



Methodiekontwikkeling integrale risicoanalyse voor wateroverlast

Case IJsselmonde

Opdrachtgever



STOWA & Waterschap Hollandse Delta



Methodiekontwikkeling integrale risicoanalyse voor wateroverlast



Case IJsselmonde

Concept rapport

Auteurs

Dorien Honingh
Bas Kolen
Bart Thonus
Roy Dagevoorde
Mattijn van Hoek

PR3680.40

april 2023

Inhoud

1	Inleiding	1
1.1	Aanleiding	1
1.2	Doelstelling van deze studie	2
1.3	Aanpak van het onderzoek	3
1.4	Begrippenkader	4
2	Integrale risicoanalyse	6
2.1	Inleiding	6
2.2	Stappenplan integrale risicoanalyse	7
2.3	Benadering 1 – knelpunten o.b.v. normering	7
2.4	Benadering 2 – knelpunten o.b.v. blootstellingseis	8
3	System- en stakeholderbeschrijving projectgebied het Waaltje	11
3.1	Systeembeschrijving	11
3.2	Stakeholders	12
4	Risico's referentiesituatie	13
4.1	Dreigingen	13
4.2	Uitwerking risico's	14
5	Definitie knelpunt	19
6	Impact van maatregelen Case nieuwbouw	23
6.1	Situatieschets	23
6.2	Te beschouwen maatregelen	23
6.3	Benadering 1	24
6.4	Benadering 2	26
6.5	Verschillen tussen benadering 1 en 2	28
7	Impact van maatregelen Case bestaande bouw	29
7.1	Situatieschets	29
7.2	Te beschouwen maatregelen	29
7.3	Benadering 1	30
7.4	Benadering 2	31
7.5	Verschillen benadering 1 en 2	33
8	Conclusies en aanbeveling	35

8.1	Conclusies	35
8.2	Aanbevelingen	38
9	Reflectie onderzoeksvragen STOWA	39
	Referenties	45
	Bijlagen	47
A	Vigerende veiligheidsbenadering	49
B	STOWA-onderzoeksvragen	56
C	Stappenplan integrale risicoanalyse	59
D	Piekneerslag inundatiebeelden	65
E	Vergelijking piekneerslag resultaten WSS en SSM	66
F	Vergelijken gegevens verzekeraar met resultaten WSS	67
G	Aanvullende toelichting bij beschouwde maatregelen case nieuwbouw en bestaande bouw	68
H	Case nieuwbouw - diagrammen	70
I	Case bestaande bouw - diagrammen	71

1 Inleiding

1.1 Aanleiding

Het begrip risico heeft vol de aandacht van waterschappen, gemeenten, provincies en Rijkswaterstaat (RWS) binnen het Deltaprogramma Ruimtelijke Adaptatie (DPRA). Sinds 2018 is STOWA betrokken bij verkennende studies naar en de ontwikkeling van een integrale risicoanalyse voor wateroverlast.

In dit voortraject is er binnen opdrachten van de commissie wateroverlast gefocust op:

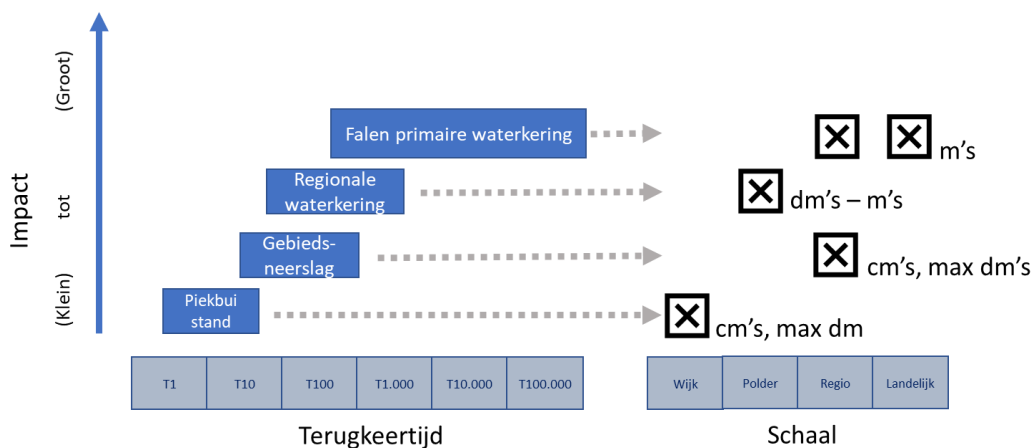
1. Integrale risicoanalyse – Dilemma’s en kennisvragen (HKV, 2018);
2. Integrale risicoanalyse – cases (HKV, 2019);
3. Integrale risicoanalyse voor wateroverlast: doen of laten? (HKV & Ambient, 2021).

Binnen een risicoanalyse wordt gekeken naar zowel de kans van voorkomen van regionale wateroverlast als de mogelijke gevolgen ervan en hoe die beïnvloed kunnen worden. Wat een risicoanalyse “integraal” maakt, is dat niet één specifieke bron van wateroverlast wordt gekeken, maar naar alle vormen van wateroverlast die gekoppeld zijn aan extreme neerslagsscenario’s en overstromingen. We kijken naar: overlast door piekbuien (type 3), overlopen van sloten en watergangen door gebiedsneerslag (type 4), doorbreken van regionale- (type 5) en primaire (type 6) waterkeringen en overlast in buitendijks gebied (type 7). Wateroverlast door bijvoorbeeld open ramen laten we buiten beschouwing. Ook wateroverlast door hoge grondwaterstanden laten we buiten beschouwing omdat dat een veel trager proces is en niet zozeer gekoppeld aan piekbuien maar aan seizoensneerslag.



Figuur 1 Onderscheid in verschillende typen waterschade. (HKV e.a., 2009).

Deze verschillende oorzaken van wateroverlast hebben ieder hun eigen ontwerprichtlijnen en normeringen (Figuur 2). Deze normen hebben onderlinge samenhang, maar worden veelal los van elkaar beschouwd. De samenhang is dat deze normen zijn gebaseerd op een onderliggende risicoanalyse, en dat de eisen aan beschermingsniveaus hoger zijn naarmate de gevolgen groter zijn. Een doorbraak in een primaire kering heeft in het algemeen de grootste gevolgen. Dit komt enerzijds omdat de eisen waarin primaire keringen moeten voldoen het strengst zijn in vergelijking met de andere categorieën (ze moeten immers de meeste waarde beschermen). Anderzijds geldt dat als het misgaat, dan zal naar alle waarschijnlijkheid sprake zijn van een zeer extreem scenario en dan zullen ook de gevolgen groter zijn in vergelijking met de andere categorieën. Het tegenovergestelde geldt voor een piekbui: die komen naar rato veel vaker voor, maar hebben over het algemeen kleinere, lokale consequenties. In bijlage A is een overzicht opgenomen van deze verschillende normen en hoe deze tot stand zijn gekomen.



Figuur 2 Samenhang normen (HKV & Ambient, 2021).

Waterbeheerders nemen door de losse normen in de praktijk ingrepen vaak los van elkaar, waardoor ook de effecten van maatregelen los van elkaar worden beschouwd. De maatregelen concentreren zich regelmatig op het watersysteem zelf, omdat dat de plek waar de waterbeheerder grip op heeft en over gaat. Hierdoor worden mogelijk kansen onbenut gelaten voor minder kostbare en ingrijpende maatregelen die worden ingegeven vanuit een andere normeringscategorie, of vanuit een ander ruimtelijk schaalniveau. Het is de verwachting dat de gevolgen van regionale wateroverlast kunnen worden verkleind door het treffen van ruimtelijke maatregelen en crisisbeheersing. Daarnaast kan klimaatverandering leiden tot alsmear strengere eisen aan het watersysteem, waarbij het de vraag is of andere maatregelen voor de toekomst passender zijn dan in de huidige situatie. Een maatregel waaraan gedacht kan worden is bijvoorbeeld een ander type grondgebruik.

Binnen deze opdracht moet de methode van integrale risicoanalyse wateroverlast weer een stap verder worden gebracht en wordt toegewerkt naar een reproduceerbare en in de praktijk toepasbare methodiek. Dit sluit ook aan bij aanbeveling 17 van de Beleidstafel Wateroverlast: "Verbeter de toepassing normering wateroverlast uit regionale watersystemen door waterschappen en STOWA de mogelijkheden te laten verkennen van een integrale risicobenadering, waarbij naast inundatie vanuit regionale watersystemen ook naar de risico's voor overlast door falen van regionale waterkeringen en water op straat wordt gekeken". Voor het verder ontwikkelen en uitwerken van de methodiek zijn vier pilotgebieden aangewezen:

1. De pilot IJsselmonde (betreft deze studie)
2. De pilot Friesland (Witteveen+Bos)
3. De pilot Hunze en Aa's (SWECO)
4. De pilot Limburg (Aveco de Bondt)

In het vervolg van dit document werken we de pilot IJsselmonde nader uit.

1.2 Doelstelling van deze studie

1.2.1 Doelstelling

Het doel van deze pilot studie is het in samenwerking met het waterschap Hollandse Delta uitwerken van de integrale risicoanalyse voor wateroverlast in twee verschillende benaderingen.

In de eerste benadering worden wateroverlast knelpunten gedefinieerd als niet wordt voldaan aan de bestaande normen. In de tweede benadering worden eisen gedefinieerd aan de kans op een bepaalde mate van blootstelling aan overlast. Op basis van deze toepassing is het doel te reflecteren op de onderzoeksvragen opgesteld door STOWA. Deze onderzoeksvragen zijn in de volgende paragraaf benoemd.

1.2.2 Achterliggende onderzoeksvragen STOWA

Het doel van het STOWA-onderzoek waar deze pilotstudie onderdeel vanuit maakt, is om voor verschillende gebiedstypen in Nederland:

- Inzicht te geven in de wijze waarop het beschermingsniveau voor wateroverlast van een beschermd belang uitgedrukt kan worden, vanuit het perspectief van een integrale risicoanalyse.
- Inzicht te geven in de voor- en nadelen van de toepassing van een integrale risicoanalyse door deze te vergelijken met de huidige (sectorale) werkwijze.

De STOWA heeft verschillende onderzoeksvragen opgesteld welke zijn opgenomen in bijlage B. Aan het einde van dit rapport wordt in hoofdstuk 9 thematisch op de STOWA-onderzoeksvragen gereflecteerd.

1.3 Aanpak van het onderzoek

Het onderzoek heeft plaatsgevonden in opdracht van de STOWA, waarbij Ambient als projectleider namens de STOWA fungeerde. Er zijn 3 landelijke sessies geweest met de STOWA, Ambient en de verschillende pilots vertegenwoordigd door zowel de waterschappen (waterschap Hollandse Delta, waterschap Hunze en Aa's, Wetterskip Fryslân en waterschap Limburg) als de uitvoerende bureaus (SWECO, Witteveen+Bos, Aveco De Bondt en HKV).

Naast de landelijke bijeenkomsten zijn vanuit HKV vier workshops in vijf sessies georganiseerd met verschillende experts van waterschap Hollandse Delta, gemeente Hendrik-Ido-Ambacht, gemeente Zwijndrecht en de provincie Zuid-Holland. Het doel hiervan was:

- Het gezamenlijk doorlopen van het stappenplan van de integrale risicoanalyse zoals beschreven in paragraaf 2.2. Hierbij zijn twee benaderingen voor het definiëren van knelpunten en mogelijke maatregelen uitgewerkt.
- het bundelen van verschillende invalshoeken (o.a. hydrologie, keringen, adaptatie, ruimtelijke ordening, crisisbeheersing, bestuurlijk) en gezamenlijk de voor- en nadelen van verschillende aanpakken te bespreken.

Tenslotte was er een tweewekelijks overleg in kleiner comité waarbij in ieder geval de projectleider vanuit het waterschap, de projectleider vanuit HKV en begeleider van Ambient namens de STOWA aanwezig waren.

1.4 Begrippenkader

Geconstateerd is dat vanuit de verschillende werkvelden meerdere interpretaties bestaan van de betekenis van begrippen. Historisch gezien is dat logisch en begrijpelijk, maar het blijft daardoor voor de verschillende 'werelden' van waterbeheer en crisisbeheersing een uitdaging om elkaar daadwerkelijk te begrijpen. Hieronder zijn enkele begrippen beschreven die in deze studie gebruikt worden; een aanzet tot een uniform begrippenkader.

Risico staat voor het product van de kans van optreden van wateroverlast en de gevolgen. Wat een risicoanalyse "integraal" maakt, is dat niet één specifieke bron van wateroverlast wordt gekeken, maar naar alle vormen van wateroverlast die gekoppeld zijn aan extreme neerslagscenario's en overstromingen.

De kans van optreden volgt uit het functioneren van verschillende watersystemen (en de wateroverlast die ontstaat door extreme neerslag in stedelijke en landelijke omgeving en door doorbraken van primaire en regionale waterkeringen). De kans kan worden beïnvloed door allerlei maatregelen als extra berging, vergroten van de afvoercapaciteit en dijkversterking. De gevolgen worden bepaald door het ontwerp van de ruimtelijke inrichting van de omgeving en de crisisbeheersing. Ook de ruimtelijke omgeving en de crisisbeheersing kunnen dus bijdragen aan de reductie van risico. Denk bijvoorbeeld aan het ontwikkelen van nieuwbouw op andere locaties en aangepast bouwen. Het risico dat na deze ingrepen resteert is het 'geaccepteerde risico'.

De **plaatsgebonden overstromingskans** geeft de kans dat een locatie in één jaar te maken krijgt met een bepaalde overstroming.

Onder het **watersysteem** verstaan we het waterhuishoudkundig stelsel van riolen, pompen, sloten, bergingsgebieden en waterkeringen. Veel van deze systemen zijn ontworpen aan de hand van normen. Zo maakt een bergingsgebied onderdeel uit van het watersysteem, maar kan ook een waterplein. Er is namelijk met het dimensioneren van de watergangen rekening met het functioneren van de bergingsmogelijkheden.

Onder de **ruimtelijke omgeving** verstaan we de openbare ruimte en de bebouwde omgeving. Dit gebied is in essentie niet bedoeld om te overstromen maar het kan optreden bij extreem weer. De ruimtelijke omgeving kan ook worden benut om bij neerslag water te bergen op plaatsen waar minder schade optreedt bij wateroverlast (water op straat bijvoorbeeld), of in parken. Onder de ruimtelijke omgeving wordt ook aangepast bouwen verstaan en de locatiekeuzes. Zo kunnen woningen verhoogd worden gebouwd en kunnen ook noodschotten worden gebruikt om de kans op overlast te verkleinen.

Onder (**crisis**)**beheersingsmaatregelen** (of noodmaatregelen) verstaan we de inzet van professionals of burgers/bedrijven, die tijdens (of direct voor) een crisis scenario maatregelen nemen.

Inundaties is de overkoepelende term voor wateroverlast door neerslag en door overstromingen. Wateroverlast kan worden uitgedrukt in:

- **Inundatiediepte:** de waterdiepte in het gebied als het watersysteem wordt overbelast.
- **Inundatieduur:** de tijd dat een gebied onder water staat.

Onder het **acceptabel risico** verstaan we een waarde die wordt geaccepteerd als aanvaardbaar risico. Dat kan zijn omdat maatregelen dan niet meer kosteneffectief zijn, maar ook bestuurlijke afwegingen spelen een rol. Dit principe is veelal toegepast bij de uitwerking van de huidige normen. Dit risico kan ook worden gebruikt als een **blootstellingseis** die gebruikt kan worden als ontwerpcriterium voor een gebied op basis van een **risicoprofiel**. Hierbij is gedefinieerd welke **blootstelling** acceptabel verondersteld wordt. Dit passen we toe bij benadering 2 in dit onderzoek.

In theorie zijn er oneindig veel scenario's mogelijk die kunnen leiden tot inundaties. Het gaat bijvoorbeeld om combinatie van extreme neerslag met het functioneren van gemalen in het watersysteem, de berging in de bodem en/of riool, verstoppingen, sterkte van waterkeringen en/of noodmaatregelen. In een risicoanalyse wordt gebruik gemaakt van verschillende **scenario's**. Een scenario is in dit geval een beschrijving van het verloop van de gebeurtenis, gegeven een set randvoorwaarden. Deze definitie van een scenario gaat dus over gebeurtenissen en heeft geen betrekking op scenario's die worden gedefinieerd in het kader van langjarige klimaatverandering en trends. De kans op een dergelijk scenario (of deze klasse) kan worden bepaald op basis van de kans van voorkomen van de onderliggende randvoorwaarden. Een andere manier is het gebruiken van een langjarige tijdreeks op basis waarvan statistische relaties kunnen worden bepaald.

De **kosten** bestaan uit de kosten voor het nemen en onderhouden van maatregelen. De **baten** bestaan uit de reductie van het risico ten opzichte van de referentiesituatie. De baten kunnen ook negatief zijn door neveneffecten van deze maatregelen. De **totale kosten** bestaan uit de contante waarde van de investeringen en de contante waarde van het risico. Doelmatigheid is de verhouding tussen kosten en baten. In dit onderzoek zoeken we naar het optimum, waarbij de totale kosten minimaal zijn.

Het concept **Meerlaagsveiligheid** (MLV) is een waterveiligheidsbeleid voor overstromingen uit het hoofdwatersysteem. Deze benadering werkt in drie 'lagen'. De eerste laag is preventie: het zoveel mogelijk voorkomen van een overstroming. De tweede laag richt zich op het realiseren van een duurzame ruimtelijke inrichting van ons land. De derde laag zet in op een betere (organisatorische) voorbereiding op een mogelijke overstroming (rampenbeheersing). Meerlaagsveiligheid gaat uit van een risicobenadering, het gaat om zowel kansen op als mogelijke gevolgen van overstromingen. Door de beleidstafel hoogwater en wateroverlast zijn hier nog laag 4 herstel en laag 5 waterbewustzijn aan toegevoegd.

Het **Lokaal Individueel Risico** (LIR) is de jaarlijkse kans dat een denkbeeldig persoon op een bepaalde locatie komt te overlijden door een overstroming, rekening houdend met de evacuatiemogelijkheden. In Nederland vastgesteld op maximaal 1/100.000 per jaar.

Het **gelijkheidsbeginsel** is een algemeen principe dat iedere burger (wettelijk) gelijke rechten en een gelijke behandeling in gelijke gevallen toekent.

2 Integrale risicoanalyse

2.1 Inleiding

De integrale risicoanalyse richt zich op alle inundaties die ontstaan in combinatie met neerslag in een (stroom)gebied. Centraal staat de term risico, gedefinieerd als kans x gevolgen. Het gaat hier over de kans op inundaties die volgt uit statistieken over neerslag, berging- en afvoermogelijkheden en faalkansen van waterkeringen. De gevolgen betreffen de inundatiedieptes als het systeem wordt (over)belast en worden uitgedrukt in een inundatiediepte, schaderisico of inundatieduur. Het gaat dus om wateroverlast door zowel piekneerslag, gebiedsneerslag, hoogwater en dijkdoorbraken.

Het schaderisico kan worden uitgedrukt in een verwachtingswaarde (als de hoeveelheid schade per jaar). In deze verwachtingswaarde is rekening gehouden met alle scenario's die tot wateroverlast leiden en hun kans van voorkomen. Het schaderisico beschrijft de jaarlijks verwachte impact door wateroverlast. Een waterrisicoprofiel laat al zien hoe vaak een bepaalde blootstelling, schaderisico of inundatieduur optreedt (en voor welk scenario) op een bepaalde locatie voorkomt, dit is dus een plaatsgebonden kans op wateroverlast. Ook kan de bijdrage van een wateroverlastscenario aan het jaarlijkse schaderisico inzichtelijk worden gemaakt. Sommige scenario's dragen veel bij, andere weinig. Ook kan veel gerichter worden gekeken wat de oorzaken zijn van knelpunten deze aanpakken.

Maatregelen kunnen worden genomen om het risico te verkleinen, waarbij zowel de kans op voorkomen van wateroverlast als de gevolgen kunnen worden aangepast. Het risico kan worden beïnvloed door:

- Aanpassingen aan het watersysteem (preventie). Deze beïnvloeden veelal de kans van optreden, maar kunnen ook effect hebben op de gevolgen.
 - Op een andere locatie ontwikkelingen, of ruimtelijke inrichting, of ontwerp van gebouwen (ruimtelijke ordening of inrichting) plaats te laten vinden. Deze laatste zijn altijd lokaal en verkleinen de gevolgen. De locatiekeuze is alleen mogelijk bij nieuwe ontwikkelingen.
 - Een slimme inzet van crisis- of beheermaatregelen (crisisbeheersing), inclusief het herstel.
- Deze indeling komt overeen met de indeling van Meerlaagsveiligheid (zie begrippenkader en STOWA, 2017) voor primaire waterkeringen.

Per gebied of object kan door het meenemen van alle oorzaken van wateroverlast en de correlaties hiertussen bepaald worden wat de kans op een bepaalde waterdiepte is bij dit object, en waardoor deze overlast wordt veroorzaakt. Hoe vervolgens omgegaan wordt met de resulterende risico's kan op verschillende manieren, waarbij in deze studie onderscheid is gemaakt in 3 verschillende aanpakken:

- **De huidige aanpak** waarbij alleen wordt gekeken naar normen voor watersystemen. In geval van knelpunten wordt gekeken naar de maatregelen die horen bij het watersysteem waarin de knelpunten optreden.
- De integrale aanpak **benadering 1** waarbij nog steeds naar deze normen wordt gekeken, maar waar bij de maatregelen integraal wordt gekeken of andere baten te halen zijn bij de andere watersystemen. Ook wordt expliciet gekeken naar de mogelijkheden van volgreperking als alternatief voor maatregelen in het watersysteem.

- In de integrale aanpak **benadering 2** staat de blootstelling centraal. Per vorm van grondgebruik of functie kunnen eisen zijn gedefinieerd hoe vaak een bepaalde diepte (of schade, etc.) mag optreden. Hierbij worden risicoprofielen gebruikt. Daarbij is aangenomen dat het watersysteem voldoet aan de normen, vooral omdat deze normen vaak al economisch doelmatig zijn. Bij knelpunten kan zowel worden gekeken naar maatregelen om de gevolgen als de kansen te verkleinen.

Het effect van maatregelen is bepaald door de situatie voor en na het nemen van de maatregel met elkaar te vergelijken, om zo een afweging van kosten en baten te maken. De combinatie van kans en gevolg van de optredende scenario's geeft steeds het risico. Een referentiesituatie is vergeleken met de situatie inclusief maatregelen. De baten zijn gelijk aan de risicoreductie, de kosten zijn gelijk aan de investeringen die gedaan moeten worden om deze baten te halen. Door de kosten en baten van verschillende maatregelen op deze manier met elkaar te vergelijken kan de effectiviteit van maatregelen ten opzichte van elkaar worden vastgesteld.

2.2 Stappenplan integrale risicoanalyse

Het opgestelde stappenplan voor de integrale risicoanalyse die in het vervolg van het rapport is uitgewerkt, is als volgt:

- Stap 1: Opstellen van een systeembeschrijving en selectie van stakeholders;
- Stap 2: Uitwerking van de risico's in het projectgebied:
 - Uitwerking correlaties tussen watersystemen
 - Selectie van modellen
 - Bepalen belastingen en randvoorwaarden
 - Rekenmethodiek
 - Uitvoeren risicoanalyse.
- Stap 3: Vaststellen knelpunt(en) en opgave voor zowel benadering 1 (paragraaf 2.3) als 2 (paragraaf 2.4);
- Stap 4: Uitwerking risico's voor situaties met maatregelen voor zowel benadering 1 als 2;
- Stap 5: Besluitvorming (valt buiten scope uniform raamwerk).

Een uitgebreidere toelichting op dit stappenplan is overgenomen uit HKV (2021) en is opgenomen in bijlage B.

2.3 Benadering 1 – knelpunten o.b.v. normering

Binnen deze benaderingswijze is gekeken of is voldaan aan de verschillende bestaande normen. Voor extreme piekneerslag gaan we uit van de ontwerprichtlijnen voor stedelijk water en de riolering. Ook de (mogelijke) eisen die volgen uit de risicodialoog voor extreme piekneerslag zien we hierbij als een norm.

Indien niet wordt voldaan aan een norm is sprake van een knelpunt en volgt er dus een opgave. Met deze benadering van de integrale risicoanalyse is gekeken naar de baten voor het gehele watersysteem en niet alleen naar oplossingen die bijdragen om te voldoen aan de norm. Ook wordt gekeken naar maatregelen op gebied van ruimtelijke ordening en crisisbeheersing. In theorie kan deze benadering ook aanleiding geven tot het bijstellen van normen.

2.4 Benadering 2 – knelpunten o.b.v. blootstellingseis

Bij benadering 2 gaat het om de eisen aan blootstelling. Dit sluit aan bij de gedachte van water- en bodem sturend. Deze eisen bestaan nu nog niet, we hebben daarom in deze studie samen met het waterschap hier een voorlopige keuze in gemaakt.

Op basis van een blootstellingseis (combinatie van kans en inundatiediepte) en het risicoprofiel kan bepaald worden of een bepaalde mate van blootstelling acceptabel wordt bevonden. De lat zal voor vitale infrastructuur hoger liggen dan voor woningbouw, en voor grasland weer lager dan voor woningbouw. Het inzichtelijk maken van de verschillende risico's op één specifieke locatie, geeft de mogelijkheid om een integrale risicoanalyse te maken, waaruit b.v. volgt of locatiekeuzes of adaptatiemaatregelen doelmatig zijn. Voor het in kaart brengen van de risico's is ook gekeken naar het nut en de noodzaak van het gebruik van andere parameters dan blootstelling uitgedrukt in inundatiediepte. De andere parameters die hierbij zijn beschouwd, zijn economische schade (uitgaande van eengezinswoningen) en de inundatieduur. Deze parameters zijn bepaald op basis van de inundatiediepte. Het schaderisico volgt door de waterdiepte te combineren met een schadefunctie. De inundatieduur voor niet vrij afwaterende gebieden is geschat op basis van ontwerpregels van het watersysteem en noodpompen. Binnen landelijk gebied is de maalcapaciteit doorgaans 15 mm/d, wat als uitgangspunt gebruikt is voor de berekeningen in deze casestudie.

