

Langetermijnstrategieën

DPRD

Waterveiligheid

Opdrachtgever



Deltaprogramma
Rijnmond
Drechtsteden

Deltaprogramma Rijnmond Drechtsteden

Langetermijnstrategieën

DPRD



Waterveiligheid

Eindrapport

Auteurs

Bas Kolen
Ton Botterhuis

PR5400.10
maart 2025

Samenvatting

In 2026 is de herijking van de voorkeurstrategie voor Delta Programma Rijnmond-Drechtsteden (DPRD) voorzien. In deze herijking wordt gekeken naar de houdbaarheid en oprekbaarheid van de bestaande voorkeurstrategie. Ook wordt gekeken naar mogelijke langetermijnoplossingen bij 2m zeespiegelstijging (ZSS) en een toename van de rivierafvoer. In dit onderzoek, de eerste stap in de herijking, zijn de effecten van 6 'basisstrategieën voor de lange termijn' uitgewerkt vanuit het perspectief van waterveiligheid. De resultaten zijn dan input voor het vervolgtraject in de herijking waarin een ruimtelijke confrontatie is voorzien en uiteindelijk adaptatiepaden worden opgesteld.

In dit onderzoek zijn de verschillende basisstrategieën beschreven. Onderscheid is gemaakt in:

1. Oprekken van de voorkeurstrategie (VKS). De basis van de strategie wordt gevormd door het samenspel van dijken en verbeterde stormvloedkeringen en extra waterberging.
2. Zeewaartse oplossing. Hierbij wordt een nieuw bekken in zee gebouwd dat dient als waterberging voor hoogwater. Er zijn twee varianten beschouwd waarin onderscheid wordt gemaakt in een bemalen polder of een meegroeiend systeem dat inzet op spuien.
3. Natuurlijke systeem. Hierbij wordt een open verbinding met zee bij het Haringvliet gecreëerd om extra intergetijdde natuurwaarde te creëren.
4. Rijnmondring. Door een stelsel van rivier- en stormvloedkeringen en berging wordt Rijnmondregio beschermd en blijft scheepvaart mogelijk.
5. Deltapolder. De Rijnmond-regio wordt afgesloten door het realiseren van een Deltapolder, ook wordt er een hoogwatercorridor gecreëerd om rivierafvoer op de Waal te concentreren en via het Haringvliet af te voeren.
6. Gedeeltelijk terugtrekken (meebewegen). In deze strategie is het effect bepaald voor twee gebieden waar waterkeringen niet meer worden versterkt en die worden verlaten door woningen en bedrijven te herlokaliseren.

Voor de verschillende langetermijnstrategieën zijn de effecten op de waterstand en vervolgens een schatting van de kosten van alle systeemmaatregelen van kunstwerken en waterkeringen bepaald. Voor de waterkeringen zijn twee verschillende typen van dijkversterkingen geanalyseerd die leiden tot een ander ruimtebeslag. Als vertrekpunt is de situatie genomen waarbij alle waterkeringen zijn versterkt zodat die aan de norm voldoen (dus het HWBP is geheel uitgevoerd). Hierbij is gebruik gemaakt van de eerdere resultaten en studies uit het Kennisprogramma Zeespiegelstijging. Ook de kosten van de kunstwerken en ruimtelijke transitie voor herlocatie van gebouwen zijn bepaald. Naast de impact op waterveiligheid is ook een doorkijk gemaakt naar de effecten van deze keuzes voor andere functies als buitendijkse bebouwing, scheepvaart, natuur en zoetwaterbeschikbaarheid. In Tabel 1 is een overzicht opgenomen van de resultaten.

Tabel 1: Overzicht van eindresultaten. De kosten zijn geraamd voor de regio DPRD op basis van dijkversterkingen, extra kunstwerken en dammen, gemalen en herlocatie. De kosten voor het rivierengebied zijn tussen haakjes opgenomen. Donkergroen is een verbetering t.o.v. de huidige situatie, groen is een neutraal effect t.o.v. de huidige situatie, oranje is een neutraal effect t.o.v. de VKS in 2200 (en verslechtering t.o.v. de huidige situatie), rood is een verslechtering t.o.v. de VKS in 2200.

		LENGTE TE VERSTERKEN KM	KOSTEN (MLD EURO) MET GROENE DIJEN	KOSTEN (MLD EURO) MET CONSTRUCTIEVE + GRONED-OPLOSSING	KOSTEN VOOR KUNSTWERKEN, GEMALN, TRAANSTITIE	BUITENDIJKSE GEBOUWEN (X 1000) BIJ VERSTERKING	GETIJDENATUUR	ZOETWATERRESCHIKBA ARHEID HWS	SCHEEPVAART	OVERSTROMINGS- GEVOLGEN
1	Oprekken van de huidige voorkeurstrategie	484 (1,015)	33 (+29)	13 (+11)	9	25				
2A	Zeewaarts - malen	433 (963)	18 (+27) *	8 (+10) *	58	1				
2B	Zeewaarts - spuien	457 (987)	26 (+29) *	11 (+11) *	40	15				
3	Natuurlijk	499 (1,028)	39 (+31)	16 (+11)	6.6	27				
4	Rijnmondring	488 (1,018)	34 (+30)	13 (+11)	12	27				
5	Deltapolder	452 (981)	17 (+29)	8 (+11)	18	0.1				
6A	Terugtrekken polder X	418 (949)	33 (+29)	13 (+11)	33-34	17				
6B	Terugtrekken polder Y	418 (949)	30 (+29)	13 (+11)	66-116	15				

* Deze kosten zijn inclusief de aanleg van de zeewaartse kering, exclusief baten voor ZWD.

Dit leidt tot de volgende conclusies per strategie gegeven 2 meter zeespiegelstijging:

- Bij strategie 'oprekken' bestaat het merendeel van de kosten uit dijkversterkingskosten, er zijn ook kosten voor aanpassen van de stormvloedkeringen.
- Bij strategie 'zeewaarts' zijn de gevolgen afhankelijk van de keuze voor malen of spuien. De kosten voor de nieuwe zeekering en de kunstwerken zijn veel groter dan de extra dijkversterkingskosten. De kosten voor dijkversterkingen (en de benodigde lengte) zijn veel groter bij de keuze voor spuien dan voor malen.
- Bij strategie 'natuurlijk' zijn de kosten voor waterkeringen in DPRD hoger dan bij oprekken door de open verbinding bij het Haringvliet. Deze extra kosten zijn hoger dan de minder kosten voor kunstwerken en waterkerende landschappen.
- De strategie 'Rijnmondring' leidt tot vergelijkbare dijkversterkingskosten als 'oprekken'. De kosten voor de extra rivierkeringen zijn iets hoger.
- De strategie 'Deltapolder' leidt tot de laagste dijkversterkingskosten in het noordelijk deel van DPRD. De kosten in kunstwerken, met name door de gemaalkosten, zijn relatief hoog. De (beperkte) natuur in de Deltapolder zal verslechteren, maar kan extra toenemen in het Haringvliet.
- De strategie 'gedeeltelijk terugtrekken' leidt tot een fractie lagere dijkversterkingskosten dan 'oprekken' (en ook minder km omdat investeringen in de polders die terugtrekken niet meer nodig zijn), de kosten voor de herlocatie zijn aanzienlijk en hoger dan de kosten voor dijkversterking. De kosten voor het risico stijgen ook door de toenemende faalkans, gedurende transitieperiode is het optreden van overstromingen waarschijnlijk. De strategie 'gedeeltelijk terugtrekken' voldoet als enige strategie op termijn niet aan de eis voor basisveiligheid. Dat komt omdat de faalkans te groot kan worden en een betere evacuatie net volstaat.

Daarnaast zijn er aan aantal algemene conclusies:

1. In alle gevallen zijn aanzienlijke investeringen in waterkeringen nodig, en vrijwel het gehele areaal zal moeten worden versterkt door zeespiegelstijging, rivierafvoer en bodemdaling. De Deltapolder en een zeewaartse oplossing met malen kan in DPRD het totaal aan te versterken keringen met ongeveer 10% laten dalen.
2. De cumulatieve nominale kosten tot 2200 voor oprekken, natuur, Rijnmondring en Deltapolder verschillen met minder dan 20% voor het gebied van DPRD en zijn van eenzelfde orde. De kosten van zeewaarts zijn 80-130% hoger bij malen en 60-90% hoger bij spuien dan oprekken. De kosten van gedeeltelijk terugtrekken zijn ook veel hoger dan oprekken: 60-90% voor de polder X en 130-170% meer voor polder Y (met meenemen van de risicokosten kan dit oplopen tot 325% extra kosten). Kosten voor sociale programma's rondom krimp en sociale ongelijkheid zijn nog niet opgenomen.
3. De manier van dijkversterking, via oplossingen in grond (groene dijken) of via constructieve oplossingen als groene dijken tot amoveren van woningen, maakt veel uit voor de kosten. Oplossingen in grond zijn relatief kostbaar vanwege het grote ruimtebeslag, zeker in meer bebouwde omgevingen. Constructieve oplossingen zijn lastiger uitbreidbaar in de toekomst, maar vragen wel minder ruimtebeslag (en besparen zo ook kosten). Geconcludeerd is dat er dus veel ruimte (in termen van oppervlak en besparingen in euro's) is voor het ontwerpen van waterkeringen en de inpassing.
4. De effecten op (intergetijd)natuur, zoetwaterbeschikbaarheid, scheepvaart en buitendijks gebied zijn echter heel divers. Er is geen enkele strategie met alleen gunstige effecten en waarbij er vrijwel geen investeringen nodig zijn. Met andere woorden, de klimaatverandering maar ook de langetermijnkeuze gaat een groot effect hebben op de omgeving. Met de keuzes die daarbij mogelijk zijn, kunnen effecten worden verkleind maar worden nieuwe effecten veroorzaakt.
Het is nog wel mogelijk om gevolgen te mitigeren, voor de sluizen is er een zoekgebied gedefinieerd waarbij extra dijkversterking kan worden afgewogen tegen gunstigere randvoorwaarden voor scheepvaart. Ook bij sluizen kan met de omvang en het aantal schuttingen nog worden geoptimaliseerd.
5. Door de toename van de rivierafvoer zijn er ook extra kosten in het rivierengebied voor dijkversterking. De totale kosten hiervan zijn niet sterk afhankelijk van langetermijnoplossing voor de DPRD. De verdeling over de riviertakken is dat wel, gegeven de gekozen afvoerverdeling.
6. De uitvoering van de verschillende strategieën vraagt wel een fasering. Het is nodig dat de waterkeringen 'op orde' zijn voordat ingrepen aan de grote kunstwerken kunnen worden gerealiseerd. Bijvoorbeeld; bij de oplossing 'natuur' zullen eerst de dijken moeten worden versterkt omdat de piekwaterstanden hoger zijn voordat de delta kan worden geopend.

Aanbevolen wordt om op basis van de langetermijnstrategieën en de ruimtelijke confrontaties in de vervolgstap van de herijking te convergeren naar werkelijk realistische opties. Hierbij zal ook een multi-criteria afweging nodig zijn vanwege de effecten op andere functies. Aanbevolen wordt ook om de programmering van dijkversterking te optimaliseren zodat die beter aansluit bij gebiedsontwikkeling. In concreto: kijk naar een langere levensduur in het ontwerp en optimaliseer de timing van dijkversterkingen op basis van de ontwikkelingen in de omgeving. In geval van de keuze voor een langetermijnstrategie is er een fasering en samenhang nodig in alle maatregelen. Het kan wenselijk zijn om de governance om deze snel te realiseren nader te bekijken.

Inhoud

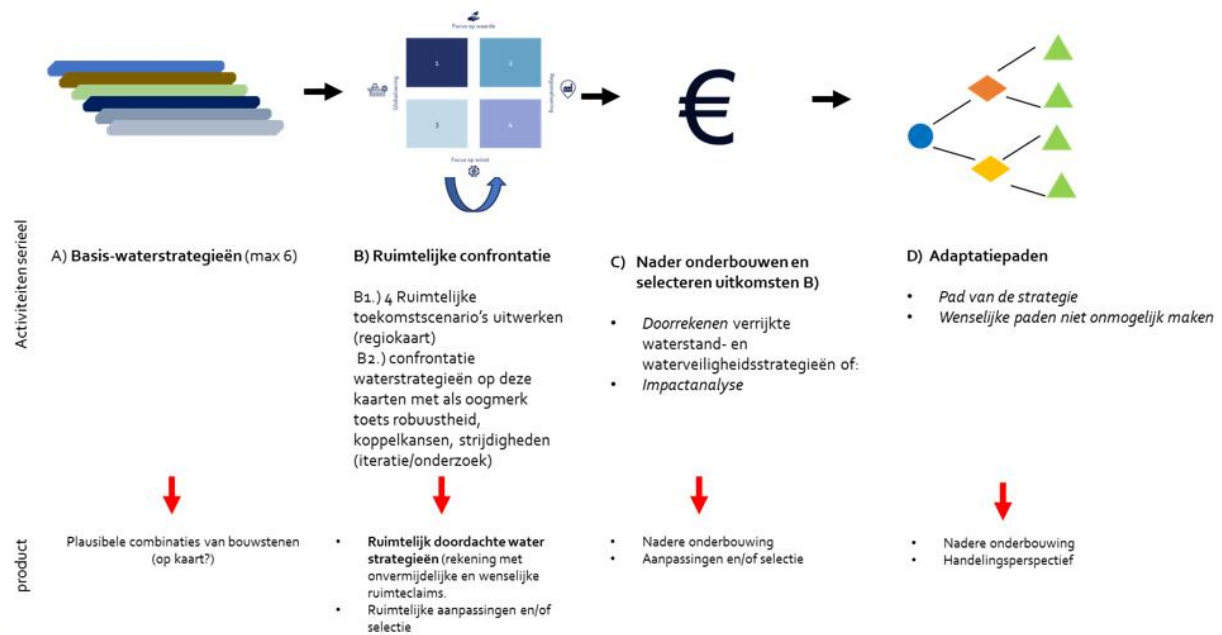
1	Inleiding	1
1.1	Aanleiding	1
1.2	Doelstelling	1
1.3	Uitgangspunten	2
1.4	Leeswijzer	4
2	Het verhaal van iedere strategie	5
2.1	Overzicht van strategieën	5
2.2	Narratief van iedere strategie	5
3	Waterstanden	13
3.1	Methodiek	13
3.2	Effect op waterstanden	15
4	Kosten van maatregelen	21
4.1	Dijkversterkingskosten en impact	21
4.2	Kunstwerken en gemalen	29
4.3	Kosten voor waterkerende landschappen	30
4.4	Kosten voor het overstromingsrisico	31
4.5	Kosten voor ruimtelijke transitie bij terugtrekken	31
4.6	Totale kosten	34
5	Nadere verdieping	36
5.1	Basisveiligheid en de LIR-eis	36
5.2	Meerlaagsveiligheid en leven met water	37
5.3	De invloed van de afvoerverdeling rondom de Lek	38
5.4	Een ander sluitpeil van rivierkeringen en stormvloedkeringen	38
5.5	Een ander streefpeil in de Deltapolder van NAP + 1m in plaats van NAP	39
5.6	Toename bergend oppervlak bij zeewaarts	40
6	Effecten op andere functies	41
6.1	Buitendijkse bebouwing	42
6.2	Getijdenatuur	42
6.3	Zoetwaterbeschikbaarheid hoofdwatersysteem	43
6.4	Scheepvaart	47
6.5	Overstromingsgevolgen	49
7	Conclusies en aanbevelingen	51

7.1	Conclusies	51
7.2	Aanbevelingen	54
8	Referenties	56
	Bijlagen	57
A	Doorwerking van bouwstenen op de waterstand	59
B	Bouwstenen per strategie	63
C	Resultaten gevoeligheidsanalyse voor 2m ZSS in 2100	67
D	HBN toeslag	71

1 Inleiding

1.1 Aanleiding

In 2026 is de herijking van de voorkeurstrategie voor Delta Programma Rijnmond-Drechtsteden (DPRD) voorzien. In deze herijking wordt gekeken naar de houdbaarheid en oprekbaarheid van de bestaande voorkeurstrategie. Ook wordt gekeken naar mogelijke langetermijnoplossingen bij 2m zeespiegelstijging (ZSS). Door DPRD is al een bouwstenencatalogus opgesteld met maatregelen inclusief indicaties van kosteneffectiviteit en neveneffecten. Ook is eerder gekeken naar de ruimtelijke implicaties van allerlei keuzes. De inzichten van de waterhuishoudkundige ingrepen (systeemmaatregelen) op de waterveiligheid en meer specifiek waterkeringen zijn echter nog niet goed in beeld. Ook zijn de basiskeuzes voor verschillende mogelijke langetermijnstrategieën nog niet concreet. In dit rapport zijn de effecten van 'basisstrategieën voor de lange termijn' uitgewerkt vanuit het perspectief van waterveiligheid. Met dit rapport wordt een antwoord gegeven op stap A in het werkproces van DPRD (zie Figuur 1). Hierbij is ook een doorkijk gemaakt naar de effecten van deze keuzes voor andere functies als natuur en zoetwaterbeschikbaarheid. De resultaten zijn dan input voor een ruimtelijke analyse en een latere verdere aanscherping in het traject van de herijking, wat is uitgewerkt in de stappen in Figuur 1.



Figuur 1: Stappenplannen uitwerking langetermijnopties DPRD (deze rapport betreft stap A).

1.2 Doelstelling

Het doel van de werkzaamheden is:

- 1) Het bijdragen aan het concretiseren van 6 mogelijke basisstrategieën van systeemmaatregelen die kunnen worden gezien als een langetermijnoptie (locaties en dimensies).

- 2) Het maken van een kwantitatieve inschatting van de effecten van deze basisstrategieën op: de benodigde dijkversterking (hoogte, breedte), de kosten van dijkversterkingen en de systeemmaatregelen, de ruimtelijke impact (benodigde ruimte, en bijvoorbeeld te amoveren gebouwen).
- 3) Het beschrijven van de veranderende waterhuishoudkundige randvoorwaarden (bijvoorbeeld grote of kleinere overstromingen, impact op verzilting etc.) van de basisstrategieën op natuur, zoetwater, ruimtelijke ordening (inclusief buitendijkse bebouwing) en scheepvaart.

1.3 Uitgangspunten

Deze studie betreft een quick scan om de ordegrrootte van de effecten in kaart te brengen voor waterveiligheid.

Aansluiting op eerdere studies uit het kennisprogramma

De effecten van de langetermijnoplossingen zijn geschat conform de werkwijze van spoor IV (beschermen) van het Kennisprogramma Zeespiegelstijging (KPZSS¹). Hierbij worden de maatregelen vertaald naar een wijziging van de waterstanden en vervolgens wordt het ruimtebeslag en de kosten van de resterende versterkingsopgave van de primaire keringen bepaald door te interpoleren uit de resultaten van spoor II van KPZSS die zijn bepaald met KOSWAT en OKADER. In paragraaf 3.1 is de beschrijving van de methode in meer detail opgenomen.

Als zichtjaar is het jaar 2200 gebruikt, waarbij uitgegaan is van 2m ZSS en een toename van de rivierafvoer. Voor de rivierafvoer is gekozen om in 2200 uit te gaan van het GL-scenario zoals dat in spoor II is gebruikt. Het sluitpeil van de Maeslantkering voor deze situatie is verhoogd van 3m naar 4,25.

De kostenraming is uiteraard omgeven met enige onzekerheid. Daarom zijn de resultaten ook niet in detail gepresenteerd maar gecombineerd tot normtraject, riviertak en totaal. Op normtraject-niveau is de bandbreedte in de resultaten getoond. De kostenraming is met name van belang voor onderlinge verhoudingen van maatregelen.

Als gevoeligheidsanalyse is ook gekeken naar 2m ZSS in 2100, met voor de rivierafvoer het WH-scenario. In deze gevoeligheidsanalyse is ook uitgegaan van dezelfde aanpassing van het sluitpeil.

