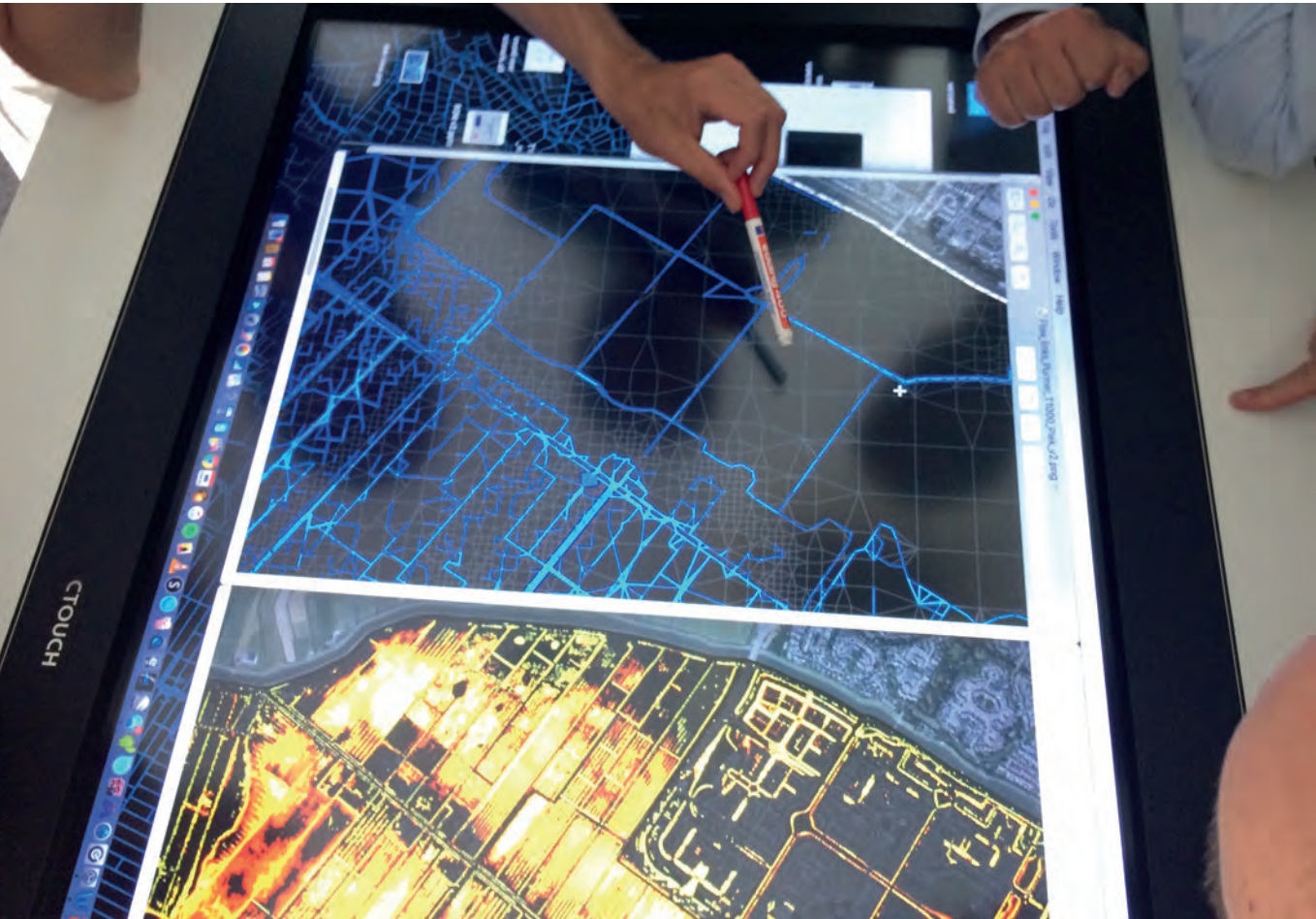
Op het moment dat de eerste overlastberekeningen worden gemaakt zijn veel modelleer-issues al de revue gepasseerd. Vaak zijn fouten in de schematisering teruggevoerd naar fouten in onderliggende data, die vervolgens zijn hersteld. Ook zullen aanpassingen in de 2D-quadtree structuur zijn doorgevoerd bijvoorbeeld via lokale verfijningen in het hoogtemodel (DEM). Het algehele berekende waterbeeld ziet er nu 'natuurgetrouw' uit en verrassende effecten kunnen nu goed vanuit systeemkennis of de beperkingen van het rekenrooster worden verklaard.

Dit is het moment waarop modellers en kenners van het gebied een visuele check kunnen uitvoeren, bijvoorbeeld met de overlastkaart en een kaart van het netwerk van rekenpunten. Figuur 3.6 toont de rekennetwerkkkaart en omvang overlastkaart van de Purmer.

Maar al analyserend kunnen veel meer vergelijkingen, bijvoorbeeld met onderliggende rasterkaarten worden gedaan. Dit alles helpt bij het opsporen van de laatste verbeterpunten en het doorvoeren van de laatste verfijningen in de schematisering. Op deze manier is het noodzakelijke vertrouwen in het model opgebouwd.

Veelgehoord is de zorg dat resultaten van hoge resolutie modellen er 'zo realistisch uitzien' dat een onterecht vertrouwen in die rekenresultaten op de loer ligt. Wij zien echter in de praktijk dat, veel vaker dan bij de traditionele (lumped) modellen, een correctie plaatsvindt op basis van gebiedskennis. Mensen die het systeemgedrag dus goed kennen uit de praktijk hebben meer dan ooit invloed op de kwaliteit van het model. Dit type modellen en zijn visualisatie nodigt daartoe namelijk veel meer uit.

Figuur 3.6: Visuele modelcontrole met specialisten van Hollands Noorderkwartier.



Figuur 3.7: Visuele check van de inundatie en plasvorming bij 1:10, 1:100 en 1:1000 tijdens de klankbordgroep bijeenkomst (juni 2017).



