



VLAAMSE MILIEUMAATSCHAPPIJ



Onderbouwing van het Overstromingsrisicobeheerplan van de onbevaarbare waterlopen

ORBP-analyse Basisrapport

Onderbouwing van het Overstromingsrisicobeheerplan van de onbevaarbare waterlopen

Inhoudsopgave

1. INLEIDING	9
1.1. De opdracht	9
1.2. Doelstelling	9
1.3. Over dit rapport	10
2. DE EUROPESE OVERSTROMINGSRICHTLIJN	11
2.1. Richtlijn 2007/60/EG	11
2.2. Situering van deze Vlaamse ORBP-studie binnen het Europese kader	12
3. ALGEMENE AANPAK: MEERLAAGSE WATERVEILIGHEID	15
3.1. Overzicht	15
3.2. Autonome ontwikkeling	16
3.2.1. Algemeen	16
3.2.2. Klimaatwijziging	16
3.2.3. Sociaal-economische ontwikkeling	18
3.2.3.1. Discontovoet r	20
3.2.3.2. Groeivoet g	21
4. METHODOLOGIE	23
4.1. Risico definities	23
4.2. Criteria	24
4.2.1. Inleiding	24
4.2.2. Economische criteria	25
4.2.2.1. NAW	25
4.2.2.2. Baat/Kost verhouding BKR	25
4.2.2.3. Bruto Actuele Maatschappelijke Kost (BAMK)	26
4.2.2.4. Totaal restrisico (Rres)	26
4.2.3. Sociale criteria	27
4.2.3.1. B(P@R)	27
4.2.3.2. BAM(P@R)	27
4.3. Tijdshorizon	28
4.4. Probabilistische optimalisatie	30
4.4.1. Inleiding	30
4.4.2. Stormgenerator	30
4.4.3. Modeltrein	32
4.4.3.1. Hydrologisch model	33
4.4.3.2. Statistisch model	33
4.4.3.3. Hydrodynamisch model	34
4.4.3.4. Schademodel	34
4.4.3.4.1. Algemeen	34
4.4.3.4.2. Schadedrempel	35
4.4.3.4.3. Drempel P@R	36

4.4.4. Scenariogenerator voor Meerlaagse Waterveiligheid.....	36
4.4.4.1. Paraatheid.....	37
a) Maatregelen.....	38
b) Kosten.....	38
c) Baten.....	38
4.4.4.2. Protectie.....	39
a) Maatregelen.....	39
b) Kosten.....	42
c) Baten.....	44
4.4.4.3. Preventie.....	46
a) Maatregelen.....	46
b) Kosten.....	49
c) Baten.....	50
5. BEREKENINGEN.....	53
5.1. NA (= No Action) risicoberekeningen.....	53
5.2. Resultaten.....	53
5.3. Beoordeling.....	55
6. SAMENVATTENDE RESULTATEN EN TRENDS.....	57
6.1. Trends en evoluties.....	57
6.1.1. Tijdsevolutie risico 2010-2050.....	57
6.1.1.1. Economisch risico.....	57
6.1.1.2. Sociaal risico.....	60
6.1.2. Vergelijking risico 2010 vs. 2050.....	62
6.1.2.1. Economisch risico.....	63
6.1.2.2. Sociaal risico.....	64
6.2. MLWV in cijfers.....	65
6.2.1. Aandeel verschillende lagen in MLWV.....	65
6.2.1.1. Absoluut aandeel.....	65
a) Daling economisch risico.....	65
b) Daling sociaal risico.....	66
6.2.1.2. Relatief aandeel.....	67
a) Daling economisch risico.....	67
b) Daling sociaal risico.....	69
6.2.2. PT-laag.....	71
6.2.2.1. GOG.....	73
6.2.2.2. Dijken.....	76
6.2.2.3. Overzicht resultaten ORBP-analyses PT-maatregelen.....	78
a) Oost-Vlaanderen.....	78
b) West-Vlaanderen.....	81
c) Vlaams-Brabant.....	84
d) Antwerpen.....	87
e) Limburg.....	89
6.2.3. PV-laag.....	92
6.2.3.1. Aantallen.....	92
6.2.3.2. Optimale contouren.....	94
a) Resiliënt bouwen/verbouwen.....	94
b) Bouwstop met grondenruil.....	96
c) Resiliënt verbouwen en bouwstop met grondenruil.....	98

6.2.4. PP-laag.....	99
6.2.5. Baat/kost verhoudingen.....	99
6.3. Samenvatting.....	101
6.3.1. Trends en evoluties.....	101
6.3.2. MLWV in cijfers.....	102
7. AFKORTINGEN EN SYMBOLEN.....	105
7.1. Algemeen.....	105
7.2. Modelgebieden.....	106
8. REFERENTIES.....	107

1. Inleiding

1.1. De opdracht

De VMM is sinds 2006 ook bevoegd geworden voor het beheer van onbevaarbare waterlopen van 1^o categorie. De vele verantwoordelijkheden die dit impliceert, gaan van het beheren en onderhouden van onze 1400 km waterlopen, het bouwen en renoveren van allerhande infrastructuurwerken tot het operationeel en beleidsmatig onderzoek van de overstromingsproblematiek.

Op 23 oktober 2007 werd de richtlijn 2007/60/EG van het Europees Parlement en de Raad aangenomen over de beoordeling en het beheer van overstromingsrisico's, ook wel de Overstromingsrichtlijn (ORL) genoemd. Deze richtlijn verplicht de lidstaten tot het opstellen van overstromingsgevaarkaarten en overstromingsrisicokaarten tegen eind 2013 en overstromingsrisicobeheerplannen tegen eind 2015. Deze laatste bevatten de maatregelen ter "vermindering van de potentiële negatieve gevolgen van overstromingen voor de gezondheid van de mens, het milieu, het culturele erfgoed en de economische bedrijvigheid".

Niet alleen omdat vanuit de Europese Overstromingsrichtlijn ons een aantal verplichtingen worden opgelegd, maar bovenal om de contouren en de weg naar een waterveiliger Vlaanderen helder te krijgen, schreef de VMM in 2008 een opdracht uit die werk maakt van nieuwe overstromingsgevaar- en overstromingsrisicokaarten en een afwegingskader voor maatregelen en acties. Deze opdracht werd op 17 maart 2009 gegund aan IMDC nv.

Het uitgewerkte afwegingskader is gebaseerd op een risicomethodiek waarbij zowel de kans als de gevolgschade van overstromingen worden in rekening gebracht. Er wordt rekening gehouden met autonome ontwikkelingen tot 2050 inzake klimaat- en landgebruiksveranderingen. Via kosten-batenanalyses wordt gezocht naar de meest optimale maatregelenset qua protectie, preventie en paraatheid. Concreet wordt er binnen het project voor 47 deelstroomgebieden of 1388 km onbevaarbare waterlopen naar oplossingen gezocht. De uitgewerkte methodiek blijkt een krachtig instrument om gericht keuzes te maken in het overstromingsrisicobeheer en de impact van die keuzes te kennen.

Dit deelrapport maakt deel uit van een reeks rapporten die samen de volledige opdracht beschrijven. Het basisrapport (R00) is een syntheserapport van de volledige studie. De deelrapporten beschrijven de ORBP-analyses en resultaten per buitendienst van de VMM en per modelgebied.

1.2. Doelstelling

Het doel van de opdracht is beleidsondersteunend. De aangereikte resultaten uit deze studie zullen het beleid toelaten wetenschappelijk en maatschappelijk gefundeerde keuzes te maken m.b.t. het overstromingsrisicobeheer in de Vlaamse stroomgebieden van eerste categorie. Aan de hand van de beschreven criteria en resultaten kan het beleid een bepaalde beleidsstrategie aannemen, die op haar beurt adviserend en sturend kan optreden voor andere beleidsinstrumenten.

De resultaten van de studie leveren geen concrete (gedetailleerde) uitvoeringsplannen maar zijn vooral richtinggevend. De resultaten zullen dienen als een wetenschappelijk onderbouwde vertrekbasis om de acties via een lokaal project en in samenspraak met lokale besturen en belanghebbenden verder uit te werken en te verfijnen en/of te selecteren.

1.3. Over dit rapport

Dit rapport beschrijft de methodologie en samenvattende resultaten voor alle modelgebieden van VMM in de opdracht 'Onderbouwing van het Overstromingsrisicobeheerplan voor de onbevaarbare waterlopen'.

2. De Europese Overstromingsrichtlijn

2.1. Richtlijn 2007/60/EG

De Overstromingsrichtlijn (**ORL, RICHTLIJN 2007/60/EG**) stelt een regionaal, nationaal en internationaal kader voor de beoordeling en het beheer van overstromingsrisico's vast. Het doel hiervan is de (grensoverschrijdende) negatieve gevolgen van overstromingen voor de gezondheid van de mens, het milieu, het culturele erfgoed en de economische bedrijvigheid te beperken (artikel 1 ORL). Daarnaast biedt de ORL burgers, bedrijven en overheden inzicht in mogelijke overstromingsrisico's (welke gebieden en potentiële schade), wat eraan gedaan wordt om de risico's te verminderen of te beheersen (doelstellingen en maatregelen) en wie wanneer de maatregelen neemt.

Deze Europese richtlijn is in 2007 in werking getreden. De ORL is een belangrijk instrument om doelen en maatregelen ter beperking van overstromingsrisico's met de verschillende stroomgebiedbeheerders, stakeholders en naburige regio's af te stemmen.

De ORL is een procesrichtlijn en bevat geen gekwantificeerde doelstellingen en maatregelen. Wel verplicht de ORL Europese lidstaten om op basis van een aantal inhoudelijke en procedurele eisen, de volgende producten te maken:

1. Voorlopige risicobeoordeling (2011)

De voorlopige risicobeoordeling is erop gericht om op basis van beschikbare of makkelijk af te leiden informatie, de gebieden vast te stellen waar potentieel significante overstromingsrisico's bestaan of te verwachten zijn. Hiervoor bestaat echter een uitzonderingsartikel (Artikel 13, lid 1b van de Richtlijn), dat stelt dat lidstaten die al op een eerder tijdstip (namelijk vóór 22 december 2010) hebben bepaald dat er voor bepaalde gebieden overstromingsgevaar- en overstromingsrisicokaarten opgesteld dienen te worden, kunnen besluiten geen voorlopige risicobeoordeling op te stellen voor deze gebieden.

2. Overstromingsgevaar- en overstromingsrisicokaarten (uiterlijk 22-12-2013)

De overstromingsgevaar- en overstromingsrisicokaarten zijn erop gericht het publiek en de (lokale) besturen inzicht te bieden in de aard en omvang van de risico's, mede als grondslag voor de aanpak voor het beheer van het risico. De ORL geeft voorschriften voor de soorten en inhoud van de kaarten.

3. Overstromingsrisicobeheerplannen (ORBP) (uiterlijk 22-12-2015)

De overstromingsrisicobeheerplannen bevatten een overzicht van adequate doelen en maatregelen om overstromingsrisico's te beheeren. De ORL benoemt welke zaken in het plan aan de orde moeten komen.

De ORL stelt dat bij het in kaart brengen van de risico's moet rekening gehouden worden met autonome ontwikkeling (klimaatverandering, verandering landgebruik) en dat de ORBP'en maatregelen moeten bevatten ter "vermindering van de potentiële negatieve gevolgen van overstromingen voor de gezondheid van de mens, het milieu, het culturele erfgoed en de economische bedrijvigheid", met name op het vlak van paraatheid, preventie en protectie (de 3 P's), rekening houdend met het solidariteitsprincipe (niet-afwenteling op naburige regio's).

Met betrekking tot de implementatie vraagt de ORL om een afstemming met de Kaderrichtlijn Water (KRW, Richtlijn 2000/60/EG) en publieke participatie.

2.2. Situering van deze Vlaamse ORBP-studie binnen het Europese kader

Op dit moment worden ORBP'en in een groot aantal lidstaten van de Unie voorbereid. Op het vlak van risicobeheersing wordt gewoonlijk gekeken naar de Nederlandse expertise. Omdat Nederland waterveiligheid in sterke mate heeft opgenomen in beleids- en uitvoeringsplannen, heeft het bij de toepassing van de ORL voor een meer inventariserende en structurerende weg gekozen dan andere lidstaten. Er wordt vanuit de ORL dus gekeken naar welke informatie al beschikbaar is en er wordt gebruik gemaakt van bestaande beleidsplannen op het gebied van preventie, bescherming en paraatheid. De ORL wordt aangegrepen als een kans om samenhang te creëren tussen de drie lagen van overstromingsrisicobeheer: bescherming, preventie en paraatheid.

Dit heeft Nederland gebracht tot het definiëren van de **Meerlaagse Veiligheid**:

1. Preventie
2. Ruimtelijke Ordening
3. Crisisbeheersing

Men kan opmerken dat de definities voor de drie lagen zoals gedefinieerd in de Nederlandse Strategie Meerlaagsveiligheid niet overeenkomen met de definities zoals gebruikt in de ORL. De Vlaamse aanpak, zoals deze in het rapport wordt geschetst op het vlak van sociaal* en economisch risico, houdt zich strikter aan de terminologie van de ORL, m.n. een meerlaagse veiligheid o.b.v.:

1. Protectie
2. Preventie
3. Paraatheid

De onderstaande tabel 2-1 geeft het nuanceverschil tussen de Nederlandse en Vlaamse interpretatie van Meerlaagse Veiligheid.

Tabel 2-1: Strategie Meerlaagse Veiligheid in Nederland en Vlaanderen	
Nederland	Vlaanderen
<p>Preventie</p> <p>Het voorkómen van een overstromingsramp door ingrepen in het watersysteem of het aanleggen/handhaven van waterkeringen</p>	<p>Protectie</p> <p>Door het nemen van structurele maatregelen de kans op overstromingen en/of de ernst van de gevolgen van overstromingen op specifieke plaatsen doen afnemen</p>
<p>Ruimtelijke Ordening</p> <p>Risicobewuste ruimtelijke planning en maatregelen, die de omvang van de schade, het aantal slachtoffers en maatschappelijke ontwrichting kunnen beperken</p>	<p>Preventie</p> <p>Het voorkómen van schade door overstromingen door te vermijden dat woonhuizen en industriële installaties worden gebouwd in gebieden die kwetsbaar zijn voor overstromingen of dat in de toekomst kunnen worden, en/of door aanpassing van woonhuizen en industriële installaties op specifieke plaatsen zodat de omvang van de schade en het aantal slachtoffers beperkt wordt</p>
<p>Crisisbeheersing</p> <p>Een goede (organisatorische) voorbereiding om efficiënt te kunnen handelen bij een eventuele overstromingsramp, om zo slachtoffers en schade te kunnen beperken</p>	<p>Paraatheid</p> <p>De bevolking (en bedrijven/instellingen) informeren over het overstromingsrisico en de gedragsregels die bij overstromingen moeten worden gevolgd, en waarschuwen in geval van imminent overstromingsgevaar</p>

Aan de keuze voor een meerlaagse veiligheidsstrategie is onlosmakelijk een risicobenadering verbonden (risico = kans x gevolg). Naast het historische beleid m.b.t. de beheersing van de kansen (overstromingsgevaar), wordt nu ook de nadruk gelegd op een beheersing van de gevolgen.

* Met sociaal risico wordt in dit rapport bedoeld op personen die risico lopen om geconfronteerd te worden met wateroverlast (People at Risk, met acroniem P@R). Het gaat dus niet noodzakelijk om slachtoffers.

Bovendien worden de volgende strategische keuzes gemaakt m.b.t. de kernaspecten van de Vlaamse methodologie:

1. Multicriteria

De verschillende combinaties van maatregelen worden t.o.v. elkaar afgewogen op basis van meerdere criteria, die zich in het kader van deze studie situeren in het economisch (kosten en baten) en sociaal (benadeelden) veld. Dit resulteert bijgevolg in een multicriteria-analyse (MCA). Het aantal criteria wordt hierbij bewust klein gehouden, zodat de interpretatie en het beslissingsproces overzichtelijk blijft. Op die manier wordt vermeden dat beslissingen zouden genomen moeten worden op basis van cijfermatige scores die het gevolg zijn van een verdiscontering van een groot aantal deelscores waarbij men geen vat meer heeft op het belang van de deelaspecten. In praktijk zal een dergelijke aanpak veelal resulteren in een optimale combinatie van maatregelen uit de verschillende lagen, maar net zo goed kan het voor bepaalde (deel)stroomgebieden voorkomen dat het beschikbare budget optimaal kan benut worden door enkel in te zetten op één bepaalde laag.

2. Adaptief vermogen

Zodra er naar veranderingen op de lange termijn wordt gekeken, komen ook de begrippen flexibiliteit en aanpasbaarheid van pas. Kunnen omgaan met veranderingen betekent dat een systeem, object of strategie eenvoudig aangepast kan worden, en/of dat eenvoudig overgestapt kan worden naar ander beleid. Dit betekent dat de methodologie ook moet toelaten om, b.v. ten gevolge van wijzigende maatschappelijke voorkeuren of voortschrijdend inzicht tijdens het beslissingsproces, op relatief eenvoudige wijze te kiezen voor alternatieve (sub)optimale oplossingen.

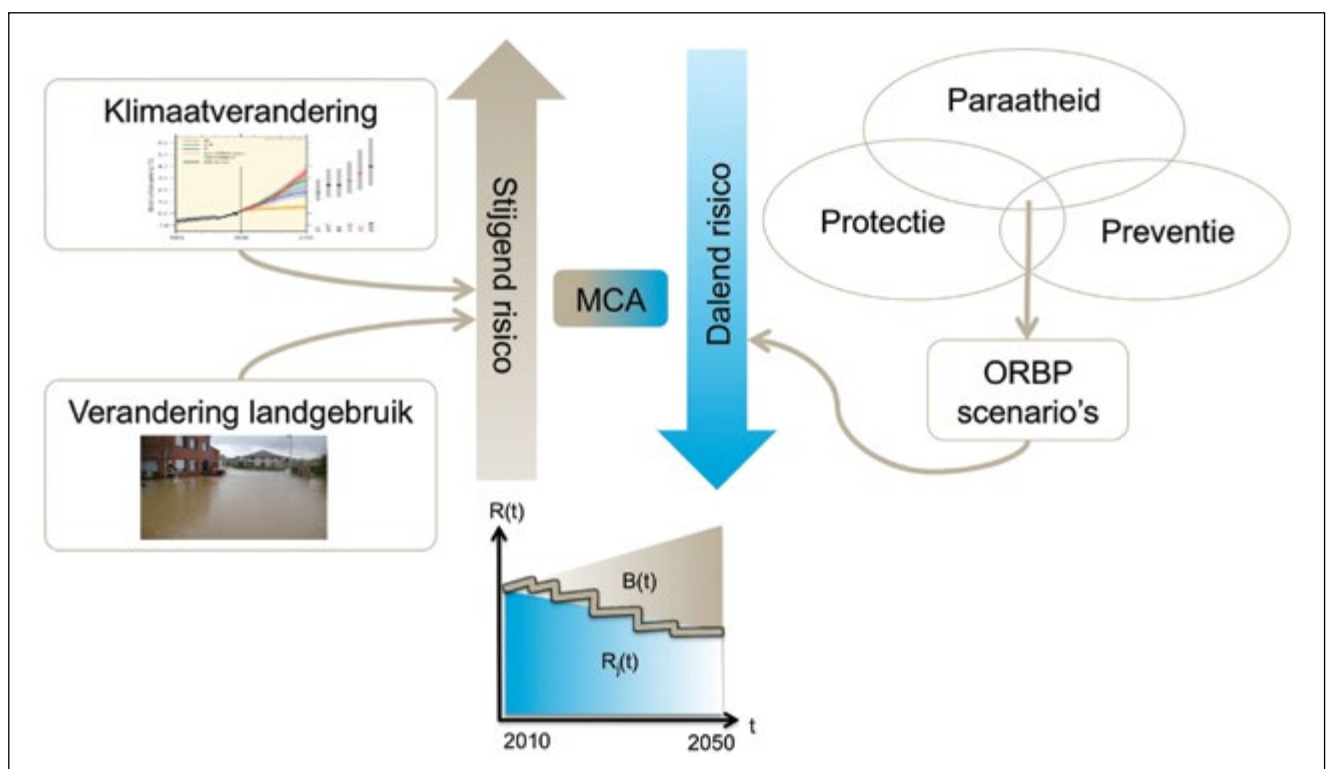
3. Multi-sectoraal

De keuze voor de beheersing van de gevolgen, naast een beheersing van de kansen, heeft mede als gevolg dat verschillende sectoren mee verantwoordelijk worden voor het waterveiligheidsbeleid. In de preventielaag gaat het hier b.v. om verantwoordelijkheid m.b.t. ruimtelijke ordening, in de paraatheidlaag gaat het om b.v. de hulpdiensten en de individuele burger. Vermits een ORBP onvermijdelijk ook een impact heeft op de (te verzekeren) restructies, is ook de verzekeringssector betrokken partij.

3. Algemene aanpak: meerlaagse waterveiligheid

3.1. Overzicht

Figuur 3-1: Risicostrategie als afwegingskader voor een ORBP



De overkoepelende doelstelling van de ORBP'en volgens de ORL is het zoeken naar een optimale benutting van het (de) budget(ten) van de beheerder(s) met het oog op de beheersing van de huidige en toekomstige overstromingsrisico's, binnen een te kiezen beleidsstrategie en rekening houdend met toekomstige scenario's en gevolgen van autonome ontwikkeling.

Ten gevolge van de autonome ontwikkeling (economische groei, wijziging landgebruik en klimaatwijziging) neemt het overstromingsrisico toe. De klimaatwijziging heeft als voornaamste gevolg dat de kansen op overstroming met de tijd toenemen, terwijl de sociaal-economische groei als gevolg heeft dat de gevolgen van een overstroming ernstiger worden. Met beheersing van het risico wordt zowel beperking van de toename, handhaving (stand-still) als reductie bedoeld. De klimaatwijziging en sociaal-economische groei worden in rekening gebracht aan de hand van toekomstige projecties.

Bij de evaluatie van verschillende ORBP-opties worden sociale en economische objectieven weerhouden. Het economische objectief bepaalt dat het budget optimaal moet worden gespenseerd, en m.a.w. een maximale return moet opleveren. Eenvoudig gesteld moet een maximale baat (vermeden overstromingsrisico) gerealiseerd worden met een minimum aan investeringen. Hiertoe

zal een kosten-batenanalyse (CBA: Cost Benefit Analysis) worden uitgevoerd om de verschillende alternatieven te vergelijken. De representatieve parameter voor een CBA is de Netto Actuele Waarde (NAW), die in deze studie dan ook wordt toegepast als economisch criterium. Het sociaal objectief bepaalt dat het risicobeheer een maximaal aantal inwoners moet begunstigen. Dit betekent dat men het aantal personen dat blootgesteld wordt aan overstromingsrisico's optimaal moet reduceren/handhaven/beperkt laten toenemen. Het sociaal criterium wordt People at Risk (P@R) genoemd.

In deze studie zullen een aantal bijkomende criteria geformuleerd worden die verder inzicht zullen verschaffen. Het gezamenlijk beschouwen van de verschillende criteria komt neer op een Multi Criteria Analyse (MCA). In deze studie wordt het echter niet opportuun geacht om de MCA ook daadwerkelijk uit te voeren met toekenning van gewichten en scores aan de verschillende criteria. Er wordt daarentegen gestreefd naar een heldere formulering van de diverse opties en criteria, wat een betrouwbare interpretatie toelaat van de resultaten.

Er zijn verschillende beleidssporen denkbaar waarbinnen optimaal aan de gestelde objectieven wordt voldaan. Binnen elke strategie zal een andere combinatie van maatregelen optimaal blijken te zijn. Maatregelen worden ondergebracht in 3 soorten: de protectiegroep (PT), de preventiegroep (PV) en de paraatheidgroep (PP), ook wel de 3 P's genoemd. In elk van de beleidssporen zal een verschillende mix van P's optimaal blijken te zijn volgens de gestelde criteria.

Het uitbreiden van de set maatregelen met maatregelen buiten de PT-groep, het historische werkterrein van de waterbeheerder, wordt meerlaagse waterveiligheid (MLWV) genoemd. Dit heeft als gevolg dat het overstromingsrisicobeheer de verantwoordelijkheid kan worden van verschillende actoren, met name de waterbeheerder, de ruimtelijke planner en de verzekering.

3.2. Autonome ontwikkeling

3.2.1. Algemeen

De autonome ontwikkeling duidt op de veranderende omgeving. Hierbij worden volgende aspecten beschouwd:

- Klimaatwijziging (CC, Climate Change)
- Sociaal-economische wijziging: economische groei (waardevermeerdering via groeifactor) en demografische groei (via verandering landgebruik (LUC, Land Use Change))

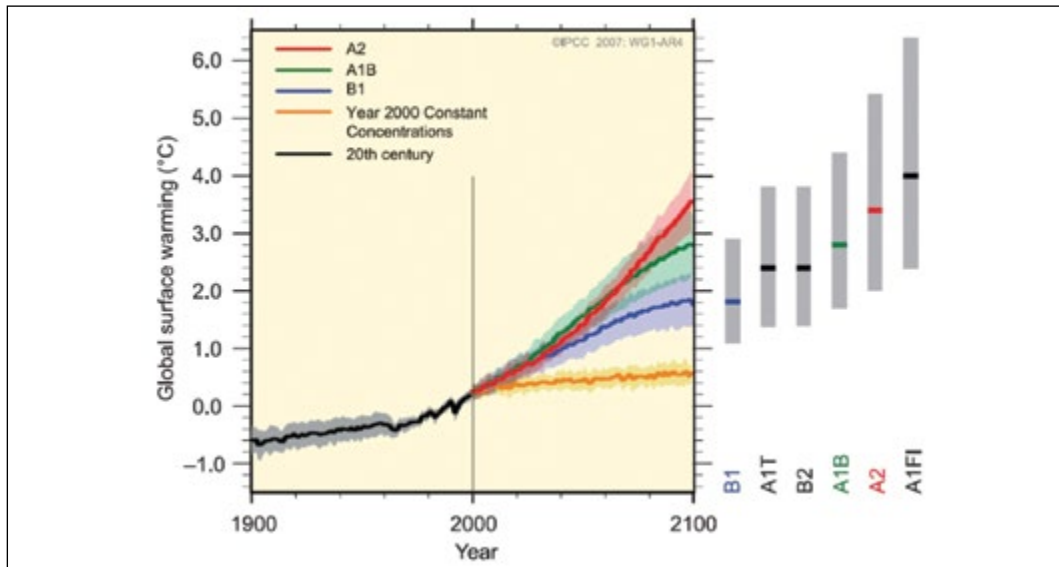
3.2.2. Klimaatwijziging

Deze studie maakt gebruik van de projecties van het IPCC (IPCC, 2007) en de afgeleide downscaling voor Vlaanderen door de KULeuven (Baguis, 2010, Ntegeka, 2008 & 2010, Willems, 2009, 2009b & 2011). Deze downscaling houdt in dat op basis van regionale klimaatmodellen voor Vlaanderen perturbatiefactoren worden berekend bij verschillende aggregatieduren*. Deze perturbatiefactoren laten toe om de oorspronkelijke neerslagreeks om te zetten naar een geprojecteerde neerslagreeks voor de tijdshorizon. Het IPCC werkt standaard met het jaar 2100. Deze tijdshorizon wordt door de KULeuven aangehouden.

Het IPCC beschouwt verschillende emissiescenario's voor broeikasgassen in de toekomst, afhankelijk van de internationaal aangenomen klimaatdoelstellingen. Deze leiden tot verschillende toenames voor de temperatuur, zoals geïllustreerd in figuur 3-2.

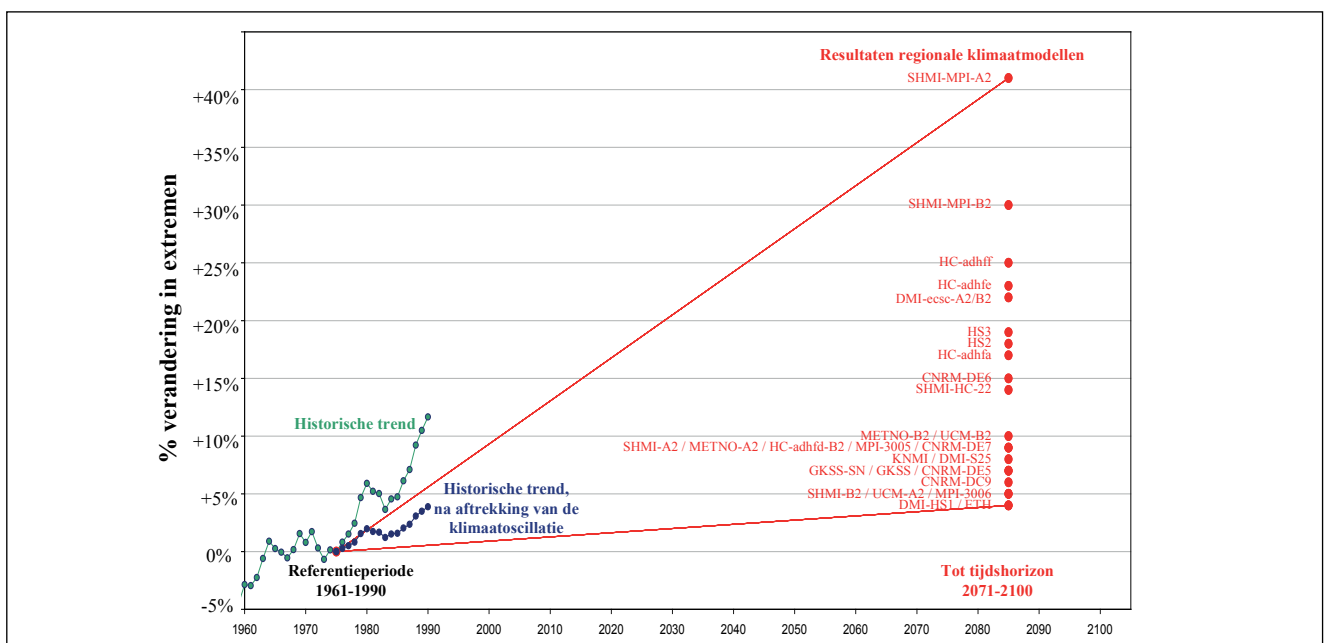
* Een aggregatieniveau is een gemiddelde neerslagduur. Een geaggreerde neerslagreeks is een uitgemiddelde reeks over een lopend venster ter grootte van de aggregatieduur.

Figuur 3-2: Invloed verschillende broeikasgasemissiescenario's op de wereldgemiddelde temperatuur (A1B: mondiale markt / A2: veilig scenario / B1: mondiale solidariteit / B2: zorgzaam scenario) - ref. IPCC, 2007

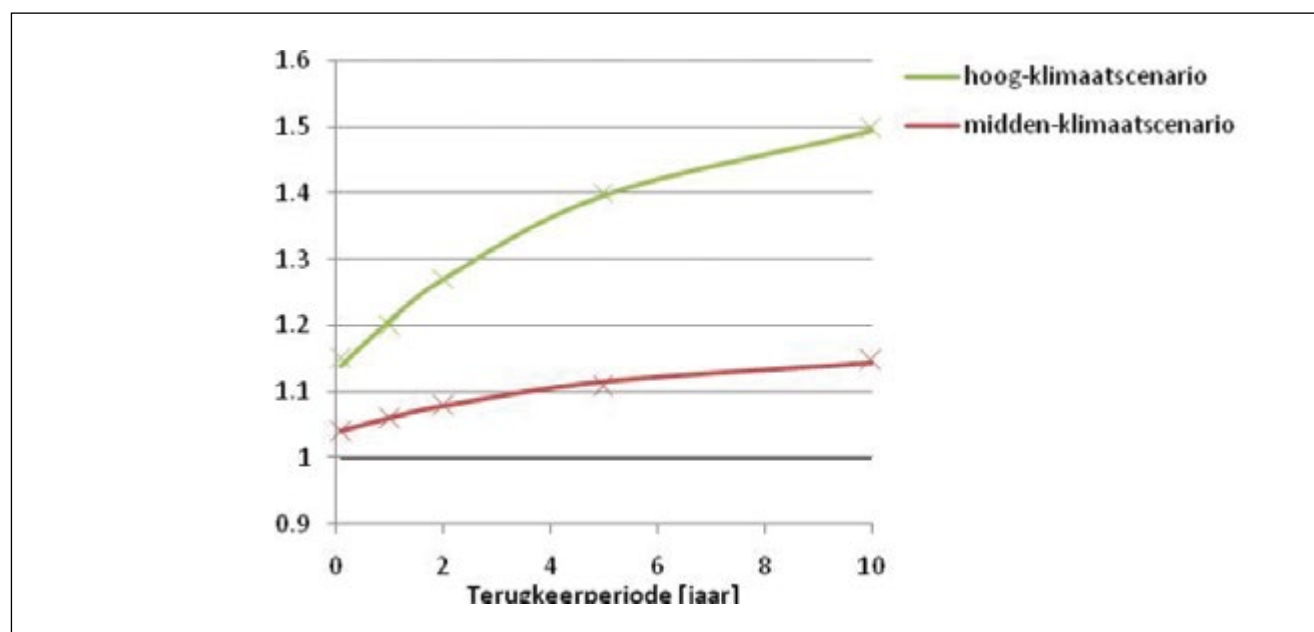


Op basis van deze emissiescenario's worden met klimaatmodellen projecties gemaakt voor neerslag en verdamping. Op basis van een groot aantal regionale klimaatmodellen werden door KULeuven seizoensafhankelijke perturbatiefactoren voor de verschillende aggregatieduren of terugkeerperiodes bepaald. Dit wordt verder geïllustreerd in figuur 3-3. De waaier aan projecties voor de verschillende klimaatmodellen heeft ertoe geleid dat voor Vlaanderen 3 neerslag- en verdampingsscenario's worden weerhouden: een hoog, midden en laag scenario. Figuur 3-4 toont de perturbatiefactoren voor de IDF-curves van de neerslag. Het laag scenario valt hierbij samen met de huidige toestand (perturbatiefactor 1).

Figuur 3-3: Recente trends en toekomstige evoluties in de extreme winterneerslag voor Vlaanderen (gebaseerd op 31 simulaties met 12 regionale klimaatmodellen) - ref. Willems, 2009b



Figuur 3-4: Factor wijziging IDF-verbanden bij het hoog- en midden-klimaatsscenario (op basis van de 31 CCI-HYDR-regionale klimaatmodelruns, via vergelijking scenarioperiode 2071-2100 met de controleperiode 1961-1990) - ref. Willems, 2009b



Om een idee te krijgen van de variabiliteit ten gevolge van de verschillende klimaatprojecties volstaat het bijgevolg om het huidige klimaat en het hoge scenario in beschouwing te nemen. Het midden scenario zal zich immers steeds tussen deze twee uitersten bevinden.

De tijdshorizon voor de risicoanalyse en optimalisatie van de alternatieven voor de verschillende beleidsstrategieën wordt voor het ORBP vastgelegd op 2050. Vermits vooralsnog geen geperturbeerde neerslagreeksen beschikbaar zijn voor het jaar 2050, worden de resulterende afvoeren en schades lineair geïnterpoleerd tussen 2010 en 2100. Hierop wordt verder ingegaan in §4.3.

3.2.3. Sociaal-economische ontwikkeling

Ten gevolge van demografische en economische groei breidt het aantal woningen en het aantal mensen zich uit. De toekomstige woningen bevinden zich niet zelden in overstroombaar gebied. Bovendien neemt, ten gevolge van de toenemende welvaart, ook de waarde toe van de eigendommen, en bijgevolg van het bedrag van de overstromingsschade.

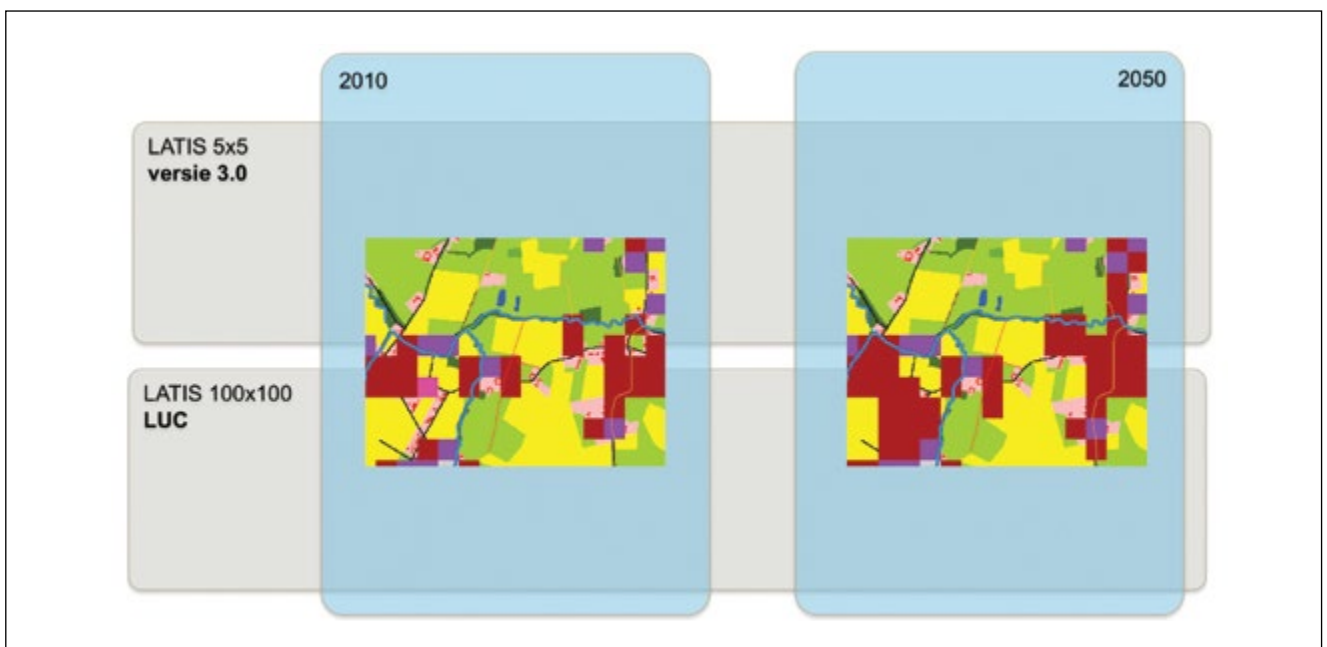
De toenemende welvaart wordt in rekening gebracht door middel van een groeivoet. Een verdere toelichting hieromtrent wordt gevonden in §3.2.3.2.

Het toekomstige landgebruik in Vlaanderen in 2050 werd berekend door de VITO met het RuimteModel Vlaanderen (de Kok et al, 2011). Deze gegevens laten toe om de toenemende overstromingsschade als gevolg van autonome ontwikkeling te kwantificeren. Figuur 3-5 geeft de beschikbare landgebruikgegevens weer. Dit zijn de hoge resolutie gegevens voor 2010 in de versie 3.0 van de LATIS software voor schade- en risicoberekening (Deckers et al, 2011) en de lage resolutie gegevens voor 2010 en 2050 berekend door de VITO in de LATIS LUC (Land Use Change) versie van de software (Deckers et al, 2012). Figuur 3-6 geeft weer hoe het landelijk landgebruik in LATIS versie 3.0 gecombineerd wordt met de verstedelijkte landgebruiken in LATIS LUC. Dit gebeurt om hoge schade- en risicowaarden in landelijk gebied te vermijden als gevolg van de lage resolutie landgebruikgegevens in LATIS LUC. In het basisrapport van het Overstromingsgevaar en -risico wordt hierop nader ingegaan.

Figuur 3-5: Overzicht van de landgebruikkaarten in 2010 en 2050 voor het berekenen van overstromingsschade en -risico in LATIS versie 3.0 en LATIS LUC (Land Use Change; VITO gegevens)



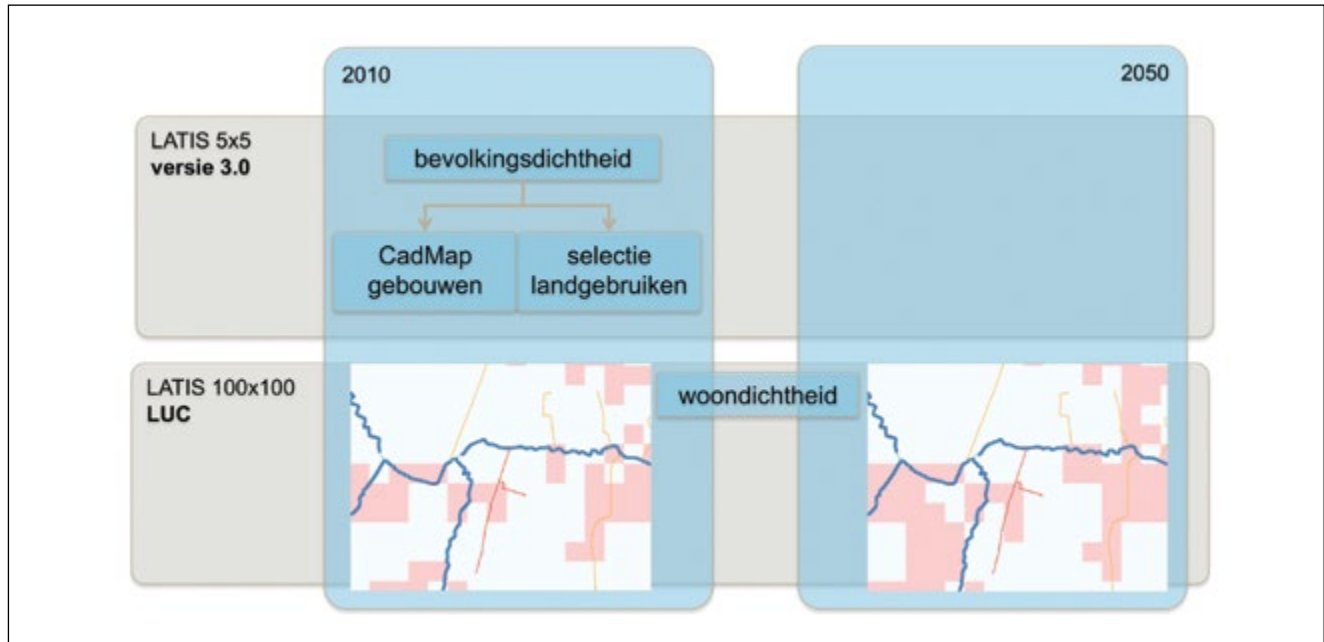
Figuur 3-6: Combinatie van de landgebruikgegevens in 2010 en 2050 voor het berekenen van de overstromingsschade en -risico in LATIS



De toekomstige bevolkingsgegevens voor 2050 werden eveneens door de VITO berekend met het RuimteModel Vlaanderen. Op basis van bevolkingsgegevens wordt P@R berekend. Figuur 3-7 geeft een overzicht van de beschikbare bevolkingsgegevens. Dit zijn de bevolkingsgegevens voor 2010 in LATIS versie 3.0 en de woondichtheidsgegevens van de VITO in 2010 en 2050. De LATIS versie 3.0 gegevens worden verdeeld over een raster met hoge resolutie op basis van het landgebruik. De woondichtheidgegevens zijn

beschikbaar in lage resolutie (100x100 m). Dit wordt nader toegelicht in het basisrapport van het Overstromingsgevaar en -risico.

Figuur 3-7: Overzicht van de beschikbare bevolkingsgegevens in 2010 en 2050 voor het berekenen van P@R



3.2.3.1. Discontovoet r

De Nederlandse OEEI leidraad raadt een basisdiscontovoet aan van 3-4%, met een risico-opslag voor het macro-economische risico, waarbij rekening wordt gehouden met het feit dat de economische ontwikkelingen de kosten en baten van het project kunnen beïnvloeden. Deze parameter varieert van 1,5% tot 4,5%. De veiligheidsbaten groeien mee met de economische groei (infrastructuur wordt meer waard om te beschermen) en dus is er een zeker “macro-economisch risico” bij de beoordeling van veiligheidsprojecten. Vanuit deze optiek is een minimale risico-opslag verantwoord. Als uitgangspunt kan dus een minimum, risico-loze discontovoet genomen worden met een risico opslag van 0%, 1% of 3%.

Deze keuze is ook consistent met de aanbeveling voor Vlaanderen om met 4% te rekenen, gecombineerd met een sensitiviteitsanalyse op deze parameter. Deze analyse leidt ertoe om voor kosten-batenanalyses te rekenen met de volgende discontovoeten: 3, 4, en 7%. Dit zijn inflatievrije discontovoeten zodat de effecten van inflatie of prijsstijgingen in de loop der jaren niet apart verrekend moeten worden.

De discontovoet wordt vastgelegd op 4%. Deze waarde werd ook toegepast voor de MKBA van het Sigmaplan (De Nocker, 2004 & Bulckaen, 2005). Een discontovoet van 4% betekent dat projecten die zichzelf terugverdienen een rendement hebben van minstens 4% op het ingezette kapitaal.*

* Etekst op basis van persoonlijke communicatie met M. Dockx van Tritel (voorheen Resource Analysis)

3.2.3.2. Groeivoet g

Het gebied dat beter beschermd wordt door de projectalternatieven zal evolueren in de loop der jaren. De groeivoet maakt deel uit van de autonome ontwikkeling (§3.2.3). De waarde van de eigendommen zal immers toenemen. Om zo goed mogelijk rekening te houden met deze evolutie worden economische groeiscenario's verrekend op de jaarlijkse vermeden risico's.

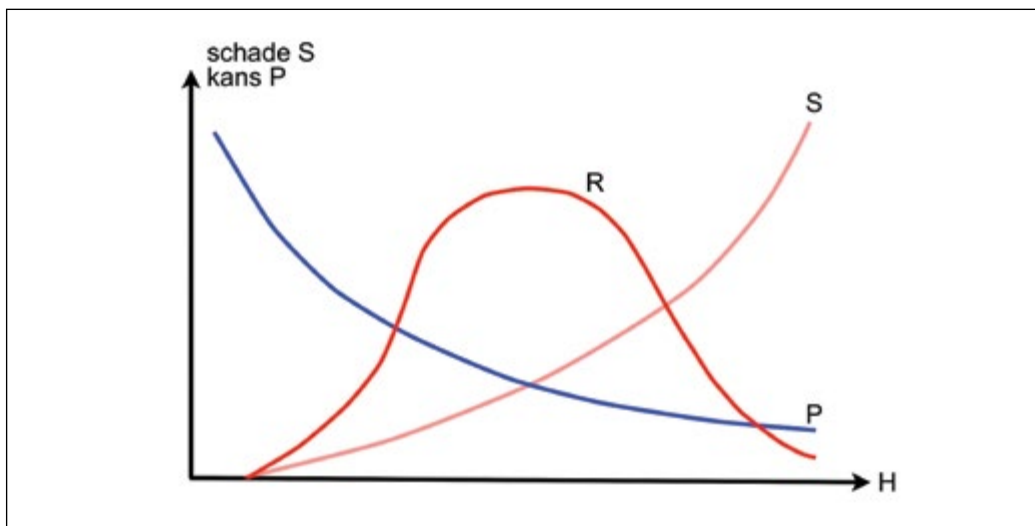
De gehanteerde groeivoet staat volledig in functie van het groeiscenario dat gekozen wordt. Klassieke referenties in deze zijn de studies gepubliceerd door Ocean Shipping Consultants en de Welvaart en Leefomgeving (WLO)-scenario's van het Centraal Planbureau Nederland. Op basis van het EC-groeiscenario wordt bij de testcase Poperingevaart rekening gehouden met een gemiddeld groeipercentage van 2%.

4. Methodologie

4.1. Risico definities

Risico R geeft de integratie van de schade over haar kansdomein: $R = S (P \times S)$, met P de overschrijdingskans van schade S . R geeft dus de gemiddeld te verwachten schadekost per jaar, en wordt dus bepaald door zowel frequent voorkomende wateroverlast met kleine schade, als uitzonderlijke extreme gebeurtenissen (overstromingen) met grote schade maar een kleine kans op voorkomen. De onderstaande Figuur 4-1 vat dit samen.

Figuur 4-1: Schematische voorstelling risico



Overigens gaat voor $P@R$ dezelfde definitie op, waarbij S staat voor het aantal personen, zodat het sociaal risico wordt uitgedrukt als het gemiddeld verwacht aantal personen per jaar dat blootgesteld wordt aan overstromingsrisico.