Blootstellingseisen

In dit onderzoek is voor blootstelling uitgegaan van het gelijkheidsbeginsel, vergelijkbaar met het Lokaal Individueel Risico (LIR) gedefinieerd als de kans per jaar om te overlijden op een bepaalde locatie. Ongeacht de locatie in Nederland gelden dus dezelfde minimale normen waaraan voldaan moet worden.

Voor woningbouw geldt daarmee voor alle Nederlanders eenzelfde basisvoorziening zoals uitgedrukt in een blootstellingseis. Voor bebouwing is de blootstellingseis overgenomen uit eerdere studies¹ en voor de andere functies, zoals deze worden onderscheiden bij de Nationaal Bestuursakkoord Water (NBW)-normering, is een blootstellingseis opgesteld.

In de opgestelde blootstellingseisen zijn verschillende ambitieniveaus uitgewerkt voor verschillende vormen van grondgebruik, of specifieke functies. Dit is gedaan door onderscheid te maken in de acceptabele kans op blootstelling bij een bepaalde waterdiepte voor verschillende functies. De functies zijn:

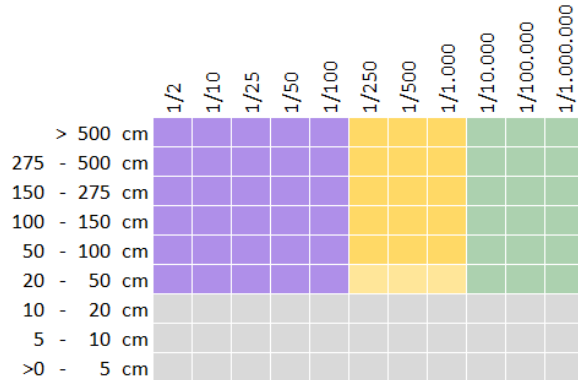
- Vitale en kwetsbare functies met de subgroepen:
 - Landelijke impact bij uitval
 - Regionale impact bij uitval
 - Lokale impact bij uitval
- Grondgebruik op basis van een uitsplitsing volgens de NBW-normen, namelijk:
 - Bebouwd gebied
 - Glastuinbouw
 - Hoogwaardige land- en tuinbouw
 - Akkerbouw
 - Grasland

¹ MRA van Amsterdam en voor vitale infrastructuur op de DPRA-uitwerking in Utrecht

Blootstellingseis voor bebouwing

De uiteindelijke blootstellingseisen zijn een bestuurlijke keuze. Figuur 3 laat voor deze pilot de gebruikte blootstellingseis voor gebouwen binnen bebouwd gebied zien. De figuur laat in het grijs het vereiste vloerpeil van 20 cm boven maaiveld zien, dit betreft de aangenomen basisvoorziening die ook wordt gebruikt in de Landelijke maatlat (Rijksoverheid, 2023). Bij deze waterstand mag geen wateroverlast bij gebouwen optreden. Dit betekent dat boven die waterstand maatregelen getroffen moeten worden, zodat geen instroom plaatsvindt in bijvoorbeeld kelders.

Bovenop deze basisvoorziening zijn er 3 klassen; 1) paars = nee, tenzij (anders bouwen), 2) geel = maatregelen overwegen en 3) groen = geen extra opgave (risico accepteren).



Figuur 3 Blootstellingseis bebouwd gebied – gebouwen, waarbij de kleuren staan voor: grijs = basisvoorziening waarvoor geen wateroverlast optreedt, paars = nee, tenzij (anders bouwen), geel = maatregelen overwegen, waarbij onderscheid wordt gemaakt in licht geel beperkte waterdiepte en donkergeel aanzienlijke waterdiepte met verdrinkingsrisico's en groen = geen extra opgave (risico accepteren).

De uitgebreide toelichting bij de klassen is als volgt:

1. Nee, tenzij (anders bouwen, paars). De combinatie van waterdiepte en kans op blootstelling is dermate groot dat je in deze gebieden niet of anders moet bouwen, zodat er geen gevolgen zijn.
2. Ja, mits maatregelen zijn afwogen (Opletten en heroverwegen, geel). In deze klasse gaat het maken van een expliciete afweging of het risico acceptabel is (een proceseis). Hierbij moet 1) een expliciete afweging gemaakt worden door de ontwikkelaar over de locatiekeuze en ontwerpkeuze, waarbij ook is gekeken naar alternatieven, kosten en baten, 2) een expliciete keuze voor deze alternatieven en acceptatie van het risico wat ook publiekelijk wordt gemaakt en 3) een dialoog met gemeente, waterschap, veiligheidsregio en provincie over de risico's als onderdeel van de vergunningen.
3. Geen extra opgave (Accepteren). Voor deze locaties zijn geen extra eisen, gegeven de kleine kans van voorkomen in combinatie met de waterdiepte.

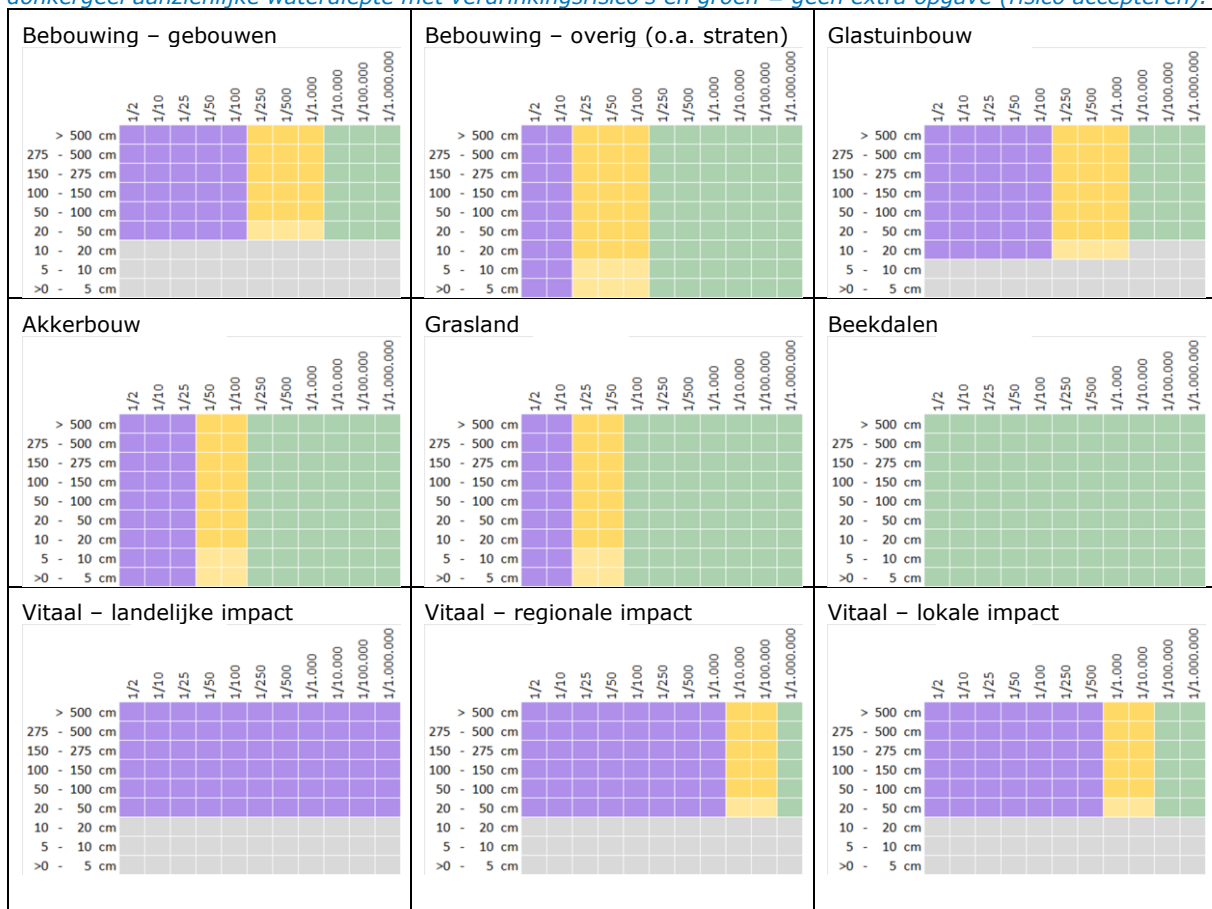
Blootstellingseisen voor andere vormen van grondgebruik en functies

Het volledige overzicht qua blootstellingseisen is opgenomen in Tabel 1. Hierin is bebouwd gebied opgesplitst in gebouwen en overig bebouwd gebied (openbare ruimte zoals straten). Hiervoor is gekozen omdat een woning een vloerpeil kan hebben, terwijl de openbare ruimte dat niet heeft. Ook biedt deze uitsplitsing de mogelijkheid om onderscheid te maken in de scenario's die paars kleuren, namelijk:

- Voor gebouwen binnen bebouwd gebied wordt alles boven de grijze basisvoorziening paars tot de norm voor gebouwen waarbij voor een scenario die 1/100 jaar voorkomt geen wateroverlast mag optreden.

- Voor bebouwing overig (o.a. straten) wordt uitgegaan van de ontwerprichtlijn voor een T2 ontwerp bui waarop de riolering wordt ontworpen waarbij geen 'water op straat' mag zijn. Dit is aangescherpt door voor bebouwing overig als blootstellingseis te hanteren dat een scenario dat 1/10 per jaar voorkomt ook niet tot 'water op straat' mag leiden. Het scenario van 1/2 jaar is daarom niet erg relevant binnen de integrale risicoanalyse. Daarnaast zijn de scenario's tot en met de 1/100 per jaar zijn hierbij geel (maatregelen overwegen) en niet paars zoals voor gebouwen.

Tabel 1 Alle blootstellingseisen voor de verschillende functies, waarbij de kleuren staan voor: grijs = basisvoorziening waarvoor geen wateroverlast optreedt, paars = nee, tenzij (anders bouwen/ontwerpen), geel = maatregelen overwegen, waarbij onderscheid wordt gemaakt in licht geel beperkte waterdiepte en donkergeel aanzienlijke waterdiepte met verdringsrisico's en groen = geen extra opgave (risico accepteren).



Tabel 1 laat naast de uitsplitsing naar type grondgebruik (die ook in de NBW-normen worden gebruikt) ook een uitsplitsing voor vitale en kwetsbare functies zien. Deze uitsplitsing in subgroepen is gemaakt, omdat de gevolgen verschillende impact hebben:

- Landelijke impact** bij uitval (bijvoorbeeld een kerncentrale), deze gevolgen zijn onacceptabel, omdat ze het hele land treffen. Daarom mag hier niet of alleen aangepast gebouwd worden indien er scenario's zijn die tot grotere waterdieptes leiden dan het basisvoorzieningsniveau.
- Regionale impact** bij uitval, deze gevolgen treffen dus meerdere gemeenten of een deel van een provincie. Een voorbeeld uit deze categorie is een ziekenhuis.
- Lokale impact** bij uitval (bijvoorbeeld een elektriciteitskast), hierbij gaat het om een wijk of een deel van een gemeente. De gevolgen zijn van lokale aard, maar het gaat wel om een vitaal of kwetsbaar object. Dat betekent dus dat strengere blootstellingseisen van toepassing zijn ten opzichte van de klasse bebouwd gebied – gebouwen, maar minder strenge eisen dan voor de vitale en kwetsbare objecten waarbij de uitval een regionale of landelijke impact heeft.

3 Systeem- en stakeholderbeschrijving projectgebied het Waaltje

Dit is stap 1 van het stappenplan uit paragraaf 2.2.

3.1 Systeembeschrijving

Binnen deze pilot is naar het Waaltje gekeken (rechter paneel van Figuur 4). Dit betreft het gebied dat omringd wordt door het Waaltje in het noorden, de A16 in het westen, de Oude Maas in het zuiden en de Noord in het oosten. Aangezien de gehele dijkkring relevant is qua overstromingsrisico's door doorbraken, is naar heel IJsselmonde gekeken (linker paneel van Figuur 4).



Figuur 4 Dijkring IJsselmonde (in rood) en uitsnede projectgebied het Waaltje (in paars)

Het watersysteem bestaat uit:

- Het stedelijk watersysteem, inclusief de riolering
- Het regionaal watersysteem
- De regionale keringen
- De primaire keringen
- De mate waarin de ruimtelijke omgeving wordt ingezet om waterbezwaar te voorkomen
- De mate waarin crisisbeheersing wordt ingezet om waterbezwaar te voorkomen

Het watersysteem is beschouwd voor zichtjaar 2050 (referentiesituatie). Hierbij gelden de volgende uitgangspunten:

- Watersysteem:
 - De dijkversterkingsopgaves afgerond zijn in 2050 en dus:
 - De primaire keringen zijn op orde
 - De regionale keringen zijn op orde
 - Het regionale watersysteem is op orde (voldoet aan de NBW-normen)

- Scenario's, interacties en afhankelijkheden:
 - Binnen het studiegebied zijn er jaren '30 wijken waarbij veel bodemdaling is opgetreden. Hierdoor stroomt het water bij extreme neerslag meer naar de woningen. Dit probleem zal door extra neerslag door klimaatverandering versterkt worden. De wateroverlast wordt met name veroorzaakt door bodemdaling, waar de oplossingen zich met name op moeten richten. Dit kan wel samenhang hebben met ruimtelijke ordening en crisisbeheersing, maar niet met het falen van keringen.
 - Voor de scenario's is gebruik gemaakt van openbaar beschikbare informatie van LIWO (Landelijk Informatiesysteem Water en Overstromingen), aangevuld met data van het waterschap en de gemeenten.
 - Hierbij is geen rekening gehouden met samenspel tussen verschillende watersystemen door bijvoorbeeld verdronken overstorten.
 - Piek- en gebiedsneerslag zijn onafhankelijk van elkaar beschouwd, terwijl de kans dat bijvoorbeeld een T100 piekneerslag en een T100 gebiedsneerslag optreden niet geheel onafhankelijk zijn. Dit resulteert in een bepaalde mate van dubbeltelling, omdat de kans niet goed bepaald kan worden omdat de kennis ontbreekt. We adviseren om dit in een nadere STOWA neerslagstatistiekstudie nader te onderzoeken.
 - Bij regionale keringen is een vertaling gemaakt van overschrijdingskansen naar overstromingskansen, waarvoor doorgaans een factor 5 wordt aangenomen. De kansruimte is hierbij verdeeld op basis van norm en lengte.
 - Primaire keringen zijn onafhankelijk van elkaar beschouwd (kans en gevolg). Er is geen rekening gehouden met reststerkte.

3.2 Stakeholders

De stakeholders voor deze integrale risicoanalyse case IJsselmonde – het Waaltje zijn:

- Waterbeheerders van waterschap Hollandse Delta
- Gemeenten:
 - Hendrik-Ido-Ambacht
 - Zwijndrecht
- Provincie Zuid-Holland
- Veiligheidsregio

4 Risico's referentiesituatie

Dit is stap 2 van het stappenplan uit paragraaf 2.2.

4.1 Dreigingen

Er zijn verschillende oorzaken die leiden tot wateroverlast, dit zijn 1) piekneerslag, 2) regionale gebiedsneerslag, 3) extreme bovenregionale gebiedsneerslag, 4) falen van regionale waterkeringen en 5) falen van primaire waterkeringen. De scenario's die hiervoor zijn meegenomen zijn opgesomd in Tabel 2 en representeren de verschillende typen wateroverlast zoals deze zijn beschreven in Figuur 1.

Bij regionale neerslag en keringen bestaan normen waarop getoetst moet worden en waarvoor indien niet aan de norm wordt voldaan maatregelen moeten worden genomen. Bij het stedelijke watersysteem bestaan alleen ontwerprichtlijnen en wordt niet getoetst.

Piekneerslag

Hierbij gaat het om het inundaties van het stedelijk watersysteem. Er zijn geen normen, maar wel ontwerprichtlijnen. Zo mag volgens de ontwerprichtlijn voor riolering geen wateroverlast ontstaan voor een gemiddelde situatie (eens per 2 jaar), wat in dit geval 'water op straat' genoemd wordt. Dit is aangescherpt door voor bebouwing overig als blootstellingseis te hanteren dat een scenario dat 1/10 per jaar voorkomt ook niet tot 'water op straat' mag leiden. Ook zijn berekeningen uitgevoerd voor neerslagscenario's met een frequentie van 1/100 en 1/1000 jaar. Bij deze neerslagscenario's gaat het om de inrichting van maaiveld als dominant systeem voor afstroming van regenwater bij piekneerslag.

Gebiedsneerslag

Hierbij gaat het om het inundaties ten gevolge van hoge waterstanden binnen het regionale watersysteem. Voor gebiedsneerslag is zowel op regionale als bovenregionale schaal gekeken. Voor de regionale gebiedsneerslag gelden de Nationaal Bestuursakkoord Water (NBW)-normen. Hierbij is de normklasse gerelateerd aan het grondgebruikstype, waarbij geldt:

- Grasland: kans op wateroverlast 1/10 per jaar;
- Akkerbouw: kans op wateroverlast 1/25 per jaar;
- Hoogwaardige land- en tuinbouw: kans op wateroverlast 1/50 per jaar;
- Glastuinbouw: kans op wateroverlast 1/50 per jaar;
- Bebouwd gebied: kans op wateroverlast 1/100 per jaar.

Het waterschap Hollandse Delta heeft alleen gemiddelde waardes per peilvak beschikbaar voor deze gebiedsneerslag, welke binnen deze studie zijn omgezet naar een ruimtelijk rooster met waterdieptes. Verschillen binnen het peilvak kunnen daardoor in deze pilot niet worden beschouwd.

Daarnaast zijn bovenregionale gebiedsneerslagscenario's voor 150 mm en 200 mm meegenomen op basis van (Deltares, 2022). Hierbij zijn alleen de scenario's met een natte voorgeschiedenis meegenomen. Binnen Deltares (2022) is geen exacte terugkeertijd gekoppeld aan de scenario's. Dit is echter wel noodzakelijk voor het meenemen van de scenario's in het waterrisicoprofiel.

Daarom is een pragmatische keuze gemaakt voor deze terugkeertijden:

- 150 mm/48 uur is gekoppeld aan een frequentie van 1/1000 per jaar²
- 200 mm/48 uur is gekoppeld aan een frequentie van 1/2000 per jaar.

Primaire keringen

Door een doorbraak van een primaire waterkering kan een groot gebied overstroomd. Het Landelijk Informatiesysteem Water en Overstromingen (LIWO) bevat kaartlagen voor wateroverlast en overstromingen in Nederland. Op basis van de LIWO-data is gekeken welke scenario's voor het falen van primaire keringen leiden tot wateroverlast binnen het studiegebied. De overstromingskansen van de primaire keringen zijn:

- Noordoost: 1/30.000 per jaar
- Zuid & Noordwest: 1/1000 per jaar

Regionale keringen

Door een doorbraak van een regionale waterkering kan een polder overstroomd. Op basis van de LIWO-data is gekeken welke scenario's voor het falen van regionale keringen leiden tot wateroverlast binnen het studiegebied. Binnen het studiegebied is de overschrijdingskans voor de regionale keringen:

- normklasse II: 1/30 per jaar

Deze overschrijdingskans moet worden omgezet naar een overstromingskans. Hierbij moet het lengte-effect worden meegenomen. Bovendien lozen er geen gemalen op deze boezem en zijn de peilfluctuaties beperkt. Daarom is in overleg met waterschap Hollandse Delta besloten om gebruik te maken van een overstromingskans voor de regionale keringen van:

- 1/500 per jaar

Overzicht wateroverlast scenario's

Het scenario overzicht is samengevat in Tabel 2.

Tabel 2 Relevante scenario's voor de integrale risicoanalyse Case IJsselmonde

Wateroverlast oorzaak	Terugkeertijden van de scenario's	Bron
Piekneerslag	T10, T100 en T1000	LIWO/ stresstesten
Gebiedsneerslag		WSHD/Deltares
- Regionaal	T10, T25, T50, T100	
- Bovenregionaal	T1000 en T2000	
Regionale waterkeringen	T500	LIWO
Primaire waterkeringen	Normen Faalkans brestraject o.b.v. lengte effect	LIWO (scenario's kans toename obv W+)

4.2 Uitwerking risico's

Tabel 3 laat de resultaten van de schadeberekeningen voor de verschillende scenario's zien. Daarnaast zijn ook de frequentie en de bijdrage aan het jaarlijkse risico in de tabel opgenomen.

² Komt o.b.v. STOWA (2019) het meest in de buurt van T1000, wat de maximaal beschouwde terugkeertijd is.

De waterschadeschatter (Nele & Schuurmans, 2022) is ontwikkeld om kosten en baten van wateroverlastmaatregelen voor extreme neerslag in kaart te brengen. De schade en slachtoffers module (Deltares, 2017) is ontwikkeld om de gevolgen van een overstroming in kaart te brengen. In lijn met deze ontwikkeldoelen zijn de schadeberekeningen uitgevoerd met:

- de Waterschadeschatter (WSS) voor:
 - piekneerslag
 - regionale gebiedsneerslag
- de schade slachtoffermodule (SSM) voor:
 - Regionale waterkeringen
 - Primaire waterkeringen

Alleen voor de bovenregionale gebiedsneerslag is in aansluiting bij de waterbomstudie van Deltares (2022) besloten SSM te gebruiken voor de schadeberekeningen, ondanks dat het extreme neerslagscenario's betreft.

Tabel 3 Schadeberekeningen voor de verschillende scenario's binnen de integrale risicoanalyse.

	Methodiek	Schade (Meuro)	Kansklasse 2050 (-)	Bijdrage jaarlijks risico (%)
Piekneerslag				
T10	WSS	12	9,00E-02	49%
T100	WSS	41	9,00E-03	17%
T1000	WSS	75	1,00E-03	4%
Regionale gebiedsneerslag				
T10	WSS	1	6,00E-02	4%
T25	WSS	2	2,00E-02	2%
T50	WSS	2	1,00E-02	1%
T100	WSS	3	1,00E-02	1%
Bovenregionale gebiedsneerslag				
150mm	SSM	13	6,67E-04	<0,5%
200mm	SSM	22	3,33E-04	<0,5%
Regionale waterkeringen				
Achterambachtsweg Hendrik-Ido_Ambacht	SSM	4	1,00E-03	<0,5%
Dorpstraat Hendrik-Ido-Ambacht	SSM	10	1,00E-03	<0,5%
Primaire waterkeringen				
Oude Maas km 985,4	SSM	0	2,38E-05	<0,5%
Oude Maas km 986,3	SSM	307	2,38E-05	<0,5%
Oude Maas km 987,3	SSM	1398	5,96E-04	3%
Nieuwe Maas km 991,6	SSM	1813	1,30E-06	<0,5%
Nieuwe Maas km 991	SSM	1784	1,56E-05	1%
Noord km 980,5	SSM	8	4,26E-08	<0,5%
Noord km 978 (TP+1D)	SSM	124	1,44E-04	1%
Noord km 978 (TP+2D)	SSM	565	4,78E-05	1%
Oude Maas km 982,3 (TP+1D)	SSM	1726	1,30E-04	11%
Oude Maas km 982,3 (TP+2D)	SSM	1826	4,35E-05	4%

4.2.1 Correctie schadeberekening (piek)neerslag

De waterschadeschatter resultaten vinden wij opvallend hoog, aangezien de T10 neerslag voor bijna de helft bijdraagt aan het jaarlijks schaderisico. Dit zou betekenen dat deze schades al meerder malen hebben moeten optreden in de afgelopen jaren. Daarom hebben we een korte analyse uitgevoerd waarbij we gebruik hebben gemaakt van:

- Een vergelijking tussen de inundatiebeelden voor piekneerslag van LIWO / stresstesten Hendrik-Ido-Ambacht en de Klimaatatlas Zuid-Holland om de betrouwbaarheid van de input data te toetsen.
- Een vergelijking tussen de boven en ondergrens resultaten voor zowel WSS en SSM.
- Beschikbare gegevens van verzekeraars voor vier gemeenten, waarbij met name de schadeclaims voor de windhoos op 16 juni 2020 in Dordrecht relevant waren aangezien dit nabij het projectgebied gelegen is.
- De wateroverlastanalyse van de gemeente Henrik-Ido-Ambacht: gevoeligheid water in panden (Arcadis, 2020).
- Het evaluatierapport voor de wolkbreuk op 16 en 26 juni en 3 augustus 2020 in Zwijndrecht (Urban Refit, 2021).

Zonder een uitgebreide analyse uit te voeren zijn de bevindingen als volgt:

- De inundatiebeelden zijn bijgevoegd in bijlage D. De inundatiebeelden hebben niet exact dezelfde terugkeertijd, maar het inundatiebeeld van de Klimaatatlas Zuid-Holland voor 100 mm in 2 uur past wel tussen het LIWO-inundatiebeeld voor 70 mm in 2 uur en 140 mm in 2 uur.
- Een vergelijking tussen de boven- en ondergrensresultaten voor zowel WSS en SSM laat zien dat SSM een bandbreedte berekent terwijl de waterschadeschatter nauwelijks een bandbreedte heeft als uitkomst (bijlage E). Het is belangrijk om te benoemen dat de waterschadeschatter zijn eigen kaart voor grondgebruik heeft, terwijl er voor de inundatieberekeningen mogelijk een andere kaart is gebruikt.
- De verwachte terugkeertijd van de windhoos in Dordrecht is 1/100 per jaar, waarbij er orde 2000 euro schade per woning geclaimd³ was. Dezelfde schadeclaims bij de andere gemeenten hadden dezelfde orde grootte per woning. Dit terwijl de waterschadeschatter orde 25 duizend euro aan schade per pand berekent. Een kanttekening hierbij is wel dat het aantal gebouwen met schade benaderd is door het geïnundeerde bebouwde gebied te delen door een gemiddelde woninggrootte van 70 m² om het totaal aantal gebouwen met schade te bepalen. Een overzicht van de gegevens van de verzekeraar, de berekende schade met de WSS en de resulterende schade per woning is opgenomen in bijlage F.
- Voor Hendrik Ido Ambacht (omvat meer dan de helft van het studiegebied) is berekend dat 583 panden water in huis hebben in een T100 situatie, wat neerkomt op 1,2 miljoen euro schade uitgaande van 2000 euro/pand. Bij een T1000 situatie zijn dit 1306 panden, wat uitgaande van 2000 euro schade per pand neerkomt op 2,6 miljoen euro schade.
- Voor Zwijndrecht zijn er 551 meldingen gemaakt waarvan slechts een beperkt deel ging om water in huis, hiervan zijn geen exacte getallen opgenomen. Indien alle meldingen meegenomen worden (zeer conservatief) en uitgegaan wordt van 2000 euro schade per woning gaat het om 1,1 miljoen euro schade.