3.4 Overlastlocaties

3.4.1 Centrale wateroverlastkaart

De eerste stap in de praktische methodiek betreft het berekenen en visualiseren van de wateroverlast bij de maatgevende piek en blokbuien met een herhalingsstijd van 1:100 jaar. Tijdens deze stap worden in principe de 4 events per herhalingsstijd door-gerekend waarbij het effect in deze kaart als het ware wordt opgeteld (we presenteren de maximale waterdiepten per rekencel).

De overlastkaart uit figuur 3.8 kwam tot stand via een verkorte methode. Hier zijn slechts 2 events gebruikt: een piek- en een blokbui met gemiddelde initiële conditie en een herhalingsstijd van 100 jaar. In de onderliggende simulaties zijn deze buien over het gehele gebied tegelijk 'uitgestort'. Op die manier ontstaat een gebieds-dekkend beeld van extreme neerslag.

3.4.2 Aanvullende wateroverlastkaarten

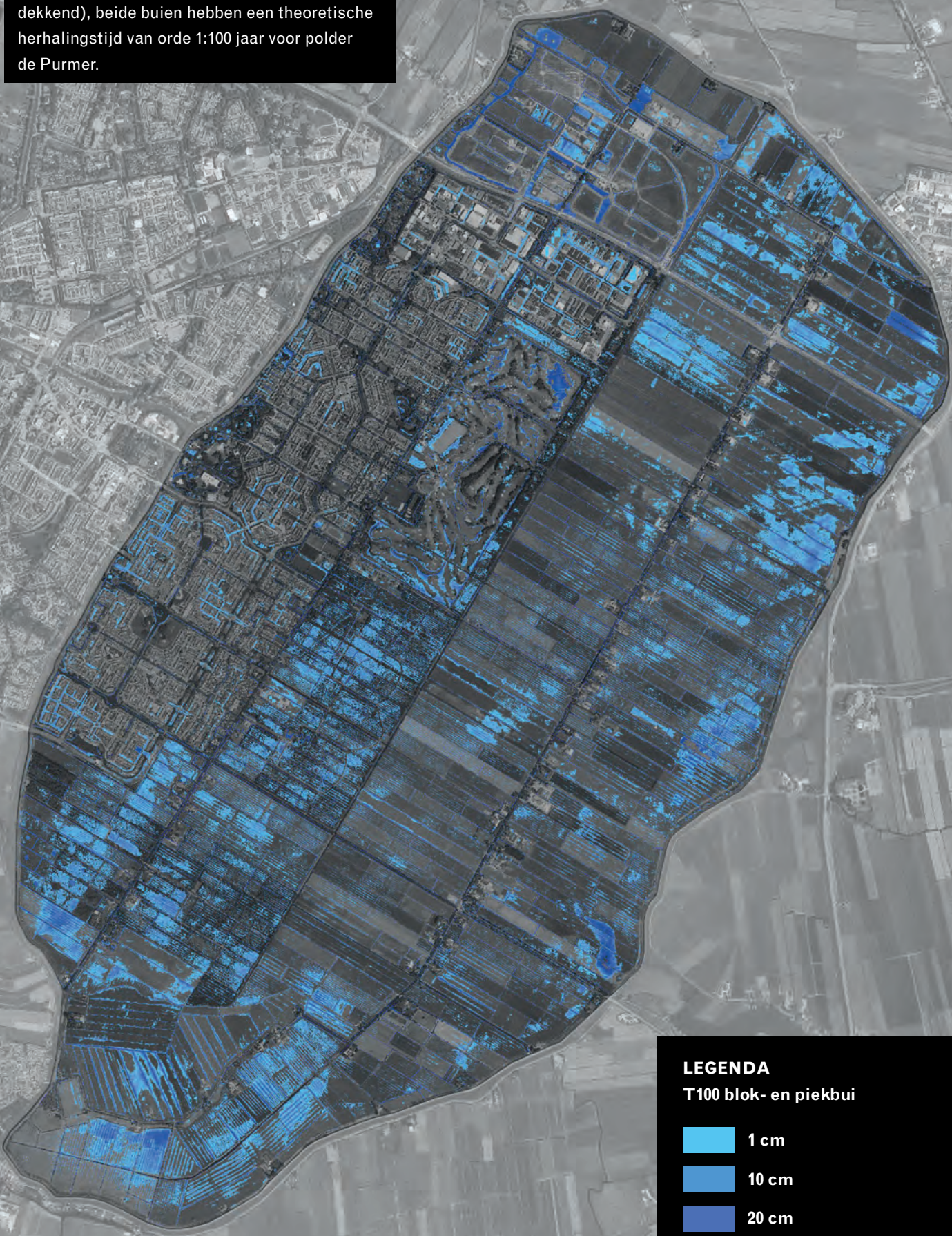
Naast de centrale kaart uit figuur 3.8 hebben we natuurlijk tal van mogelijkheden om de beschikbare informatie te presenteren. In figuur 3.9 en 3.10 zien we de overlast-kaarten voor de herhalingsstijden van 1:10 en 1:1000 jaar.

We kunnen vervolgens ook de gevolgen van de piek- en de gevolgen van een blokbui apart van elkaar tonen (zie figuur 3.11 en 3.12). Dit kan handig zijn bij het zoeken naar oplossingsrichtingen. De impact van piekbuien zal eerder in de haarvaten plaatsvinden en dus via maatregelen in de buitenruimte moeten worden opgepakt. De impact van blokbuien zal eerder de zwakke schakels in het watersysteem aan het licht brengen, en dus wijzen in de richting van watersysteemversterking.