Voor buitendijkse gebieden is in deze studie een gevoeligheidsanalyse gedaan. Hierbij is voor een tweetal gemeenten (Rotterdam en Dordrecht) bepaald hoeveel van de nu aanwezige woningen geraakt worden bij de optredende waterstand in het zichtjaar (als in een pand meer woningen zitten, telt het aantal woningen). Opgemerkt moet worden dat tussen nu en het zichtjaar er aan vrijwel alle woningen ook groot onderhoud gepleegd zal worden. Bij de waterstand is geen rekening gehouden met de effecten van golven en seiches. In eerdere studies naar de impact van zeespiegelstijging in buitendijks gebied bij de VKS is hiervoor een toeslag van 10cm aangenomen. Gezien de onzekerheid in de schattingen en we al uitgaan van een gemiddelde waterstand per gemeente, is dat voor de langetermijnopties niet gedaan.

¹ <https://www.deltaprogramma.nl/deltaprogramma/documenten/publicaties/2024/03/04/eindrapportage-oplossingsrichting-zeewaarts>

Twee soorten waterkeringen

Onderscheid is gemaakt tussen 2 type waterkeringen conform de aanpak in spoor II die samen een bandbreedte aangeven die gebruikt kan worden voor de verdere uitwerking van de inpasbaarheid:

- Groene dijken en geen constructieve maatregelen (mits er niet al sprake is van constructieve oplossingen). Dit is een oplossing in grond, hierdoor is er relatief veel ruimtebeslag en kan het amoveren van gebouwen nodig zijn.
- Constructieve oplossingen en groene dijken. In deze oplossing wordt er alleen voor groene dijken gekozen als het kan zonder het amoveren van woningen. Als amoveren noodzakelijk is, worden constructieve oplossingen met minder ruimtebeslag gekozen (zoals bijvoorbeeld in hoog-stedelijke omgeving).

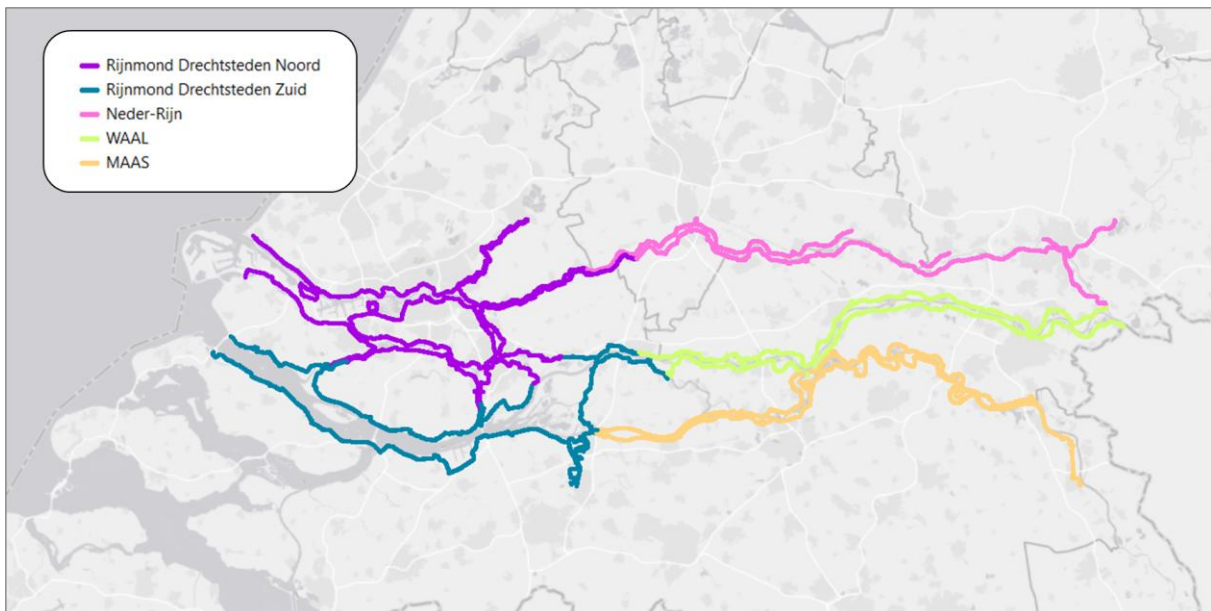
Groene waterkeringen worden ontworpen met een horizon van 50 jaar, constructieve oplossingen voor 100 jaar. Dat betekent dat gegeven de verwachte ZSS en toename van de rivierafvoer over 50/100 jaar de dimensies van de waterkering worden bepaald zodat die dan nog exact aan de norm voldoet. Het moment waarop dijkversterkingen nodig zijn, is afhankelijk van de huidige sterkte, het tempo van bodemdaling en de snelheid van klimaatverandering.

Kosten en ruimtebeslag

De kosten en het ruimtebeslag in hectare als te amoveren gebouwen zijn bepaald voor het versterken van waterkeringen. Hierbij is gekeken naar de RMM delta en het Rivierengebied (bestaande uit de Oude Maas bij Rotterdam, het Haringvliet en Hollands Diep, de Lek, Waal en Maas tot aan Arnhem, Nijmegen en Mook). De kosten en effecten zijn uitgedrukt:

- Als totaal voor het gehele gebied.
- Per deelsysteem (zie Figuur 2): Rijnmond Drechtsteden Noord, Rijnmond Drechtsteden Zuid (Haringvliet en Hollands Diep), Waal, Maas, Nederrijn Lek (NRLK).

De IJssel is hierbij buiten beschouwing gelaten evenals het IJsselmeer en de Zuidwestelijke Delta. Dit gebied komt overeen met het studiegebied van RMM in spoor II van KPZSS.



Figuur 2 Gebiedsindeling

De kosten zijn bepaald aan de hand van de cumulatieve nominale kosten. Dat betekent dat er geen rekening is gehouden met een discontovoet en dat alle investeringen in de toekomst even zwaar meetellen als investeringen nu. De kosten zijn bepaald ten opzichte van de situatie dat de waterkeringen op orde zijn en voldoen aan de huidige normen. Conform de aanpak in spoor II is voor de situatie 'op orde' (in 2050) de tijdlijn 'matig' voor een eventueel ontwerp. De kosten zijn bepaald door rekening te houden met alle kosten die worden gemaakt in de periode tot het zichtjaar. Dat kan betekenen dat sommige dijken in 2200 dan een sterkte hebben die hoger is dan de norm.

Bij de dijkversterkingsopgave is rekening gehouden met verwachte bodemdaling. Deze bodemdaling leidt tot een extra opgave voor dijkversterking vanwege hogere waterstanden.

Aangenomen is dat de rivierbodem (voor zover relevant voor de dijkhoogte) meegroeit met de zeespiegelstijging (conform spoor II). Dat betekent dat de verandering in piekwaterstand gelijk is aan de verandering in de hoogte van de waterkeringen. De toeslag voor golven in het hydraulisch belastingenniveau blijft gelijk. De toeslag op het HBN is opgenomen in bijlage D.

Versnellende klimaatverandering

De gevoeligheidsanalyse is uitgewerkt door te kijken naar 2 meter zeespiegelstijging in 2100 met een extremere toename van de rivierafvoer. Alhoewel de opgave in termen van hoogte groter is, zijn er ook minder dijkversterkingsrondes nodig.

1.4 Leeswijzer

- Hoofdstuk 1: Inleiding en uitgangspunten.
- Hoofdstuk 2: De beschrijving van de langetermijnopties.
- Hoofdstuk 3: Uitwerking naar waterstanden.
- Hoofdstuk 4: De kostenramingen en ruimtebeslag, inclusief de kosten van extra kunstwerken, herlocatie etc.
- Hoofdstuk 5: Nadere verdieping op een aantal onderdelen als basisveiligheid, meerlaagsveiligheid, afvoerverdeling, een ander sluitpeil (bij stormvloedkeringen) of streefpeil (bij sluizen) en berging.
- Hoofdstuk 6: Effecten op andere functies als buitendijkse bebouwing, getijdenatuur, zoetwaterbeschikbaarheid, scheepvaart en overstromingsgevolgen.
- Hoofdstuk 7: Conclusies en aanbevelingen.
- Hoofdstuk 8: Referenties.
- Bijlage A: Uitwerking waterstandsverlopen.
- Bijlage B: Detailuitwerking langetermijnopties.
- Bijlage C: Uitwerking gevoeligheidsanalyse voor 2m ZSS 2100 en een extremere rivierafvoer.
- Bijlage D: Toeslag door golven op waterstand.

2 Het verhaal van iedere strategie

2.1 Overzicht van strategieën

In dit hoofdstuk zijn de verschillende basisstrategieën beschreven. Onderscheid is gemaakt in:

1. Oprekken van de voorkeurstrategie (VKS)
2. Zeewaartse oplossing
3. Natuurlijke systeem
4. Rijnmondring
5. Deltapolder
6. Terugtrekken (meebewegen)

Deze strategieën zijn aanpassingen op de huidige situatie. Deze is gevisualiseerd in **Error! Reference source not found.**

Error! Reference source not found.

2.2 Narratief van iedere strategie

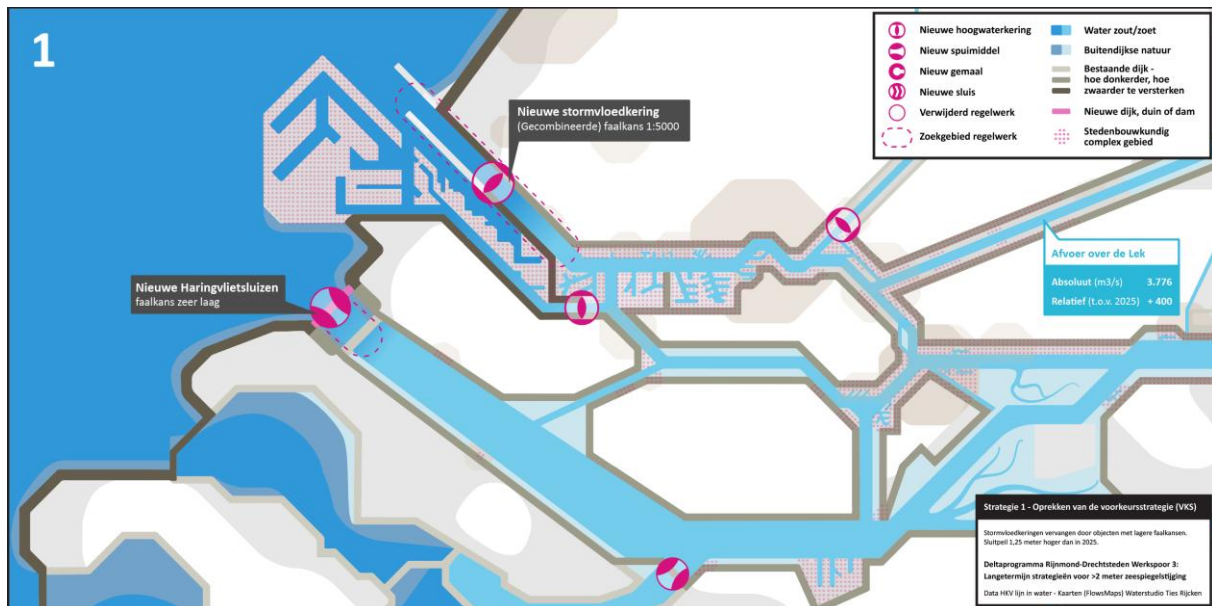
In dit hoofdstuk is per strategie het narratief opgeschreven die ten grondslag ligt aan de strategie. De exacte uitwerking per bouwsteen is opgenomen in Bijlage B.

2.2.1 Oprekken VKS

De huidige voorkeursstrategie stamt uit 2014 en is in 2020 herijkt. De basis van de strategie wordt gevormd door het samenspel van dijken en stormvloedkeringen.

Hiermee wordt de waterveiligheid geborgd, blijft de haven van Rotterdam (en verder in het achterland gelegen havens) in open verbinding met de zee en de grote rivieren en is er sprake van getijdebeweging en daarbij behorende natuur (o.a. de Biesbosch met zoetwatergetijdenatuur). Met het getij en de open verbinding is er ook sprake van wisselende mate van zoutindringing vanuit zee.

In deze strategie (Figuur 3) wordt de bestaande voorkeurstrategie (VKS) zo ver mogelijk doorgezet, zodat de voordelen daarvan voor scheepvaart en natuur zo lang mogelijk in stand gehouden worden. Dit betekent dat de bestaande stormvloedkeringen worden verbeterd en met name de faalkans van de Maeslantkering wordt verkleind. Dit zou kunnen met een dubbele waterkering waaronder de Hollandkering. In de modelberekeningen is het sluitpeil van de Europoortkering aangepast naar 4,25m+NAP bij Rotterdam. Daarnaast wordt er ingezet op extra waterberging in het Volkerak en Grevelingen.



Figuur 3: Uitwerking Oprekken VKS (bron waterstudio Ties Rijcken)

2.2.2 Zeewaarts

De waterveiligheid in het gebied van de Rijn-Maasmonding wordt in de toekomst (zonder maatregelen) negatief beïnvloed door de combinatie van zeespiegelstijging en hogere rivierafvoeren in de winter en het voorjaar. Bovendien neemt in de zomer de rivierafvoer af, waardoor meer zoutindringing zal optreden. De effecten hiervan kunnen voor een groot deel opgevangen worden door de zeearmen af te sluiten. De extreme rivierafvoeren kunnen dan niet meer onder vrije afstroom in zee uitmonden. Daarvoor zijn (in afgesloten toestand) minimaal twee oplossingen beschikbaar: het wegpompen van de afvoer of het water (tijdelijk) opvangen in bergingsgebieden.

In deze strategie (Figuur 4) wordt een nieuwe waterkering in zee gebouwd, waardoor er extra berging in de Rijn-Maasmonding ontstaat voor deze situaties met extreme afvoer. Deze oplossingsrichting sluit aan bij de uitwerking van Zeewaarts uit spoor IV van KPZSS². Hierbij verbindt de nieuwe zeekering de Maasvlakte met de oever aan de zuidkant van de Oosterschelde. De Nieuwe Waterweg (en Hartelkanaal) wordt afgesloten met een sluis waarbij gekozen is voor een binnenvaartsluis in verband met het beperken van de zoutindringing (ten opzichte van een zeevaartsluis). Hierdoor is er minder zoetwater nodig om de zoutindringing tegen te gaan. Sluizen hebben uiteraard een sterk beperkend effect op de vrije doorgang van scheepvaart. De locatiekeuze van deze sluizen kan worden geoptimaliseerd: als de binnenvaartsluizen ver naar het westen komen te liggen zal dit meer beperkend zijn voor de toegang tot de havens voor de zeescheepvaart. De getijdewerking komt te vervallen met grote nadelen voor aanwezige getijdenatuur. De haringvlietsluizen blijven een functie vervullen om het nieuwe (brakke) meer te scheiden van het zoete Haringvliet (en overtollig water te spuien).

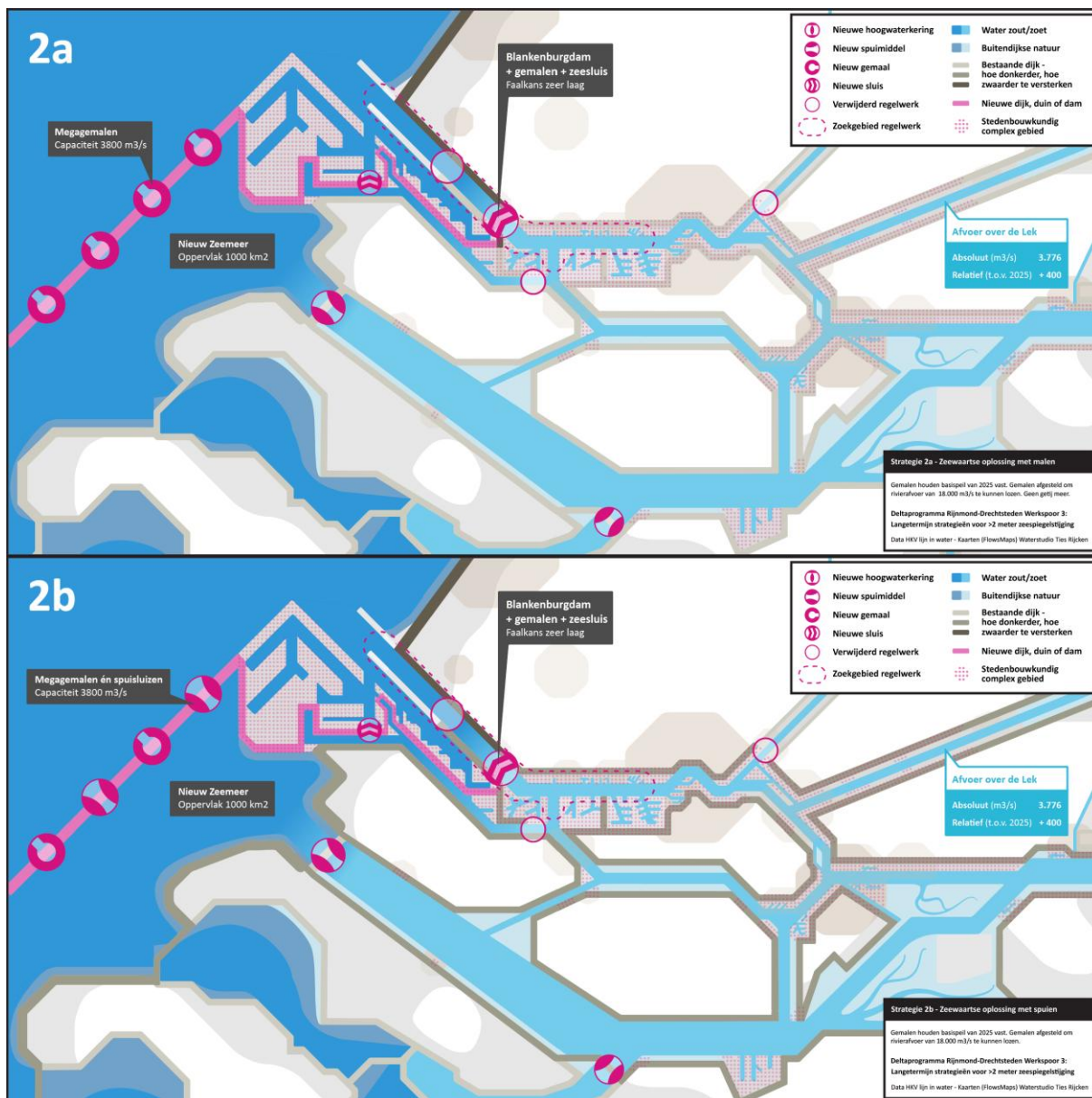
Onderscheid wordt gemaakt in twee varianten:

- In de eerste variant (A) wordt de afvoer van de rivieren vanuit het nieuwe bekken geheel in zee gepompt. Hierbij streven de gemalen (met een capaciteit van 3800 m³/s) naar een

² <https://www.deltaprogramma.nl/deltaprogramma/documenten/publicaties/2024/03/04/eindrapportage-oplossingsrichting-zeewaarts>

streefpeil in de DPRD regio (en het nieuwe bekken) rond NAP in dagelijkse omstandigheden. De capaciteit van de gemalen is zo ingesteld dat de piekwaterstanden in extreme condities in Rotterdam gelijk zijn aan de huidige omstandigheden. De extra berging in de zuidwestelijke delta (ZWD) en het nieuwe meer in zee zal worden benut om de benodigde gemaalcapaciteit te beperken. Dit meer is wel brak, waardoor het geen buffer is voor zoetwater.

- In de tweede variant (B) wordt ingezet op het spuien van water. Dat betekent dat de dagelijkse waterstand mee moet groeien met de ZSS. De rivierafvoer wordt onder vrij verval geloosd richting zee. Hierdoor zijn er geen kosten voor de gemalen, maar stijgen de dagelijkse en de piekwaterstanden wel ten opzichte van variant (A).