De totale schade uit andere bronnen komt bij lange na niet overeen met het berekende schadebedrag van 41 miljoen voor de T100 piekneerslag volgens de WSS. Daarom hebben we besloten de berekende schade met de WSS voor de piek- en gebiedsneerslag te corrigeren.

³ Bij de verzekeringsgegevens gaat om geclaimde schade, wat niet volledig hetzelfde hoeft te zijn als de daadwerkelijk opgetreden schade.

Aangezien deze correctie nader onderzocht moet worden, hebben we binnen deze studie gekozen voor een pragmatische aanpak waarin we veronderstellen dat bij een T10 situatie geen schade optreedt. Daarnaast hebben we de overige waterschadeschatter resultaten met een factor 5 gereduceerd. Hiermee is het schadebedrag per woning (uitgaande van 70 m² per woning) nog altijd vele malen hoger dan het gemiddelde schadebedrag van orde 2000 euro/woning volgend uit de verzekeringsgegevens.

Deze resultaten en de bijgewerkte bijdrage aan het jaarlijkse risico zijn weergegeven in Tabel 4, waarin de correcties groen gemarkeerd zijn. Ondanks dat er in deze studie voor een pragmatische aanpak gekozen is, blijft de kennisvraag rondom de schaderesultaten voor neerslag staan.

Tabel 4 Gecorrigeerde resultaten van de schadeberekeningen, waarbij er voor de T10-scenario's geen schade optreedt (dan zouden er schadeclaims moeten zijn) en voor de andere WSS-berekeningen.

	Methodiek	Schade (Meuro)	Kansklasse 2050 (-)	Bijdrage jaarlijks schaderisico (%)
Piekneerslag (WSS)				
T10	WSS	0 → gecorrigeerd, aanname bij T10 geen schade		
T100	WSS	41	1,80E-03	13%
T1000	WSS	75	2,00E-04	3%
Regionale gebiedsneerslag (WSS)				
T10	WSS	0 → gecorrigeerd, aanname bij T10 geen schade		
T25	WSS	2	4,00E-03	1%
T50	WSS	2	2,00E-03	1%
T100	WSS	3	2,00E-03	1%
Bovenregionale gebiedsneerslag (SSM)				
150mm	SSM	13	8,67E-03	1%
200mm	SSM	22	7,33E-03	1%
Regionale waterkeringen (SSM)				
Achterambachtsweg Hendrik-Ido_Ambacht	SSM	4	1,00E-03	1%
Dorpstraat Hendrik-Ido-Ambacht	SSM	10	1,00E-03	2%
Primaire waterkeringen (SSM)				
Oude Maas km 985,4	SSM	0	2,38E-05	<0,5%
Oude Maas km 986,3	SSM	307	2,38E-05	1%
Oude Maas km 987,3	SSM	1398	5,96E-04	10%
Nieuwe Maas km 991,6	SSM	1813	1,30E-06	<0,5%
Nieuwe Maas km 991	SSM	1784	1,56E-05	5%
Noord km 980,5	SSM	8	4,26E-08	<0,5%
Noord km 978 (TP+1D)	SSM	124	1,44E-04	3%
Noord km 978 (TP+2D)	SSM	565	4,78E-05	5%
Oude Maas km 982,3 (TP+1D)	SSM	1726	1,30E-04	39%
Oude Maas km 982,3 (TP+2D)		1826	4,35E-05	14%

4.2.2 Totale risico en bijdrage per watersysteem

Het risico in de referentiesituatie is voor studiegebied het Waaltje gelijk aan 0,58 miljoen euro per jaar (Tabel 5). Dit risico is berekend door de som te nemen van alle schades vermenigvuldigd met de kans van optreden van de betreffende schade. Naast het totale jaarlijkse schaderisico, laat Tabel 5 ook de uitsplitsing in de verschillende categorieën van wateroverlast zien. Deze uitsplitsing laat zien dat het falen van de primaire keringen de grootste bijdrage levert op het jaarlijkse schaderisico (77%) en daarna piekneerslag (15%).

Tabel 5 Verschillende categorieën van wateroverlast en bijdrages aan jaarlijks schaderisico

Categorie	Jaarlijks schaderisico (Meuro/jaar)	Bijdrage (%)
Falen regionale keringen	0,01	2%
Falen primaire keringen	0,45	77%
Piekneerslag	0,09	15%
Bovenregionale gebiedsneerslag	0,02	3%
Regionale gebiedsneerslag	0,02	3%
Totaal	0,58	100%

5 Definitie knelpunt

Dit is stap 3 van het stappenplan uit paragraaf 2.2, waarbij de definitie van een knelpunt afhankelijk is van de benadering.

5.1.1 Benadering 1 – knelpunten o.b.v. normering

Binnen benadering 1 is sprake van een knelpunt indien er niet aan een norm wordt voldaan. Volgens de uitgangspunten wordt voldaan aan de norm voor:

- De norm voor regionale keringen
- De norm voor primaire keringen
- De NBW-normering voor regionale gebiedsneerslag.

Voor piekneerslag is er geen norm, maar kan middels een risicodialoog worden vastgesteld wat acceptabel bevonden wordt. In deze case voor IJsselmonde is vanuit de risicodialoog een T100 piekneerslag scenario niet meer acceptabel bevonden voor gebouwen binnen bebouwd gebied.

5.1.2 Benadering 2 – knelpunten o.b.v. blootstellingseis

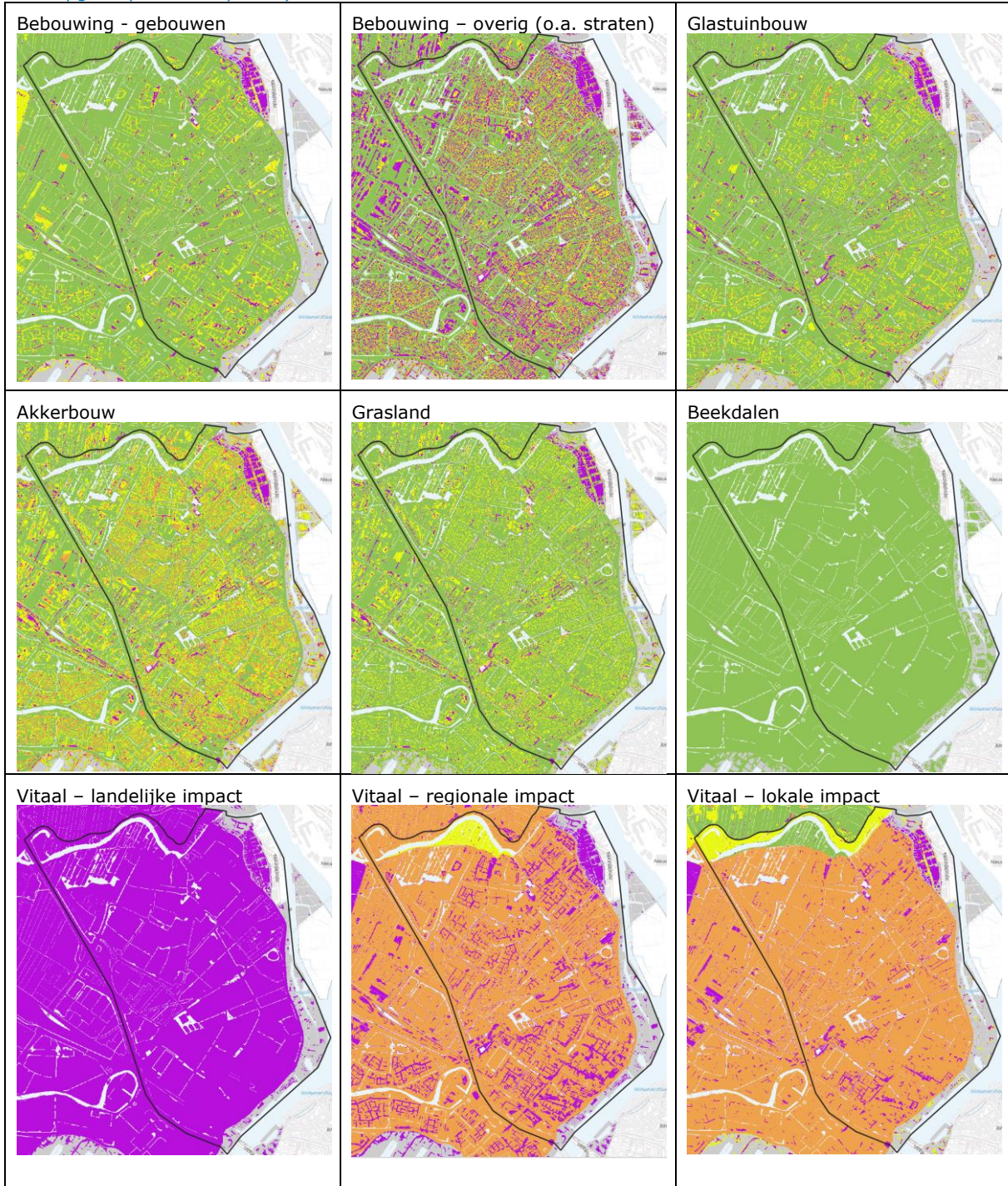
Binnen benadering 2 is sprake van een knelpunt indien een pixel paars kleurt op de blootstellingskaart. Daarnaast moeten maatregelen overwogen worden voor gele pixels op de blootstellingskaart. Binnen de verdere uitwerking van de casussen nieuwbouw en bestaande bouw is aangenomen dat deze gele pixels ook een knelpunt vormen.

De opgave bij het knelpunt is om maatregelen te treffen zodat de paarse en gele pixels groen kleuren. De mogelijke maatregelen zijn uitgewerkt binnen de cases nieuwbouw en cases bestaande bouw (hoofdstuk 0 en 7).

In paragraaf 2.4 zijn de blootstellingseisen opgesteld voor de verschillende functies (onderscheid wordt gemaakt in type grondgebruik volgens de NBW-normen en vitale objecten, zie paragraaf 2.4). Voor alle blootstellingseisen uit paragraaf 2.4 is een kaartbeeld (Tabel 6) opgesteld waarbij de functie geprojecteerd is over het gehele projectgebied. Dit kaartbeeld laat de knelpunten zien die optreden indien overal woningen neergezet zouden worden of overal glastuinbouw. In de praktijk wordt niet het gele gebied ingevuld door één functie, maar deze kaarten kunnen bij een nieuw te ontwikkelen gebied wel richting geven aan welk type grondgebruik (dus welke functie) geschikt is. Mogelijk kan binnen een polder waar woningen ontwikkeld worden rekening gehouden worden met de locatiekeuze voor de woningen. Indien er zowel groene en paarse pixels zijn, heeft het vanuit de blootstellingsrisico's de voorkeur dat de woningen op groene pixels gebouwd worden. Het risico voor wateroverlast is echter niet het enige aspect waar bij ontwikkelingen rekening mee gehouden moet worden. Indien dan wel voor gekozen wordt om woningen op een paarse pixel te ontwikkelen, moeten maatregelen worden getroffen om de risico's op wateroverlast te beperken. Deze kaarten geven dus een duidelijk beeld indien ontwikkelingen plaatsvinden, maatregelen noodzakelijk zijn, maatregelen overwogen moeten worden, of maatregelen niet noodzakelijk zijn omdat de risico's gering zijn.

Tabel 6 laat zien dat voor overige bebouwing het kaartbeeld meer paars kleurt ten opzichte van dat voor gebouwen. Dit komt doordat voor *gebouwen* een opgehoogd vloerpeil van 20 cm aangenomen is, wat niet het geval is voor *bebouwing overig* (o.a. straten). Tabel 6 laat zien dat hoe strenger de eis, hoe minder ontwikkelingen mogelijk zijn tenzij maatregelen getroffen worden.

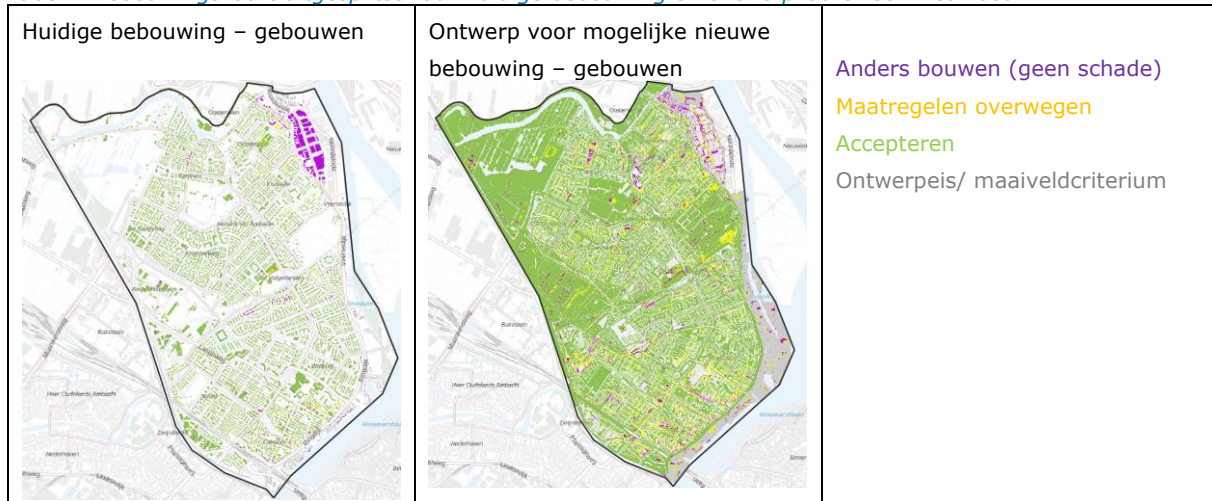
Tabel 6 Blootstellingskaart per functie, waarbij de kleuren staan voor: grijs = basisvoorziening waarvoor geen wateroverlast optreedt, paars = nee, tenzij (anders bouwen), geel = maatregelen overwegen en groen = geen extra opgave (risico accepteren).



Tabel 6 laat het kaartbeeld voor gebouwen zien waarbij de functie geprojecteerd is over het gehele projectgebied. Er kan ook een uitsplitsing gemaakt worden naar de huidige functies en mogelijke

ontwikkelingen, dit is voor gebouwen gedaan in Tabel 7. Hierbij kan het kaartbeeld voor huidige bebouwing als toets gebruikt worden en de rechterfiguur als ontwerpkaart.

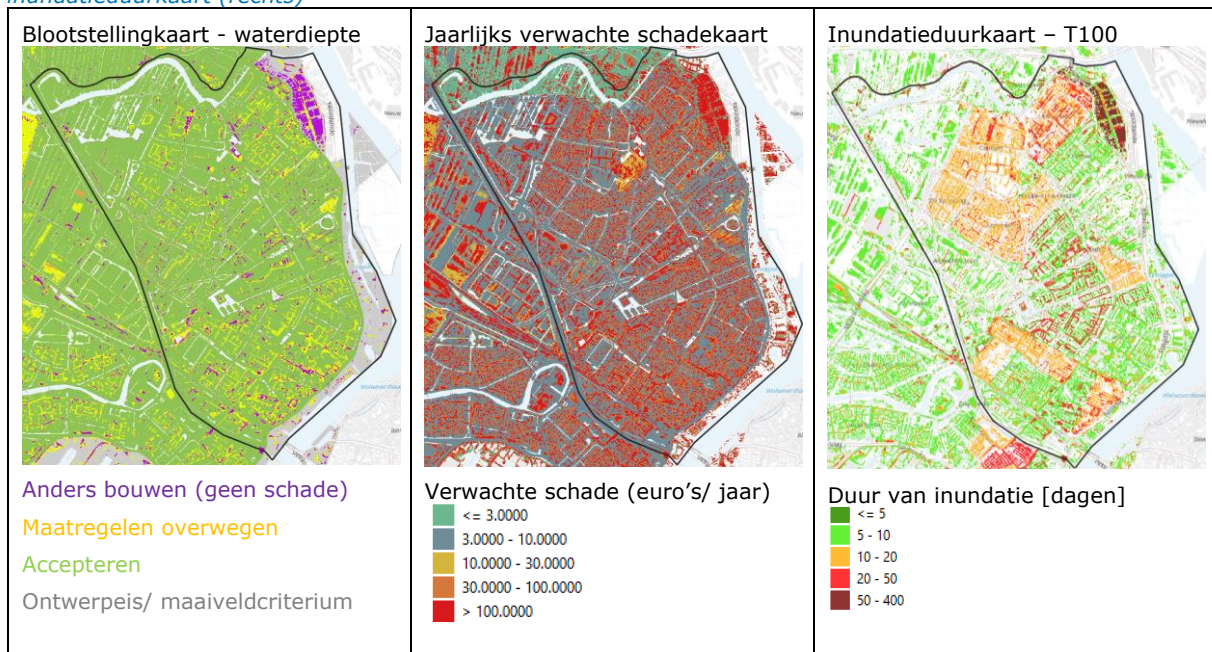
Tabel 7 Bebouwingskaart uitgesplitst naar huidige bebouwing en ontwerpkaart voor nieuwbouw.



Alternatieve knelpuntenkaarten

Naast de blootstellingskaart zijn ook schadekaarten voor de verschillende terugkeertijden, de resulterende jaarlijks verwachte schadekaart en duurkaarten voor de verschillende terugkeertijden opgesteld. Voor deze parameters is het ook mogelijk om knelpunten te definiëren, wat een alternatief zou zijn voor de blootstellingseis. De realisatie dat zowel de schadekaarten als de duurkaartbeelden afgeleiden zijn van de blootstellingskaart is wel relevant. Wat bedoeld wordt met “afgeleide kaart” is dat de inundatiekaart (blootstellingskaart) noodzakelijk is om de schadekaart op te stellen. Dit geldt ook voor de inundatieduurkaart, welke bij poldersystemen bepaald wordt op basis van de gemaalcapaciteit i.c.m. de oorzaak van wateroverlast. Als indicatie voor de duur is uitgegaan van de inundatiediepte gedeeld door een gemiddelde maalcapaciteit van 15 mm/d. Bij een dijkdoorbraak moet de bres gedicht worden, waarvoor extra tijd geraamd moet worden.

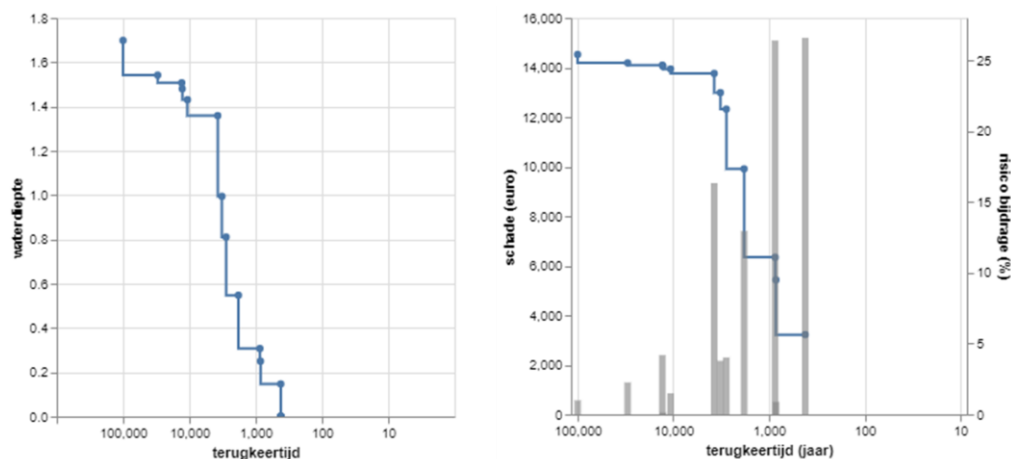
Tabel 8 Blootstellingskaart bebouwing – bebouwing (links), jaarlijks verwachte schadekaart (midden) en inundatieduurkaart (rechts)



In het kaartbeeld van Tabel 8 is de jaarlijks verwachte schade bepaald voor de situatie waarbij het gehele gebied bestaat uit eengezinswoningen. Indien andere schadebedragen meegenomen worden voor bijvoorbeeld villa's en eengezinswoningen, kan dit leiden tot betere bescherming van duurdere wijken. Hiermee beland je al gauw in een politieke discussie. Indien je het gelijkheidsbeginsel als uitgangspunt neemt, lijkt blootstelling waar de schadekaart een afgeleide van is een minder politiek gevoelige kaart.

Scenario bijdrage

Zoals in Figuur 2 is beschreven, kunnen de wateroverlast scenario's van piekneerslag, gebiedsneerslag, regionale keringen en primaire keringen worden samengevat in een waterrisicoprofiel⁴. Daarin wordt de waterdiepte uitgezet tegen de terugkeertijden van de scenario's. In het linker paneel van Figuur 5 is het waterrisicoprofiel voor een willekeurige gele pixel weergegeven. In het rechterpaneel is eenzelfde profiel opgesteld voor de schade versus de terugkeertijd. In dit figuur is ook door middel van grijze balken weergegeven hoeveel de waterdiepte/schade per terugkeertijd bijdraagt aan het jaarlijkse schade risico⁵. Hierin valt te zien dat de T1000 en T400 scenario's beiden een jaarlijkse risicobijdrage van orde 25% hebben. Indien deze waterstanden/schades aangepakt zouden worden, zal het jaarlijkse schaderisico behoorlijk afnemen.



Figuur 5 Waterrisicoprofiel en schaderisicoprofiel met bijdrage van de scenario's aan het jaarlijkse schaderisico.

⁴ Binnen deze studie is geen viewer ontwikkeld, maar de waterrisicoprofielen en achtergronddata op basis van de LIWO-data zijn ontsloten via: <https://www.klimaat-effectatlas.nl/nl/mijn-waterrisicoprofiel>

⁵ Hierbij zijn de resultaten voor de neerslagsscenario's niet gecorrigeerd

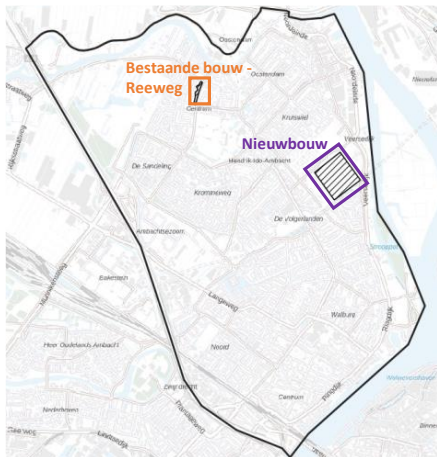
6 Impact van maatregelen

Case nieuwbouw

Dit is stap 4 van het stappenplan uit paragraaf 2.2, waarbij de uitwerking van een knelpunt afhankelijk is van de benadering.

6.1 Situatieschets

In dit hoofdstuk is gekeken naar mogelijke maatregelen binnen een nieuwbouwwijk in het oosten van het studiegebied (paarse gebied in Figuur 6). Het beschouwde nieuwbouwtterrein omvat 13,5 hectare, waarvan circa de helft bebouwd wordt. Wanneer wordt gekeken naar de blootstelling op basis van de kleuren van Figuur 3, is het nieuwbouw gebied opgebouwd uit groene pixels (79%), gele pixels (18%) en paarse pixels (4%). Voor alle kleuren is een representatief punt genomen waarvoor een waterrisicoprofiel, de jaarlijkse risicobijdrage en het schadeprofiel zijn uitgelezen (Tabel 14, in bijlage G).



Figuur 6 Locatie van de te beschouwen nieuwbouwwijk in het oosten van het studiegebied, weergegeven in paars.

6.2 Te beschouwen maatregelen

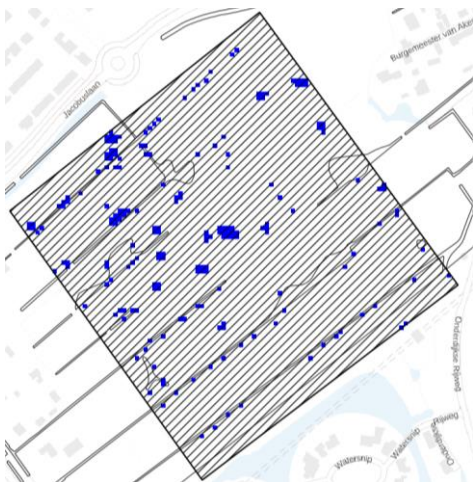
Voor de te beschouwen maatregelen is gekeken naar het maatregelenoverzicht van de Leidraad Klimaatadaptief Bouwen (Bouw adaptief, 2022). Binnen dit onderzoek is gefocust op de volgende maatregelen:

- Maaiveldverhoging (lokale maatregel);
- Vloerpeil verhoogd (lokale maatregel);
- Capaciteit watersysteem vergroten (maatregel t.b.v. een kleiner gebied) door:
 - gemaal vergroten i.c.m. aanpassen watergangen
 - berging in oppervlaktewater en/of waterberging op land aanleggen/vergroten
 - riolering aanleggen/vergroten;
- Noodschotten/ zandzakken (lokale maatregel);
- Dijkversterking (maatregel t.b.v. een groot gebied);
- Verhoogde vluchtwegen aanleggen (lokale maatregel).