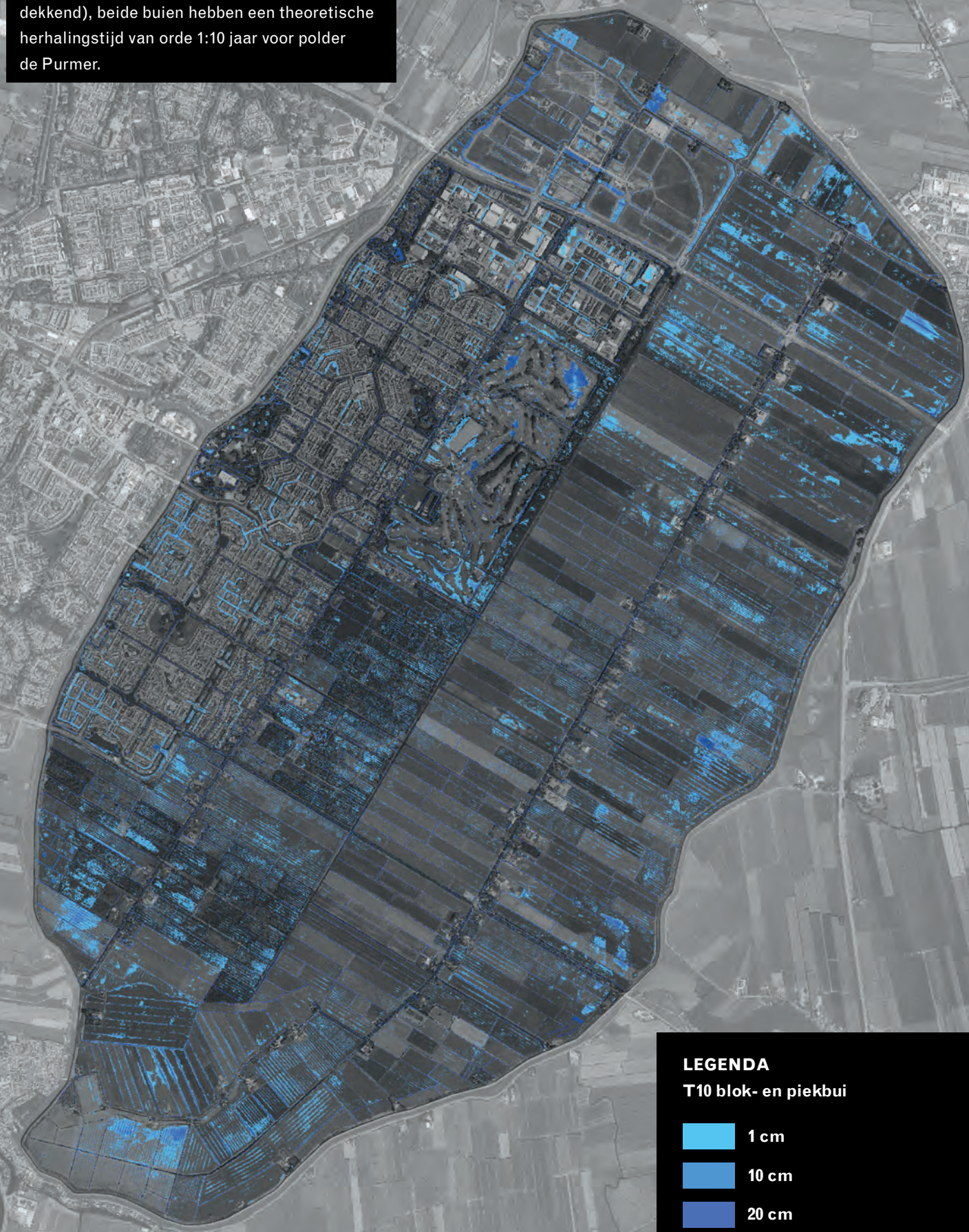
Het is natuurlijk de kunst om met een minimaal aantal beelden richting te geven aan het analyse- en zoekproces. Welk beeld kies je dan? Wij kiezen zoals gezegd voor het 1:100 jaar wateroverlastbeeld. 1:10 is te frequent, de kans op een 1:10 jaar bui ergens in de polder is namelijk veel groter dan 1:10 jaar. 1:1000 jaar is weer te zeldzaam voor een beeld van knelpunten waarvan het opheffen ook voor de alledaagse situatie verlichting zal moeten brengen. Dat laatste mede in verband met het draagvlak van maatregelen in de buitenruimte.

Naast deze kaarten is het ook interessant te kijken naar de omvang van de overlast-locaties voor de piek- en blokbuien apart, niet alleen in verband met het vinden van oplossingen, zoals boven al genoemd, maar ook om de aanname te verifiëren dat knelpunten bij toenemende belasting niet verspringen, maar slechts gradueel verschillen. In de figuren 3.11 en 3.12 is dit weergegeven.