Het **partiële risico** geeft een deel van het risico tot een bepaalde overschrijdingsfrequentie of terugkeerperiode T . Er wordt dus een gedeeltelijke integratie van de risico-integraal uitgevoerd. Het partiële risico is dan ook altijd kleiner dan het totale risico. In feite is het berekende risico in praktijk altijd een partieel risico, vermits de berekeningen afgebroken worden vanaf een bepaalde terugkeerperiode (b.v. $T1.000$ of $T10.000$). Bij hogere terugkeerperiodes wordt dan verondersteld dat het risico “convergeert”, m.a.w. dat de risicobijdrage van de hogere terugkeerperiodes verwaarloosbaar wordt. Visueel kan men het partieel risico plotten t.o.v. de toenemende terugkeerperiode. Op die manier kan men eenvoudig nagaan of het risico aan het convergeren is. De gradiënt van het partieel risico i.f.v. de toenemende terugkeerperiode laat toe om de zone met het meest efficiënte risicobeheer te detecteren.

4.2. Criteria

4.2.1. Inleiding

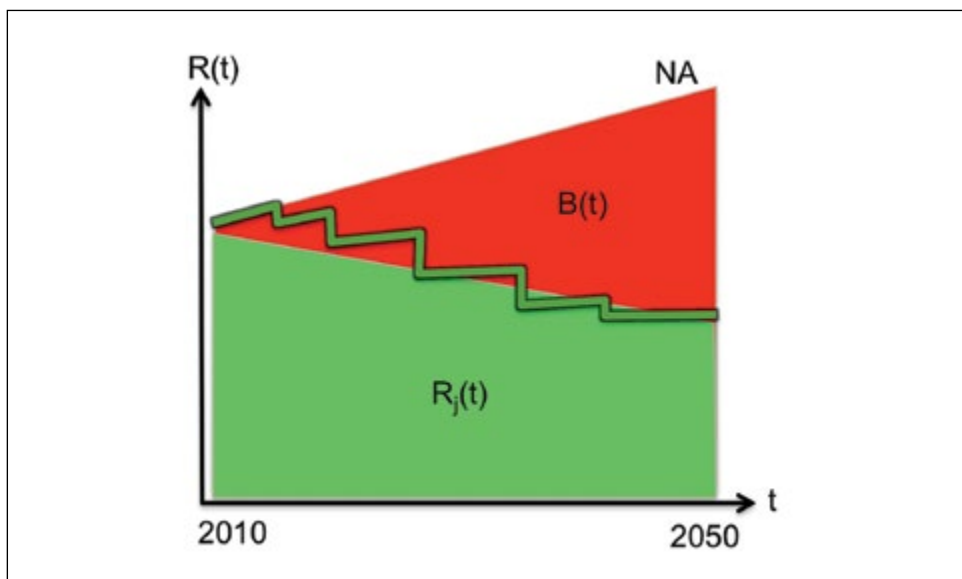
Door toepassing van de modelketen op de randvoorwaarden wordt de neerslag met haar statistische eigenschappen omgezet naar een ruimtelijke en statistische verdeling van de schade. Hieruit bepaalt men het risico.

In de volgende paragrafen wordt een willekeurig scenario j beschouwd. Het risico dat volgt uit de runs met de modelketen wordt dan voorgesteld als $R_j(t)$, waarbij t de tijd voorstelt. Ten gevolge van CC en LUC is het risico immers tijdsafhankelijk. Zoals in §4.3 wordt uiteengezet wordt het risico berekend voor 2010 ($t=0$) en 2050 (tijdhorizon $t=T_j=40$). Er wordt uitgegaan van een lineair verloop als benadering van de zaagtand-lijn die in werkelijkheid zal optreden (cfr. §4.3).

Voor de algemene toepasbaarheid van de formules wordt T_j aangehouden om de tijdhorizon aan te duiden. Modelruns worden dus uitgevoerd voor de berekening van $R_j(0)$ en $R_j(T_j)$. Het NA-risico wordt aangeduid met $j=0$. Bijgevolg NA-risico aangeduid met $R_j(0)$ en $R_j(T_j)$.

In de onderstaande figuur geeft het rode vlak het vermeden risico aan, of de baat $B(t)$. Het totale risico is de NA-lijn. Na implementatie van een scenario j (zaagtand-lijn) blijft het residuele risico $R_j(t)$ over, wat neerkomt op het groene vlak.

Figuur 4-2: Resterend en vermeden risico in de tijd



Hierna worden enkele criteria gedefinieerd die toelaten om het groene en het rode vlak in de bovenstaande figuur te karakteriseren in een getal, wat uiteindelijk nuttig zal zijn in de afweging van verschillende scenario's.

4.2.2. Economische criteria

4.2.2.1. NAW

Bij het uitvoeren van een kosten-batenanalyse dienen de kosten en baten die door een project teweeggebracht worden, met elkaar vergeleken te worden. Vermits deze kosten meestal gespreid zijn in de tijd, is het aangewezen om ze te actualiseren, of ook te verdisconteren, naar het referentiejaar $t = 0$. Ook de baten zijn variabel in de tijd, waardoor een verdiscontering wenselijk is. Dit is zeker het geval indien men verschillende scenario's, waarvoor de variatie in de tijd van kosten en baten onderling verschillen, wil vergelijken.

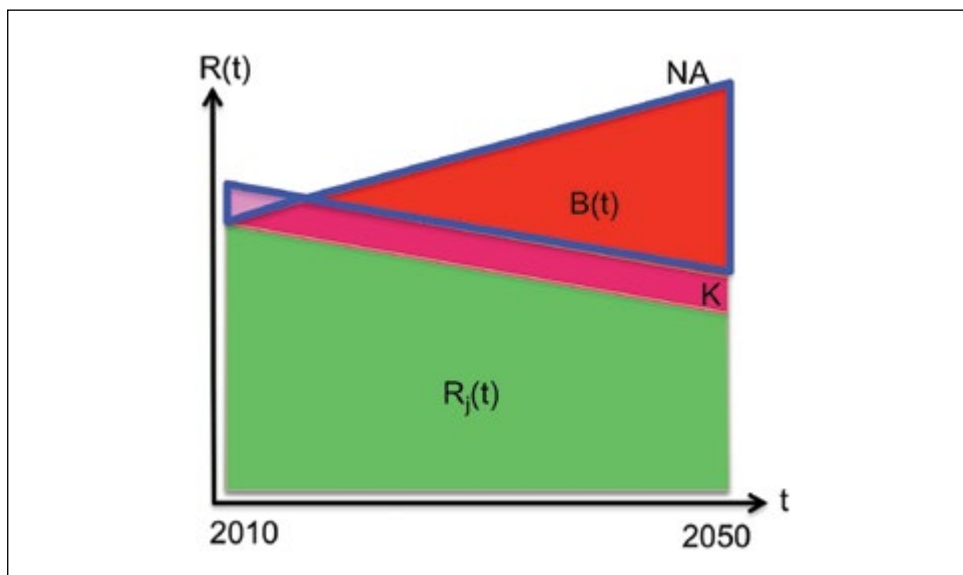
De meest gebruikte maatstaf, die rekening houdt met deze variatie in de tijd, is de netto actuele waarde (NAW, Engels: Net Present Value, NPV). Voor een scenario j wordt deze als volgt berekend:

$$NAW = \sum_{t=0}^{T_j} B_j(t) \cdot (1+r)^{-t} - \sum_{t=0}^{T_j} K_j(t) \cdot (1+r)^{-t}$$

Waarin T_j de tijdshorizon voor het project j voorstelt, $K_j(t)$ en $B_j(t)$ respectievelijk de kosten en de baten (vermeden risico's) van het project j in het beschouwde jaar t en r en g de discontovoet en de groeivoet is (zie verder). NAW is in feite het saldo van de geactualiseerde waarden van de kosten en de baten. De baten, en dus ook kosten/baten, worden telkens relatief afgewogen t.o.v. het NA-alternatief. Een project is rendabel indien $NAW > 0$.

In de onderstaande figuur wordt NAW schematisch voorgesteld aan de hand van het saldo van de grote en de kleine blauwe driehoek. Hoe groter de resulterende oppervlakte, hoe groter de rendabiliteit van het scenario.

Figuur 4-3: Schematische voorstelling van NAW



4.2.2.2. Baat/Kost verhouding BKR

De Baat/Kost verhouding (B/K , Engels: Benefit Cost Ratio, BCR) wordt als volgt berekend:

$$BKR = \frac{\sum_{t=0}^{T_j} B_j(t) \cdot (1+r)^{-t}}{\sum_{t=0}^{T_j} K_j(t) \cdot (1+r)^{-t}}$$

4.2.2.3. Bruto Actuele Maatschappelijke Kost (BAMK)

BAMK vormt een aanvullend criterium voor NAW. Dit criterium vertegenwoordigt de totale maatschappelijke kost. Ze wordt geformuleerd voor het economische en voor het sociale risico.

Voor het economische risico wordt dit:

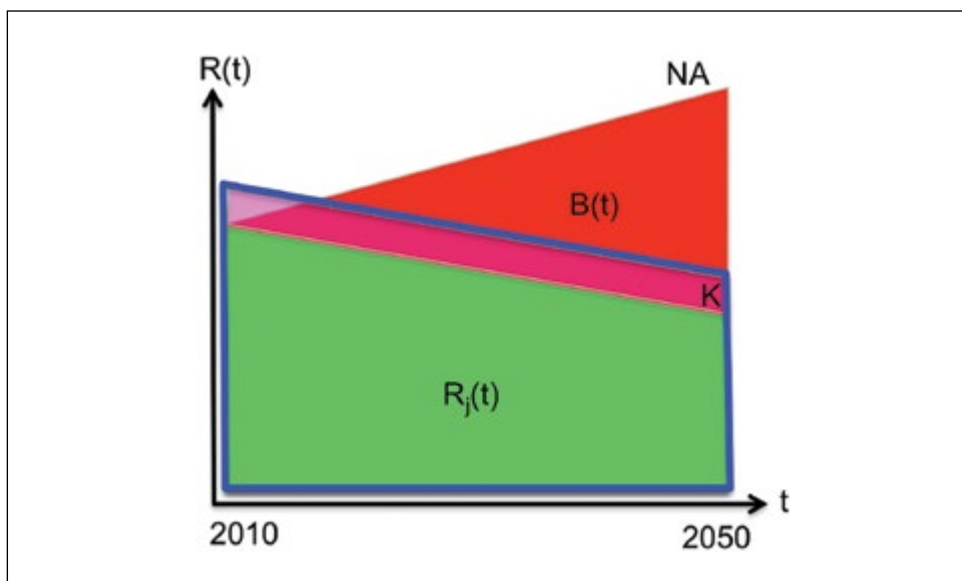
$$BAMK = \sum_{t=0}^{T_j} R_j(t) + gt + K_j t + rt$$

De totale maatschappelijke kosten zonder rekening te houden met de tijdshorizon T_j wordt met de volgende formule begroot:

$$BAMK_{tot} = \sum_{t=0}^{\infty} R_j(t) + gt + rt + \sum_{t=0}^{T_j} K_j t + rt$$

BAMK laat toe om beleidsstrategieën af te wegen. Een minimale BAMK geeft aan dat de totale maatschappelijke kost minimaal wordt. In de onderstaande figuur wordt BAMK voorgesteld als het oppervlak van de blauwe trapeziumvormige contour.

Figuur 4-4: Schematische voorstelling van BAMK



4.2.2.4. Totaal restrisico (R_{res})

Het totale restrisico, zijnde de som van de verdisconteerde restrisico's over de oneindige tijdshorizon, geeft inzicht in de te verzekeren schade. Het restrisico is immers de som, over de jaren heen, van de jaarlijks te verwachten schades na implementatie van een risicobeheersscenario.

$$R_{Res} = \sum_{t=0}^{\infty} R_j(t) + gt + rt$$

4.2.3. Sociale criteria

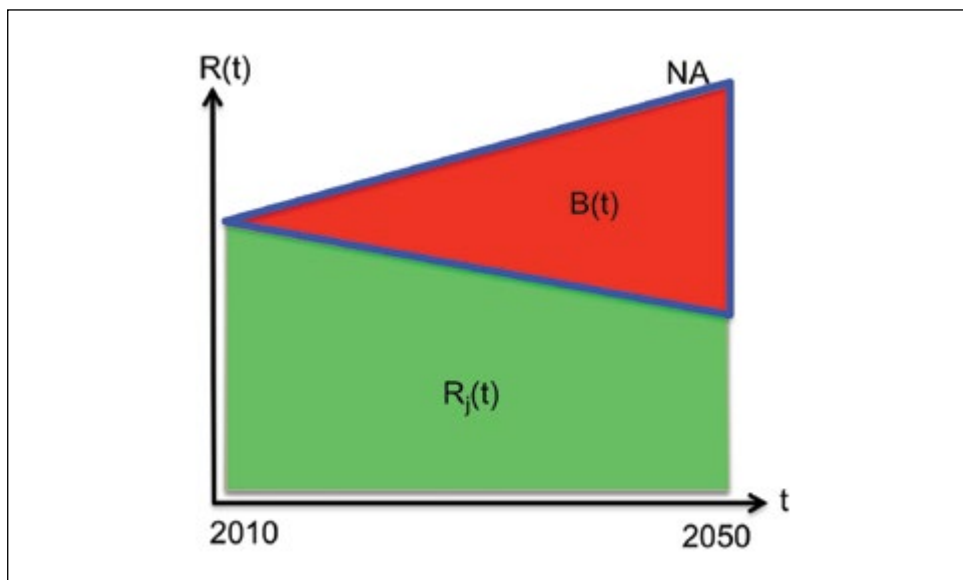
4.2.3.1. $B(P@R)$

Sociale baten, of de baat op $P@R$, worden berekend als:

$$BP@R = \int_{t=0}^{T_j} R(t) - R_j(t)$$

Waarbij R staat voor $P@R$. Een alternatief wordt wenselijker naarmate $B(P@R)$ toeneemt. In de onderstaande figuur wordt $B(P@R)$ voorgesteld als het rode vlak.

Figuur 4-5: Schematische voorstelling van $B(P@R)$



4.2.3.2. $BAM(P@R)$

Hier gaat het om een analogie van het economische criterium BAMK. Voor het sociale risico verkrijgt men:

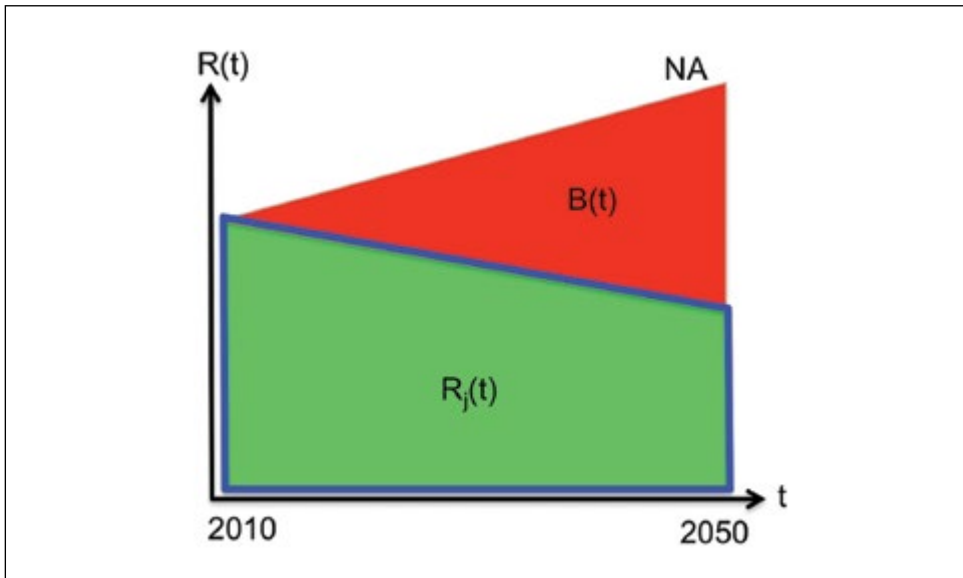
$$BAMP@R = \int_{t=0}^{T_j} R_j(t)$$

$BAM(P@R)$ geeft aan hoeveel mensen gedurende de tijdshorizon blootgesteld worden aan overstromingsrisico.

De totale $BAM(P@R)$ zonder rekening te houden met de tijdshorizon T_j is geen nuttig criterium, vermits de grootte divergeert, wat logisch is vermits de convergentie wordt bepaald door de discontovoet, die uiteraard niet toegepast wordt op $P@R$.

De onderstaande figuur geeft een schematische voorstelling van $B(P@R)$, wat neerkomt op het groene vlak.

Figuur 4-6: Schematische voorstelling van BAM(P@R)



4.3. Tijdshorizon

Als inleiding wordt verwezen naar §3.2.2. De tijdshorizon voor de risicoanalyse en optimalisatie van de alternatieven voor de verschillende beleidsstrategieën wordt voor het ORBP vastgelegd op 2050. Vermits voor deze studie geen geperturbeerde neerslagreeksen beschikbaar zijn voor het jaar 2050, worden de resulterende afvoeren en schades geïnterpoleerd tussen 2010 en 2100. Anderzijds zijn er geen gegevens beschikbaar m.b.t. de verandering van het landgebruik in 2100. Een aantal veronderstellingen dringt zich dus op.

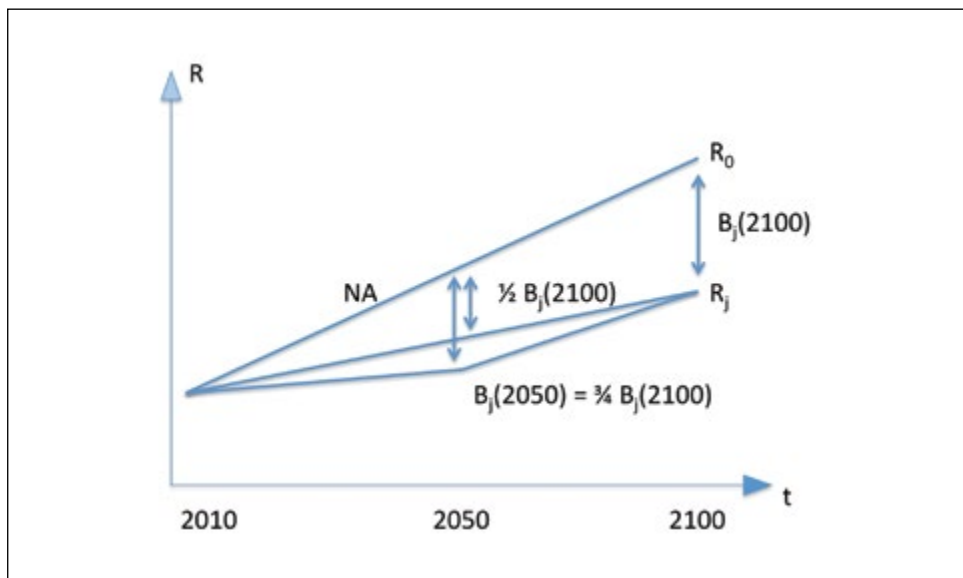
Het NA-risico R_0 wordt verondersteld lineair te verlopen tussen 2010 en 2100. Dat is enigszins in tegenspraak met de projecties van de klimaatwijziging, die meestal een versnelde toename voorspellen in de tweede helft van 21e eeuw. Maar dit NA-risico is een gevolg van zowel klimaatwijziging als landgebruikwijziging. Terwijl de klimaatwijziging nauwelijks of niet kan beïnvloed worden door een gewijzigd regionaal of nationaal beleid (tenzij mits acties op internationaal niveau), is dat op het vlak van landgebruik wel het geval. Men kan aannemen dat de toename van het NA-risico ten gevolge van wijziging van het landgebruik minder sterk zal zijn, naarmate het beleid zich aanpast aan de gekende risico's. De aanname voor deze studie is dan ook dat voor het NA-risico de toenemende stijging ten gevolge van de klimaatwijziging in de tweede helft van de eeuw gecompenseerd wordt door een afnemende stijging t.g.v. landgebruik, en bijgevolg een lineaire toename overblijft tussen 2010 en 2100.

Daarnaast moet ook het scenariorisico R_j berekend worden in 2050, op basis van de berekende waarden voor 2010 en 2100, waarbij deze laatste berekend werd op basis van CC 2100 en LUC 2050. Ook hier is een aanname nodig. Het scenario j realiseert een baat (of vermeden risico) B_j . Er wordt aangenomen dat deze baat 75% bedraagt van de berekende baat in 2100. Een lineaire interpolatie zou ongeveer 50% inhouden, maar intuïtief kan men aanvoelen dat de gerealiseerde baat in 2050 proportioneel groter is, vermits deze het gevolg is van de risicotoenamen t.g.v. CC en LUC. Maar als men weet dat de gekende wijziging LUC volledig gerealiseerd is in 2050, zal ook het deel van B_j dat inwerkt op LUC reeds volledig gerealiseerd zijn in 2050. Als men een lineaire toename veronderstelt van CC, zal in 2050 slechts ongeveer de helft van de baat t.g.v. CC gerealiseerd zijn. Uitgaande van een gelijke verdeling van de baat tussen LUC en CC, bekomt men op deze manier dat $B_j(2050) = 3/4 B_j(2100)$. Uiteraard is dit percentage enigszins arbitrair, in de wetenschap dat het zich ergens tussen 50% en 100% moet bevinden.

Met de genoemde aannames kan $R_j(2050)$ berekend worden als $R_0(2050) - B_j(2050)$.

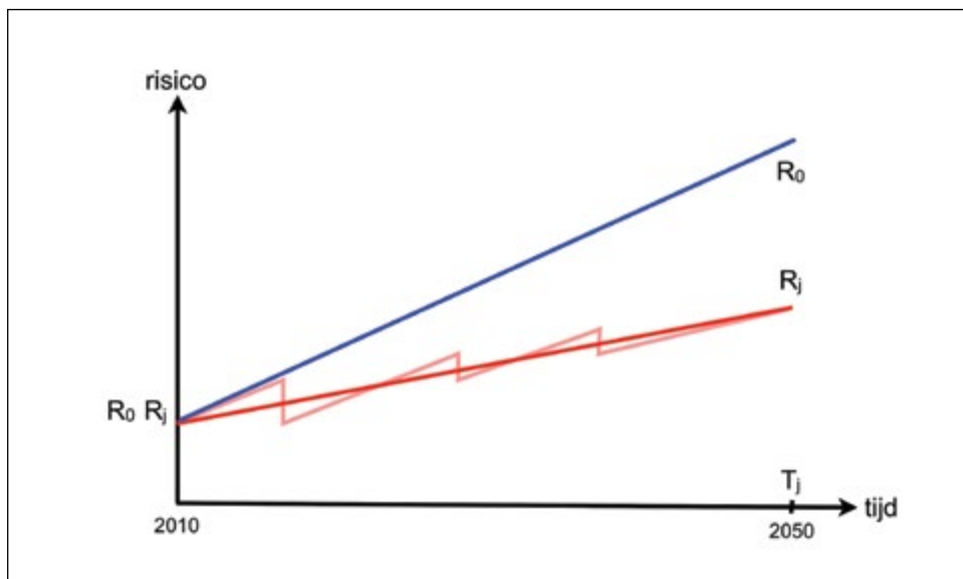
De bovenstaande aannames worden geïllustreerd in de onderstaande Figuur 4-7.

Figuur 4-7: Tijdhorizon 2050 - interpolatie tussen 2010 en 2100



Figuur 4-8 toont uiteindelijk het tijdsverloop van het risico gedurende de tijdshorizon. De blauwe lijn geeft het NA-risicoverloop, terwijl de roze lijn het zaagtandsgewijze verloop geeft van het risico bij realisatie van de maatregelen van scenario j. In deze studie wordt het verloop van deze zaagtand benaderd door de rechte rode lijn. Het zaagtand-verloop zou immers een iteratieve berekeningscyclus vergen met de modelketen, wat praktisch niet haalbaar is op grote schaal.

Figuur 4-8: Tijdhorizon 2050 - Risico tijdsverloop



4.4. Probabilistische optimalisatie

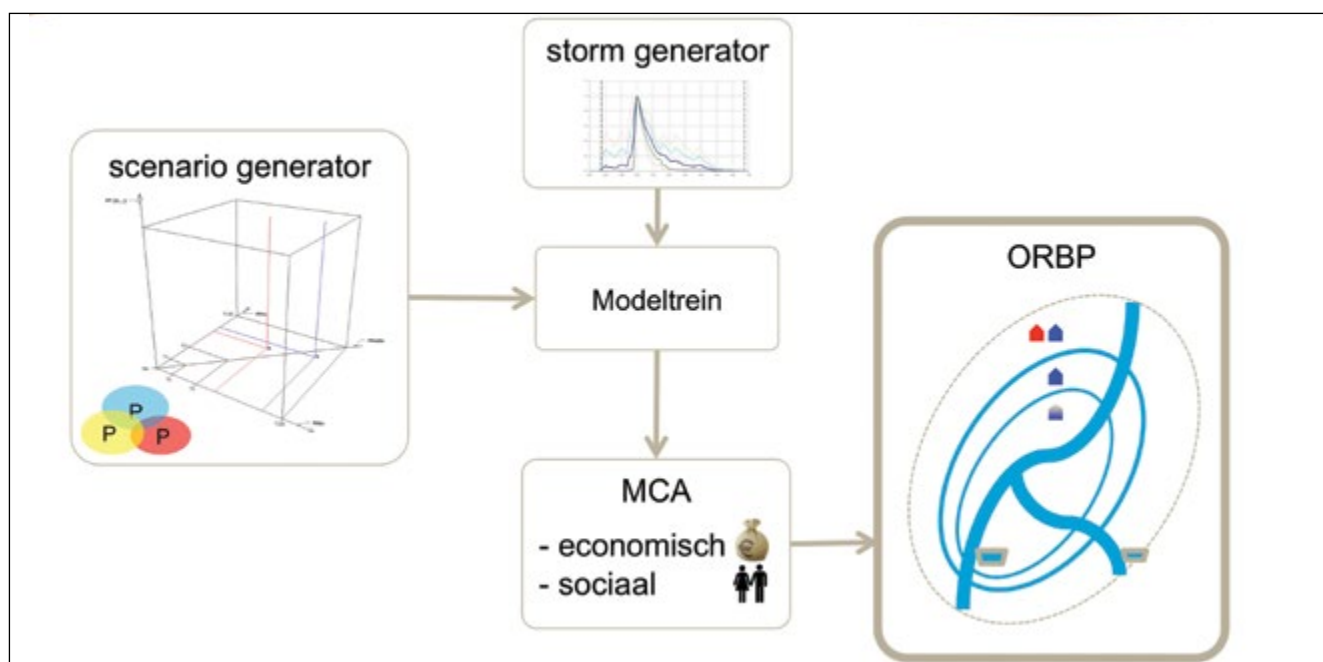
4.4.1. Inleiding

Beheersing van het overstromingsrisico wordt bekomen door een beheersing van P (overstromingskans) en/of S (potentiële schade), m.a.w. door bescherming respectievelijk beheersing van de kwetsbaarheid. Bij het eerste speelt de klimaatverandering een grote rol (CC), bij het andere het wijzigende landgebruik (LUC).

Om te komen tot een optimale beheersing van het overstromingsrisico wordt een strategie gevolgd waarin maatregelen ter bescherming (PT) tegen, ter preventie (PV) van en ter verhoging van de paraatheid (PP) voor overstromingsrisico betrokken worden. De maatregelen uit deze drie sporen worden optimaal gecombineerd op basis van een Monte-Carloprocedure, zoals in dit hoofdstuk wordt uiteengezet. Hierbij wordt een scenariogenerator en een stormgenerator opgesteld. De scenario's worden in alle mogelijke combinaties geëvalueerd op basis van hydrodynamische runs met een groot aantal stormen. Deze evaluatie steunt op een aantal criteria, die kunnen worden onderverdeeld in sociale en economische criteria.

Figuur 4-9 geeft het ORBP optimalisatie schema weer.

Figuur 4-9: ORBP optimalisatie schema



4.4.2. Stormgenerator

De stormgenerator laat toe om een groot aantal synthetische stormen te genereren uit de hydrologische neerslagdebietenreeks (108j) met welbepaalde kansen op voorkomen per jaar. Door een groot aantal verschillende stormen te genereren en door te rekenen met het hydrodynamisch model kan op die manier op elke (overstromings)locatie een overschrijdingsfrequentieverdeling bepaald worden van de overstromingsdiepte.

Het feit dat de stormen zelf geen vaste overschrijdingsfrequentie (of terugkeerperiode) krijgen, is een belangrijk onderscheid met andere methodes (b.v. compositiehydrogrammen). Deze keuze komt voort uit het feit dat de impact van een individuele storm in sterke mate varieert naargelang de plaats langs de waterloop men beschouwt. Een zomerstorm zal in opwaartse gedeelten eerder resulteren in een grotere terugkeerperiode dan afwaarts, terwijl dit voor een winterstorm eerder omgekeerd zal zijn. Compositiehydrogrammen pogen hieraan tegemoet te komen d.m.v. debiet-duur-frequentie relaties, maar dit heeft vaak een onrealistisch verloop tot gevolg, wat ze minder toepasbaar maakt voor scenarioanalyses.

Uit verkennende analyses is gebleken dat stormen met een terugkeerperiode groter dan 1000 jaar nauwelijks bijdragen tot het risico (vermits de kans dermate klein wordt dat de toegenomen overstromingsschade gecompenseerd wordt). Om zeker te zijn dat het hele domein van stormen dat wel bijdraagt tot het risico wordt gesampled, wordt het debietsdomein opgedeeld in gelijke klassen. Voor elke klasse wordt een synthetische storm bepaald. Tegelijk kan ook de kans op voorkomen per jaar (merk het verschil op met kans op overschrijding, hetgeen in relatie staat met de terugkeerperiode) van die storm bepaald worden op basis van de extreme waarden verdeling (aftrekken van de overschrijdingsfrequenties van de boven- en ondergrens van de beschouwde klasse). Een dergelijke opdeling in klassen van het kwantieldomein wordt 'stratified sampling' genoemd.

Op deze wijze wordt een set piekdebieten bekomen met elk een kans op voorkomen. Om ook rekening te houden met volumestormen wordt aan elk piekdebiet een aantal verschillende tijdsprofielen gegeven. De tijdsprofielen worden bepaald op basis van een normalisering (herschaling tussen 0 en 1) van de waargenomen historische stormen. Uit deze genormaliseerde stormen kan een gemiddelde profiel worden bepaald, alsook een standaardafwijking. Wanneer nu de profielvariatie normaal verdeeld wordt verondersteld, kan het eenheidsprofiel worden verhoogd en verlaagd met één of twee keer de standaardafwijking, zodat respectievelijk winter- (volume) en zomerprofielen (pieken) worden gekregen. In feite komt dit neer op een nieuwe stratificatie van het hydrogramprofiel, met bijbehorende kansen. De kans van het profiel vermenigvuldigd met de kans van de debietsklasse geeft uiteindelijk de kans van een individuele synthetische storm. Deze laatste wordt bekomen door het beschouwde eenheidsprofiel te vermenigvuldigen met de beschouwde debietsklasse.

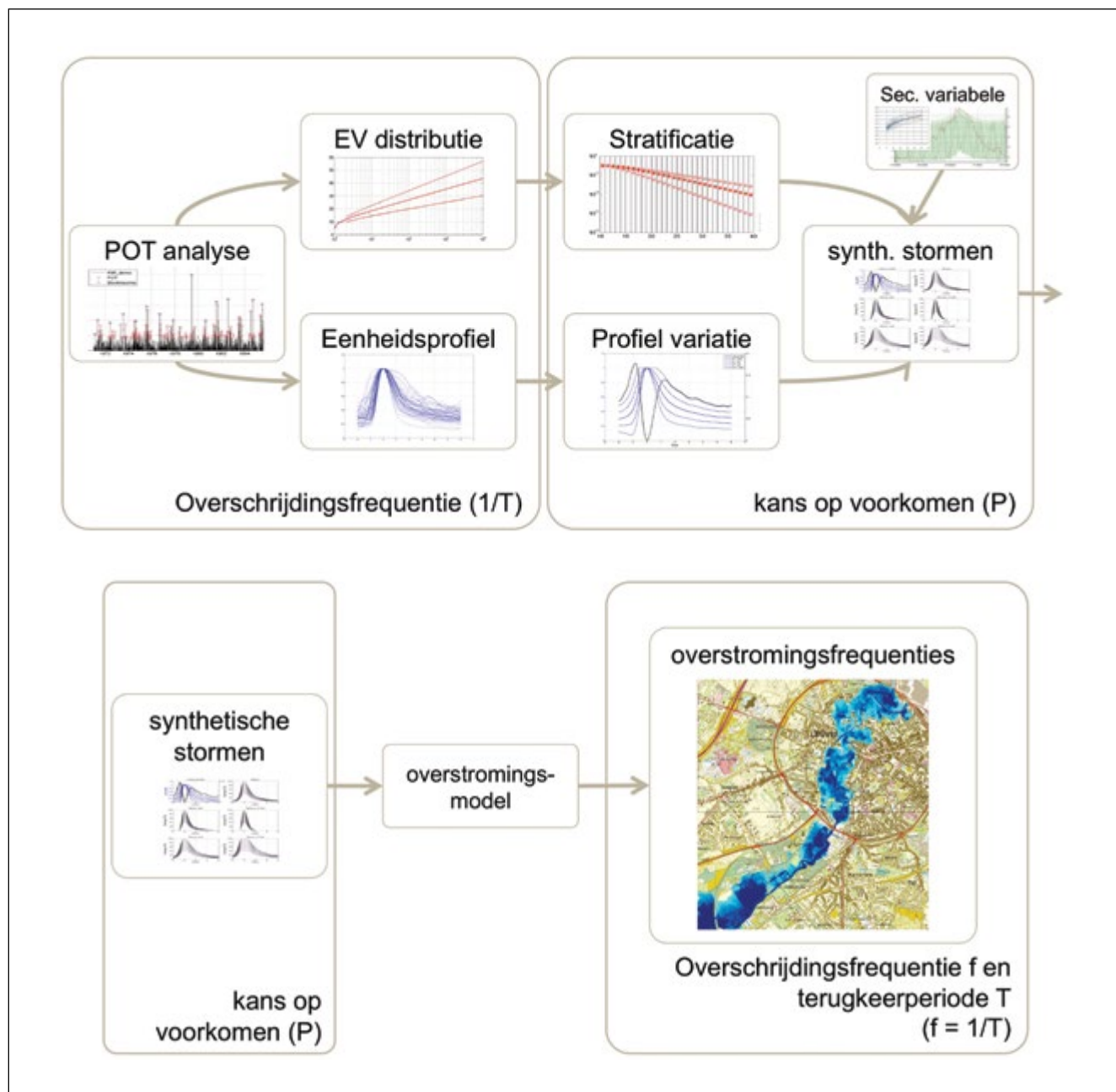
De hele set synthetische stormen, waarvan het aantal overeenkomt met het aantal debietsklassen vermenigvuldigd met het aantal profielklassen, wordt vervolgens doorgerekend met het hydrodynamisch model. Als men vervolgens op een welbepaalde locatie in een overstromingsgebied kijkt, zal een aantal stormen leiden tot een bepaalde overstromingshoogte. Wanneer deze overstromingshoogtes worden gesorteerd van hoog naar laag, kunnen de kansen op voorkomen per jaar cumulatief worden opgeteld, zodat ze overschrijdingsfrequenties worden. Invertering van deze overschrijdingsfrequenties leidt tot terugkeerperiodes en dus een overschrijdingslijn voor de overstromingshoogte. Dit procedé herhalend op elke locatie in alle overstromingsgebieden laat toe om de T-overstromingscontouren te bepalen: contouren met een bepaalde terugkeerperiode. Zoals hoger aangegeven zal b.v. de T500 storm niet uniek zijn langs de waterloop, wat meteen het nut van deze methode aangeeft.

Figuur 4-10 toont het hierboven uiteengezette principe.

Als hoofdvariabelen wordt gekozen voor debieten en eenheidsprofielen. De afwaartse waterstand wordt gezien als een secundaire variabele, waarvan de waarde gebaseerd wordt op basis van conditionele verdelingen of regressies.

De onzekerheden van de extreme waardeverdelingen voor het debiet werden berekend. Bijgevolg kunnen ook gewijzigde kansen berekend worden voor de debietsklasse, met name volgens de boven- en de ondergrens van het onzekerheidsinterval. Bijgevolg zullen de synthetische stormen niet wijzigen voor de onzekerheden, maar enkel de kansen. Dit heeft als gevolg dat geen nieuwe hydrodynamische simulaties moeten worden uitgevoerd om de statistische onzekerheid te bepalen op de overstromingshoogten. Enkel de kansen wijzigen, en zullen dus leiden tot een onzekerheid op de overstromingshoogten d.m.v. de cumulatieve optelling van de gewijzigde debietsklasse-kansen.

Figuur 4-10: Probabilistische stormengenerator

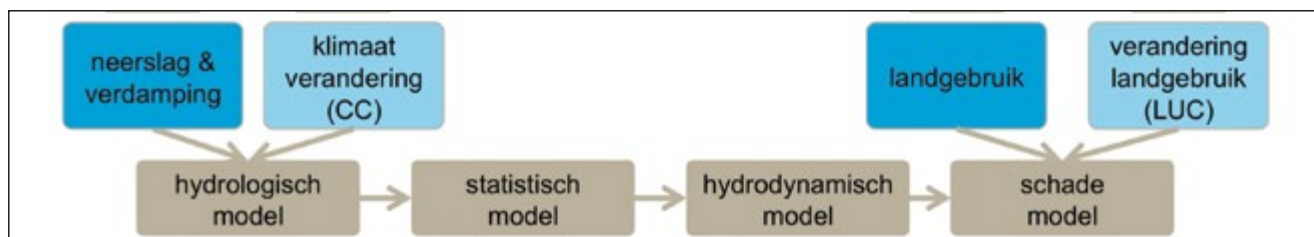


4.4.3. Modeltrein

De risicoberekeningen worden uitgevoerd door middel van een aaneenschakeling van statistische, numerieke en wiskundige modellen. Deze modelketen zet de neerslag randvoorwaarden met hun statistische eigenschappen om in een ruimtelijke en statistische verdeling van de schade, waaruit het risico kan bepaald worden.

De modelketen wordt geschematiseerd in figuur 4-11. In de volgende paragrafen volgt een principiële toelichting bij de verschillende onderdelen van de modelketen.

Figuur 4-11: Modeltrein voor het ORBP - zandkleurige velden voor modellen, blauwe velden voor externe gegevens



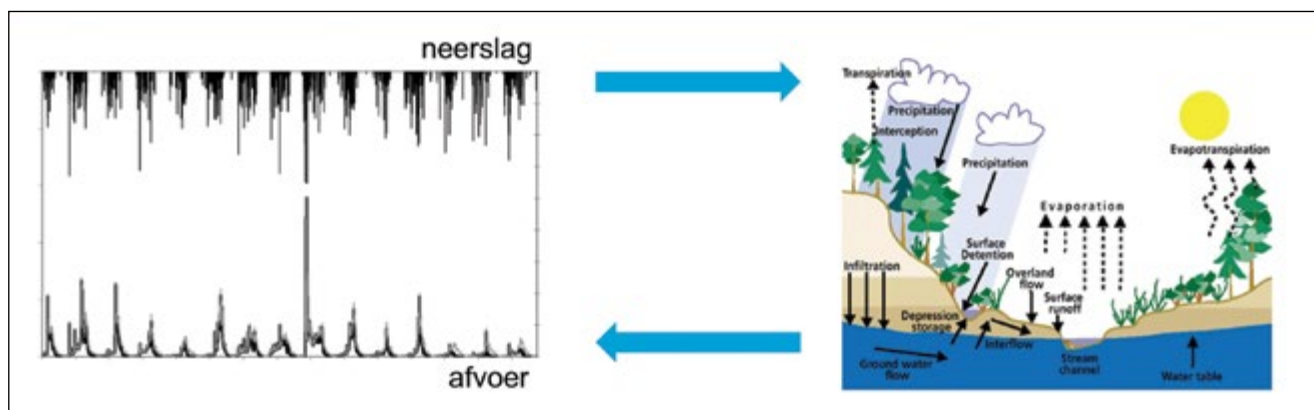
4.4.3.1. Hydrologisch model

Het hydrologisch model zet uurlijkse punt- of gebiedsneerslag om in hydrologische neerslagdebieten. Het houdt hierbij rekening met interceptie, verdamping, infiltratie en grondwaterstroming zoals weergegeven in figuur 4-12.

Met het oog op behoud van maximale statistische informatie uit de neerslagreeksen - nodig voor risicoberekeningen - wordt een lange termijn neerslagdebietenreeks gegenereerd met een lengte van 108 jaar (vnl. o.b.v. de Ukkel-neerslagreeks, die deze lengte heeft).

De hydrologische modellering wordt uitgevoerd met de Infoworks RS-PDM software (CEH, 2002).

Figuur 4-12: Principe hydrologische modellering



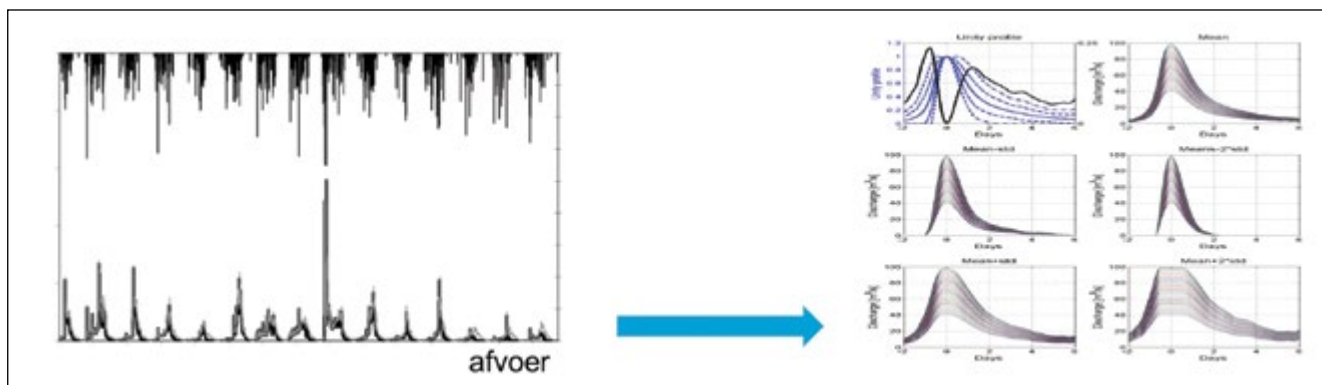
4.4.3.2. Statistisch model

Het statistisch model synthetiseert de statistische informatie uit de lange termijn neerslagdebietenreeks zoals weergegeven in figuur 4-13. Deze synthese is nodig met het oog op hydrodynamische modelberekeningen, waarmee dergelijke lange termijnen niet continu kunnen worden doorgerekend. Bovendien heeft de niet-lineaire hydrodynamische invloed als gevolg dat zelfs de lange-termijn reeks nog niet zou volstaan om overstromingsinformatie te bekomen bij extreme terugkeerperiodes (T1000).

Op basis van extreme waarden theorie wordt een groot aantal synthetische afvoeren bepaald, die gevoed zullen worden aan het hydrodynamisch model (zie Stormengenerator, §4.4.2).

De statistische modellering wordt uitgevoerd met IMDC-software.

Figuur 4-13: Principe statistische analyse neerslagdebieten

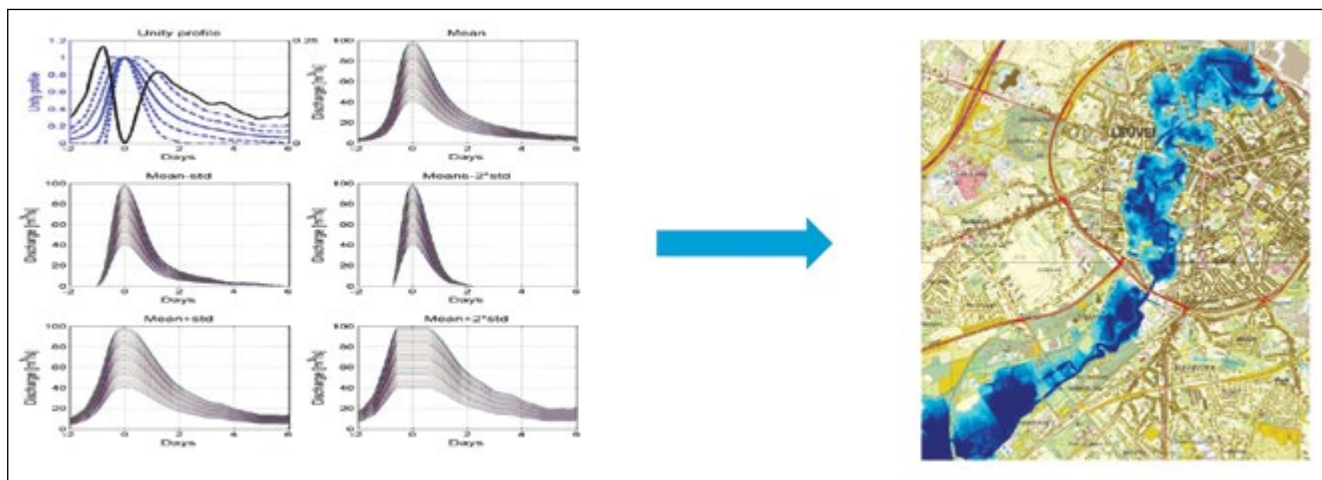


4.4.3.3. Hydrodynamisch model

Het hydrodynamische model zet de synthetische afvoerhydrogrammen, nog steeds neerslagdebieten, om in rivierdebieten en waterstanden, in de rivier en de overstromingsgebieden zoals weergegeven in figuur 4-14.

De hydrodynamische modellering wordt uitgevoerd met de Infoworks RS software (Innovyze, 2012).

Figuur 4-14: Principe hydrodynamische modellering



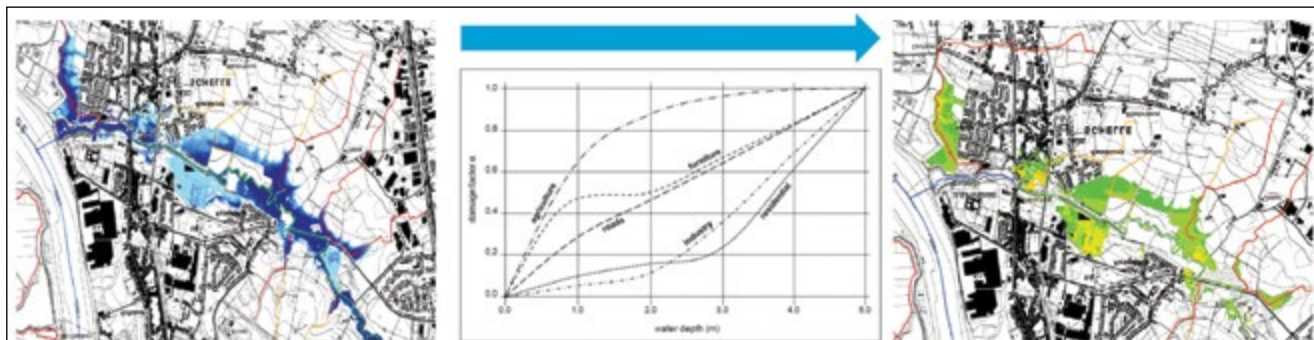
4.4.3.4. Schademodel

a) Algemeen

Op basis van de waterstanden h in functie van de Terugkeerperiode $h(T)$ in de overstromingsgebieden worden middels schadefuncties $S(h)$ schades berekend per pixel op het terrein: $S(T)$ (zie Figuur 4-15). Het risico wordt vervolgens berekend m.b.v. de risico-integraal (zie §4.1), die gediscetiseerd wordt voor de beschouwde terugkeerperiodes ($T1, T2, T5, T10, T25, T50, T100, T500, T1000$).

Als schademodel wordt gebruik gemaakt van de LATIS software (Deckers et al, 2011&2012).