6.3 Benadering 1

6.3.1 Knelpunten vaststellen voor referentiesituatie

Het jaarlijks schaderisico van studiegebied het Waaltje is 0,58 miljoen euro per jaar (Tabel 5). Door de nieuw te ontwikkelen wijk van 13,5 hectare, neemt het jaarlijks schaderisico voor het hele gebied toe met 0,04 miljoen euro per jaar. Bij deze benadering is getoetst of wordt voldaan aan de normen, of dat er een opgave is om aan de normen te voldoen. Binnen de nieuwbouwwijk bevinden zich locaties die inunderen bij een 1/100 per jaar neerslag event en dus is er een knelpunt (blauwe pixels gaat Figuur 7). Het gaat hierbij om een gebied van 0,5 hectare (oppervlakte blauwe pixels), wat overeenkomt met ongeveer 4% van de totale oppervlakte van de nieuwe wijk.



Figuur 7 Inundatie bij een 1/100 jaar neerslagevent.

6.3.2 Opgave + maatregel

Bij benadering 1 is de opgave om te proberen te voldoen aan de norm, wat inhoudt dat bij een scenario met een terugkeertijd van 1/100 jaar geen wateroverlast bij bebouwing mag optreden. De opgave is dus het verhelpen van de wateroverlast situaties bij $\leq T = 100$ jaar (blauwe pixels uit Figuur 7).

Tabel 9 laat het overzicht van de beschouwde maatregelen zien. In de tabel is weergegeven:

- het jaarlijkse schaderisico voor en na de maatregel weergeven;
- de contant gemaakte investeringsruimte (zie onderstaande toelichting);
- indien beschikbaar een kostenkental⁶ voor het treffen van de maatregel;
- eventuele opmerkingen bij de maatregel.

In een maatschappelijke kosten-baten analyse (MKBA) worden de verwachten kosten en baten teruggerekend (oftewel gedisconteerd) naar het heden op basis van een discontovoet.

⁶ De kosten zijn lastig te bepalen, waar beperkte tijd in is geïnvesteerd. Dit omdat de resultaten sowieso een verbetering behoeven aangezien er een aantal onzekerheden gereduceerd moeten worden, namelijk:

- onzekerheid in schadefunctie neerslag bebouwd gebied
- onzekerheid in gebiedsneerslagdata vanwege gemiddelde waarden per peilvak
- beperkte set aan extreme neerslag events

Indien de totale baten na discontering groter zijn dan de totale kosten, dan kan de maatregel kostentechnisch uit. Dit betekent dat de investeringsruimte groter moet zijn dan de kosten van een maatregel. De investeringsruimte is contant gemaakt middels de formule:

$$CW = \frac{\text{kosten in investeringjaar} \times (1 + \text{economische groei})^{\text{investeringsjaar} - 2023}}{1 + \text{discontovoet}^{\text{investeringsduur}}}$$

met discontovoet: 2,25 (standaard) & investeringsduur: 100 jaar & economische groei 0,5%

Tabel 9 laat zien dat ophogen, vloerpeilverhogen en capaciteit van het watersysteem vergroten het meest interessant voor de reductie van het jaarlijks schaderisico zijn. Verwacht wordt dat kostentechnisch het vloerpeil verhogen het meest interessant zal zijn, maar hiervoor zijn aanvullende kostenkentalen nodig. Onze inschatting is middels kleuren in de tabel weergegeven. Hierbij is felgroen = laagste kosten, licht groen = lage kosten, oranje = hoge kosten en bruin = aanzienlijke kosten.

Tabel 9 Overzicht van de beschouwde maatregelen en de impact van de maatregelen op het jaarlijkse schaderisico voor heel het studiegebied IJsselmonde.

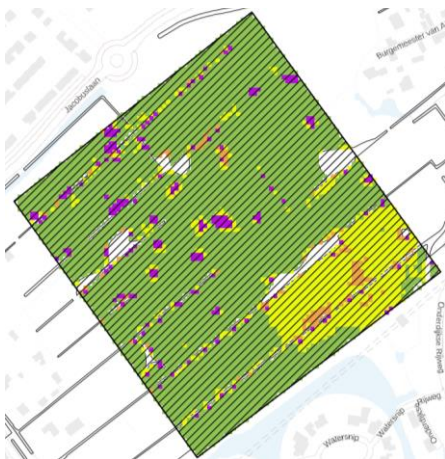
Type maatregel	Risico referentie [Meuro/j]	Risico met maatregel* [Meuro/j]	Investeringsruimte [Meuro]	Kosten kental [Meuro]	Opmerking
Ophogen maaiveld (RO)**	0,62	0,59	1,17	0,2-0,4**	Paarse pixels met 0,5 m ophogen, 2,5 duizend m ³ zand
Vloerpeil ophogen (RO)	0,62	0,59	1,17		Aangepast ontwerp + wegen verhoogd aanleggen om bij ontwerpbui geen inundatie te hebben
Noodschotten/zandzakken*** (crisisbeheersing)	0,62	0,61	0,58		Werkt niet altijd, afh. Early warning systeem + mensen thuis om maatregel te treffen
Capaciteit watersysteem vergroten (bescherming)	0,62	0,59	1,17		Gemaal: 730 m ³ /2uur = 0,2 m ³ /s ~1M/m ³ i.c.m. watergangen of berging of riool
Alle primaire dijken versterken**** (bescherming)	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.		Biedt geen oplossing voor problemen met piekneerslag
Verhoogde vluchtwegen (RO)*****	Wel beschouwd, maar we kijken niet naar slachtoffers. Zie toelichting bijlage G.				

De * geven aan dat er een aanvullende toelichting is. Deze toelichting is opgenomen in bijlage G, om herhaling te voorkomen aangezien deze toelichting ook voor de paragrafen 6.4.2, 7.3.2 en 7.4.2 van toepassing is.

6.4 Benadering 2

6.4.1 Knelpunten vaststellen voor referentiesituatie

Het risico in de referentiesituatie is voor studiegebied het Waaltje 0,58 miljoen euro/jaar. Net als bij benadering 1 neemt het jaarlijks schaderisico van het gebied door de nieuw te ontwikkelen wijk toe met 0,04 miljoen euro per jaar. Hiermee is de jaarlijks verwachte totale schade $0,58 + 0,04 = 0,62$ miljoen euro/jaar. Bij benadering 2 is sprake van een knelpunt indien pixels paars of geel zijn (Figuur 8). Deze pixels beslaan in totaal een gebied van 2,9 hectare, ofwel ongeveer 21% van de totale oppervlakte van de wijk.



Anders bouwen (geen schade)

Maatregelen overwegen

Accepteren

Ontwerpeis/ maaiveldcriterium van 20 cm

Figuur 8 Overzicht van de knelpunten (paarse en gele pixels) binnen het nieuwbouw gebied.

6.4.2 Opgave + maatregel

De opgave bij benadering 2 is het verhelpen van de paarse en gele pixels. De resultaten van het treffen van maatregelen zijn samengevat in Tabel 10. In de tabel is weergegeven:

- het jaarlijkse schaderisico voor en na de maatregel;
- de contant gemaakte investeringsruimte (zie de toelichting over het contant maken in paragraaf 6.3.2);
- indien beschikbaar een kostenkental⁷ voor het treffen van de maatregel;
- eventuele opmerkingen bij de maatregel.

De maatregel waarbij alle primaire dijken versterkt worden, levert de grootste reductie op voor het jaarlijks schaderisico en dus tot de grootste investeringsruimte. Deze maatregel kan kostentechnisch niet uit omdat slechts orde 4,5 km dijkversterking kan plaatsvinden terwijl de dijkkring ruim tien keer zo groot is.

⁷ De kosten zijn lastig te bepalen, waar beperkte tijd in is gaan zitten. Dit omdat de resultaten sowieso een verbeteringslag behoeven aangezien er een aantal onzekerheden gereduceerd moeten worden, namelijk:

- onzekerheid in schadefunctie neerslag bebouwd gebied
- onzekerheid in gebiedsneerslagdata vanwege gemiddelde waardes per peilvak
- beperkte set aan extreme neerslag events

Bovendien kan deze maatregel niet als enige genomen worden, want de maatregel is niet gericht op het verhelpen van de wateroverlast op de paarse pixels. Dit komt omdat het falen van primaire keringen niet leidt tot paarse pixels, want paarse pixels staan voor scenario's met een frequentie tot 1/100 per jaar, terwijl de frequenties van het falen van primaire keringen veel extremer zijn. In Tabel 5 staat dat regionale keringen binnen dit gebied een beperkte bijdrage hebben aan het jaarlijkse schaderisico en dat deze daarom binnen de case niet interessant zijn om te beschouwen.

De overige maatregelen zijn zowel op paarse als gele pixels gericht. Ophogen, vloerpeilverhogen en capaciteit van het watersysteem vergroten zijn het meest interessant voor de reductie van het jaarlijks schaderisico. Verwacht wordt dat kostentechnisch vloerpeil verhogen het meest interessant zal zijn, maar hiervoor zijn aanvullende kostenkentalen nodig. Onze inschatting is middels kleuren in de tabel weergegeven. Hierbij is felgroen = laagste kosten, licht groen = lage kosten, oranje = hoge kosten en bruin = aanzienlijke kosten.

Tabel 10 Overzicht van de beschouwde maatregelen en de impact van de maatregelen op het jaarlijkse schaderisico voor heel het studiegebied IJsselmonde.

Type maatregel	Risico referentie [Meuro/j]	Risico met maatregel* [Meuro/j]	Investeringsruimte [Meuro]	Kosten kental [Meuro]	Opmerking
Ophogen maaiveld (RO)**	0,62	0,59	1,19	0,6-2,2	Paarse en gele pixels met 0,5 m ophogen, 14,5 duizend m ³ zand
Vloerpeil ophogen (RO)	0,62	0,59	1,19		Aangepast ontwerp + wegen verhoogd aanleggen om bij ontwerpbeurt geen inundatie te hebben
Noodschotten/zandzakken*** (crisisbeheersing)	0,62	0,61	0,60		Werkt niet altijd, afh. Early warning systeem + mensen thuis om maatregel te treffen
Capaciteit watersysteem vergroten (bescherming)	0,62	0,59	1,19		Gemaal: 730 m ³ /2uur = 0,2 m ³ /s ~1M/m ³ i.c.m. watergangen of berging of riool
Alle primaire dijken versterken**** (bescherming)	0,62	0,20	19,64	4,4/km	Omvat het reduceren van de 10 primaire scenario's. Biedt geen oplossing voor de paarse pixels* (neerslag scenario's)
Verhoogde vluchtwegen (RO)*****	Wel beschouwd, maar we kijken niet naar slachtoffers. Zie toelichting in bijlage G.				

De * geven aan dat er een aanvullende toelichting is. Deze toelichting is opgenomen in bijlage G, om herhaling te voorkomen aangezien deze toelichting ook voor de paragrafen 6.3.2, 7.3.2 en 7.4.2 van toepassing is.

6.5 Verschillen tussen benadering 1 en 2

Verschil in de methode

In het onderzoek zijn de eisen uitgedrukt op basis van de bestaande normen in benadering 1. De bestaande normen zijn een eis voor hoe vaak het watersysteem mag falen (en er overlast mag optreden). In benadering 2 is gekeken naar eisen voor de plaatsgebonden overstromingskans. Bij deze eisen is onderscheid gemaakt in verschillende blootstellingskaders waarbij verschillende combinaties van kans en gevolg zijn benoemd per type grondgebruik en functie. Per klasse is dan een ander eisenpakket van toepassing. Hiervoor bestaan op dit moment nog geen normen. In deze studie is gewerkt met een eerste versie van een mogelijk kader. De huidige normen zijn hiervoor als vertrekpunt gebruikt, maar het is mogelijk om op basis van een integrale risicoanalyse de normen van een watersysteem bij te stellen als deze niet passend zijn. Bovendien is het met methode 2 mogelijk om aangescherpte blootstellingskaders voor vitale objecten op te stellen.

Het doel van de case nieuwbouw is de methode van integrale risicoanalyse te gebruiken om te ontwerpen waar gebouwen geplaatst kunnen worden en waar andere functies het meest passend zijn. Hiervoor zijn de kaartbeelden op basis van de blootstellingskaders van benadering 2 het meest geschikt.

Verschil in de weergave

Bij benadering 1 worden knelpunten weergegeven, maar is geen onderscheid gemaakt in inundatiediepte en terugkeertijd. Bij benadering 2 wordt onderscheid gemaakt in kleuren afhankelijk van de inundatiediepte en terugkeertijd. Hierdoor wordt het beter uitlegbaar om aan een bestuurder of bewoner te duiden welke blootstellingsrisico's er zijn en blijft het een minder technisch verhaal.

Verschil in de resultaten

Binnen benadering 1 is er alleen een knelpunt als niet aan de norm van 1/100 per jaar wordt voldaan. Dit geldt voor een gebied van 0,5 hectare, wat grotendeels overeenkomt met de paarse pixels uit benadering 2. De enige variatie hierbij zit in het basisvoorzieningsniveau (verhoogd vloerpeil van 20 cm) voor bebouwing. Hierdoor kan een kleine afwijking ontstaan tussen de knelpunten bij benadering 1 en 2 voor de scenario's tot 1/100 per jaar.

Bij benadering 2 ontstaat ook een knelpunt bij de gele pixels. Het gaat dan ook om een groter gebied (gele en paarse pixels), namelijk 2,9 hectare. Doordat het gebied waar maatregelen beschouwd worden groter is, reduceert het jaarlijks schaderisico ook iets meer en is de berekende investeringsruimte iets groter. Voor beide benaderingen lijkt voor nieuwbouw het vloerpeil ophogen de meest aantrekkelijke maatregel, want hierbij kan de fundering verhoogd worden, waardoor de extra kosten beperkt zijn. Het overzicht van kostenkentalen is echter niet volledig en onder andere het kostenkental voor vloerpeil ophogen betreft een hiaat in het overzicht van kostenkentalen.

De resultaten uit deze studie laten voor nieuw bebouw zien dat de benadering 2 "strenger" is dan benadering 1. Dit is echter afhankelijk van het gekozen blootstellingskader. Ook kan de opgave voor paarse pixels kleiner zijn ten opzichte van de opgave met blauwe pixels uit benadering 1, door het vereiste basisvoorzieningsniveau van 20 cm.

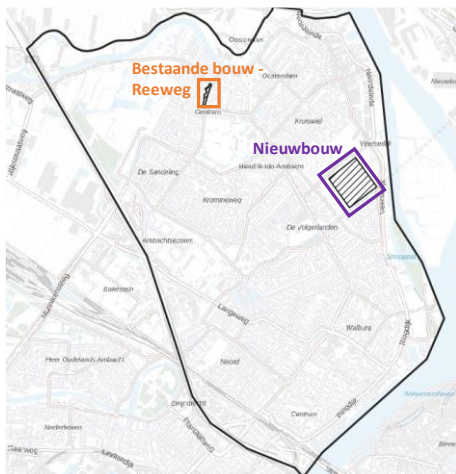
7 Impact van maatregelen

Case bestaande bouw

Dit is stap 4 van het stappenplan uit paragraaf 2.2, waarbij de uitwerking van een knelpunt afhankelijk is van de benadering.

7.1 Situatieschets

In dit hoofdstuk is gekeken naar mogelijke maatregelen binnen een bestaand bebouwd gebied bij de Reeweg in het noorden van het studiegebied (oranje deel uit Figuur 9). Het beschouwde gebied omvat 0,3 hectare (ongeveer 2% van de totale oppervlakte). Wanneer wordt gekeken naar de blootstelling op basis van de kleuren van Figuur 3, is het gebied van de Reeweg opgebouwd uit groene pixels (18%), gele pixels (24%), en paarse pixels (58%). Voor alle drie de kleuren is een representatief punt genomen waarvoor een watterisicoprofiel, de jaarlijkse risicobijdrage en het schadeprofiel voor zijn uitgelezen (Tabel 15, in bijlage I).



Figuur 9 Locatie van de te beschouwen bestaande bebouwing aan de Reeweg in het noorden van het studiegebied.

7.2 Te beschouwen maatregelen

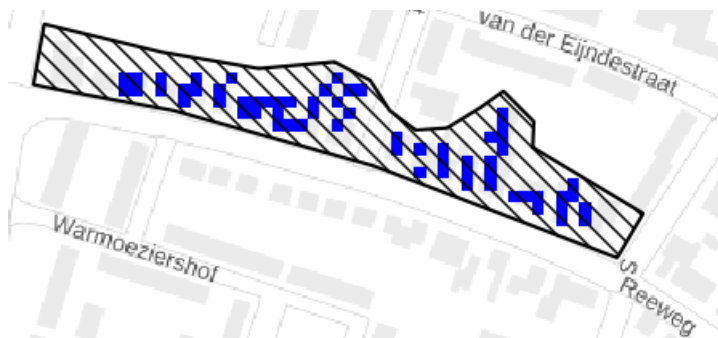
Voor de te beschouwen maatregelen is gekeken naar het maatregelenoverzicht van de Leidraad Klimaatadaptief Bouwen. Dit onderzoek richt zich op de volgende maatregelen:

- Maaiveldverhoging (lokale maatregel);
- Vloerpeil verhoogd (lokale maatregel);
- Capaciteit watersysteem vergroten (maatregel t.b.v. een kleiner gebied) door:
 - gemaal vergroten i.c.m. aanpassen watergangen
 - berging in oppervlaktewater en/of waterberging op land aanleggen/vergroten
 - riolering aanleggen/vergroten;
- Noodschotten/ zandzakken (lokale maatregel);
- Dijkversterking (maatregel t.b.v. een groot gebied);
- Verhoogde vluchtwegen (lokale maatregel met kanttekening).

7.3 Benadering 1

7.3.1 Knelpunten vaststellen voor referentiesituatie

Het jaarlijks schaderisico van studiegebied het Waaltje is 0,58 miljoen euro per jaar (Tabel 5). Bij benadering 1 is getoetst of is voldaan aan de norm, of dat sprake is van een opgave om aan de norm te voldoen. Binnen de bestaande bebouwing aan de Reeweg zijn er locaties die inunderen bij een 1/100 jaar neerslag event en dus is er een knelpunt. Het gaat hierbij om een gebied van 0,16 hectare (blauwe pixels Figuur 10).



Figuur 10 Inundatie bij een 1/100 jaar neerslagevent.

7.3.2 Opgave + maatregel

Bij benadering 1 is de opgave voldoen aan de norm, wat inhoudt dat bij een scenario met een terugkeertijd van 1/100 per jaar geen wateroverlast bij bebouwing mag optreden. De opgave is dus het verhelpen van de wateroverlast situaties bij $\leq T = 100$ jaar (blauwe pixels Figuur 10).

Tabel 11 laat het overzicht van de beschouwde maatregelen zien. In de tabel is weergegeven:

- het jaarlijkse schaderisico voor en na de maatregel;
- de contant gemaakte investeringsruimte (zie de toelichting over contant maken in paragraaf 6.3.2);
- indien beschikbaar een kostenkental⁸ voor het treffen van de maatregel;
- eventuele opmerkingen bij de maatregel.

De maatregelen ophogen, vloerpeilverhogen en capaciteit van het watersysteem vergroten zijn het meest interessant voor de reductie van het jaarlijks schaderisico. Ondanks de beperkte reductie van het jaarlijkse schaderisico en de kleinere investeringsruimte voor noodschotten/zandzakken, verwachten wij dat deze maatregel voor bestaande bouw kostentechnisch de voorkeur zal hebben, maar hiervoor zijn aanvullende kostenkentalen nodig. Onze inschatting is middels kleuren in de tabel weergegeven. Hierbij is felgroen = laagste kosten, licht groen = lage kosten, oranje = hoge kosten en bruin = aanzienlijke kosten.

⁸ De kosten zijn lastig te bepalen, waar beperkte tijd in is gaan zitten. Dit omdat de resultaten sowieso een verbeteringslag behoeven aangezien een aantal onzekerheden gereduceerd moeten worden, namelijk:

- onzekerheid in schadefunctie neerslag bebouwd gebied
- onzekerheid in gebiedsneerslagdata vanwege gemiddelde waardes per peilvak
- beperkte set aan extreme neerslag events

Tabel 11 Overzicht van de beschouwde maatregelen en de impact van de maatregelen op het jaarlijkse schaderisico voor heel het studiegebied IJsselmonde

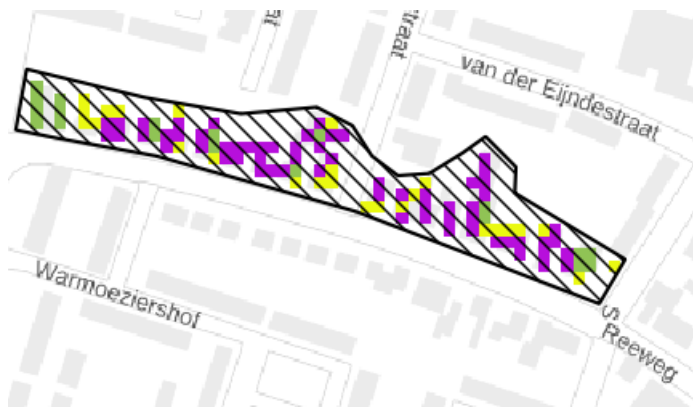
Type maatregel	Risico referentie [Meuro/j]	Risico met maatregel* [Meuro/j]	Investeringsruimte [Meuro]	Kostenkental [Meuro]	Opmerking
Ophogen maaiveld (RO)**	0,58	0,57	0,37	1,5	Paarse pixels met 0,5 m ophogen, 775 m ³ zand. Kostenkental bestaande wijk ophogen 7,5 Meuro/hectare.
Vloerpeil ophogen (RO)	0,58	0,57	0,37		Aangepast ontwerp + wegen verhoogd aanleggen om bij ontwerpbeurt geen inundatie te hebben
Noodschotten/zandzakken*** (crisisbeheersing)	0,58	0,58	0,18		Werkt niet altijd, afh. Early warning systeem + mensen thuis om maatregel te treffen
Capaciteit watersysteem vergroten (bescherming)	0,58	0,57	0,37		Gemaal: 730 m ³ /2uur = 0,2 m ³ /s ~1M/m ³ i.c.m. watergangen of berging of riool
Alle primaire dijken versterken (bescherming)****	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	4,4/km	Biedt geen oplossing voor de paarse pixels (neerslag scenario's)
Verhoogde vluchtwegen (RO)*****	Wel beschouwd, maar we kijken niet naar slachtoffers. Zie onderstaande toelichting in bijlage G.				

De * geven aan dat er een aanvullende toelichting is. Deze toelichting is opgenomen in bijlage G, om herhaling te voorkomen aangezien deze toelichting ook voor de paragrafen 6.3.2, 6.4.2 en 7.4.2 van toepassing is.

7.4 Benadering 2

7.4.1 Knelpunten vaststellen voor referentiesituatie

Het risico in de referentiesituatie is voor het studiegebied het Waaltje gelijk aan 0,58 miljoen euro per jaar (Tabel 5). Bij benadering 2 ontstaan knelpunten bij de paarse en gele pixels (Tabel 14). Het gaat hierbij om een gebied van 0,22 hectare.



Anders bouwen (geen shade)

Maatregelen overwegen

Accepteren

Ontwerpeis/ maaiveldcriterium van 20 cm

Figuur 11 Overzicht van de knelpunten (paarse en gele pixels) bij de bestaande bouw bij de Reeweg.

7.4.2 Opgave + maatregel

De opgave bij benadering 2 betreft het verhelpen van de paarse en gele pixels. Hiervoor is dezelfde set aan maatregelen beschouwd, waarvan de resultaten zijn samengevat in Tabel 10.

In de tabel is weergegeven:

- het jaarlijkse schaderisico voor en na de maatregel weergeven;
- de contant gemaakte investeringsruimte (zie de toelichting voor het contant maken in paragraaf 6.3.2);
- indien beschikbaar een kostenkental⁹ voor het treffen van de maatregel;
- eventuele opmerkingen bij de maatregel.

De maatregel waarbij alle primaire dijken versterkt worden levert de grootste reductie op voor het jaarlijks schaderisico en heeft dus tot de grootste investeringsruimte. Deze maatregel kan kostentechnisch echter niet uit, omdat slechts orde 4,5 km dijkversterking kan plaatsvinden terwijl de dijkkring ruim tien keer zo groot is. Het gaat namelijk niet alleen om het versterken van het stukje dijkkring binnen het projectgebied, want een doorbraak elders in de dijkkring kan zorgen voor inundaties binnen het projectgebied. Bovendien kan deze maatregel niet alleen genomen worden, want de maatregel is niet gericht op de paarse pixels. Dit komt doordat het falen van primaire keringen niet leidt tot paarse pixels, want paarse pixels staan voor scenario's met een frequentie tot 1/100 jaar terwijl de frequenties van het falen van primaire keringen veel extremer zijn. In Tabel 5 staat dat regionale keringen binnen dit gebied een beperkte bijdrage hebben aan het jaarlijkse schaderisico en dat ze daarom binnen de case niet interessant zijn om te beschouwen.

De overige maatregelen zijn zowel op paarse als gele pixels gericht. Ophogen, vloerpeilverhogen en capaciteit van het watersysteem vergroten zijn het meest interessant voor de reductie van het jaarlijks schaderisico. Ondanks de beperkte reductie van het jaarlijkse schaderisico en de kleinere investeringsruimte voor noodschotten/zandzakken, verwachten wij toch dat deze maatregel voor bestaande bouw kosten technisch de voorkeur zal hebben.

⁹ De kosten zijn lastig te bepalen, waar beperkte tijd in is gaan zitten. Dit omdat de resultaten sowieso een verbeteringslag behoeven aangezien er een aantal onzekerheden gereduceerd moeten worden, namelijk:

- onzekerheid in schadefunctie neerslag bebouwd gebied
- onzekerheid in gebiedsneerslagdata vanwege gemiddelde waardes per peilvak
- beperkte set aan extreme neerslag events

Hier zijn echter aanvullende kostenkentalen voor nodig. Onze inschatting is middels kleuren in de tabel weergegeven. Hierbij is felgroen = laagste kosten, licht groen = lage kosten, oranje = hoge kosten en bruin = aanzienlijke kosten.

Tabel 12 Overzicht van de beschouwde maatregelen en de impact van de maatregelen op het jaarlijkse schaderisico voor heel het studiegebied IJsselmonde.