Figuur 4: Uitwerking van de Zeewaartse oplossing (bron: waterstudio Ties Rijcken)

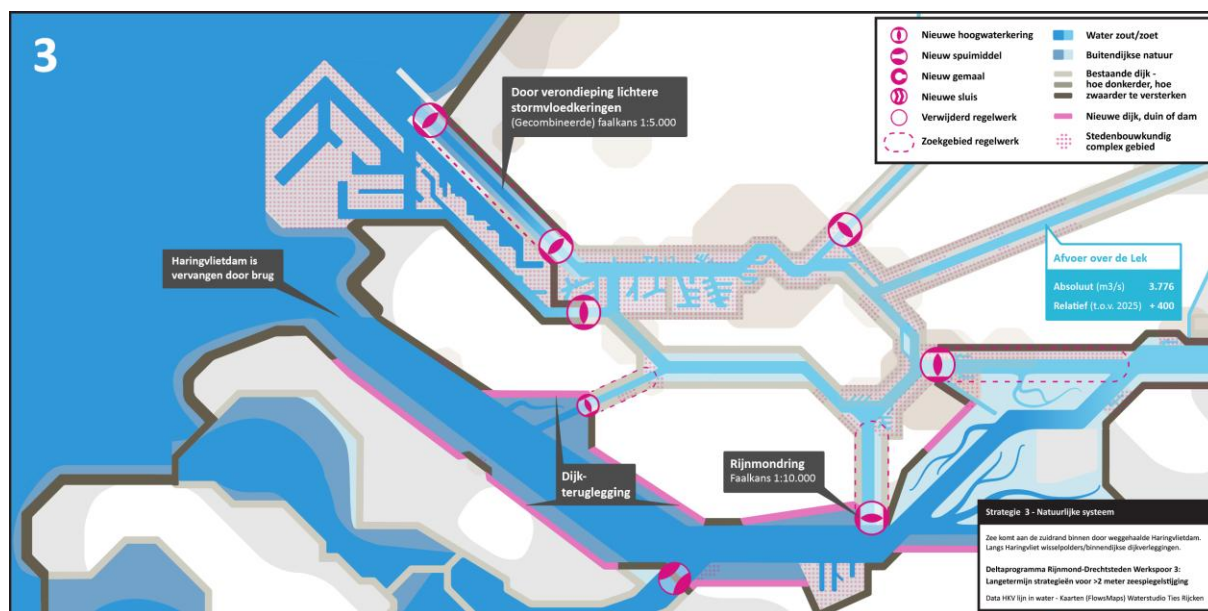
2.2.3 Natuurlijk

De Rijnmaasmonding is een gebied met enerzijds sterk verstedelijkte en geïndustrialiseerde deelgebieden en anderzijds meer landelijke gebieden met landbouw in combinatie met unieke

natuur. De natuur staat onder druk (waterkwaliteitsdoelen en biodiversiteitsdoelen worden niet gehaald) en is sterk afhankelijk van de aquatische omstandigheden: voldoende dynamiek, voldoende ruimte en een goede verbinding met de terrestrische natuur zijn voorwaarden voor een gezonde natuur in dit intergetijdengebied.

In deze strategie (Figuur 5) wordt veel meer ingezet op het natuurlijke proces. De bodem in de zeemonding stijgt waardoor de zoutindringing minder groot is. Op het Haringvliet wordt een open verbinding gerealiseerd met waterkerende landschappen (uitgezonderd zijn locaties met veel bebouwing). Deze waterkerende landschappen kunnen deels meegroeien met ZSS door sedimentatie waardoor de overstromingsgevolgen hier kunnen afnemen. Mogelijk dat hiervoor ook extra suppleties nodig zijn om de natuurdoelen te halen. Om te voorkomen dat de open zeemonding bij het Haringvliet leidt tot hogere waterstanden rondom Rotterdam en Dordrecht, zijn er drie stormvloedkeringen voorzien die kunnen worden gesloten. Om dezelfde reden is ook de afvoerverdeling aangepast om extra hoge waterstanden in het gebied dat beschermd wordt door de rivierkeringen te beschermen.

De hogere bodem in de estuaria leidt tot een lagere getijdeslag tijdens normale situaties. Tijdens hoogwater is het effect op de piekwaterstand echter miniem verondersteld.



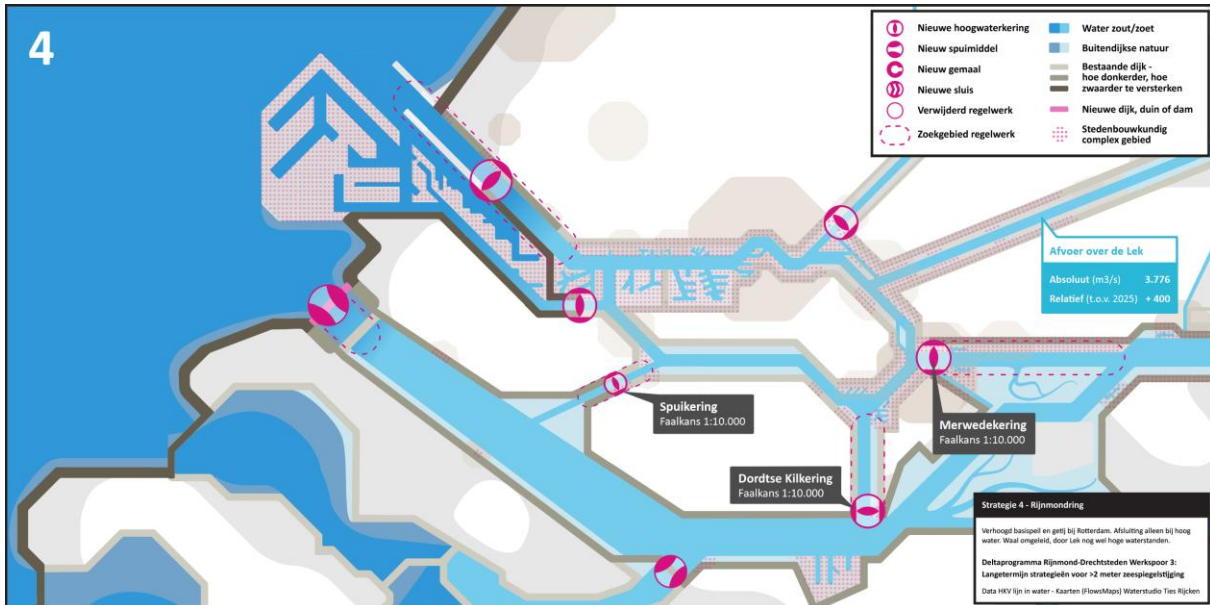
Figuur 5: Uitwerking van het Natuurlijk systeem (bron waterstudio Ties Rijcken)

2.2.4 Rijnmondring

Om de negatieve effecten voor de scheepvaart en de natuur van de strategie 'zeewaarts' te vermijden, is het van belang de Rijnmaasmonding zoveel mogelijk in open verbinding te houden met de zee. Om dan toch bij klimaatverandering de waterveiligheid te borgen én ruimtelijke moeilijk inpasbare dijkversterkingen in het noordelijke deelgebied te beperken, kan bij hoge rivierafvoeren het water afgeleid worden naar het Hollandsch Diep en het Haringvliet (en zo nodig naar Volkerak en Grevelingen).

In deze strategie (Figuur 6) worden Rotterdam en Dordrecht beschermd door een stelsel van Stormvloedkeringen en rivierkeringen. Deze keringen worden gesloten als de waterstanden in Rotterdam en Dordrecht te hoog worden. Het sluitpeil is vergelijkbaar als in de VKS zodat

scheepvaart niet te veel wordt belemmerd, en stijgt dus mee met zeespiegel (gelijk als in de oplossing oprekken van de VKS). Het sluiten van de rivierkeringen is een nauw samenspel met het sluiten van de stormvloedkeringen om te voorkomen dat deze rivierkeringen zijn gesloten als de Europoortkering faalt. Daarnaast wordt er extra berging ingezet rondom het Volkerak en de Grevelingen. Ook wordt de afvoerverdeling aangepast door de Lek en IJssel meer te ontzien. Bij een afvoer van >12.000 m³/s bij Lobith gaat alle extra afvoer over de Waal, ten zuiden van het Dordrecht richting het Haringvliet waar een SVK ligt.



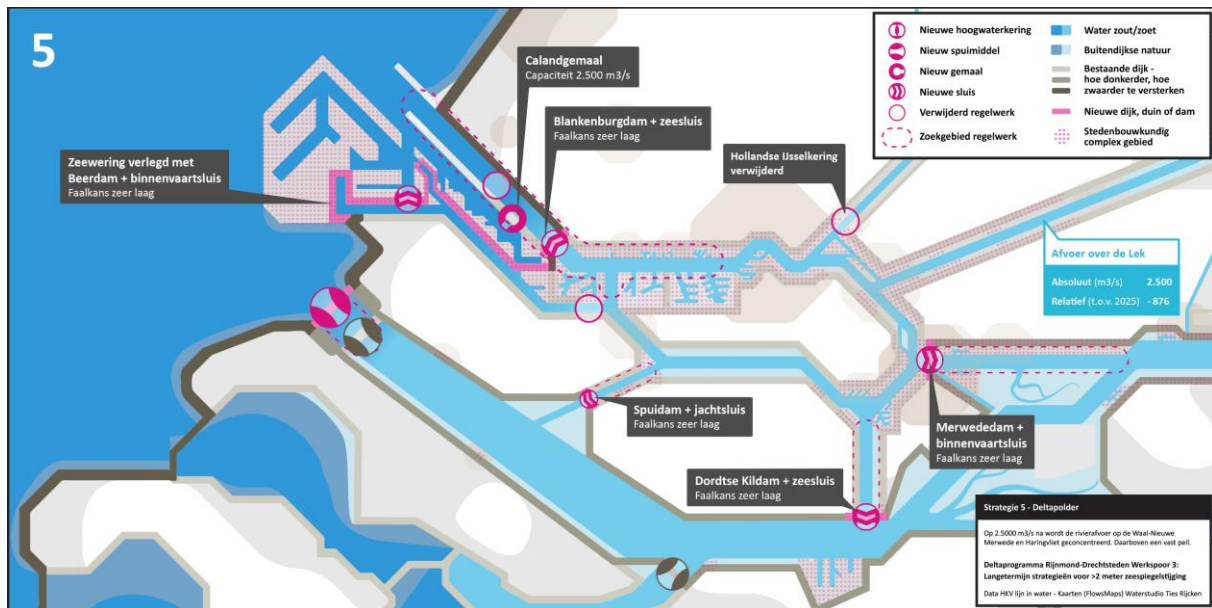
Figuur 6: Uitwerking van de Rijnmondring (bron waterstudio Ties Rijcken)

2.2.5 Deltapolder

In de vorige strategie (Rijnmondring) bestaat er onder normale omstandigheden een open verbinding met de zee. In perioden van lage rivierafvoer treedt er dan ook zoutindringing op. Bovendien is de strategie erg afhankelijk van de faalkans van de rivierkeringen, wat potentieel een groot beslag legt op uitvoering, beheer en onderhoud van die keringen. Een strategie die beide effecten van de Rijnmondring vermijdt, is gebaseerd op een aaneengesloten ring van dijken en dammen in de rivieren met sluisen om de scheepvaart te laten passeren. Daarmee is de zoetwatervoorziening beter geborgd, kan scheepvaart doorgang vinden (weliswaar sterk beperkt ten opzichte van de huidige situatie en worden ingewikkelde dijkversterkingen in het noordelijke deel van de Rijnmaasmondning voorkomen.

In deze strategie (Figuur 7) worden Rotterdam en Dordrecht beschermd door een stelsel van vaste dammen die passeerbaar zijn door binnenvaartsluisen. Deze dammen bij de zeemonding en het Spui, Dordtse Kil en Merwede vormen samen de Deltapolder. Op deze Deltapolder loost de Lek bij Lekkerkerk, de gemaalcapaciteit om de polder te bemalen naar zee is gelijk aan de afvoer die op de Lek kan optreden. Het streefpeil is NAP + 1m. Ook wordt de afvoerverdeling bij de splitsingspunten op de rivieren sterkt aangepast door de Lek meer te ontzien en een hoog water corridor op de Waal te creëren. Bij een afvoer van >12.000 m³/s bij Lobith gaat alle extra afvoer over de Waal, ten zuiden van het Dordrecht richting het Haringvliet waar een SVK ligt. Om de Deltapolder zoet te houden, is een zeer beperkte hoeveelheid zoetwater nodig vergeleken met de huidige situatie (en de VKS in 2200). Verziltzing in deze corridor is toegestaan omdat de

zoetwatervoorziening wordt geregeld via de Deltapolder waarbij de afvoerverdeling ook bij laagwater is aangepast (onder andere via de IJssel en de Lek).



Figuur 7: Uitwerking van de Deltapolder (bron waterstudio Ties Rijcken)

2.2.6 Gedeeltelijk terugtrekken (meebewegen)

Alle voorgaande strategieën kenmerken zich door (waterstaatskundige) ingrepen en maatregelen die effecten hebben op de waterveiligheid en uiteraard ook op de functies scheepvaart, zoetwater, natuur, woningbouw etc. De ingrepen en maatregelen zijn vaak kostbaar (na aanleg ook voor beheer en onderhoud), hebben in alle gevallen naast positieve effecten ook negatieve effecten die schade opleveren of met extra inspanning en kosten gemitigeerd moeten worden. In plaats van te strijden tegen het steeds hogere water tegen aanzienlijke maatschappelijke kosten, wordt als gedachtenexperiment hier ook een strategie uitgewerkt die 'Gedeeltelijk terugtrekken' (ook wel meebewegen) genoemd wordt. Het Kennisprogramma Zeespiegelstijging heeft deze strategie ook landelijk uitgewerkt. Daarbij werd de conclusie getrokken dat de kosten van een dergelijke strategie (waarbij delen van het land niet langer volgens de huidige norm beschermd worden tegen het water) alleen opgebracht kunnen worden als we aanzienlijke delen van de huidige Randstad juist wél blijven beschermen. Deze aanpak is hier uitgewerkt voor de Rijnmaasmond.

In deze strategie is terugtrekken uitgewerkt conform de uitgangspunten van hybride meebewegen uit KPZSS³. Dat betekent dat na het realiseren van de HWBP-opgave waterkeringen niet meer worden versterkt voor de gebieden waar dit speelt. De waterkeringen in de omgeving en verbeteringen aan de stormvloedkeringen worden nog wel doorgezet (gekozen is om terugtrekken nu te beschouwen als een extra bouwsteen ten opzichte van oprekken). Het terugtrekken wordt gerealiseerd in een periode van 100 jaar, dat geeft de mogelijkheid om deze transitie uit te voeren en te begeleiden.

³ <https://www.deltaprogramma.nl/deltaprogramma/documenten/publicaties/2024/03/04/eindrapportage-oplossingsrichting-meebewegen>

In deze strategie gaat het om twee mogelijke polders. Dat betekent dat zowel de inwoners en bedrijven uit deze polder verhuizen naar een ander gebied, omdat het niet meer mogelijk wordt geacht in deze gebieden te wonen. Deze gebieden gaan dan ook als extra berging fungeren die ten gunste komt aan de rest van de delta.

De berging wordt bij een stijgende zeespiegel steeds vaker ingezet omdat de waterkeringen rondom dit gebied niet worden versterkt en in de andere nog beschermde gebieden wel. Deze extra berging leidt dus ook tot andere piekwaterstanden in de DPRD-regio. De inwoners en bedrijven worden uitgekocht door de overheid, tijdens de transitie wordt ook niet meer geïnvesteerd in waterkeringen.

Er zijn twee willekeurige polders gekozen om het concept van terugtrekken uit te werken. De eerste is een gebied met een lage bevolkingsdichtheid: polder X. met een norm van 1/100 per jaar. De tweede polder is een gebied met een grote overstromingsdiepte en meer bebouwing: polder Y met een norm van 1/10.000 per jaar. Opgemerkt wordt dat de keuze ook op andere gebieden had kunnen vallen en dat er dus geen uitspraak wordt gedaan over de wenselijkheid.

3 Waterstanden

3.1 Methodiek

3.1.1 Berekening hydraulische belastingen

De hydraulische belastingen zijn geschat op basis van expertkennis waarin gebruik is gemaakt van bestaande modellen, resultaten en benaderingen van eerder onderzoek, met name uit spoor II en IV van KPZSS. Hierbij worden de systeemmaatregelen vertaald naar een wijziging van de waterstanden⁴. Deze aanpak leidt voor de uitwerking nu tot voldoende onderscheid tussen de strategieën en voldoende nauwkeurigheid van haalbaarheid en uitvoerbaarheid van een strategie op basis van de waterveiligheidsaspecten. De nauwkeurigheid is nog onvoldoende voor concrete ontwerpen, hiervoor zijn aanvullende analyses nodig waarin gedetailleerder en nauwkeuriger de effecten van de systeemmaatregelen worden berekend. Een dergelijke werkwijze is in stap A van het werkproces van DPRD (Figuur 1) niet voorzien.

De aanpak is vormgegeven door onderscheid te maken in een benedenstrooms deel waar waterstanden gedomineerd worden door de zeewaterstand of de kunstwerken en waar de meeste systeemmaatregelen een 'bekend' effect hebben op waterstand, en een bovenstrooms deel waar de rivierafvoer dominant is voor de hoogte van de waterstanden. Daar tussen ligt het overgangsgebied, waar het effect van de maatregelen in bovenstroomse richting geleidelijk verdwijnt. De effecten van de langetermijnstrategieën op de waterstand worden langs 4 tracés gelegd waaruit het verloop van benedenstrooms naar bovenstrooms blijkt (Figuur 9). Uit spoor II van het KPZSS is de huidige waterstand en de waterstand in 2200 bij 2m ZSS langs elke rivierkilometer en voor herhalingstijden van T10 t/m T30.000 bekend. Hierbij is ook rekening gehouden met een toename van de rivierafvoer. Deze waterstanden worden gewijzigd door de inschatting van de experts.

⁴ De wijziging in waterstand is gelijkgesteld aan de wijziging van de hydraulische belastingen (waterstand plus golfoverslag). De toeslag voor golven in het hydraulisch belastingenniveau blijft gelijk en is opgenomen in bijlage A.



Figuur 8: Overzicht van representatieve locaties in het studiegebied.

Het effect op de waterstand is gebaseerd op bekende (eerder berekende) resultaten en wordt gemaakt voor het gehele frequentiebereik tussen T10 en T30.000. Van elke bouwsteen uit de basisstrategieën van DPRD wordt het effect op de waterstand geschat voor 20 representatieve locaties langs de 4 tracés (een deel daarvan in Figuur 8). Hierbij is rekening gehouden met het samengestelde effect van meerdere bouwstenen. Onderscheid wordt gemaakt in de bouwstenen (1) type verbinding met zee, (2) bergingscapaciteit, (3) gemaal-/spuicapaciteit, (4) stormvloedkeringen en (5) afvoerdeling. In bijlage A is een uitwerking per bouwsteen beschreven.

3.1.2 Berekening versterkingskosten, ruimtegebruik en te amoveren objecten

Voor het berekenen van de benodigde dijkversterking op basis van de waterstandstatistiek wordt gebruik gemaakt van eerder berekende OKADER resultaten uit spoor II van KPZSS waarbij de kosten zijn gebaseerd op KOSWAT. Bij het bepalen van de vereiste versterkingen is ook rekening gehouden met de effecten van bodemdaling. Deze bodemdaling kan leiden tot extra dijkversterking, ook wanneer in een strategie wordt aangehouden dat de waterstand op een riviertak niet toeneemt. Deze kosten dienen vooral als een relatieve maat te worden gezien ten opzichte van de resultaten van een andere strategie.

Voor elke waterkering is in spoor II onderscheid gemaakt in verschillende type dijkversterkingen. Gebruik is gemaakt van de kosten voor twee type waterkeringen:

1. Groene dijken en geen constructieve maatregelen. Dit is een oplossing in grond, hierdoor is er relatief veel ruimtebeslag en kan het amoveren van gebouwen nodig zijn. Als er al sprake is van constructieve oplossingen in de huidige situatie blijven deze constructief.
2. Constructieve oplossingen en groene dijken. In deze oplossing wordt er alleen voor groene dijken gekozen als het kan zonder het amoveren van woningen. Als amoveren noodzakelijk is, worden inpasbare constructieve oplossingen met minder ruimtebeslag gekozen (zoals bijvoorbeeld in hoog-stedelijke omgeving).