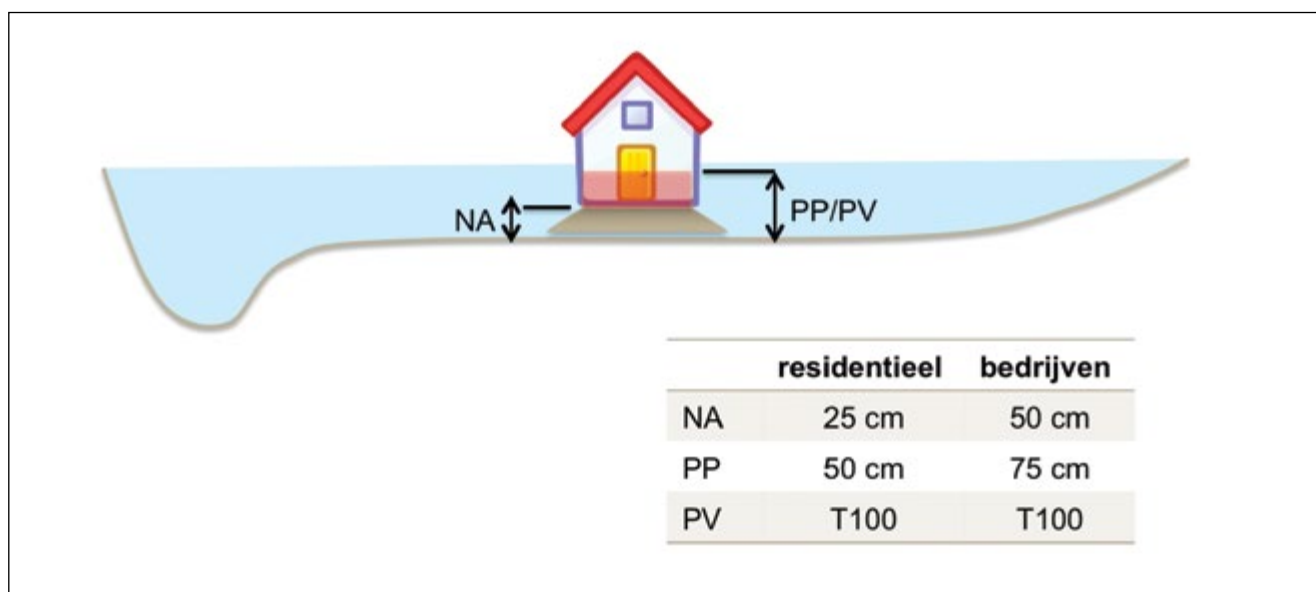
Figuur 4-15: Schademodel



b) Schadedrempel

Overstromingsschade treedt niet op bij de eerste cm overstroming die theoretisch wordt berekend, vermits vrijwel alle gebouwen een drempel hebben. In praktijk worden een aantal drempels standaard aangenomen. De onderstaande Figuur 4-16 geeft een overzicht van de verschillende drempels volgens hun functie. Verder wordt ook onderscheid gemaakt naargelang het beschouwde scenario: NA staat voor No Action, of de huidige situatie. PP staat voor maatregelen m.b.t. paraatheid. Deze hebben tot gevolg dat de schadedrempel tijdelijk wordt verhoogd (b.v. met behulp van zandzakken). PV, maatregelen uit de Preventiegroep, houden een structurele verhoging van de drempel in (b.v. waterdichte schotten). Deze laatste worden werkzaam verondersteld tot een zekere frequentie (T100).

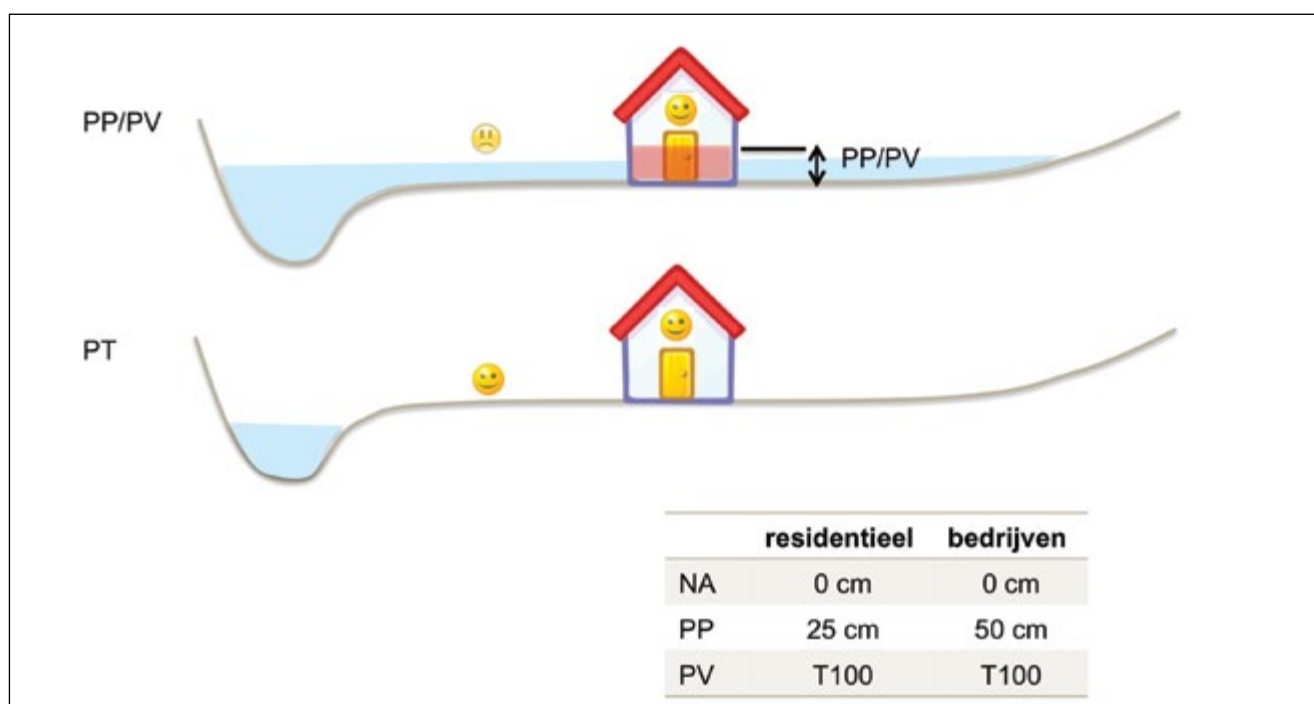
Figuur 4-16: Economische schadedrempels i.f.v. verschillende groepen maatregelen



c) Drempel P@R

Net zoals voor monetaire schade (zie boven) wordt ook voor sociale schade (P@R) een aantal drempels gedefinieerd. In het geval van paraatheidmaatregelen bedraagt de drempel hier 25 cm. Dit betekent dat aangenomen wordt dat personen die zich in een gebouw bevinden dat beschermd wordt door zandzakken (overstroming groter dan 25 cm, maar kleiner dan 50 cm) toch sociale (morele) schade ondervinden. Vermits preventiemaatregelen structureel zijn, geldt hier een gelijke drempel als voor monetaire schade. In de NA-situatie worden geen drempels in rekening gebracht. In alle gevallen wordt ervan uitgegaan dat personen die zich in overstroomd gebied niet in een gebouw bevinden blootgesteld worden aan risico.

Figuur 4-17: Sociale schadedrempels i.f.v. verschillende groepen maatregelen



4.4.4. Scenariogenerator voor Meerlaagse Waterveiligheid

Net zoals de stormgenerator d.m.v. een discretisatie van het debiet- en waterstandsdomen (cfr. opdeling in klassen) alle mogelijke extreme events beschouwt binnen een redelijk* frequentiegebied, wordt een scenariogenerator ontwikkeld die toelaat om alle mogelijke combinaties van maatregelen te evalueren aan de hand van economische en sociale kosten en baten. Het principe wordt getoond in figuur 4-18. Maatregelen worden gekozen in willekeurige combinaties uit de Protectie-, Paraatheid- en Preventie-groepen. Hierbij zal de Protectiegroep invloed hebben op de kans dP van de risico-integraal, terwijl de Paraatheid- en Preventie-groep een invloed uitoefenen op de schadefactor S in de risico-integraal. De totale ruimte van maatregelen wordt voorgesteld d.m.v. een kubus: de horizontale assen stellen de preventiemaatregelen voor aan de hand van hun T-contour, respectievelijk voor resiliënt bouwen/verbouwen en bouwstop. Boven de bissectrice krijgt men aldus de situatie waarbij de T-contour voor resiliënte aanpassingen groter is dan deze van de bouwstop. Tussen beide contouren zullen bestaande en toekomstige gebouwen resiliënt worden gemaakt. Onder de bissectrice van de horizontale assen is de T-contour van de bouwstop groter dan die van de resiliënte

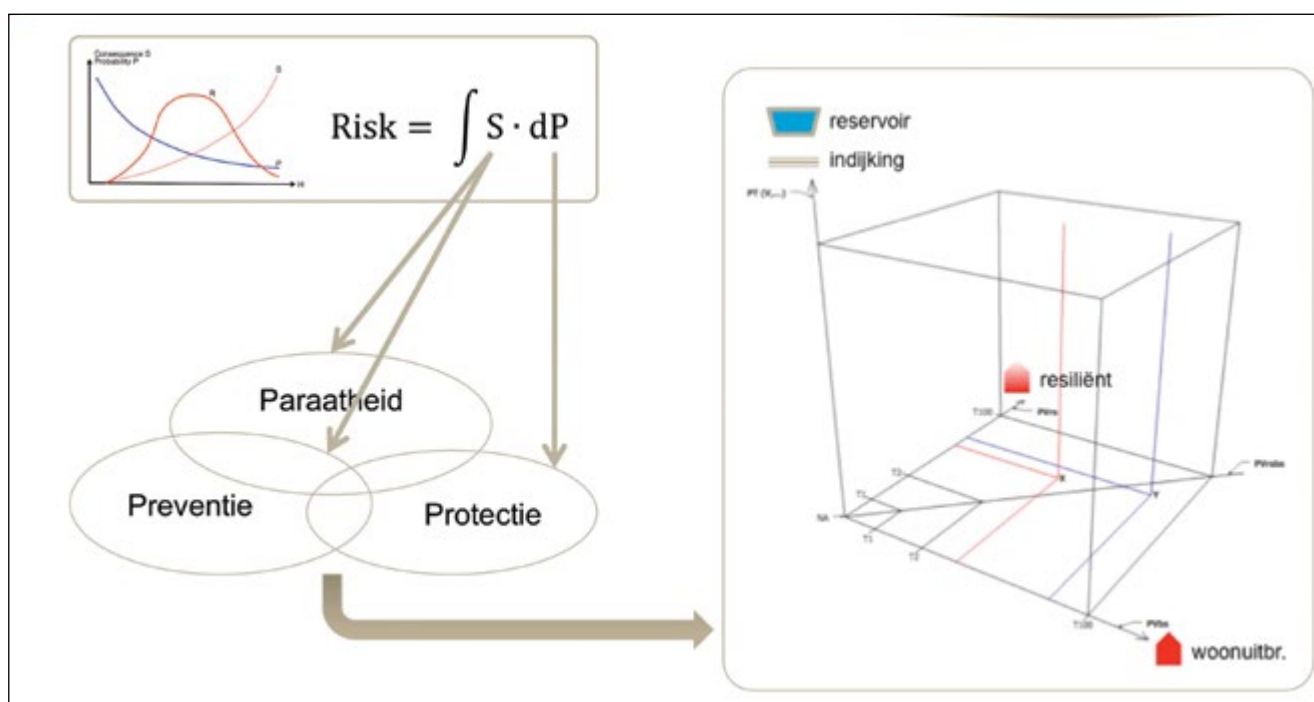
* Hiermee wordt bedoeld dat extreme events worden beschouwd over een zodanig bereik dat in elk geval T0,5 tot T1000 inbegrepen worden, en over de hele waterloop. Zie ook §4.4.2.

aanpassingen. In deze situatie zullen tussen beide contouren geen woonuitbreidingen toegelaten worden, maar hoeft de bestaande bebouwing niet noodzakelijk te worden aangepast (zie ook §4.4.4.3.).

De verticale as stelt de verschillende combinaties van maatregelen uit de Protectiegroep voor. Het gaat hier dus niet om een as met toenemende T-contouren, maar met alle mogelijke discrete situaties: aantallen- en volumecombinaties van wachtbekkens, bedijkings,...

De Paraatheidgroep vormt in principe een vierde dimensie, wat moeilijk aanschouwelijk kan worden voorgesteld, maar in feite komt het erop neer dat de kubus uit Figuur 4-18 tweemaal wordt geëvalueerd: één keer zonder en één keer met Paraatheidsmaatregelen.

Figuur 4-18: Principe scenariogenerator



4.4.4.1. Paraatheid

a) Maatregelen

Maatregelen uit de Paraatheidgroep verhogen het bewustzijn voor overstromingsgevaar en de paraatheid om de gevolgen van overstromingen tegen te gaan, en hebben bijgevolg een invloed op de schadefactor S van de risico-integraal. De optimalisering betreft hier het op punt stellen van het navolgen en uitvoeren van procedures in het geval van overstromingsgevaar. Het bewustzijn wordt verhoogd door sensibiliseringscampagnes. Een voorbeeld hiervan is de brochure “Overstromingsveilig bouwen en wonen” van het CIW (2011). De paraatheid wordt verhoogd op basis van de informatie aangeboden door een voorspellingsstelsel. Deze laat hulpdiensten toe om tijdig in actie te treden (b.v. door zandzakken te leveren in de door overstroming bedreigde zones). Verder worden op individueel of bedrijfsniveau tijdig maatregelen genomen (b.v. het verplaatsen van auto’s, vee en bedrijfsstock).

d) Kosten

De kosten voor de maatregelen uit de Paraatheidgroep zijn:

- ontwikkelen en onderhouden van een voorspellingssysteem
- aanmaken en verdelen van zandzakken

Op basis van informatie verstrekt door VMM AOW bedraagt de kostprijs voor het ontwikkelen van een voorspellingssysteem 3 750 000 EUR. Bovendien wordt een jaarlijkse onderhoudskost gerekend van 75 000 EUR. De jaarlijkse werkingskost wordt bepaald op basis van 5 fulltime werknemers met een bruto maandloon van 3 000 EUR. De totale kostprijs wordt vervolgens verdeeld over de deelbekkens in functie van de lengte van de gemodelleerde waterloop. Met een totale lengte van 2 000 km realtime waterloop komt dit neer op een totale kost van 6 975 EUR per km waterloop.

De kosten voor het aanmaken en verdelen van de zandzakken worden geschat op 1 EUR per zandzak. Per huis worden 68 zandzakken voorzien. Deze worden gestapeld in 4 lagen en zijn verdeeld over een garage (40 zandzakken), keldergaten (20 zandzakken) en een deur (8 zandzakken). Het aantal door overstroming bedreigde huizen en industriële domeinen wordt bepaald op basis van de oppervlakten van de landgebruiken 'residentieel gebouw' en 'industriële gebouw en gebied' in 2050 binnen de beschouwde overstromingscontouren. Door de oppervlakte 'residentiële gebouwen' te delen door de veronderstelde grondoppervlakte van 100 m² per huis wordt het aantal potentieel bedreigde huizen bepaald.

In het geval van industriële gebouwen wordt aangenomen dat de grondoppervlakte 1000 m² bedraagt. Voor de bijbehorende gebieden worden geen zandzakken voorzien. Er wordt verondersteld dat terreinen schadevrij gemaakt worden op basis van de voorspellingen, bijvoorbeeld door de aanwezige stock te verplaatsen. Per industrieel gebouw worden er 384 zandzakken voorzien. Deze worden eveneens gestapeld in 4 lagen en zijn verdeeld over 4 grote poorten (elk 96 zandzakken). Het aantal benodigde zandzakken wordt bepaald op analoge wijze als bij residentiële gebouwen. Op basis van de kostprijzen voor het aanmaken en verdelen van zandzakken per terugkeerperiode wordt een gemiddelde jaarlijkse kostprijs berekend met behulp van de risicoformule (zie §4.1).

e) Baten

Voor het bepalen van het risico in 2050 bij het toepassen van paraatheidmaatregelen wordt bij huizen aangenomen dat door het plaatsen van zandzakken de inboedel niet overstroomt bij een overstromingsdiepte kleiner dan 50 cm boven de maaiveldhoogte (zie ook Figuur 4-16). Zoals hoger aangegeven worden 4 lagen zandzakken voorzien, maar er wordt aangenomen dat deze niet volledig waterondoorlatend zijn.

Er wordt uitgegaan van de fysisch realistische aanname dat de overstromingscontouren niet wijzigen onder invloed van de paraatheidmaatregelen. Het bepalen van het risico komt bijgevolg neer op een aangepaste schade- en risicoberekening. De maatregelen worden in rekening gebracht door de drempel voor het optreden van schade aan de inboedel in de LATIS schadefunctie te verhogen van 25 cm naar 50 cm. Verder wordt opgemerkt dat de schadeberekening voor de woning niet gewijzigd wordt omdat aangenomen wordt dat de woningen niet structureel aangepast worden (cfr. maatregelen Preventiegroep).

Voor wat betreft het risico bij paraatheidmaatregelen in industrie wordt aangenomen dat geen schade optreedt bij een overstromingsdiepte kleiner dan 75 cm. Praktisch wordt dit in rekening gebracht door de drempel voor het optreden van schade in de LATIS schadefunctie voor industrie te verhogen van 50 cm naar 75 cm. Er wordt opgemerkt dat er enkel schadefuncties zijn op basis van de oppervlakte. Dit heeft als gevolg dat door paraatheidmaatregelen zowel de schade aan industriële gebouwen als industriële gebieden beïnvloed wordt.

Er wordt verondersteld dat paraatheidmaatregelen gebiedsdekkend gelden, behalve bij overstromingen met een terugkeerperiode groter dan 100 jaar.

LATIS houdt standaard rekening met de verplaatsing van 70 % van de voertuigen op basis van overstromingsvoorspellingen. Die aanname wordt aangehouden in deze studie.

Voor het bepalen van P@R-wijzigingen in 2050 wordt aangenomen dat mensen die zich in verstedelijkte landgebruiken bevinden niet blootgesteld zijn aan overstromingsrisico als deze onder invloed van de paraatheidmaatregelen niet meer overstromen. Praktisch wordt dit in rekening gebracht door bij de P@R-berekening voor 2050 de aanwezigheid van mensen afhankelijk te maken van de overstromingsdiepte. Is de overstromingsdiepte op een bepaald punt kleiner dan 25 cm dan wordt op deze locatie het aantal mensen verminderd tot 33% van het oorspronkelijk aantal. In de verstedelijkte landgebruiken waar de overstromingsdiepte de drempel overschrijdt, zijn mensen nog wel blootgesteld aan overstromingsrisico.

4.4.4.2. Protectie

a) Maatregelen

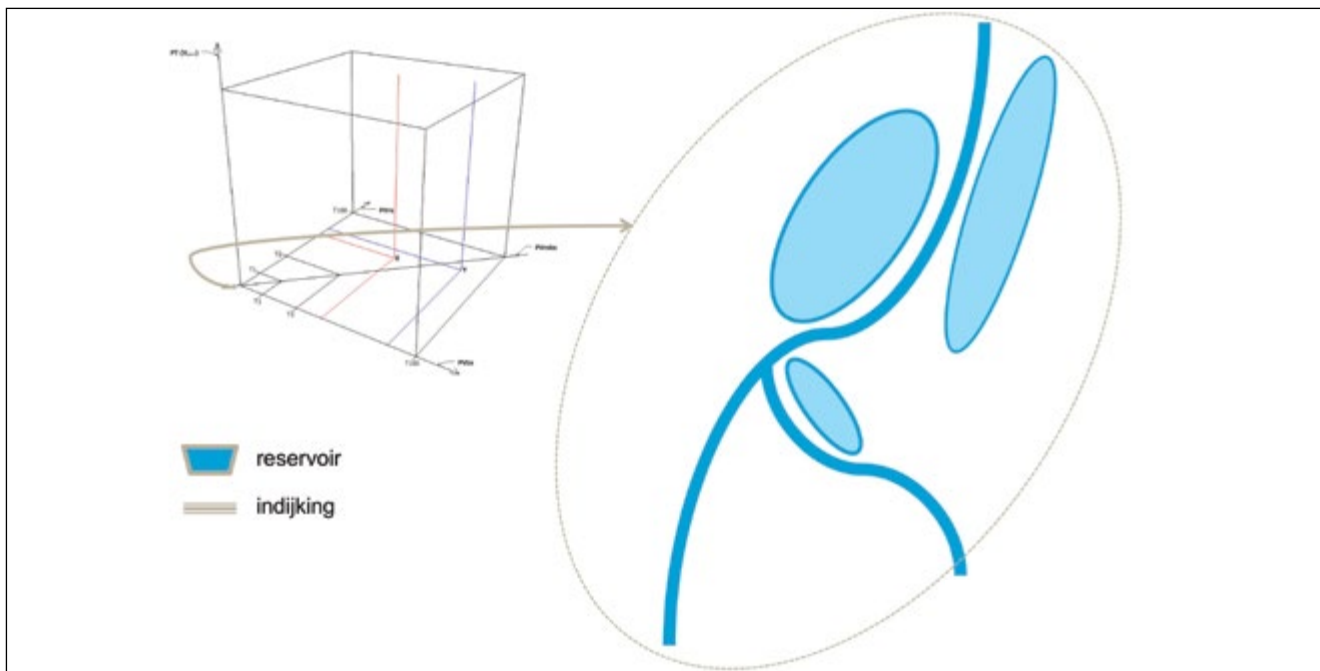
De maatregelen uit de Protectiegroep hebben invloed op de overstromingskans in de risico-integraal. Door het uitvoeren van waterbeheersingsmaatregelen worden de kansen dat zich bepaalde schades voordoen verminderd en daardoor ook het overstromingsrisico. De volgende maatregelen worden beschouwd ter bescherming van residentiële of industriële zones:

- indijking van een gebied
- wachtbekken (GOG), een ingreep die bestaat uit:
 - het bouwen van een schuifconstructie
 - het aanleggen van een dijk
 - het aanleggen van bijkomende waterkerende constructies om bebouwing te beschermen.
- het verhogen van de doorvoercapaciteit, door:
 - herprofilering van de waterloop
 - aanpassing van kunstwerken.

Huidige toestand

De oorsprong van de kubus-as van de Protectiegroep stelt de huidige toestand voor, waarbij geen Protectiemaatregelen worden beschouwd (dus enkel Preventie en/of Paraatheid). In figuur 4-19 wordt dit geïllustreerd aan de hand van een willekeurige waterloop met één zijwaterloop en drie gebieden met potentiële wateroverlast.

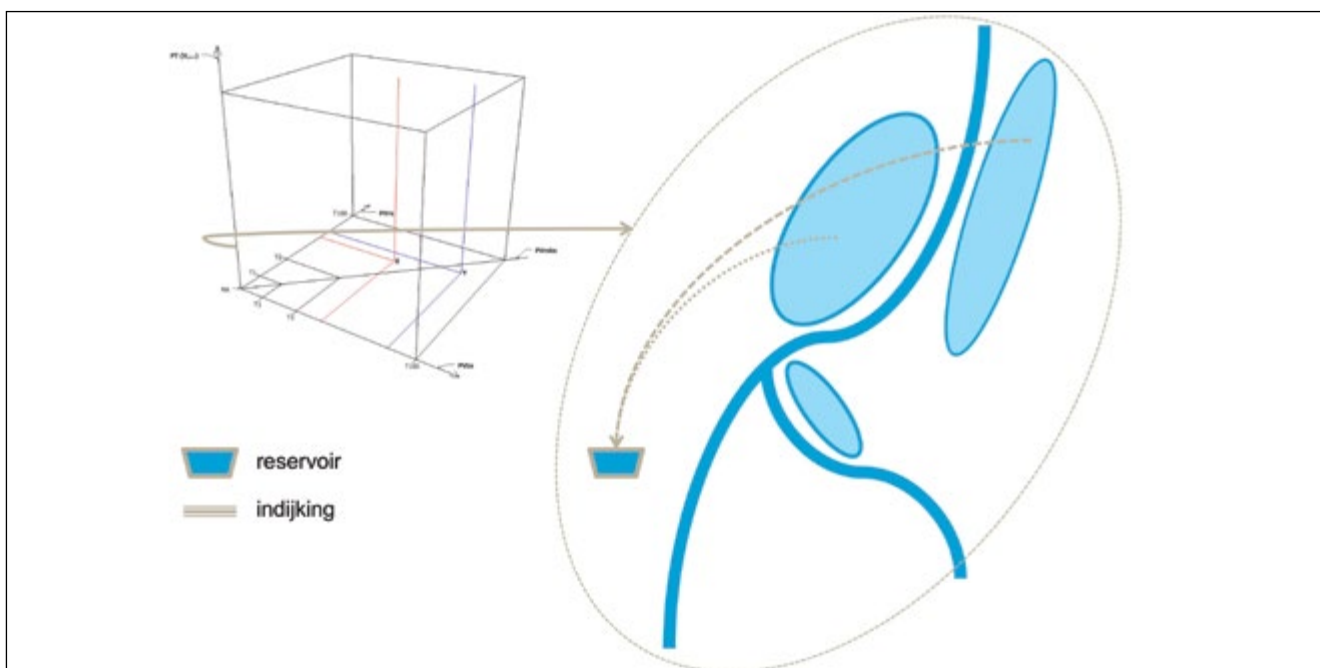
Figuur 4-19: Protectiegroep in de Scenariogenerator - geen protectiemaatregelen



GOG's

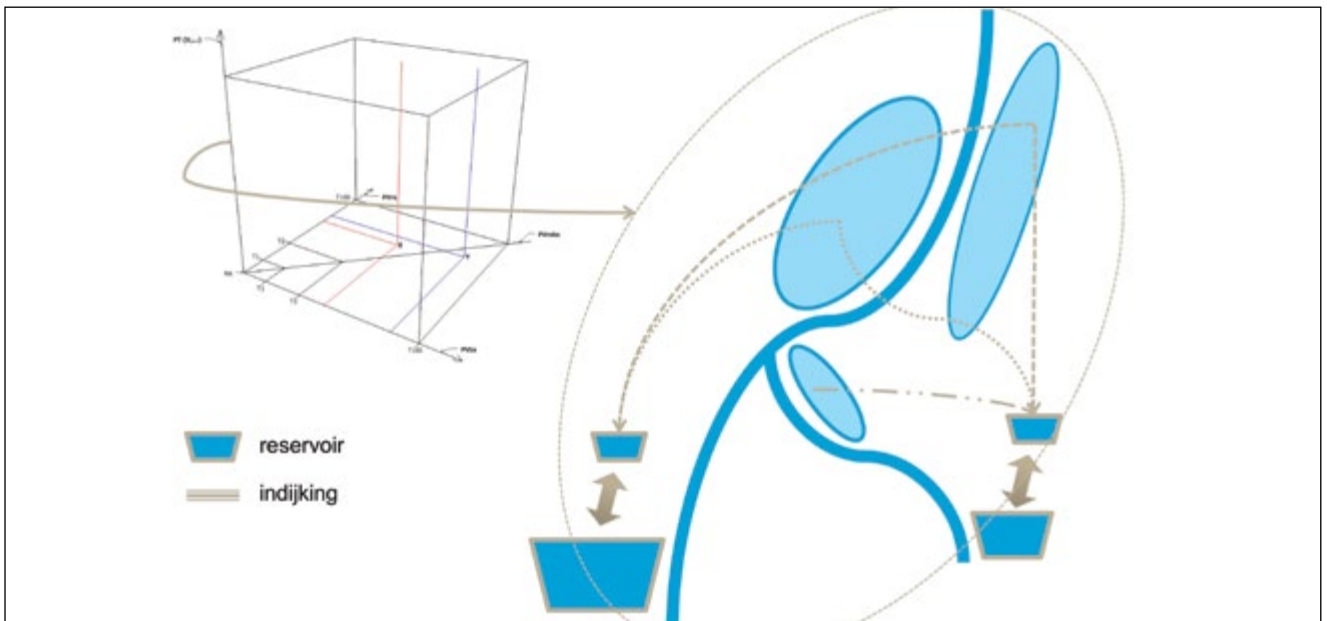
Figuur 4-20 illustreert een willekeurige punt op de verticale as, waarbij één wachtbekken met een bepaald volume wordt voorzien op een opwaartse locatie van de hoofdwaterloop. De pijlen in onderbroken lijn duiden op een principiële toekenning van volumes: het wachtbekken op de hoofdwaterloop zal inderdaad geen volume kunnen bergen dat wateroverlast veroorzaakt op de zijwaterloop.

Figuur 4-20: Protectiegroep in de Scenariogenerator - één wachtbekken



In figuur 4-21 wordt deze situatie veralgemeend naar een combinatie van verschillende wachtbekkens met variërende volumes op verschillende locaties langs de (hoofd- en zij-) waterloop. Elke combinatie stelt een punt voor op de verticale as van de Scenariogenerator.

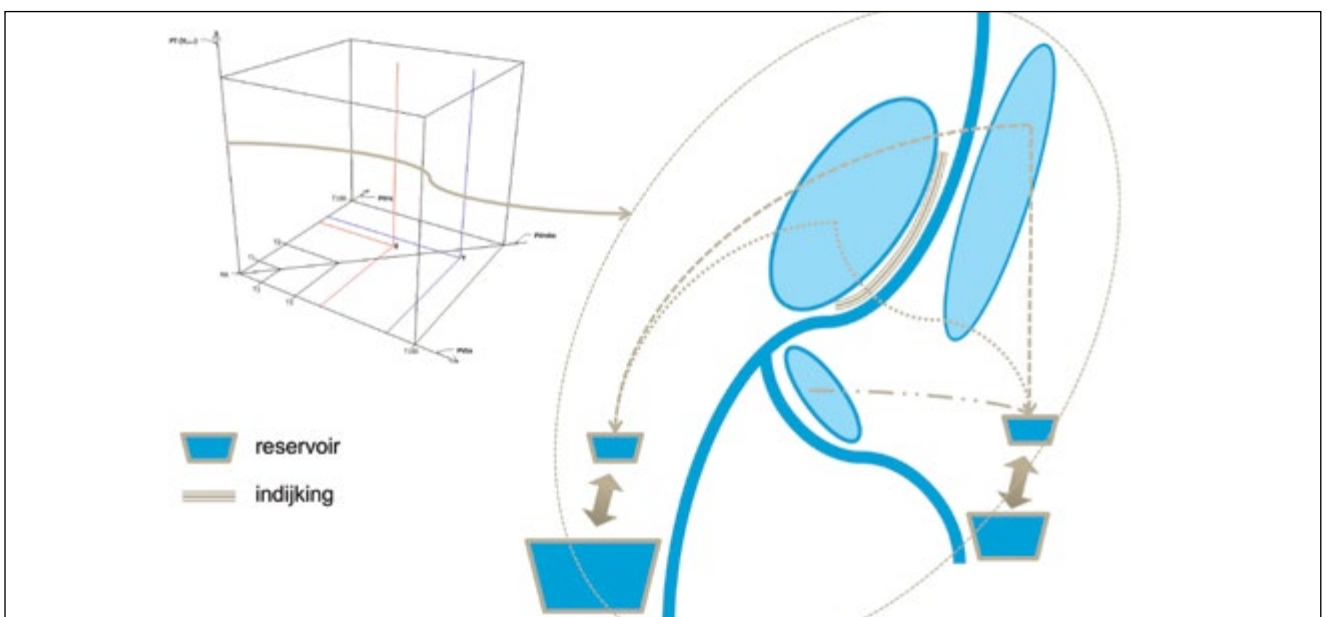
Figuur 4-21: Protectiegroep in de Scenariogenerator - combinatie van wachtbekkens met verschillende volumes



Indijking

De verschillende combinaties van wachtbekkens worden op hun beurt nog gecombineerd met een aantal mogelijke dijkconfiguraties, zoals geïllustreerd in figuur 4-22.

Figuur 4-22: Protectiegroep in de Scenariogenerator - combinatie van wachtbekkens met verschillende volumes en indijking



b) Kosten

Voor het bepalen van de kosten van waterbeheersingsmaatregelen is in het kader van deze studie een Kostentool opgesteld (zie Bijlage A).

Indijking

De kosten die in rekening gebracht worden bij het aanleggen van een dijk:

- de aannemingskost van de dijkaanleg (bouwkost);
- engineeringkosten;
- de jaarlijkse onderhouds-, inspectie- en exploitatiekosten;
- de aankoopkost voor de verwerving van het grondvlak van de dijk.

Met behulp van de Kostentool worden de kosten van een dijk langs een profiel met variabele maaiveldhoogten bepaald. De volgende parameters worden in rekening gebracht:

- de kruinhoogte;
- de kruinbreedte;
- de taludhelling aan land- en rivierzijde;
- een profiel van de maaiveldhoogten;
- de erosiebescherming aan land- en rivierzijde;
- de breedte van een eventuele dienstweg.

De dijkruin wordt overgenomen uit beschikbare plannen of wordt voorzien op een hoogte die overeenkomt met de maximale waterhoogte bij T100, verhoogd met een veiligheidsmarge van 0.5 m. Hierbij wordt aangenomen dat het restrisico als gevolg van overstromen bij hogere terugkeerperioden verwaarloosbaar is. Er wordt overwegend uitgegaan van een taludhelling van 6/4 en van erosiebescherming door inzaaien. Verder wordt geen dienstweg voorzien. Het maaiveldprofiel wordt ontleend aan het DHM Vlaanderen.

De volgende kostenposten worden voorzien voor de aanleg van het dijklichaam:

- afgraven van 15 cm teelaarde;
- aanleggen van de dijkkern;
- ophogen met 0.5 m klei;
- ophogen met 0.15 m vette grond;
- aanbrengen van erosiebescherming;
- aanleggen van drainage aan de landzijde.

Deze 'voorzien bekende' kosten worden vervolgens verhoogd met een percentage om 'voorzien nader te bepalen' kosten in rekening te brengen. Samen vormen ze de 'voorzien' kosten. De 'voorzien' kosten worden tenslotte verhoogd met een percentage om de 'onvoorzien' kosten in rekening te brengen. De som vormt de totale bouwkost.

Engineeringkosten worden als percentage van de totale bouwkost bepaald, afhankelijk van de complexiteit van de werken. De engineeringkosten vormen samen met de bouwkosten de totale investeringskosten.

De onderhouds-, inspectie- en exploitatiekosten worden bepaald als een percentage van het totale investeringsbedrag.

Ter bepaling van de kosten van het aankopen van het grondvlak van de dijk zijn in de Kostentool regio-afhankelijke prijzen voor verschillende grondbestemmingen beschikbaar.

GOG

De volgende kosten worden in rekening gebracht:

- bouwkost voor een automatisch regelbare schuifconstructie met telemetrie;
- aanleg van een dijk;
- aanleg van bijkomende waterkerende constructies om bebouwing te beschermen;
- engineeringkosten;
- onderhouds-, inspectie-, en exploitatiekosten;
- aankoopkost voor verwerving van gronden.

De kostprijs van een schuifconstructie is sterk locatie-afhankelijk. Om de GOG's onderling maximaal vergelijkbaar te houden voor wat betreft de kosten, worden deze gestandaardiseerd. Er wordt uitgegaan van twee globale bouwkosten die afhankelijk zijn van de waterloopcategorie:

- 1^{ste} categorie: 400 000 EUR
- 2^{de} categorie: 250 000 EUR

De globale bouwkosten zijn gebaseerd op recente prijsramingen die ter beschikking werden gesteld door VMM AOW.

De bepaling van de kosten voor de aanleg van een dijk en bijkomende dijkwerken wordt hoger beschreven. Door plaatsgebrek is de aanleg van een aarden dijk echter niet overal mogelijk. In dit geval wordt een waterkering in metselwerk, beton of damplanken voorzien. De kostenbepaling hiervan is mogelijk met behulp van de Kostentool.

Engineeringkosten worden als percentage van de totale bouwkost bepaald, afhankelijk van de complexiteit van de werken. De engineeringkosten vormen samen met de bouwkosten de totale investeringskosten.

De onderhouds-, inspectie- en exploitatiekosten worden bepaald als een percentage van het totale investeringsbedrag.

Er wordt aangenomen dat de gronden binnen het GOG die als gevolg van de werking jaarlijks overstromen, niet meer in aanmerking komen voor enig ander gebruik dan natuurgebied. Daarom worden deze aangekocht op basis van de regio-afhankelijke prijzen voor verschillende grondbestemmingen beschikbaar in de Kostentool.

Bij de keuze van de GOG-locatie wordt zoveel mogelijk de voorkeur gegeven aan zones met landelijk grondgebruik. Verder wordt aangenomen dat voor gronden met toekomstige verharde bestemming een alternatief gezocht wordt buiten het GOG.

Verhoging doorvoercapaciteit

In de Kostentool zijn verschillende mogelijke ingrepen opgenomen om de doorvoercapaciteit te verhogen. Aangezien deze locatie-afhankelijk zijn, wordt de kostenbepaling ad hoc toegelicht bij de betreffende rapporten van de modelberekeningen. Steeds worden bijkomend engineering en onderhouds-, inspectie- en exploitatiekosten in rekening gebracht.

c) Baten

Indijking

Voor de berekening van het risico in 2050 wordt afgewogen of de overstromingscontouren bij verschillende terugkeerperioden significant wijzigen als gevolg van de dijk. Indien aangenomen wordt dat de contouren niet significant wijzigen, wordt het restrisico op GIS-niveau berekend door het risico te verminderen met het risico dat weggenomen wordt door de dijk. In het andere geval worden de maatregelen geïmplementeerd in het hydraulisch model en wordt de modelketen doorlopen. Voor het bepalen van P@R in 2050 wordt dezelfde redenering toegepast.

GOG

In tegenstelling tot de andere maatregelen hebben de GOG's een invloed op de overstromingscontouren. Daarom moet de impact van de maatregelen geëvalueerd worden op basis van hydrodynamische simulaties. Omdat het in een probabilistische berekening, waarbij een Stormgenerator wordt gecombineerd met een Scenariogenerator, reken technisch onmogelijk is om elke denkbare combinatie met de modeltrein door te rekenen, wordt hier een efficiënte tussenstap voorzien, waarbij de invloed van wachtbekkens wordt begroot op basis van GIS-analyse en een pragmatische hydraulische routing. Hierbij wordt het in een willekeurige combinatie aangenomen volume van het wachtbekken proportioneel weggehaald uit de afwaarts overstroomde gebieden, weliswaar beperkt tot het volume dat ook effectief passeert langs de beschouwde tak van de waterloop. Het verminderde overstromingsvolume geeft aanleiding tot een verminderd overstromingsrisico, dat begroot wordt op basis van de hydrodynamische a priori* berekeningen (zie 5.1).

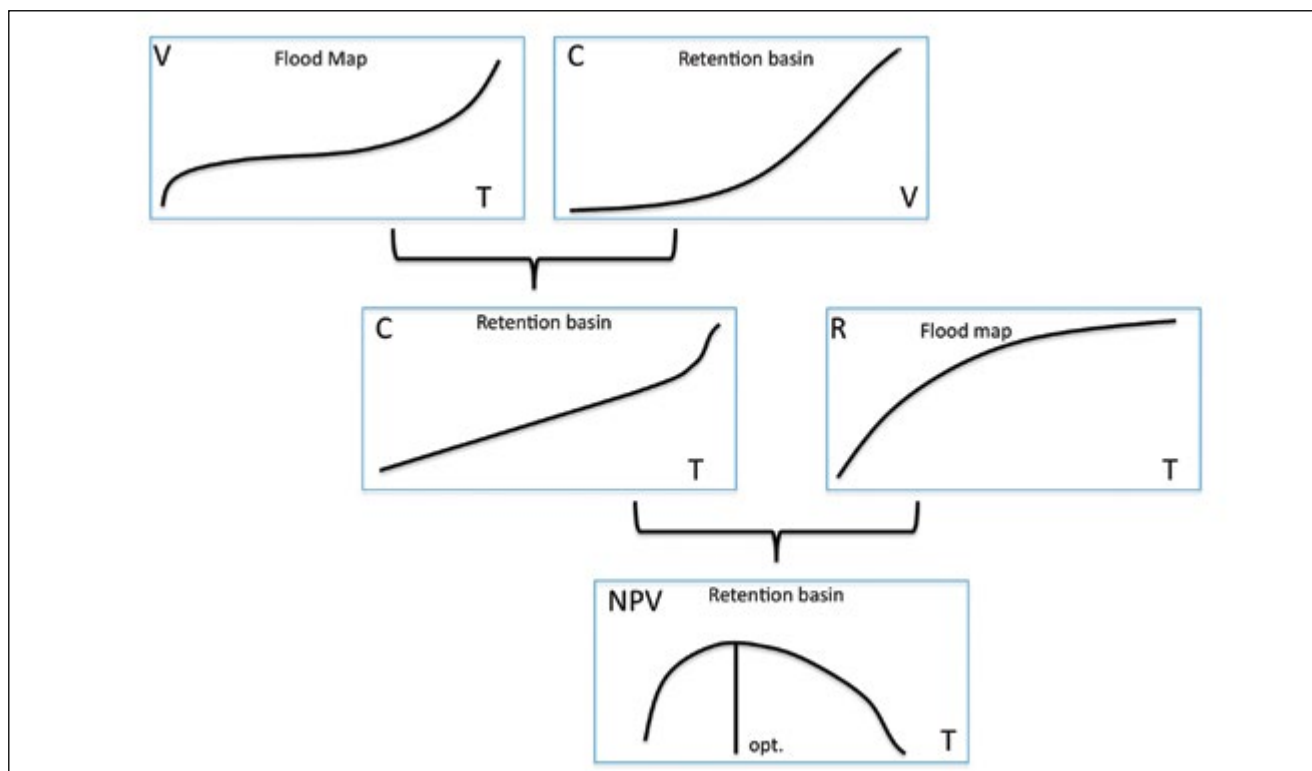
Het principe wordt geïllustreerd aan de hand van figuur 4-23. Hierbij wordt het optimaal te bergen volume bepaald voor het geval van één GOG langs een waterlooptak. Uit de a priori berekeningen kan het volume V in het afwaartse overstromingsgebied bepaald worden als functie van de terugkeerperiode T^{**} . Tegelijk wordt op basis van het terreinmodel en de Kostentool een curve bepaald die de kosten weergeeft van het te stockeren volume in functie van dat volume. Deze twee grafieken leveren een kost op voor het verminderen van het overstromingsvolume (en -frequentie) tot een bepaalde T -contour. Uit de a priori berekeningen wordt ook het partieel risico bepaald: het cumulatieve risico R in functie van terugkeerperiode T , waarbij de integraal wordt afgebroken op T . De combinatie van de twee laatstgenoemde grafieken levert een vermeden risico en kost op in functie van T , of na een aantal bewerkingen $NAW(T)$. Een maximale NAW levert het economisch optimum voor de specifieke situatie van één GOG.

De optimalisatie wordt voorafgegaan door de bepaling van het drempeldebiet waarboven het GOG in werking treedt. Dit drempeldebiet wordt bepaald op basis van het maximale debiet waarbij er zich ter hoogte van afwaartse knelpunten geen kritieke overstromingen voordoen.

* Hiervoor wordt ook de benaming No Action (NA) gebruikt: het is de referentiesituatie waarvoor een volledige simulatie met de modeltrein wordt uitgevoerd, zodat alle scenario's hiermee kunnen worden vergeleken in het kader van de optimalisatie.

** Hiervoor wordt uitgegaan van de situatie 2050.

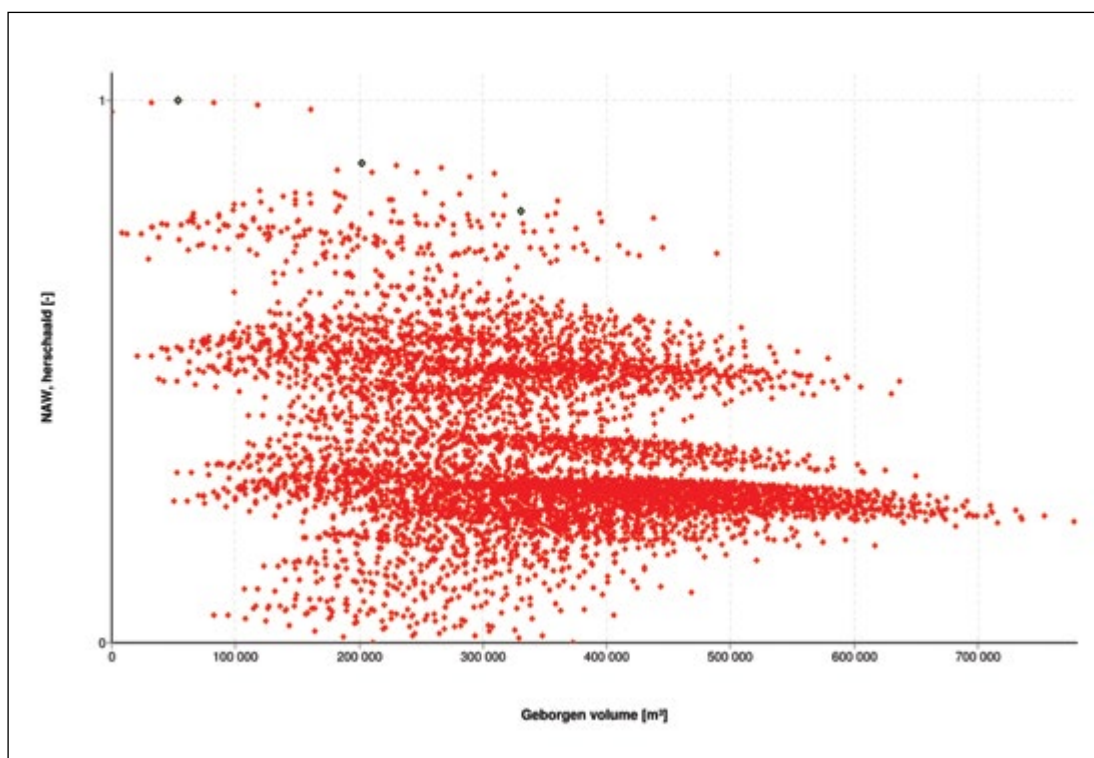
Figuur 4-23: Schematische voorstelling van de optimale dimensionering van één GOG



In de meeste modelgebieden zijn evenwel meerdere potentiële GOG-locaties aanwezig. Het is in dat geval mogelijk om een beschouwd volume te bergen in een groot aantal verschillende GOG-configuraties met uiteenlopende vulpeilen en bijbehorende kosten en baten. De optimalisatieprocedure volgt het bovenstaande principe op basis van een Monte-Carloiteratie, waarbij van elke mogelijke GOG-configuratie (met variërend aantal, variërend volume en vulpeil en variërende locaties) de kosten, de baten en de bijbehorende NAW wordt bepaald. Een voorbeeld van het resultaat van een dergelijke iteratie wordt getoond in figuur 4-24. De optimale GOG-configuratie wordt gevonden voor het geborgen volume met de hoogste NAW. Wanneer verschillende configuraties een niet significant verschillende NAW opleveren, kunnen meerdere optima weerhouden worden. Deze optima worden ingebouwd in het hydraulische model en doorlopen vervolgens de modelketen om het risico te bepalen.

Op gelijkaardige wijze wordt ook de sociale baat voor de verschillende configuraties geëvalueerd. De resultaten van de iteratie voor protectiemaatregelen worden, in combinatie met maatregelen uit de Paraatheid- en de Preventiegroepen, uiteindelijk visueel samengevoegd in een bevattelijke overzichtsgrafiek (zie Hoofdstuk 5).

Figuur 4-24: Resultaat van een Monte-Carloiteratie: NAW voor alle mogelijke GOG-configuraties



Verhoging doorvoercapaciteit

Aangezien het verhogen van de doorvoercapaciteit een invloed heeft op de overstromingscontouren worden deze maatregelen geïmplementeerd in het hydraulisch model en wordt de modelketen doorlopen. Op basis van de aangepaste contouren worden hierbij het risico en P@R voor de situatie 2050 bepaald.

4.4.4.3. Preventie

a) Maatregelen

De maatregelen uit de Preventiegroep hebben invloed op de schadefactor S in de risico-integraal. De volgende maatregelen worden beschouwd in deze studie:

- overstromingsresiliënt bouwen en verbouwen;
- bouwstop in combinatie met planologische grondenruil.

Resiliënte aanpassingen

Bij overstromingsresiliënt bouwen en verbouwen wordt overstromingsrisico vermeden door bestaande woningen en industriële domeinen structureel aan te passen en nieuwe woningen en industriële domeinen aangepast te bouwen. Voor mogelijke ingrepen wordt nogmaals verwezen naar de brochure "Overstromingsveilig bouwen en wonen" van het CIW (2011).

Een lijst van ingrepen voor resiliënte verbouwing:

- waterdicht maken van muren;
- plaatsen van schotten in openingen van deuren, ramen, keldergaten;
- verhogen van de inrit naar een garage;
- plaatsen van terugslagkleppen op afvoerleidingen.

Een lijst van ingrepen bij resiliënt bouwen:

- verhogen van de vloerplaat;
- plaatsen van terugslagkleppen op afvoerleidingen;
- plaatsen van waterdichte en verankerde deksels voor een waterput;
- bouwen van een overstroombare kruipkelder.