Type maatregel	Risico referentie [Meuro/j]	Risico met maatregel* [Meuro/j]	Investeringsruimte [Meuro]	Kosten kental [Meuro]	Opmerking
Ophogen maaiveld** (RO)	0,58	0,57	0,40	2,1	Paarse en gele pixels met 0,5 m ophogen, 1100 m ³ zand
Vloerpeil ophogen (RO)	0,58	0,57	0,40		Aangepast ontwerp + wegen verhoogd aanleggen om bij ontwerp bui geen inundatie te hebben
Noodschotten/zandzakken*** (crisisbeheersing)	0,58	0,58	0,19		Werkt niet altijd, afh. Early warning systeem + mensen thuis om maatregel te treffen
Capaciteit watersysteem vergroten (bescherming)	0,58	0,57	0,40		Gemaal: 730 m ³ /2uur = 0,2 m ³ /s ~1M/m ³ i.c.m. watergangen of berging of riool
Alle primaire dijken versterken**** (bescherming)	0,58	0,18	12,70	4,4/km	Omvat het reduceren van de 10 primaire scenario's. Biedt geen oplossing voor de paarse pixels* (neerslag scenario's)
Verhoogde vluchtwegen (RO) *****	Wel beschouwd, maar we kijken niet naar slachtoffers. Zie onderstaande toelichting in bijlage G.				

De * geven aan dat er een aanvullende toelichting is. Deze toelichting is opgenomen in bijlage G, om herhaling te voorkomen aangezien deze toelichting ook voor de paragrafen 6.3.2, 6.4.2 en 7.3.2 van toepassing is.

7.5 Verschillen benadering 1 en 2

Verschil in de methode

In het onderzoek zijn de eisen uitgedrukt op basis van de bestaande normen in benadering 1. De bestaande normen zijn een eis voor hoe vaak het watersysteem mag falen (en er overlast mag optreden). In benadering 2 is gekeken naar eisen voor de plaatsgebonden overstromingskans. Bij deze eisen is onderscheid gemaakt in verschillende blootstellingskaders waarbij verschillende combinaties van kans en gevolg zijn benoemd per type grondgebruik en functie. Per klasse is dan een ander eisenpakket van toepassing. Hiervoor bestaan op dit moment nog geen normen. In deze studie is gewerkt met een eerste versie van een mogelijk kader.

De huidige normen zijn hiervoor als vertrekpunt gebruikt, maar het is mogelijk om op basis van een integrale risicoanalyse de normen van een watersysteem bij te stellen als deze niet passend zijn. Bovendien is het met methode 2 mogelijk om aangescherpte blootstellingskaders voor vitale objecten op te stellen.

Het doel van de case bestaande bouw is de methode van integrale risicoanalyse te gebruiken om knelpunten in kaart te brengen. Beide benaderingen verstrekken hiervoor inzicht. Indien echter uit benadering 2 volgt dat een woning op een niet passende locatie staat doordat deze bijvoorbeeld is verzakt, is de vraag wiens probleem dit is: van de huiseigenaar, of van de overheid? Ditzelfde geldt ook voor buitendijkse woningen waarvoor alleen een uitgiftepeil wordt meegegeven.

Vershil in de weergave

Bij benadering 1 worden knelpunten weergegeven, maar is geen onderscheid gemaakt in inundatiediepte en terugkeertijd. Bij benadering 2 is onderscheid gemaakt in kleuren afhankelijk van de inundatiediepte en terugkeertijd. Hierdoor wordt het beter uitlegbaar om aan een bestuurder of bewoner te duiden welke blootstellingsrisico's er zijn en blijft het een minder technisch verhaal.

Vershil in de resultaten

Binnen benadering 1 is er alleen sprake van een knelpunt als niet aan de norm van 1/100 per jaar wordt voldaan. Het gaat hierbij om een gebied van 0,16 hectare. Dit komt grotendeels overeen met de paarse pixels uit benadering 2. De enige variatie hierbij zit in het basis-voorzieningsniveau (verhoogd vloerpeil van 20 cm) voor bebouwing. Hierdoor kan er een kleine afwijking zijn tussen de knelpunten bij benadering 1 en 2 voor de scenario's tot 1/100 per jaar.

Bij benadering 2 vormen de gele pixels echter ook een knelpunt. Het gaat hierbij daarom om een iets groter gebied, namelijk 0,22 hectare. Doordat het gebied waar maatregelen beschouwd worden groter is, reduceert het jaarlijks schaderisico ook iets meer en is de berekende investeringsruimte iets groter. Voor beide benaderingen lijkt voor bestaande bouw het plaatsen van noodschotten/zandzakken de meest aantrekkelijke maatregel, aangezien de extra kosten beperkt zijn. Het overzicht van kostenkentalen is echter niet volledig en onder andere het kostenkental voor noodschotten/zandzakken betreft een hiaat in het overzicht van kostenkentalen.

De resultaten uit deze studie laten voor bestaande bebouw zien dat de benadering 2 "strenger" is dan benadering 1. Dit is echter afhankelijk van het gekozen blootstellingskader. Ook kan de opgave voor paarse pixels kleiner zijn ten opzichte van de opgave met blauwe pixels uit benadering 1, door het vereiste basisvoorzieningsniveau van 20 cm. Een kanttekening hierbij is wel dat niet alle bestaande gebouwen een drempel van 20 cm zullen hebben.

8 Conclusies en aanbeveling

Het doel van het onderzoek was om een integrale risicoanalyse uit te werken voor het pilotgebied IJsselmonde en dat toe te passen aan de hand van twee benaderingen. Het verschil in deze benaderingen is de wijze waarop een knelpunt voor wateroverlast wordt bepaald en grafisch wordt weergegeven.

8.1 Conclusies

Het onderzoek laat zien dat een integrale risicoanalyse uitvoerbaar is. Deze conclusie is niet nieuw en dit is eerder aangetoond. De integrale risicoanalyse maakt in essentie gebruik van dezelfde aanpak zoals die ten grondslag ligt aan de verschillende normeringen binnen het watersysteem, alleen worden nu de risico's met elkaar gecombineerd. Dit vraagt aandacht voor correlaties tussen scenario's, die vertaald worden naar kansen. Aandachtspunten zijn:

- 1. De integrale risicoanalyse is uitvoerbaar en geeft inzicht in de risico's, welke scenario's bijdragen en de kosten en baten van maatregelen. De eisen staan los van de risicoanalyse zelf, want deze zijn een politiek bestuurlijke keuze. Deze eisen zijn wel leidend voor het vaststellen van knelpunten en met de integrale risicoanalyse bepalen van doelmatige oplossingen.*
Toepassen van de integrale risicoanalyse laat zien welke scenario's meer of minder bijdragen aan het risico op wateroverlast in een gebied. De integrale risicoanalyse is ook een hulpmiddel om de kosteneffectiviteit van maatregelen te bepalen, gegeven bepaalde eisen waaraan voldaan moet worden. In het onderzoek is per maatregel de 'investeringsruimte' bepaald. Deze investeringsruimte is de contante waarde van de risicoreductie door toepassing van de betreffende maatregel (de baten). Als een maatregel voor deze kosten kan worden uitgevoerd noemen we deze kosteneffectief: de kosten zijn lager dan de baten. In de afweging over maatregelen kan deze informatie worden meegenomen en gewogen worden met andere ambities in het gebied.
- 2. In de pilot is door het waterschap de voorkeur uitgesproken voor het bepalen van normen in termen van plaatsgebonden blootstellingseisen per vorm van grondgebruik en functie (benadering 2). Het voornaamste argument is dat deze benadering het meest duidelijk is voor de gebruiker. Benadering 2 is met name ontwerpend bedoeld en daarom vooral geschikt voor momenten waarbij groot onderhoud op de planning staat en dus de ruimtelijke inrichting ter discussie staat (b.v. water en bodem sturend). Het is ook mogelijk de methode te gebruiken voor bestaande bouw, in de vorm van het toepassen van stresstesten waarbij er een rationale en transparante basis is om knelpunten te identificeren en de dialoog aan te gaan. Tenslotte kunnen op basis van een integrale risicoanalyse de normen van een watersysteem worden bijgesteld als deze niet passend zijn.*
In het onderzoek zijn de eisen uitgedrukt op basis van de bestaande normen in benadering 1. De bestaande normen zijn een eis voor hoe vaak het watersysteem mag falen (en er overlast mag optreden). In benadering 2 is gekeken naar eisen voor de plaatsgebonden overstromingskans. Bij deze eisen is onderscheid gemaakt in verschillende blootstellingskaders waarbij verschillende combinaties van kans en gevolg zijn benoemd per type grondgebruik en functie.

Per klasse is dan een ander eisenpakket van toepassing. Hiervoor bestaan op dit moment nog geen normen. In deze studie is gewerkt met een eerste versie van een mogelijk kader.

3. *De integrale risicoanalyse is een iteratief proces, waarbij niet alle aspecten altijd uitgewerkt hoeven te worden. Maatwerk is mogelijk door in te zoomen op de relevante lagen.*

In de uitgevoerde pilot bleek dat het watersysteem al grotendeels voldoet aan de vigerende eisen. Als uitkomst van de integrale systeemanalyse blijkt dat alleen voor extreme piekneerslag knelpunten te verwachten zijn. Deze knelpunten zijn er in de huidige situatie grotendeels ook en komen doordat in het studiegebied jaren '30 wijken zijn, waarbij veel bodemdaling is opgetreden. Hierdoor stroomt het water bij extreme neerslag meer naar de woningen. Dit probleem zal door extra neerslag door klimaatverandering versterkt worden. De wateroverlast wordt met name veroorzaakt door bodemdaling, waar de oplossingen zich met name op moeten richten. Dit kan wel samenhang hebben met ruimtelijke ordening en crisisbeheersing, maar niet met het falen van keringen. De pilot laat zien dat voor bestaande bouw de combinatie van watersysteem met crisisbeheersing (bijvoorbeeld zandzakken) een goede optie is. Voor nieuwbouw is met name de combinatie van het watersysteem met verhoogde vloerpeilen (ruimtelijke inrichting) aantrekkelijk.

4. *Het toepassen van een integrale risicoanalyse vereist onderzoek op het juiste schaalniveau. Het minimale schaalniveau is hierbij het gebied dat getroffen wordt door de verschillende scenario's en maatregelen.*

In het onderzoek is gekeken naar het projectgebied van het Waaltje binnen IJsselmonde. Eventuele dijkversterkingen van primaire keringen hebben invloed op het risico in een groot deel van de dijkkring, terwijl deze nu buiten beschouwing zijn gelaten. Gevolgbeperking voor alleen een nieuwbouwwijk heeft alleen een lokale impact. Voor andere watersystemen, zoals de riolering, treden de kosten en de baten in een nog kleiner gebied op.

5. *Uniforme scenario's kunnen de onzekerheid in de resultaten verkleinen. Het zou voor de vergelijkbaarheid van de resultaten wenselijk zijn dat de verschillende watersystemen onder dezelfde noemer worden gebracht om deze systematisch uit te werken.*

Een eerste voorbeeld waaruit dit blijkt is dat de normen voor regionale waterkeringen nog zijn uitgedrukt in termen van overschrijdingskansen van de waterstand en nog niet in overstromingskansen. In het onderzoek is hiervoor op basis van ontwerprichtlijnen en gebiedskennis een vertaling gemaakt om de overstromingskans te bepalen (inclusief het lengte effect).

Een tweede voorbeeld is het aantal beschikbare scenario's. Voor extreme gebiedsneerslag zijn scenario's uitgewerkt door het waterschap binnen de NBW-normering. Het extreemste scenario daarin is een 1/100 per jaar scenario, omdat dit ook de strengste norm is voor bebouwd gebied. In een integrale risicoanalyse is het noodzakelijk ook scenario's mee te nemen voor nog extremere situaties die volgen uit b.v. de eisen aan primaire waterkeringen. Dat is nu opgelost door een 1/1000 per jaar scenario mee te nemen voor piekneerslag en twee bovenregionale scenario's (scenario's die zijn uitgewerkt in een onderzoek voor Zuid-Holland naar aanleiding van de waterbom (Deltares 2022)).

6. *De schademodelering van extreme neerslag in de bebouwde omgeving heeft aandacht nodig. Het onderzoek laat op basis van schademeldingen bij extreme piekneerslag en expertschattingen zien dat binnen de huidige schadeschattingen het risico sterk wordt overschat.*

Dit lijkt te worden veroorzaakt door schadefuncties van bebouwd gebied in combinatie met de berekende waterdieptes en het landgebruik.

In het onderzoek zijn de schadebedragen voor extreme piek en gebiedsneerslag (m.u.v. bovenregionale neerslag) hiervoor gecorrigeerd. Dat betekent dat de resultaten het principe van de verschillende benaderingen laten zien, maar dat er geen beleidsuitspraken over de keuze van maatregelen in een gebied mogelijk zijn. Hiervoor is meer maatwerk nodig.

7. *De vraag kan worden gesteld of piekneerslag onderdeel zou moeten zijn van een integrale risicoanalyse waarin ook wordt gekeken naar andere vormen van wateroverlast.*

In het studiegebied blijkt dat binnen bestaand stedelijk gebied de problemen veroorzaakt door piekneerslag en met name door bodemdaling. Binnen het studiegebied zijn er jaren '30 wijken die door bodemdaling lager zijn komen te liggen dan de straten. Hierdoor stroomt het water bij extreme neerslag niet af naar de riolering, maar juist naar de woningen. Dit probleem wordt door extra neerslag door klimaatverandering versterkt. Echter is bodemdaling voor deze woningen het kernprobleem. In dit geval is de interactie tussen het stedelijke watersysteem en het regionale watersysteem beperkt en heeft het beperkte meerwaarde om dit knelpunt integraal te benaderen.

Grote renovatieopgaves, zoals het verbeteren van de riolering of herinrichting van de openbare ruimte, kunnen worden aangegrepen om de kans op wateroverlast te verkleinen. Extreme piekneerslag is dus vooral een probleem bij bestaande bebouwing die bij bodemdaling mee zakt doordat deze woningen niet goed zijn onderheid.

Bij nieuwe ontwikkelingen wordt in het ontwerp van een gebied (en het watersysteem) al standaard rekening gehouden met neerslag en zou met een set ontwerpregels een groot deel van de wateroverlast problemen ten gevolge van piekneerslag kunnen worden ondervangen. Bebouwing wordt veel vaker onderheid, in geval van bodemdaling zakt de omgeving dan sneller dan de bebouwing (waardoor meer berging ontstaat) en neemt de kans op wateroverlast af.

8. *Het gebruik van een schaderisico, of de duur van de overlast als invulling van de eisen aan het plaatsgebonden risico heeft niet aantoonbaar meerwaarde.*

Het definiëren van de eisen aan het plaatsgebonden risico (benadering 2) is in dit onderzoek gedaan op basis van de blootstelling aan een bepaalde waterdiepte. Een koppeling met een schaderisico of overlast voegt in onze ogen weinig toe, omdat:

- a. de schade en de inundatieduur (in niet vrij afwaterende gebieden) zijn afgeleid van de waterdiepte. De schade wordt bepaald op basis van de inundatiediepte in combinatie met een schadefunctie. De inundatieduur is voor niet vrij afwaterende gebieden een combinatie van de inundatiediepte, de pompcapaciteit en herstelwerkzaamheden. Het plaatsgebonden risicoprofiel van de waterdiepte biedt dus in essentie dezelfde informatie.
- b. het gebruik van een schaderisico als norm zou kunnen betekenen dat dure wijken beter worden beschermd dan arme wijken. Vanuit het gelijkwaardigheidsbeginsel is dit onwenselijk, ondanks dat het niet ongebruikelijk is om onderscheid te maken in risico of grondgebruik. Binnen het onderscheid van bijvoorbeeld de NWB-norm betreft het echter andere typen grondgebruik, zoals akkerbouw en bebouwd gebied, waarvoor de sociale impact verschilt. Daarnaast wordt voor keringen onderscheid gemaakt in basisveiligheid (vertrekpunt) en economische optimalisatie van een dijkkring. Het ligt ons inziens daarom niet voor de hand om onderscheid te maken in blootstellingskaders voor verschillende typen woningen. Bovendien is schade een afgeleide van de waterdiepte en zijn termen van inundatiediepte gelijkwaardiger dan schaderisico.

8.2 Aanbevelingen

1. Pas de integrale risicoanalyse met de nodige nuchterheid toe. Afhankelijk van de gestelde eisen is het soms niet noodzakelijk naar alle watersystemen en lagen te kijken. Benut deze mogelijkheid om het eenvoudig te houden.
2. Werk een beleidsmatig kader uit waarbinnen de integrale risicoanalyse moet worden toegepast. Indien benadering 2 de voorkeur heeft, dan wordt aanbevolen om aan te sluiten bij de uitwerking van 'water en bodem sturend' en ook een richtinggevend kader (normen) te ontwikkelen voor andere functies van bebouwing. De afspraken die gemaakt worden in laag 2 en 3 uit Meerlaagsveiligheid zijn aanvullend op de normen die blijven gelden voor het watersysteem. De afspraken zijn echter niet vrijblijvend en zullen moeten worden geborgd. We raden aan om te onderzoeken hoe deze vast te leggen.
3. Breng risico's onder dezelfde noemer. Een eerste voorbeeld waaruit dit blijkt is dat de normen voor regionale waterkeringen nog zijn uitgedrukt in termen van overschrijdingskansen van de waterstand en nog niet in overstromingskansen, waar de andere scenario's in uitgedrukt zijn. In het onderzoek is hiervoor op basis van ontwerprichtlijnen en gebiedskennis een vertaling gemaakt om de overstromingskans te bepalen (inclusief het lengte effect). Ook de gevolgen van een doorbraak van een regionale kering kunnen worden verbeterd door hydrodynamische modellering in plaats van een bakjesbenadering. Voor extreme piekneerslag is het van belang om de kans op wateroverlast te bepalen. Deze is namelijk niet gelijk aan de kans op een neerslagvolume (wat nu wordt gehanteerd in stresstesten), omdat ook andere factoren bijdragen aan wateroverlast. Hoe extremer de neerslag hoe dichter dit wel bij elkaar ligt. Daarnaast is het van belang dat er voldoende gevolgscenario's beschikbaar zijn, wat betekent dat bij extreme gebiedsneerslag scenario's extremer dan de norm nodig zijn.
4. Standaardiseer de beschikbare dataset met scenario's voor heel Nederland. Geadviseerd wordt om een handreiking op te stellen om te bepalen hoeveel en welke scenario's nodig zijn voor een integrale risicoanalyse (inclusief bovenregionale extreme scenario's). Met name (piek)neerslag kan dan leiden tot een uitbreiding van de set beschouwde scenario's. Aanbevolen wordt om deze ook toegankelijk te maken via publieke systemen als LIWO, zodat andere partijen hier ook gebruik van kunnen maken.
5. Verbeter de schademodelering door deze te combineren met grondgebruik en waterdieptes. Met name voor bebouwd gebied zou dit van meerwaarde zijn. Bij de schadebepaling gaat het om de interactie tussen deze parameters. Geadviseerd wordt om de schadefuncties te actualiseren en deze te blijven verbeteren. De keuzes voor grondgebruik en validatie van berekende waterdieptes ligt bij de modelleur. Voorkomen moet worden dat een mismatch ontstaat tussen verondersteld grondgebruik in de watermodellen en de schademodelen (consistentie).

9 Reflectie onderzoeksvragen

STOWA

In dit hoofdstuk reflecteren we op de onderzoeksvragen zoals die zijn gesteld door de STOWA. Deze reflectie is opgesteld op basis van de ervaringen tijdens de workshops en de uitwerking.

In het uitgevoerde onderzoek hebben we twee methodes geschetst, waarmee op basis van een integrale risicoanalyse beschermingsniveaus kunnen worden gedefinieerd. Daarbij is ingegaan op verschillende mogelijke parameters. Deze methodes kunnen zowel toetsend (dus oordelend over de bestaande situatie) als ontwerpend (voor gebiedsontwikkelingen rekening houdend met een mogelijke toekomst) naar watersystemen en gebieden worden ingezet. Voor het uitvoeren van de integrale risicoanalyse is gebruik gemaakt van het eerder door STOWA ontwikkelde raamwerk dat ook nu voldeed. De uitwerking van een risicoanalyse is niet nieuw, maar ligt ten grondslag aan de bestaande normeringen van de verschillende watersystemen. Wel nieuw is dat nu gekeken is vanuit een breder perspectief bij het oplossen van knelpunten (benadering 1) en dat normen anders worden gedefinieerd in termen van blootstelling waarin alle mogelijke gevolgen gecombineerd zijn (benadering 2).

Keuze pilotgebied

Allereerst staan we stil bij de gebiedskeuze voor het pilot gebied. Het projectgebied was erg klein en relatief overzichtelijk met een duidelijk onderscheid in kans en impact van de verschillende watersystemen. Het gebied bevat bijvoorbeeld geen groot polderboezemsysteem en de dijkkring is relatief klein. Ook was het watersysteem redelijk op orde en hebben we ons gericht op een deel van de dijkkring. Dat betekent dat qua uitwisseling van maatregelen tussen het watersysteem op voorhand duidelijk was dat een integrale benadering hierin beperkte meerwaarde heeft. Wel kan duidelijk worden gemaakt wat de samenhang is met ruimtelijke ordening en crisisbeheersing door deze expliciet mee te nemen. Dit gaf ook de kans om de principiële werking van beide benaderingen goed te verkennen en doorgronden.

Normen: bestuurlijke keuze

De eerste onderzoeksvragen van STOWA concentreren zich op de methode en de vraag hoe je een beschermingsniveau op een locatie in een gebied uitdrukt, en hoe je dat beschermingsniveau bepaalt. De keuze voor een beschermingsniveau is altijd een politiek bestuurlijke keuze. Omdat het gaat om investeringen van de overheid is doelmatigheid hierbij van belang, maar ook gelijkwaardigheid, uitvoerbaarheid en uitlegbaarheid. Deze overwegingen zijn niet anders dan de normering van regionale watersystemen en waterkeringen. Daarnaast speelt bij de normering van waterkeringen het slachtoffer risico een extra rol.

Omschrijving beschermingsniveaus

Benadering 1 sluit aan bij de huidige normeringen. De normen zijn uitgedrukt in faalkansen (of afgeleiden). Deze geven aan hoe vaak een overstroming door dijkdoorbraken of neerslag mag voorkomen. Bij neerslag wordt nog onderscheid gemaakt in het type grondgebruik. Voor piekneerslag bestaan geen normen, wel ontwerprichtlijnen. De huidige ontwerprichtlijnen zeggen niets over hoe vaak ergens wateroverlast voorkomt, want dit is onder andere afhankelijk van gebiedskenmerken.

Benadering 2 stelt eisen aan de plaatsgebonden overstromingskansen (voor alle gecombineerde dreigingsbeelden). Deze benadering geeft dus lokaal aan hoe vaak en welke inundatiediepte is toegestaan. Daarbij wordt rekening gehouden met de werking van het watersysteem en de gebiedskenmerken.

Rekenmethode: gestandaardiseerd, transparant, reproduceerbaar

De risicoanalyse biedt een SMART, gestandaardiseerde en reproduceerbare methode. Deze methode kan worden toegepast voor zowel de huidige situatie als voor toekomstige situaties. Het gebruik van een risicoanalyse is niet nieuw en al gebruikt voor bijvoorbeeld de normering van waterkeringen en watersystemen. Een integrale risicoanalyse is ook niet nieuw en niet veel anders dan een "gewone" risicoanalyse, alleen wordt rekening gehouden met de samenhang tussen de verschillende watersystemen (wat bijvoorbeeld al is gedaan in "Van neerslag tot schade in Leven met water" (HKV e.a., 2009)). Daarnaast worden in een integrale risicoanalyse maatregelen in de ruimtelijke ordening en crisisbeheersing beschouwd (wat al gedaan is in Meerlaagsveiligheid (STOWA, 2017), maar ook bij stedelijk waterbeheer wordt b.v. rekening gehouden met water op straat).

Het stappenplan zoals opgesteld in het 'raamwerk voor de integrale risicoanalyse' voldoet op basis van de ervaringen in deze studie. Dat betekent dat correlaties tussen watersystemen meegenomen kunnen worden. Afhankelijk van het beslisprobleem kunnen deze correlaties wel of niet van belang zijn. Er zijn al goede voorbeelden hoe correlaties worden meegenomen voor onder andere casussen die zijn uitgewerkt voor Den Bosch, het benedenrivierengebied en het ARK/NZK. Soms kan statistische kennis nog worden verbeterd. Een alternatief is om aanvullend gebruik te maken van expertschattingen (zie de methode om bovenregionale extreme neerslagscenario's op te stellen in NKWN-KBS 2022).

Nieuw onderzoek zal leiden tot meer inzicht, wat niet wil zeggen dat de huidige inzichten het toepassen van een integrale risicoanalyse in de weg staan. Wel is voldoende tijd nodig om alle stakeholders mee te nemen in een integrale risicoanalyse. Dit geldt voor zowel de experts binnen de waterwereld, als voor de ruimtelijke planners en crisisdiensten. De experts binnen de waterwereld hebben namelijk vooral kennis van één specifiek onderdeel (als piekneerslag, regionale neerslag, regionale of primaire keringen), maar kennen vaak niet de ins en outs van alle onderdelen van de verschillende watersystemen.

Schaalniveau van de risico's

De risico's kunnen op allerlei manieren worden uitgedrukt, waarbij de ruimtelijke schaal waarop wordt gekeken een belangrijke rol speelt:

- Het risico (euro's per jaar) in een projectgebied. Dit leidt tot een verwachtingswaarde van het risico in euro's per jaar. Dit kan worden gezien als een indicatie voor het bedrag dat jaarlijks gereserveerd moet worden om de schade te vergoeden.

Dit risico per jaar in een gebied kan worden uitgesplitst:

- Naar de bijdrage aan het risico van de verschillende scenario's
- Naar de bijdrage aan het risico van verschillende oorzaken van wateroverlast.
- Naar de bijdrage aan het risico van verschillende kansklassen (b.v. 1/100-1/1.000 en 1/1.000-1/10.000, etc.).