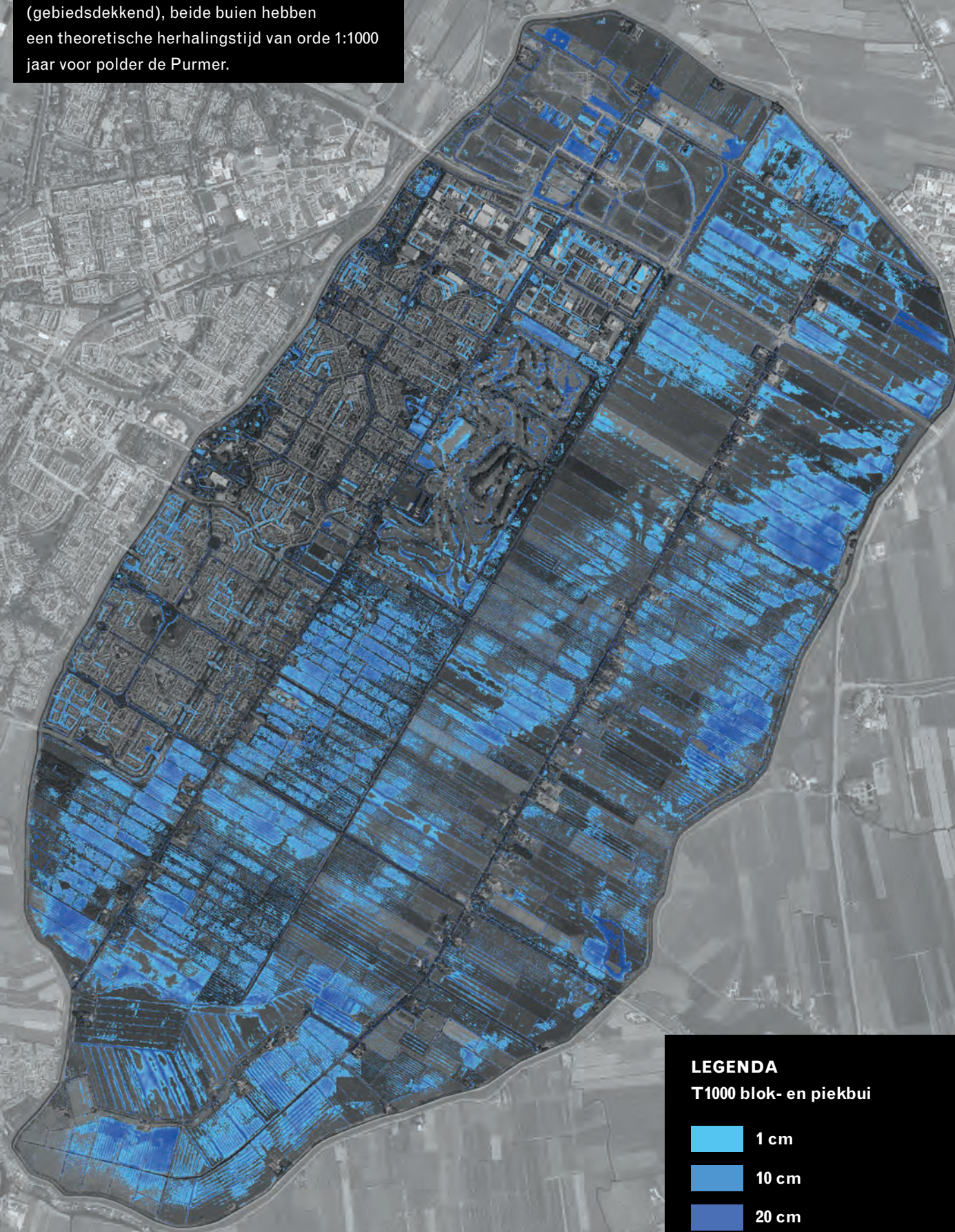
Figuur 3.8: 1:100-Wateroverlastkaart met inundaties en plasvorming als gevolg van een lokale piekbui (2 uur) en een lokale blokbui (2 dagen) bepaald voor alle locaties (gebieds-dekkend), beide buien hebben een theoretische herhalingsstijd van orde 1:100 jaar voor polder de Purmer.



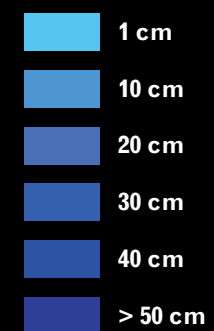
Figuur 3.9: 1:10-Wateroverlastkaart met inundaties en plasvorming als gevolg van een lokale piekbui (2 uur) en een lokale blokbui (2 dagen) bepaald voor alle locaties (gebieds-dekkend), beide buien hebben een theoretische herhalingsstijd van orde 1:10 jaar voor polder de Purmer.



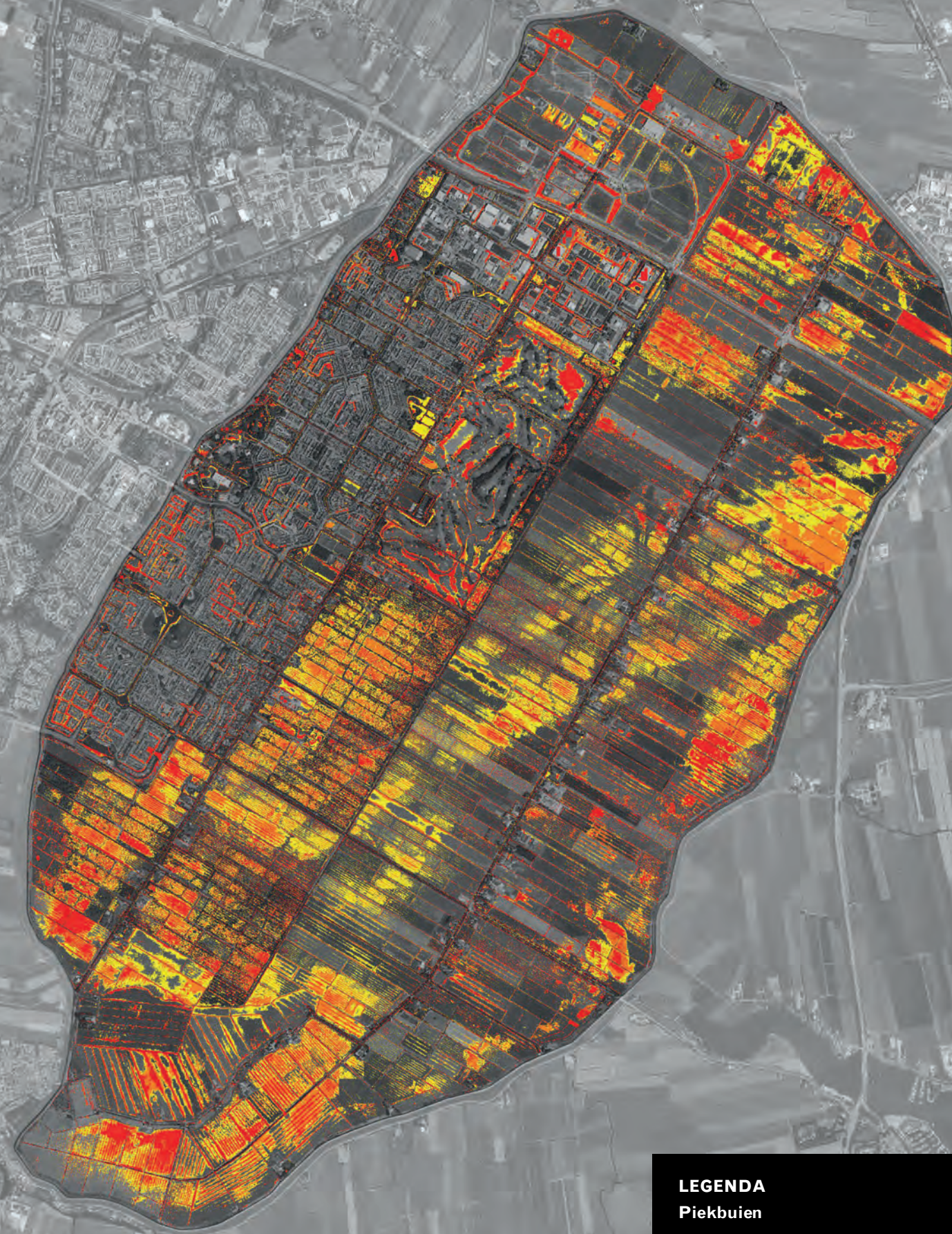
Figuur 3.10: 1:1000-Wateroverlastkaart met inundaties en plasvorming als gevolg van een lokale piekbui (2 uur) en een lokale blokbui (2 dagen) bepaald voor alle locaties (gebiedsdekkend), beide buien hebben een theoretische herhalingstijd van orde 1:1000 jaar voor polder de Purmer.