Bouwstop met planologische ruil

Door het toepassen van een bouwstop in combinatie met grondenruil wordt overstromingsrisico vermeden in overstromingsgevoelig gebied. In dat geval wordt gebouwd op een alternatieve overstromingsvrije locatie, op basis van een planologische ruil. Voor het uitvoeren* van een dergelijke ruil wordt een overeenkomst afgesloten tussen VLM en de initiatiefnemer. Dit kan een gemeentelijke, provinciale of Vlaamse overheid zijn. In de overeenkomst worden praktische zowel als budgettaire afspraken opgenomen. Er wordt een budget opgesteld voor de aankoop van de gronden. De kosten voor de procesbegeleiding worden door VLM geschat op 10% van de totale aankoopssom van de gronden. Verder dient rekening gehouden met notariskosten en kosten voor het opstellen van bodemattesten. Deze worden door VLM geschat op 5% van de totale aankoopssom van de gronden. Verder heeft de Vlaamse Overheid de mogelijkheid om financiële stimuli toe te kennen om het proces te bespoedigen. Deze komen volgens VLM op 10% van de totale aankoopssom van de gronden. De waardebepaling van de gronden gebeurt niet door VLM maar door het Aankoopcomité van de Federale Overheidsdienst Financiën. De hieraan verbonden kosten zijn verwaarloosbaar. De looptijd van een planologisch ruilproces wordt geschat op 5 tot 10 jaar. Bepalend hierbij is het aantal perceelseigenaars waarmee onderhandeld moet worden.

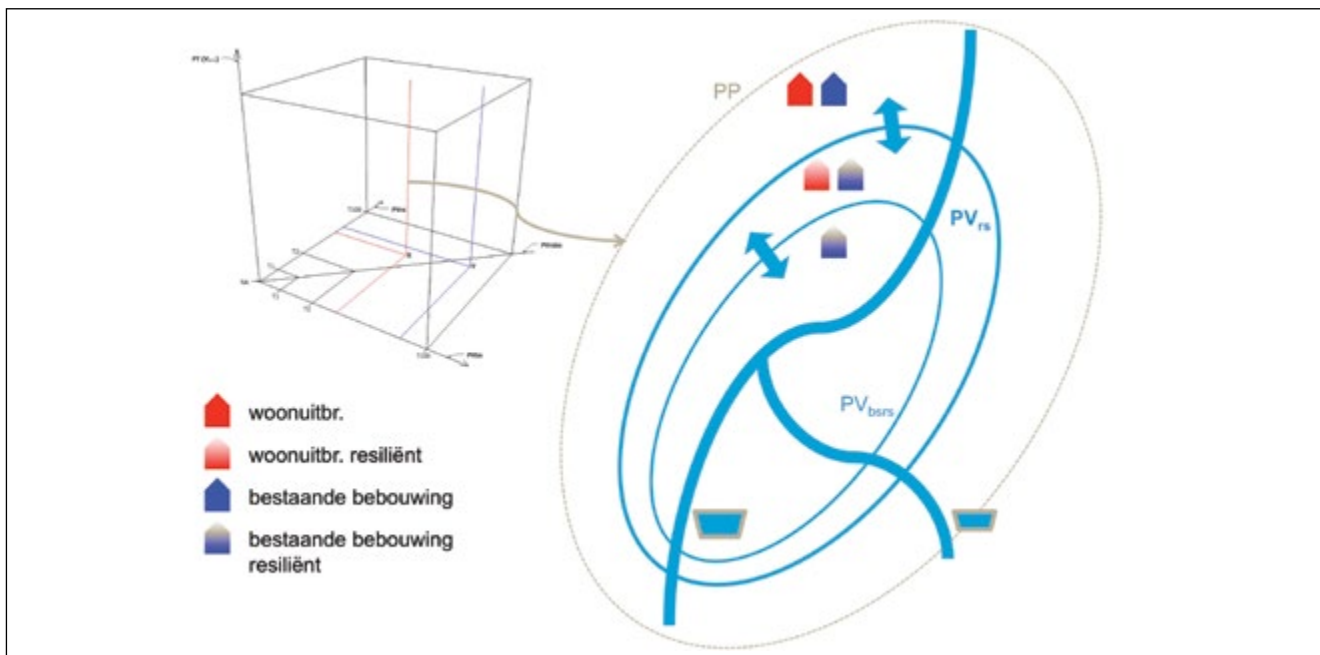
Zoals toegelicht bij de aanvang van §4.4.4 kunnen twee situaties zich voordoen, naargelang van de onderlinge verhouding van de T-contouren van de bouwstop en van de resiliënte aanpassingen.

Situatie 1: contour resiliënte aanpassingen > contour bouwstop

Dit geval situeert zich boven de bissectrice van de horizontale assen van de Scenariogenerator kubus. In dit geval wordt binnen de kleinste T-contour een bouwstop voorzien, en zullen de bestaande gebouwen resiliënt worden aangepast. Binnen de grotere T-contour zijn resiliënte aanpassingen noodzakelijk, voor bestaande en nieuwe bebouwing. Beide contouren worden volgens de Scenariogenerator gevarieerd, met dien verstande dat de T-contour voor resiliënte aanpassingen groter blijft dan deze voor bouwstop. Figuur 4-25 schematiseert situatie 1.

* In verband met het planologisch ruilproces en de bijbehorende kosten werd informatie ingewonnen bij Hendrik Vermeulen, diensthoofd Grondzaken van VLM.

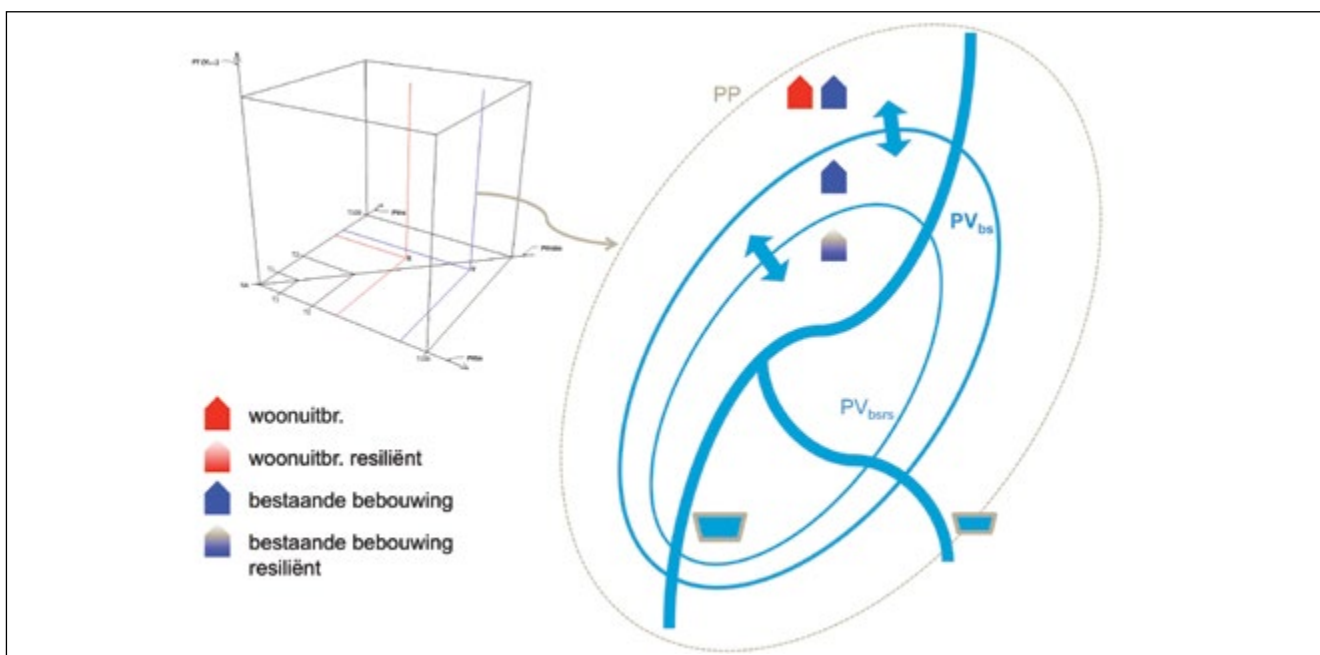
Figuur 4-25: Preventiemaatregelen in situatie 1



Situatie 2: contour bouwstop > contour resiliënte aanpassingen

Dit geval situeert zich onder de bissectrice van de horizontale assen van de Scenariogenerator kubus. In dit geval wordt binnen de grootste T-contour een bouwstop voorzien. Binnen de kleinste T-contour zijn resiliënte aanpassingen noodzakelijk, gezien de bouwstop geen impact heeft op de bestaande bebouwing. Beide contouren worden volgens de Scenariogenerator gevarieerd, met dien verstande dat de T-contour voor resiliënte aanpassingen kleiner blijft dan deze voor bouwstop. Figuur 4-26 schematiseert situatie 2.

Figuur 4-26: Preventiemaatregelen in situatie 2



b) Kosten

Resiliënte aanpassingen

De kosten voor het resiliënt verbouwen en bouwen van woningen zijn afgeleid van informatie ter beschikking gesteld door VMM AOW en een eigen inschatting. Hieruit volgt een kostprijs van 15% van de waarde van een gemiddelde woning, wat neerkomt op 300 EUR/m².

De kosten voor het resiliënt verbouwen en bouwen van industriegebouwen zijn bepaald op basis van de aanname dat de waarde van deze gebouwen 5000 EUR/m² bedraagt. De kostprijs voor het resiliënt verbouwen en bouwen is geschat op 30% van de waarde, of 1500 EUR/m².

Om de totale kostprijs van resiliënt verbouwen en bouwen van woningen binnen een bepaalde overstromingscontour te bepalen wordt de oppervlakte bepaald van het landgebruik residentieel gebied binnen de contour waarvoor schade wordt berekend op basis van de toegepaste drempel, of dus met een overstromingsdiepte groter dan 25 cm boven het maaiveld. Deze oppervlakte wordt vermenigvuldigd met de eenheidsprijs voor resiliënt verbouwen en bouwen van woningen. Dezelfde werkwijze wordt gevolgd voor industriële gebouwen en gebieden, zij het dat hier een overstromingsdiepte van minimum 50 cm toegepast wordt. Deze overstromingsdrempels werden ook samengevat in figuur 4-16.

Bouwstop met planologische ruil

De kosten die in rekening gebracht worden zijn:

- de waardevermindering door de ruil van droge (hoogwaardige) landbouwgrond buiten overstromingsgebied tegen natte landbouwgrond in overstromingsgebied;
- de kosten voor de begeleiding van het planologische ruilproces;
- de bijkomende kosten voor de notaris en het bodemattest.

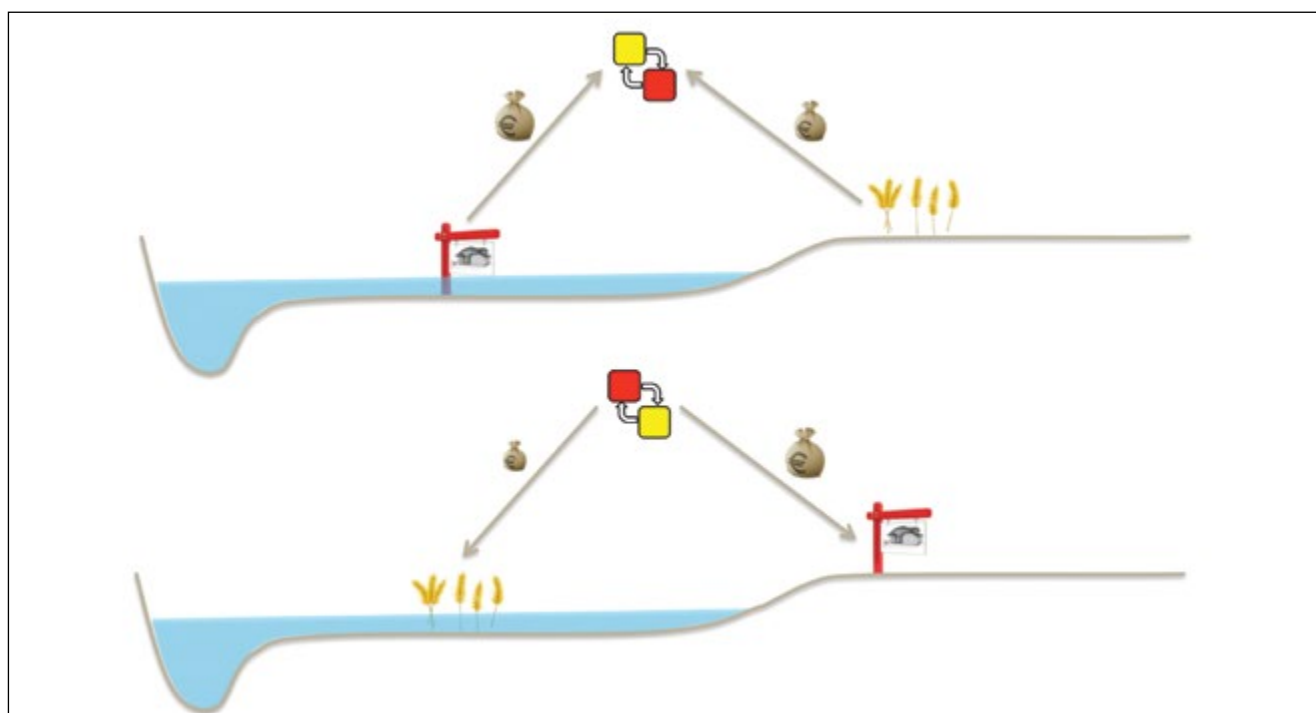
Het principe wordt samengevat in figuur 4-27. Bij het toepassen van een bouwstop met planologische ruil wordt bouwgrond in overstromingsgebied en (hoogwaardige) landbouwgrond buiten overstromingsgebied aangekocht door de overheid. Vervolgens ruilen deze van bestemming en wordt de droge landbouwgrond buiten overstromingsgebied verkocht als bouwgrond en omgekeerd. Om de kosten van de procesbegeleiding en andere bijkomende kosten in rekening te brengen wordt er een administratieve kost gerekend van 15% van de aankoopkost van de landbouwgrond buiten overstromingsgebied en bouwgrond in overstromingsgebied. Er wordt uitgegaan van de aanname dat de bouwgrond terug verkocht kan worden aan de aankoopprijs. Voor de landbouwgrond, die van een droog naar een nat perceel verhuist, wordt er wel een waardevermindering in rekening gebracht.

Het zoeken van ruilgronden buiten overstromingsgebied en het uitvoeren van een waardebepaling van de gronden valt buiten het kader van deze studie. Daarom is gebruikgemaakt van de prijzen van bouwgrond en landbouwgrond die beschikbaar zijn in de Kostentool. Deze prijzen zijn streekgebonden en omvatten vijf categorieën voor landbouwgrond. De onderverdeling in categorieën houdt rekening met verschillende factoren waaronder drainage. Er wordt uitgegaan van de conservatieve aanname dat de waardevermindering van de landbouwgrond overeenkomt met het prijsverschil tussen de hoogste en de laagste klasse.

Voor het bepalen van de totale kostprijs voor een bouwstop met planologische ruil binnen een overstromingscontour wordt het verschil in oppervlakte aan verstedelijkte landgebruiken bepaald tussen de toestand in 2050 en in 2010. Op deze oppervlakte wordt de bouwstop toegepast. De totale kostprijs wordt bepaald door de oppervlakte te vermenigvuldigen met de hoger beschreven eenheidskostprijs.

De berekening van de ruilkost prijs per m² wordt geïllustreerd in het onderstaande rekenvoorbeeld voor het modelgebied van de Winge. Voor het modelgebied van de Winge worden de grondprijzen van de gemeente Rotselaar genomen als referentie. In de gemeente Rotselaar bedraagt de gemiddelde kostprijs van de goede landbouwgrond 21 017 EUR/ha, van de slechte landbouwgrond 7 356 EUR/ha en van de bouwgrond 1 420 200 EUR/ha. De administratieve kosten bedragen 15% van de aankoopkost van goede landbouwgrond en bouwgrond. Wat neerkomt op 216 183 EUR/ha ($0.15 \cdot 21\,017 + 0.15 \cdot 1\,420\,200$). Hierbij wordt de waarde vermindering van het landbouwperceel in rekening gebracht, dat verhuist van een droog naar een nat perceel, 13 661 EUR/ha ($21\,017 - 7\,356$). Samen geeft dit de totale ruilkost voor het modelgebied van de Winge 229 844 EUR/ha ($216\,183 + 13\,661$).

Figuur 4-27: Principe planologische ruil



c) Baten

Resiliënte aanpassingen

Voor het bepalen van het risico in 2050 wordt aangenomen dat tot T100 geen schade optreedt aan resiliënte huizen en industrie. Bij terugkeerperioden groter dan 100 jaar wordt aangenomen dat de resiliënte ingrepen niet meer afdoende zijn. Er wordt uitgegaan van de fysisch realistische veronderstelling dat de overstromingscontouren niet wijzigen onder invloed van de maatregelen uit de Preventiegroep. Het bepalen van het restrisico komt daardoor neer op een aangepaste schade- en risicoberekening op basis van GIS-analyse. De resiliënte maatregelen worden in rekening gebracht door bij de landgebruiken 'residentiële gebouwen' en 'industriële gebouwen en gebieden' de LATIS-schadefuncties uit te schakelen.

Voor het bepalen van P@R in 2050 wordt aangenomen dat mensen binnen de resiliënt aangepaste huizen of industriële domeinen niet blootgesteld zijn aan overstromingsrisico tot een terugkeerperiode van 100 jaar. In de omgevende residentiële gebieden zijn mensen nog wel blootgesteld aan overstromingsrisico, maar kan toevlucht genomen worden tot de resiliënte gebouwen. Praktisch wordt dit in rekening gebracht door bij de P@R berekening voor 2050 aan te nemen dat het aantal mensen in de verstedelijkte

landgebruiken binnen de T-contour waar resiliënte ingrepen toegepast worden, verminderd wordt tot 33 % van het oorspronkelijke aantal.

Bouwstop met planologische ruil

Bij het bepalen van het risico in 2050 wordt aangenomen dat binnen overstromingscontouren met terugkeerperioden 1 tot en met 100 jaar het landgebruik in 2050 niet wijzigt ten opzichte van 2010. De socio-economische trends die door de VITO in rekening gebracht werden voor de berekening van het landgebruik in 2050 maken het niet alleen mogelijk dat bijkomend gebouwd wordt (bevolken) maar ook dat mensen wegtrekken (ontvolken). Hierdoor ontstaat de mogelijkheid dat de oppervlakte aan verstedelijkt gebied in 2010 groter is dan in 2050 waardoor er een negatieve baat wordt bekomen bij het toepassen van een bouwstop. Om deze reden wordt binnen de beschouwde overstromingscontouren gebruik gemaakt van de gemeenschappelijke verstedelijkte landgebruiken in 2010 en 2050 in plaats van het verstedelijkt landgebruik in 2010. Bij het bepalen van de P@R in 2050 wordt een gelijkaardige benadering gevolgd.

5. Berekeningen

5.1. NA (= No Action) risicoberekeningen

De a priori berekeningen omvatten de risicoberekeningen voor de toestand in 2010 (R2010) en de toestand in 2050 (R2050) na de autonome ontwikkeling beschreven in §3.2. Voor beide toestanden wordt de modelketen doorlopen.

Verder omvatten de NA-berekeningen het bepalen van P@R in 2010 en in 2050.

Met de resultaten van deze berekeningen worden de economische en P@R-criteria beschreven in §4.2 bepaald. Deze worden opgenomen in tabellen zoals tabel 5-1. De criteria NAW, B/K en B(P@R) worden niet weergegeven aangezien NA als referentie gebruikt wordt.

Beleid	NA	
Risico	R₂₀₁₀ [10³EUR/jaar]	
	R2100 [10³EUR/jaar]	
	R2050 [10³EUR/jaar]	
	U_j [10³EUR/jaar]	
	NAW [10³EUR]	nvt
	B_{/K} [-]	nvt
	BAMK [10³EUR]	
	BAMKtot [10³EUR]	
	Rres [10³EUR]	
P@R	R2010 [mensen/jaar]	
	R2100 [mensen/jaar]	
	R2050 [mensen/jaar]	
	B [mensen]	nvt
	BAMK [mensen]	

5.2. Resultaten

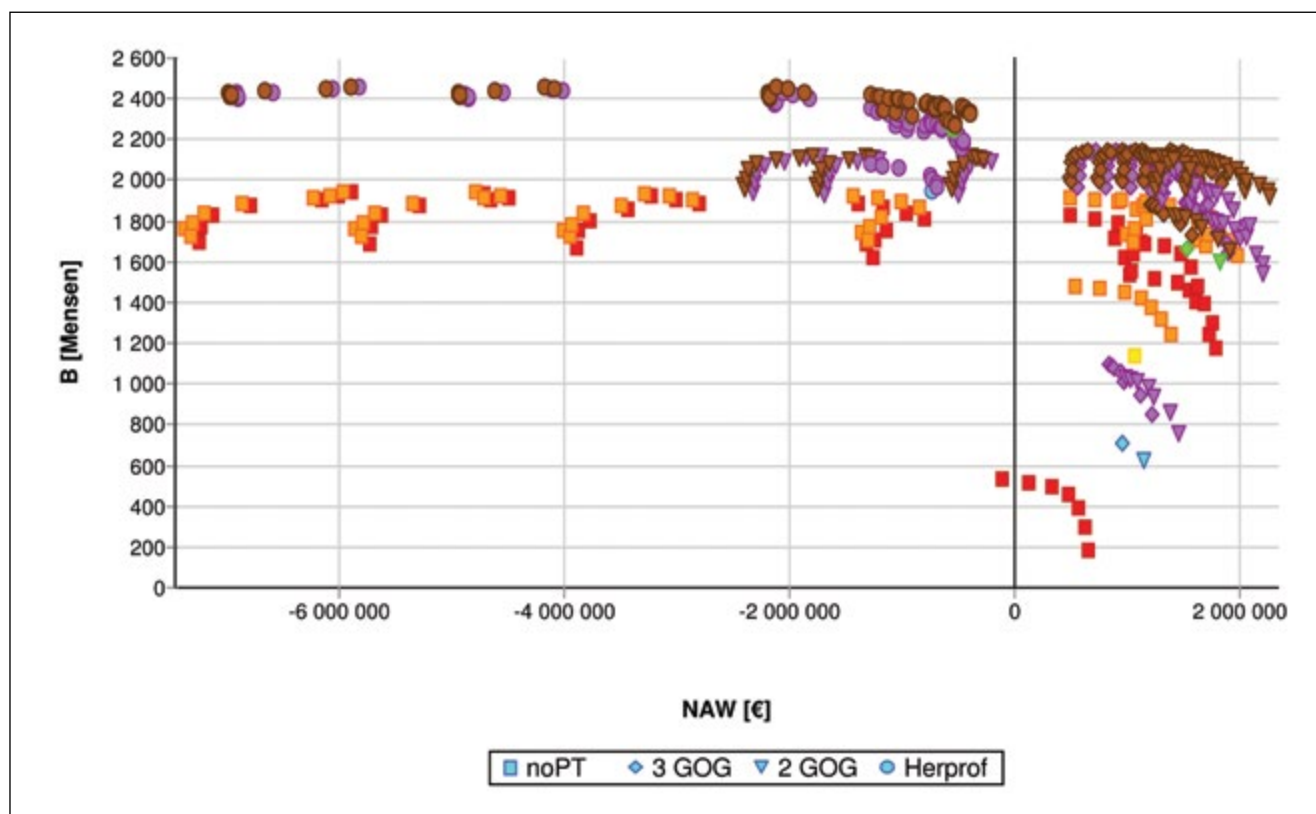
De doorgerekende scenario's, met name alle mogelijke combinaties van maatregelen uit de verschillende veiligheidslagen (PP, PT en PV), worden in een overzichtelijk diagram geplaatst aan de hand van hun economische baat (NAW) en hun sociale baat (P@R). Een voorbeeld wordt gegeven in de onderstaande figuur. De symbolen verschillen van kleur naargelang het aantal P-groepen dat in de combinatie in rekening wordt gebracht. Bovendien zal ook de vorm verschillen volgens de soort(en) maatregelen uit de PT-laag die in de combinatie vervat zitten.

De x-as geeft het economisch criterium NAW weer: hoe hoger, hoe rendabel. Echter, zodra NAW groter is dan 0, is het scenario rendabel. Vandaar de verticale rode streepjeslijn, die aangeeft welke scenario's economisch rendabel zijn.

De y-as geeft het sociale criterium $B(P@R)$ weer: opnieuw hoe hoger, hoe rendabel.

Een dergelijk diagram heet in het vakjargon een multiobjectieve optimalisatie in twee dimensies. De omtrek rechts bovenaan de figuur, die dus de optimale scenario's aangeeft voor de gegeven twee criteria, wordt het Pareto-front genoemd.

Figuur 5-1: Beoordelingsdiagram Meerlaagse Waterveiligheidsscenario's



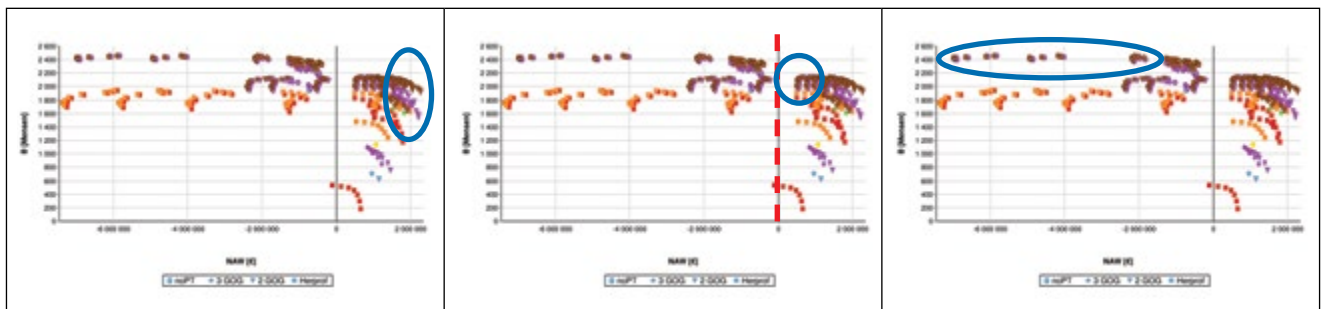
5.3. Beoordeling

ORBP-methodologie laat toe een keuze te maken tussen verschillende beleidssporen, met telkens een aantal verschillende optimale en suboptimale scenario's:

1. Basisbeleid:
 1. Sociaal-economisch optimum: maximale combinatie NAW en B(P@R)
 2. Gewicht in MCA: 50% NAW en 50% B(P@R)
 3. rechts bovenaan in puntenwolk
2. "Intermediair" beleid:
 1. Rendabel sociaal optimum: maximale B(P@R) met $NAW > 0$
 2. Gewicht in MCA: 100% B(P@R) voor de punten $NAW > 0$
 3. Bovenaan in puntenwolk in de zone $NAW > 0$
3. Maximaal beleid:
 1. Sociaal optimum: B(P@R) maximaal, NAW eventueel < 0
 2. Gewicht in MCA: 100% B(P@R)
 3. Bovenaan in puntenwolk

De optimale oplossingen volgens de drie beleidssporen liggen op het zogenaamde Pareto-front van de multi-objectieve optimalisatie. In het tweedimensionele geval (economisch & sociaal criterium) komt dit Pareto-front neer op de omtrek van de puntenwolk van alternatieven, waarbij beide criteria worden gemaximaliseerd (dus bovenaan en rechts in de grafieken).

Figuur 5-2: Optimale MLWV combinatie volgens verschillende beleidssporen (links: basisbeleid, midden: intermediair beleid, rechts: maximaal beleid)



Voor de afweging worden de meest optimale alternatieven van de verschillende maatregelen samengebracht. Bij de geoptimaliseerde maatregelen worden telkens de alternatieven met de drie hoogste NAW-waarden weergegeven.

De resultaten worden opgelijst in tabellen zoals tabel 5-2. Deze geeft voor elke maatregel de waarden voor het economische en het menselijke risico, en de daaruit afgeleide economische en menselijke criteria van de weerhouden alternatieven.

Wanneer men de tabel verticaal leest, kan men uit de risicogetallen afleiden hoe het risico evolueert t.g.v. de autonome ontwikkeling. Een horizontale lezing - bij voorkeur op basis van de criteria - laat toe om de maatregelen onderling te vergelijken.

Tabel 5-2: De afwegingstabel met per beleidsstrategie de drie meest optimale alternatieven

Beleid	NA	Basis	Intermediar	Maximaal
Risico				
R_{2010} [10 ³ EUR/jaar]				
R2100 [10 ³ EUR/jaar]				
R2050 [10 ³ EUR/jaar]				
Uj [10 ³ EUR/jaar]				
NAW [10 ³ EUR]	nvt			
B/K [-]	nvt			
BAMK [10 ³ EUR]				
BAMKtot [10 ³ EUR]				
Rres [10 ³ EUR]				
P@R				
R_{2010} [mensen/jaar]				
R2100 [mensen/jaar]				
R2050 [mensen/jaar]				
B [mensen]	nvt			
BAMK [mensen]				
Maatregelen				
PT	-			
PP [+/-]	-			
PVrs: T [jaar]	-			
PVbs: T [jaar]	-			

6. Samenvattende resultaten en trends

Onderstaand worden de resultaten weergegeven voor de 47 modelgebieden van de ORBP opdracht. Op basis van totalen en gemiddelden worden trends geanalyseerd. Vervolgens worden een aantal cijfers naar voren gebracht.

In de figuren wordt gebruik gemaakt van afkortingen van de namen van de modelgebieden. Een lijst met afkortingen is opgenomen in §7. Verder wordt in de figuren de kleurcode van de P-groepen (zie §5.2) aangehouden en wordt eveneens een vaste kleurcode gehanteerd voor de beleidsstrategieën.

6.1. Trends en evoluties

6.1.1. Tijdsevolutie risico 2010-2050

De onderstaande figuren geven een beeld van de relatieve toename van het risico als gevolg van autonome ontwikkeling en geven aan in welke mate de beleidsstrategieën in staat zijn deze toename tegen te gaan bij MLWV en bij een geoptimaliseerd PT-beleid.

6.1.1.1. Economisch risico

Figuur 6-1, figuur 6-2, figuur 6-3 en figuur 6-4 geven de evolutie van het economisch risico weer van 2010 naar 2050 voor 47 modelgebieden als gevolg van autonome ontwikkeling bij respectievelijk het NA-beleid en bij de meest optimale alternatieven van de drie beleidsstrategieën van MLWV en een geoptimaliseerd PT-beleid.

Bij het NA-beleid varieert de impact van autonome ontwikkeling op het risico in 2050 van een toename tot 88 % tot een toename tot nagenoeg 300 % van het risico in 2010. Gemiddeld wordt in 2050 een toename met 42 % bekomen ten opzichte van het risico in 2010.

Bij de basis beleidsstrategie van MLWV varieert de impact van autonome ontwikkeling op het risico in 2050 van een toename met 41 % tot afname met 100 %. De hierbij bekomen nulrisico's zijn een gevolg van de aannames voor het bepalen van het risico in 2050 (zie §4.3). In 40 van de 47 gebieden wordt de impact van autonome ontwikkeling te niet gedaan. Gemiddeld wordt in 2050 een afname tot 48 % van het risico in 2010 bekomen.

In het geval van een geoptimaliseerd PT-beleid varieert de impact van autonome ontwikkeling op het risico in 2050 van een toename met 116 % tot afname tot 21 %. In 15 van de 47 gebieden wordt de impact van autonome ontwikkeling te niet gedaan. Gemiddeld wordt in 2050 een toename tot 109 % van het risico in 2010 bekomen.

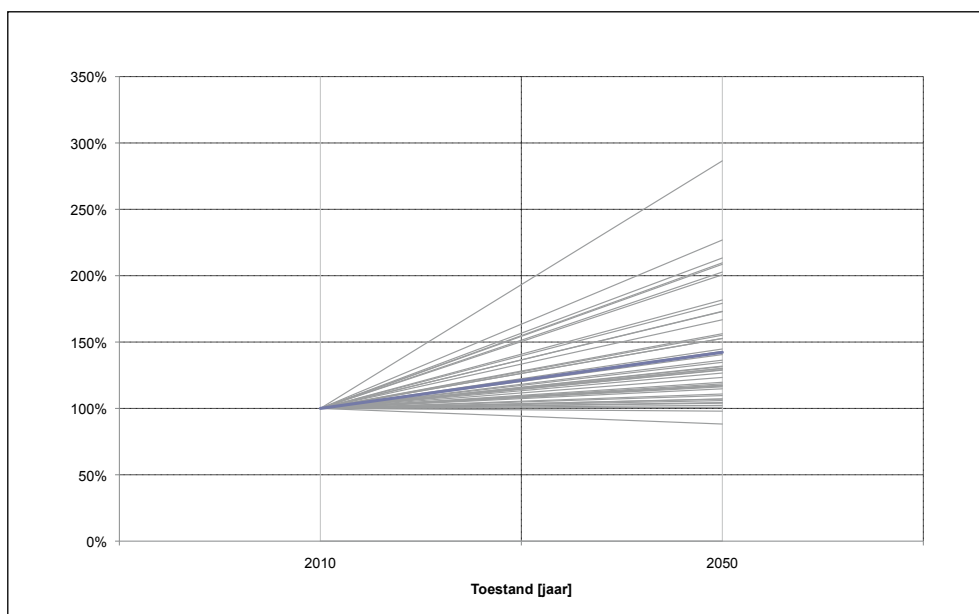
Bij de meest optimale alternatieven van de intermediaire beleidsstrategie van MLWV varieert de impact van autonome ontwikkeling op het risico in 2050 van een toename met 41 % tot afname met 100 %. De hierbij bekomen nulrisico's zijn een gevolg van de aannames voor het bepalen van het risico in 2050 (zie §4.3). In 41 van de 47 gebieden wordt de impact van autonome ontwikkeling te niet gedaan. Gemiddeld wordt in 2050 een afname tot 43 % van het risico in 2010 bekomen. Hiermee verschilt de risico-evolutie bij de intermediaire beleidsstrategie weinig van de basis beleidsstrategie.

In het geval van een geoptimaliseerd PT-beleid varieert de impact van autonome ontwikkeling op het risico in 2050 van een toename met 116 % tot afname tot 29 %. In 14 van de 47 gebieden wordt de impact van autonome ontwikkeling te niet gedaan. Gemiddeld wordt in 2050 een toename tot 116 % van het risico in 2010 bekomen. De toename ten opzichte van de basis beleidsstrategie is een gevolg van de PT-maatregelen weerhouden voor het modelgebied van de Benedenvliet. Een zone op de terreinen van het bedrijf Atlas Copco met een zeer hoog economisch risico, maar lage P@R, wordt in de PT-maatregelen van de basis beleidsstrategie ingericht als GOG. Hierdoor verdwijnt het risico. In de intermediaire beleidsstrategie worden PT-maatregelen weerhouden met een grotere impact op P@R.

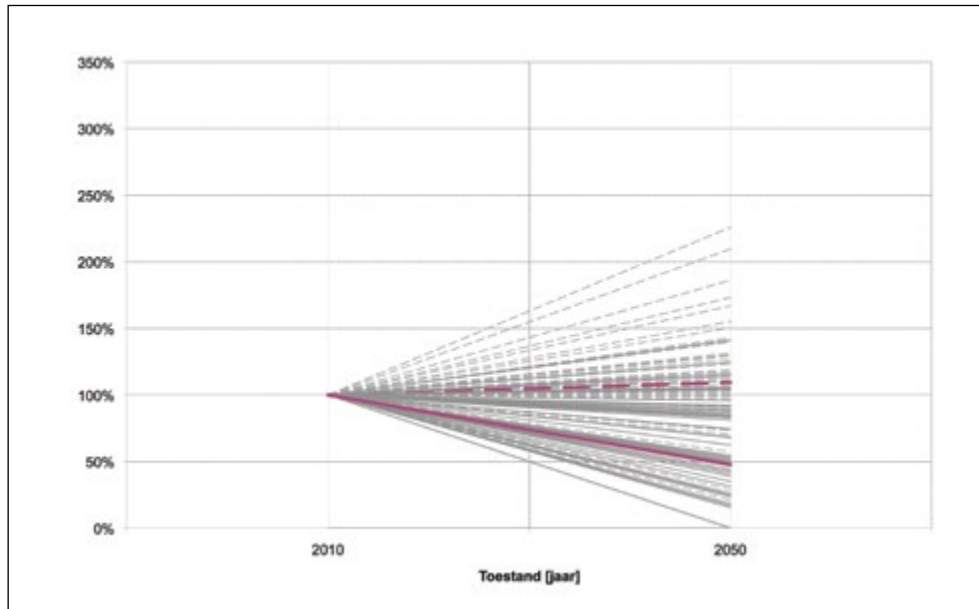
Bij de meest optimale alternatieven van de maximale beleidsstrategie varieert de impact van autonome ontwikkeling op het risico in 2050 van een toename met 51 % tot afname met 100 %. De hierbij bekomen nulrisico's zijn een gevolg van de aannames voor het bepalen van het risico in 2050 (zie §4.3). In 45 van de 47 gebieden wordt de impact van autonome ontwikkeling te niet gedaan. Enkel in het modelgebied van de Zwartebeek wordt een toename van het risico bekomen bij het optimale alternatief met het GOG Meldert. Het GOG is weerhouden als optimaal aangezien het de hoogste baat voor P@R oplevert. Gemiddeld wordt in 2050 een afname tot 39 % van het risico in 2010 bekomen. Hiermee verschilt de risico evolutie bij de maximale beleidsstrategie weinig van de intermediaire beleidsstrategie.

In het geval van een geoptimaliseerd PT-beleid varieert de impact van autonome ontwikkeling op het risico in 2050 van een toename met 116 % tot afname tot 29 %. In 18 van de 47 gebieden wordt de impact van autonome ontwikkeling te niet gedaan. Gemiddeld wordt in 2050 een toename tot 115 % van het risico in 2010 bekomen.

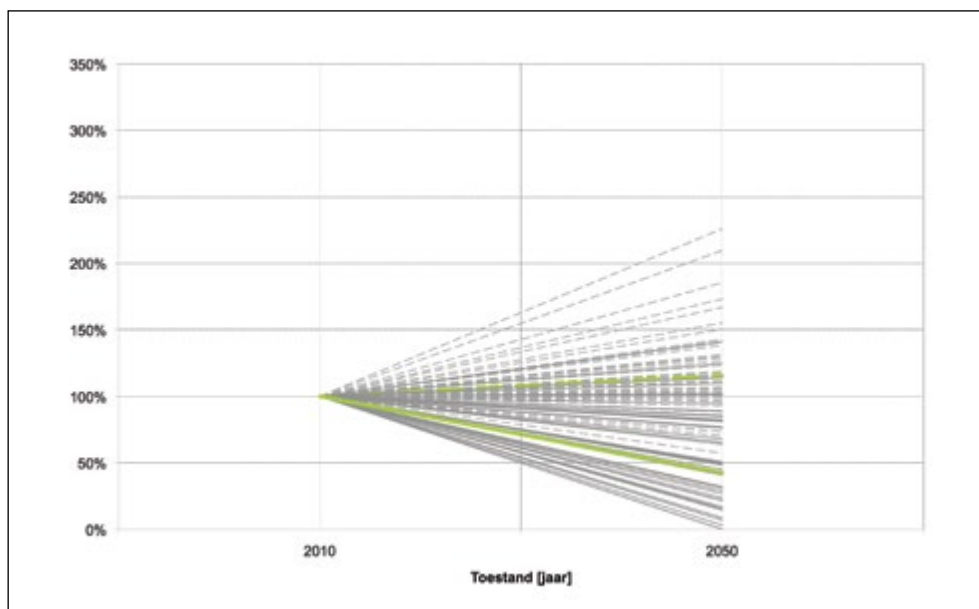
Figuur 6-1: Evolutie van het economisch risico van 2010 naar 2050 als gevolg van autonome ontwikkeling voor 47 modelgebieden bij het NA-beleid met weergave van het gemiddelde (dikke lijn)



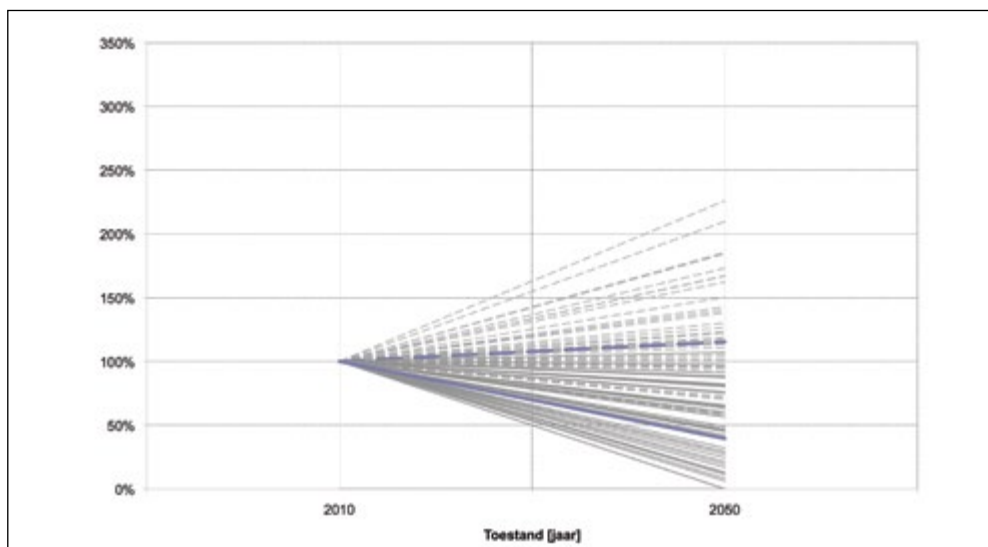
Figuur 6-2: Evolutie van het economisch risico in functie van de tijd als gevolg van autonome ontwikkeling voor 47 modelgebieden bij de meest optimale alternatieven van de basisbeleidsstrategie van een geoptimaliseerd PT-beleid (streeplijn) en MLWV (volle lijn) met weergave van de gemiddelden (dikke lijn)



Figuur 6-3: Evolutie van het economisch risico in functie van de tijd als gevolg van autonome ontwikkeling voor 47 modelgebieden bij de meest optimale alternatieven van de intermediaire beleidsstrategie van een geoptimaliseerd PT-beleid (streeplijn) en MLWV (volle lijn) met weergave van de gemiddelden (dikke lijn)



Figuur 6-4: Evolutie van het economisch risico in functie van de tijd als gevolg van autonome ontwikkeling voor 47 modelgebieden bij de meest optimale alternatieven van de maximale beleidsstrategie van een geoptimaliseerd PT-beleid (streeplijn) en MLWV (volle lijn) met weergave van de gemiddelden (dikke lijn)



6.1.1.2 Sociaal risico

Figuur 6-5, figuur 6-6, figuur 6-7 en figuur 6-8 geven de evolutie van P@R weer van 2010 naar 2050 voor 47 modelgebieden als gevolg van autonome ontwikkeling bij respectievelijk het NA-beleid en bij de meest optimale alternatieven van de drie beleidsstrategieën van MLWV en een geoptimaliseerd PT-beleid.

Bij het NA-beleid varieert de impact van autonome ontwikkeling op P@R in 2050 van 78 % tot 324 % van P@R in 2010. Gemiddeld wordt in 2050 een toename met 54 % bekomen ten opzichte van P@R in 2010.

Bij de basis beleidsstrategie van MLWV varieert de impact van autonome ontwikkeling op P@R in 2050 van een toename met 36 % tot afname met 100 %. De hierbij bekomen nulrisico's zijn een gevolg van de aannames voor het bepalen van het risico in 2050 (zie §4.3). In 46 van de 47 gebieden wordt de impact van autonome ontwikkeling te niet gedaan. Gemiddeld wordt in 2050 een afname tot 33 % van P@R in 2010 bekomen.

In het geval van een geoptimaliseerd PT-beleid varieert de impact van autonome ontwikkeling op P@R in 2050 van een toename met 224 % tot afname tot 34 %. In 16 van de 47 gebieden wordt de impact van autonome ontwikkeling te niet gedaan. Gemiddeld wordt in 2050 een toename tot 122 % van P@R in 2010 bekomen.

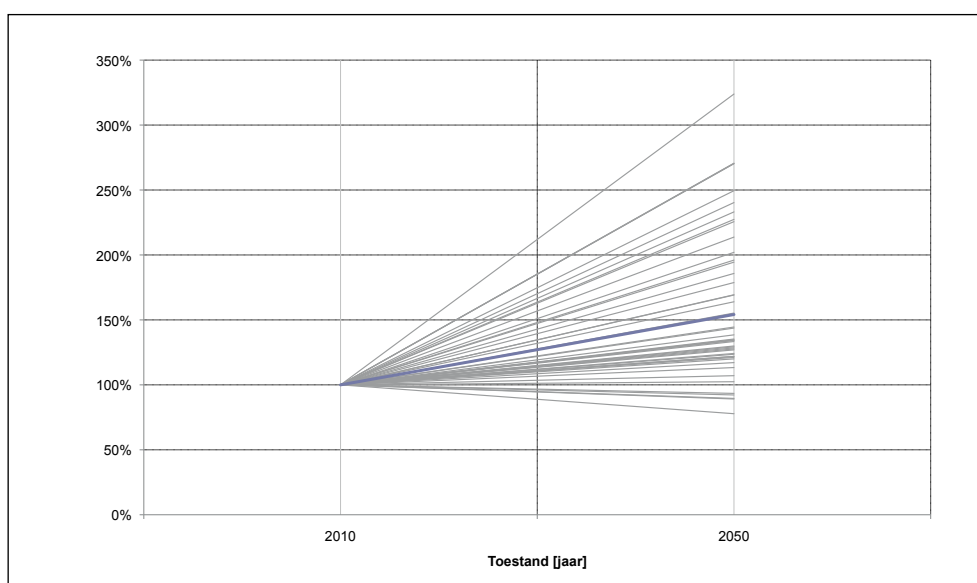
Bij de intermediaire beleidsstrategie varieert de impact van autonome ontwikkeling op P@R in 2050 van een toename met 36 % tot afname met 100 % ten opzichte van P@R in 2010. De hierbij bekomen nulrisico's zijn een gevolg van de aannames voor het bepalen van het risico in 2050 (zie §4.3). In 46 van de 47 gebieden wordt de impact van autonome ontwikkeling te niet gedaan. Gemiddeld wordt in 2050 een afname tot 23 % van P@R in 2010 bekomen. Hiermee verschilt de P@R evolutie bij de intermediaire beleidsstrategie beperkt van de basis beleidsstrategie.

In het geval van een geoptimaliseerd PT-beleid varieert de impact van autonome ontwikkeling op P@R in 2050 van een toename met 224 % tot afname tot 34 %. In 16 van de 47 gebieden wordt de impact van autonome ontwikkeling te niet gedaan. Gemiddeld wordt in 2050 een toename tot 121 % van P@R in 2010 bekomen.

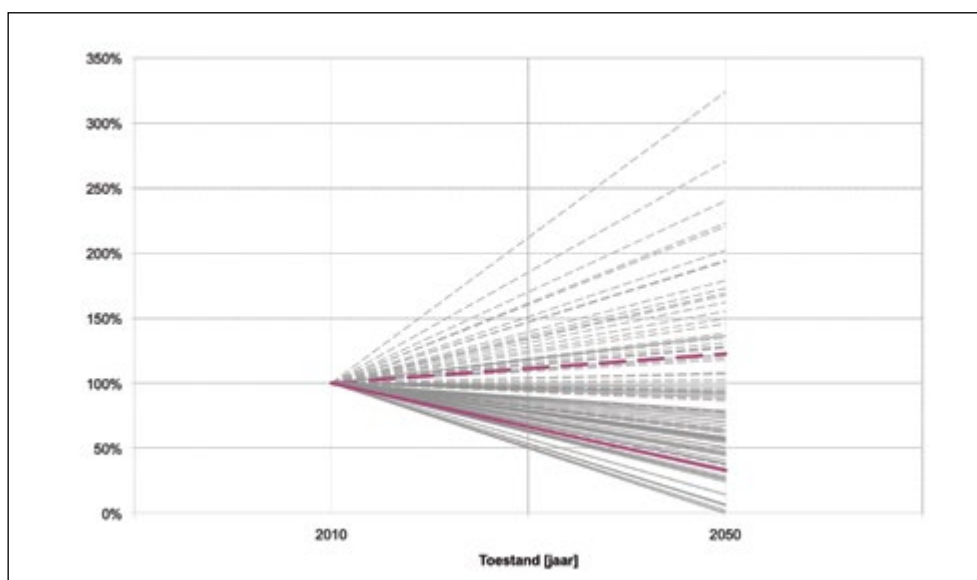
Bij de maximale beleidsstrategie varieert de impact van autonome ontwikkeling op P@R in 2050 van 53 % tot 0 % van P@R in 2010. De nulrisico's zijn een gevolg van de aannames voor het bepalen van het risico in 2050 (zie §4.3). In alle 47 gebieden wordt de impact van autonome ontwikkeling te niet gedaan. Gemiddeld wordt in 2050 een afname tot 19 % van P@R in 2010 bekomen. Hiermee verschilt de P@R evolutie bij de maximale beleidsstrategie in beperkte mate van de intermediaire beleidsstrategie.