Hierbij wordt opgemerkt dat dit puur vanuit waterveiligheid een aanname is, maar dat de inpassing van een constructieve oplossing (die ook de kerende hoogte verzorgt) ook een grote impact heeft op de leefomgeving.

Voor 2200 bij 2m ZSS is op basis van een lineaire inter- (en extra)polatie geschat wat de kosten zijn voor de verschillende strategieën op deze tracés. Voor de interpolatie is uitgegaan van databases voor zichtjaar 2200, voor de gevoeligheidsanalyse is ook gebruik gemaakt van resultaten van zichtjaar 2100. Op deze manier wordt rekening gehouden met het aantal versterkingsrondes. Hierbij is rekening gehouden met dijkversterking vanwege ZSS, extra rivierafvoer en bodemdaling. Vervolgens zijn het ruimtebeslag en de kosten van de resterende versterkingsopgave van de primaire keringen bepaald door te interpoleren uit de KOSWAT en OKADER resultaten van spoor II van KPZSS.

Uiteindelijk zijn de totale kosten van dijkversterkingen, dammen en sluisen en stormvloedkeringen per strategie bepaald gegeven de systeemmaatregelen. Dijkversterkingen zijn dus nodig om de uiteindelijke waterstand te kunnen keren. Deze totalen geven een relatief beeld ten opzichte van de VKS. Merk op dat kosten niet de enige indicator vormen voor een succesvolle strategie, het gaat ook om andere effecten (bijvoorbeeld natuur of scheepvaart of bebouwing buitendijks) en waarden (bijvoorbeeld solidariteit). Hier wordt in hoofdstuk 6 op ingegaan.

De berekende kosten, ruimtebeslag en te amoveren gebouwen gaan uit van een puur waterbouwkundige opgave. Het inpassen van dijken horende bij een zeespiegelstijging vraagt om een grote nieuwe gebiedsinrichting waardoor de gepresenteerde kosten in de praktijk hoger zullen liggen. Ook het ruimtebeslag en de te amoveren gebouwen zal door inpassing veranderen aangezien het gebied achter de dijk ook leefbaar moet blijven. In de ruimtelijke uitwerking van de langetermijnstrategieën kan dit verder vorm worden gegeven. Dit is onderdeel van stap B van het werkproces van DPRD (Figuur 1).

3.2 Effect op waterstanden

3.2.1 Waterstand op representatieve locaties

In Tabel 2 is een overzicht opgenomen van de waterstanden in 2200 bij de verschillende langetermijnoplossingen bij verschillende terugkeertijden inclusief de huidige situatie. Hierbij is uitgegaan van 2m ZSS inclusief een stijgende rivierafvoer. Het betreft het effect op de waterstand bij verschillende terugkeertijden voor 3 onderscheidende locaties. Het gaat om Rotterdam en Dordrecht met veel stedelijk gebied en buitendijkse bebouwing en om de Hellevoetsluis langs het Haringvliet (zie Figuur 8 voor de ligging). De locaties Arnhem en Nijmegen zijn opgenomen, zodat het effect van een wijziging van de afvoerverdeling over de riviertakken duidelijk is.

Tabel 2 Effect van de langetermijnoplossing op de waterstand in een extreme situatie bij Rotterdam, Dordrecht, Hellevoetsluis, Nijmegen en Arnhem

	ROTTERDAM				DORDRECHT				HELLEVLOETSLUIS			
	T10	T100	T1000	T10000	T10	T100	T1000	T10000	T10	T100	T1000	T10000
VKS	4.3	4.5	4.7	5.1	3.9	4.1	4.3	4.7	3.6	3.8	4.0	4.4
OPREKKEN	4.3	4.5	4.6	4.7	3.9	4.0	4.2	4.3	3.6	3.8	3.9	4.0
ZEEWAARTS MALEN SPUIEN	2.1	2.4	2.7	3.0	2.2	2.4	2.7	3.0	2.1	2.4	2.7	3.0
NATUUR	4.3	4.5	4.6	4.7	3.8	4.0	4.2	4.3	5.0	5.6	6.3	7.1
RIJNMONDRING	4.3	4.5	4.6	4.7	3.8	4.0	4.2	4.3	3.6	3.8	4.2	4.5
DELTAPOLDER	1.2	1.4	1.5	1.5	1.2	1.5	1.7	1.8	3.6	3.8	4.2	4.5
TERUGTREKKEN	4.3	4.5	4.6	4.7	3.8	4.0	4.2	4.3	3.6	3.8	3.9	4.0
	NIJMEGEN				ARNHEM							
	T10	T100	T10	T100	T10	T100	T10	T100				
VKS	13.0	14.4	15.0	15.5	13.1	13.7	14.1	14.5				
OPREKKEN	13.0	14.4	15.0	15.5	13.1	13.7	14.1	14.5				
ZEEWAARTS MALEN SPUIEN	13.0	14.4	15.0	15.5	13.0	13.6	14.0	14.4				
NATUUR	13.0	14.4	15.0	15.5	13.1	13.7	14.0	14.5				
NATUUR	13.0	14.6	15.3	16.0	13.1	13.4	13.4	13.4				
RIJNMONDRING	13.0	14.6	15.3	16.0	13.1	13.4	13.4	13.4				
DELTAPOLDER	13.0	14.6	15.3	16.0	13.0	13.3	13.3	13.3				
TERUGTREKKEN	13.0	14.4	15.0	15.5	13.1	13.7	14.1	14.5				

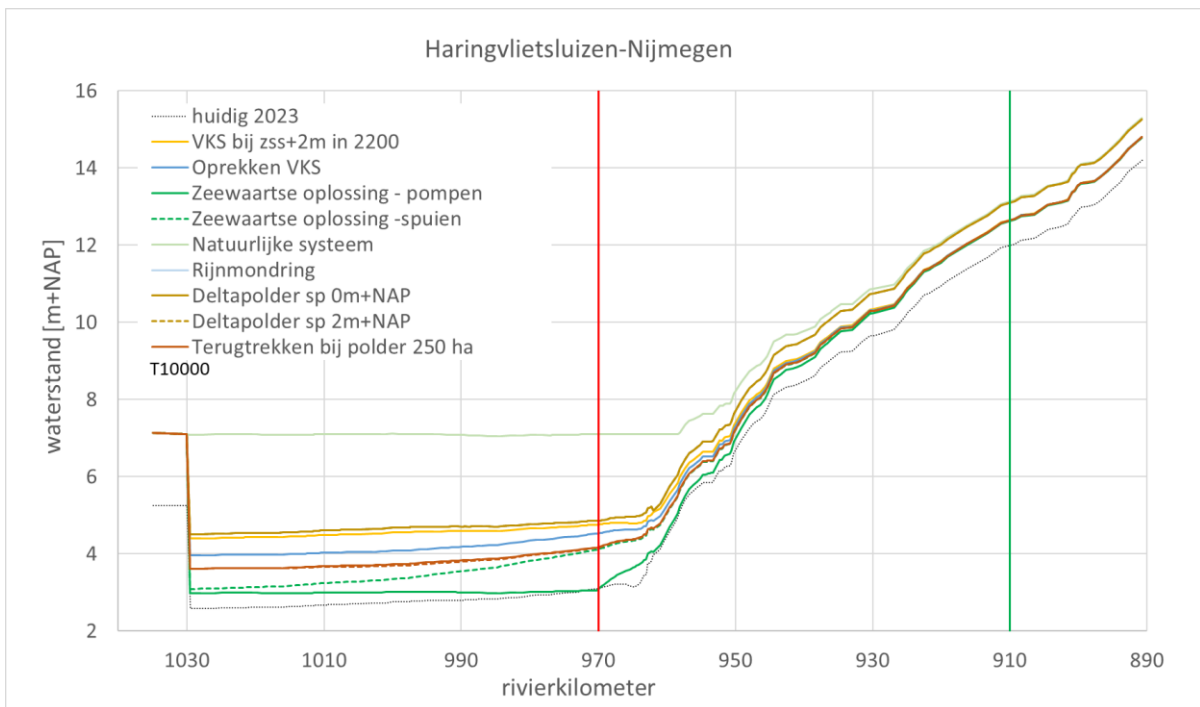
3.2.2 Waterstandsverlopen

De effecten op een riviertak kunnen ook als waterstandverloop per terugkeertijd worden gevisualiseerd. Dit verloop is worden opgesteld langs verschillende trajecten (zie Figuur 9).



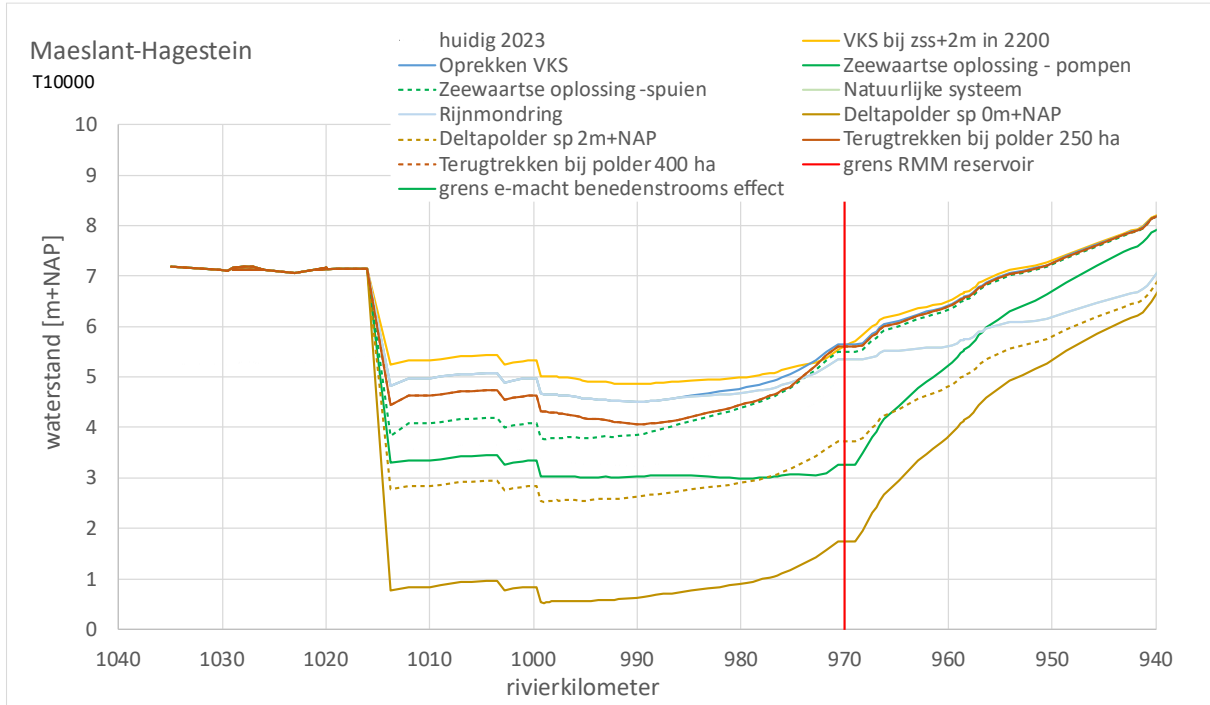
Figuur 9: Opbouw van de waterstand van beneden- naar bovenstrooms langs 4 tracés.

In Figuur 10 is het waterstandsverloop in zichtjaar 2200 bij een T10.000 jaar situatie weergegeven op de riviertak tussen de Haringvlietsluizen en Nijmegen (tracé 3). De figuur geeft het resultaat voor het gehele bereik van de analyse. Wat duidelijk uit deze figuur blijkt, is de invloed van de afvoerverdeling op de splitsingspunten bij de strategie natuur, Rijnmondring en Deltapolder. De waterstanden op de Waal stijgen omdat bij hoge afvoeren meer water over de Waal gaat. Zo zal ook de waterstand op de Lek dan dalen. Bij 2m ZSS in 2100 en een rivierafvoer volgens het WH scenario is de waterstand hoger dan bij het GH scenario. Dit komt omdat de rivierafvoer in het WH scenario hoger is.

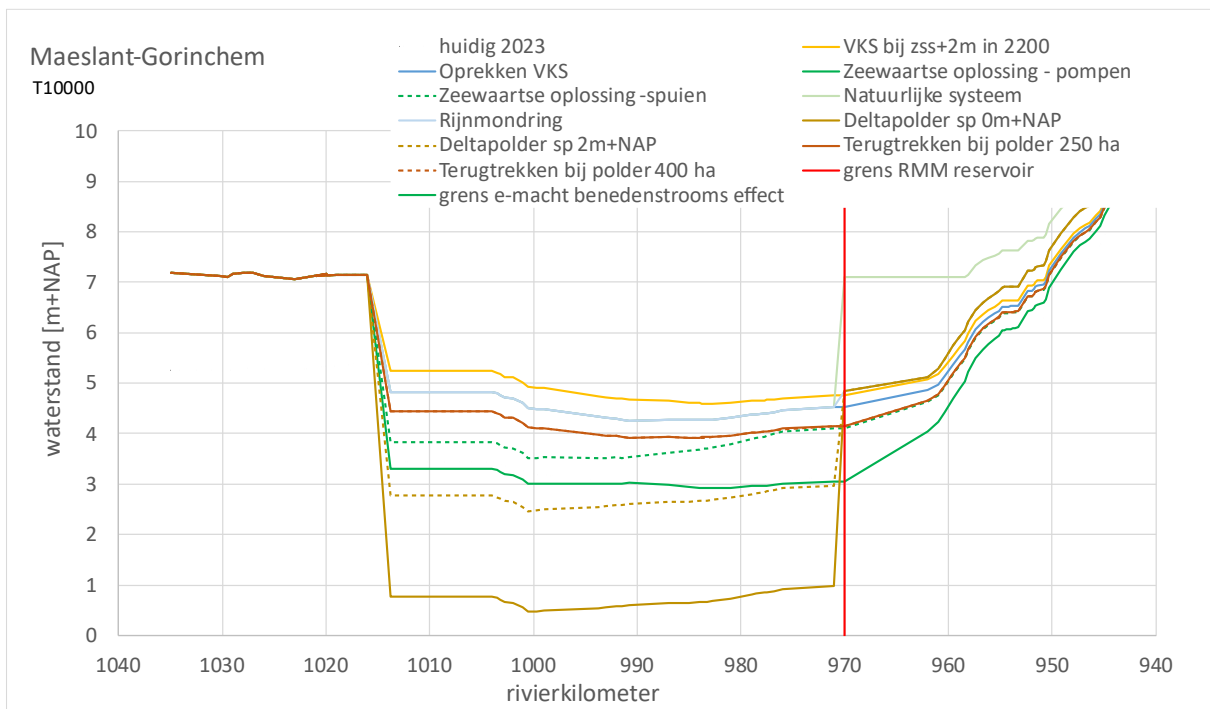


Figuur 10 Waterstandsverlopen traject Haringvlietsluizen - Nijmegen (tracé 3) bij de langetermijnopties voor een T10.000 jaar terugkeertijd. Rivierkilometer 970 komt overeen met Sliedrecht, rivierkilometer 910 met Beneden-Leeuwen. Deze rivierkilometers zijn in Figuur 10 aangegeven met 'Delta' en 'Bovenrivieren'.

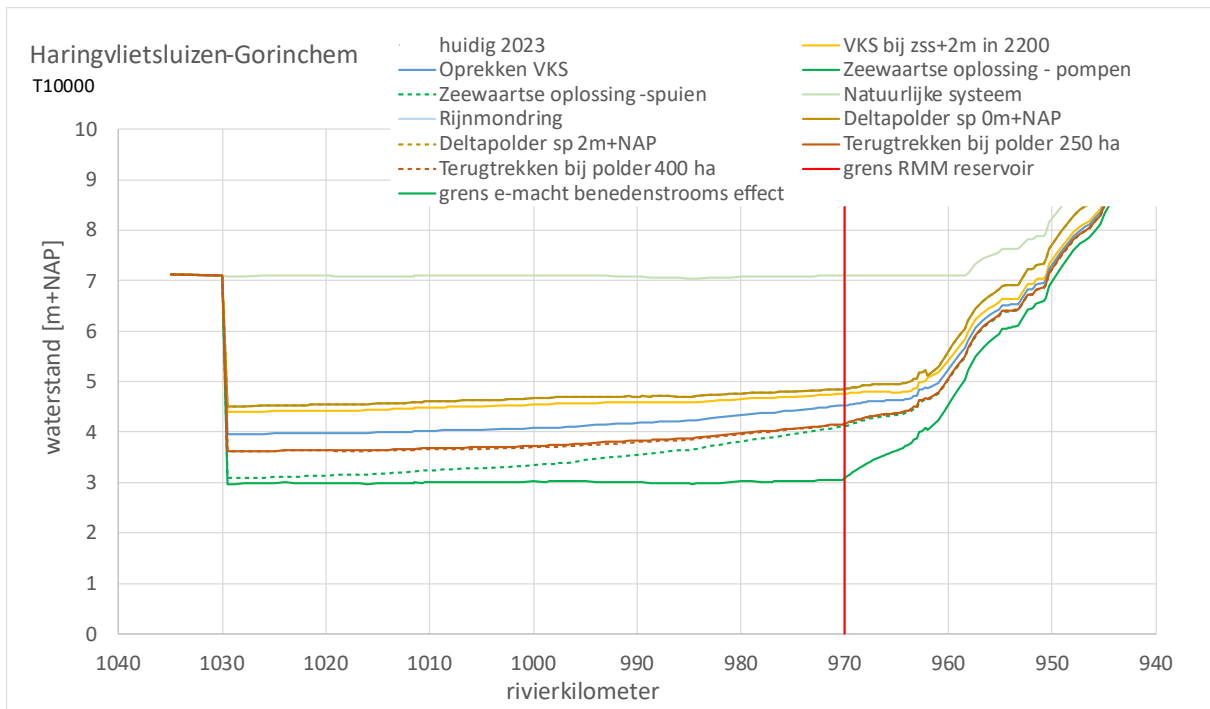
In Figuur 11 t/m Figuur 14 is ingezoomd op het gebied van Rijnmond-Drechtsteden, getoond wordt het resultaat langs de vier tracés van Figuur 9. Ook uit deze figuren blijkt de invloed van de afvoerverdeling en de systeemmaatregelen als een open verbinding met zee, de Deltapolder en sluizen.



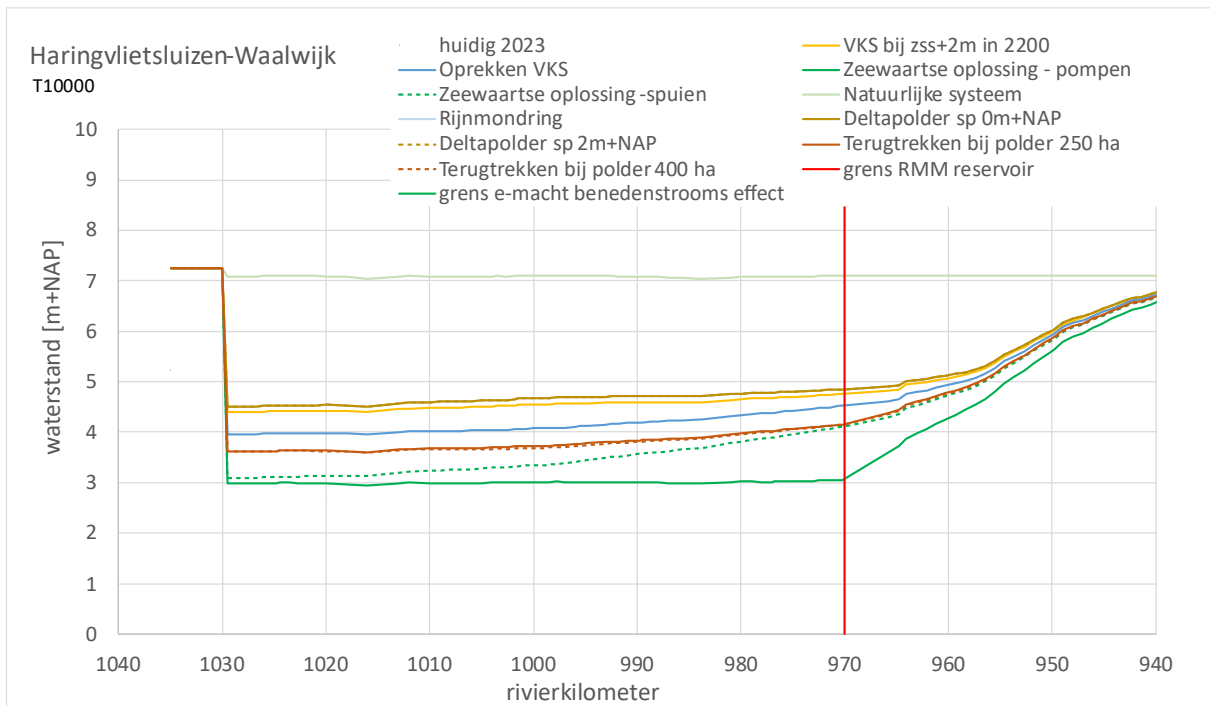
Figuur 11 Waterstandsverlopen traject Maeslantkering - Hagestein bij de langetermijnopties voor een T10.000 jaar terugkeertijd.