- De plaatsgebonden risico's. Hierbij wordt gekeken wat de kans is op wateroverlast op een locatie in het gebied. Hiervoor:
 - Kan een waterrisicoprofiel worden opgesteld dat de overschrijdingsfrequentie van de waterdiepte beschrijft (zie www.mijnwaterrisicoprofiel.nl).
 - Kan onderscheid worden gemaakt in verschillende klassen van terugkeertijden en waterstanden waarvoor een acceptabel risico wordt bepaald.
 - Kan inzichtelijk worden gemaakt welke scenario's bijdragen aan het risico op deze plaats.

Parameters om de normen in uit te drukken

De parameters waarin de normen worden uitgedrukt zijn ook een keuze. De te gebruiken parameters waarmee het beschermingsniveau wordt beschreven, zijn afhankelijk van de gemaakte keuzes hoe de normen worden bepaald:

- Momenteel (en bij benadering 1) is de keuze gemaakt om de overstromingskans van het watersysteem als maat voor de norm te beschouwen. Deze overstromingskans is afgeleid op basis van een risicoanalyse. Het gaat daarbij om de kans dat een waterkering faalt, of de kans dat een bepaald type grondgebruik inundeert. Voor piekneerslag bestaat een ontwerprichtlijn, waarbij tijdens de aanleg wordt gekeken naar de dimensies van de riolering, het watersysteem en de openbare ruimte, zodat water op straat kan worden geborgen. In ruimtelijke adaptatieplannen wordt de lat hoger gelegd en de bescherming uitgedrukt in een kans dat wateroverlast op mag treden. Een systeem voldoet niet zodra wateroverlast optreedt bij de normsituatie. Hierbij wordt geen aanvullende aandacht besteed aan vitale functies.
- Een benadering die eisen stelt aan de blootstelling (zoals benadering 2 uit dit onderzoek), stelt niet primair eisen aan een deelsysteem, maar stelt hoe vaak een bepaalde waterdiepte mag worden overschreden. In deze benadering kan rekening worden gehouden met het gecombineerde effect van verschillende watersystemen. Ook kan onderscheid worden gemaakt in verschillende vormen van grondgebruik en functies. De NBW-normering maakt nu ook al onderscheid in verschillende vormen van grondgebruik. Voor bepaalde vitale functies is het ook logisch dat deze strengere eisen hebben dan de normale bebouwde omgeving, dit is een aanvulling ten opzichte van de huidige methodiek. Het ligt voor de hand om een bepaalde ondergrens voor de blootstelling te definiëren, dit kunnen de huidige normen zijn omdat voor de huidige normering van de waterkeringen en het watersysteem al gekeken is naar doelmatigheid. Als gevolg zijn de plaatsgebonden overstromingskansen dan vooral relevant voor ruimtelijke ordening en inrichting. Alternatieve ondergrenzen kunnen bijvoorbeeld ook worden opgesteld op basis van een economische optimalisatie met een gedefinieerde ondergrens.

Verder is gekeken naar de parameter inundatieduur als norm. De inundatieduur van de wateroverlast is onder andere afhankelijk van het type gebied. In poldergebieden wordt de duur vooral bepaald door de combinatie van de gemaalcapaciteit, de hoeveelheid neerslag en een duur voor eventuele herstelwerkzaamheden. Bij grootschalige wateroverlast zal de capaciteit van noodpompen beperkt zijn ten opzichte van de reeds aanwezige gemaalcapaciteit. Bij vrij afwaterende gebieden is de inundatieduur van de wateroverlast vaak beperkt. Bij neerslag gaat het om orde dagen (in Valkenburg was in de zomer van 2021 na 1 dag het water weer weg) en bij dijkdoorbraken gaat het om orde weken, wat ook afhankelijk is van de duur van een hoogwater. De inundatieduur van een hoogwater is in bemalen gebieden een functie van de inundatiediepte en maalcapaciteit, terwijl voor de vrij afwaterende gebieden de inundatieduur sterk gekoppeld is aan de duur van een scenario (b.v. duur van de hoogwatergolf).

Door deze afhankelijkheid van bemalen en vrij afwaterende gebieden is inundatieduur een minder goed uitlegbare parameter om normatief te gebruiken. Bovendien geeft het binnen bemalen gebieden geen ander inzicht dan blootstellingseisen aan inundatiediepte normatief te gebruiken. Wel zou de inundatieduur voor bepaalde vormen van grondgebruik eventueel als ondergrens kunnen worden benoemd. Daarnaast geeft het kaartbeeld met de inundatieduur wel relevante extra informatie aan de gebruiker.

Aansluiting op water en bodem sturend

Bij water en bodem sturend wordt door het ministerie van Infrastructuur en Waterstaat gekeken naar de kans op een bepaalde mate van blootstelling. Hiervoor is een concept richtinggevend kader ontwikkeld wat aansluit op de maatlat van het ministerie van Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties. Voor bebouwing is dit kader vergelijkbaar met het gehanteerde kader in deze studie.

Water en bodem sturend kijkt dus niet alleen naar de kans op falen van een watersysteem, maar naar de kans op een bepaalde mate van blootstelling (b.v. de kans op 0 cm, of 20 cm en hogere waterdieptes). Water en bodem sturend kijkt naar de combinatie van het effect van de verschillende watersystemen en niet naar specifieke normen. Benadering 2 sluit dus aan bij water en bodem sturend.

De vraag is of de plaatsgebonden verwachtingswaarde van het inundatierisico ook een parameter is die gebruikt kan worden als norm. Een dergelijke parameter geeft aan waar het schaderisico hoog en laag is. Echter bij de huidige normering van het watersysteem en de waterkeringen is dat ook al meegenomen in de optimalisatie. De nieuwe ontwikkelingen zullen vaak niet van dermate omvang zijn dat hierdoor de normen en dimensies van gehele watersystemen aangepast hoeven te worden (lokaal zijn er natuurlijk wel aanpassingen).

Het meenemen van het schaderisico kan interessant zijn voor de locatiekeuze bij nieuwe ontwikkelingen. De vraag is waardoor dat schaderisico wordt bepaald. Zijn het kleine schades die vaak voorkomen? Of een grote schade met een kleine kans van voorkomen. Een andere manier is om onderscheid te maken in verschillende klassen en de kans op schade in deze klasse te beschouwen (als in een bedrijfswaardenmatrix). Dit geeft meer inzicht in welke dreiging het schaderisico veroorzaakt, en geeft de mogelijkheid onderscheid te maken in verschillende combinaties van kans en gevolg. Hierdoor ontstaat de mogelijkheid om een gelijkwaardige ondergrens te bepalen per functie. Of deze parameter als 'kans op schade' of 'kans op blootstelling' wordt uitgedrukt is een inwisselbare keuze, de schade is immers een functie van de inundatiediepte. De inundatiediepte heeft als voordeel dat het een voorstelbare parameter is en beter aansluit bij het waterbewustzijn.

Schaalniveau

Een andere vraag van de STOWA betreft het ruimtelijk schaalniveau waarop een analyse moet worden uitgevoerd. Om de baten van maatregelen te kunnen bepalen, moet naar het schaalniveau worden gekeken waarop de maatregelen effect hebben. Dit geldt zowel voor de baten als de kosten. Zo kunnen de baten van een dijkversterking, of ingrepen in het watersysteem ook elders een effect hebben. De kosten worden opgebracht door de belastingbetaler. Deze kosten worden omgeslagen over meerdere mensen. Ook mensen die op hoge gronden wonen hebben baat bij de investeringen in waterkeringen. Zeker omdat de eisen aan het watersysteem al zijn gebaseerd op een risicoanalyse waarin (mede) gestreefd is naar economische optimalisatie op basis van kosten en baten, is hierin al een vorm van gelijkheid toegepast.

Meer investeren vanuit belastinggeld is vanuit dit gelijkheidsprincipe niet nodig. Daarom is de vraag wat de meerwaarde is om voor gevolgbeperking wederom economische optimalisatie toe te passen.

Een alternatief kan zijn om gebruik te maken van een matrix waarin eisen worden gesteld aan de combinatie van kans en gevolg. Hiermee creëer je ook een vorm van (minimaal) gelijkwaardigheid bij een beschermingsniveau (vergelijkbaar met het principe van basisveiligheid bij primaire waterkeringen). Het biedt tevens handelingsperspectief voor de ontwikkeling in lastigere gebieden.

Relevante scenario's en maatgevende buien

Voor het berekenen van risico's staat de kans van optreden van een bepaald scenario en de bijbehorende gevolgen centraal. De kans van een scenario is de combinatie van verschillende factoren: de neerslag (volume en patroon) en afvoer, het gedrag van waterkeringen en het moment van falen, het functioneren van gemalen, beschikbaarheid van bergingsgebieden of bassins, spui- of lozingsmogelijkheden op andere watersystemen (door wind of eerdere neerslag), onderhoud van het watersysteem, veroudering riolering, etc. De gevolgen worden vervolgens bepaald door deze combinatie van factoren.

In de risicoanalyse van het watersysteem wordt veelal rekening gehouden met bovenstaande factoren. Afhankelijk van de terugkeertijden waar naar gekeken wordt, kunnen bepaalde aspecten buiten beschouwing worden gelaten. Het is dus onjuist om de kans op een maatgevende bui gelijk te stellen aan de kans op wateroverlast, omdat gecontroleerd moet worden of er geen andere factoren (significant) bijdragen aan de kans op wateroverlast. Dit moet uit een gebiedsanalyse volgen. Daarom is het beter om de faalkansen van watersystemen (benadering 1), of blootstellingseisen voor mogelijke gevolgen (benadering 2) centraal te stellen.

Mogelijke maatregelen

In het onderzoek is gekeken naar een selectie van maatregelen. Via een integrale risicoanalyse wordt een handvat gegeven om de kosten en de baten van de maatregelen inzichtelijk te maken, en om de meest doelmatige maatregel te selecteren. De baten van maatregelen zijn gelijk aan de risicoreductie ten opzichte van de referentie. Deze reductie van het risico is een bedrag per jaar. Dit bedrag kan worden vertaald naar een contante waarde in een zichtjaar, zodat de vergelijking kan worden gemaakt met eenmalige investeringen.

De investeringsruimte die er maximaal is, mits men doelmatig wil zijn, bestaat uit het bedrag dat beschikbaar is voor uitvoering van de maatregel, waarbij de kosten precies gelijk zijn aan de baten. De integrale risicoanalyse laat zien dat de baten van een maatregel wel eens groter kunnen zijn dan alleen voor het knelpunt zelf. Dit komt doordat naast dat de maatregel kan het knelpunt oplost, het risico ook op andere plaatsen kan reduceren. Een voorbeeld hiervan is een maatregel als een dijkversterking. De maatregel kan ertoe leiden dat een wijk geschikt is om te ontwikkelen, maar ook in bestaande wijken daalt het risico. Andere voorbeelden zijn de aanleg van een groter gemaal, of het creëren van meer berging, wat ook elders in het gebied zal leiden tot baten.

De meest doelmatige maatregel in het watersysteem voor overstromingsrisicobeheer hoeft niet gelijk de meest aantrekkelijke maatregelen te zijn vanuit gebiedsontwikkeling. Zo zijn er in ieder gebied ook andere thema's die in deze keuze meespelen zoals bijvoorbeeld droogte, de Kader Richtlijn Water (KRW), natuur of bereikbaarheid. In een gebiedsontwikkeling kan dus een uitgebreide afweging worden gemaakt waarin de waterbelangen worden gewogen met andere belangen. Het kan dus aantrekkelijk zijn om niet voor de – vanuit waterbeheer – meest doelmatige oplossing te kiezen, maar dat er andere redenen zijn waarom een oplossing aantrekkelijker is.

Hierover moeten dan wel afspraken worden gemaakt voor financiering en borging van de verantwoordelijkheid. In de studie naar Slimme Combinaties (Twynstra Gudde, 2018) is al gekeken naar de borging van afspraken voor laag 2 en 3. De huidige regelgeving biedt al de mogelijkheden om deze afspraken vast te leggen. De uitdaging ontstaat bij het proberen deze afspraken ook daadwerkelijk vast te leggen.

Referenties

Arcadis (2020)

Wateroverlastanalyse gemeente Hendrik-Ido-Ambacht:
gevoeligheid water in panden in opdracht van de gemeente Hendrik Ido Ambacht

Bouw Adaptief (2022)

Leidraad Klimaatadaptief bouwen 2.0. Stap voor stap klimaatadaptief. In opdracht van de Provincie Zuid-Holland, MRA Amsterdam, Provincie Utrecht en Provincie Gelderland.

Deltares & HKV (2012)

Kosten Kentallen van Meerlaagsveiligheid maatregelen. Selectie van maatregelen en factsheets door R. Roosjen (Deltares) en M. Zethof (HKV). Projectnummer HKV: PR2426.10.

Deltares (2017)

Applicatie Schade en Slachtoffer Module (SSM-2017).

Deltares (2020)

Impact regionale overstromingen op hoofdwegennet. Delft, 2020. 11205243-006-BGS-0001.

Deltares (2022)

Wat als 'de waterbom' van juli 2021 in centraal Nederland was gevallen?

HKV, Universiteit Twente en KNMI (2009)

Van neerslag tot schade in Leven met water. In opdracht van de STOWA.

HKV (2018)

Integrale risicoanalyse – dilemma's en kennisvragen. PR3680.10

HKV (2019)

Integrale risicoanalyse – Cases. PR3680.20

HKV & Ambient (2021)

Integrale risicoanalyse voor wateroverlast: doen of laten? PR3680.30.

HKV (2022)

Impact van overstromingen op HWN, PR4786.10.

Nelen & Schuurmans (2022)

WaterSchadeSchatter (WSS)

Rijksoverheid (2023)

Landelijke maatlat - factsheets en overzichtstabel.

STOWA (2009)

Handreiking Ontwerpen & Verbeteren Waterkeringen langs regionale rivieren. Rapportnummer 2009-07, ISBN 978.90.5773.426.7.

STOWA (2017)

Meerlaagsveiligheid in de praktijk. Originele Deltafact opgesteld in 2013 als laatst geactualiseerd in 2017.

STOWA (2019)

Neerslagstatistiek en -reeksen voor het waterbeheer 2019.

Stratelligence (2022)

Vitaal en Kwetsbaar Hoofdwegennet Kosten-batenanalyse (Concept) Oktober 2022.

TwynstraGudde, SWECO en HKV (2028)

Analyse Slimme Combinaties. In opdracht van het Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat.

Urban Refit (2021)

Evaluatie - Wolkbreuk 16 en 26 juni en 3 augustus 2020 Zwijndrecht

Bijlagen

A Vigerende veiligheidsbenadering

Inleiding

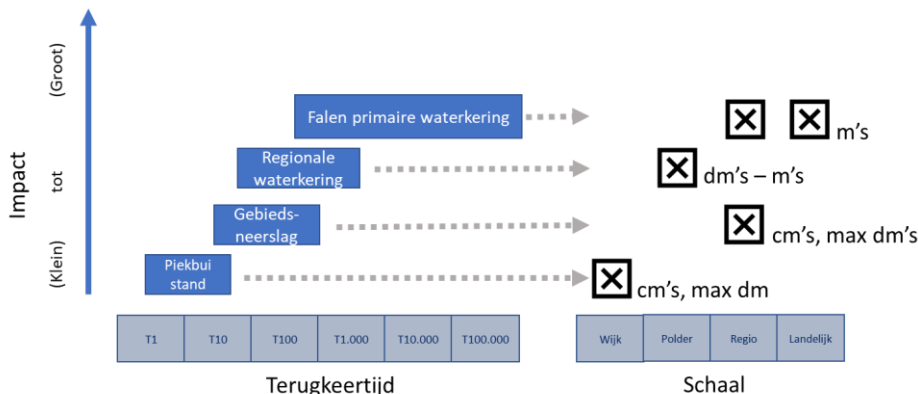
In dit hoofdstuk zijn de vigerende veiligheidsbenaderingen van de verschillende normeringen en aanpakken die er zijn rondom wateroverlast en overstromingen met elkaar vergeleken. In dit hoofdstuk maken we onderscheid in de volgende veiligheidsbenaderingen:

1. Primaire waterkeringen
2. Regionale waterkeringen
3. Buitendijks
4. Extreme gebiedsneerslag
5. Extreme piekbuien (riolering)
6. Stresstest en risicodialoog ruimtelijke adaptatie.

Vervolgens laten we in dit hoofdstuk zien welke informatie over kansen en gevolgen nu al uitgewerkt wordt voor de toepassing van deze benaderingen.

Overzicht vigerende veiligheidsbenaderingen

Voor de verschillende watersystemen bestaan ontwerpregels en richtlijnen die in het verleden zijn ontstaan en al lange tijd worden gebruikt. Omdat de watersystemen afzonderlijk worden beschouwd is de aanpak ook apart ontwikkeld. In Figuur 12 is een overzicht opgenomen van de samenhang in de normen.



Figuur 12 Samenhang normen.

In het algemeen kan worden gesteld dat als de waterdieptes en de omvang van de schade (zowel in impact in euro's als de ruimtelijke omvang en niet materiële schade) toenemen, de eisen aan het desbetreffende watersysteem strenger zijn. Dat verklaart dan ook dat we relatief vaak wateroverlast in stedelijk gebied zien en minder vaak overlast door langdurige gebiedsneerslag en door doorbraken van waterkeringen. Zo is het 'acceptabel' dat er frequent (orde eens in de 2 à 10 jaar) water op straat staat als de riolering is overbelast. Voor langdurige gebiedsneerslag zijn inundatienormen opgesteld door provincies. Voor grasland is bijvoorbeeld eens in de 10 jaar wateroverlast acceptabel, voor akkerbouw en bebouwd gebied eens in de 25 en 100 jaar. Voor het afleiden van deze inundatienormen is in de Commissie Waterbeheer 21ste eeuw ook gekeken naar een MKBA¹⁰,

¹⁰ Hoogwaternormering regionale watersystemen (juni 2000) in opdracht van de Commissie waterbeheer 21e eeuw (HKV en Alterra, 2000)

al zijn de normen door een bestuurlijke afweging iets strenger geworden zoals beschreven in het Nationaal Bestuursakkoord Water¹¹. De normen zijn vastgelegd uiteindelijk in provinciale verordeningen.

Voor regionale keringen is de normklasse afhankelijk van de schade in een polder na een doorbraak. De normen, uitgedrukt in een overschrijdingskans van een waterstand, variëren van eens in de 10 tot 1000 jaar. Let op, deze norm is niet gelijk aan de kans op een doorbraak. Ook deze normen zijn vastgelegd in provinciale verordeningen.

Voor primaire waterkeringen zijn de overstromingskansnormen gebaseerd op een MKBA en op slachtofferrisico's en vastgelegd in de Waterwet. Als naar risico's wordt gekeken dan is er wel logica, naarmate de impact van een scenario groter is dan zijn de gestelde preventie-eisen strenger. De aanpak voor ruimtelijke adaptatie is later ontstaan en gaat uit van de andere bovenstaande veiligheidsbenaderingen. De opgave die volgt uit het ruimtelijke adaptatie spoor gaat ervan uit dat aan de normen is voldaan.

In Tabel 13 is een overzicht opgenomen waarin de samenhang tussen de normen voor het watersysteem en de waterkeringen zijn gepresenteerd vanuit de invalshoek van de risicobenadering. Hierna zijn de verschillen en overeenkomst geschetst.

Tabel 13 overzicht van normen

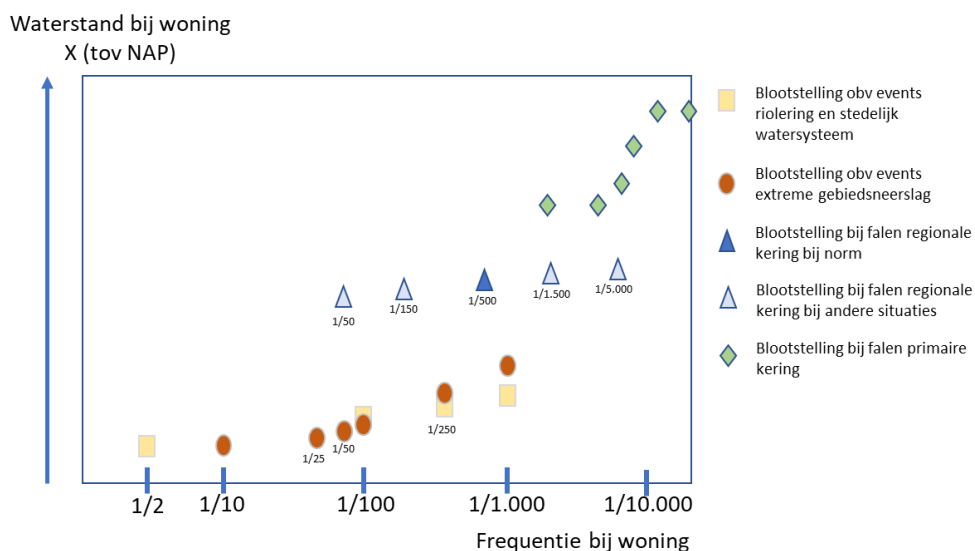
	Pimaire keringen	Regionale keringen	Buitendijks	Provinciale normering wateroverlast	Extreme piek neerslag	Ruimtelijke adaptatie
Achterliggende principes	Economische optimalisatie Basisveiligheid (slachtoffers) Vitale gevolgen Groepsrisico	Economische optimalisatie Samenhang extreme neerslag	Eigen verantwoordelijkheid Niet afwentelen	Economische optimalisatie	In de praktijk ontstane optimalisatie	Watersysteem voldoet aan de normen Afspraak in dialoog met stakeholders over knelpunten
Eisen hebben betrekking op	Faalkans waterkering (overstromingskans)	Faalkans waterkering (overschrijdingskans waterstand)	Bouwvoorschriften, Geen waterhoudkundig effect	Inundatiekanalen per vorm van grondgebruik	Riolering: maatgeven de buis Water op straat orde eens per 2 à 10 jaar	Afspraken gemaakt in dialoog
Orde grootte terugkeertijd normen	100-1.000.000 jaar	10-1000 jaar	Hele bereik	10-100	2-... (100)	
Omvang gevolgen	Regio's	Polder	Meerdere lokale plaatsen	Polder boezemsysteem	Wijk	

¹¹ <https://www.helpdeskwater.nl/publish/pages/130138/nbw-actueeldefinitief2506200.pdf>

Onderliggende informatie bij toepassing van deze benaderingen

Om de vigerende veiligheidsbenaderingen worden al analyses gemaakt over het functioneren van het watersysteem. Hierbij worden neerslagsscenario's, al dan niet in combinatie met andere factoren, onderzocht waarmee met behulp van hydrologische en hydraulische modellen de optredende waterstanden worden bepaald gegeven de afmetingen en beheer van het watersysteem. Met behulp van schade- (en soms slachtoffer-) modellen wordt de economische impact bepaald.

Bij het toepassen van deze benaderingen ligt de focus echter op het dimensioneren van het water(kering)stelsel, en niet zozeer op de mogelijke blootstelling in het gebied. In dit hoofdstuk geven we aan de hand van een voorbeeld een overzicht van de informatie die reeds beschikbaar is. We gaan hierbij uit van een gebied dat beschermd wordt door primaire en regionale keringen zoals opgenomen in Figuur 13.



Figuur 13

Beschikbare informatie over blootstelling die ten grondslag ligt aan de vigerende benaderingen. Ieder punt in deze figuur hoort bij een berekening die wordt gemaakt in het kader van de huidige normeringen.

Op basis van de nu al gemaakte berekeningen is informatie beschikbaar over de blootstelling bij een object of gebied. In Figuur 13 is dat schematisch weergegeven, en daarna toegelicht. Bij het werken met de huidige normeringen (inclusief de beoordelingen en ontwerpen die hieruit volgen) worden al allerlei modelberekeningen gemaakt. In deze figuur is opgenomen welke modelberekeningen al worden gemaakt. Hierbij is telkens de overstromingsdiepte gepresenteerd die op een bepaalde locatie kan voorkomen. De verschillende kleuren en iconen geven aan welke normering van toepassing is:

- Voor stedelijk gebied betreft het de ontwerpregels aangevuld met de buien uit de standaard stresstest;
- Voor regionale wateroverlast zijn het de terugkeertijden bij de verschillende inundatienormen aangevuld met de buien uit de standaard stresstest;
- Voor regionale keringen zijn het de gevolgen die horen bij de verschillende normklassen zoals die bepaald zijn voor het afleiden van de normen;
- Voor primaire keringen zijn het de gevolgen die optreden bij doorbreken van de keringen.

De informatie in deze figuur wordt dus gebruikt voor het afleiden van normen en om na te gaan of voldaan wordt aan deze normen.

Door de eisen aan het watersysteem die hieruit volgen kan dat betekenen dat sommige scenario's niet meer kunnen optreden (zoal bijvoorbeeld overstromingen met grote terugkeertijden) omdat hiervoor maatregelen worden genomen.

Riolering en het stedelijke watersysteem¹²

Voor extreme piekneerslag en het dimensioneren van rioleringen en stedelijk watersystemen wordt traditioneel gewerkt met een maatgevende bui. Deze bui wordt gebruikt om te bepalen wat de capaciteit is van het riool. Overtollige neerslag wordt op straat geborgen. Water op straat is hierbij eens in de 2 à 10 jaar toegestaan.

Omdat het ontwerp van de buitenruimte verandert en omdat er meer rekenkracht beschikbaar is wordt er ook meer aandacht besteed aan extreme neerslagscenario's. Hierbij wordt gebruik gemaakt van fictieve buien waarbij een bepaald neerslagvolume in een eenheid van tijd valt (bv 40, 60, 80, 100 en 120mm per uur of op basis van de STOWA neerslagstatistieken), historische neerslagscenario's als 28 juni 2011 gemeten op een KNMI-station in Herwijnen (waarbij 70 minuten 93 mm aan neerslag viel en waarvan de ruimtelijke spreiding bekend is) of gebaseerd op radarmetingen.

In de gestandaardiseerde stresstest¹³ zijn standaard neerslagscenario's opgenomen. Voor korte duur zijn dat neerslagscenario's van 1/100 en 1/250 per jaar voor een neerslagduur van 1 uur, en 1/1.000 per jaar voor een neerslagevent van 2 uur. Deze gevolgen hiervan zijn dus ook opgenomen in Figuur 13.