In het geval van een geoptimaliseerd PT-beleid varieert de impact van autonome ontwikkeling op P@R in 2050 van een toename met 224 % tot afname tot 34 %. In 19 van de 47 gebieden wordt de impact van autonome ontwikkeling te niet gedaan. Gemiddeld wordt in 2050 een toename tot 116 % van het risico in 2010 bekomen.

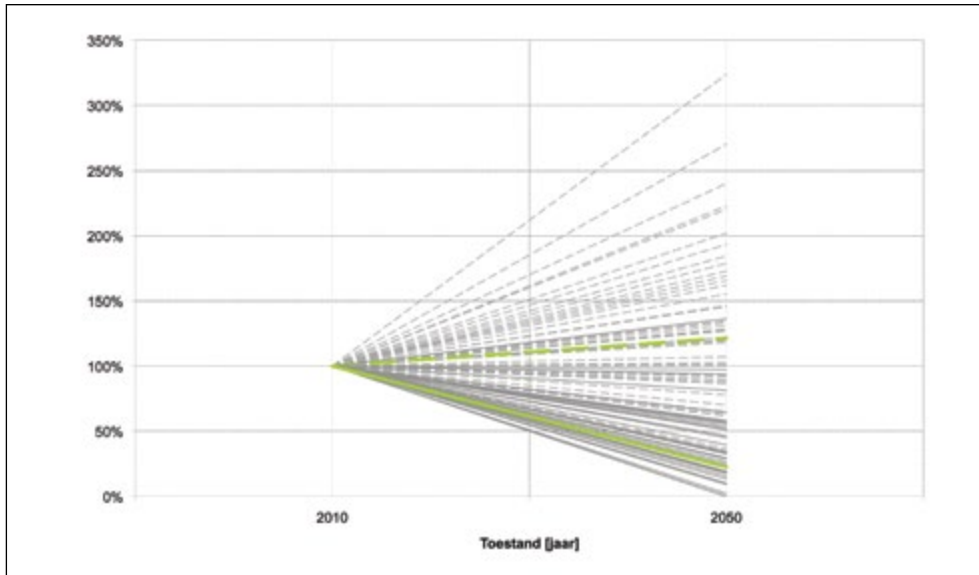
Figuur 6-5: Evolutie van P@R van 2010 naar 2050 als gevolg van autonome ontwikkeling voor 47 modelgebieden bij het NA-beleid met weergave van het gemiddelde (dikke lijn)



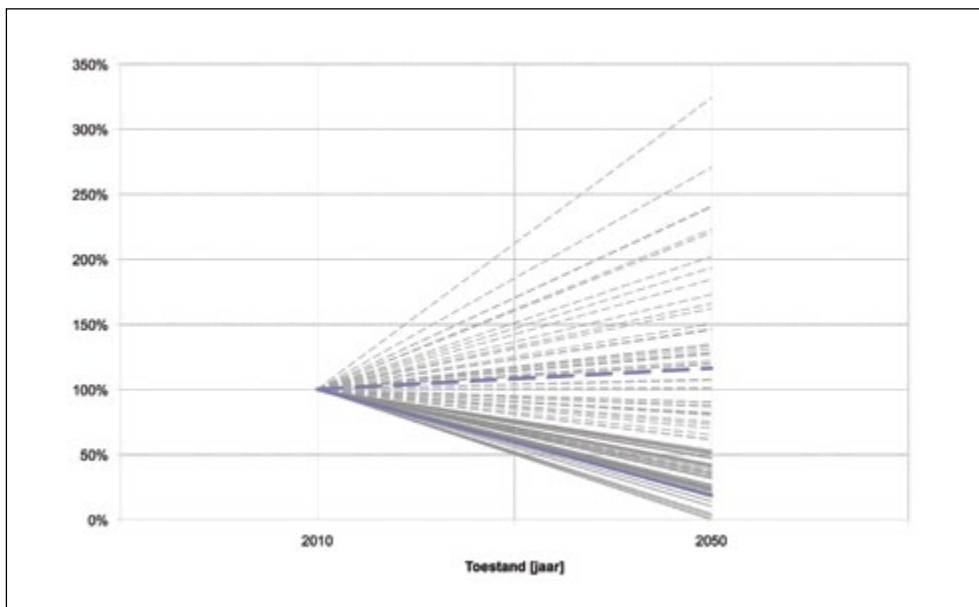
Figuur 6-6: Evolutie van P@R in functie van de tijd als gevolg van autonome ontwikkeling voor 47 modelgebieden bij de meest optimale alternatieven van de basis beleidsstrategie van een geoptimaliseerd PT-beleid (streeplijn) en MLWV (volle lijn) met weergave van de gemiddelden (dikke lijn)



Figuur 6-7: Evolutie van P@R in functie van de tijd als gevolg van autonome ontwikkeling voor 47 modelgebieden bij de meest optimale alternatieven van de intermediaire beleidsstrategie van een geoptimaliseerd PT-beleid (streeplijn) en MLWV (volle lijn) met weergave van de gemiddelden (dikke lijn)



Figuur 6-8: Evolutie van P@R in functie van de tijd als gevolg van autonome ontwikkeling voor 47 modelgebieden bij de meest optimale alternatieven van de maximale beleidsstrategie van een geoptimaliseerd PT-beleid (streeplijn) en MLWV (volle lijn) met weergave van de gemiddelden (dikke lijn)



6.1.2 Vergelijking risico 2010 vs. 2050

Bij de vergelijking van het risico in 2010 met het risico in 2050 wordt een beeld gegeven van de absolute toename van het risico als gevolg van autonome ontwikkeling en wordt aangegeven in welke mate de beleidsstrategieën in staat zijn deze toename tegen te gaan.

6.1.2.1. Economisch risico

In figuur 6-9 worden de risicowaarden in 2010 uitgezet tegenover de risicowaarden na autonome ontwikkeling in 2050 voor 47 modelgebieden bij het NA-beleid en bij de meest optimale alternatieven van de basis beleidsstrategie, de intermediaire beleidsstrategie en de maximale beleidsstrategie van MLWV. Aan de puntenkoppels bij de verschillende beleidsstrategieën zijn lineaire regressielijnen afgeijkt. De richtingscoëfficiënten van de regressielijnen geven aan met welke factor de risicowaarden toe- of afnemen bij de verschillende beleidsstrategieën.

Bij het NA-beleid wordt een sterke toename van het risico bekomen. De richtingscoëfficiënt van de regressielijn geeft aan dat de risicowaarden toenemen met een factor 1.37 ten opzichte van 2010.

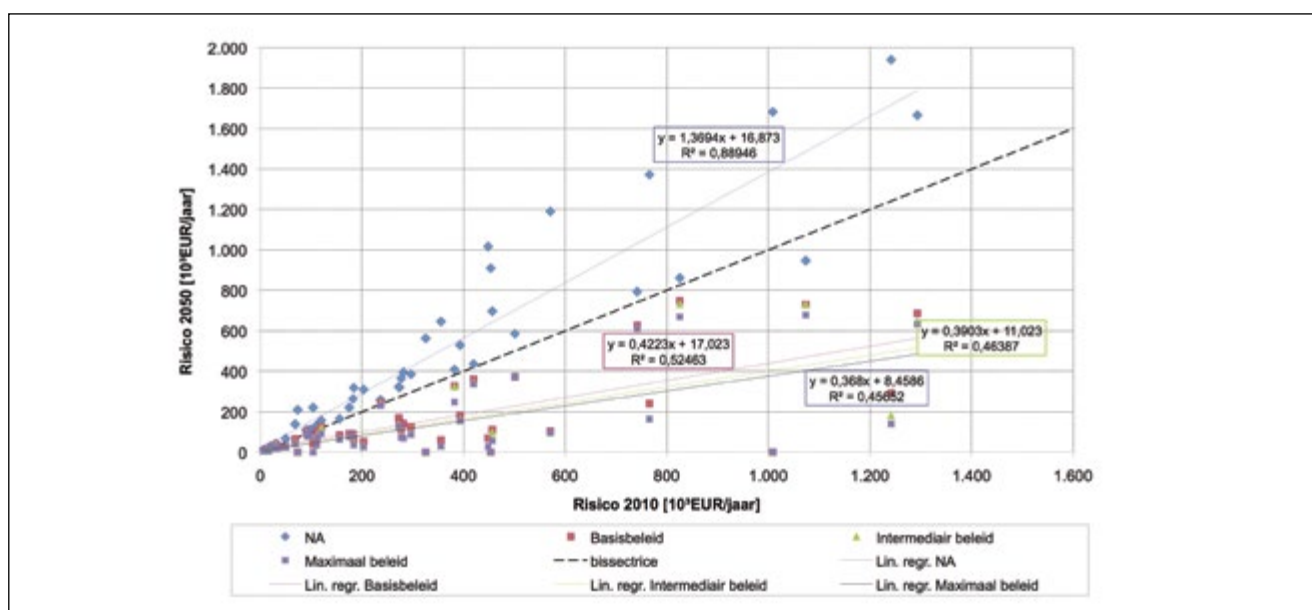
Onder invloed van de basis beleidsstrategie worden aanzienlijk lagere risicowaarden in 2050 bekomen dan bij het NA-beleid. De richtingscoëfficiënt van de regressielijn geeft aan dat de risicowaarden afnemen met een factor 0.42 ten opzichte van de waarden in 2010. De meeste puntenkoppels liggen onder de bissectrice. Dit geeft aan dat de gevolgen van autonome ontwikkeling te niet gedaan worden.

Onder invloed van de intermediaire beleidsstrategie worden beperkt lagere risicowaarden in 2050 bekomen dan bij de basis beleidsstrategie. De richtingscoëfficiënt van de regressielijn geeft aan dat de risicowaarden afnemen met een factor 0.39 ten opzichte van de waarden in 2010.

Onder invloed van de maximale beleidsstrategie worden zeer beperkt lagere risicowaarden in 2050 bekomen dan bij de intermediaire beleidsstrategie. De richtingscoëfficiënt van de regressielijn geeft aan dat de risicowaarden afnemen met een factor 0.37 ten opzichte van de waarden in 2010.

De toe- en afnames van de risicowaarden bij de verschillende beleidsstrategieën van MLWV zijn vergelijkbaar met deze op basis van de tijdsevoluties (zie §6.1.1.1).

Figuur 6-9: Het economisch risico in 2010 tegenover het economisch risico in 2050 bij het NA-beleid en bij de 3 beleidsstrategieën van MLWV voor de meest optimale alternatieven van 47 modelgebieden



6.1.2.2. Sociaal risico

In figuur 6-10 worden de P@R-waarden in 2010 uitgezet tegenover de P@R-waarden na autonome ontwikkeling in 2050 voor 47 modelgebieden bij het NA-beleid en bij de meest optimale alternatieven van de basis beleidsstrategie, de intermediaire beleidsstrategie en de maximale beleidsstrategie van MLWV. Aan de puntenkoppels bij de verschillende beleidsstrategieën zijn lineaire regressielijnen gefit. De richtingscoëfficiënten van de regressielijnen geven aan met welke factor de P@R-waarden toe- of afnemen bij de verschillende beleidsstrategieën.

Bij het NA-beleid wordt een sterke toename van P@R bekomen. De richtingscoëfficiënt van de regressielijn geeft aan dat de P@R-waarden toenemen met een factor 1.42 ten opzichte van 2010.

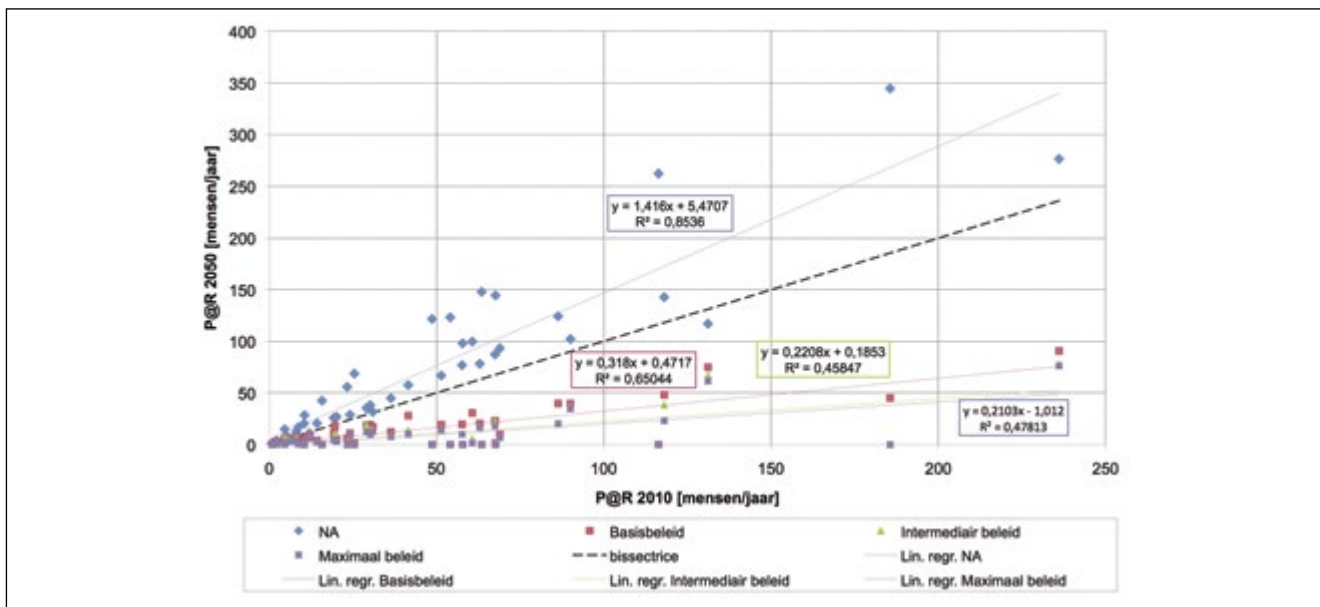
Onder invloed van de basis beleidsstrategie worden aanzienlijk lagere P@R-waarden in 2050 bekomen dan bij het NA-beleid. De richtingscoëfficiënt van de regressielijn geeft aan dat de P@R-waarden afnemen met een factor 0.32 ten opzichte van de waarden in 2010. De meeste puntenkoppels liggen onder de bissectrice. Dit geeft aan dat de gevolgen van autonome ontwikkeling te niet gedaan worden.

Onder invloed van de intermediaire beleidsstrategie worden beperkt lagere P@R-waarden in 2050 bekomen dan bij de basis beleidsstrategie. De richtingscoëfficiënt van de regressielijn geeft aan dat de risicowaarden afnemen met een factor 0.22 ten opzichte van de waarden in 2010.

Onder invloed van de maximale beleidsstrategie worden zeer beperkt lagere risicowaarden in 2050 bekomen dan bij de intermediaire beleidsstrategie. De richtingscoëfficiënt van de regressielijn geeft aan dat de risicowaarden eveneens afnemen met een factor 0.21 ten opzichte van de waarden in 2010.

De toe- en afnames van de risicowaarden bij de verschillende beleidsstrategieën van MLWV zijn vergelijkbaar met deze op basis van de tijdsevoluties (zie §0).

Figuur 6-10: P@R in 2010 tegenover P@R in 2050 bij het NA-beleid en bij de 3 beleidsstrategieën van MLWV voor de meest optimale alternatieven van 47 modelgebieden



6.2. MLWV in cijfers

6.2.1. Aandeel verschillende lagen in MLWV

In de onderstaande figuren wordt een beeld gegeven van de absolute en de relatieve aandelen van de verschillende P's of veiligheidslagen van de Meerlaagse Waterveiligheid in de daling van de risicowaarden. Verder wordt een beeld gegeven van de omvang van de verschillende P's of veiligheidslagen van de Meerlaagse Waterveiligheid.

6.2.1.1. Absoluut aandeel

a) Daling economisch risico

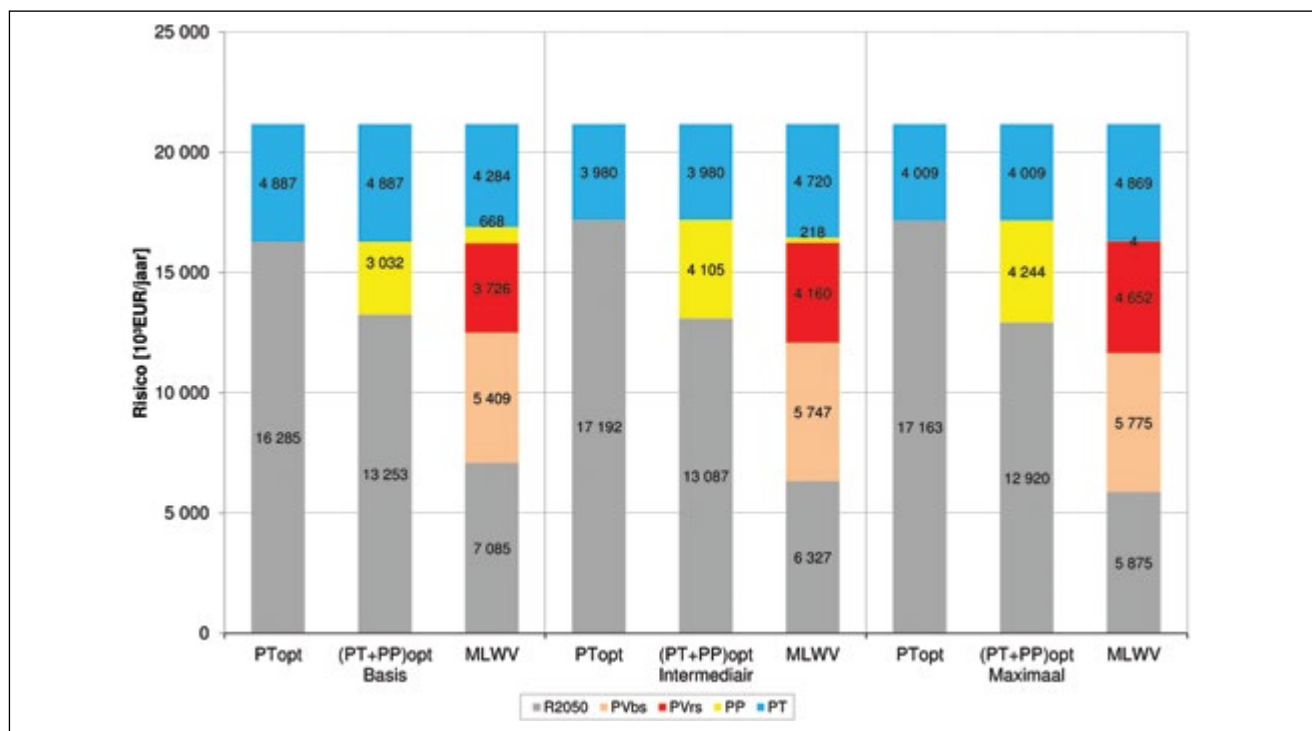
Figuur 6-11 geeft het totale risico in 2050 en de totale bijdragen van de verschillende P's in de risicodaling weer voor de meest optimale alternatieven van 47 modelgebieden bij drie beleidsstrategieën van een geoptimaliseerd PT-beleid, een geoptimaliseerd PP+PT-beleid en MLWV. De som van het risico in 2050 en de bijdragen van de P's geeft het risico in 2050 bij het NA-beleid.

Bij de basis beleidsstrategie wordt het risico in 2050 teruggebracht tot 77 % van het NA-risico in 2050 onder invloed van een geoptimaliseerde PT-beleid. Onder invloed van een geoptimaliseerde PP+PT-beleid wordt het risico in 2050 verder teruggebracht tot 63 % van het NA-risico in 2050. Hierbij blijft het aandeel van de PT-maatregelen in de risicodaling nagenoeg gelijk. Onder invloed van MLWV neemt het risico in 2050 af tot 34 % van het NA-risico in 2050. Dit houdt in dat het te verzekeren risico in 2050 56 % lager is bij MLWV dan bij een geoptimaliseerd PT-beleid.

De aandelen van de P's van MLWV in het NA-risico in 2050 zijn in afnemende volgorde 26 % voor PV-maatregelen met bouwstop en grondenruil, 20 % voor PT-maatregelen, 18 % voor PV-maatregelen met resiliënt bouwen en verbouwen en 3 % voor PP-maatregelen. Dit geeft aan dat de aanzienlijke bijkomende risicodaling in 2050 hoofdzakelijk een gevolg is van de PV-maatregelen. Het aanzienlijk aandeel van de PV-maatregelen doet vooral het aandeel van PP-maatregelen sterk afnemen.

Bij de intermediaire en de maximale beleidsstrategie worden gelijkaardige vaststellingen gedaan. De toename van het risico in 2050 bij het geoptimaliseerde PT-beleid is een gevolg van de weerhouden PT-alternatieven in het modelgebied van de Benedenvliet (zie §6.1.1.1). De verdere afname van het risico bij MLWV is beperkt tot respectievelijk 30 % en 28 % van het NA-risico in 2050. De bijdragen van de PV- en PT-maatregelen nemen enigszins toe en de bijdrage van PP-maatregelen neemt verder af. Bij de intermediaire en de maximale beleidsstrategie worden PV-maatregelen toegepast binnen overstromingscontouren met de hoogste beschouwde terugkeerperioden. Daardoor neemt de bijdrage van een voorspellingssysteem aan de risicodaling af.

Figuur 6-11: Het risico en de risicodaling per P groep in 2050 bij de drie beleidsstrategieën van een geoptimaliseerd PT-beleid, een geoptimaliseerd PP+PT-beleid en MLWV op basis van de meest optimale alternatieven voor 47 gebieden



b) Daling sociaal risico

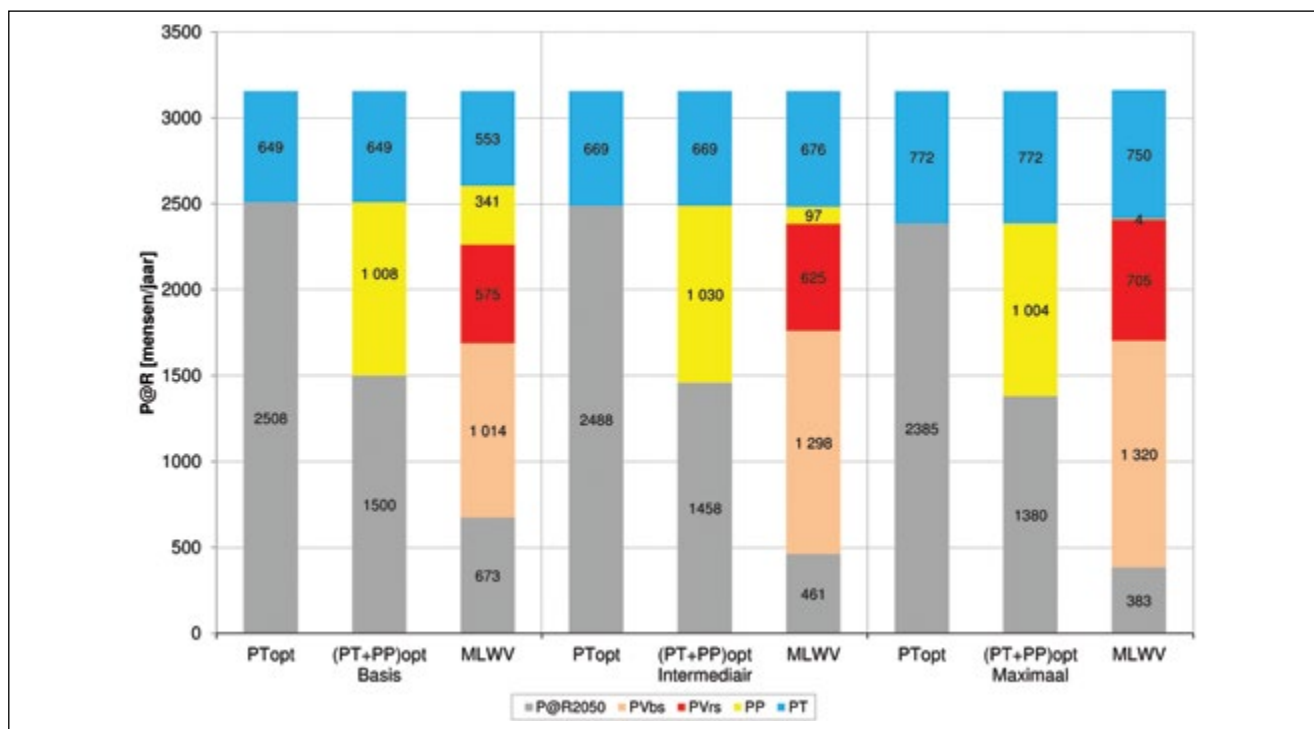
Figuur 6-12 geeft de totale P@R in 2050 en de totale bijdragen van de verschillende P's in de P@R-daling weer voor de meest optimale alternatieven van 47 modelgebieden bij drie beleidsstrategieën van een geoptimaliseerd PT-beleid, een geoptimaliseerd PP+PT-beleid en MLWV. De som van P@R in 2050 en de bijdragen van de P's geeft P@R in 2050 bij het NA-beleid.

Bij de basis beleidsstrategie wordt P@R in 2050 teruggebracht tot 79 % van het NA-risico in 2050 onder invloed van een geoptimaliseerde PT-beleid. Onder invloed van een geoptimaliseerde PP+PT-beleid wordt het risico in 2050 verder teruggebracht tot 48 % van het NA-risico in 2050. Hierbij blijft het aandeel van de PT-maatregelen in de risicodaling nagenoeg gelijk. Onder invloed van MLWV neemt het risico in 2050 af tot 21 % van het NA-risico in 2050. Dit houdt in dat P@R in 2050 73 % lager is bij MLWV dan bij een geoptimaliseerd PT-beleid.

De aandelen van de P's in P@R bij NA in 2050 zijn in afnemende volgorde 32 % voor PV-maatregelen met bouwstop en grondenruil, 18 % voor PV-maatregelen met resiliënt bouwen en verbouwen, nagenoeg 18 % voor PT-maatregelen en 11 % voor PP-maatregelen. Dit geeft aan dat de aanzienlijke bijkomende P@R-daling in 2050 hoofdzakelijk een gevolg is van PV-maatregelen. Het aanzienlijk aandeel van de PV-maatregelen doet vooral het aandeel van PP-maatregelen sterk afnemen.

Bij de intermediaire en de maximale beleidsstrategie worden gelijkaardige vaststellingen gedaan. De verdere afname van het risico is beperkt tot respectievelijk 15 % en 12 % van P@R bij NA in 2050. De bijdragen van de PV- en PT-maatregelen nemen enigszins toe en de bijdrage van PP-maatregelen neemt verder af om redenen aangehaald in §1.1.1.1)m).

Figuur 6-12: P@R en de daling van P@R per P-groep in 2050 bij de drie beleidsstrategieën van een geoptimaliseerd PT-beleid, een geoptimaliseerd PP+PT-beleid en MLWV op basis van de meest optimale alternatieven voor 47 gebieden



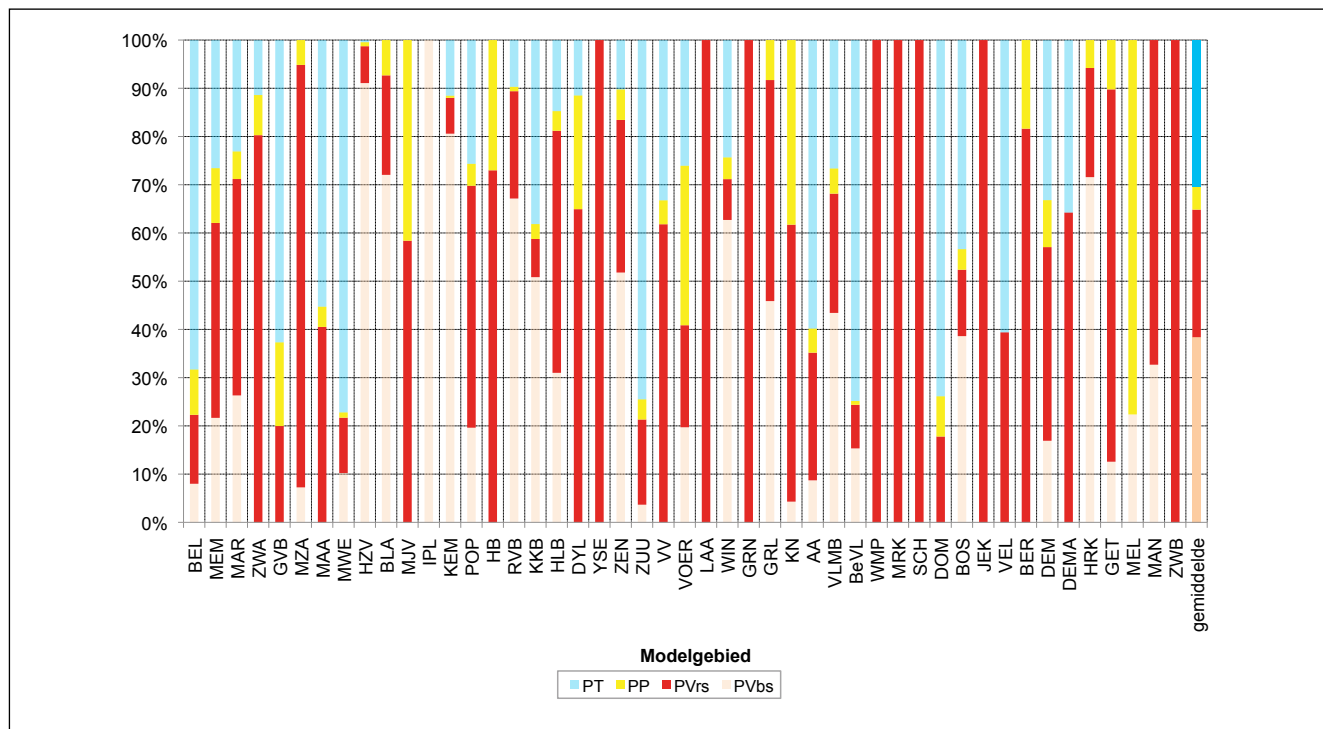
6.2.1.2 Relatief aandeel

a) Daling economisch risico

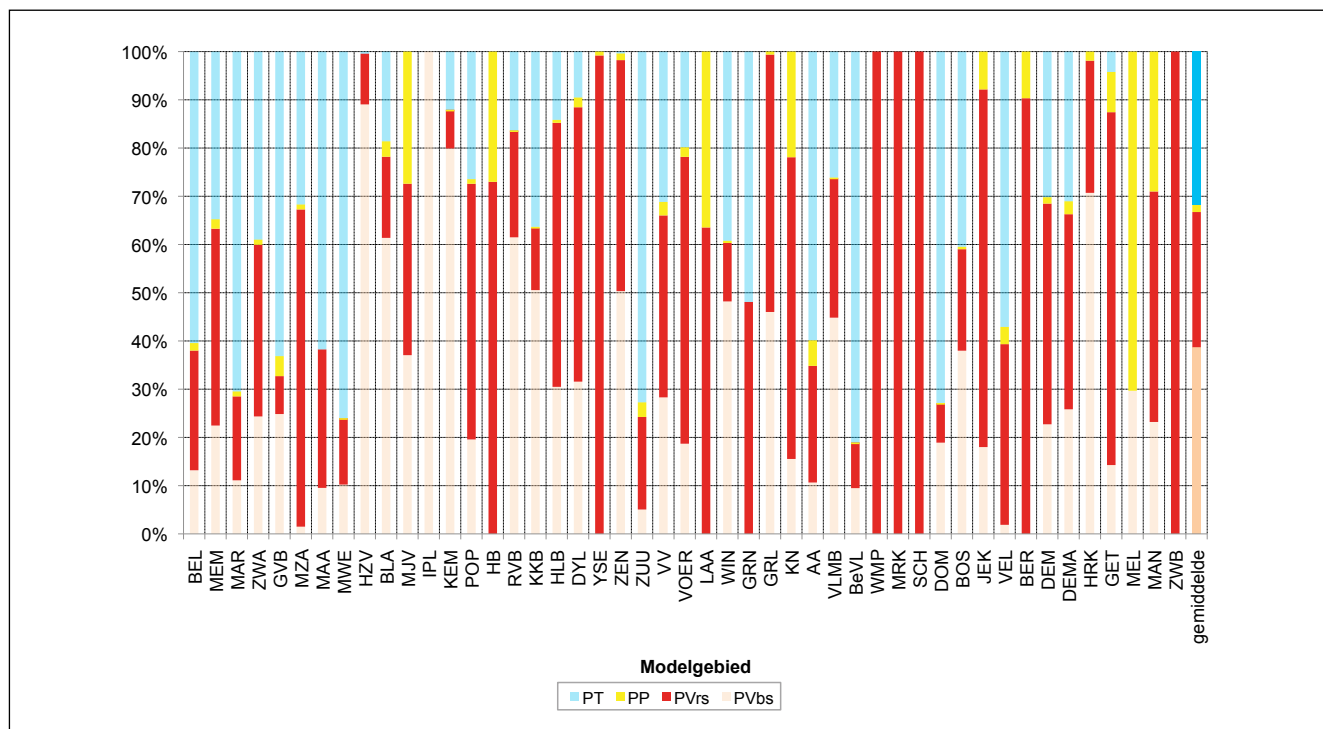
Figuur 6-13, figuur 6-14 en figuur 6-15 geven het relatieve aandeel weer van de verschillende P's van MLWV in de daling van het risico in 2050 voor de meest optimale alternatieven van 47 modelgebieden bij de verschillende beleidsstrategieën. Verder wordt het gemiddelde aandeel van de P's van MLWV weergegeven.

De aandelen van de P's in de risicodaling geven een verspreid beeld voor de 47 modelgebieden bij de drie beleidsstrategieën. De gemiddelde aandelen van de P's in de risicodaling bij de basis beleidsstrategie zijn 30 % voor PT-maatregelen, 38 % voor PV-maatregelen met bouwstop en grondenruil, 26 % voor PV-maatregelen met resiliënt bouwen en verbouwen en 5 % voor PP-maatregelen. Bij de intermediaire beleidsstrategie en de maximale beleidsstrategie wordt het aandeel van PP-maatregelen aanzienlijk verminderd. Het beperkte PP-aandeel wordt verdeeld over de overige P's. Verder worden geen verschuivingen weergegeven.

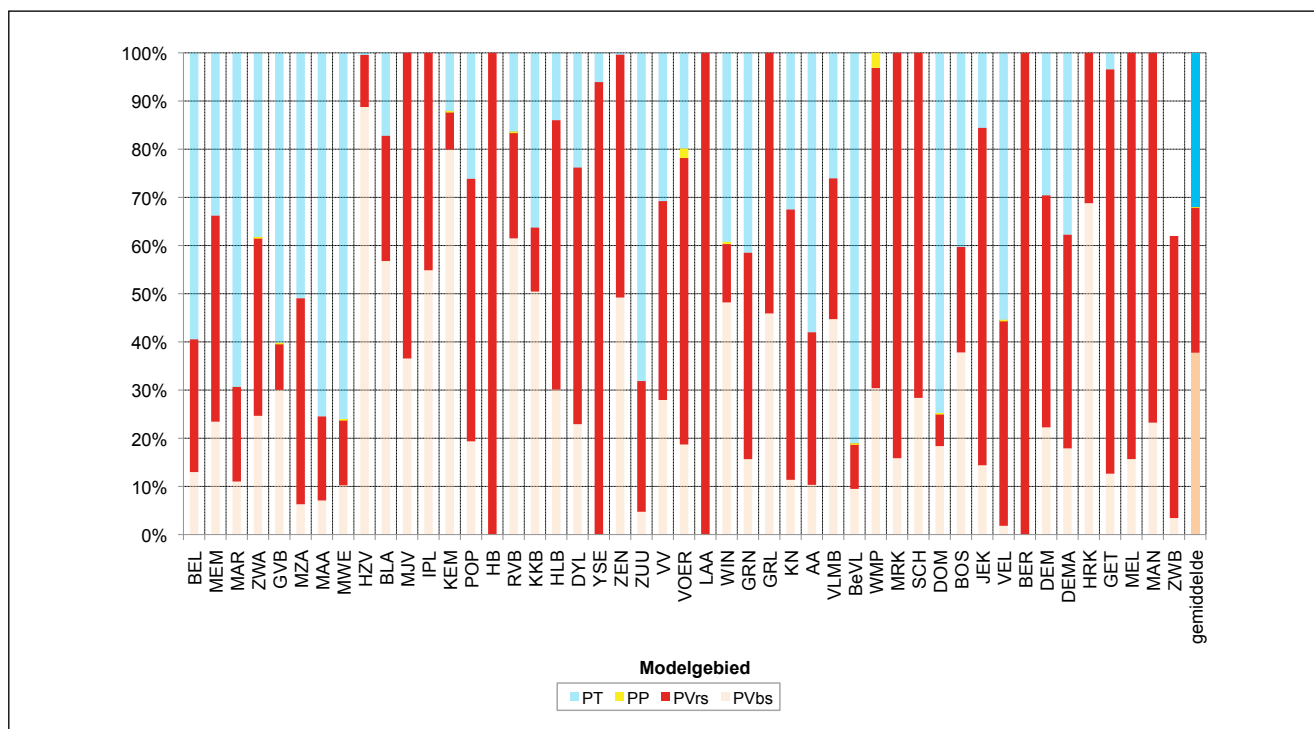
Figuur 6-13: Het aandeel van de P-groepen van MLWW in de daling van het economisch risico in 2050 bij de meest optimale alternatieven van de basis beleidsstrategie voor 47 modelgebieden en het gemiddeld aandeel van de P-groepen



Figuur 6-14: Het aandeel van de P-groepen van MLWW in de daling van het economisch risico in 2050 bij de meest optimale alternatieven van de intermediaire beleidsstrategie voor 47 modelgebieden en het gemiddeld aandeel van de P-groepen



Figuur 6-15: Het aandeel van de P-groepen van MLWV in de daling van het economisch risico in 2050 bij de meest optimale alternatieven van de maximale beleidsstrategie voor 47 modelgebieden en het gemiddeld aandeel van de P-groepen

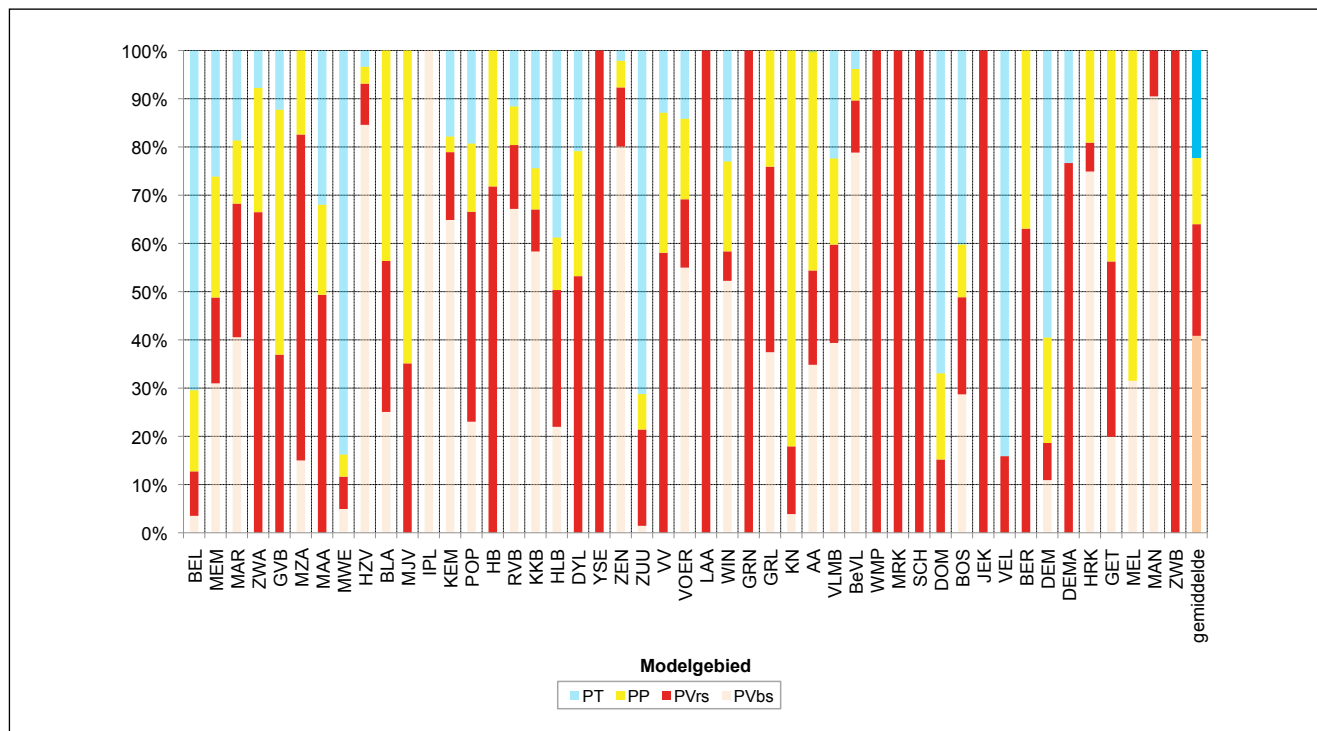


b) Daling sociaal risico

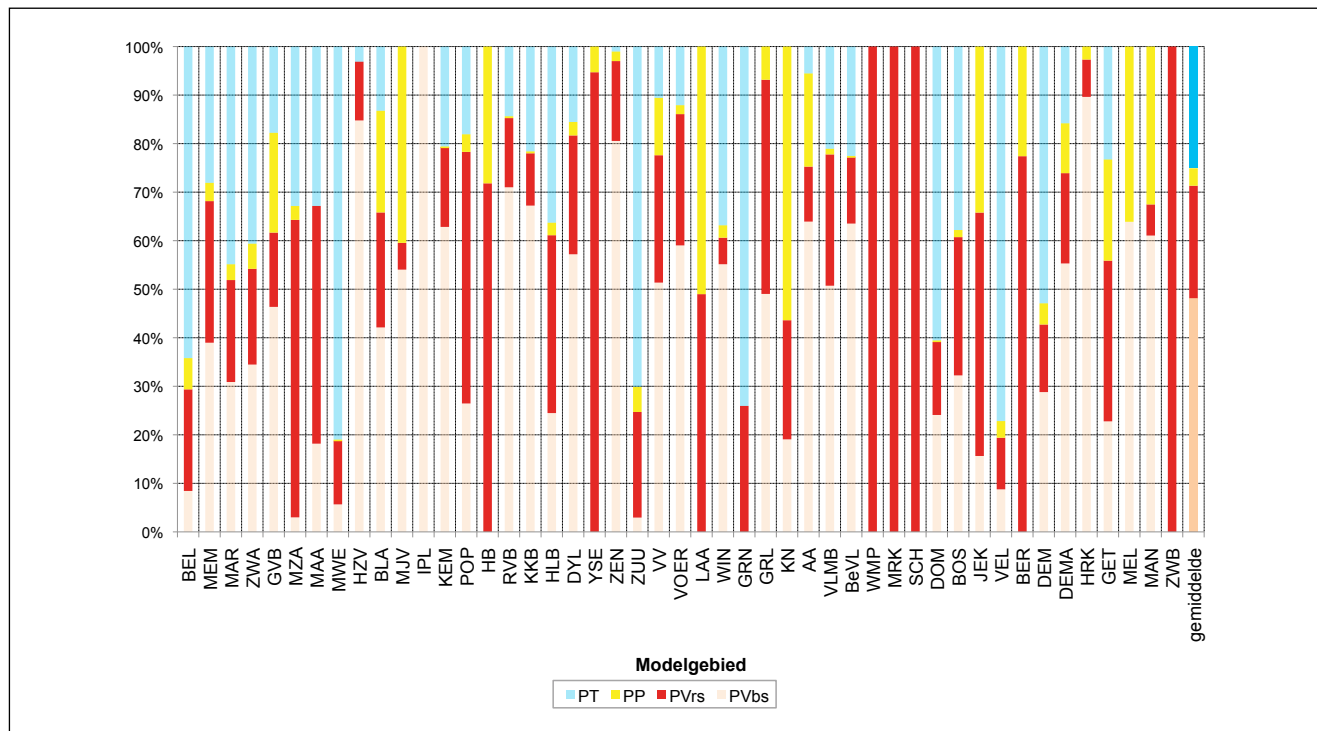
Figuur 6-16, figuur 6-17 en figuur 6-18 geven het relatieve aandeel weer van de verschillende P's van MLWV in de daling van P@R in 2050 voor de meest optimale alternatieven van 47 modelgebieden bij de verschillende beleidsstrategieën. Verder wordt het gemiddelde aandeel van de P's weergegeven.

De aandelen van de P's in de P@R-daling geven gelijkaardig aan het economisch risico een verspreid beeld voor de 47 modelgebieden bij de drie beleidsstrategieën. De gemiddelde aandelen van de P's in de P@R-daling bij de basis beleidsstrategie zijn 22 % voor PT-maatregelen, 41% voor PV-maatregelen met bouwstop en grondenruil, 23% voor PV-maatregelen met resiliënt bouwen en verbouwen en 14 % voor PP-maatregelen. Bij de intermediaire beleidsstrategie en de maximale beleidsstrategie wordt het aandeel van PP-maatregelen aanzienlijk verminderd. Het PP-aandeel wordt hoofdzakelijk verschoven naar PT-maatregelen en PV-maatregelen met bouwstop en grondenruil. Verder worden geen verschuivingen weergegeven.

Figuur 6-16: Het aandeel van de P-groepen van MLWV in de daling P@R in 2050 bij de meest optimale alternatieven van de basis beleidsstrategie voor 47 modelgebieden en het gemiddeld aandeel van de P-groepen



Figuur 6-17: Het aandeel van de P-groepen van MLWV in de daling van P@R in 2050 bij de meest optimale alternatieven van de intermediaire beleidsstrategie voor 47 modelgebieden en het gemiddeld aandeel van de P-groepen



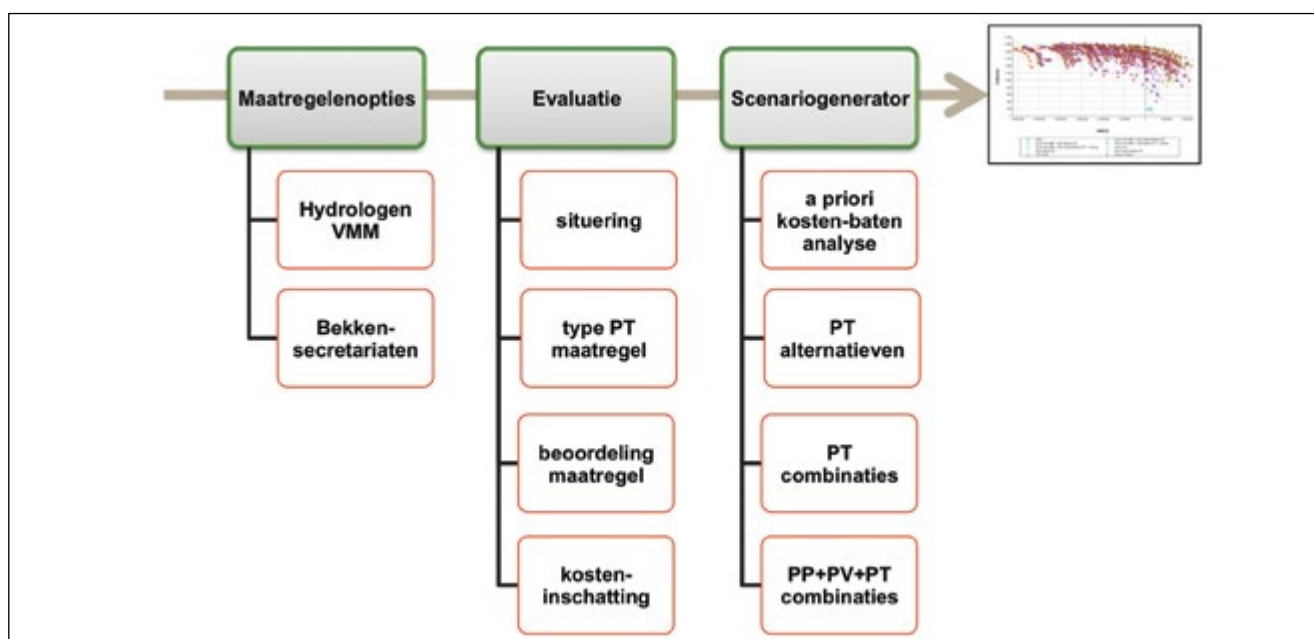
Figuur 6-18: Het aandeel van de P-groepen van MLWV in de daling van P@R bij de meest optimale alternatieven van de maximale beleidsstrategie voor 47 modelgebieden en het gemiddeld aandeel van de P-groepen



6.2.2. PT-laag

In figuur 6-19 wordt de praktische aanpak van de ORBP-analyse van de PT-maatregelen schematisch weergegeven.