Figuur 12 Waterstandsverlopen traject Maeslantkering - Gorinchem bij de langetermijnopties voor een T10.000 jaar terugkeertijd.



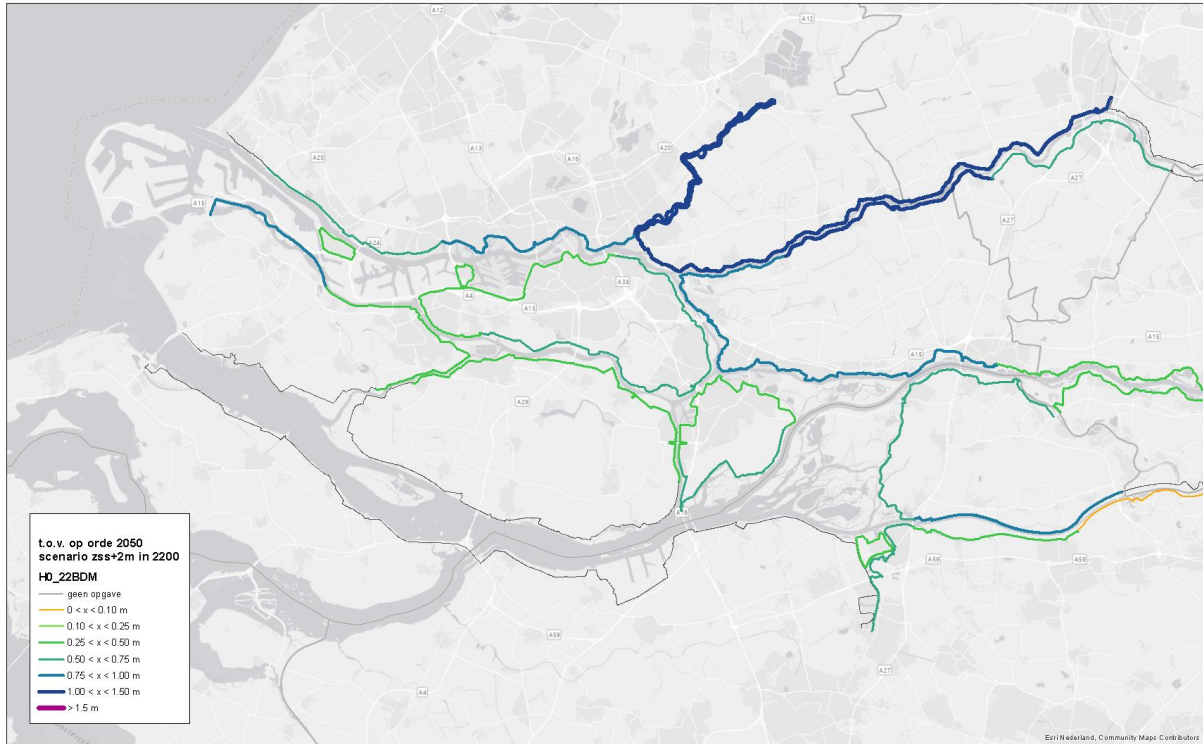
Figuur 13 Waterstandsverlopen traject Haringvlietsluizen - Gorinchem bij de langetermijnopties voor een T10.000 jaar terugkeertijd.



Figuur 14 Waterstandsverlopen traject Haringvlietsluizen - Waalwijk bij de langetermijnopties voor een T10.000 jaar terugkeertijd.

3.2.3 Bodemdaling

De benodigde dijkversterkingen worden veroorzaakt door zowel een hogere waterstand maar ook door bodemdaling. In Figuur 15 is een ruimtelijk overzicht opgenomen. Hieruit blijkt dat bodemdaling al leidt tot aanzienlijke versterkingen.



Figuur 15 Invloed van bodemdaling op de dijkversterkingen in 2200 in de VKS uitgaande van groene dijken

3.2.4 Gevoeligheid

Om een beeld te krijgen van de robuustheid van de resultaten, is ook gekeken naar een extremere situaties waarbij de zeespiegelstijging sneller gaat en waarbij er ook meer rivierafvoer is. Hiervoor is gekeken naar de situatie dat de 2m ZSS in 2100 optreedt en dat de rivierafvoer gelijk is aan het WH2100 scenario. In bijlage C is een overzicht opgenomen met de waterstanden. De effecten op de waterstanden variëren per locatie maar zijn overwegend beperkt en in verhouding tot stijging ten opzichte van de huidige situatie.

4 Kosten van maatregelen

4.1 Dijkversterkingskosten en impact

In dit hoofdstuk is de impact op de dijkversterkingskosten geschat voor iedere langetermijnoplossing. Onderscheid is gemaakt in de kosten, het ruimtebeslag en het aantal te amoveren gebouwen.

4.1.1 Kosten van dijkversterking

In Tabel 3 zijn de cumulatieve kosten voor dijkversterking opgenomen waarbij de kosten zijn meegenomen voor dijkversterking die tot 2200 zijn gemaakt, dat kan betekenen dat er soms dijken nog sterker zijn dan de eis bij de norm in 2200. Onderscheid is gemaakt in een variant met groene dijken (oplossingen in grond) en een variant met een combinatie van groene dijken en constructieve oplossingen. Bij een oplossing in grond is veel ruimte nodig en kan het nodig zijn om gebouwen te amoveren. Bij de constructieve oplossing wordt op deze oplossingen ingezet als er gebouwen geamoveerd moeten worden. Bij de constructieve oplossingen is het aantal te amoveren gebouwen dan ook verwaarloosbaar (voor dijkversterkingen).

Tabel 3 Cumulatieve totale kosten (in MLD) voor dijkversterking bij 2m ZSS in 2200 en GL2200 rivierafvoer uitgaande van dijken op orde voor DPRD (met tussen haakjes de extra kosten voor in het rivierengebied).

	GROENE DIJKEN	CONSTRUCTIEVE + GRONDOPLOSSING	RUIMTEBESLAG (KM2) BIJ GROENE DIJKEN	AMOVEREN (PER 100 GEBOUWEN) BIJ GROENE DIJKEN
S1 OPREKKEN	33 (+29)	13 (+11)	16 (+42)	142 (+140)
S2 ZEEWAARTS				
A - MALEN	18 (+27) *	8 (+10) *	5 (+39)	96 (+135)
B - SPUIEN	26 (+29) *	11 (+11) *	10 (+42)	123 (+139)
S3 NATUUR	39 (+31)	16 (+11)	24 (+50)	161 (+142)
S4 RIJNMONDRING	34 (+30)	13 (+11)	16 (+45)	145 (+141)
S5 DELTAPOLDER	17 (+29)	8 (+11)	8 (+44)	92 (+138)
S6 TERUGTREKKEN				
POLDER X	33 (+29)	13 (+11)	15 (+42)	142 (+140)
POLDER Y	30 (+29)	13 (+11)	15 (+42)	142 (+140)

De kosten in Tabel 4 bevatten ook de kosten voor het op orde brengen van het systeem zodat het voldoet aan de normen voor waterkeringen. Deze kosten zijn geraamd conform de benadering in spoor II waarbij op basis van de tijdlijn 'laag' de kosten zijn bepaald voor een traditionele manier van dijkversterkingen die overeenkomt met het gebruik van groene dijken aangevuld met constructieve oplossingen om amoveren van woningen te voorkomen.

	CONSTRUCTIEVE + GRONDOPLOSSING	RUIMTEBESLAG (KM2) BIJ GROENE DIJKEN	AMOVEREN (PER 100 GEBOUWEN) BIJ GROENE DIJKEN
DPRD NOORD	3	4.3	0
DPRD ZUID	1	1.7	0
TOTAAL DPRD	4	6	0
NRLK	1	8.7	0
WAAL	2	18.0	0
MAAS	2	10.4	0
TOTAAL	9	43	0

Tabel 4 Cumulatieve totale kosten (in MLD) voor dijkversterking om deze op orde te brengen zodat ze voldoen aan de normen.

In Tabel 5 (voor groene dijken) en Tabel 6 (voor constructieve oplossingen) zijn de kosten per riviertak opgenomen. Het gaat dan om de kosten in het DPRD-gebied maar ook de kosten in het rivierengebied tot aan Arnhem, Mook en Nijmegen.

Hieruit valt op dat de kosten voor de strategie oprekken vergelijkbaar zijn met de kosten voor resterende dijkversterking bij terugtrekken. De zeewaartse oplossing (met malen) en de Deltapolder leiden tot lagere kosten op het traject Nederrijn Lek (NRLK) en de DPRD Noord. De zeewaartse oplossing met malen heeft ook een gunstig effect op de Maas.

De zeewaartse oplossing met spuien leidt tot lagere waterstanden dan oprekken in de Rijnmond. Dat komt omdat de faalkans van de sluis veel kleiner is dan van de stormvloedkering en er geen rekening wordt gehouden met falen.

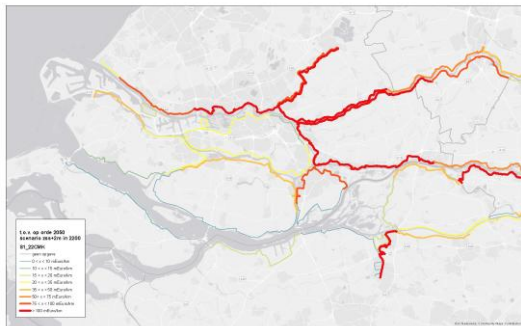
De kosten voor dijkversterking van de Rijnmondring zijn vergelijkbaar met de strategie oprekken. De verklaring hiervoor is de doorwerking van (de aangenomen) faalkans van de rivierkeringen. Deze keringen zijn als onafhankelijk beschouwd waardoor er een kans is op falen. Daarnaast is het sluitpeil van de stormvloedkering ook verhoogd conform de strategie oprekken wat het kleine effect bij vaker voorkomende waterstanden verklaard.

De natuurlijke oplossing leidt tot hogere kosten voor het traject Haringvliet Hollands Diep (HVHD). Hierbij is rekening gehouden met 50% hogere kosten voor de keringen in het waterkerend landschap over 65% van de lengte. De natuurlijke oplossing leidt tot minder dan 10 MLD hogere kosten dan oprekken.

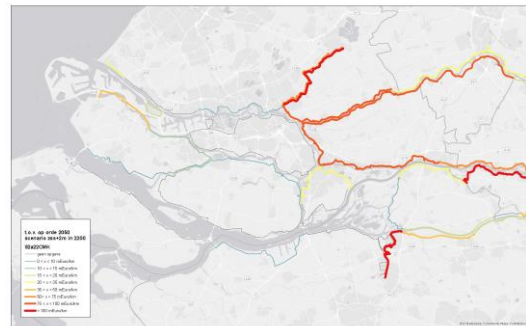
De strategie terugtrekken (s6a en s6b) heeft een gering effect op de dijkversterkingskosten vergeleken met oprekken (s1).

Tabel 5 Cumulatieve kosten (in MLD) voor dijkversterking bij 2m ZSS in 2200 bij groene dijken uitgaande van dijken op orde

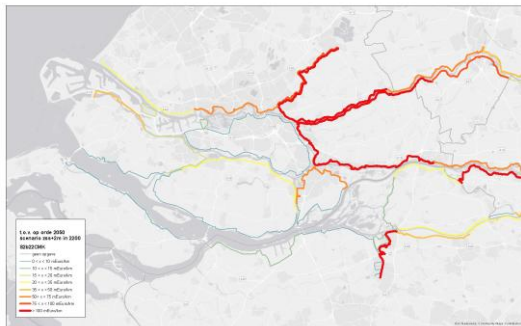
	S1	S2A	S2B	S3	S4	S5	S6A	S6B
DPRD NOORD	30	17	24	32	31	14	30	30
DPRD ZUID	3	1	2	7	3	3	3	3
TOTAAL DPRD	33	18	26	39	34	17	33	33
NRLK	6	5	6	6	6	5	6	6
WAAL	14	14	14	15	15	1	geen opgave	14
MAAS	9	8	9	10	9	4	0 < x < 10 mEuro/km	9
TOTAAL	62	45	55	70	64	4	10 < x < 15 mEuro/km 15 < x < 20 mEuro/km 20 < x < 35 mEuro/km 35 < x < 50 mEuro/km 50 < x < 75 mEuro/km 75 < x < 100 mEuro/km > 100 mEuro/km	59



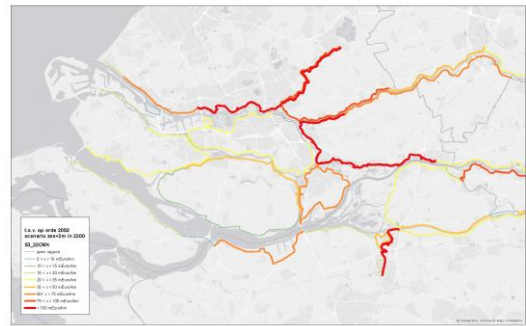
Strategie oprekken



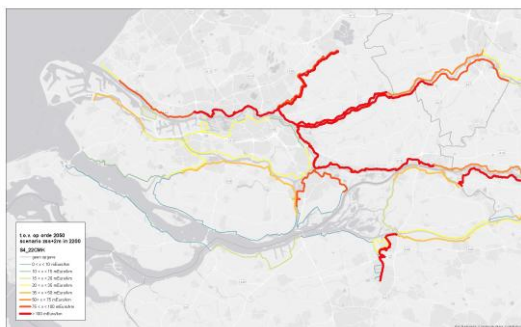
Strategie zeewaarts malen



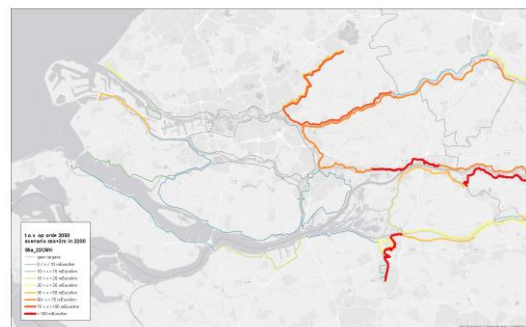
Strategie zeewaarts spuien



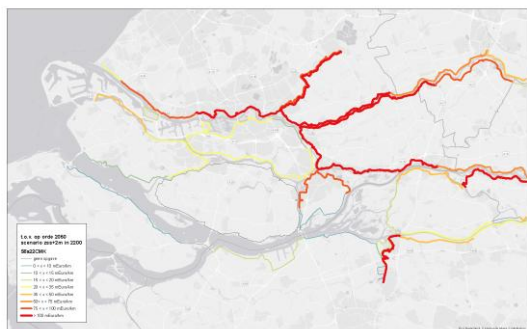
Strategie natuur



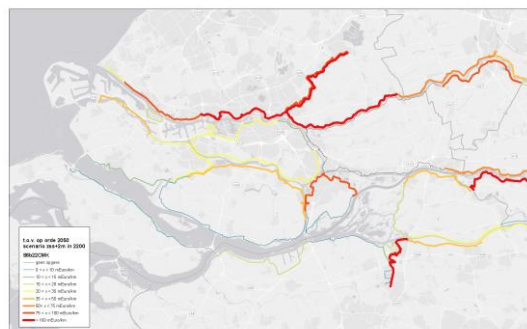
Strategie Rijnmondring



Strategie Deltapolder



Strategie gedeeltelijk terugtrekken Polder X



Strategie gedeeltelijk terugtrekken Polder Y

Figuur 16 Ruimtelijk overzicht van de cumulatieve kosten in Meuro per km voor dijkversterking bij 2m ZSS in 2200 bij groene dijken

De dijkversterkingskosten voor een strategie waarbij er constructieve oplossingen worden gezocht als bij groene dijken een amoveeropgave ontstaat, leidt tot onderlinge verhouding als groene dijken. Wel zijn de totale kosten lager, dat kan worden verklaard omdat er geen dure ingrepen nodig zijn om te amoveren (als zijn constructieve oplossingen wel duurder dan dijkversterking). Hierbij geldt dat de kanttekening dat constructieve oplossingen in de toekomst soms lastiger uitvoerbaar kunnen zijn bij nieuwe versterkingsrondes. In Figuur 17 is een ruimtelijk overzicht per normtraject opgenomen.

Tabel 6 Cumulatieve kosten (in MLD) voor dijkversterking bij 2m ZSS in 2200 bij constructieve + grond oplossingen uitgaande van dijken op orde

	S1	S2A	S2B	S3	S4	S5	S6A	S6B
DPRD NOORD	11	7	10	12	11	6	11	11
DPRD ZUID	2	1	1	4	2	2	2	2
TOTAAL DPRD	13	8	11	16	13	8	13	13
NRLK	1	1	1	1	1	1	1	1
WAAL	6	6	6	6	6	6	6	6
MAAS	4	3	4	4	4	4	4	4
TOTAAL	24	18	22	27	24	19	24	24

In Tabel 7 zijn de kosten zoals bepaald in de gevoeligheidsanalyse opgenomen uitgaande van 2m ZSS in 2100 en een extremere rivierafvoer. De berekende kosten zijn de dijkversterkingskosten in 2100. Deze kosten zijn vaak iets lager dan die in 2200, dat komt met name omdat er minder dijkversterkingsrondes zijn. Het verschil is echter beperkt omdat de opgave wel wat groter is. De verhoudingen tussen de strategieën komen overeen met het eerdere beeld.

Tabel 7 Cumulatieve kosten (in MLD) voor dijkversterking bij 2m ZSS in 2100 en extreme rivierafvoer bij groene dijken en constructieve oplossingen uitgaande van dijken op orde

	S1	S2A	S2B	S3	S4	S5	S6A	S6B
GROENE DIJKEN	63	46	55	70	64	45	63	63
CONSTRUCTIEVE OPLOSSING	25	19	22	27	25	19	25	25

4.1.2 Ruimtebeslag

In Tabel 8 is het ruimtebeslag opgenomen bij 2m ZSS bij groene dijken. Het totale ruimtebeslag komt overeen met het beeld van de kosten. Voor de oplossing oprekken, Rijnmondring en terugtrekken is het ruimtebeslag vergelijkbaar. Voor de zeewaartse oplossingen en Deltapolder is het ruimtebeslag minder, en voor de natuurlijke oplossing iets groter. De impact op het ruimtebeslag treedt hierbij vooral op in de delta, en niet in het rivierengebied.