LEGENDA
T1000 blok- en piekbui



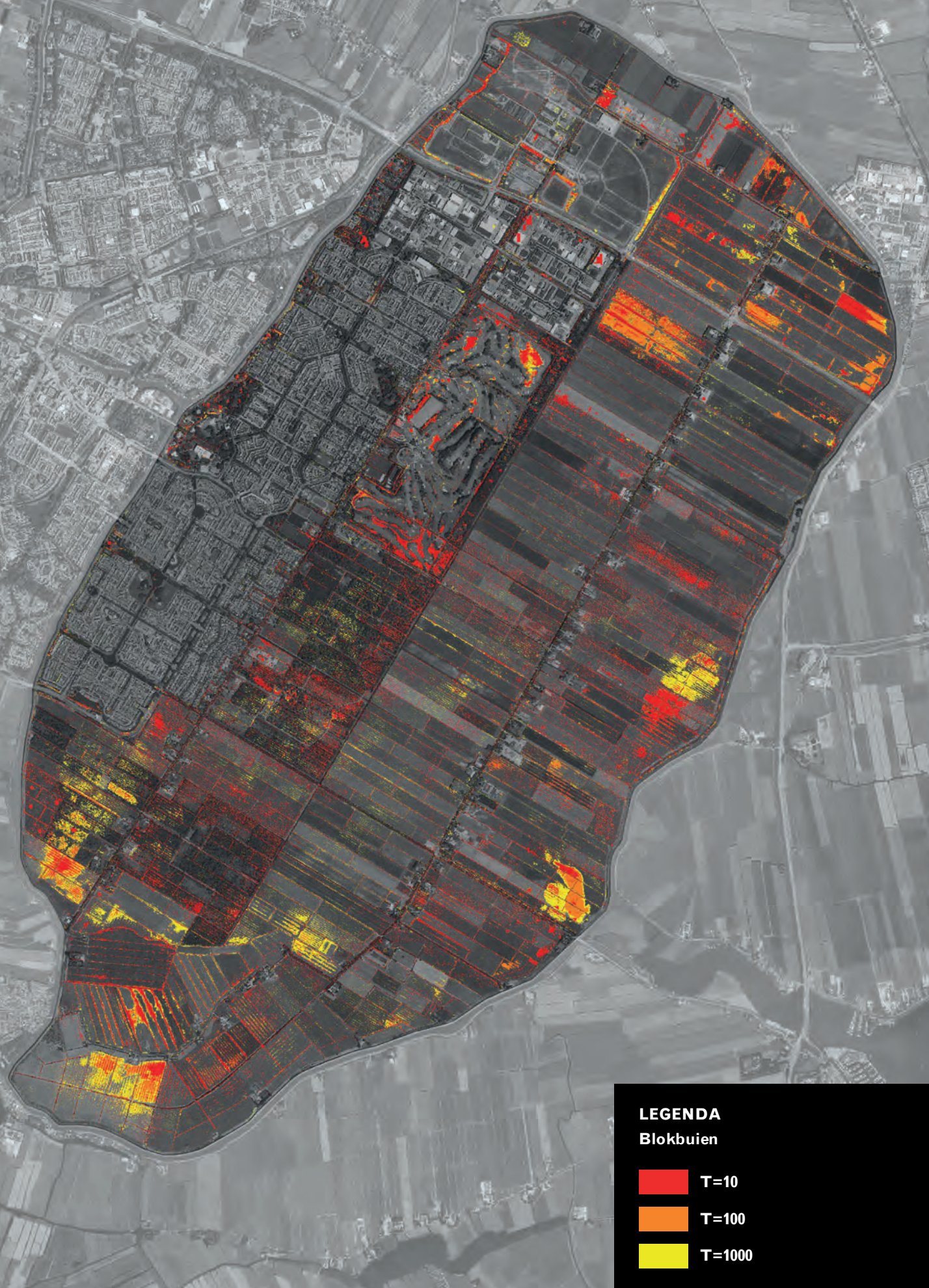
Figuur 3.11: Omvang overlast bij piekbuien met een herhalingstijd van 10 (rood), 100 (oranje) en 1000 jaar (geel) voor polder de Purmer.



LEGENDA
Piekbuien



Figuur 3.12: Omvang overlast bij blokbuien met een herhalingsstijd van 10 (rood), 100 (oranje) en 1000 jaar (geel) voor polder de Purmer.