Figuur 6-19: Schematische weergave van de praktische aanpak van de ORBP-analyse van de PT-maatregelen



In totaal zijn voor de 47 modelgebieden 360 PT-maatregelenopties voorgesteld door de hydrologen van VMM en de Bakkensecretariaten van het CIW. In overleg met de hydrologen zijn 79 PT-maatregelen buiten beschouwing gelaten. Verder zijn 19 maatregelen aangeduid als maatregelen van het beslist beleid. Beslist-beleidsmaatregelen zijn opgenomen in het hydraulisch model als een nieuwe bestaande toestand in 2050. In de ORBP-analyse worden alternatieven vergeleken met deze nieuwe bestaande toestand.

Er zijn 262 PT-maatregelen opgenomen in een evaluatie. Op basis van een geografische situering zijn 22 PT-maatregelen buiten de modelgebieden niet beschouwd in de ORBP-analyse. De 240 waterbeheermaatregelen die binnen de fysisch realistische mogelijkheden van de modelgebieden liggen zijn opgedeeld in een aantal types:

- GOG: Door het aanleggen of uitbreiden van één of meerdere gecontroleerde overstromingsgebied(en) (GOG) wordt de actieve berging in het modelgebied verhoogd.
- Dijk: Door het aanleggen van dijken worden bestaande gebouwen gevrijwaard van kritieke overstromingen.
- Kunstwerk: Door het aanleggen of aanpassen van kunstwerken wordt de afvoer verbeterd. De optimalisatie van de sturing van de bestaande waterbeheersing infrastructuur wordt echter buiten beschouwing gelaten. Deze ingreep brengt geen investeringskosten met zich mee. Daardoor is een kosten baten analyse weinig zinvol.
- Herinrichting: Een herinrichting wordt opgevat als een combinatie van de bovenstaande maatregelen. Een voorbeeld is een herprofilering van de waterloop tezamen met de aanpassing van de eventuele kunstwerken voor een verbeterde afvoer. Veel herinrichtingen zijn echter in de eerste plaats gericht op het verhogen van de natuurlijkheid van het watersysteem. De te verwachten impact op het overstromingsrisico is daardoor veelal beperkt of sterk afhankelijk van de modelaannames. Voorbeelden zijn het hermeanderen en het verruwen van de waterloop. Deze worden buiten beschouwing gelaten.

Vervolgens zijn de beschouwde maatregelen beoordeeld voor wat betreft de aanwezigheid van knelpunten waarop ingegrepen dient te worden, de mogelijkheden en beperkingen om in te grijpen op de knelpunten, de mogelijkheid tot technische realisatie en de hydraulische efficiëntie. De evaluatie is gebeurd op basis van analyses van beschikbare gegevens, van simulatieresultaten en van testberekeningen. Voor de weerhouden PT-maatregelen zijn de kosten ingeschat.

Voortgaand op de evaluaties zijn 173 PT-maatregelen opgenomen in de scenariogenerator. In een eerste stap is de impact op het economisch risico en P@R en de economische rentabiliteit geanalyseerd. Indien de impact van de maatregelen op de overstromingscontouren beperkt is, zijn a-priori-kosten-batenanalyses uitgevoerd. Bij een a-priori-kosten-batenanalyse worden de baten ingeschat als het weg te nemen risico en afgewogen tegen de kosteninschatting. Op basis van deze analyse is afgewogen om PT-alternatieven al dan niet verder te beschouwen in de ORBP-analyse. A-priori-kosten-batenanalyses zijn overwegend toegepast op dijkbeschermingsmaatregelen. In het geval er een impact is op de overstromingscontouren zijn de maatregelen ingebouwd in de hydraulische modellen om de modelketen te doorlopen. Op basis van de score op de economische en de sociale criteria is afgewogen om PT-alternatieven al dan niet verder te beschouwen in de ORBP-analyse. Weerhouden PT-alternatieven zijn eventueel gecombineerd. Tot slot zijn 133 weerhouden PT-alternatieven gecombineerd met PP- en PV-maatregelen.

Op basis van de resultaten van de scenariogenerator zijn 116 PT-maatregelen economisch rendabel in minstens één MLWV-alternatief en 74 PT-maatregelen economisch rendabel in minstens één PT-alternatief (NAW>0). Dit zijn de No Regret maatregelen. Door de combinatie met PP- en PV-maatregelen zijn meerdere PT-maatregelen met een negatieve score op de economische criteria alsnog rendabel in de MLWV. Een overzicht van het aantal PT-maatregelen staat in tabel 6-1.

Tabel 6-1: Overzicht van het aantal PT-maatregelen in 2050 in de ORBP opdracht

Maatregeltype	Maatregelenopties	Evaluatie	Scenariogenerator	Rendabel PT alternatief
GOG	165	140	92	37
dijk	83	76	61	30
overige	112	46	20	7
Totaal	360	262	173	74

Onderstaand wordt eerst een overzicht gegeven voor wat betreft de GOG's en de dijken in de ORBP-analyse. Vervolgens wordt per modelgebied een overzicht gegeven van de resultaten van de ORBP-analyse van de PT-maatregelen.

6.2.2.1 GOG

Figuur 6-19 geeft per beleidsstrategie het totaal aantal bijkomende of uit te breiden GOG's weer voor de meest optimale alternatieven van 47 modelgebieden bij een geoptimaliseerd PT-beleid en bij MLWV.

In het geval van een geoptimaliseerd PT-beleid neemt het aantal GOG-maatregelen toe van 28 bij de basis beleidsstrategie tot 33 en 37 bij de intermediaire en de maximale beleidsstrategie. Het aantal modelgebieden waar PT-maatregelen toegepast worden bij de basis, de intermediaire en de maximale beleidsstrategie is respectievelijk 17, 18 en 23 van 47 gebieden.

In het geval van MLWV neemt het aantal GOG's toe van 20 bij de basis beleidsstrategie tot 31 en 37 bij de intermediaire en de maximale beleidsstrategie. Het aantal modelgebieden waar PT-maatregelen toegepast worden bij de basis, de intermediaire en de maximale beleidsstrategie is respectievelijk 12, 19 en 23 van 47 gebieden.

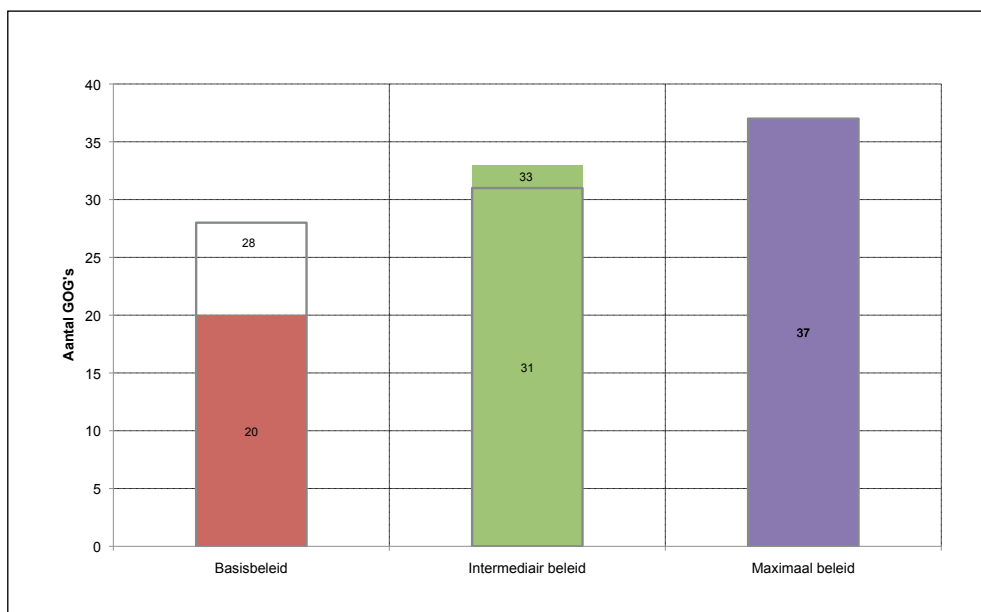
Figuur 6-20 geeft per beleidsstrategie de totale oppervlakte weer die ingenomen wordt door de GOG's voor de meest optimale alternatieven van de 47 modelgebieden bij MLWV. Ten opzichte van de basis beleidsstrategie neemt de oppervlakte toe met 81 % in de intermediaire beleidsstrategie en met 200 % in de maximale beleidsstrategie.

Figuur 6-21 geeft per beleidsstrategie het totale beschikbare bergingsvolume weer in de GOG's voor de meest optimale alternatieven van de 47 modelgebieden bij MLWV. Ten opzichte van de basis beleidsstrategie neemt het bergingsvolume toe met 116 % in de intermediaire beleidsstrategie en met 305 % in de maximale beleidsstrategie.

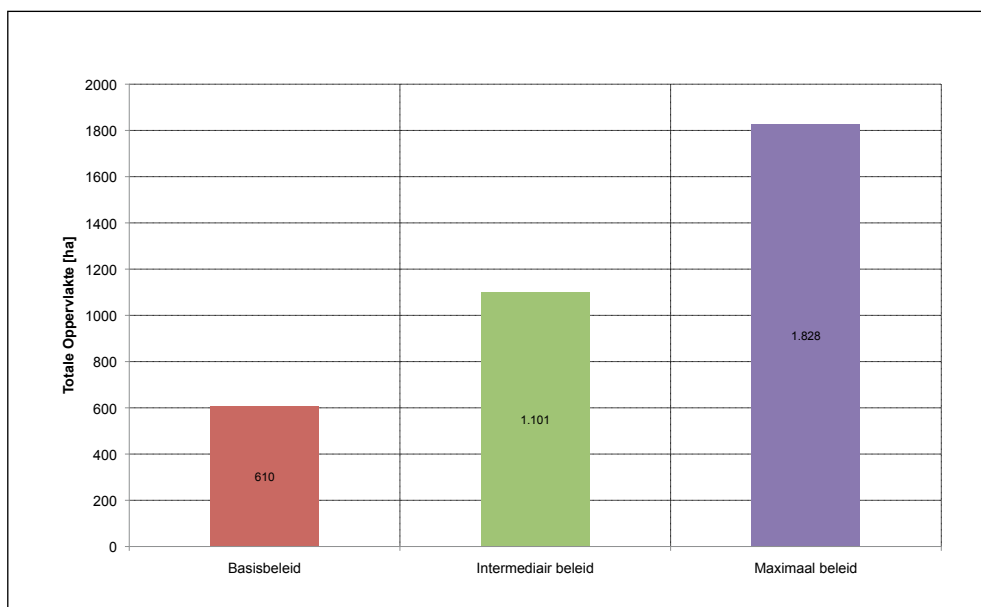
Figuur 6-22 geeft per beleidsstrategie de totale kostprijs weer van de GOG's voor de meest optimale alternatieven van de 47 modelgebieden bij MLWV. Ten opzichte van het basis beleidsstrategie neemt de totale kostprijs van de GOG's toe met 111 % in de intermediaire beleidsstrategie en met 202 % in de maximale beleidsstrategie.

In verhouding tot de aanzienlijke toenames van zowel aantal, oppervlakte, beschikbaar bergingsvolume als kostprijs bij de intermediaire en de maximale beleidsstrategie is de impact op de risico's beperkt ten opzichte van de basisbeleidsstrategie (zie §6.2.1.).

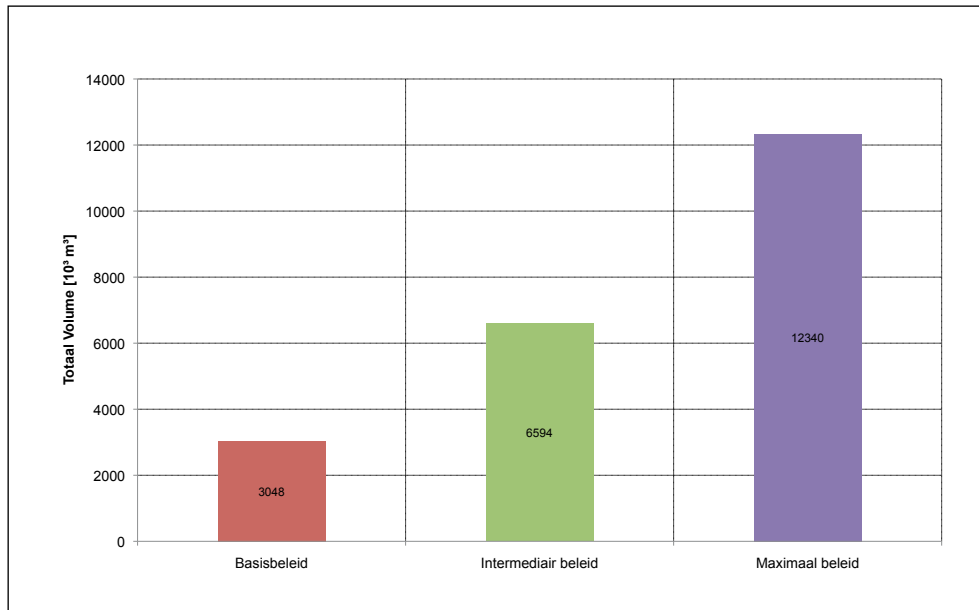
Figuur 6-20: Het aantal bijkomende of uit te breiden GOG's bij de meest optimale alternatieven van 47 modelgebieden met een geoptimaliseerd PT-beleid (holle kolom) en MLWV (volle kolom) voor drie beleidsstrategieën



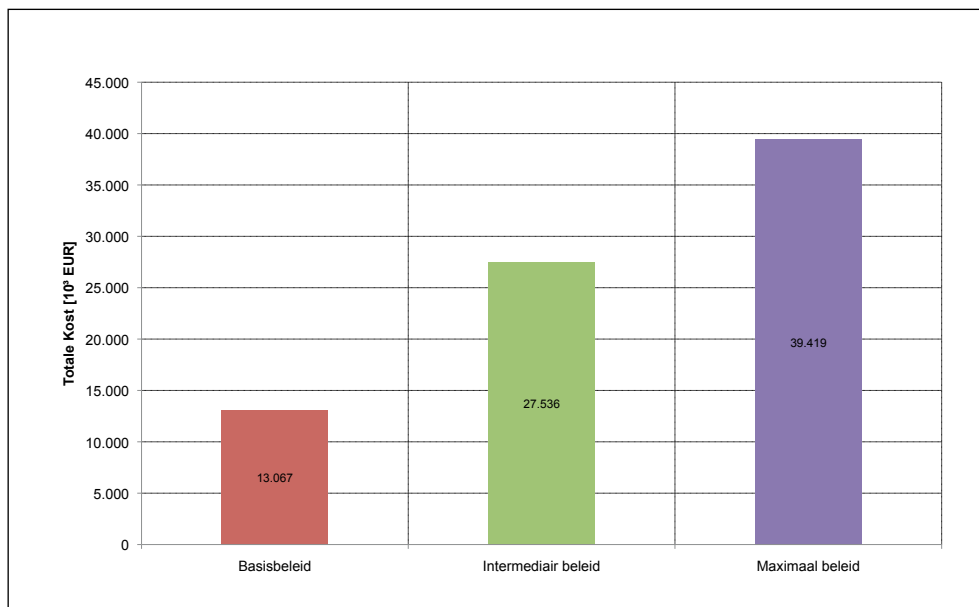
Figuur 6-21: De oppervlakte ingenomen door GOG's bij de meest optimale alternatieven van 47 modelgebieden met MLWV voor drie beleidsstrategieën



Figuur 6-22: Het totale bergingsvolume van de GOG's bij de meest optimale alternatieven van 47 modelgebieden met MLWV voor drie beleidsstrategieën



Figuur 6-23: De totale kostprijs voor het bouwen of uitbreiden van GOG's bij de meest optimale alternatieven van 47 modelgebieden met MLWV voor drie beleidsstrategieën



6.2.2.2 Dijken

Figuur 6-23 geeft per beleidsstrategie het totaal aantal dijkbeschermingen weer voor de meest optimale alternatieven van 47 modelgebieden bij een geoptimaliseerd PT-beleid en bij MLWV. Hierbij wordt een dijkbescherming opgevat als het geheel van dijken voorzien om een bepaalde zone te beschermen.

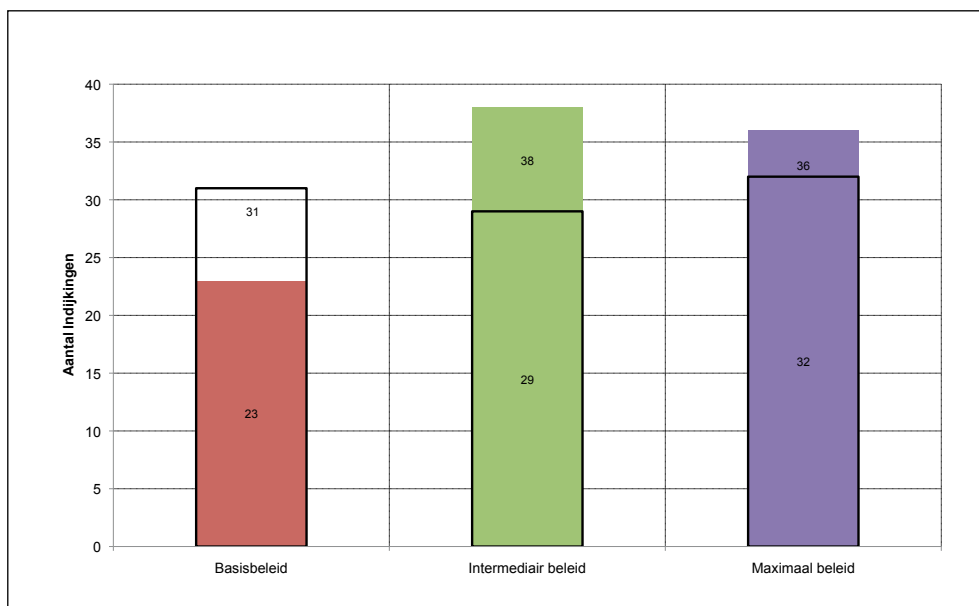
In het geval van een geoptimaliseerd PT-beleid blijft het aantal dijkbeschermingen met 31 bij de basis, 29 bij de intermediaire en 32 bij de maximale beleidsstrategie nagenoeg gelijk. Het aantal modelgebieden waar dijkbescherming toegepast wordt bij de basis, de intermediaire en de maximale beleidsstrategie is respectievelijk 17, 16 en 17 van 47 gebieden.

In het geval van MLWV neemt het aantal dijkbeschermingen toe van 23 bij de basis beleidsstrategie tot 38 bij de intermediaire en 36 bij de maximale beleidsstrategie. Het aantal modelgebieden waar dijkbescherming toegepast wordt bij de basis, de intermediaire en de maximale beleidsstrategie is respectievelijk 15, 19 en 16 van 47 gebieden.

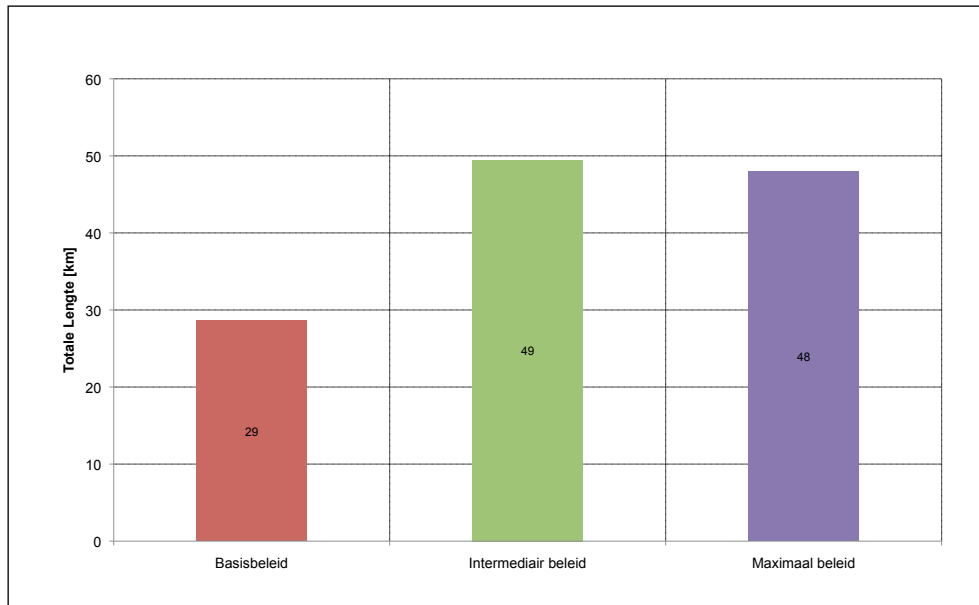
Figuur 6-24 geeft per beleidsstrategie de totale dijk lengte weer voor de meest optimale alternatieven van 47 modelgebieden bij MLWV. De dijk lengte neemt gemiddeld met 70 % toe bij de intermediaire en de maximale beleidsstrategie.

Figuur 6-25 geeft per beleidsstrategie de totale kostprijs van de dijkwerken weer voor de meest optimale alternatieven van 47 modelgebieden bij MLWV. De kostprijs bij de intermediaire en de maximale beleidsstrategie bedraagt meer dan het dubbel van de kostprijs bij de basis beleidsstrategie.

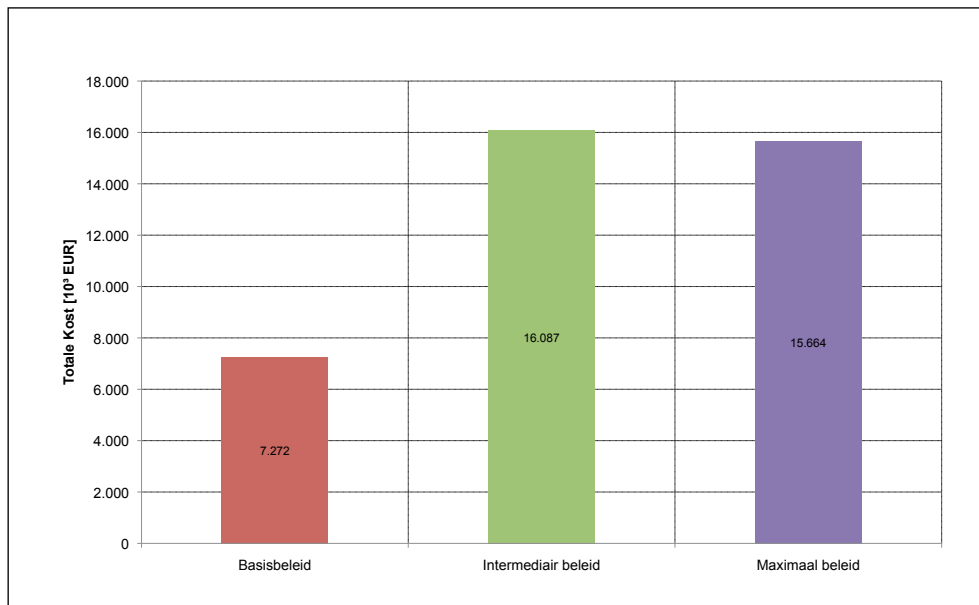
Figuur 6-24: Het aantal dijkbeschermingen bij de meest optimale alternatieven van 47 modelgebieden voor drie beleidsstrategieën bij een geoptimaliseerd PT-beleid (holle kolom) en bij MLWV (volle kolom)



Figuur 6-25: De totale dijklengthe bij de meest optimale alternatieven van 47 modelgebieden met MLWV voor drie beleidsstrategieën



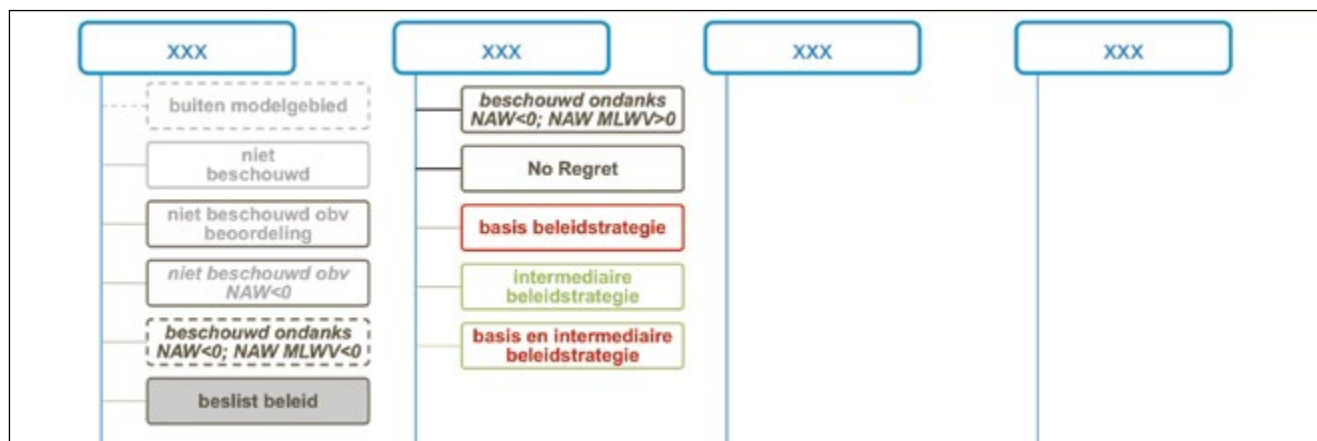
Figuur 6-26: De totale kostprijs voor dijkwerken bij de meest optimale alternatieven van 47 modelgebieden met MLWV voor drie beleidsstrategieën



6.2.2.3 Overzicht resultaten ORBP-analyses PT-maatregelen

In wat volgt, wordt per modelgebied een figuur getoond met de resultaten van de ORBP-analyses van de PT-maatregelen. Aan de hand van de legende in figuur 6-27 wordt per maatregel het resultaat van de analyse weergegeven. Aanvullend wordt aangeduid of een maatregel als optimum weerhouden wordt bij de basis beleidsstrategie, de intermediaire beleidsstrategie of zowel bij de basis als de intermediaire beleidsstrategie.

Figuur 6-27: De legende toegepast op de figuren met het overzicht van de resultaten van de ORBP-analyses van de PT-maatregelen



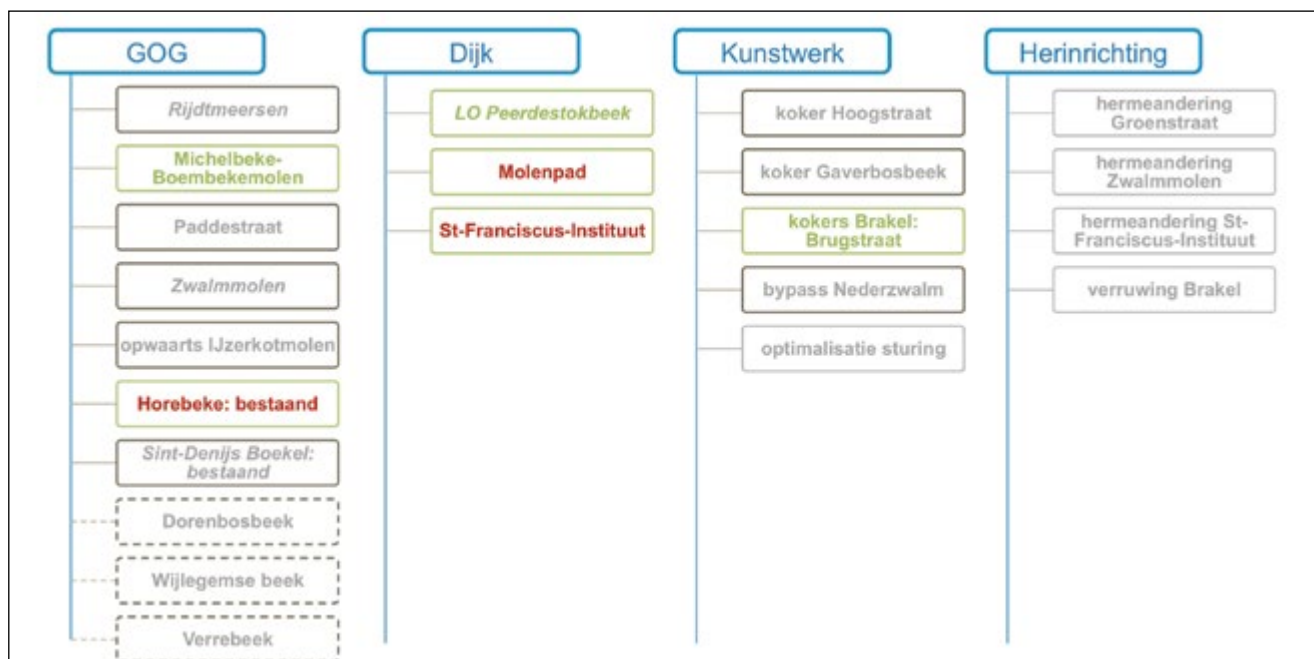
a) Oost-Vlaanderen

Figuur 6-28 tot en met figuur 6-35 geven een overzicht van de resultaten van de ORBP-analyses van de PT-maatregelen van de modelgebieden van de buitendienst Oost-Vlaanderen van de VMM.

Figuur 6-28: Overzicht van de resultaten van de ORBP-analyses van de PT-maatregelen van het modelgebied van de Gaverbeek op basis van de legende in figuur 6-27



Figuur 6-29: Overzicht van de resultaten van de ORBP-analyses van de PT-maatregelen van het modelgebied van de Zwalm op basis van de legende in figuur 6-27



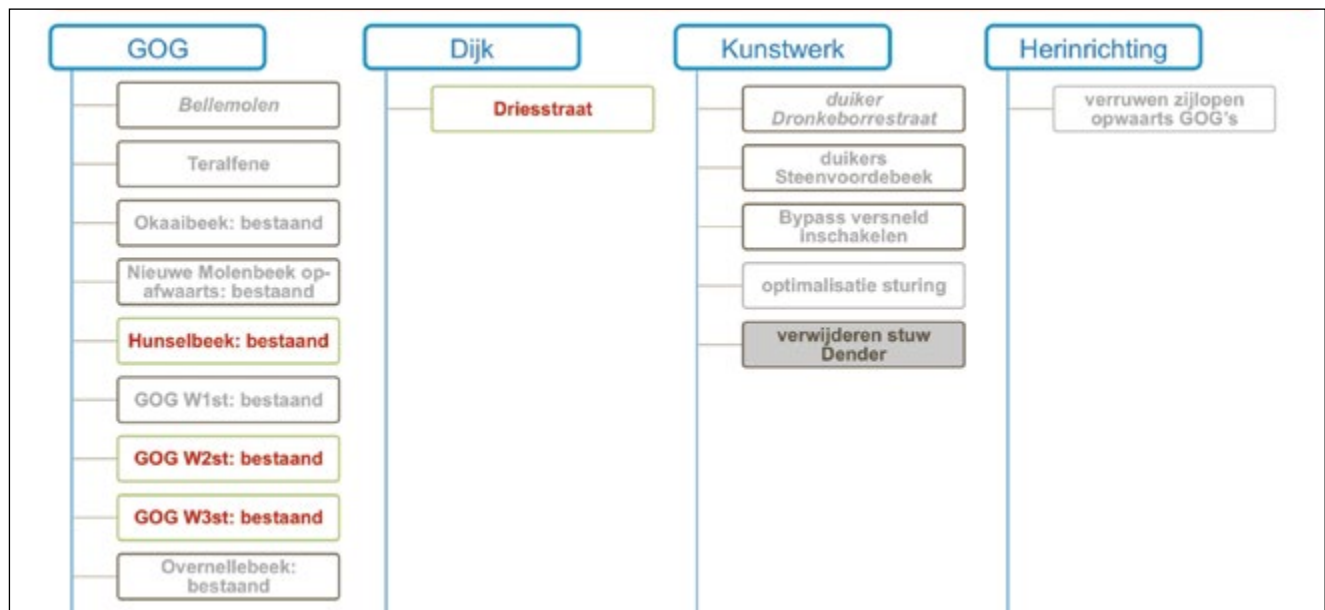
Figuur 6-30: Overzicht van de resultaten van de ORBP-analyses van de PT-maatregelen van het modelgebied van de Maarkebeek op basis van de legende in figuur 6-27



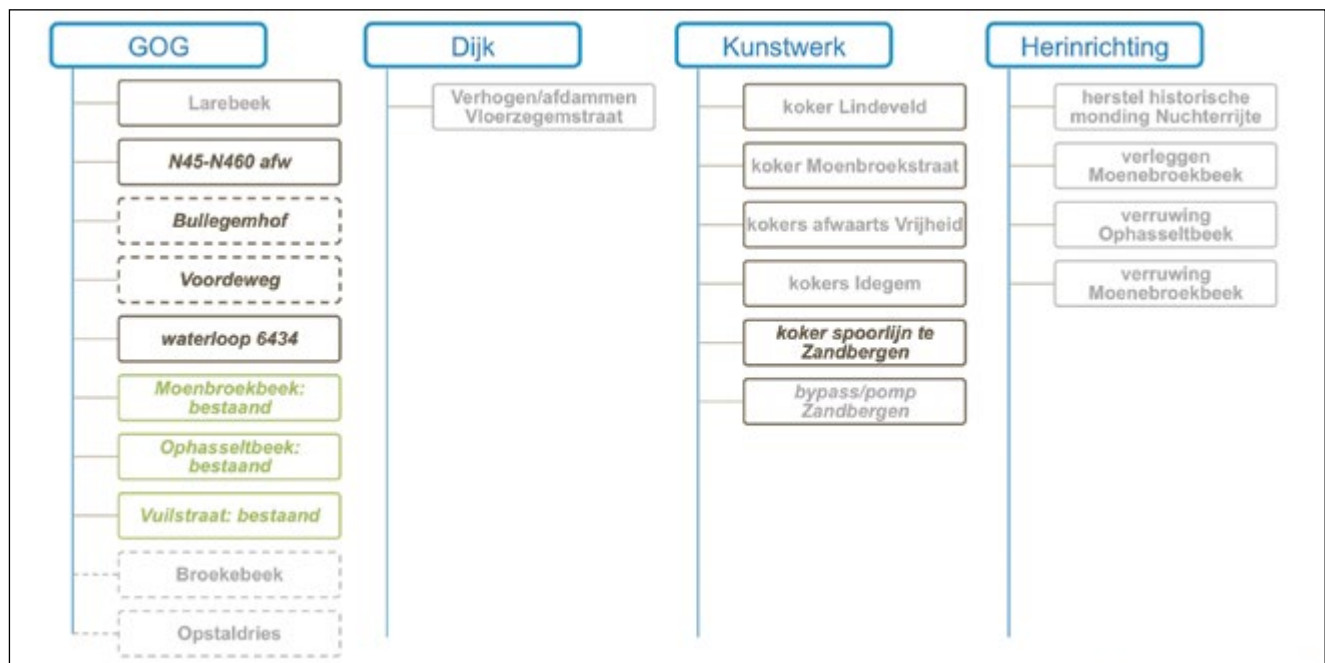
Figuur 6-31: Overzicht van de resultaten van de ORBP-analyses van de PT-maatregelen van het modelgebied van de Marke op basis van de legende in figuur 6-27



Figuur 6-32: Overzicht van de resultaten van de ORBP-analyses van de PT-maatregelen van het modelgebied van de Bellebeek op basis van de legende in figuur 6-27



Figuur 6-33: Overzicht van de resultaten van de ORBP-analyses van de PT-maatregelen van het modelgebied van de Molenbeek Zandbergen op basis van de legende in figuur 6-27



Figuur 6-34: Overzicht van de resultaten van de ORBP-analyses van de PT-maatregelen van het modelgebied van de Molenbeek Erpe-Mere op basis van de legende in figuur 6-27



Figuur 6-35: Overzicht van de resultaten van de ORBP-analyses van de PT-maatregelen van het modelgebied van de Molenbeek Wetteren op basis van de legende in figuur 6-27



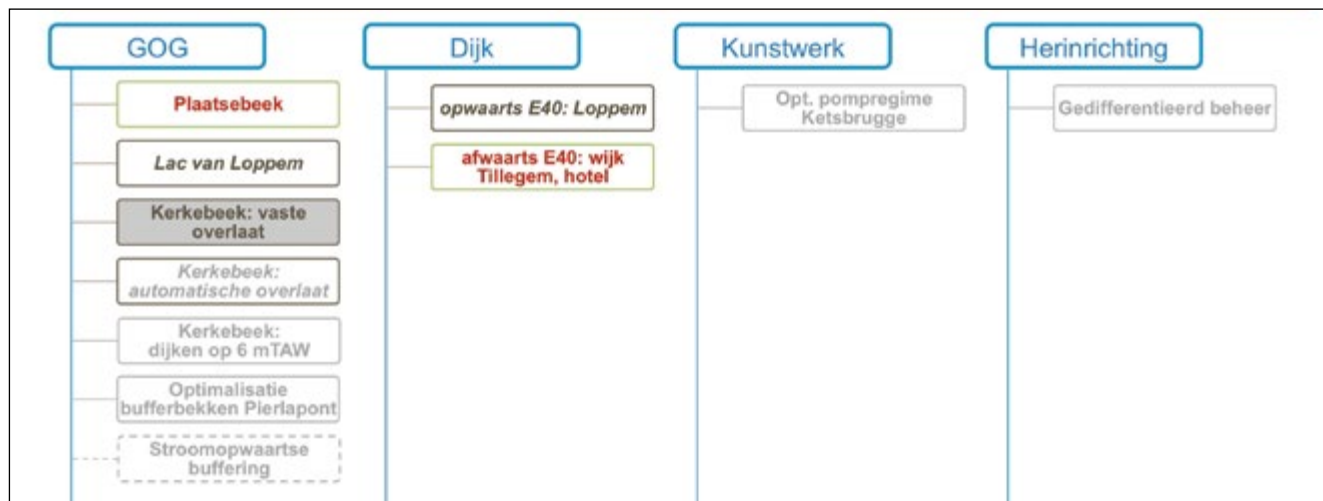
b) West-Vlaanderen

Figuur 6-36 tot en met figuur 6-44 geven een overzicht van de resultaten van de ORBP-analyses van de PT-maatregelen van de modelgebieden van de buitendienst West-Vlaanderen van de VMM. Voor het modelgebied van de Martjesvaart zijn geen maatregelen in beschouwing genomen.

Figuur 6-36: Overzicht van de resultaten van de ORBP-analyses van de PT-maatregelen van het modelgebied van de Rivierbeek op basis van de legende in figuur 6-27



Figuur 6-37: Overzicht van de resultaten van de ORBP-analyses van de PT-maatregelen van het modelgebied van de Kerkebeek op basis van de legende in figuur 6-27



Figuur 6-38: Overzicht van de resultaten van de ORBP-analyses van de PT-maatregelen van het modelgebied van de Heidebeek op basis van de legende in figuur 6-27



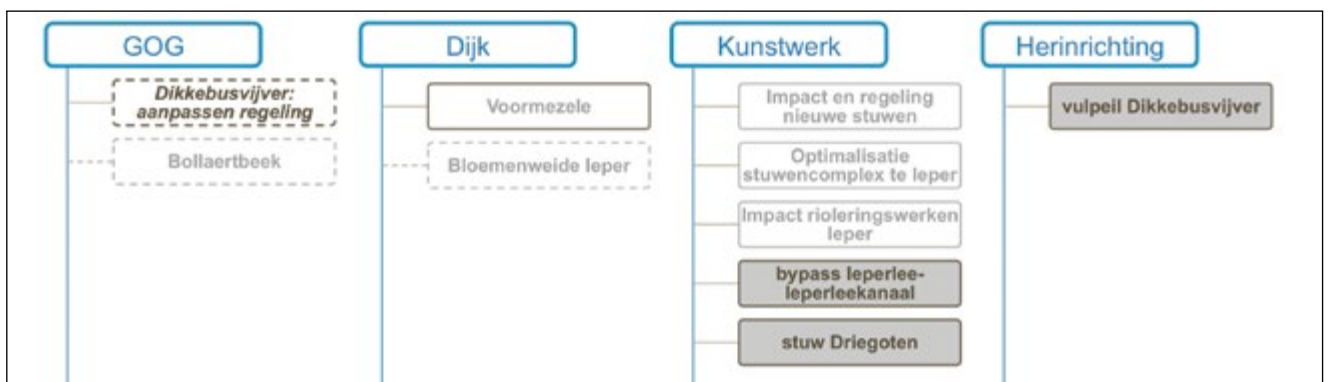
Figuur 6-39: Overzicht van de resultaten van de ORBP-analyses van de PT-maatregelen van het modelgebied van de Poperingevaart op basis van de legende in figuur 6-27



Figuur 6-40: Overzicht van de resultaten van de ORBP-analyses van de PT-maatregelen van het modelgebied van de Kemmelbeek op basis van de legende in figuur 6-27



Figuur 6-41: Overzicht van de resultaten van de ORBP-analyses van de PT-maatregelen van het modelgebied van de Ieperlee op basis van de legende in figuur 6-27



Figuur 6-42: Overzicht van de resultaten van de ORBP-analyses van de PT-maatregelen van het modelgebied van de Blankaart op basis van de legende in figuur 6-27



Figuur 6-43: Overzicht van de resultaten van de ORBP-analyses van de PT-maatregelen van het modelgebied van de Handzamevaart op basis van de legende in figuur 6-27



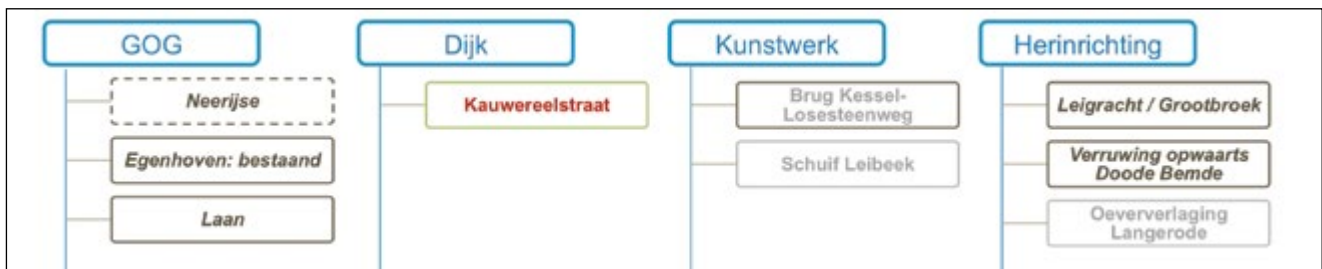
Figuur 6-44: Overzicht van de resultaten van de ORBP-analyses van de PT-maatregelen van het modelgebied van de Heulebeek op basis van de legende in figuur 6-27



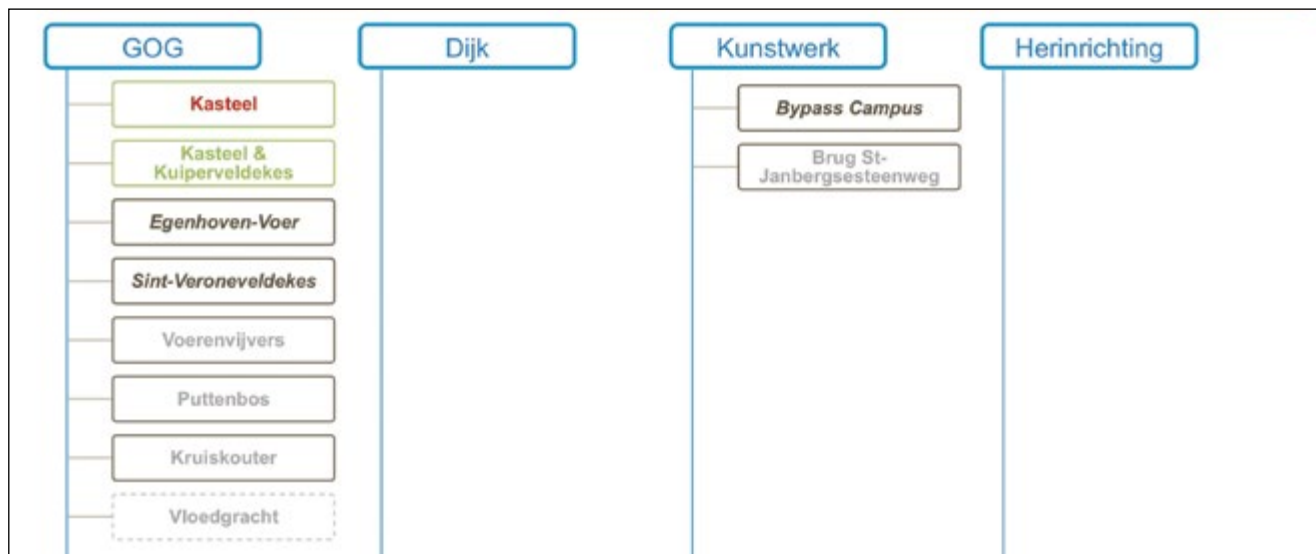
c) Vlaams-Brabant

Figuur 6-45 tot en met figuur 6-52 geven een overzicht van de resultaten van de ORBP-analyses van de PT-maatregelen van de modelgebieden van de buitendienst Vlaams-Brabant van de VMM.