Tabel 8 Ruimtebeslag dijkversterking (in km²) bij 2m ZSS in 2200 rivierafvoer bij groene dijken uitgaande van dijken op orde

	S1	S2A	S2B	S3	S4	S5	S6A	S6B
DPRD NOORD	11	3	7	12	11	3	10	10
DPRD ZUID	5	2	3	12	5	5	5	5
TOTAAL DPRD	16	5	10	24	16	8	15	15
NRLK	9	7	9	8	8	7	9	9
WAAL	19	19	19	23	22	22	19	19
MAAS	14	13	14	19	15	15	14	14
TOTAAL	58	44	52	74	61	52	57	57



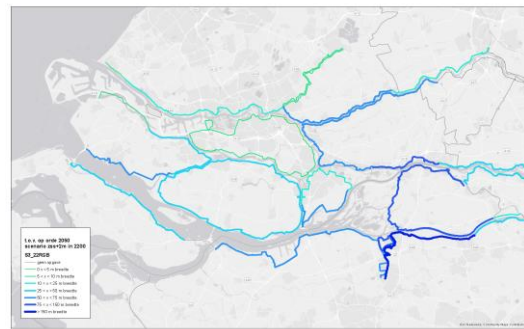
Strategie oprekken



Strategie zeewaarts malen



Strategie zeewaarts spuien



Strategie natuur



Strategie Rijnmondtring



Strategie Deltapolder



Strategie gedeeltelijk terugtrekken Polder X



Strategie gedeeltelijk terugtrekken Polder Y

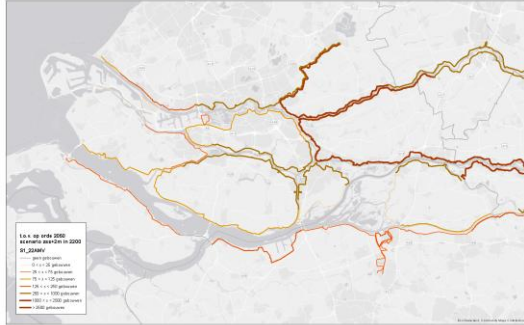
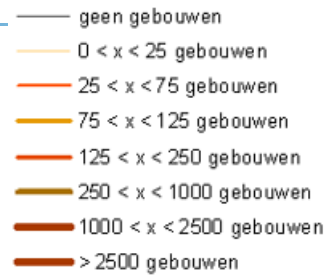
Figuur 17 Ruimtelijk overzicht het benodigde ruimtegebruik (in km² per km) voor dijkversterking bij 2m ZSS in 2200 bij groene dijken

4.1.3 Te amoveren gebouwen

In Tabel 9 is het aantal te amoveren panden weergegeven vanwege de dijkversterkingen bij groene dijken (bij constructieve oplossingen zijn het aantal te amoveren gebouwen verwaarloosbaar). De effecten van de systeemmaatregelen zijn vooral in het deltagebied, en minder in het rivierengebied.

Tabel 9 Te amoveren panden (per 100) voor dijkversterking bij 2m ZSS in 2200 en GL2200 rivierafvoer bij groene dijken uitgaande van dijken op orde

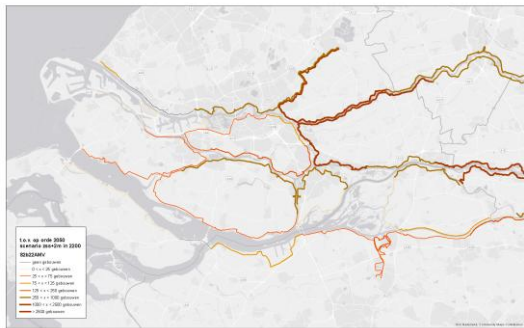
	S1	S2A	S2B	S3	S4	S5	S6A	S6B
DPRD NOORD	126	87	110	135	128	75	126	126
DPRD ZUID	16	9	13	26	17	17	16	16
TOTAAL DPRD	142	96	123	161	145	92	142	142
NRLK	33	29	32	31	31	28	33	33
WAAL	67	67	67	69	69	69	67	67
MAAS	40	39	40	42	41	41	40	40
TOTAAL	283	231	262	304	286	229	282	282



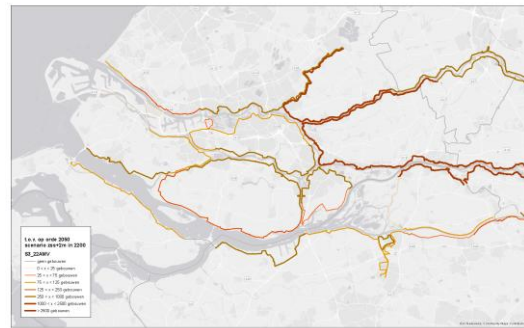
Strategie oprekken



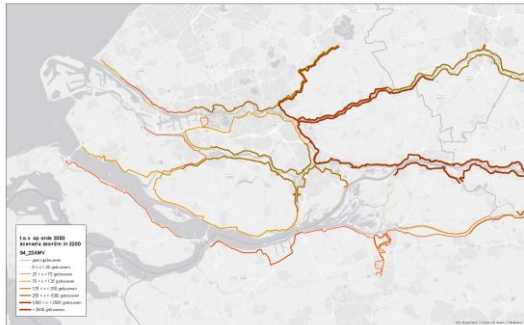
Strategie zeewaarts malen



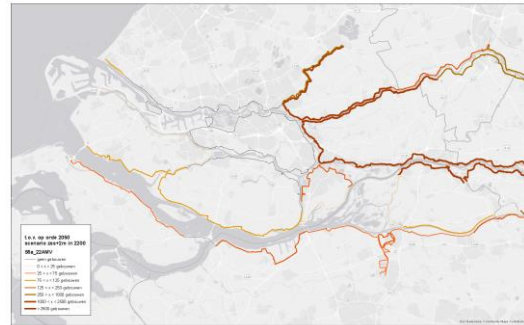
Strategie zeewaarts spuien



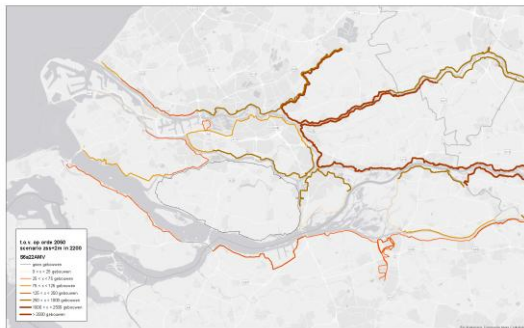
Strategie natuur



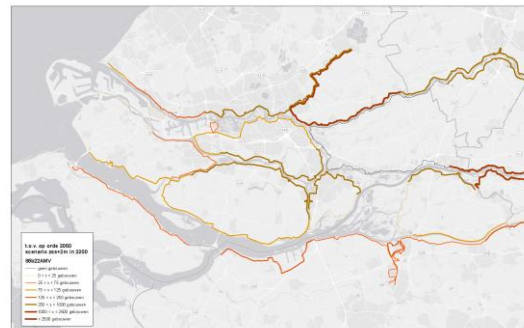
Strategie Rijnmondring



Strategie Deltapolder



Strategie gedeeltelijk terugtrekken Polder X



Strategie gedeeltelijk terugtrekken Polder Y

Figuur 18 Ruimtelijk overzicht aantal te amoveren gebouwen per km voor dijkversterking bij 2m ZSS in 2200 bij groene dijken

4.2 Kunstwerken en gemalen

De hoeveelheid kunstwerken en dus de kosten variëren met strategie. In Tabel 10 is een overzicht opgenomen van de kosten per kunstwerk en de kosten van gemalen. De kosten voor kunstwerken zijn gebaseerd op KPZSS spoor II. Voor de kosten van een dam bij het Haringvliet is uitgegaan van Vuik et al (2025) waarbij is aangenomen dat dat inclusief een schutsluis is. De kosten van gemalen zijn gebaseerd op de uitwerking van beschermen in spoor IV (KPZSS 2024). Hierbij is rekening gehouden met onderhoud en vervanging tot aan 2200. Aangenomen is dat de kosten vanaf nu tot en met 2100 gelijk zijn aan 1,5 x de kosten van 2050 tot 2100.

Voor de Zeewaartse oplossing is een nieuwe waterkering voorzien in de uitwerking van KPZSS die de Maasvlakte verbindt via een nieuw aan te leggen kering (in zee) tot aan de Oosterschelde. De kosten zijn geraamd op 30-35 MLD met een jaarlijkse onderhoudskosten van 0,25-0,35 MLD inclusief de gemaalkosten. De SVK in de ZWD delta en het Haringvliet kunnen hierdoor anders worden vormgegeven. In de kostenraming voor de kunstwerken binnen DPRD is uitgegaan van een Haringvliet dam met een sluis. De baat voor geen SVK is hierin verdisconteerd. Met de keringen in de ZWD is nu verder geen rekening gehouden.

Tabel 10: Kostenkennallen van kunstwerken en gemalen op basis van KPZSS in 2200 rekening houdend met vervangingsopgaven.

Kering	Euro's
Maeslantkering	2,7 MLD
Hartelkering	0,25 MLD
Hollandse IJsselkering	0,7 MLD
Haringvliet SVK	5,6 MLD
Haringvliet Dam en sluis	3,0 MLD
Binnenvaartsluis (inclusief schutsluis)/rivierkering	0,7 MLD (gelijk aan Hollandse IJssel Kering)
Afvoerverdeling	1 MLD
Gemaalcapaciteit (bron uitwerking beschermen KPZSS 2014)	per m ³ /s (inclusief aanleg en vervanging tot 2200): - 1,5 Meuro (tot 2100) - 1,65 Meuro voor 2100-2200)
Energiekosten bemaling (bron uitwerking beschermen KPZSS 2014)	Voor de energiekosten is uitgegaan van 0,07 euro per kWh (KEV 2022). De gemiddelde afvoer over de Lek (Deltapolder) is aangenomen op 420 m ³ /s. De jaarkosten bij 2m ZSS zijn hierbij geraamd op 7,2 Meuro per jaar wat overeen komt met 17.000 euro per m ³ /s over een periode van 50 jaar. De gemiddelde afvoer bij zeewaarts is aangenomen op 2000 m ³ /s.

In Tabel 11 is vervolgens een overzicht opgenomen van de totale kosten per strategie. Hierbij wordt opgemerkt dat de kosten van gemalen deels eenmalige investeringen zijn en deels jaarlijkse kosten voor energie.

Tabel 11: Overzicht van de kunstwerken en gemalen per strategie inclusief de kosten tot 2100 of 2200. Hierbij is rekening gehouden met vervangingskosten en energie.

NAAM	KUNSTWERKEN	GEMALEN	KOSTEN KUNSTWERKEN	KOSTEN GEMALEN
OPREKKEN	Maeslantkering + Hartelkering Hollandse IJsselkering Haringvliet	-	9,3 MLD	0
ZEEWAARTS				
MALEN	Binnenvaartsluis (2x) Hollandse IJsselkering Haringvliet Zeewaartse kering	3800 m ³ /s (gemiddelde afvoer 2000 m ³ /s)	5,1 MLD + zeewaartse kering (30-35 MLD) + kosten/baten ZWD	18,0 MLD (kosten verbruik ongeveer 50%) ⁵
SPIJEN	Binnenvaart + schutsluis (2x) Hollandse IJsselkering Haringvliet Zeewaartse kering	-	5,1 MLD + zeewaartse (30-35 MLD) kering + kosten/baten ZWD	-
NATUURLIJK	Maeslantkering + Hartelkering Hollandse IJsselkering Rivierkeringen (3x: Spui, Dordtse Kil + Merwede)		5,8 MLD	0
RIJNMONDRING	Maeslantkering + Hartelkering Hollandse IJsselkering Haringvliet Rivierkeringen (3x: Spui, Dordtse Kil + Merwede) Afvoerverdeling		11,3 MLD + Afvoerverdeling a 1 MLD	0
DELTAPOLDER	Binnenvaart + schutsluis (2x) Haringvliet Rivierkeringen (3x: Spui, Dordtse Kil + Merwede)	2500 m ³ /s (gemiddelde afvoer 420 m ³ /s)	9,1 MLD + Afvoerverdeling a 1 MLD	9,1 MLD (kosten verbruik ongeveer 15%) ⁶
GEDEELTELIJK TERUGTREKKEN (MEEBEWEGEN)	Maeslantkering + Hartelkering Hollandse IJsselkering Haringvliet	-	9,3 MLD	0

4.3 Kosten voor waterkerende landschappen

De langetermijnoplossing voor waterkerende landschappen vraagt ook om aankoop van gronden. Binnen KPZSS NBS is langs het Haringvliet en Hollands Diep ongeveer 65% van de waterkering hiervoor aangemerkt als geschikte grond. Het gaat hier voornamelijk om landbouwgronden. Dit gebied is aangemerkt als zoekgebied van in totaal 65km². De kosten voor landbouwgrond conform Koswat 9,22 euro per m².

Het realiseren van een waterkerend landschap betekent dat de bestaande waterkering wordt doorgestoken op een aantal plaatsen en een nieuwe waterkering wordt aangelegd. Deze nieuwe waterkering heeft een lagere belasting omdat golven lager zijn (maar niet nul). Echter, er zijn ook ingrepen nodig om het waterkerend landschap gereed te maken en de bestaande keringen door te breken zodat het waterkerend landschap jaarlijks kan overstromen en opslibben. Hierdoor stijgt ook het maaiveld op den duur wat een positief effect heeft op de overstromingsgevolgen omdat bressen minder groot worden. De kosten voor de grondaankoop zijn op 0,6 miljard euro geraamd.

⁵ In 2100 zijn de kosten bij 2m ZSS geraamd op 8,3 MLD.

⁶ In 2100 zijn de kosten bij 2m ZSS geraamd op 4,3 MLD.

De kosten van een waterkerend landschap zijn binnen KPZSS geraamd op 150% van de kosten van reguliere keringen. Daar waar geen waterkerende landschappen worden gerealiseerd, zijn reguliere versterkingen of constructieve oplossingen noodzakelijk.

4.4 Kosten voor het overstromingsrisico

Het overstromingsrisico is niet als kostenpost beschouwd in de uitwerking van de kostenberekening omdat de faalkans niet significant verandert. Echter, voor gedeeltelijk terugtrekken zijn deze voor Polder X en Polder Y wel beschouwd omdat hier significante veranderingen zijn. De overstromingsgevolgen (en dus het risico) is beschouwd bij de effecten op de andere functies. Hiervoor is gekozen omdat de faalkans van de andere primaire waterkeringen vergelijkbaar is in alle strategieën, uitgezonderd bij de gebieden waarop terugtrekken van toepassing is waar later op wordt ingegaan.

4.5 Kosten voor ruimtelijke transitie bij terugtrekken

De kosten van terugtrekken zijn geschat op basis van de uitvoeringskosten plus de extra risicokosten. De uitvoeringskosten bestaan uit het opkopen van de woningen, bedrijven en landerijen. De overheid koopt deze objecten van de eigenaren, hierbij gaan we ervan uit dat deze eigenaren 125% van de marktwaarde krijgen wat overeen komt met ervaringen bij Ruimte voor de Rivier. De risicokosten zijn gelijk aan de jaarlijks verwachte schade, deze neemt toe omdat de kans op een overstroming in deze gebieden aanzienlijk zal stijgen. De gevolgen nemen echter af, halverwege de transitie (na 50 jaar) zijn de gevolgen ongeveer gehalveerd omdat de helft van de panden en landerijen zijn opgekocht en kunnen worden gesloot of een andere (niet-economische) functie krijgen. De jaarlijks verwachte schade van beide polders is bepaald op basis van VNK2 resultaten, waarbij vervolgens is aangenomen dat de faalkans van de waterkeringen is verkleind zodat ze aan de normen voldoen en de gevolgen gelijk blijven.

In Tabel 12 is een overzicht opgenomen met kentallen over Polder X en de Polder Y.

Tabel 12: Kentallen voor uitwerking meebewegen (terugtrekken).

BRON VNK2	POLDER X	POLDER Y
LENGTE PRIMAIRE KERING	69,4 ⁷	86,2
INWONERS	83.100	212.800
GEBOUWEN⁸	39.384	100.853
OPPERVLAK	24.500 ha	39.200
FAALKANS VNK2	1/170 per jaar	1/80 per jaar
NORM PRIMAIRE WATERKERING	1/100 per jaar	1/10.000 per jaar
JAARLIJKS VERWACHTE SCHADE BIJ DE NORM	0,6 Meuro per jaar	0.096 Meuro per jaar

⁷ omlaag/#:~:text=In%20de%20dijken%20in%20het,3%20miljoen%20euro%20per%20kilometer.).

⁸ Gemiddeld wonen er 2,11 mensen in een Nederlands huishouden, in 1963 was de gemiddelde huishoudensgrootte nog 3,5. Bron: <https://opendata.cbs.nl/statline/#/CBS/nl/dataset/82905ned/table?dl=AB545>

4.5.1 Uitvoeringskosten van terugtrekken

De gebouwen en bedrijven die meebewegen, verliezen hun waarde op de huizenmarkt door de beleidskeuze van de overheid om terug te trekken. Deze panden en gronden zijn dus niet meer te verkopen op de markt. Op deze panden rusten nog wel hypotheek, beleggingen et cetera of deze zijn kapitaal voor eigenaren. Dit wordt gezien als een vorm van planschade waarbij de overheid deze gebouwen zal moeten aanschaffen. Hierdoor hebben de bewoners en bedrijven ook de kans om elders door te gaan met hun leven. Conform de werkwijze bij Ruimte voor de Rivier en binnen de regels van staatsteun wordt 125% van de marktwaarde (bij aanvang van de strategie) vergoed. Na het opkopen van de panden en landerijen vervalt de (economische) functie. We gaan bij de kostenbepaling uit van:

1. De gemiddelde prijs van een woning in 2024 was 422.400 euro⁹.
2. De grondprijs voor landelijk gebied is 86.000 euro per hectare in Zuid-Holland.
3. De kosten voor andere vormen van grondgebruik worden verwaarloosd (wat een onderschatting is van de totale kosten). Wel hanteren we de kostprijs voor landelijk gebied voor het gehele oppervlak van het gebied (wat een kleine overschatting is).
4. De kosten voor sloop zijn niet meegenomen, evenals prijsontwikkeling van woningen en landerijen.

In Tabel 13 zijn de kosten voor de ruimtelijke transitie opgenomen voor terugtrekken in de twee gebieden op basis van het aantal woningen en het oppervlak. In de strategie terugtrekken is een periode van 100 jaar voorzien voor de uitvoering. Omdat we uitgaan van de nominale kosten maakt het niet uit of deze kosten in jaar 1 of jaar 99 worden gemaakt, of dat er een versnelling plaats zou vinden na een overstroming. Immers, alle panden en landerijen moeten worden opgekocht.

Tabel 13: Uitwerking kosten voor uitvoering ruimtelijke transitie bij terugtrekken (meebewegen).

	POLDER X	POLDER Y
KOSTEN OPKOPEN GEBOUWEN (TOT 2200)	21,0 MLD Euro	53,0 MLD Euro
KOSTEN OPKOPEN GROND	2,6 MLD Euro	4,2 MLD Euro

Door het terugtrekken gaan ook andere processen spelen voor de leefbaarheid in deze gebieden (als in krimpregio's). Er worden voorsnog geen andere kosten voorzien die worden veroorzaakt door de krimp in het gebied en die nodig zijn om de leefbaarheid op peil te houden, dus:

- Kosten voor sociale programma's om de leefbaarheid gedurende de periode van 100 jaar in deze polders op orde te houden, zijn nog niet meegenomen.
- Er is aangenomen dat de strategie geen economisch effect heeft op de rest van Nederland. Het vestigingsklimaat zal onveranderd zijn en economische groei die anders in deze gebieden zou plaatsvinden, vindt nu elders plaats.

4.5.2 Risicokosten op basis van jaarlijkse verwachte schade

De jaarlijks verwachte schade in de polders verandert gedurende de transitieperiode:

- De kans op een overstroming stijgt, omdat de waterkeringen niet meer worden versterkt.
- De gevolgen van een overstromingen dalen in termen van getroffen panden en landerijen omdat die geleidelijk worden verplaatst.

De invloed van de toename van de waterstand op de overstromingskansen van de polders is geschat op basis van een representatieve locatie.