3.5 Knelpunten

3.5.1 Uitval van objecten door water

Niet de waterplassen zijn essentieel, maar het effect daarvan op objecten zoals huizen, wegen en landbouwpercelen met kapitaalintensieve gewassen. Water is pas een knelpunt wanneer die objecten worden aangetast.

De knelpunten bepalen we door objectinformatie te koppelen aan de gecombineerde overlastbeelden bij de 3 verschillende herhalingsstijden. Per object bepalen we hierbij of het object bij de 1:10, 1:100 of 1:1000 jaar waterstand uitvalt. Valt het object uit bij een:

- 1:10 jaar waterstand (bij daarvoor geldend criterium), dan wordt de locatie gekenmerkt als 'zeer kwetsbaar';
- 1:100 jaar waterstand, dan wordt de locatie gekenmerkt als 'kwetsbaar';
- 1:1000 jaar waterstand, dan noemen we de locatie 'mogelijk kwetsbaar'.

Door gebruik te maken van deze standaard 'waterstand-uitval relaties' per object, die desgewenst verder kunnen worden verfijnd, is het genereren van knelpuntenkaarten grotendeels te automatiseren. Ook wanneer we de beschikbare nadere typering van objecten in de kwetsbaarheidsklassen betrekken is dit natuurlijk te automatiseren.

3.5.2 Uitval van panden

In figuur 3.13 en 3.14 onderscheiden we twee type objecten: panden en akkerbouw percelen. De panden 'vallen uit' bij waterdiepte groter dan een grenswaarde (in de hier beschreven analyse 10 cm). Figuur 3.13 toont de knelpuntenkaart voor panden in de polder de Purmer met onderscheid naar kwetsbaarheid. In het inlegkader in figuur 3.13 zien we dat ook schuurtjes nog binnen de selectie vallen. Bij een nadere ordening van knelpunten zullen die waarschijnlijk afvallen als object.

Deze grenswaarden van 10 cm levert een eerste vergelijkend beeld voor een 'gebiedsscan'. Natuurlijk zijn deze waarden later te differentiëren. Een aantal verfijningen liggen direct al voor de hand. Zo zouden objecten die een keteneffect veroorzaken sowieso het label 'kwetsbaar' of 'zeer kwetsbaar' kunnen meekrijgen. Voorbeelden zijn: elektriciteit distributie punten, datacentra, etc. Dit zou ook kunnen gelden voor objecten die veel schade oplopen bij uitval.

3.5.3 Uitval van percelen

Figuur 3.14 toont de knelpuntenkaart voor (landbouw)percelen in de polder de Purmer met onderscheid naar kwetsbaarheid. De percelen 'vallen uit' bij een inundatie oppervlak van meer dan 20% van het perceel ongeacht het moment binnen het groeiseizoen want dat wordt in deze scan niet meegenomen. Deze grenswaarden zijn net als bij de panden in eerste instantie arbitrair en dienen louter voor het opbouwen van een vergelijkend beeld en ter ondersteuning van een eerste 'gebiedsscan'. Bij de nadere ordening van knelpunten kunnen de grenswaarden stapsgewijs worden verfijnd.

3.5.4 Andere objecten

Op dezelfde wijze kunnen andere typen objecten zoals wegen, netwerkstations en andere typen gewassen (grasland) in een scan worden meegenomen.

Figuur 3.13: Knelpuntenkaart Panden voor polder de Purmer met onderverdeling in 'zeer kwetsbare' (uitval bij 1:10 jaar bui), 'kwetsbaar' (uitval bij 1:100 jaar bui) en 'mogelijk kwetsbaar' (uitval bij 1:1000 jaar bui). De lokale uitvergroting (kader) toont dat schuurtjes hier nog binnen de selectie vallen.