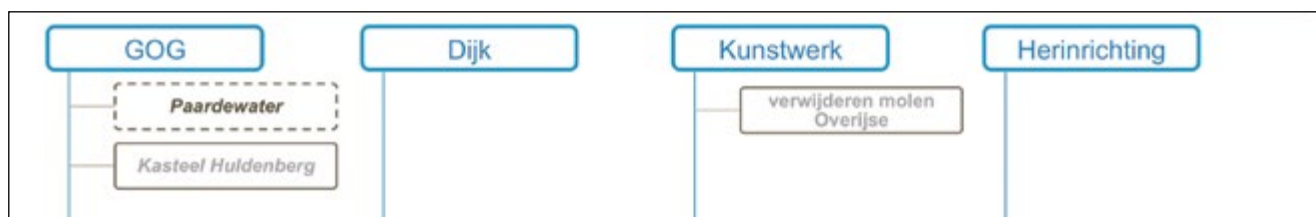
Figuur 6-45: Overzicht van de resultaten van de ORBP-analyses van de PT-maatregelen van het modelgebied van de Dijle op basis van de legende in figuur 6-27



Figuur 6-46: Overzicht van de resultaten van de ORBP-analyses van de PT-maatregelen van het modelgebied van de Voer op basis van de legende in figuur 6-27



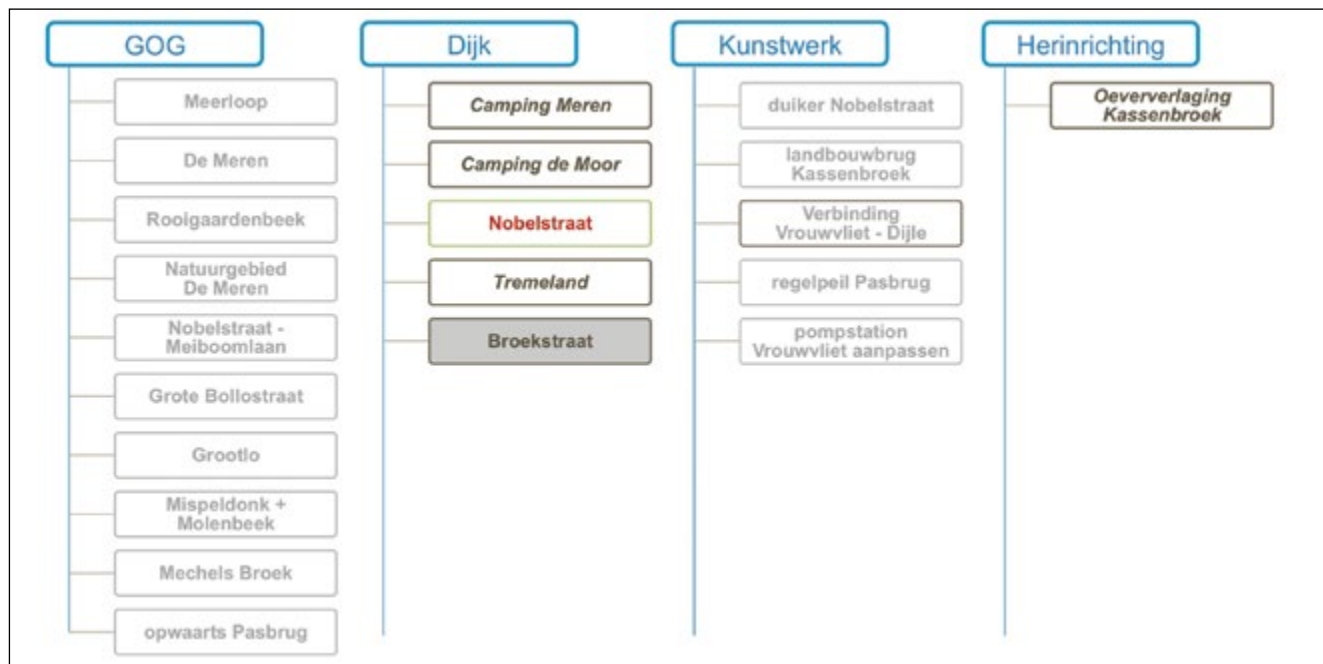
Figuur 6-47: Overzicht van de resultaten van de ORBP-analyses van de PT-maatregelen van het modelgebied van de IJse op basis van de legende in figuur 6-27



Figuur 6-48: Overzicht van de resultaten van de ORBP-analyses van de PT-maatregelen van het modelgebied van de Laan op basis van de legende in figuur 6-27



Figuur 6-49: Overzicht van de resultaten van de ORBP-analyses van de PT-maatregelen van het modelgebied van de Vrouwvliet op basis van de legende in figuur 6-27



Figuur 6-50: Overzicht van de resultaten van de ORBP-analyses van de PT-maatregelen van het modelgebied van de Winge op basis van de legende in figuur 6-27



Figuur 6-51: Overzicht van de resultaten van de ORBP-analyses van de PT-maatregelen van het modelgebied van de Zenne op basis van de legende in figuur 6-27



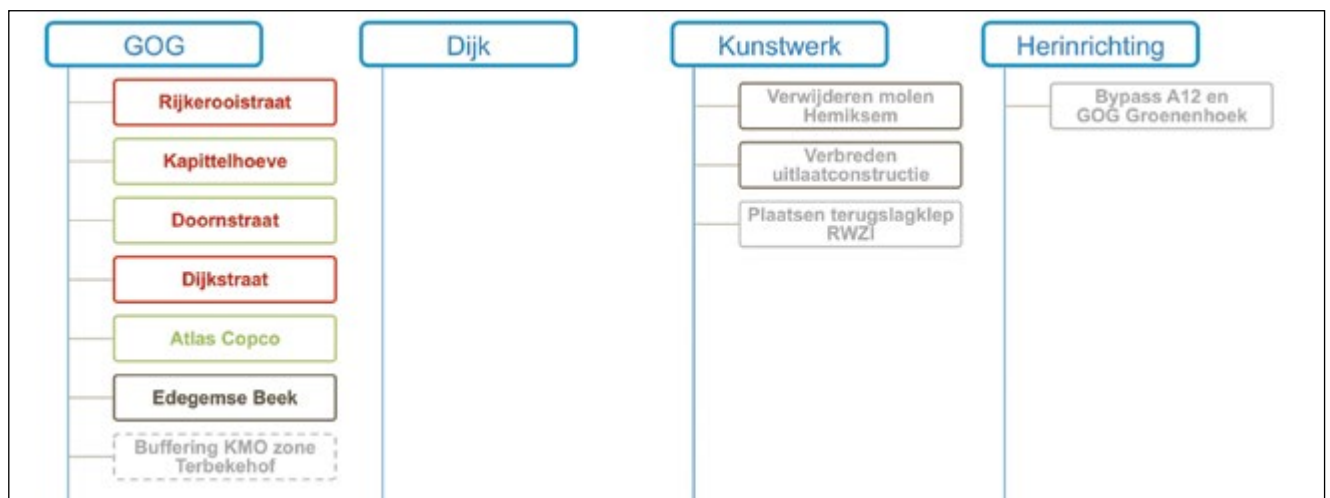
Figuur 6-52: Overzicht van de resultaten van de ORBP-analyses van de PT-maatregelen van het modelgebied van de Zuunbeek op basis van de legende in figuur 6-27



d) Antwerpen

Figuur 6-53 tot en met figuur 6-59 geven een overzicht van de resultaten van de ORBP-analyses van de PT-maatregelen van de modelgebieden van de buitendienst Antwerpen van VMM. Voor de modelgebieden van de Grote Laak en de Mark zijn geen maatregelen in beschouwing genomen.

Figuur 6-53: Overzicht van de resultaten van de ORBP-analyses van de PT-maatregelen van het modelgebied van de Benedenvliet op basis van de legende in figuur 6-27



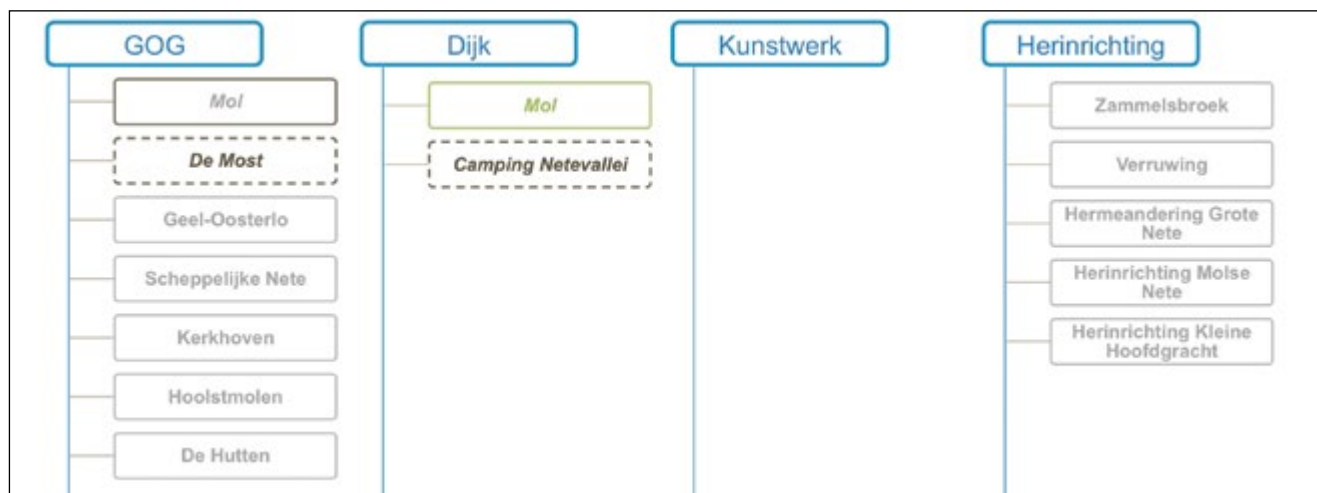
Figuur 6-54: Overzicht van de resultaten van de ORBP-analyses van de PT-maatregelen van het modelgebied van het Schijn op basis van de legende in figuur 6-27



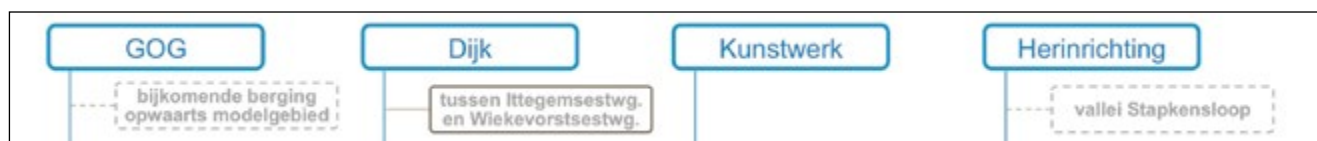
Figuur 6-55: Overzicht van de resultaten van de ORBP-analyses van de PT-maatregelen van het modelgebied van de Vliet-Molenbeek op basis van de legende in figuur 6-27



Figuur 6-56: Overzicht van de resultaten van de ORBP-analyses van de PT-maatregelen van het modelgebied van de Grote Nete op basis van de legende in figuur 6-27



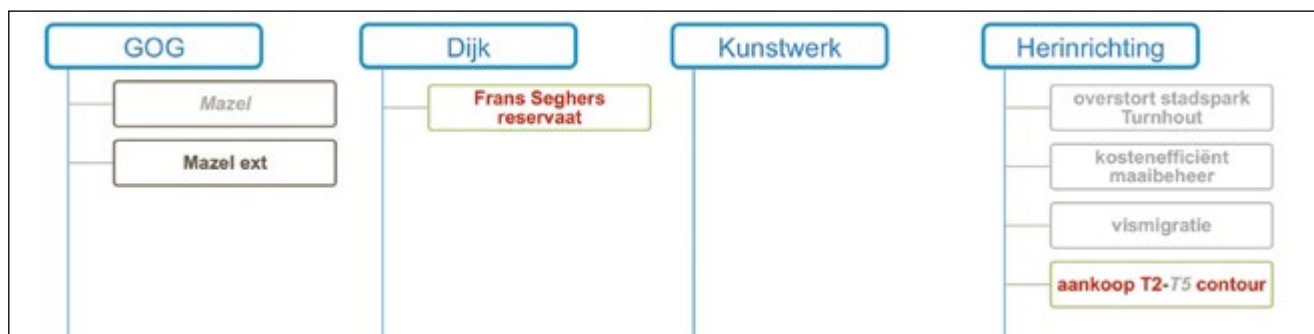
Figuur 6-57: Overzicht van de resultaten van de ORBP-analyses van de PT-maatregelen van het modelgebied van de Wimp op basis van de legende in figuur 6-27



Figuur 6-58: Overzicht van de resultaten van de ORBP-analyses van de PT-maatregelen van het modelgebied van de Kleine Nete op basis van de legende in figuur 6-27



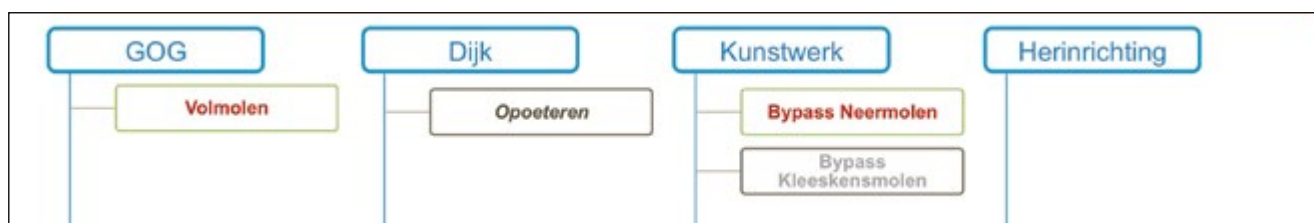
Figuur 6-59: Overzicht van de resultaten van de ORBP-analyses van de PT-maatregelen van het modelgebied van de Aa op basis van de legende in figuur 6-27



e) Limburg

Figuur 6-60 tot en met figuur 6-70 geven een overzicht van de resultaten van de ORBP-analyses van de PT-maatregelen van de modelgebieden van de buitendienst Limburg van de VMM. Voor het modelgebied van de Berwijn zijn geen maatregelen in beschouwing genomen.

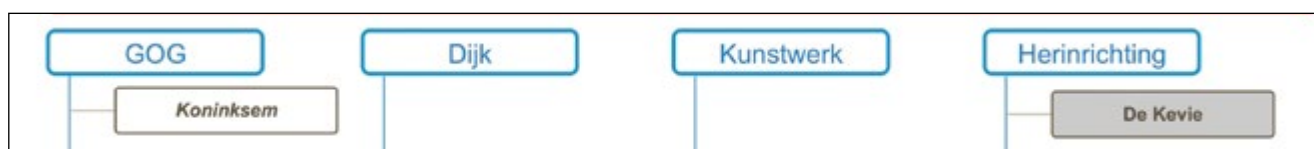
Figuur 6-60: Overzicht van de resultaten van de ORBP-analyses van de PT-maatregelen van het modelgebied van de Bosbeek-Witbeek op basis van de legende in figuur 6-27



Figuur 6-61: Overzicht van de resultaten van de ORBP-analyses van de PT-maatregelen van het modelgebied van de Dommel op basis van de legende in figuur 6-27



Figuur 6-62: Overzicht van de resultaten van de ORBP-analyses van de PT-maatregelen van het modelgebied van de Jeker op basis van de legende in figuur 6-27



Figuur 6-63: Overzicht van de resultaten van de ORBP-analyses van de PT-maatregelen van het modelgebied van de Demer afwaarts op basis van de legende in figuur 6-27



Figuur 6-64: Overzicht van de resultaten van de ORBP-analyses van de PT-maatregelen van het modelgebied van de Demer opwaarts op basis van de legende in figuur 6-27



Figuur 6-65: Overzicht van de resultaten van de ORBP-analyses van de PT-maatregelen van het modelgebied van de Gete op basis van de legende in figuur 6-27



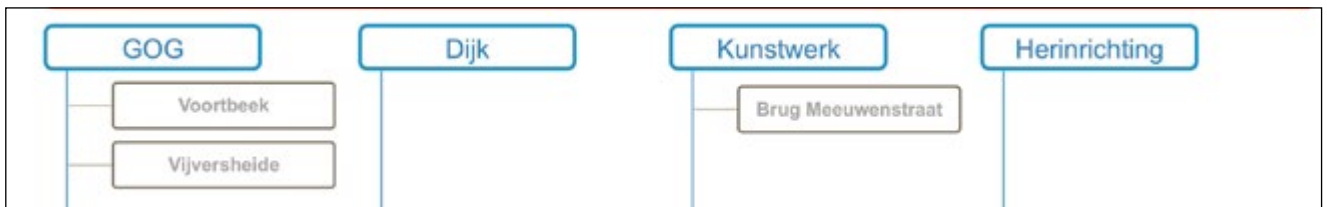
Figuur 6-66: Overzicht van de resultaten van de ORBP-analyses van de PT-maatregelen van het modelgebied van de Melsterbeek op basis van de legende in figuur 6-27



Figuur 6-67: Overzicht van de resultaten van de ORBP-analyses van de PT-maatregelen van het modelgebied van de Herk op basis van de legende in figuur 6-27



Figuur 6-68: Overzicht van de resultaten van de ORBP-analyses van de PT-maatregelen van het modelgebied van de Mangelbeek op basis van de legende in figuur 6-27



Figuur 6-69: Overzicht van de resultaten van de ORBP-analyses van de PT-maatregelen van het modelgebied van de Velp op basis van de legende in figuur 6-27



Figuur 6-70: Overzicht van de resultaten van de ORBP-analyses van de PT-maatregelen van het modelgebied van de Zwartebeek op basis van de legende in figuur 6-27

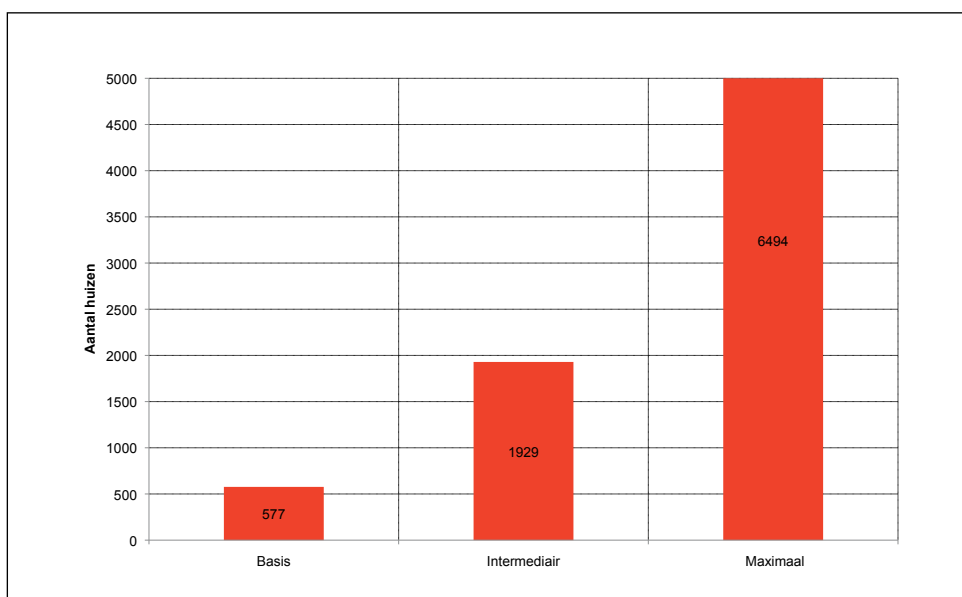


6.2.3 PV-laag

6.2.3.1 Aantallen

Figuur 6-26 geeft per beleidsstrategie van MLWV het totaal aantal resiliënt te bouwen en verbouwen huizen met een grondoppervlakte van 100 m² voor de meest optimale alternatieven van 47 modelgebieden. Ten opzichte van de basis beleidsstrategie verdrievoudigt het aantal huizen bij de intermediaire beleidsstrategie en verelfvoudigt het aantal huizen bij de maximale beleidsstrategie. De sterkere toename van het aantal huizen van de intermediaire beleidsstrategie naar de maximale beleidsstrategie is in hoofdzaak een gevolg van de hogere kostprijs van PV-maatregelen met resiliënt bouwen en verbouwen. Bij de maximale beleidsstrategie worden geen economische criteria beschouwd.

Figuur 6-71: Het aantal huizen met een grondoppervlakte van 100 m² waarop PV-maatregelen met resiliënt bouwen en verbouwen toegepast worden in 2050 binnen 47 modelgebieden met MLWV voor 3 beleidsstrategieën

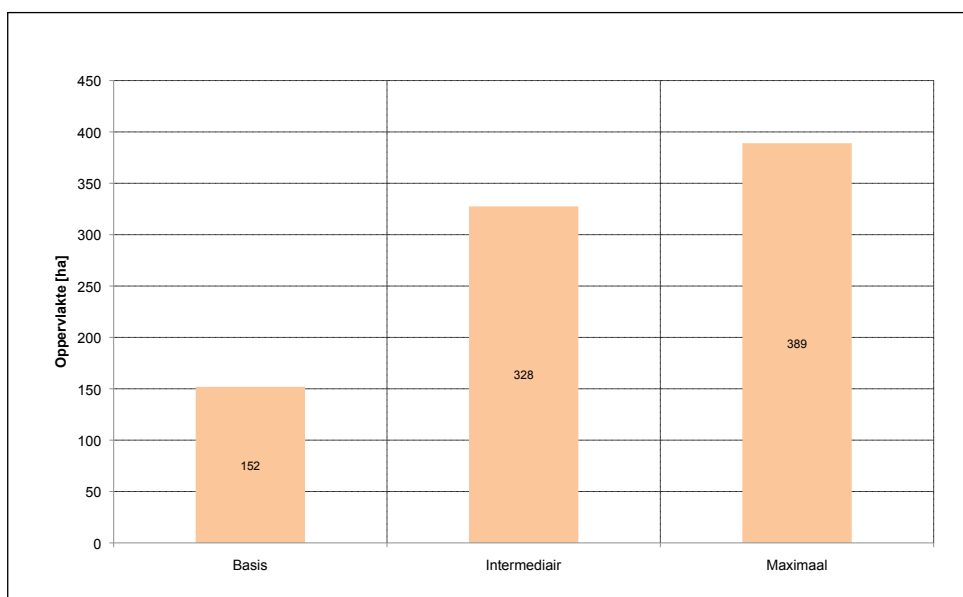


Figuur 6-27 geeft per beleidsstrategie van MLWV de totale oppervlakte waarop PV-maatregelen met bouwstop en grondenuil toegepast worden voor de meest optimale alternatieven van 47 modelgebieden. Ten opzichte van de basis beleidsstrategie neemt

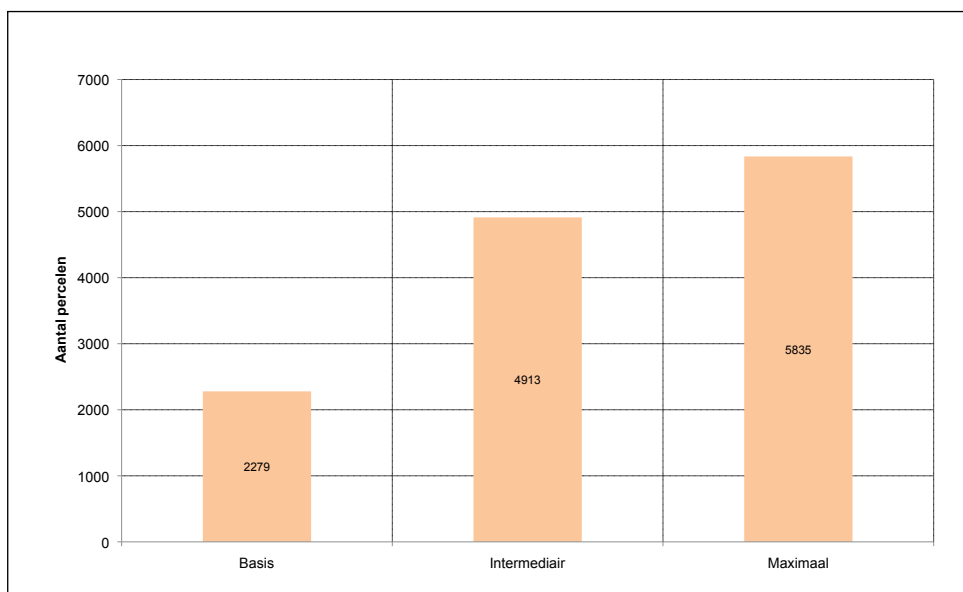
de oppervlakte bij de intermediaire beleidsstrategie toe met een factor 2.2 en bij de maximale beleidsstrategie met een factor 2.6. De sterkere toename van de basis beleidsstrategie naar de intermediaire beleidsstrategie is in hoofdzaak een gevolg van de lagere kostprijs van PV-maatregelen met bouwstop en grondenruil.

Figuur 6-28 geeft per beleidsstrategie van MLWV het aantal percelen waarop PV-maatregelen met bouwstop en grondenruil toegepast worden voor de meest optimale alternatieven van 47 modelgebieden. Hierbij is aangenomen dat één hectare 15 bouwpercelen bevat. De verhoudingen tussen de beleidsstrategieën zijn gelijkaardig aan deze bij de oppervlakten.

Figuur 6-72: De grondoppervlakte waarop PV-maatregelen met bouwstop en grondenruil toegepast worden in 2050 binnen 47 modelgebieden met MLWV voor 3 beleidsstrategieën



Figuur 6-73: Het aantal percelen waarop PV-maatregelen met bouwstop en grondenruil toegepast worden in 2050 binnen 47 modelgebieden met MLWV voor 3 beleidsstrategieën



6.2.3.2. Optimale contouren

a) Resiliënt bouwen/verbouwen

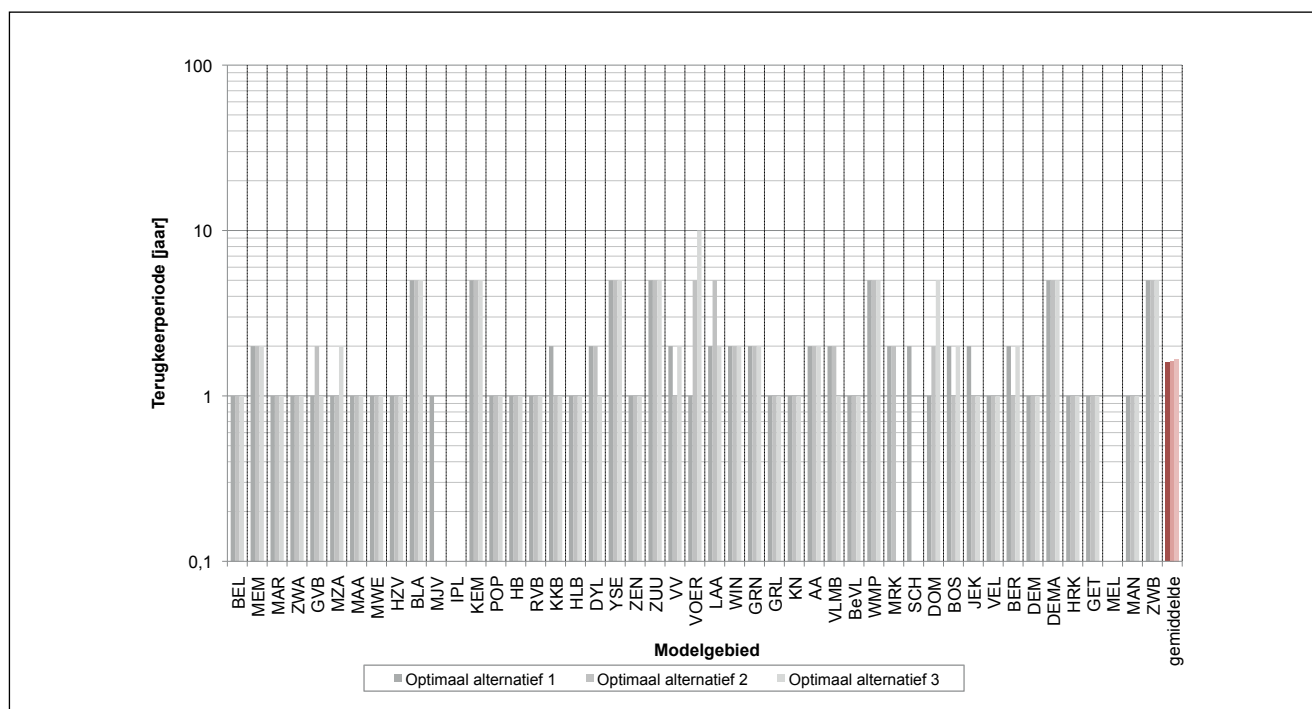
Figuur 6-29, figuur 6-30 en figuur 6-31 geven de terugkeerperioden van overstromen weer van de contouren waarbinnen PV-maatregelen met resiliënt bouwen en verbouwen toegepast worden in de drie meest optimale alternatieven van 47 modelgebieden bij de drie beleidsstrategieën van MLWV. Verder wordt ook het gemiddelde weergegeven.

Bij de basis beleidsstrategie worden de PV-maatregelen met resiliënt bouwen en verbouwen toegepast binnen contouren met terugkeerperioden van overstromen van 1 tot 5 jaar. De PV-maatregelen worden toegepast in 42 tot 45 van de 47 modelgebieden. Gemiddeld worden terugkeerperioden van 1 tot 2 jaar bekomen.

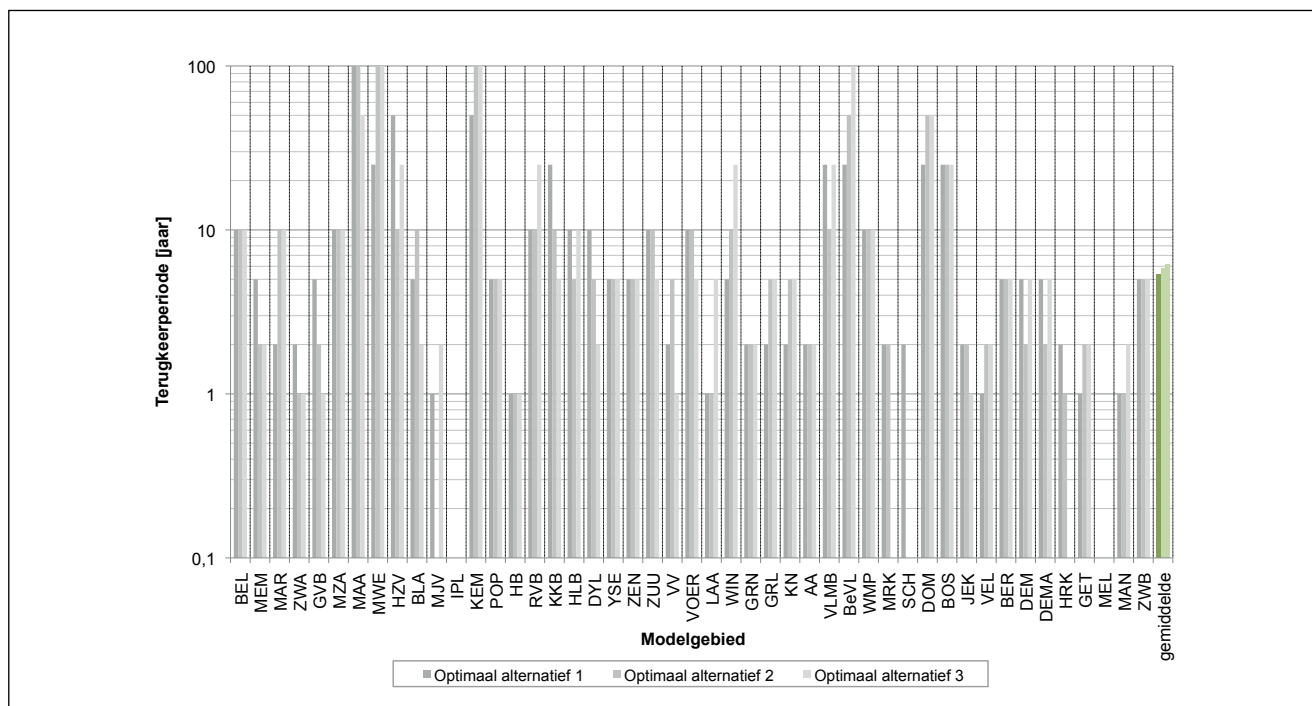
Bij de intermediaire beleidsstrategie worden de PV-maatregelen met resiliënt bouwen en verbouwen toegepast binnen contouren met terugkeerperioden van overstromen van 1 tot 100 jaar. De PV-maatregelen worden toegepast in 42 tot 45 van de 47 modelgebieden. Gemiddeld worden terugkeerperioden van 5 tot 10 jaar bekomen.

Bij de maximale beleidsstrategie worden de PV-maatregelen met resiliënt bouwen en verbouwen toegepast binnen contouren met terugkeerperioden van overstromen van 2 tot 100 jaar. De PV-maatregelen worden toegepast in alle modelgebieden. Gemiddeld wordt een terugkeerperiode van 50 jaar bekomen.

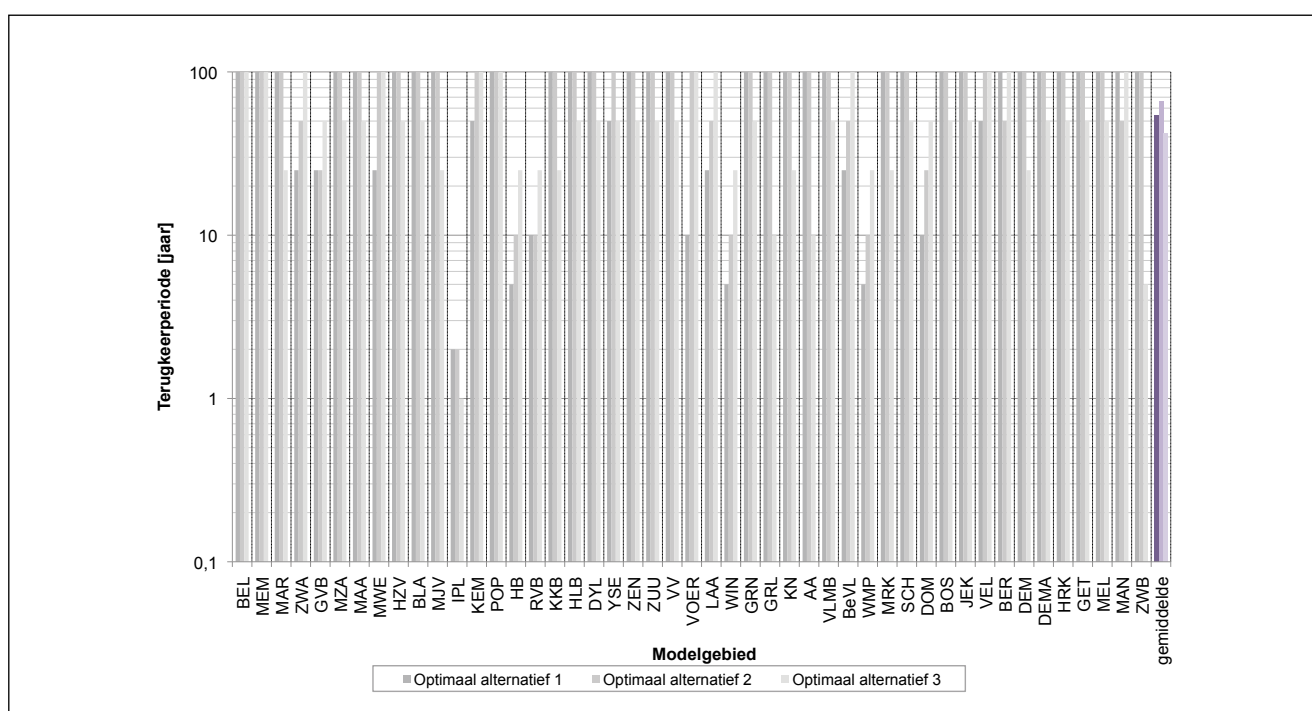
Figuur 6-74: De terugkeerperioden van overstromen van de contouren waarbinnen PV-maatregelen met resiliënt bouwen en verbouwen toegepast worden in 2050 voor de 3 meest optimale alternatieven van 47 modelgebieden bij de basis beleidsstrategie van MLWV en het gemiddelde van de terugkeerperioden



Figuur 6-75: De terugkeerperioden van overstromen van de contouren waarbinnen PV-maatregelen met resiliënt bouwen en verbouwen toegepast worden in 2050 voor de 3 meest optimale alternatieven van 47 modelgebieden bij de intermediaire beleidsstrategie van MLWV en het gemiddelde van de terugkeerperioden



Figuur 6-76: De terugkeerperioden van overstromen van de contouren waarbinnen PV-maatregelen met resiliënt bouwen en verbouwen toegepast worden in 2050 voor de 3 meest optimale alternatieven van 47 modelgebieden bij de maximale beleidsstrategie van MLWV en het gemiddelde van de terugkeerperioden



b) Bouwstop met grondenruil

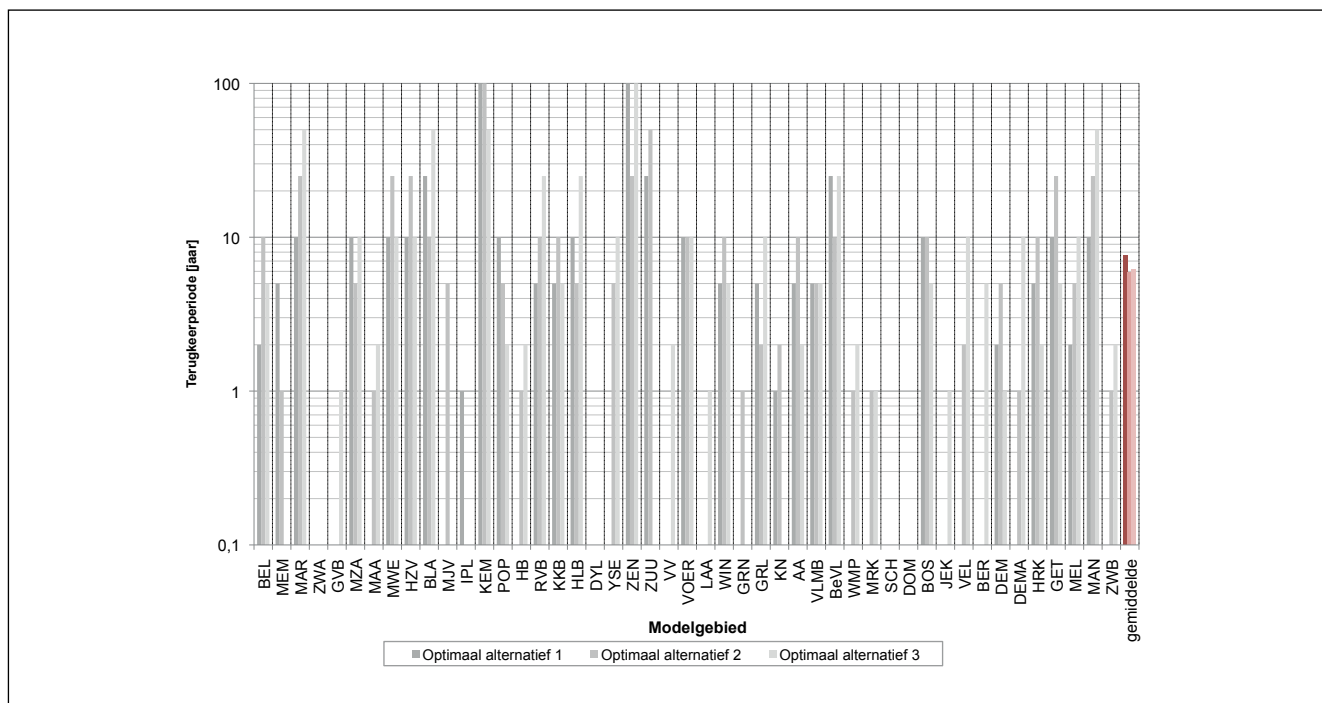
Figuur 6-32, figuur 6-33 en figuur 6-34 geven de terugkeerperioden van overstromen weer van de contouren waarbinnen PV-maatregelen met bouwstop en grondenruil toegepast worden in de drie meest optimale alternatieven van 47 modelgebieden bij de drie beleidsstrategieën van MLWV. Verder wordt ook het gemiddelde weergegeven.

Bij de basis beleidsstrategie worden de PV-maatregelen met bouwstop en grondenruil toegepast binnen contouren met terugkeerperioden van overstromen van 1 tot 100 jaar. De PV-maatregelen worden toegepast in 28 tot 37 van de 47 modelgebieden. Gemiddeld worden terugkeerperioden van 5 tot 10 jaar bekomen.

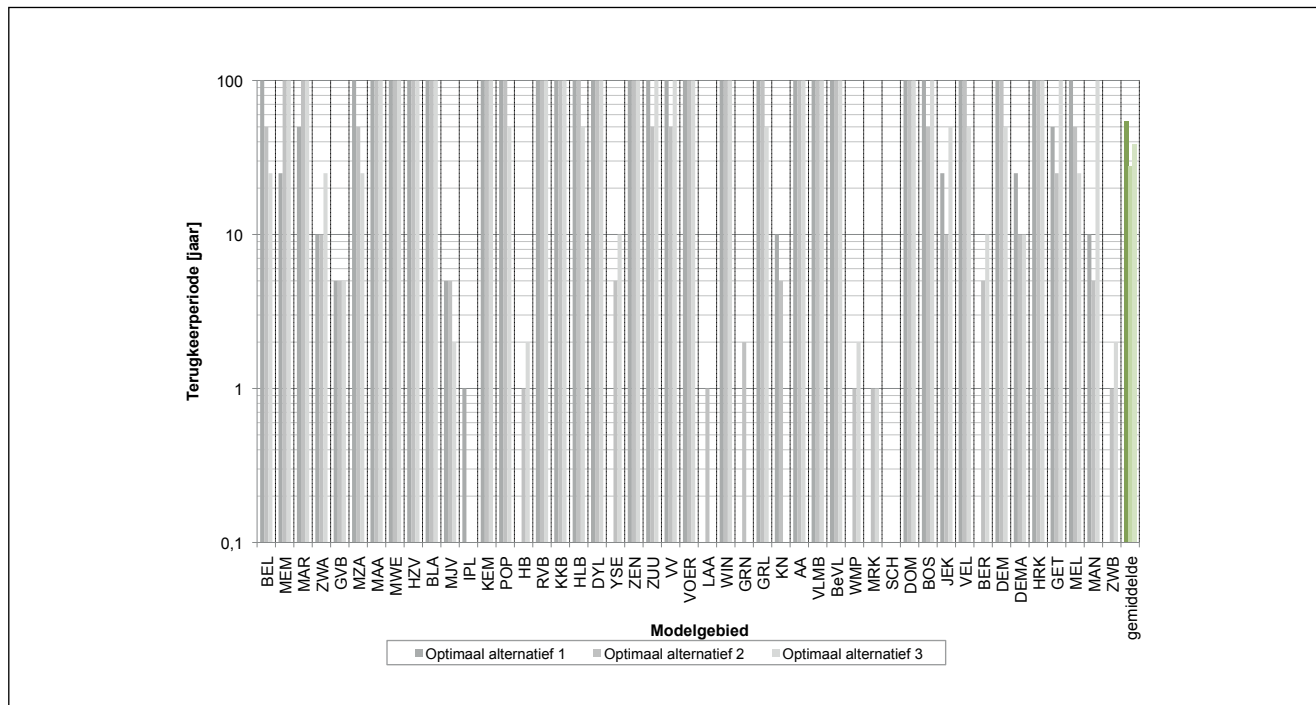
Bij de intermediaire beleidsstrategie worden de PV-maatregelen met bouwstop en grondenruil toegepast binnen contouren met terugkeerperioden van overstromen van 1 tot 100 jaar. De PV-maatregelen worden toegepast in 38 tot 45 van de 47 modelgebieden. Gemiddeld worden terugkeerperioden van 25 tot 50 jaar bekomen.

Bij de maximale beleidsstrategie worden de PV-maatregelen met bouwstop en grondenruil toegepast binnen contouren met terugkeerperioden van overstromen van 50 tot 100 jaar. De PV-maatregelen worden toegepast in 43 tot 44 van de 47 modelgebieden. Gemiddeld wordt een terugkeerperiode van 100 jaar bekomen.

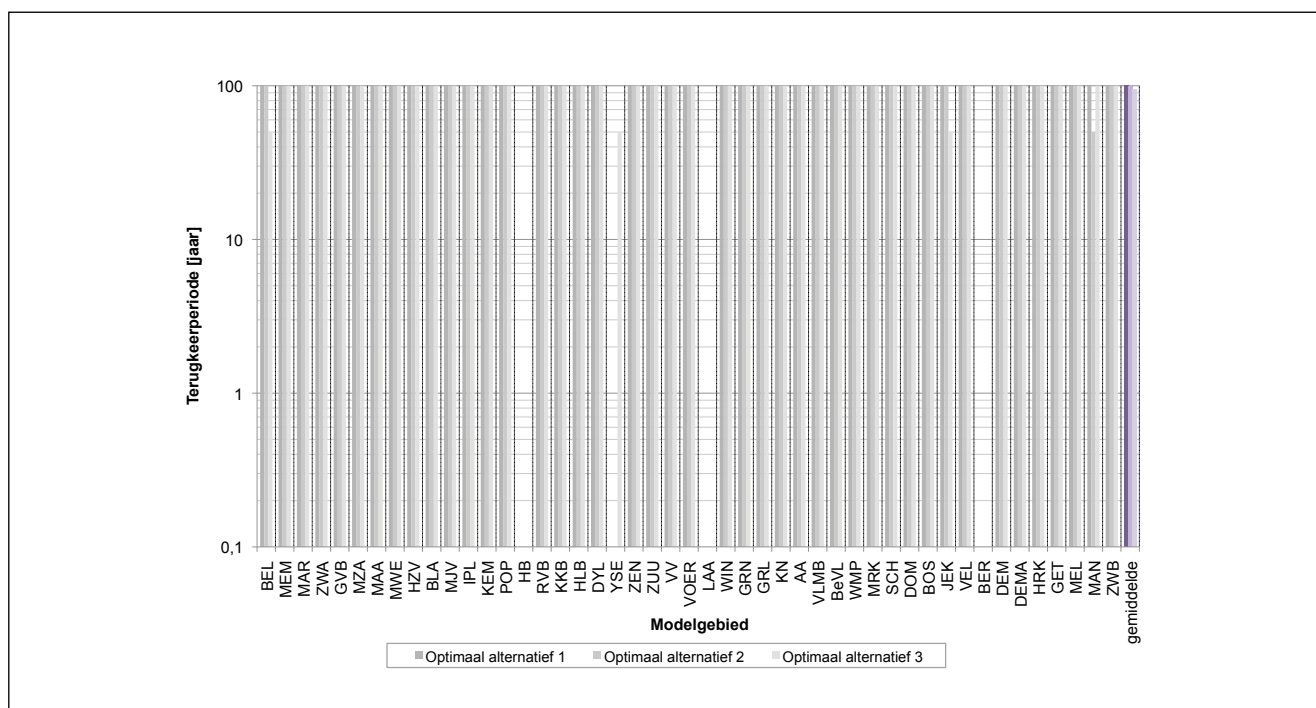
Figuur 6-77: De terugkeerperioden van overstromen van de contouren waarbinnen PV-maatregelen met bouwstop en grondenruil toegepast worden in 2050 voor de 3 meest optimale alternatieven van 47 modelgebieden bij de basis beleidsstrategie van MLWV en het gemiddelde van de terugkeerperioden



Figuur 6-78: De terugkeerperioden van overstromen van de contouren waarbinnen PV-maatregelen met bouwstop en grondenruil toegepast worden in 2050 voor de 3 meest optimale alternatieven van 47 modelgebieden bij de intermediaire beleidsstrategie van MLWV en het gemiddelde van de terugkeerperioden



Figuur 6-79: De terugkeerperioden van overstromen van de contouren waarbinnen PV-maatregelen met bouwstop en grondenruil toegepast worden in 2050 voor de 3 meest optimale alternatieven van 47 modelgebieden bij de maximale beleidsstrategie van MLWV en het gemiddelde van de terugkeerperioden



c) Resiliënt verbouwen en bouwstop met grondenruil

Tabel 6-2 geeft voor de drie meest optimale alternatieven van 47 modelgebieden bij de drie beleidsstrategieën van MLWV een overzicht van het aantal modelgebieden en de gemiddelde terugkeerperioden van de contouren waar PV-maatregelen met resiliënt bouwen en verbouwen en PV-maatregelen met bouwstop en grondenruil toegepast worden. Dit houdt in dat geen bijkomende huizen gebouwd worden en dat bestaande huizen resiliënt verbouwd worden.

De tabel geeft aan dat het gemiddeld aantal modelgebieden waar PV-maatregelen met resiliënt bouwen en verbouwen toegepast worden bij de drie beleidsstrategieën groter is dan het aantal modelgebieden waar PV-maatregelen met bouwstop en grondenruil toegepast worden. Dit houdt in dat in een aantal modelgebieden enkel PV-maatregelen met resiliënt bouwen en verbouwen toegepast worden. Het betreft in de eerste plaats gebieden met een beperkte uitbreiding van de verstedelijkte landgebruiken onder invloed van autonome ontwikkeling.

Verder geeft de tabel aan dat de gemiddelde terugkeerperiode van overstromen van de contouren waar PV-maatregelen met resiliënt bouwen en verbouwen toegepast worden bij de drie beleidsstrategieën kleiner is dan de gemiddelde terugkeerperiode van overstromen van de contouren waar PV-maatregelen met bouwstop en grondenruil toegepast worden. Dit houdt verband met de lagere kostprijs die in rekening gebracht wordt voor PV-maatregelen met bouwstop en grondenruil.

Tot slot geeft de tabel de gemiddelde terugkeerperiode van overstromen van de contouren waar PV-maatregelen met resiliënt bouwen en verbouwen gecombineerd worden met PV-maatregelen met bouwstop en grondenruil in de drie meest optimale alternatieven van 47 modelgebieden bij de drie beleidsstrategieën. Onderstaand volgt een overzicht per beleidsstrategie.

Bij de basis beleidsstrategie worden de PV-maatregelen met resiliënt verbouwen in combinatie met bouwstop en grondenruil toegepast in 18 tot 28 van de 47 modelgebieden. Gemiddeld worden terugkeerperioden van 1 tot 2 jaar bekomen.

Bij de intermediaire beleidsstrategie worden de PV-maatregelen met resiliënt verbouwen in combinatie met bouwstop en grondenruil toegepast in 38 tot 45 van de 47 modelgebieden. Gemiddeld worden terugkeerperioden van 5 tot 10 jaar bekomen.

Bij de maximale beleidsstrategie worden de PV-maatregelen met resiliënt verbouwen in combinatie met bouwstop en grondenruil toegepast in 43 tot 44 van de 47 modelgebieden. Gemiddeld wordt een terugkeerperiode van 50 jaar bekomen.