Provinciale normering wateroverlast

Om te bepalen of het watersysteem op orde is en voldoet aan de normen worden ook hier hydrologische en hydraulische analyses gemaakt. En wordt gebruik gemaakt van diverse methode als tijdreeksen en stochastenbenaderingen of maatgevende buien. Op basis van de methode wordt bepaald wat de terugkeertijd is van een waterdiepte in een gebied, en of er inundaties plaatsvinden. Alhoewel de focus ligt op de normen en de hierbij horende terugkeertijden zijn is in de meeste gevallen ook informatie beschikbaar over kleinere terugkeertijden.

Daarnaast is er in de gestandaardiseerde stresstest ook aandacht voor extreme gebiedsneerslag. Ook hiervoor zijn standaard neerslagscenario's gedefinieerd met frequenties van 1/100, 1/250 en 1/1.000 per jaar met een duur van 48 uur.

Regionale keringen

Voor het afleiden van de normen van de regionale keringen wordt de schade na falen van de waterkering bepaald, immers uit de schade volgt de normklasse. Hiervoor wordt de schade bepaald als gevolg van een doorbraak bij een terugkeertijd van de waterstand op de regionale rivier of boezem bij 1/10, 1/30, 1/100, 1/300 en 1/1.000 per jaar. Om deze schade te kunnen bepalen is het noodzakelijk de inundatiedieptes te bepalen in een gebied.

Opgemerkt wordt dat de kans op falen van regionale keringen op basis van de richtlijn normering boezemkaden (gemiddeld) 5x kleiner is dan de overschrijdingsfrequentie van de waterstand die als norm wordt gebruikt. Om de faalkans onder dezelfde noemer te brengen zou dus aangenomen kunnen worden dat de faalkans 5x kleiner is dan de norm. Er zijn echter ook aanwijzingen dat er nog meer reststerkte is bij sommige regionale waterkeringen.

¹² Zie detail info op <https://www.riool.net/impact-extreme-neerslag-stedelijk-gebied-waarom-en-met-welke-buien->

¹³ <https://klimaatadaptatienederland.nl/stresstest/bijsluiter/wateroverlast/informatie-maat/basisgegevens/>

Primaire keringen

Voor het afleiden van de normen van de primaire keringen is het schade- en slachtofferrisico bepaald. Hierbij is rekening gehouden met de faalkans op een traject, en de mogelijke gevolgen van falen. Bij deze gevolgen is gebruik gemaakt van de meest waarschijnlijke scenario's (bv een 1/1.000 per jaar waterstand) en van extremere scenario's (bij een waterstand die een 10x kleinere kans van voorkomen heeft). Daarnaast zijn er ook enkele extreme scenario's beschikbaar.

Voor het werkelijke overstromingsrisico kan op eenzelfde manier gebruik worden gemaakt van de actuele sterkte van waterkeringen. Op deze manier kan op iedere locatie in Nederland de kans op een bepaalde overstromingsdiepte worden bepaald¹⁴.

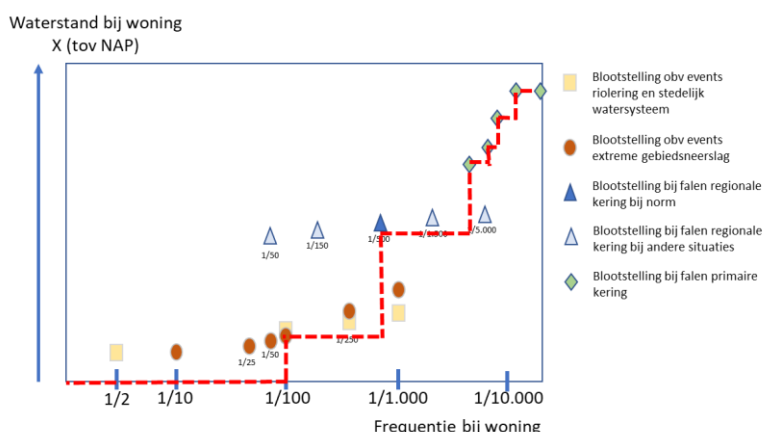
(Impliciete) acceptatie van een bepaalde blootstelling: een referentie

Op basis van de normen zoals die zijn gedefinieerd wordt dus ook een risico (en blootstelling geaccepteerd). Als nu wordt verondersteld dat voldaan wordt aan de normstellingen en pragmatisch wordt omgegaan met (on)afhankelijkheden blijkt ook welke 'inundaties' nu worden geaccepteerd. Deze geaccepteerde blootstelling noemen we de referentie. Deze referentie is een nieuw begrip (wat ook gezien kan worden als een norm).

In het voorbeeld van Figuur 14 is uitgegaan van de volgende normen:

- Bebouwd gebied door neerslag niet vaker dan 1/100 mag overstromen;
- Voor de regionale kering 1/100 per jaar is (met dus een faalkans van orde 1/500 per jaar);
- Primaire keringen voldoen aan de eisen.

In Figuur 14 is de referentie met de rode lijn aangegeven. Deze referentie is gebaseerd op de impliciet geaccepteerde wateroverlast na toepassing van de verschillende normeringen. Bij deze normeringen wordt het watersysteem zo ontworpen dat tot een bepaalde frequentie wateroverlast niet voorkomt, bij extreme scenario's is de overlast geaccepteerd. Al dan alle vormen van overlast worden gecombineerd ontstaat een grens die we de referentie noemen. Bij het combineren wordt de overschrijdingsfrequentie van de overlast samengesteld rekening houdend met de frequenties van de verschillende scenario's en de correlaties. Wat uiteindelijk de referentie zal zijn kan door bestuurlijke overwegingen ook nog worden bijgesteld.



Figuur 14 De referentie: geaccepteerde blootstelling op basis van vigerende normen voor een fictieve locatie met bebouwd gebied.

¹⁴ Zie bijvoorbeeld <https://www.klimaat-effectatlas.nl/nl/mijn-waterrisicoprofiel>.

Binnen de vigerende normen is er dus ook al impliciet een criterium voor acceptatie van een bepaalde mate van overstroming. Dat betekent dat voor dit (gekozen) voorbeeld van bebouwd gebied er dus ook geaccepteerd wordt dat overlast optreedt als gevolg van extreme neerslag of doorbreken van waterkeringen.

Synthese en verschillende vigerende veiligheidsbenaderingen

- **Aan alle benaderingen ligt een risicobenadering ten grondslag**

Het valt op dat aan de (normen)kaders voor waterkeringen, het watersysteem en ook de riolering integrale risico afwegingen ten grondslag liggen. Bij deze integrale afwegingen is zowel gekeken naar de kans van voorkomen als naar de gevolgen en de kosten van maatregelen. De normen zijn wel los van elkaar tot stand gekomen.

- **Per watersysteem is een vertaling gemaakt naar eigen criteria en zijn de eisen uitgedrukt in verschillende parameters, deze vereisen nog een vertaalslag voor toepassen in een integrale benadering.**

Hierbij is telkens een breed palet aan maatregelen bekeken waaronder ook gevolgbeperkende maatregelen. Echter zowel voor primaire keringen, regionale keringen, provinciale normering wateroverlast en lokale piekneerslag zijn de ontwerprichtlijnen vertaald naar eisen gericht op voorkomen van wateroverlast. Dit vertaalt zich (in de praktijk) naar eisen voor de afmetingen van waterkeringen, het watersysteem en de riolering. Deze maatregelen waren het meest doelmatig, maar ook te vertalen naar heldere criteria voor de waterbeheerders die hiermee de watersystemen kunnen ontwerpen en onderhouden.

De manier waarop de normen zijn uitgedrukt is anders voor de verschillende benaderingen. Hierdoor zijn de risico's niet een op een vergelijkbaar en is een vertaling nodig (die ook mogelijk is).

- **Impliciet is er ook een referentie afgesproken over de acceptabele blootstelling bij verschillende frequenties.**

Gegeven de verschillende normeringen en scenario's waarin er sprake is van overbelasting blijkt dat er al impliciet een referentie bestaat voor geaccepteerde blootstelling als functie van de terugkeertijd.

- **Veel informatie is al beschikbaar**

Op basis van de analyses die ten grondslag liggen aan normeringen, beoordelingen en stresstesten is al veel informatie beschikbaar over mogelijke blootstelling en de kans van optreden. Bij de toepassing van deze analyses heeft de focus altijd gelegen op het water(keringen)systeem zelf. Dat betekent dat de berekeningen die nodig zijn voor een integrale analyse voor een aanzienlijk deel nu ook al (los van elkaar) worden gemaakt. Aandacht is nodig voor de correlaties tussen deze systemen.

- **De benadering voor ruimtelijke adaptatie is gebaseerd op een gebiedsproces en blootstelling aan wateroverlast met externe stakeholders, de andere benadering op kwantitatieve analyses gericht op het dimensioneren van het watersysteem.**

De benadering van ruimtelijke adaptatie is de enige benadering waarbij de blootstelling aan de gevolgen van wateroverlast kan leiden tot extra knelpunten. Hierbij is er echter geen uniform referentiekader wat kan leiden tot grote verschillen tussen regio's en is deze benadering afhankelijk van de karakters van de betrokken mensen.

Voor de uitwerking van de afspraken van de risicodialoog is het ook van belang de afspraken vast te leggen en te koppelen aan de zorgplicht van iedere stakeholder.

De gestelde eisen bij een norm zijn in het algemeen strenger als het beschermd belang groter is. Dat betekent dat iedere benadering zich vooral richt op een bepaalde range aan terugkeertijden die voor het ontwerp van dit systeem relevant zijn (en niet zozeer kijkt naar meer of minder extreme events).

- **De normen zijn veelal door bestuurlijke overwegingen strenger dan het economisch optimum.**

Ook blijkt uit de uiteindelijke normstelling dat het niet alleen gaat om economische motieven, ook andere factoren spelen een rol. Bestuurlijke overwegingen hebben vrijwel in alle gevallen ertoe geleid dat de normen strenger zijn (al is de vraag in welke mate de totale kosten van een totale andere orde zijn omdat we nog redelijk bij het optimum zijn). Dat betekent dat in deze gevallen er voor gekozen is minder doelmatig te werken waar tegenover staat dat overlastscenario's ook minder vaak voorkomen.

B STOWA-onderzoeksvragen

Het STOWA-onderzoek is opgesplitst in zes onderzoeksvragen. De eerste twee onderzoeksvragen richten zich op de methode. De eerste drie vragen gaan in op de toepassing van de methode op een gebied en de vergelijking met de huidige werkwijze. De laatste drie vragen gaan in op de toepassing van de methode op een gebied en de vergelijking met de huidige werkwijze.

1. Hoe druk je binnen een integrale risicobenadering het (basis)beschermingsniveau op een locatie in het gebied uit en hoe bepaal je het? Denk hierbij aan:
 - a. Hoe groot en eenvormig is de locatie/het gebied waarvoor we het beschermingsniveau willen bepalen?
 - b. Welke eenheden zijn essentieel voor het bepalen van het beschermingsniveau? Denk aan waterdiepte, duur, kwetsbaarheid van objecten/functies, frequentie, etc.
 - c. Ga uit van een bepaald geaccepteerd schaderisico (€ per gebied per jaar). Hoe vertaal je dit vervolgens naar het beschermingsniveau (de mate waarin een gebied wordt beschermd tegen wateroverlast)?
 - d. Hoe reken je het beschermingsniveau uit? Is de methode smart en reproduceerbaar?
 - e. Hoe maak je het beschermingsniveau eenvoudig inzichtelijk en uitlegbaar richting inwoners en gebruikers? Denk aan eenvoudige kaarten/figuren.
 - f. Hoe verhoudt dit beschermingsniveau zich tot het principe 'water en bodem als basis'?

Product onderzoeksvraag 1:

- Een heldere omschrijving van het basisbeschermingsniveau voor verschillende locaties in het gebied.
 - Overzicht van welke parameters een rol spelen en hoe (stapsgewijs) het basisbeschermingsniveau voor verschillende locaties tot stand komt/berekend wordt.
 - Een beschouwing hoe dit beschermingsniveau begrijpelijk/inzichtelijk wordt gemaakt voor inwoners en gebruikers (bijvoorbeeld via kaarten of figuren).
2. Hoe maak je de vertaling van het (locatie specifieke) beschermingsniveau naar de kans op het falen van een deelsysteem binnen het watersysteem? En hoe maak je vervolgens de vertaling naar de kans van het optreden van een relevante weersomstandigheid? Denk daarbij aan:
 - a. Welke oorzaken leiden tot het overschrijden van het beschermingsniveau?
 - b. Wat is de bijdrage vanuit de verschillende deelsystemen (kans op falen) op het beschermingsniveau (kans op schade)? In hoeverre is er sprake van correlatie tussen de omstandigheden en deelsystemen?
 - c. Hoe bereken je, vanuit het beschermingsniveau beschouwd, de kans op het falen van een deelsysteem?
 - d. Wat is de kans op relevante weeromstandigheden die leiden tot de kans op falen van verschillende deelsystemen? Hoe reken je met deze verschillende kansen?
 - e. In hoeverre zijn weersomstandigheden, die tot het falen van deelsystemen kunnen leiden, gecorreleerd? Zijn deze oorzaken uitwisselbaar?
 - f. Welke maatgevende buien/relevante weersomstandigheden moeten ten minste beschouwd worden?

Product onderzoeksvraag 2:

- Een aanpak om van het gewenste beschermingsniveau te komen tot een kans op falen voor verschillende deelsystemen van het watersysteem. Inzicht in de mogelijke correlatie tussen deze deelsystemen.
 - Een aanpak om van de kans op falen van verschillende deelsystemen te komen tot de kans op relevante weersomstandigheden. Een beargumenteerde selectie van de maatgevende weersomstandigheden die beschouwd worden. Inzicht in de mogelijke correlatie tussen deze weersomstandigheden en de kans op falen van de verschillende deelsystemen.
3. Welke aandachtspunten komen naar voren in het proces, bij de uitvoering van de methodiek (onderzoeksvraag 1 en 2)? Denk hierbij aan:
- a. Afstemming tussen overheden vanuit verschillende taken en verantwoordelijkheden.
 - b. Politiek bestuurlijke overwegingen bij gebiedsgerichte keuzes (omgaan met verschillen in beschermingsniveau voor dezelfde functies tussen gebieden).
 - c. Uitlegbaarheid: communicatie richting belanghebbenden.

Product onderzoeksvraag 3:

- Een overzicht van aandachtspunten met relatie tot het proces bij de aanpak van stap 1 en 2.
4. Welke opgave doet zich voor wanneer de huidige situatie in het gebied wordt vergeleken met het gewenste (basis)beschermingsniveau zoals gedefinieerd voor onderzoeksvraag 1 en 2? Met de huidige situatie bedoelen we de huidige inrichting van het maaiveld en de deelsystemen van het watersysteem waarbij die voldoen aan de vigerende normering.
- a. Wat betekent dit beschermingsniveau voor het ontwerp van de regionale waterkeringen / het watersysteem / het rioolsysteem / de inrichting van het maaiveld? In hoeverre wijkt het gewenste ontwerp af van het huidige ontwerp op basis van de vigerende normering? Wat is het tekort of is er sprake van overdimensionering?
 - b. Wat betekent dit beschermingsniveau voor het ontwerp van de regionale waterkeringen, het watersysteem het rioolsysteem en de inrichting van het maaiveld wanneer deze in samenhang beschouwd worden?
 - c. Wat is de opgave voor het huidige klimaat en voor het toekomstige klimaat in 2050?

Product onderzoeksvraag 4:

- Een vergelijking tussen de huidige situatie op basis van de vigerende normering en de gewenste situatie op basis van het beschermingsniveau (inzicht in knelpunten), met een splitsing tussen de deelsystemen: regionale keringen, regionaal watersysteem, rioolstelsel en inrichting maaiveld.
 - Een beschouwing van de verschillen in knelpunten tussen de huidige aanpak en de aanpak van integrale risicoanalyse.
5. Welke maatregelen kunnen de kans van optreden van wateroverlast bij de locatie/het gebied beïnvloeden? Welke maatregelen zijn het meest kosteneffectief?
- a. Maak onderscheid tussen maatregelen die getroffen kunnen worden binnen het deelsysteem van het watersysteem dat niet aan de (vigerende) norm voldoet, elders in het watersysteem en buiten het watersysteem (ruimtelijke inrichting).

Product onderzoeksvraag 5:

Een overzicht van maatregelen binnen en buiten het watersysteem die de kans van optreden van wateroverlast bij het object verminderen, geordend naar kosteneffectiviteit.

6. Welke maatregelen kunnen de gevolgen van wateroverlast bij de locatie/het gebied beïnvloeden? Welke maatregelen zijn het meest kosteneffectief?
 - a. Maak onderscheid tussen maatregelen die getroffen kunnen worden binnen het deelsysteem van het watersysteem dat niet aan de (vigerende) norm voldoet, elders in het watersysteem en buiten het watersysteem (ruimtelijke inrichting en crisisbeheersing).

Product onderzoeksvraag 6:

- Een overzicht van maatregelen binnen en buiten het watersysteem die de gevolgen van wateroverlast bij het object verminderen, geordend naar kosteneffectiviteit.
- Een analyse van de verschillen in effectiviteit van de maatregelen zoals genoemd als resultaat van onderzoeksvraag 5 en 6 dus verschil in kans en gevolg.

C Stappenplan integrale risicoanalyse

Stap 1: Opstellen systeembeschrijving en selectie stakeholders

• **Stap 1A: systeembeschrijving**

Het doel van deze stap is het opstellen van een beschrijving van het systeem. In deze stap wordt het projectgebied gedefinieerd en beschreven. De keuze van het projectgebied wordt bepaald door de omvang waar mogelijke ingrepen effect hebben op de risico's. Bij de systeembeschrijving maken we onderscheid in:

- Het stedelijk watersysteem inclusief de riolering;
- Het regionaal watersysteem;
- De regionale keringen;
- De primaire keringen;
- De mate waarin de ruimtelijke omgeving wordt ingezet om waterbezwaar te voorkomen;
- De mate waarin crisisbeheersing wordt ingezet om waterbezwaar te voorkomen.

De systeembeschrijving resulteert voor een zichtjaar (referentiesituatie) in een overzicht over:

- De capaciteiten van watersystemen (incl. sterkte waterkeringen), ruimtelijke omgeving en crisisbeheersing.
- De interacties tussen deze watersystemen.

De referentiesituatie heeft betrekking op de keuze voor de actuele of de genormeerde status van het watersysteem. Ook wordt het zichtjaar gekozen (bv. huidige jaar of 2050).

• **Stap 1B: stakeholders**

Op basis van de systeembeschrijving worden de stakeholders benoemd. Deze worden als volgt geselecteerd:

- In eerste instantie de waterbeheerders, gemeenten, provincies en veiligheidsregio's die worden blootgesteld aan het risico.
- De partijen die betrokken zijn bij mogelijke maatregelen of te maken krijgen met de gevolgen van deze maatregelen.
- Eventueel andere stakeholders als bewoners, nutsvoorzieningen, bedrijven etc.

Stap 2: Risico's uitwerken

De risico's voor de referentiesituatie worden bepaald met (samenhangende) modellen die aantoonbaar de werkelijkheid kunnen beschrijven. Ieder model is een schematisatie (en vereenvoudiging) van de werkelijkheid. Onder aantoonbaar wordt verstaan dat deze modellen (en dus de schematisatie) geschikt worden bevonden om historische scenario's met voldoende kwaliteit te kunnen reproduceren (kalibratie / validatie) en ook in staat worden geacht om meer extreme scenario's te kunnen beschrijven (een plausibiliteitstoets). De doorlopen stappen:

- A. Uitwerking correlaties tussen watersystemen;
- B. Selectie van modellen;
- C. Bepalen belastingen en randvoorwaarden;
- D. Rekenmethodiek;
- E. Risicoanalyse.

- **Stap 2A: Uitwerking correlaties tussen watersystemen**

Het doel van deze stap is het kwantitatief uitwerken van de interacties tussen de watersystemen. Het resultaat hiervan is een statistische beschrijving inclusief de schematisatie van de afhankelijkheden tussen deze watersystemen.

Een voorbeeld van een dergelijke correlatie is de interactie tussen de rioleringen en het oppervlaktewater via overstorten. Overstorten zullen worden ingezet bij piekbuien, waarbij het niet de verwachting is dat het oppervlaktewater verhoogde waterstanden heeft. De overstort is dus niet geblokkeerd/gestremd. Echter de combinatie van hoge waterstanden in watergangen (door langdurige neerslag) en de gewenste inzet van een overstort (door een piekbui) is ook mogelijk. De vraag is wat de kans hierop is. Voor de bepaling van het risico wordt dan onderscheid gemaakt in twee scenario's (uitgaande van dezelfde set aan belastingen en overige randvoorwaarden):

- Ongelimeerde inzet overstort, met een bepaalde kans van voorkomen (kans: P1).
- Gestremde inzet van een overstort, met een kans van voorkomen (kans: P2).

Op basis van deze scenario's kan het risico worden bepaald door de gevolgen in kaart te brengen en te kwantificeren. Indien de kansen P1 en P2 afhankelijk zijn van de set aan randvoorwaarden en belastingen kan hier nog een verdere variatie in worden aangebracht door het meenemen van een kansverdeling.

Een tweede voorbeeld gaat over de effectiviteit van beheer- en noodmaatregelen (onder crisisbeheersing) in geval van een doorbraak van regionale keringen. Het is de vraag hoe snel een boezem is gecompartmenteerd om de hoeveelheid water, die een polder in stroomt, te verkleinen. Als (zoals bij normeringstudies veelal gedaan) wordt aangenomen dat hier geen rekening mee wordt gehouden zal de gehele boezem leegstromen en zal er veel schade optreden. Als hier wel rekening mee wordt gehouden (wat dus eisen stelt aan de crisisbeheersing) zijn er twee mogelijkheden:

- Een deterministische aanpak waarbij een bepaalde periode wordt aangenomen.
- Een probabilistische aanpak waarbij een kansverdeling worden opgenomen door bijvoorbeeld onderscheid te maken in verschillende 1) vormen van compartimentering en 2) tijdsperiodes.

- **Stap 2B: Selectie van modellen**

Tijdens deze stap wordt het te gebruiken modelinstrumentarium in kaart gebracht. Bij de bepaling van het risico kunnen verschillende modellen worden gecombineerd. Voor het beschrijven van de waterhuishoudkundige modellen zijn diverse modellen geschikt¹⁵ die vaak door een beheerder al worden gebruikt. Voor toepassing zijn er twee eisen waarin voldaan moet worden:

1. Modellen moeten historische extreme scenario's kunnen beschrijven (kalibratie/validatie)
2. Modellen moeten geschikt zijn voor het extremere scenario's uitwerken (plausibiliteitstoets).

In deze modellen is de ruimtelijke omgeving ook al geschematiseerd via de maaiveldhoogtes en het grondgebruik. Voor doorbraken van primaire en regionale waterkeringen is een standaardset aan scenario's (en kansen) beschikbaar op www.basisinformatie-overstromingen.nl (LIWO).

¹⁵ <https://www.stowa.nl/publicaties/benchmark-inundatiemodellen-modelfunctionaliteiten-en-testbank-berekeningen>

Op basis van de waterhuishoudkundige effecten kan de hoeveelheid schade (en eventueel het aantal slachtoffers) worden bepaald. Voor grotere waterdieptes (en waterkeringen) is HIS-SSM de standaard, voor extreme neerslag de Waterschadeschatter.

Gegeven de scope van het beslisprobleem en te beschouwen frequenties kan blijken of watersystemen buiten beschouwing moeten worden gelaten. Bij de bepaling van de risico's en kosten worden de uitkomsten van deze modellen, rekening houdend met de correlaties van stap 2B gecombineerd.

- **Stap 2C: Bepalen belastingen en randvoorwaarden**

Op basis van de scope van het beslisprobleem wordt bepaald welke belastingen en randvoorwaarden noodzakelijk zijn en wat de bijbehorende kansen zijn. Het gaat om:

1. Neerslagbelastingen conform STOWA statistiek voor kortdurende buien (2017) en langdurige buien (2015). Hierbij kan onderscheid worden gemaakt in verschillende buien (in klassen):
 - a. De duur van een scenario's;
 - b. Volume van de scenario's (eventueel met nog onderscheid in het patroon);
 - c. Vertaling van puntneerslag naar gebiedsneerslag.
2. Waterstandstatistieken bij primaire en regionale waterkeringen (waarbij nog teruggedaan kan worden naar de onderliggende scenario's).
3. De beginsituatie, zoals de beschikbare bergingscapaciteit in de bodem en riolering, peilregime etc. Er kan onderscheid worden gemaakt tussen verschillende situaties.
4. De afvoermogelijkheden als gevolg van stremmingen, beheer en onderhoud, hoge buitenwaterstanden etc.
5. De ingrepen van beheer- en noodmaatregelen. Er kan onderscheid worden gemaakt in de timing en de manier van uitvoeren.

Voor regionale (en primaire) keringen wordt de term belastingen gekoppeld aan waterstanden die kunnen optreden. Deze waterstanden zijn echter het gevolg van neerslagbelastingen (in combinatie met andere factoren).

Voor doorbraken van primaire waterkeringen kan (uitzonderingen daargelaten) worden verondersteld dat de faalkans van waterkeringen niet gecorreleerd is aan het regionale water(kering)systeem. Hierdoor kunnen de belastingcombinaties en faalkansen van waterkeringen worden gebruikt voor de bepaling van het risico.

Voor regionale waterkeringen wordt de kans op waterbezwaar wel bepaald door de interactie met het landelijke watersysteem en mogelijk de waterstand op de grote rivieren en meren. Er zal dan een afweging worden gemaakt of het mogelijk is te werken met al bestaande belastingcombinaties (uitgedrukt in terugkeertijden van waterstanden) of dat aanvullende analyses met de neerslagstatistieken wenselijk zijn.