LEGENDA
Kwetsbaarheid

■	Zeer kwetsbaar
■	Kwetsbaar
■	Mogelijk kwetsbaar

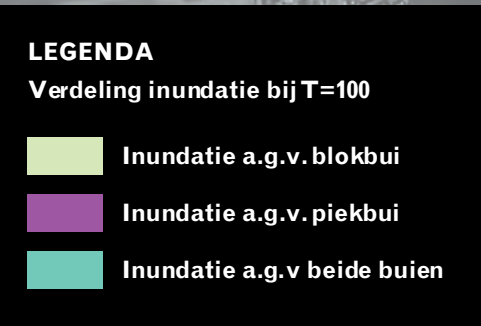
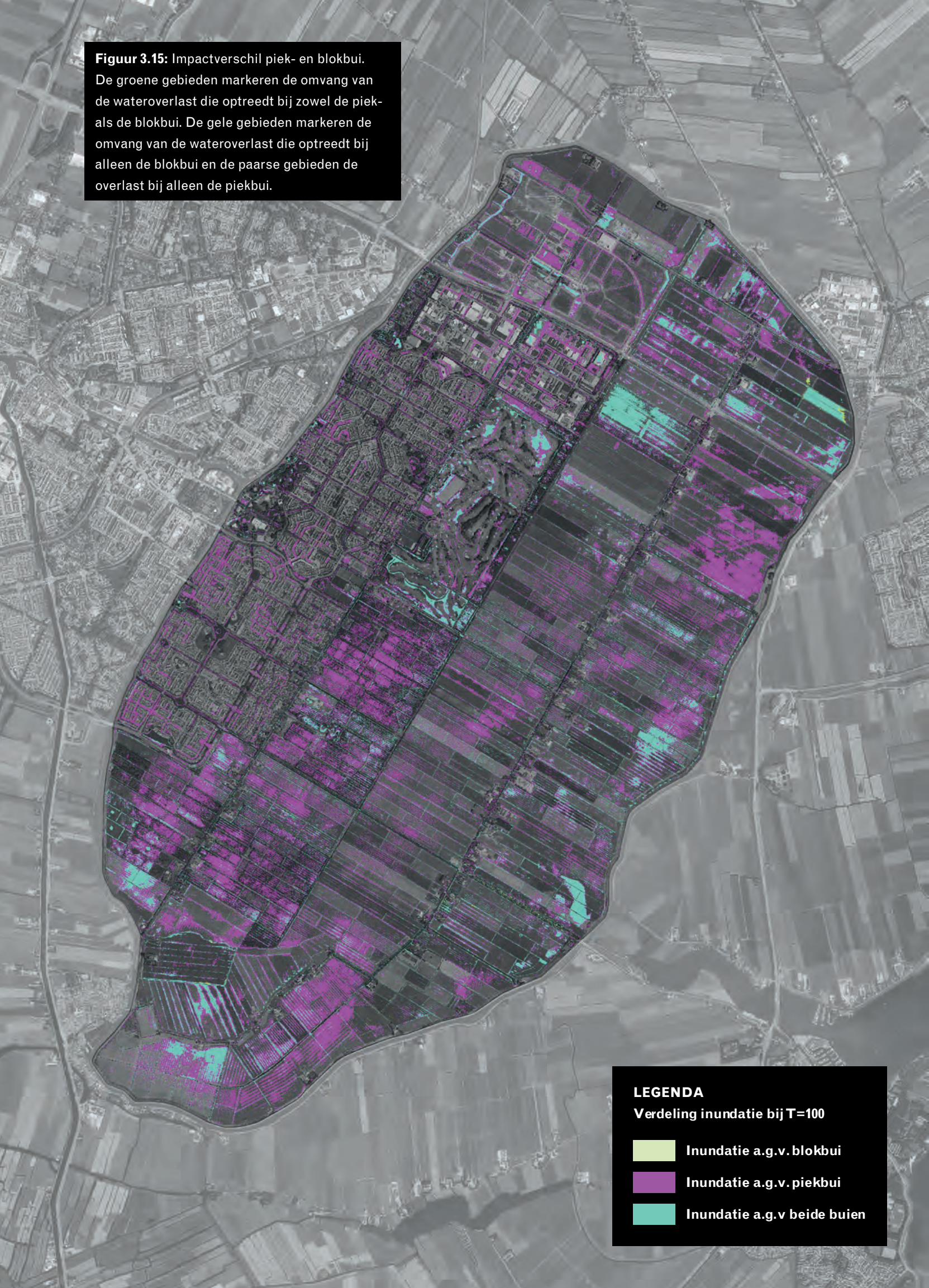
Figuur 3.14: Knelpuntenkaart Percelen voor polder de Purmer met onderverdeling in 'zeer kwetsbare' (rood, uitval bij 1:10 jaar bui), 'kwetsbaar' (oranje, uitval bij 1:100 jaar bui) en 'mogelijk kwetsbaar' (geel, uitval bij 1:1000 jaar bui).



LEGENDA
Kwetsbaarheid

■	Zeer kwetsbaar
■	Kwetsbaar
■	Mogelijk kwetsbaar

Figuur 3.15: Impactverschil piek- en blokbui.
De groene gebieden markeren de omvang van de wateroverlast die optreedt bij zowel de piek- als de blokbui. De gele gebieden markeren de omvang van de wateroverlast die optreedt bij alleen de blokbui en de paarse gebieden de overlast bij alleen de piekbui.



3.6 Haarvatproblemen of watersysteemproblemen?

Het zoeken naar oplossingsrichtingen is een combinatie van ervaringskennis en het interpreteren van de resultaten van ‘voor en na de maatregel’ berekeningen. Dit laatste om een inschatting te maken van de doelmatigheid van maatregelen. De kennis en ervaring moeten zorgen dat precies de meest kansrijke maatregelen worden door-gerekend.

Een belangrijke informatiebron voor het bepalen of een knelpunt in de buitenruimte moet worden opgelost, dan wel in het watersysteem, is de kaart uit figuur 3.15. Deze kaart toont het impactverschil tussen de piek- en de blokbui. De groene gebieden markeren de omvang van de wateroverlast die optreedt bij zowel de piek- als de blokbui. De gele gebieden markeren de omvang van de wateroverlast die optreedt bij alleen de blokbui, en de paarse gebieden de overlast bij alleen de piekbui.