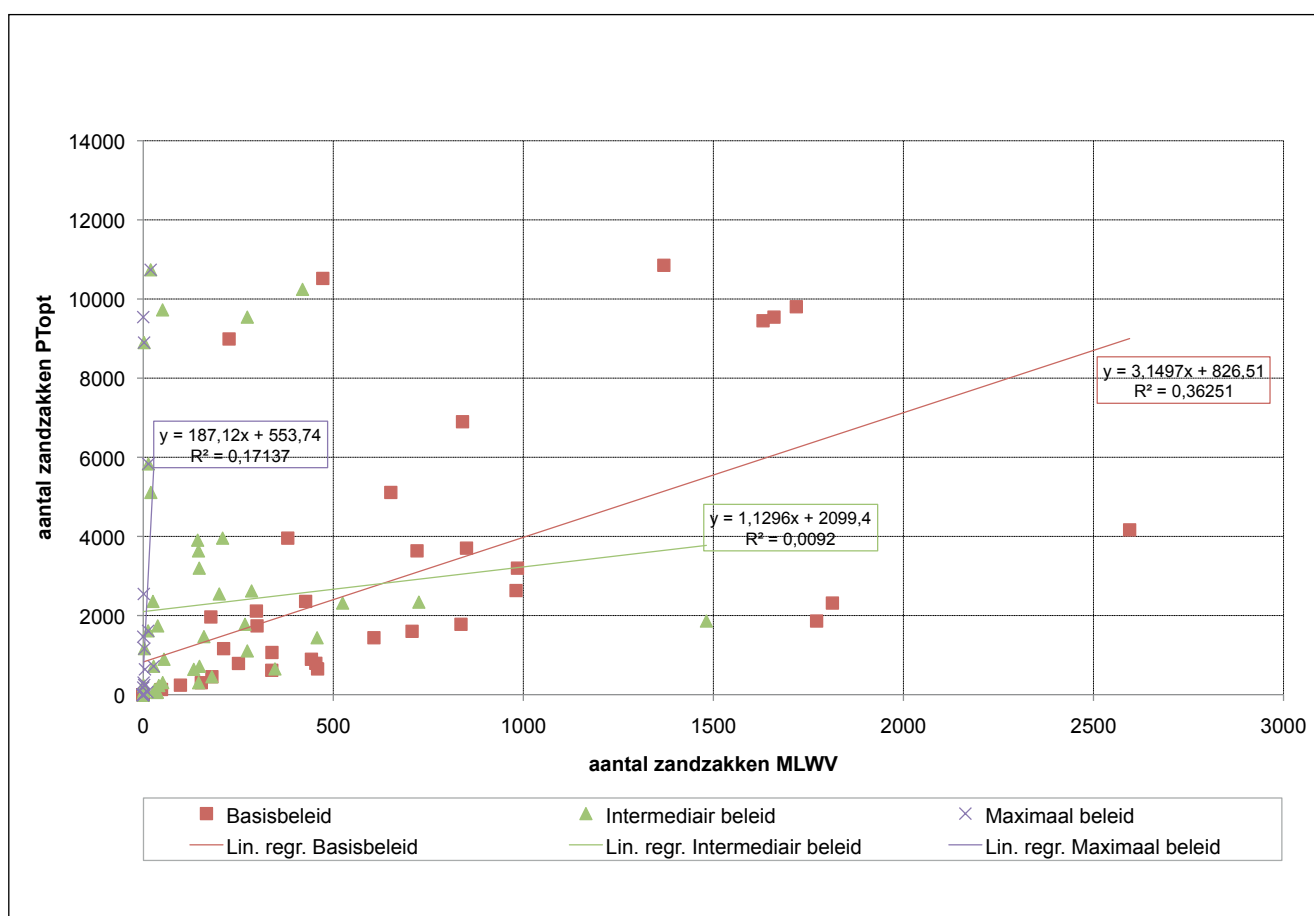
Tabel 6-2: Overzicht van het aantal modelgebieden en de gemiddelde terugkeerperioden van de contouren waar PV-maatregelen met resiliënt bouwen en verbouwen en PV-maatregelen met bouwstop en grondenruil toegepast worden in 2050 binnen de drie meest optimale alternatieven van 47 modelgebieden bij de drie beleidsstrategieën van MLWV

		Basis	Intermediair	Maximaal
PVrs	Aantal gebieden	42-45	42-45	47
	T gem. [jaar]	28-37	5-10	50
PVbs	Aantal gebieden	18-28	38-45	43-44
	T gem. [jaar]	5-10	25-50	100

6.2.4. PP-laag

Figuur 6-35 geeft het nodige aantal zandzakken weer in de PP-maatregelen bij het toepassen van Meerlaagse Waterveiligheid tegenover het nodige aantal zandzakken in de PP-maatregelen bij een geoptimaliseerd PT-beleid in de meest optimale alternatieven van 47 modelgebieden en voor drie beleidsstrategieën. Aan de puntenkoppels zijn lineaire regressieverbanden afgeijkt. De richtingscoëfficiënten geven een indicatie van de verandering van het aantal nodige zandzakken. Zo wordt aangegeven dat het aantal zandzakken bij een geoptimaliseerd PT-beleid 3 maal hoger is in de basis beleidsstrategie, 1,1 maal hoger is bij de intermediaire beleidsstrategie en 187 maal hoger is bij de maximale beleidsstrategie.

Figuur 6-80: Het nodige aantal zandzakken in de PP-maatregelen bij het toepassen van MLWV tegenover een PT-beleid in de meest optimale alternatieven in 2050 van 47 modelgebieden voor de 3 beleidsstrategieën



6.2.5. Baat/kost verhoudingen

Een alternatief is economisch rendabel bij een B/K groter dan 1. In figuur 6-36, figuur 6-37 en figuur 6-38 wordt B/K weergegeven voor de drie meest optimale alternatieven van 47 modelgebieden bij de beschouwde beleidsstrategieën van MLWV. Tevens wordt het gemiddelde weergegeven.

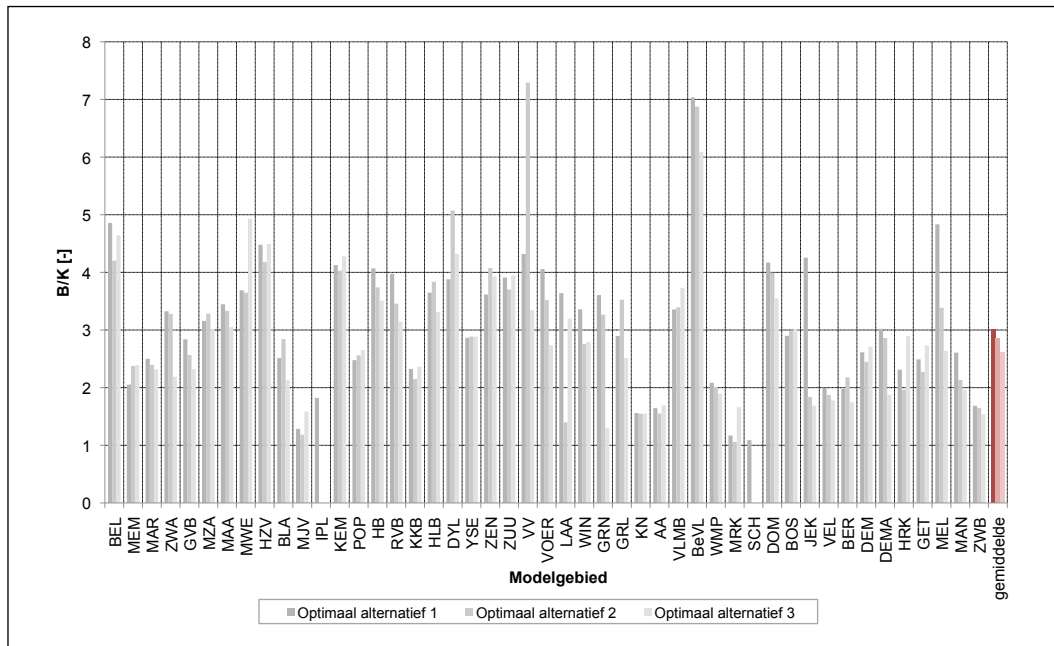
Bij de basis beleidsstrategie worden B/K waarden van 1 tot 7 weergegeven. Gemiddeld wordt een B/K van 3.0 bekomen.

Bij de intermediaire beleidsstrategie worden B/K waarden van 1 tot 4 weergegeven. Gemiddeld wordt een B/K van 1.3 bekomen.

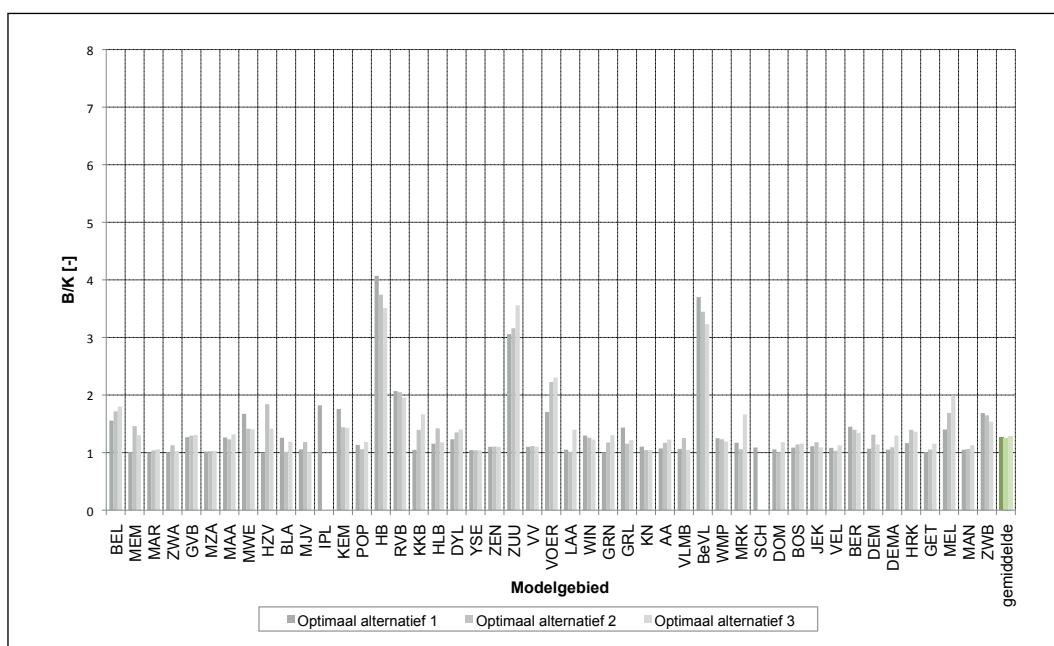
Bij de maximale beleidsstrategie worden B/K waarden van 0.1 tot 3.7 weergegeven. Gemiddeld wordt een B/K van 0.5 bekomen.

Bij de maximale beleidsstrategie worden economische criteria buiten beschouwing gelaten.

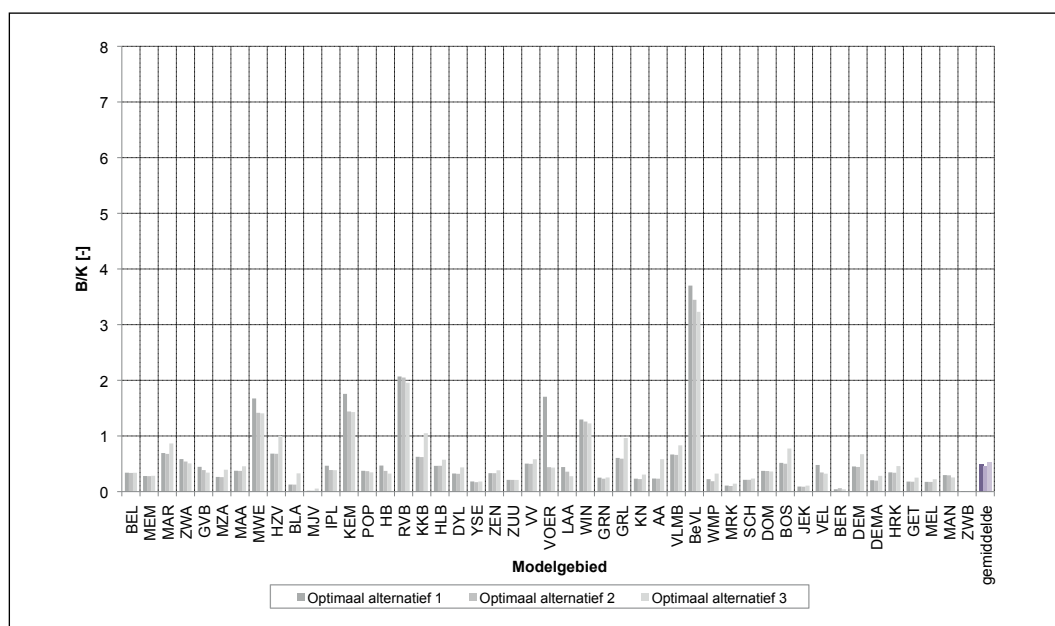
Figuur 6-81: B/K voor de 3 meest optimale alternatieven in 2050 van 47 modelgebieden bij de basis beleidsstrategie van MLWV en de gemiddelde B/K



Figuur 6-82: B/K voor de 3 meest optimale alternatieven in 2050 van 47 modelgebieden bij de intermediaire beleidsstrategie van MLWV en de gemiddelde B/K



Figuur 6-83: B/K voor de 3 meest optimale alternatieven in 2050 van 47 modelgebieden bij de maximale beleidsstrategie van MLWV en de gemiddelde B/K



6.3. Samenvatting

6.3.1. Trends en evoluties

De tijdsevolutie van het risico van 2010 naar 2050 geeft aan dat autonome ontwikkeling, met klimaatverandering en landgebruiksverandering, een sterke impact heeft op zowel het economisch als het sociaal risico. Gemiddeld is het risico in 2050 respectievelijk 42 % tot 54 % hoger dan in 2010. De sterkste toename wordt bekomen in modelgebieden met zowel een aanzienlijke uitbreiding van de overstromingscontouren als een aanzienlijke uitbreiding van de verstedelijkte landgebruiken.

Onder invloed van de basis beleidsstrategie van de Meerlaagse Waterveiligheid wordt een sterke afname bekomen van het economisch risico in 2050. In 40 van de 47 modelgebieden wordt de impact van autonome ontwikkeling te niet gedaan. Gemiddeld wordt in 2050 een afname tot 48 % van het economisch risico in 2010 bekomen. De bijkomende risicodaling op basis van de intermediaire en de maximale beleidsstrategie is beperkt. Gemiddeld wordt in 2050 een afname tot respectievelijk 43 % en 39 % van het risico in 2010 bekomen. Hiermee wordt de impact van autonome ontwikkeling op het economisch risico te niet gedaan.

De basis beleidsstrategie van de Meerlaagse Waterveiligheid leidt ook tot een sterke afname van het sociaal risico in 2050. In 46 van de 47 gebieden wordt de impact van autonome ontwikkeling te niet gedaan. Gemiddeld wordt in 2050 een afname tot 33 % van P@R in 2010 bekomen. De bijkomende daling van het sociaal risico op basis van de intermediaire en de maximale beleidsstrategie is belangrijker dan bij het economisch risico. Deze beleidsstrategieën geven een groter gewicht aan het sociale criterium. Gemiddeld wordt in 2050 een afname tot respectievelijk 23 % en 19 % van het sociaal risico in 2010 bekomen. Hiermee wordt de impact van autonome ontwikkeling op het sociaal risico te niet gedaan.

In het geval van een geoptimaliseerd Protectiebeleid worden bij de drie beleidsstrategieën gemiddeld toenames bekomen van het economisch en het sociaal risico in 2050. Voor wat betreft het economisch risico wordt hooguit in 18 van de 47 modelgebieden de impact van autonome ontwikkeling te niet gedaan. Gemiddeld worden in 2050 toenames bekomen tot 109 % en 116 % van

het risico in 2010. Dit houdt in dat het te verzekeren risico in 2050 meer dan een factor twee groter is bij een geoptimaliseerd PT-beleid dan bij MLWV. Voor wat betreft het sociaal risico wordt hooguit in 19 van de 47 modelgebieden de impact van autonome ontwikkeling te niet gedaan. Gemiddeld worden toenames bekomen tot 116 % en 122 % van P@R in 2010. Dit houdt in dat het aantal mensen dat in 2050 blootgesteld wordt aan overstromingsrisico meer dan een factor drie groter is bij een geoptimaliseerd PT-beleid dan bij MLWV.

6.3.2. MLWV in cijfers

In de daling van het risico in 2050 bij Meerlaagse Waterveiligheid hebben Preventieve maatregelen het grootste aandeel. Voor wat betreft het economisch risico leveren de maatregelen met bouwstop en grondenruil een aanzienlijk belangrijkere bijdrage dan Preventieve maatregelen met resiliënt bouwen en verbouwen. De hogere kostprijs van deze laatste maatregelen speelt hierin een voorname rol. Wanneer alle P-groepen gerangschikt worden volgens afnemend aandeel in de daling van het economisch risico in 2050, komen bij de basis beleidsstrategie Preventieve maatregelen met bouwstop en grondenruil op de eerste plaats met 38 % gevolgd door Protectiemaatregelen met 30 %, Preventieve maatregelen met resiliënt bouwen en verbouwen met 26 % en Paraatheidmaatregelen met 5 %. Bij de intermediaire en de maximale beleidsstrategie treden geen grote verschuivingen op, maar neemt het aandeel van de Paraatheidmaatregelen verder af.

Voor wat betreft het sociaal risico leveren de maatregelen met bouwstop en grondenruil eveneens een aanzienlijk belangrijkere bijdrage dan Preventieve maatregelen met resiliënt bouwen en verbouwen. Wanneer alle P-groepen gerangschikt worden volgens afnemend aandeel in de daling van het sociaal risico in 2050, komen bij de basis beleidsstrategie Preventieve maatregelen met bouwstop en grondenruil op de eerste plaats met 41 % gevolgd door Preventieve maatregelen met resiliënt bouwen en verbouwen met 23 %, Protectiemaatregelen met 22 % en Paraatheidmaatregelen met 14 %. Bij de intermediaire en de maximale beleidsstrategie treden eveneens geen grote verschuivingen op, maar neemt het aandeel van de Paraatheidmaatregelen verder af ten voordele van Protectieve maatregelen en Preventieve maatregelen met bouwstop en grondenruil.

Voor de Protectieve laag van de Meerlaagse Waterveiligheid zijn 241 maatregelen in beschouwing genomen. Deze omvatten in hoofdzaak het voorzien van GOG's en dijkbeschermingen. Verder is een beperkter aantal maatregelen in beschouwing genomen ter bevordering van de doorvoercapaciteit of met een combinatie van de voorgaande maatregelen. Van de beschouwde maatregelen zijn er 141 in dezelfde verhoudingen opgenomen in de scenariogenerator. 78 van deze Protectiemaatregelen zijn economisch rendabel zonder de overige veiligheidslagen van Meerlaagse Waterveiligheid. Hierbij zijn er 39 GOG's en 32 dijkbeschermingen.

Het aantal bestaande of uit te breiden GOG's in de meest optimale alternatieven van de Meerlaagse Waterveiligheid bedraagt 23 tot 38 afhankelijk van de beleidsstrategie. Wanneer uitgegaan wordt van een geoptimaliseerd Protectiebeleid neemt het aantal bij de basis beleidsstrategie toe tot 28. Bij Meerlaagse Waterveiligheid worden tussen de beleidsstrategieën onderling aanzienlijke toenames voorzien van de ruimte ingenomen door, het beschikbare bergingsvolume in en de kostprijs van de GOG's. Zo wordt voor de oppervlakte, ten opzichte van de basis beleidsstrategie, een toename bekomen van 81 % tot 200 % bij de intermediaire en de maximale beleidsstrategie. Voor het volume wordt ten opzichte van de basis beleidsstrategie een toename bekomen van 116 % tot 305 % bij de intermediaire en de maximale beleidsstrategie. Voor de kostprijs wordt ten opzichte van de basis beleidsstrategie een toename bekomen van 111 % tot 202 % bij de intermediaire en de maximale beleidsstrategie. In verhouding met deze toenames is de impact op de risico's in 2050 beperkt ten opzichte van de basis beleidsstrategie.

Het aantal bijkomende dijkbeschermingen in de meest optimale alternatieven van de Meerlaagse Waterveiligheid bedraagt afhankelijk van de beleidsstrategie 23 tot 38. Tevens worden tussen de beleidsstrategieën onderling aanzienlijke toenames voorzien van de dijk lengtes en de kostprijs van de dijkbeschermingen. Zo wordt voor de lengte ten opzichte van de basis beleidsstrategie een

toename met 70 % bekomen bij de intermediaire en de maximale beleidsstrategie. Voor de kostprijs wordt ten opzichte van de basis beleidsstrategie meer dan een verdubbeling bekomen bij de intermediaire en de maximale beleidsstrategie. Gelijkaardig aan de GOG's is de impact van deze toenames op de risico's in 2050 beperkt ten opzichte van de basis beleidsstrategie.

Voor de Preventieve laag worden maatregelen met resiliënt bouwen en verbouwen voorzien voor 577, 1929 en 6494 huizen met een grondoppervlakte van 100 m² respectievelijk bij de basis beleidsstrategie, de intermediaire beleidsstrategie en de maximale beleidsstrategie. Ten opzichte van de basis beleidsstrategie houdt dit een verdrievoudiging tot verelfvoudiging in. De sterke toename van de intermediaire naar de maximale beleidsstrategie houdt verband met de hoge kostprijs voor resiliënte maatregelen.

Preventieve maatregelen met bouwstop en grondenruil worden toegepast voor 2279, 4913 en 5835 percelen bij de basis, de intermediaire en de maximale beleidsstrategie. Hierbij is uitgegaan van 15 bouwpercelen per hectare. Ten opzichte van de basis beleidsstrategie betekenen de toenames bij de intermediaire en de maximale beleidsstrategie meer dan een verdubbeling. De minder sterke toename van de intermediaire naar de maximale beleidsstrategie houdt verband met de lagere kostprijs voor deze maatregelen.

Preventieve maatregelen met resiliënt bouwen en verbouwen worden toegepast binnen contouren met terugkeerperioden van overstromen van 1 tot 2 jaar bij de basis beleidsstrategie, 5 tot 10 bij de intermediaire beleidsstrategie en 50 jaar bij de maximale beleidsstrategie. Preventieve maatregelen met bouwstop en grondenruil worden toegepast binnen contouren met terugkeerperioden van overstromen van 5 tot 10 jaar bij de basis beleidsstrategie, 25 tot 50 bij de intermediaire beleidsstrategie en 100 jaar bij de maximale beleidsstrategie. Hiermee is de gemiddelde terugkeerperiode van overstromen van de contouren waar Preventieve maatregelen met resiliënt bouwen en verbouwen toegepast worden bij de drie beleidsstrategieën kleiner dan de gemiddelde terugkeerperiode van overstromen van de contouren waar Preventieve maatregelen met bouwstop en grondenruil toegepast worden. Dit houdt verband met de eerder vermelde lagere kostprijs die in rekening gebracht wordt voor Preventieve maatregelen met bouwstop en grondenruil. Bovendien wordt hiermee aangegeven dat Preventieve maatregelen gecombineerd toegepast worden in de meeste modelgebieden. Dit houdt in dat binnen deze kleinere overstromingscontouren Preventieve maatregelen bestaan uit een bouwstop gecombineerd met het resiliënt verbouwen van bestaande woningen.

Voor de Paraatheid laag wordt de uitbouw van een voorspellingssysteem en de verdeling van zandzakken voorzien. Het aantal benodigde zandzakken is sterk afhankelijk van het beleid. Bij een geoptimaliseerd Protectiebeleid is het aantal zandzakken 1.1 tot 187 keer groter dan bij Meerlaagse Waterveiligheid.

Een maat voor de rentabiliteit van de alternatieven is de Baat/Kost verhouding of B/K. Een alternatief is rendabel bij een B/K groter dan 1. Bij de Meerlaagse Waterveiligheid worden voor B/K gemiddelde waarden van 3.0, 1.3 en 0.5 bekomen respectievelijk bij de basis, de intermediaire en de maximale beleidsstrategie. Bij de maximale beleidsstrategie worden economische criteria evenwel niet sturend ingezet.

7. Afkortingen en symbolen

7.1. Algemeen

BAMK: Bruto Actuele Maatschappelijke kost: som van de projectkosten en het verdisconteerde schaderisico

B(P@R)j: vermindering van P@R t.g.v. implementatie scenario j

Cj: totale kost van een scenario j, bestaande uit een combinatie van maatregelen die past in een bepaalde beleidsstrategie

CBA: Cost/Benefit Analysis, kosten-baten analyse, waarbij het meest optimale scenario wordt gekozen op basis van de beste NPV

CC: Climate Change, met als gevolg verandering van overstromingsfrequentie én volume

ORL: de Europese Overstromingsrichtlijn, 2007/60/EG

GOG: gecontroleerd overstromingsgebied. Waterberging in daartoe aangelegd gebied (bedijkt en/of in uitgraving) d.m.v. opstuwning of knijpconstructie, al dan niet gestuurd

LUC: Land Use Change, ten gevolge van economische groei en bevolkingsgroei

MCA: multicriteria analyse, relatieve afweging van verschillende opties op basis van verschillende criteria, d.m.v. scores of rangorde bepaald door verschillende belanghebbende groepen

MLWV: MeerLaagse WaterVeiligheid. Een overstromingsrisico beheersstrategie die een optimale combinatie van PT-, PV- en PP-maatregelen beoogt

NA: No Action: risico bij afwezigheid van overstromingsrisicobeheer

NAW: Netto Actuele Waarde, Nederlandstalige term voor NPV

NPV: Net Present Value, verdiscontering van de in de tijd evoluerende kost, de in de tijd evoluerende baat en het in de tijd evoluerende restrisico, naar het referentiejaar, rekening houdend met de discontovoet

OBM: online bekken model, flood forecasting system op basis van momentane neerslagmetingen en realtime hydrodynamische modelruns

ORBP: overstromingsrisicobeheersplan

P@R: people at risk, het gemiddeld verwacht aantal personen per jaar blootgesteld aan overstromingsrisico. Is dus te vergelijken met schaderisico (gemiddeld verwacht aantal Euro's per jaar), en wordt in deze studie eveneens begroot d.m.v. integratie over de T1 tot T1000-contour. People at risk duidt op personen die getroffen worden door de overstroming (b.v. mensen wiens eigendom wateroverlast lijdt, hoewel ze niet noodzakelijk thuis hoeven te zijn op dat moment), niet op dodelijke slachtoffers*.

PP: preparedness maatregelen, passend binnen een MLWV-beleid

PT: protectiemaatregelen, passend binnen een MLWV-beleid

PV: preventiemaatregelen, passend binnen een MLWV-beleid

Rj(t): schaderisico in jaar t voor scenario j. j=0 geeft het referentiescenario, m.n. het waterbeheer volgens het huidige beleid

Txxx: met xxx b.v. gelijk aan 10, 100 of 1000, terugkeerperiode 10, 100 of 1000 jaar

Uj: jaarlijks nodig budget in scenario j

* Voor de onbevaarbare waterlopen in Vlaanderen zijn dodelijk slachtoffers nauwelijks te vrezen, zoals ook blijkt uit ervaringen uit het verleden.

7.2. Modelgebieden

AA:	Aa	MAA:	Maarkebeek
BEL:	Bellebeek	MAN:	Mangelbeek
BER:	Berwijn	MAR:	Marke
BeVL:	Benedenvliet	MEL:	Melsterbeek
BLA:	Blankaart	MEM:	Molenbeek Erpe-Mere
BOS:	Bosbeek	MJV:	Martjesvaart
DEM:	Demer opwaarts	MRK:	Mark
DEMA:	Demer afwaarts	MWE:	Molenbeek Wetteren
DOM:	Dommel	MZA:	Molenbeek Zandbergen
DYL:	Dijle	POP:	Poperingevaart
GET:	Getes	RVB:	Rivierbeek
GRL:	Grote Laak	SCH:	Schijn
GRN:	Grote Nete	VEL:	Velpe
GVB:	Gaverbeek	VLMB:	Vliet
HB:	Heidebeek	VOER:	Voer
HLB:	Heulebeek	VON:	Vondelbeek
HRK:	Herk	VV:	Vrouwvliet
HZV:	Handzamevaart	WIN:	Winge
IPL:	Ieperlee	WMP:	Wimp
JEK:	Jeker	YSE:	Ijse
KEM:	Kemmelbeek	ZEN:	Zenne
KKB:	Kerkebeek	ZUU:	Zuunbeek
KN:	Kleine Nete	ZWA:	Zwalm
LAA:	Laan	ZWB:	Zwartebeek

8. Referenties

Baguis, P., et al, 2010, 'Climate change scenarios for precipitation and potential evapotranspiration over central Belgium', *Theoretical and Applied Climatology*, 99(3-4), 273-286

Bulckaen, D., et al., 2005, 'Updating of the Belgian Sigma plan on a risk-assessment basis', ISF Nijmegen

CEH, 2002, 'A Practical User Guide to the PDM', Technical Paper

CIW, 2011, 'Overstromingsveilig bouwen en wonen, Hoe kunt u uw woning beschermen tegen schade door overstromingen?', depotnummer D/2011/6871/042

de Kok, J.L.; Poelmans, L.; Uljee, I.; Engelen, G., 2011, 'Eindrapport, Landgebruiks-veranderingen voor de kostenraming van overstromingen', Studie uitgevoerd in opdracht van: VMM - Afdeling Operationeel Waterbeheer, VITO, 2011/RMA/RDM/N8120_001

De Nocker, L., et al., 2004, 'Natte natuur in het Schelde-estuarium, een verkenning van de kosten en baten', studie in opdracht van Protes door Vito

Deckers, P.; Vanneuville, W.; De Maeyer, Ph.; Mostaert, F., 2011, 'Uitbouw van het risico-instrumentarium ten behoeve van de EU overstromingsrichtlijn: LATIS 3.0. Versie 2_0.' WL Rapporten, 779_05c. Waterbouwkundig Laboratorium: Antwerpen, België

Deckers, P.; De Maeyer, Ph.; Vanneuville, W.; Peeters, P.; Mostaert, F., 2012. 'Uitbouw van het risico-instrumentarium ten behoeve van de EU overstromingsrichtlijn: LATIS LUC. versie 2.0.' WL Rapporten, 779_05c. Waterbouwkundig Laboratorium: Antwerpen. III, 13 + 6 p. appendices pp.

Innovyze, 2012, 'InfoWorks RS version 13.0'

IPCC, 2007. 'Fourth Assessment Report', Intergovernmental Panel on Climate Change, 2007

Ntegeka V., Baguis P., Boukhris O., Willems P., Roulin E., 2008. 'Climate change impact on hydrological extremes along rivers and urban drainage systems. II.Study of rainfall and ETo climate change scenarios', Interim report, K.U.Leuven - Hydraulics Section & Royal Meteorological Institute of Belgium, May 2008, 112 p.

Ntegeka V., Willems P., Roulin E., Baguis P., 2010, 'Developing tailored climate change scenarios for hydrological impact assessments', *Journal of Hydrology* [in revision]

Willems P., 2009, 'Invloed van klimaatverandering op ontwerpparameters voor rioleringen en buffervoorzieningen', *Rioleringwetenschap*, 36, 15-29

Willems P., 2009b, 'Actualisatie en extrapolatie van hydrologische parameters in de nieuwe Code van Goede Praktijk voor het Ontwerp van Rioleringssystemen', eindrapport voor VMM-Afdeling Operationeel Waterbeheer, September 2009, 79 p.

Willems P., Vrac M., 2011, 'Statistical precipitation downscaling for small-scale hydrological impact investigations of climate change', *Journal of Hydrology* 402 193-205

A.1. Inleiding

In de ORBP-opdracht worden de baten van maatregelen afgewogen tegen de bijbehorende kosten. De baten worden bepaald als de vermindering van het overstromingsrisico. Deze volgen uit berekeningen van overstromingsschade en -risico die gebieddekkend voor Vlaanderen worden uitgevoerd met behulp van de LATIS software ontwikkeld door het HIC. Hierbij wordt gebruikt gemaakt van gegevens die uniform beschikbaar zijn voor gans Vlaanderen. Het doel is niet de schade bij een bepaalde gebeurtenis exact te voorspellen, wel om een inschatting te geven van de verwachte grootteorde, en om te kunnen vergelijken met andere gebieden, waarvoor dezelfde basisgegevens gebruikt werden. De kostenraming is op dezelfde wijze opgevat in de ORBP-opdracht. Hiertoe is door IMDC een kostentool ontwikkeld.

In wat volgt, wordt een overzicht gegeven van de opvatting van de kostenraming en de mogelijke maatregelen. Vervolgens wordt een voorbeeld van de kostenraming van een GOG gegeven.

A.2. Opvatting van de kostenraming

A.2.1. Van conceptueel ontwerp tot raming

Het ramen of schatten van de kosten van een bepaald werk, beoogt het berekenen van een kostenbedrag uit een aantal gegeven parameters: bijvoorbeeld de kost van een dijkverhoging, gegeven de afmetingen en de materiaaltypes.

De berekening van de ramingsprijs uit de invoerparameters geschiedt via volgende tussenstappen:

- voor elk mogelijk type maatregel wordt eenmaal een geparametriseerd conceptueel ontwerp gemaakt. Uit het conceptueel ontwerp volgen een aantal kostenposten.
- voor elke kostenpost wordt de benodigde hoeveelheid berekend op basis van de door de gebruiker ingevoerde parameters.
- voor elke kostenpost wordt de kostprijs berekend uit een eenheidsprijs voor de betreffende post en de in de vorige stap berekende hoeveelheden.

De drie bovenstaande stappen zijn samen te vatten als: conceptueel ontwerp, berekening van hoeveelheden en berekening van kosten.

Het conceptueel ontwerp van een maatregel wordt voorafgaandelijk eenmaal gemaakt, in het kader van het opstellen van de kostentool. De benodigde hoeveelheden worden uitgedrukt in functie van nader door de gebruiker in te vullen parameters.

A.2.2. Prijzendatabank

Naast de invoer van gewenste afmetingen en materialen, is er nood aan een prijzendatabank met prijzen voor de verschillende kostenposten. Deze wordt ook eenmaal opgesteld. Het opstellen van de prijzendatabank vormt een belangrijke taak. Op basis van een grote hoeveelheid data van reëel uitgevoerde waterbeheersingswerken worden kostprijzen afgeleid. De meest eenvoudige werkwijze is het bepalen van een gemiddelde prijs per post. Een meer gedetailleerder benadering houdt het bepalen van de kostprijs in functie van de hoeveelheid in.

Kostprijzen van reëel uitgevoerde waterbeheersingswerken in Vlaanderen werden enerzijds geselecteerd uit data die door verschillende partijen specifiek en uitsluitend voor de kostenraming in het kader van de ORBP-opdracht aangeleverd werden. Anderzijds werden kostprijzen geselecteerd uit reeds in bestaande databanken opgenomen data bij de uitvoering van verschillende opdrachten door of voor volgende partijen: VMM AOW, IMDC, Technum Tractebel Engineering, Aquafin, Waterwegen en Zeekanaal NV, nv De Scheepvaart, afdeling Maritieme Toegang, verschillende provinciebesturen en lokale besturen.

Een mogelijkheid wordt voorzien om de door de opgestelde prijzendatabank geleverde prijs te overschrijven met een in de betreffende situatie meer geschikte prijs. Zo kan de gebruiker een eenheidsprijs ingeven, indien hij specifieke informatie heeft voor een bepaalde maatregel onder specifieke omstandigheden. Bijvoorbeeld kan de eenheidskost van grondverzet tijdelijk overschreven worden door een hogere ingegeven waarde omdat de grond lokaal zeer vervuild is.

A.2.3. Bekende/nader te detailleren en voorziene/onvoorziene kosten

In functie van het beoogde detail voor de kostenraming, zullen een aantal posten niet weerhouden worden in de raming. Het opnemen van een kostenpost die een klein aandeel heeft in de totale ramingsprijs heeft beperkt nut. Bijvoorbeeld de kost voor een draadafsluiting in de raming van de bouw van een nieuwe stuw, zal een klein aandeel hebben in de totaalprijs. Het weglaten van die kleine posten betekent ook vereenvoudiging: bij het ramen van de kostprijs van een maatregel is het detailniveau met enkel de grote posten en een post voor andere werken voldoende.

De kosten van de bovenvermelde posten, moeten evenwel op een andere manier in rekening gebracht worden. Zo wordt een post “voorziene nader te detailleren” kosten als percentage (25%) van de “voorziene bekende” kosten opgenomen.

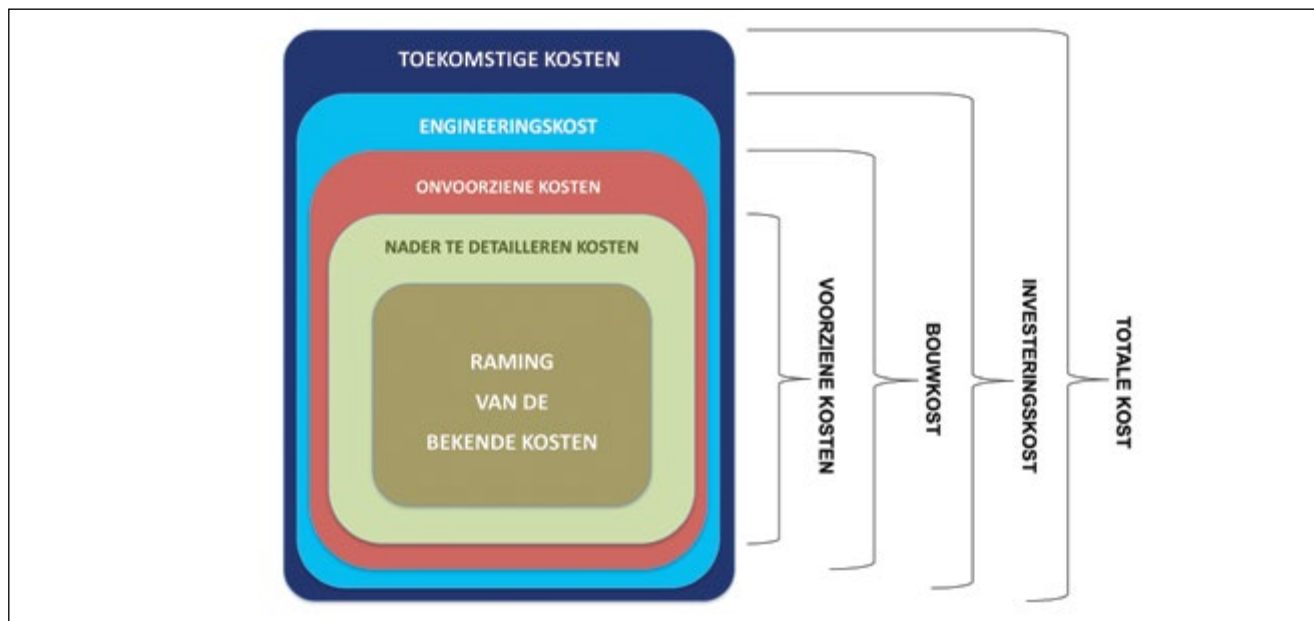
De “voorziene bekende” kosten vormen samen met de “voorziene nader te detailleren” kosten de “voorziene kosten”. De “voorziene kosten” van een maatregel zijn alle posten, bekend of nader te detailleren, die steeds deel uitmaken van elke maatregel van dat type. Zo heeft bijvoorbeeld elk pompstation een post “pompen” (voorzien en bekend) en een post “afwerking terrein” (voorzien nader te detailleren).

Daarnaast wordt een post “onvoorziene kosten” als percentage (20%) van de “voorziene” kosten in rekening gebracht. Onvoorziene kosten kunnen bijvoorbeeld voortkomen uit de grondmechanische parameters van de bodem. Zo beïnvloedt de grondgesteldheid het type en daarmee de kostprijs van de fundering van een structuur. Een andere mogelijke onvoorziene kost wordt gevormd door de milieuhygiënische kwaliteit van de bodem. De som van de “voorziene” en “onvoorziene” kosten geeft de totale bouwkost.

De totale “bouwkost” wordt vermeerderd met de “studie/-engineeringkost”. Deze worden klassiek als percentage (5% à 15%) van de totale bouwkost bepaald, afhankelijk van de complexiteit van de werken en de totale bouwkost. De engineeringkosten vormen samen met de bouwkosten de totale “investeringskost”.

Bovenop de investeringskosten worden een aantal toekomstige kosten, zoals een totaal jaarlijks kostenpercentage voor exploitatie en onderhoud (5%), beschouwd (zie §A.2.4). De uitsplitsing van de “totale kost” van een maatregel wordt weergegeven in figuur bijlage A - 1.

Figuur bijlage A - 1: Uitsplitsing van de totale kost van een maatregel



A.2.4. Kostenposten in de toekomst

Naast de investeringskosten van een bepaalde maatregel, waarvan de methode van raming uitvoerig toegelicht wordt in §A.2.3, kennen bepaalde maatregelen extra kostenposten: afschrijving, onderhoud en exploitatie.

Wat afschrijving betreft, kan gesteld worden dat bepaalde (constructies van) onderdelen een bepaalde afschrijvingstermijn zullen toegekend worden. Na afloop van de afschrijvingstermijn moeten zij in principe vervangen worden. Indien nu bijvoorbeeld een periode van 100 jaar beschouwd wordt, zal een onderdeel van een constructie dat op 20 jaar afgeschreven wordt, 5 maal vervangen moeten worden tijdens die periode. Er wordt aangenomen dat er geen herinvestering gemaakt wordt tijdens de planningshorizon. De maatregel wordt met andere woorden afgeschreven over de volledige planningshorizon. Dergelijke aanname veronderstelt wel een grondig en doorgedreven onderhoud.

Onderhoud is op te splitsen in twee categorieën: regelmatig klein onderhoud en groot onderhoud. Het klein onderhoud wordt verondersteld jaarlijks op te treden, het groot onderhoud zal aan een lagere frequentie voorkomen.

Een laatste kost die zich in de toekomst bevindt, zijn exploitatiekosten. De exploitatiekosten worden uitgemaakt door personeelskosten, elektriciteitskosten (en onderhoudskosten). In de onderhoudskosten zijn wel al de personeelskosten voor onderhoud inbegrepen. De exploitatiekosten worden op een maandelijks schaal beschouwd.

In de huidige opdracht worden onderhouds-, inspectie- en exploitatiekosten in rekening gebracht. Afschrijvingskosten worden niet beschouwd voor bouwkundige werken. De actualisatie gebeurt niet bij de kostenbepaling, maar bij de kosten-baten afweging.

A.3. Mogelijke maatregelen

A.3.1. Aggregatie van maatregelen

In het geheel van denkbare maatregelen dient een onderscheid gemaakt te worden tussen het niveau “bouwsteen” en het niveau “cluster”.

Daarbij zijn de maatregelen van het niveau “bouwsteen” de basismaatregelen zoals bv. een onteigening of een dijkverhoging. Een niveau hoger, worden deze basismaatregelen gecombineerd tot “clusters” van maatregelen:

- de cluster “verwerven”;
- de cluster “grondwerken”;
- de cluster “waterkering”;
- de cluster “kunstwerk”.

Een speciale vorm van een gecombineerde maatregel in deze context is een GOG. De inrichting van een GOG omvat mogelijk een combinatie van basismaatregelen uit verschillende maatregelenclusters: onteigening, dijkverhoging, bouw van een inlaatconstructie, bouw van een uitlaatconstructie...

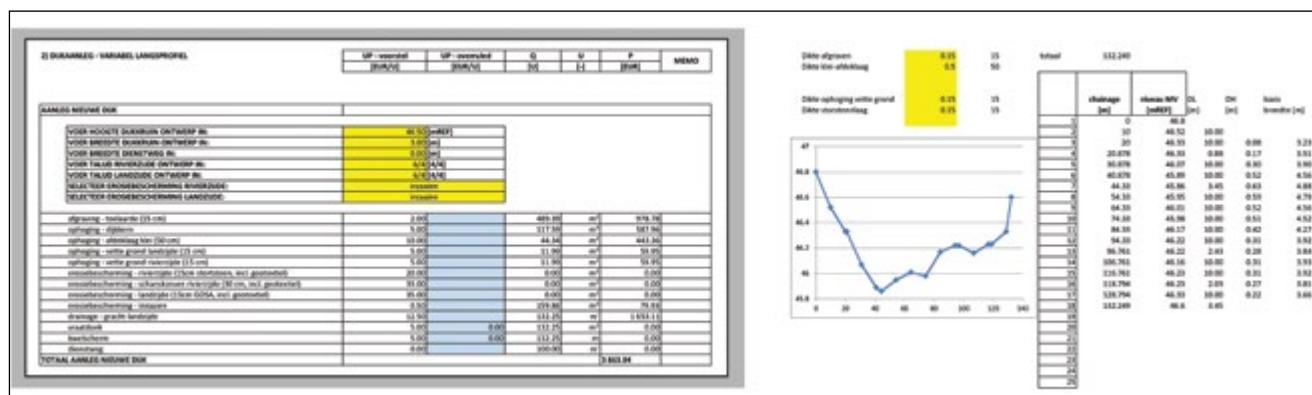
De kost wordt bepaald op niveau van de basismaatregelen en nadien gesommeerd om tot de kost van de gecombineerde maatregel te komen.

A.3.2. Overzicht van maatregelen - niveau bouwsteen

Onderstaand wordt per cluster van maatregelen een overzicht gegeven van de bouwsteenmaatregelen:

- verwerven:
 - waarde van gronden;
 - waarde van gebouwen;
 - waarde van handelsfondsen;
 - kosten van afbraak van gebouwen.
- grondwerken:
 - ruiming van een waterloop;
 - dijkverhoging / -verlaging;
 - afgraving.
- waterkering:
 - bouw van een waterkerende muur;
 - bouw van een stalen damwand;
 - afbraak van bestaande waterkering.
- kunstwerk:
 - doorvoerconstructies;
 - vaste stuwen;
 - beweegbare stuwen;
 - pompstations.

Figuur bijlage A - 3: Detail van de kostenposten voor het aanleggen van een dijk ter bescherming van een woning uit de kostentool



A.4.3 Regelkunstwerk

De raming van de kostprijs van een beweegbare stuw vraagt een aantal parameters, die in de fase van conceptueel ontwerp niet gekend zijn. Daarom is een vaste totale kostprijs afgeleid voor een beweegbare stuw, waarin een onderscheid gemaakt wordt tussen een beweegbare stuw op een waterloop van 1^{ste} categorie (1 302 900 EUR) en een beweegbare stuw op een waterloop van 2^{de} categorie (820 500 EUR).

Het verschil in bouwcost van een beweegbare stuw op een waterloop van 1^{ste} categorie en 2^{de} categorie wordt gevormd door een aantal parameters. Zo is de breedte van de waterloop en dus van de structuur groter bij een waterloop van 1^{ste} categorie.

Daarnaast zijn beweegbare structuren op een waterloop van 1^{ste} categorie complexere structuren, waardoor het gebruik van geprefabriceerde (beton)elementen minder voorkomt en de engineeringkosten hoger liggen. Daartegenover staan beweegbare stuw op een waterloop van 2^{de} categorie, waarbij eventueel gebruik kan gemaakt worden van geprefabriceerde elementen en de grotere eenvoud de engineeringkosten kan drukken.

A.4.4 Onteigening grondvlak dijk(en)

Ter bepaling van de kosten van het aankopen van het grondvlak van de dijk zijn in de kostentool regio-afhankelijke prijzen voor verschillende landgebruiksklassen beschikbaar.

In het huidige voorbeeld bestaat het landgebruik voornamelijk uit akker- en weiland. Volgens de modelsimulaties betreft het een locatie die in de huidige toestand ook reeds frequent overstroomt. Daarom is ervoor gekozen om de waarde gelijk te stellen aan deze van de laagste categorie landbouwgrond.

Figuur bijlage A - 4: Detail van de onteigening van het grondvlak van een dijk uit de kostentool

3) WAARDE GRONDEN	CATEGORIE	UP	UP - voorstel	UP - overruled	Q	U	P	MEMO	
	[-]	[EUR/U, ABEX 100]	[EUR/U, ABEX 690]	[EUR/U]	[U]	[-]	[EUR]		
LANDBOUWGROND									
	1e categorie	8 183.00	56 462.70			ha			
	2e categorie	7 364.70	50 816.43			ha			
	3e categorie	6 137.25	42 347.03			ha			
	4e categorie	4 500.65	31 054.49			ha			
	5e categorie	2 864.05	19 761.95		0.50	ha	9 880.97		
TOTAAL LANDBOUWGRONDEN								9 880.97	

A.4.5 Overige kosten

De overige kosten zijn bepaald zoals beschreven in §A.2.3 en §A.2.4. De som van de totale investeringskost en de toekomstige onderhouds- en exploitatiekost geeft de totale kostprijs, die weergegeven wordt in de ORBP rapportering.

Meer weten?

Mocht u nog vragen hebben, aarzel dan niet de VMM te contacteren. Meer informatie vindt u op onze website, www.vmm.be.
Specifieke vragen kunt u stellen aan het Infoloket, info@vmm.be, tel. 053 72 62 10.