- **Stap 2D: Rekenmethodiek**

De rekenmethodiek beschrijft hoe de risico's worden bepaald. Er zijn grofweg twee opties:

- Doorrekenen van een lange tijdreeks. Deze tijdreeks zal voldoende lang en gedetailleerd moeten zijn, zodanig dat de verschillende scenario's en vormen van waterbezwaar worden beschreven. Zo wordt bijvoorbeeld voor primaire keringen gebruik gemaakt van GRADE.

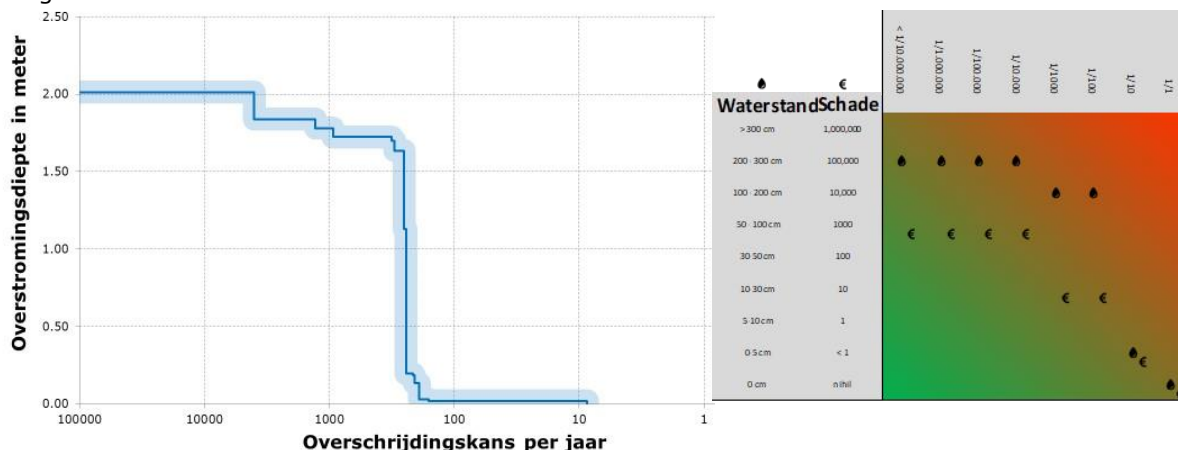
Hierbij wordt een periode van 50.000 jaar doorgerekend aan neerslag (op dagbasis). Er bestaan ook 100- en 800-jarige reeksen op basis van de Bilt.

- Doorrekenen van losse scenario's, waarbij aan iedere scenario een kans wordt toegekend, die hierna wordt gecombineerd (stochastenmethode of een probabilistische aanpak). Voor het bepalen van de HBN's (Hydraulische Belasting Niveaus) op de grote rivieren in het WBI2017 is hier gebruik van gemaakt en ook voor sommige regionale watersystemen zijn dergelijke analyses uitgevoerd.

• **Stap 2E: Risicoanalyse**

Tijdens deze activiteit wordt in kaart gebracht wat het waterbezwaar, het effect en het risico is. Op basis van de hydrologische- en schademodelen en de scenario's met bijbehorende kansen kan de risicoanalyse worden uitgevoerd. Het totale risico wordt bepaald door de combinatie van de bijdragen van de verschillende watersystemen. Hierbij kan de bijdrage van deze watersystemen ook expliciet worden gemaakt evenals hoe het risico verdeeld is over de omgeving.

Indien gewenst kan ook voor een object of kleinere zone inzichtelijk worden gemaakt hoe het risico is opgebouwd. In Figuur 15 is een voorbeeld opgenomen van een overstromingsrisicoprofiel, dat de kans op blootstelling aan water van het gebouw beschrijft. Ook kan voor dit object de impact worden bepaald voor verschillende scenario's. Deze methodiek is ontwikkeld door de City Deal (2017) en stelt het object en de ruimtelijke invalshoek centraal. Op basis van de impact kan bepaald worden wat wel of niet acceptabel is voor het object en of er bij het object door de eigenaar of ontwikkelaar maatregelen noodzakelijk zijn. In deze figuur zijn schadebedragen per scenario opgenomen, het risico in euro's per jaar volgt uit het combineren van de kans en het gevolg. Een tweede stap is dat de eigenaar of ontwikkelaar in gesprek gaat met andere actoren, waarna een link kan ontstaan met de integrale risicoanalyse, omdat maatregelen elders (van in dit geval het object) worden genomen.



Figuur 15 Voorbeeld van blootstelling aan een object (links) en toepassing methodiek City Deal voor risicobepaling (rechts).

Stap 3: Vaststellen knelpunt(en) en opgave

Het doel van deze stap is het benoemen van de opgave en het inkaderen van de risicoanalyse. Op basis van de effecten, de totale risico's en de bijdrage van de verschillende watersystemen kan worden bepaald of er knelpunten zijn. Als helder is wanneer het knelpunt is opgelost kan ook de 'opgave' worden bepaald;

deze is immers het te overbruggen verschil om de knelpunten weg te nemen. Onderdeel van deze stap is ook het benoemen van de risicoparameters. Hierbij wordt expliciet gemaakt:

- A. waarom iets als een knelpunt wordt ervaren;
- B. wie dit als een knelpunt ervaren;
- C. waaraan voldaan moet worden om het knelpunt op te lossen (de opgave);

De opgave wordt niet uitgedrukt in de te nemen maatregel maar in het te behalen resultaat.

Als onderdeel van deze stap worden ook de te betrekken stakeholders in kaart gebracht. Op basis van deze stap wordt de scope van de risicoanalyse opgesteld. Relevante vragen zijn dan:

- Wat zijn de relevante terugkeertijden (inclusief interacties) om te bekijken? Op basis van de beschrijving van het knelpunt / beslisprobleem wordt bepaald welke range aan voorkomen van waterbezwaar meegenomen wordt in de integrale risicoanalyse.
- Wat zijn de relevante stakeholders om te betrekken bij de integrale risicoanalyse? Het gaat om:
 - De watersystemen (stedelijk water, regionaal water, regionale en primaire keringen)
 - De ruimtelijke omgeving
 - Crisisbeheersing
 - Burgers en bedrijven (risico-acceptatie)

Stap 4: Impact van maatregelen

Tijdens deze stap worden de risico's in kaart gebracht voor verschillende situaties die wordt vergeleken met de referentie. Per pakket aan maatregelen wordt ook een korte beschrijving (en eventueel een visualisatie) opgesteld wat onder dit pakket aan maatregelen wordt verstaan.

De referentiesituatie is de situatie waarmee de effecten van maatregelen worden vergeleken. De referentie kan gaan over de actuele situatie, maar bijvoorbeeld ook over 2050. De keuze hiervoor volgt uit het beslisprobleem. De totale kosten bestaan uit de contante waarde van het risico, immers er zijn geen maatregelen voorzien. De situaties met maatregelen zijn varianten op de referentiesituatie. Het is mogelijk om verschillende varianten op te stellen als verschillende maatregelenpakketten. De totale kosten bestaan uit de contante waarde van het risico en de kosten van maatregelen. De baten bestaan uit de reductie van de contante waarde van het risico.

In Figuur 4 is een overzicht opgenomen van een afwegingskader dat kan worden gebruikt om vanuit het perspectief van de integrale risicoanalyse verschillende maatregelen met elkaar te vergelijken. Hierbij merken we op dat het inzichtelijk maken van deze verschillende risico's een eerste stap is in de integrale risicoanalyse.

	Referentie	Maatregel 1	Maatregel 2	Maatregel 3
Totale kosten	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Waarde Risico	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Maatregelen	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Bijdrage aan risico van verschillende type waterbezwaar (als % van het totaal risico)				
Stedelijk water	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Regionaal water	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Regionale waterkeringen	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Primaire waterkeringen	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Bijdrage aan risicobeheersing (als % risicoreductie en met welke maatregelen)				
Watersysteem	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Ruimtelijke omgeving	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Crisisbeheersing	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

Figuur 16 Overzicht van risico's voor referentie en effecten van maatregelen.

Stap 5: Besluitvorming

De stap van besluitvorming volgt op de integrale risicoanalyse, echter de besluitvorming valt buiten de scope van dit uniform raamwerk.

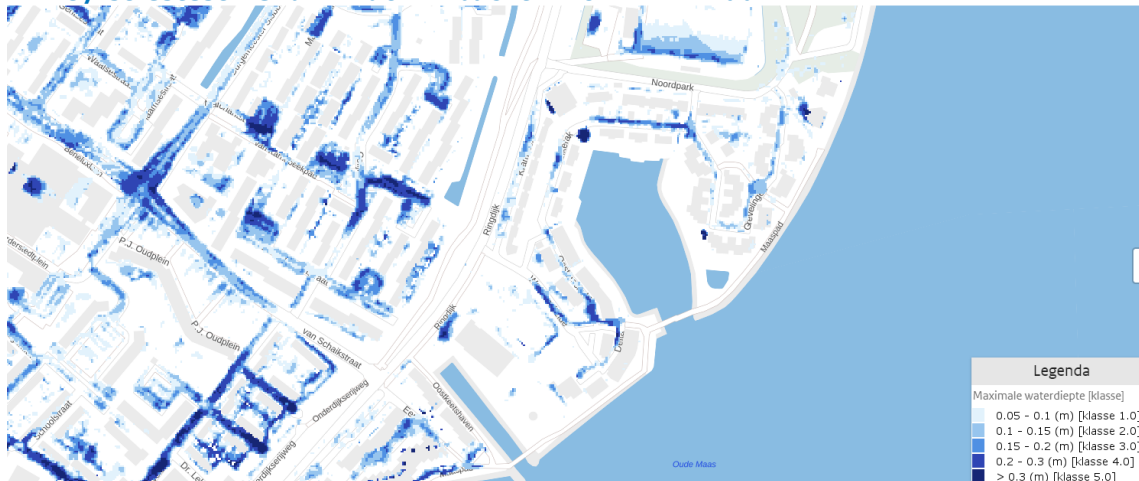
De risicoanalyse en eventuele kosten-batenanalyse zijn ondersteunend aan besluitvorming maar schrijft deze niet voor. De analyse geeft inzicht in de consequenties voor de betreffende parameters. Beslissers kunnen deze informatie gebruiken naast andere parameters om een afweging te maken.

D Piekneerslag inundatiebeelden

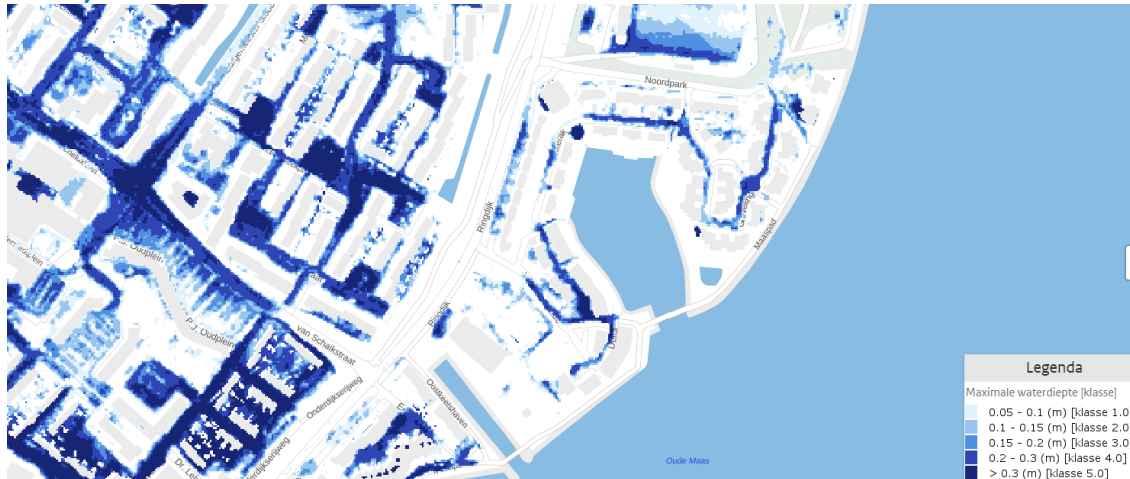
Klimaatatlas Zuid-Holland – 100 mm in 2 uur



LIWO/ strestest Hendrik-Ido-Ambacht – 70 mm in 2 uur



LIWO/ strestest Hendrik-Ido-Ambacht – 140 mm in 2 uur



E Vergelijking piekneerslag resultaten WSS en SSM

	WSS		SSM	
	Bovenkant bandbreedte klasse waterdiepte	Onderkant bandbreedte klasse waterdiepte	Bovenkant bandbreedte klasse waterdiepte	Onderkant bandbreedte klasse waterdiepte
T10	11.6	11.8	11.0	6.0
T100	40.8	38.9	43.0	27.0
T1000	75.2	72.0	110.0	66.0
Toevoegen indirecte schade WSS: orde * 2,1 - 2,4			SSM: orde * 1.5	

F Vergelijken gegevens verzekeraar met resultaten WSS

Gegevens verzekeraar

- Woerden 5 September 2018 (80 mm in een uur): enkele duizenden euro's schade bij verzekeraar, geen schade openbare ruimte;
- Dordrecht 16 juni 2020 – windhoos (50 mm): 220.000 euro aan claims (113) (orde 1950 per claim);
- Kockengen juni 2014 (138mm): 80.000 euro aan claims (30) (orde 3078 per claim);
- Zeeland / Vlissingen 17 juni 2020 (100 mm): 122000 euro aan schade verdeeld over 70 claims (orde 1750 per claim);
- Zwolle 28 juni 2017 (60-80mm): 144000 euro aan claims, verdeeld over 114 claims (orde 1264 per claim).

Schadeopbouw WSS

	T10 (35 mm in 2 uur)	T100 (70 mm in 2 uur)	T1000 (140 mm in 2 uur)
Totaal	11,6 Meuro	41,1 Meuro	75,2 Meuro
Woonfunctie	64%	70%	73%
Kantoorfunctie	9%	6%	6%
Winkelfunctie	10%	6%	5%
Gezondheidszorgfunctie	5%	4%	3%
Verkeerseiland	7%	9%	8%

Schade per woning

Uitgangspunten:

- Geïndundeerde bebouwde gebied
- een gemiddelde oppervlakte van 70 m² per woning

	T10 (35 mm in 2 uur)	T100 (70 mm in 2 uur)	T1000 (140 mm in 2 uur)
Woonfunctie (bovenkant)			
Schade (Meuro)	7.22	28.42	54.98
Oppervlak (ha)	1.97	7.73	14.96
Schade per huis van 70m ² in Euro	25647	25745	25726

G Aanvullende toelichting bij beschouwde maatregelen case nieuwbouw en bestaande bouw

* Afwentelen

De gevolgen van afwentelen door het treffen van een maatregel zijn niet beschouwd. Hiermee wordt bedoeld dat indien de wateroverlast op één locatie wordt verholpen, de wateroverlast ergens anders erger kan worden.

** Maaiveld verhogen

Hierbij moeten de geïnundeerde pixels bij de $T = 100$ jaar terugkeertijd opgehoogd worden om ervoor te zorgen dat er bij de T100 situatie geen wateroverlast meer optreedt. Op basis van de actuele grondstofprijzen kost zand en drainage zand 20 tot 43 euro/m³. Daarnaast zijn kostenkanten beschikbaar voor 'integraal ophogen' op basis van een van de studies voor Meerlaagsveiligheid (Deltares & HKV, 2012). Deze kanten zijn gecorrigeerd voor inflatie om kostenschattingen anno 2022 te krijgen. Hieruit volgt dat de investeringskosten voor 1 m ophoging anno 2022 neerkomen op 38 euro/m² voor zand, 56 euro/m² voor klei en 75 euro/m² voor veen. Dit moet gecorrigeerd worden voor de benodigde ophoging om een grove indicatie van de investeringskosten te krijgen.

*** Noodschotten/ zandzakken

Deze maatregelen kunnen alleen kleinere waterdieptes tegenhouden. Bij grotere waterdieptes zal het water toch zijn weg via kieren vinden. Ook brengen deze maatregelen een risico met zich mee, aangezien de maatregel afhankelijk is van zowel een waarschuwingssysteem (Early Warning System) en/of mensen thuis zijn om de maatregel te treffen. Daarom is het uitgangspunt dat in slechts 50% van de gevallen de waarschuwing ontvangen wordt en mensen thuis zijn om de maatregel te treffen. Dit maakt de reductie van het jaarlijkse schaderisico dus minder efficiënt voor dit type maatregelen.

**** Alle primaire keringen versterken

Deze maatregel kan niet zonder andere maatregelen getroffen worden omdat het niet de parse pixels aanpakt. Dit komt doordat het falen van primaire keringen niet leidt tot parse pixels (herhalingstijden tot 1/100 per jaar).

***** Verhoogde vluchtwegen – overgenomen uit HKV (2022)

Deze maatregel is nu niet opgenomen in Tabel 9, vanwege de bevindingen over de kansrijkheid van de maatregel uit HKV (2022). Uit dat onderzoek volgt dat:

- Het kan voorkomen dat vanuit een MKBA het doelmatig is om het hoofdwegennet op te hogen. Dit zijn vaak situaties met een grote kans op een overstroming (bijvoorbeeld 1/100 per jaar) en dat het gaat om lokale ophogingen zonder veel bruggen en onderdoorgangen en grote stremmingskosten.
- Tegelijkertijd betekent dat dus ook dat het voor gebieden met een kleine kans op een overstroming, of met hoge uitvoeringskosten en korte omleidingsroutes niet aantrekkelijk is. Het aantal gebieden met een relatief grote kans op een overstroming is beperkt.

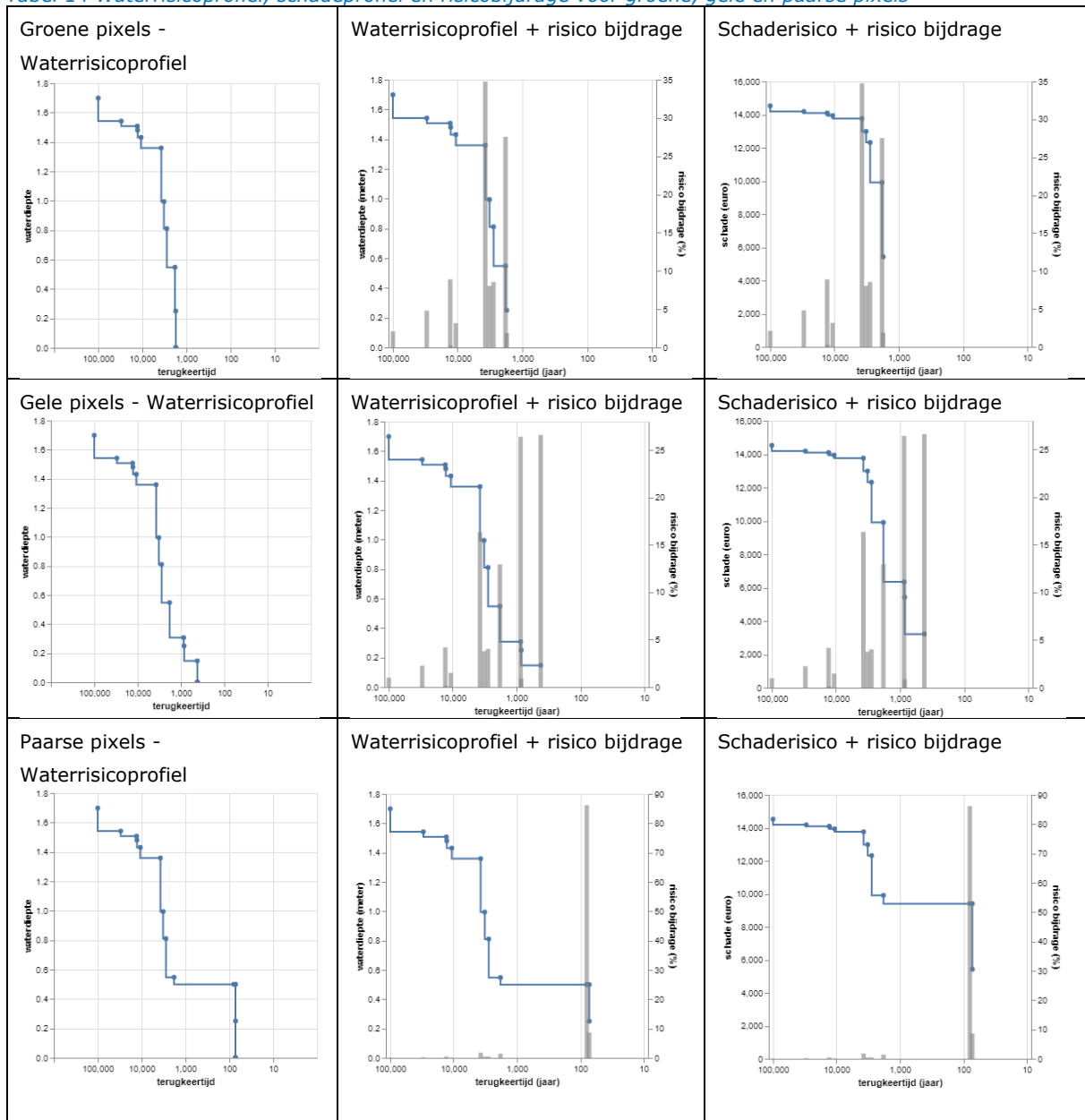
- Compartimentering, waardoor de omvang van een overstroming kleiner wordt (en ook de evacuatieopgave wordt kleiner) kan een extra meerwaarde opleveren, omdat schade wordt voorkomen. Extra schade en slachtoffers kunnen optreden in het compartiment dat nog wel overstroomt, immers het water zal hoger komen te staan en de stijgsnelheid is hoger.

Deze bevindingen zijn gebaseerd op:

- de MKBA uitgevoerd rondom de doorvoer bij doorbraken van regionale waterkeringen binnen Stratelligence (2022).
- het aantal kilometers op te hogen HWN en de herstelkosten die zijn bepaald in Deltares (2020).

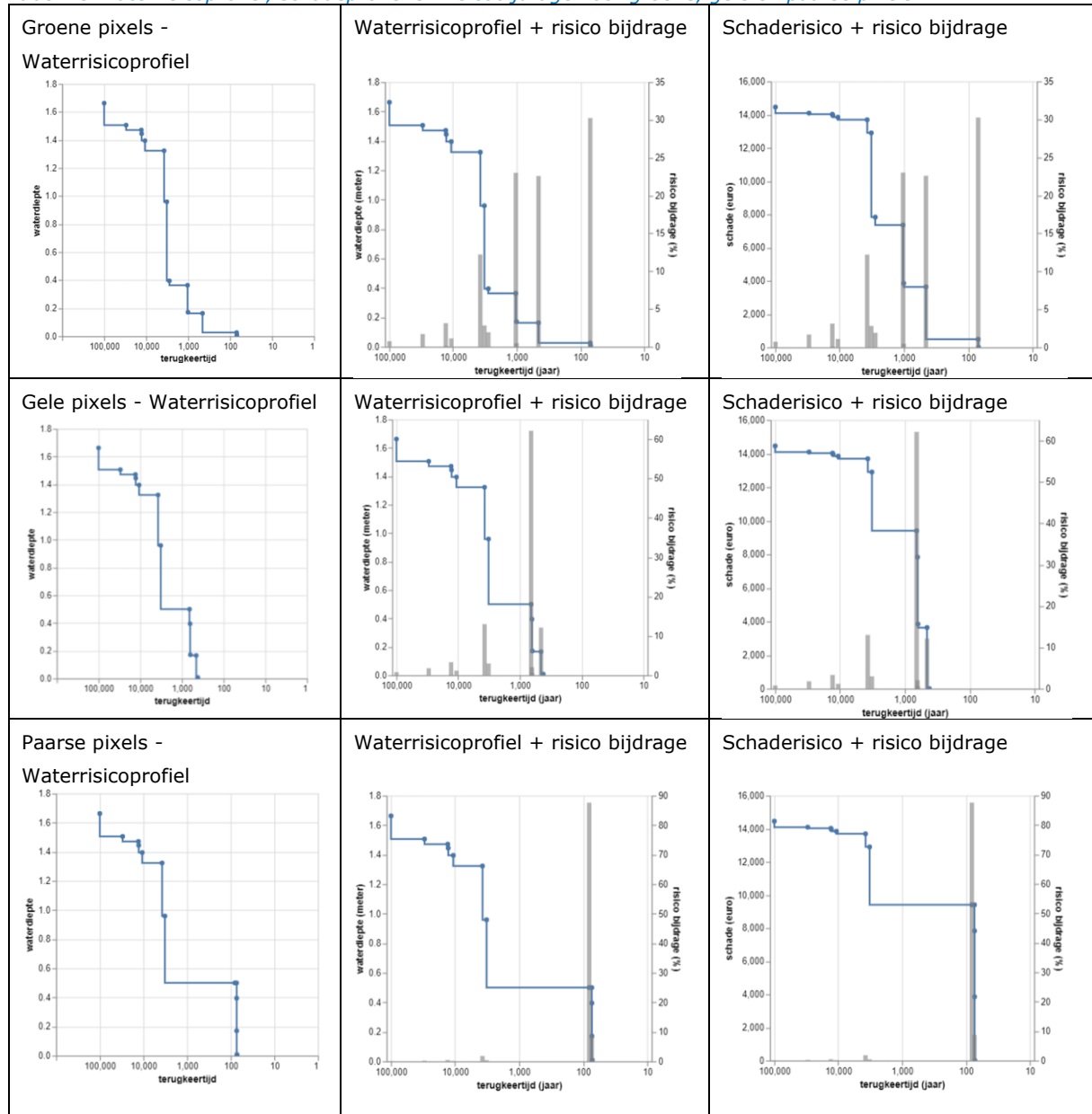
H Case nieuwbouw - diagrammen

Tabel 14 Waterrisicoprofiel, schadeprofiel en risicobijdrage voor groene, gele en paarse pixels



I Case bestaande bouw - diagrammen

Tabel 15 Waterrisicoprofiel, schadeprofiel en risicobijdrage voor groene, gele en paarse pixels





Hoofdkantoor

HKV lijn in water BV
Botter 11-29
8232 JN Lelystad

Nevenvestiging

Informaticalaan 8
2628 ZD Delft

0320 294242
info@hkv.nl
www.hkv.nl