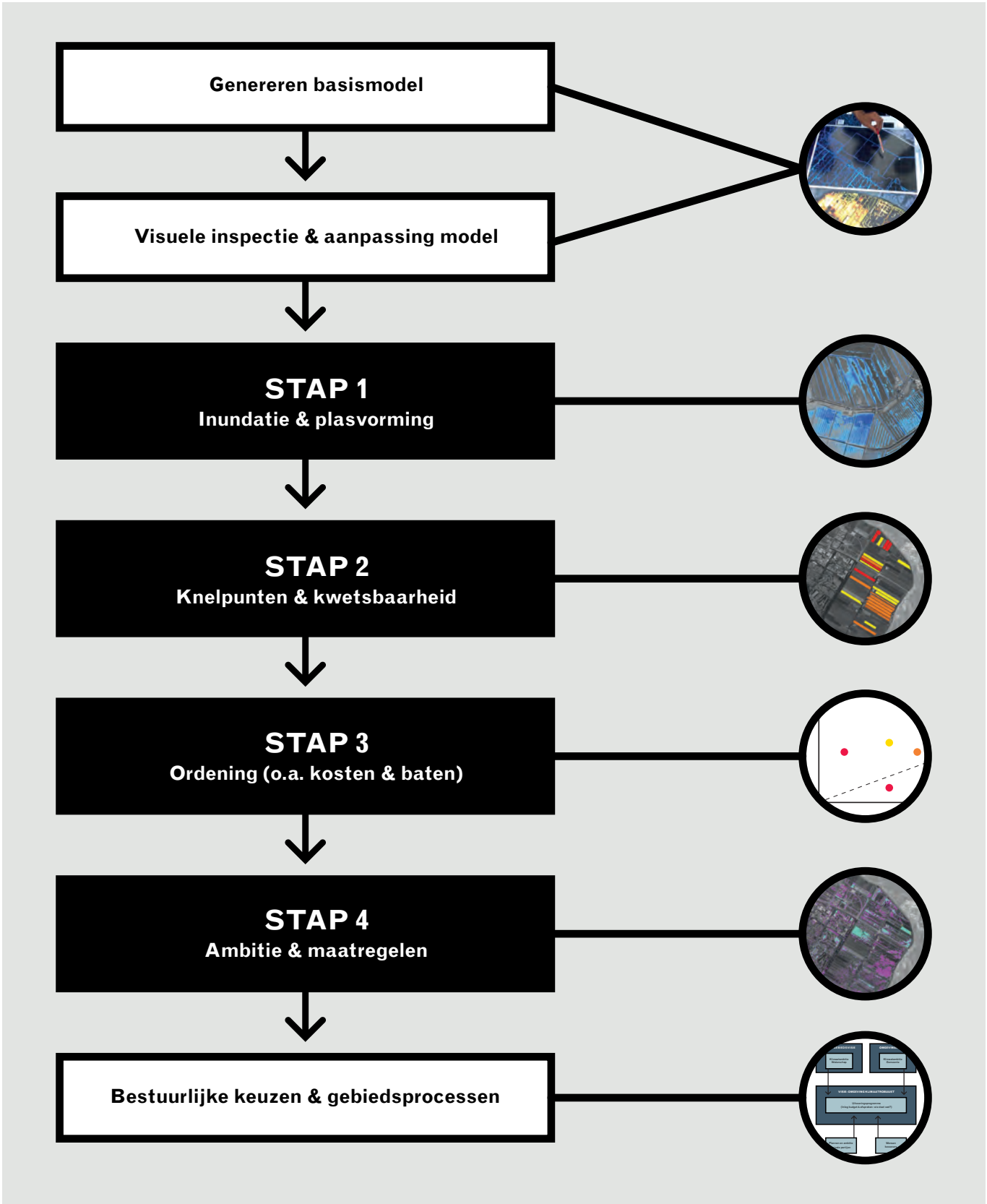
Een grove schifting naar type maatregelen is dan te maken: de ‘roze overlast’ vraagt om maatregelen in de buitenruimte. Voorbeelden zijn: het verhogen van drempels of via laagtes in de stedelijke omgeving voorkomen dat water nabij bebouwing te hoog kan oplopen, infiltrerende verharding, aanpassing straatprofiel, bodemverbetering, uitgekiende maaiveldshaping, etc.). De ‘gele overlast’ eerder om watersysteem maatregelen (oplossen knelpunten als gevolg van duikers, vergroting open water oppervlak etc.).

Een ander interessant onderscheid is dat van de herkomst van water op het maaiveld. De software waarmee dit uit de berekende 3Di-resultaten kan worden gevisualiseerd wordt momenteel ontwikkeld. Gepresenteerd kan daarmee worden of water op het maaiveld afkomstig is van inundatie vanuit het open water (NBW-mechanisme, ingrijpen in het watersysteem) of van lokaal gevallen neerslag (ingrijpen in de haarvaten). Ook dit onderscheid kan dus richtinggevend zijn bij het zoeken naar maatregelen.

4 Stappen schematisch

Figuur 4.1 toont samenvattend de stappen in de brede methodiek voorafgegaan door het genereren van een basismodel en de controle van dat model, mede aan de hand van visuele inspectie van de rekenresultaten. Na de vier stappen zijn knelpunten in beeld gebracht, is een ambitie met betrekking tot het oplossen daarvan geformuleerd, en zijn kansrijke oplossingsrichtingen in kaart gebracht. Met deze informatie kunnen met de partners in de gebieden de diverse gebiedsprocessen worden gefaciliteerd. Het gaat dan om de bestuurlijke keuzen die moeten worden gemaakt en die moeten leiden tot concrete uitvoeringsprogramma's.

Figuur 4.1: Stappen in de brede methodiek voorafgegaan door het genereren van een basis 3Di-model en door een visuele inspectie en aanpassing van het model. Na Stap 4 is een gebiedsbrede klimaatambitie geformuleerd en zijn oplossingsrichtingen in beeld. Dan kunnen bestuurlijke keuzen worden gemaakt en per gebied, met partners, uitvoeringsprogramma's worden vastgesteld.



Colofon

Opdrachtgever

De in dit rapport beschreven methodiek is tot stand gekomen in het kader van de studie Bescherming Wateroverlast Noorderkwartier (BWN-2) die is uitgevoerd in opdracht van het hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier.

De studie is mede tot stand gekomen met financiële steun vanuit het programma Topconsortia voor Kennis en Innovatie (TKI) van de Topsector Water.

Auteur

Elgard van Leeuwen, Deltares

Rapportstatus

Definitief na interne review en goedkeuring

Team opdrachtgever

Maarten Poort, Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier
Marcel Boomgaard, Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier
Jeroen Hermans, Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier
Matthijs Hekstra, Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier
Michael Pieterse, Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier
Doeke Dam, Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier

Opdrachtnemers

De studie is uitgevoerd door Deltares in samenwerking met Nelen & Schuurmans

Projectteam

Elgard van Leeuwen, Deltares
Govert Verhoeven, Deltares
Louise Klingen, Deltares
Doeke Kampman, Nelen & Schuurmans
Wytze Schuurmans, Nelen & Schuurmans
Anne Leskens, Nelen & Schuurmans

Klankbordgroep

De voorgestelde methodiek is met diverse mensen uit het werkveld besproken. Daarbij zijn onder andere de volgende personen geraadpleegd:

Saskia Jouwersma, Hoogheemraadschap van Delfland
Martijn Heinhuis, Hoogheemraadschap van Delfland
Paul Strohschein, Hoogheemraadschap van Delfland
Gert Dekker, Ambient
Daniel Goedbloed, Waternet

Ontwerp

Theo Horstink