⁹ <https://www.cbs.nl/nl-nl/visualisaties/dashboard-economie/woningmarkt>

Voor polder X is de waterstand horende bij de norm (1/100pj) geschat op NAP + 2,4m. Voor polder Y is dat NAP + 3,2m horende bij de norm (1/10.000pj) uitgaande van de bestaande waterstandstatistieken. Door zeespiegelstijging en klimaatverandering stijgen echter de maatgevende waterstanden, ook de omliggende waterkeringen worden versterkt en rondom de stormvloedkeringen worden maatregelen genomen. Bij 2m ZSS (en toename van de rivierafvoer) in 2200 of 2100 neemt deze waterstand toe. Deze toename is gelijk voor beide zichtjaren. De waterstand bij een 1/100 situatie bij polder X stijgt met ongeveer 130 cm en bij polder Y bij een 1/10.000 pj situatie met 90cm. Dat betekent dat deze gebieden dus eerder overstromen. De waterstand in 2200 (of 2100) bij een 1/10pj situatie met 2m ZSS is voor beide polders ook hoger dan de waterstand waarop de waterkeringen nu zouden worden ontworpen om aan de norm te voldoen. Met andere woorden, de kans op een overstroming van deze polders stijgt erg snel bij stijgende ZSS en als de waterkeringen niet worden versterkt, tot vaker dan 1/10 pj bij 2m ZSS. Deze aanzienlijke stijging van de kans op een overstroming is ook conform de decimeringshoogte in deze gebieden. Voor beide gebieden speelt echter ook dat het sluitpeil van de SVK is aangepast, waardoor de vaak voorkomende waterstanden ook al hoger zijn.

Tabel 14 waterstanden bij verschillende terugkeertijden op de rivier voor Polder X en Polder Y voor de huidige situatie en voor 2m ZSS in 2200 en 2100 inclusief een toename van de rivierafvoer.

TERUGKEERTIJD	RIVIERSTAND POLDER X				RIVIERSTAND POLDER Y			
	10	100	1000	10000	10	100	1000	10000
HUIDIG	2.1	2.4	2.5	2.8	2.6	2.8	3.0	3.2
2M ZSS IN 2200	3.5	3.7	3.7	3.7	3.6	3.7	3.8	4.1
2M ZSS IN 2100	3.5	3.7	3.7	3.7	3.6	3.7	3.8	4.1

De risicokosten zijn berekend als een bandbreedte:

- Ondergrens: Deze zijn gelijk gesteld aan 0 als na de eerste overstroming alsnog iedereen wordt uitgekocht. De inboedelschade en indirecte die er wel zal zijn, wordt hierbij genegeerd.
- Bovengrens: Hierbij is verondersteld dat schade telkens wordt vergoed en dat schade wordt hersteld. Het verloop van de faalkans over de tijd is niet bepaald, daarom is er voor gekozen om het risico halverwege de transitieperiode (in 2100) als 'maatgevend' te beschouwen en deze te gebruiken als de gemiddelde jaarlijks verwachte schade voor de gehele periode. We hanteren hierbij een sterk vereenvoudigde benadering:
 - Het aantal panden en landerijen dat wordt getroffen, is gehalveerd. Dat zou betekenen dat het jaarlijks verwacht risico halveert.
 - De faalkans is toegenomen: we gaan uit van een faalkans van 1/10 per jaar. Deze faalkans dus 10x groter dan de huidige norm voor Polder X en 1.000x groter voor de Polder Y. Dat betekent dat het jaarlijks verwacht risico toeneemt met deze factoren.
 - Klimaatverandering leidt door de hogere waterstand ook tot extra schade. In LIWO is de gemiddelde schade bij alle scenario's bij een extreme belasting van 1x de decimeringshoogte ten opzichte van toetspeil 38% hoger dan bij toetspeil. We begrenzen de schade tot een toename van 2x de decimeringshoogte. Dat betekent dat de schade dus 2x met 38% stijgt.

Voor Polder X zijn de risicokosten over een periode van 100 jaar (de duur van terugtrekken) dan ongeveer minder dan 1 MLD euro. Voor de Polder Y orde 50 MLD euro.

4.5.3 De totale kosten van terugtrekken

De totale kosten bestaan uit de kosten voor de uitvoering van de transitie, plus de risicokosten (jaarlijks verwachte schade, met een bandbreedte die varieert tussen direct terugtrekken na de eerste overstroming en herstel) die de resultante zijn van de vaker voorkomende en toenemende omvang van overstromingen en het geleidelijk terugtrekken.

Tabel 15: Uitwerking kosten voor uitvoering ruimtelijke transitie bij terugtrekken (meebewegen).

	POLDER X	POLDER Y
UITVOERING TRANSITIE	23.6 MLD euro	57.2 MLD euro
RISICOKOSTEN	0 - 1 MLD euro	0 - 50 MLD euro

Ter reflectie worden hier de dijkversterkingskosten nog naast geplaatst. De nominale kosten voor het versterken van waterkeringen binnen de DPRD regio is ongeveer 20 Meuro per kilometer op basis van spoor II uitgaande van de situatie dat de waterkeringen in 2050 op orde zijn. De kosten voor het versterken binnen het HWBP om keringen op orde te brengen zodat ze voldoen aan de norm, zijn ongeveer 11 Meuro per km¹⁰. De kosten voor het versterken van de keringen zijn dan 2,2 MLD euro voor Polder X en 2,7 MLD euro voor de Polder Y. De kosten voor een beschermingsniveau dat 10x hoger is, zijn bij de normering van de waterkeringen geraamd bij de normering in 0,2 MLD voor Polder X en 0,8 MLD voor de Polder Y. De investeringskosten in waterkeringen (plus de risicokosten) zijn dus veel lager dan bij terugtrekken.

4.6 Totale kosten

In Tabel 16 zijn de totale kosten opgenomen in 2200 waarin rekening is gehouden met dijkversterking (met groene dijken), met kunstwerken inclusief energiekosten, de aankoop van de gronden voor waterkerende landschappen en de transitie voor meebewegen.

Bij de langetermijnopties zijn de risicokosten niet meegenomen (gebaseerd op de som van het jaarlijkse overstromingsrisico). Alleen bij de strategie terugtrekken zijn de risicokosten meegenomen omdat de kans op een overstroming in Polder X en Polder Y stijgt. De kosten voor het risico kunnen verwaarloosd worden voor de langetermijnopties. Bij gelijk blijvend faalkansen en gevolgen zijn deze 105 Meuro voor Polder X en 17,5 Meuro voor de Polder Y. Als de gevolgen een factor 10 stijgen als gevolg van klimaatverandering (wat een zeer extreme schatting is) dan zijn de risicokosten tot 2200 dus maximaal 1 MLD wat nog steeds laag is vergeleken met de andere kosten. Het verschil in kosten tussen de strategie terugtrekken en oprekken kan dus geheel worden gezien als de kosten voor het terugtrekken. Alhoewel er baten zijn voor buitendijkse bebouwing is de impact van terugtrekken dus nihil op de dijkversterkingskosten.

De kosten van zeewaarts zijn inclusief de aanleg van de nieuwe zeewaartse dijkversterking. De baten van deze kering op de ZWD zijn niet in kaart gebracht, al blijven hier de stormvloedkeringen wel nodig om de Zeeuwse meren en het Haringvliet zoet te maken en houden. Een belangrijk verschil is de wijze waarop de rivierafvoer wordt afgevoerd.

Het spuien leidt tot hogere waterstanden (en dus kosten voor dijkversterking). Het malen leidt tot lagere waterstanden maar wel hoge kosten voor bemaling. Ook bij de Deltapolder zijn de kosten voor de afvoer van de Lek via gemalen aanzienlijk.

¹⁰ <https://www.waterforum.net/prijstramingen-per-kilometer-dijkversterking-nog-niet-omlaag/#:~:text=In%20de%20dijken%20in%20het,3%20miljoen%20euro%20per%20kilometer.>

Tabel 16: Totale kosten (in MLD) bij 2m ZSS in 2200 voor DPRD (met tussen haakjes de kosten inclusief het rivierengebied). De bandbreedte bij gedeeltelijk terugtrekken wordt gevormd door het meenemen van de risicokosten, deze zijn afhankelijk van de periode waarin de maatregel wordt uitgevoerd.

	GREENE DIJKEN	CONSTRUCTIEVE + GRONDOPLOSSING	KUNSTWERKEN EN DAMMEN	TRANSITIE	LANDSCHAP	TOTAAL MET GROENE DIJKEN	TOTAAL MET CONSTRUCTIEVE + GRONDOPLOSSING
OPREKKEN	33 (+29)	13 (+11)	9			42 (+29)	22 (+11)
ZEEWAARTS							
MALEN	18 (+27) *	8 (+10) *	23 + 35 ¹¹			76* (+27)	66* (+10)
SPIJEN	26 (+29) *	11 (+11) *	5+ 35 ¹⁰			66* (+29)	51* (+11)
NATUUR	39 (+31)	16 (+11)	6		0,6	45.6 (+31)	22.6 (+11)
RIJNMONDRING	34 (+30)	13 (+11)	12			46 (+30)	25 (+11)
DELTAPOLDER	17 (+29)	8 (+11)	18			35 (+29)	26 (+11)
TERUGTREKKEN							
POLDER X	33 (+29)	13 (+11)	9	24+ 1		66 - 67 (+29)	46 - 47 (+11)
POLDER Y	30 (+29)	13 (+11)	9	57 + 50		42 - 92 (+29)	22 - 72 (+11)

* Dit is inclusief de kosten voor aanleg en onderhoud van de zeekering en exclusief de baten in de ZWD voor waterkeringen en kunstwerken.

5 Nadere verdieping

Voor een aantal aspecten is verder ingezoomd op keuzes die gemaakt zijn en hoe deze doorwerken. Hierbij is gekeken naar:

- Basisveiligheid en of kan worden voldaan aan de LIR-eis.
- Andere uitwerking van meebewegen door anders te leven met water.
- De invloed van de afvoerverdeling rondom keuzes Lek ontzien.
- Een ander sluitpeil van rivierkeringen.
- Een hoger streefpeil in de Deltapolder van NAP + 1m in plaats van NAP.

5.1 Basisveiligheid en de LIR-eis

Naast een MKBA is het waterveiligheidsbeleid in Nederland gebaseerd op het Lokaal Individueel Risico. Deze term geeft de minimale kans per jaar aan (deze is 1/100.000 per jaar) dat iemand ergens in Nederland kan overlijden door een overstroming. Deze is bepaald op basis van de:

- Faalkans van de waterkering (de kans op een overstroming).
- Het aantal achterblijvers als een fractie van het aantal getroffen (1 – de evacuatiefractie).
- De mortaliteit, deze geeft aan wat de fractie is van het aantal dodelijke slachtoffers vergeleken met de achterblijvers. De mortaliteit is afhankelijk van de waterdiepte, de stijg- en stroomsnelheid van het water.

De basisveiligheid alleen beschouwd voor gedeeltelijk meebewegen omdat voor de andere opties de faalkans van waterkeringen niet wordt beïnvloed.

Polder X

Uitgaande van een evacuatiefractie van ordegrootte 10% en een mortaliteit van 0,1% (die geldt voor de zuidzijde van Polder X, voor de noordzijde is die 1,5%) en een faalkans van 1/10 per jaar is het lokaal individueel risico (LIR) 1/11.111 per jaar. Hiermee wordt niet voldaan aan de LIR-eis van 1/100.000 per jaar. Bij de hogere mortaliteit zal de afstand tot de norm verder toenemen. Het verbeteren van de evacuatie is ook een extreme opgave, pas bij een fractie van 90% wordt aan de LIR-eis voldaan.

Polder Y

Uitgaande van een evacuatiefractie van ordegrootte 10% (dit is de fractie die hoort bij een doorbraak bij Krimpen in het benedenrivierengebied) en een mortaliteit van 5% (die geldt voor 1 traject op basis van de normering voor waterkeringen, bij de 2 andere trajecten is de mortaliteit hoger dan 10% maar is de evacuatiefractie ook hoger) en een faalkans van 1/10 per jaar wordt ook ruim niet voldaan aan het lokaal individueel risico (LIR). Het verbeteren van de evacuatie is ook een extreme opgave, pas bij een fractie van 99,9% wordt aan de LIR-eis voldaan.

Geconcludeerd wordt dan ook dat gedurende de periode van de transitie aandacht nodig is om te voldoen aan de LIR-eis of deze bij te stellen. De nuance bij deze uitkomsten is dat de mortaliteit is gebaseerd op de maatgevende buurt bij de normering en dat er binnen een gebied ook variatie is.

5.2 Meerlaagsveiligheid en leven met water

5.2.1 Anders te bouwen

In deze uitwerking wordt ernaar gestreefd dat er geen schade optreedt aan gebouwen bij een overstroming en het grondgebruik wordt aangepast naar nieuwe functies.

Hierbij zal het nog steeds noodzakelijk zijn om de bestaande gebouwen aan te passen zodat hier geen schade meer is bij een overstroming. Vanuit het principe van meebewegen zijn hierbij lokale beschermingsdijken of mobiele keringen niet mogelijk, immers als hierop wordt vertrouwd kan dat ook in de primaire waterkering. Wel kan er ingezet worden op drijvend wonen, terpen (waarbij de vraag is hoe hoog die moeten zijn) of kunnen gebouwen worden aangepast zodat er geen schade is bij een overstroming.

Voor de landerijen is het lastiger, deze zullen vaak en soms wel meerdere keren per jaar overstromen. De vraag is voor welke functies deze dan nog geschikt zijn en welke natuurwaarden hier gaan ontstaan. Ook is de vraag hoe de leefbaarheid voor de mensen in het gebied eruitziet.

Er is geen uitvoerig kostenonderzoek uitgevoerd. Qua kosten kan beredeneerd worden dat:

- De landelijke gebieden waarde behouden voor andere functies en dat hier een koper voor is.
- Dat een deel (bijvoorbeeld 25%) van de bestaande bouwvoorraad makkelijk aangepast kan worden en dat opkopen van de gehele gebouwen niet nodig is.
- Dat voor de overige gebouwen het nog steeds nodig is om de woning op te kopen of een gelijkwaardig (qua kosten en kwaliteit) alternatief aan te bieden (stel 75%).
- Er zijn hogere risicokosten omdat er na het afronden van 'meebewegen' nog schades kunnen optreden na dijkdoorbraken.
- Er zijn voor de bereikbaarheid aanzienlijke investeringen nodig (ophogen van infrastructuur).
- De kosten voor programma die het gevolg zijn van krimp zijn niet nodig.

Al met al is geconcludeerd dat de uitvoeringskosten van de strategie vergelijkbaar zijn met de eerdere raming van terugtrekken, maar dat de kans op sociale problemen (en hiervoor extra kosten) lager is en eventuele extra kosten dus niet nodig zijn. Ook kan worden geconcludeerd dat de jaarlijkse kosten na wateroverlast groter zijn dan bij terugtrekken.

5.2.2 Vitale functies beter te beschermen + lokale beschermingsmaatregelen, vluchtmogelijkheden (en dijkversterking).

Deze uitwerking heeft vooral betrekking op de herstelvoorzieningen in een gebied. De schade aan gebouwen en landerijen zal nog steeds optreden. Hierbij is het nodig dat dijkversterkingen wel worden uitgevoerd, echter in geval van een doorbraak kan de impact worden verlaagd. Dit komt door lokale vluchtplaatsen en dat de kritieke infrastructuur minder schade ondervindt of niet uitvalt. Hierdoor zal de hersteltijd van een gebied afnemen, de schade aan gebouwen en landerijen zal echter niet beïnvloed worden. Wel kunnen slachtoffers worden voorkomen door de lokale vluchtplaatsen mits die ook benut worden en niet alsnog mensen proberen te evacueren en onderweg worden blootgesteld.

Het minder kwetsbaar maken van de vitale infrastructuur voor overstromingen heeft ook baten voor extreme neerslag. De impact bij extreme neerslag is vaak veel kleiner, indien er bij neerslag uitval zou zijn, wordt de kans hierop kleiner.

In termen van risicokosten wordt verwacht dat het effect niet tot een andere orde van de kosten zal leiden (de leefbaarheid zal het wel ten goede komen). Als de investeringen erg hoog zijn, kan de vraag worden gesteld of investeren in preventie niet effectiever is, immers het verkleinen van de faalkans verkleint het risico ook. Wel wordt door de vitale functies beter te beschermen de maatschappelijke ontwrichting verlaagd (mede ook omdat de herstelduur wordt verkort). Echter, nu blijven dijkversterkingen nodig.

5.3 De invloed van de afvoerverdeling rondom de Lek

Rondom de afvoerverdeling kunnen ook andere keuzes worden gemaakt. In de eerdere schattingen is de afvoerverdeling zo aangepast dat de afvoer op de Lek is begrensd tot een maximaal volume van 2500 m³/s over de Lek. In de VKS wordt de afvoer bij de Lek ontzien conform het huidig beleid. In de gevoeligheidsanalyse is verondersteld dat er meer over de Lek gaat en deze dus minder wordt ontzien. Aangenomen is dat de waterstandsdeling vergeleken met oprekken maar voor de helft wordt gerealiseerd. In Tabel 17 is het effect op de waterstand voor de opties met aanpassen van de afvoerverdeling opgenomen. Voor Rotterdam, Dordrecht en Hellevoetsluis zijn de oplossingen nihil.

Tabel 17 Effect van de langetermijnoplossing op de verandering van waterstand in een extreme situatie bij Nijmegen en Arnhem bij een andere afvoerverdeling voor de opties waar deze is aangepast

	NIJMEGEN				ARNHEM			
	T10	T100	T10	T100	T10	T100	T10	T100
NATUUR	0.0	-0.1	-0.1	-0.2	0.0	0.1	0.3	0.5
RIJNMONDRING	0.0	-0.1	-0.1	-0.2	0.0	0.1	0.3	0.5
DELTAPOLDER	0.0	-0.1	-0.1	-0.2	0.0	0.1	0.3	0.5

De reductie voor dijkversterkingskosten is kleiner dan 1% ongeachte de wijze van versterken.

5.4 Een ander sluitpeil van rivierkeringen en stormvloedkeringen

Een acceptabele frequentie van sluitingen van de stormvloedkeringen wordt wel eens op 3x per jaar geschat (wat overeen komt met 3x per winter). Dat zou betekenen dat er een lager sluitpeil is dan nu is meegenomen in de analyses met stormvloed- en rivierkeringen. Door een lager sluitpeil dalen de maatgevende waterstanden waarbij berging (bij terugtrekken) ook effectiever wordt, echter de impact op scheepvaart stijgt. In Tabel 18 is het effect op de waterstandsverlopen in 2200 opgenomen bij het aangepaste sluitpeil.

Tabel 18 Effect van de langetermijnoplossing op de waterstand in een extreme situatie bij Rotterdam, Dordrecht, Hellevoetsluis (gepresenteerd is de verandering ten opzichte van Tabel 2)

	ROTTERDAM				DORDRECHT				HELLEVLOETSLUIS			
	T10	T100	T1000	T10000	T10	T100	T1000	T10000	T10	T100	T1000	T10000
OPREKKEN	-0.5	-0.6	-0.6	-0.3	-0.3	-0.2	-0.2	-0.1	-0.2	-0.2	-0.2	-0.1
NATUUR	-0.8	-0.8	-0.7	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.1	0	0	0	0
RIJNMONDRING	-0.8	-0.8	-0.7	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.1	0	0	0	0
TERUGTREKKEN	-0.8	-0.8	-0.7	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.1	0	0	0.3	0.5

In Tabel 19 is de reductie voor dijkversterkingskosten opgenomen bij een lager sluitpeil, wat overeen komt met 3x sluiten per jaar. Een lager sluitpeil maakt de berging effectiever. De impact op de kosten is in alle gevallen minder dan 10%. De impact bij de Rijnmondtring is het grootst. Het effect op de totale kosten is lager omdat de investeringen in kunstwerken en transitie niet beïnvloed worden. Wel zullen bij terugtrekken de risicokosten mogelijk iets dalen omdat de frequentie van inzet van de berging ook afneemt.

Tabel 19 Effect op dijkversterkingskosten

STRATEGIE	VERANDERING DIJKVERSTERKINGSKOSTEN BIJ GROENE DIJKEN	VERANDERING DIJKVERSTERKINGSKOSTEN MET CONSTRUCTIEVE OPLOSSINGEN EN GROENE DIJKEN
OPREKKEN VKS	-3%	-3%
NATUUR	-4%	-3%
RIJNMONDRING	-5%	-3%
TERUGTREKKEN		
POLDER X	-5%	-4%
POLDER Y	-5%	-6%

5.5 Een ander streefpeil in de Deltapolder van NAP + 1m in plaats van NAP

Voor de Deltapolder is uitgegaan van een streefpeil van NAP + 1m. Een hoger streefpeil zou voor een droge zomer extra zoetwaterbuffer kunnen betekenen omdat het peil kan uitzakken tot NAP. Een lager streefpeil geeft meer berging bij extreme situaties.

Voor hoogwater betekent dit dat een hoger streefpeil ook leidt tot hogere piekwaterstanden. De waterstand bij verschillende situaties in de Deltapolder zal dan telkens 1m hoger of lager zijn dan bij een situatie met een ander streefpeil.

De verandering in dijkversterkingskosten is hierbij >10% ten opzichte van het geheel in positieve of negatieve zijn bij een streefpeil dat 1 m lager of hoger is. Deze verandering is ongeacht de wijze van versterken met groene waterkeringen of constructieve oplossingen. Ook het ruimtebeslag en het aantal te amoveren woningen verandert niet significant.

Geconcludeerd is dat er dus optimalisatie mogelijk is voor de zoetwaterbeschikbaarheid met een extra zoetwaterbuffer. Het uitzakken in de zomer sluit ook aan bij een natuurlijk peilverloop.

5.6 Toename bergend oppervlak bij zeewaarts

Tabel 20 Effect van de langetermijnoplossing op de waterstand in een extreme situatie bij Rotterdam, Dordrecht, Hellevoetsluis, Nijmegen en Arnhem (verandering ten opzichte van Tabel 2)

	ROTTERDAM				DORDRECHT				HELLEVLOETSLUIS			
	T10	T100	T1000	T10000	T10	T100	T1000	T10000	T10	T100	T1000	T10000
ZEEWAARTS												
MALEN	-0.4	-0.4	-0.5	-0.5	-0.4	0	-0.5	-0.5	-0.4	-0.5	-0.5	-0.5
SPIIEN	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	NIJMEGEN				ARNHEM							

In Tabel 21 is de reductie voor dijkversterkingskosten opgenomen bij een berging van 2000 km² groter. De dijkversterkingskosten dalen bij een lager streefpeil. Als ingezet wordt op alleen spuien veranderen de dijkversterkingskosten niet significant.

Tabel 21 Effect op dijkversterkingskosten

STRATEGIE		REDUCTIE DIJKVERSTERKINGSKOSTEN	REDUCTIE DIJKVERSTERKINGSKOSTEN MET CONSTRUCTIEVE OPLOSSINGEN EN GROENE DIJKEN
ZEEWAARTS	MALEN	-6%	-7%
	SPIIEN	-6%	-7%

6 Effecten op andere functies

In dit hoofdstuk zijn de effecten op andere functies als gevolg van de basisstrategie beschreven. Hierbij is onderscheid gemaakt in:

- Effecten op buitendijkse bebouwing
- Getijdenatuur
- Zoetwaterbeschikbaarheid hoofwatersysteem (HWS)
- Landbouw
- Scheepvaart
- Overstromingsgevolgen

In Tabel 22 is het overzicht op de andere functies opgenomen. Donkergroen is een verbetering ten opzichte van de huidige situatie, groen is een neutraal effect ten opzichte van de huidige situatie, oranje is een neutraal effect ten opzichte van de VKS in 2200 (en verslechtering ten opzichte van de huidige situatie), rood is een verslechtering ten opzichte van de VKS in 2200.

Tabel 22: Overzicht van effecten op andere functies. Donkergroen is een verbetering t.o.v. de huidige situatie, groen is een neutraal effect t.o.v. de huidige situatie, oranje is een neutraal effect t.o.v. de VKS in 2200 (en verslechtering t.o.v. de huidige situatie), rood is een verslechtering t.o.v. de VKS in 2200.

		BUITENDIJKSE GEBOUWEN	GETIDENATUUR	ZOETWATERBESCHIKBA ARHEID HWS	SCHEEPVAART	OVERSTROMINGS- GEVOLGEN
1	Oprekken van de huidige voorkeursstrategie	Red	Green	Red	Green	Yellow
2A	Zeewaarts – malen	Green	Red	Green	Red	Green
2B	Zeewaarts - spuien	Yellow	Red	Green	Red	Yellow
3	Natuurlijk	Red	Green	Red	Green	Yellow
4	Rijnmondring	Red	Green	Red	Green	Yellow
5	Deltapolder	Green	Yellow	Green	Red	Green
6A	Terugtrekken Polder X	Yellow	Green	Red	Green	Red
6B	Terugtrekken Polder Y	Yellow	Green	Red	Green	Red

6.1 Buitendijkse bebouwing

De verschillende strategieën leiden tot andere waterstandstatistieken in het gebied. Gebruik is gemaakt van een database ontwikkeld door de TU Delft waarbij per pand in het buitendijks gebied van Rotterdam Rijnmond de maaiveldhoogte is bepaald. In totaal staan er nu bijna 46.250 gebouwen en bedrijven buitendijks in de Rijnmond regio¹² (let op, dit gebied is wel kleiner dan het gebied waarvoor alle dijkversterkingskosten zijn bepaald). Afhankelijk van de gemaakte keuzes worden dus meer of minder gebouwen getroffen. Het merendeel van deze panden staan in de gemeentes Rotterdam (30.613 waarvan 29.160 met een woonfunctie) en in Dordrecht (6848 met 6502 met een woonfunctie). Sommige van deze gebouwen betreffen hoogbouw. Als in een pand meerdere gebouwen zijn dan tellen al deze gebouwen mee als 'getroffen'. In Tabel 23 zijn voor de gemeentes Rotterdam en Dordrecht het aantal getroffen panden opgenomen. Deze panden bevinden zich binnen de Rijnmondring of Deltapolder. In geval van een open verbinding bij het Haringvliet of een hoogwatercorridor kan de impact op buitendijkse gebouwen hier stijgen, echter het aantal panden is beperkt in deze gebieden (maar niet nul).

Aangegeven dient te worden dat in tabel 23 is uitgegaan van de huidig aanwezige panden. Er zijn geen extra maatregelen genomen zijn in het buitendijkse gebied zoals bijvoorbeeld maaiveldverhoging of plaatsen van kademuren, bij nieuwe ontwikkelingen wordt al een hoger uitgiftepeil gehanteerd.

Tabel 23: Aantal getroffen panden (in 100 tallen) buitendijks in Rotterdam en Dordrecht bij 2m ZSS in 2200. De panden zijn gebaseerd op de huidige situatie.

	ROTTERDAM				DORDRECHT			
	T10	T100	T1000	T10000	T10	T100	T1000	T10000
HUIDIG	12	24	48	77	2	6	14	25
VKS	194	247	264	277	52	60	61	63
OPREKKEN	194	221	247	263	52	55	60	61
ZEEWAARTS								
MALEN	1	2	10	24	1	2	8	20
SPUIEN	48	96	151	172	29	40	47	49
NATUUR	263	271	274	275	52	59	60	61
RIJNMONDRING	263	271	274	275	52	59	60	61
DELTAPOLDER	0	1	1	1	0	0	0	0
TERUGTREKKEN								
POLDER X	119	172	172	194	44	49	49	52
POLDER Y	96	151	151	194	40	47	47	52

6.2 Getijdenatuur

De keuzes rondom het open, gesloten of afsluitbaar houden van de zeemonding hebben impact op de getijdenatuur.

¹² Alblasterdam, Barendrecht, Botlek Rotterdam, Capelle aan den IJssel, Dordrecht, Europoort Rotterdam, Heerjansdam, Heinenoord, Hekelingen, Hendrik-Ido-Ambacht, Hoek van Holland, Hoogvliet Rotterdam, Kinderdijk, Krimpen aan de Lek, Krimpen aan den IJssel, Maassluis, Maasvlakte Rotterdam, Nieuw-Beijerland, Nieuwerkerk aan den IJssel, Oud-Beijerland, Ouderkerk aan den IJssel, Papendrecht, Pernis Rotterdam, Poortugaal, Puttershoek, Rhoon Ridderkerk, Rotterdam, Rozenburg, Schiedam, 's-Gravendeel, Sliedrecht, Spijkenisse, Vlaardingen, Vondelingenplaat Rotterdam, Zwijndrecht.

Door het afsluiten van de zeemonding in dagelijkse situaties vervalt de getijdewerking en komt de getijdenatuur in gevaar. In KPZSS NBS is geraamd dat in de DPRD regio dan 15.500 ha getijdenatuur vervalt. Dit is het geval bij een zeewaartse oplossing (nummer 2).

Ook bij een Deltapolder is er impact op de getijdenatuur, echter hierbij is er nog een afsluitbare zeemonding bij het Haringvliet (waarbij er dus geen sprake meer is van een kier) waardoor er ook weer extra natuurwaarden zullen ontstaan. Daarom is de oplossing met een Deltapolder als 'medium' effect bestempeld.

Bij de open of, tijdens extreme stormen, afsluitbare varianten zal de getijdenatuur niet veranderen ten opzichte van de voorkeurstategie. Dit geldt voor de overige oplossingen.

6.3 Zoetwaterbeschikbaarheid hoofdwatersysteem

In de voorkeurstategie wordt ernaar gestreefd om de chloridegehalten in de Rijn-Maas-Monding beperkt te houden¹³. Hierdoor zijn er inlaten mogelijk door de industrie en drinkwater en zijn er inlaten voor de zoetwatervoorziening voor de landbouw. Voorbeelden zijn de inlaten naar het Brielse Meer nabij Gouda, voor het doorspoelen van boezemsystemen en diepere polders. Om dit mogelijk te maken is er veel rivierafvoer nodig om brak water terug te dringen in het hoofdwatersysteem. Deze afvoer draagt ook bij aan de bevaarbaarheid.

De zoetwaterbeschikbaarheid is beschouwd op basis van een droog jaar, waarbij vooral de landelijke zoetwaterbalans als maatstaf is gehanteerd. De belangrijkste watervraag is de doorspoeling voor verziltingsbestrijding.

In Figuur 19 is de zoutindringing voor het huidige watersysteem aangegeven. Door ZSS gaat dat veranderen, in Figuur 20 is een schatting opgenomen van het Hd scenario in 2100 dat uitgaat van 0,8m ZSS. De zoutindringing bij 2m ZSS zal dus nog groter zijn. De rivierafvoer in periodes van laag water zal in de toekomst afnemen (waar het 90-daagse gemiddelde tijdens een 1/20 droge zomer van de Rijn en Maas samen nu geschat is op 1050 m³/s zou dat naar 750 m³/s kunnen gaan bij 2m ZSS bij de tijdlijn zeer extreem (KPZSS 2024). Hierdoor kunnen er tekorten ontstaan. Buffers zoals het IJsselmeer, maar mogelijk ook in de DPRD regio of ZWD kunnen worden ingezet om de periodes van tekorten tegen te gaan. Belangrijk hierbij is wel dat de chloridegehalten laag blijven.

¹³ Voldoende zoet betekent voor de Hollandsche IJssel een getijgemiddelde concentratie bij Snelle Sluis (en alle punten bovenstrooms) van < 200 mg Cl/l bij Gouda en voor de Lek een getijgemiddelde concentratie bij de Krimpenerwaardinlaat (en alle punten bovenstrooms) van <200 mg Cl/l.



Figuur 19: Zoutindringing in het huidige watersysteem (Vuik et al 2025)



Figuur 20: Zoutindringing 2100 bij het Hd scenario (Vuik et al 2025) (let op, dit gaat uit van 0,8m ZSS en geen 2mZSS). De werkelijke zoutindringing in een droog jaar is dus groter, en daarmee ook de zoetwatervraag voor doorspoeling van het hoofdwatersysteem.

De zoetwaterbeschikbaarheid van het hoofdsysteem blijft vergelijkbaar met de voorkeurstrategie in de situaties dat er een open of afsluitbare zeemonding is als de situatie op het Haringvliet niet verandert. In de strategieën oprekken VKS, Rijnmondring en meebewegen, komt op het Haringvliet een type kering als de Oosterschelde, hierdoor zal de zoutindringing stijgen en dus ook de zoetwatervraag (waar tekorten van zijn).

Bij de natuurlijke processen met een afsluitbare nieuwe waterweg en Haringvlietkering kan met een hogere rivierbodem de zoetwaterbeschikbaarheid gelijk worden gehouden als nu. Voor Hd2100 0,8m ZSS is dat uitgewerkt in Vuik et al (2025). Hierbij is een verondieping van 2-3m (Figuur 21) nodig in het hele rivierensysteem of 4-7m in de Nieuwe Waterweg en Nieuwe Maas (Figuur 22). Bij 2m ZSS zal nog een grotere verondieping nodig zijn. Hierbij geldt dat het effect van ZSS groter is dan het effect van verondieping.

Bij de natuurlijke processen waarbij er sprake is van een open Haringvliet, stijgt deze zoetwatervraag nog verder om het Haringvliet zoet te houden. De extra stijgende rivierbodem heeft maar een beperkt effect op de zoutwaterindringing. De effecten op de landbouw kunnen (tijdelijk) nog worden verkleind door een slimmere doorspoelstrategie te hanteren of door andere inlaatsystemen te maken.



Figuur 21: Effecten op zoutindringing bij Hd2100 bij 2-3m verondieping op riviertakken (Vuik et al 2025).



Figuur 22: Effecten op zoutindringing bij Hd2100 bij 4-7m verondieping op Nieuw Waterweg en Nieuwe Maas (Vuik et al 2025).

Bij de oplossingen met sluizen is gekozen voor binnenvaartsluizen. De zoutindringing bij binnenvaartsluizen is veel kleiner dan bij zeesluizen (zeesluizen zouden ten opzichte van de VNKS ook niet leiden tot een verbetering). De locatie van deze sluizen kan worden geoptimaliseerd op basis van de behoefte uit de haven en extra kosten voor dijkversterking (zie Figuur 23).

Voor de Deltapolder waar er sprake is van binnenvaartsluizen (Rotterdam) en een stormvloedkering op het Haringvliet, geldt een nuance. De Deltapolder zelf kan zoet worden gehouden en zelfs worden benut als waterbuffer. De afvoer gaat via het Haringvliet (of Grevelingen), hier zou verzilting kunnen worden toegestaan als de wateraanvoer via de Deltapolder (plus extra infrastructuur) wordt gerekend. Hierdoor is het niet meer nodig om dit deel van het HWS door te spoelen waardoor dit water elders gebruikt kan worden en daardoor langer in de zoetwatervraag kan worden voorzien. Mogelijk dat hiervoor ook de afvoerverdeling moet worden aangepast bij laagwater.



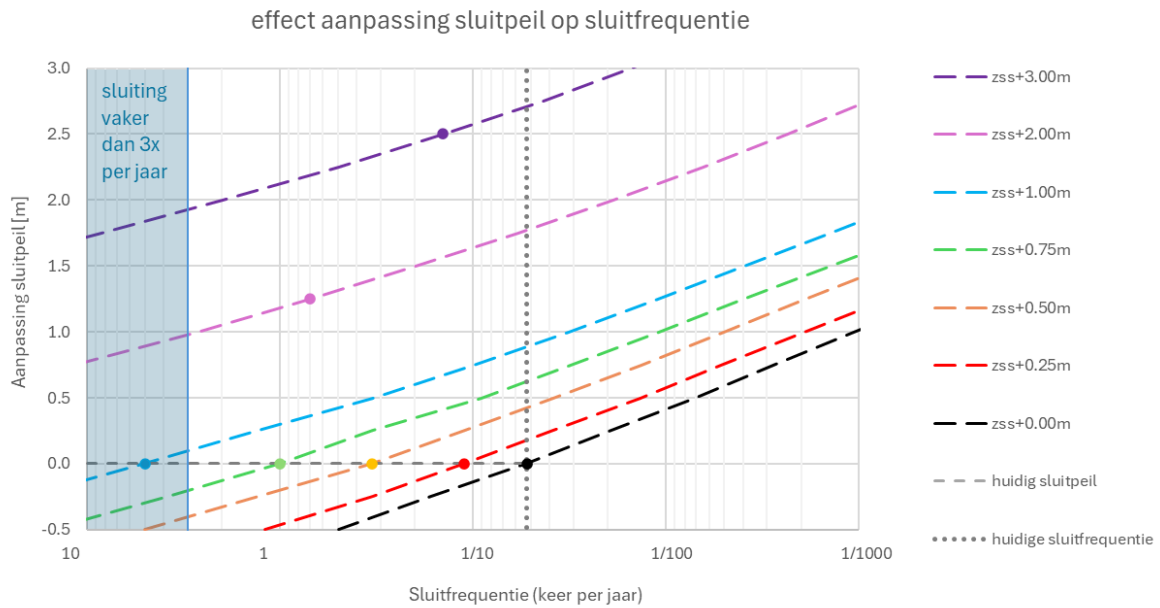
Figuur 23: Effecten op zoutindringing bij Hd2100 bij een open Haringvliet (Vuik et al 2025).

6.4 Scheepvaart

De scheepvaart wordt beïnvloed door de keuzes rondom het afsluiten en al dan niet laten stijgen van de rivierbodem.

Bij de natuurlijke processen waarbij de zeebodem stijgt, worden binnenhavens lastiger bereikbaar voor scheepvaart. In Vuik et al (2025) is dat al uitgewerkt, waarbij opgemerkt wordt dat de benodigde verondieping groter zal zijn om de zoetwaterbeschikbaarheid gelijk met nu te houden. Als de bodem overal meestijgt, dan zijn zowel de cruiseterminal in Rotterdam als de havens in Dordrecht en Moerdijk niet bereikbaar voor sommige zeevaart.

Het huidige sluitregime van de Maeslantkering is mede bepaald vanwege de scheepvaart. Door ZSS zal de sluitfrequentie stijgen (zie Figuur 24). Bij 2m ZSS zal de huidige MLK meerdere keringen per jaar sluiten, en niet alleen bij zware stormen waarbij er ook al weinig scheepvaart is. Door het aanpassen van het sluitpeil, dus de waterstand waarbij de MLK sluit, neemt het aantal sluitingen af maar de wateroverlast neemt toe. Bij een aanpassing van het sluitpeil van 1,25m zoals nu beschouwd in oplossing oprekken VKS, natuurlijk systeem, Rijnmondring en meebewegen, blijft de sluitfrequentie vergelijkbaar met nu.



Figuur 24: Invloed sluitpeil op sluitfrequentie Maeslantkering

Voor de Rijnmondkering zijn er ook rivierkeringen die kunnen worden gesloten bij hoogwater. Deze sluiting is van relatief korte duur maar leidt wel tot enige beperking van de scheepvaart. Ook de hogere rivierbodem bij de oplossing natuurlijke processen kan leiden tot beperkingen voor enkele scheepvaartbewegingen vanwege diepgang. Hierop kan worden geanticipeerd met de ontwikkeling van de haven.

De strategieën Zeewaarts en Deltapolder hebben wel impact op de scheepvaart door de gekozen oplossing met binnenvaartsluizen. Deze impact kan worden verkleind door een slimmere locatiekeuze van deze sluizen. De locatiekeuze van de binnenvaartsluizen is een ontwerpkeuze. Hierbij gaat de afweging om:

- Voorkomen van dijkversterkingskosten. Hiervoor is het wenselijk om de nieuwe sluizen zo westwaarts mogelijk aan te leggen bij Hoek van Holland.
- Minimaliseren impact op de scheepvaart. Hiervoor is het wenselijk om de nieuwe sluizen zoveel mogelijk oostwaarts aan te leggen zodat er ook ruimte is voor overslag over land.



Figuur 25: Effecten op zoutindringing bij Hd2100 bij een gesloten zeefront (Vuik et al 2025).

6.5 Overstromingsgevolgen

De gevolgen van een overstroming zijn afhankelijk van het verloop van de waterstand op de rivier, de ontwikkeling van de bres en het achterland. In zijn algemeenheid geldt dat:

- Bij een afsluitbaar systeem de omvang van een overstroming met klimaatverandering iets zal stijgen. Dit komt door toename van de waterstand.
- Bij een open systeem kunnen de gevolgen van een overstroming nog iets verder stijgen. Dat komt door de hogere waterstanden die kunnen optreden, waardoor bressen groter kunnen worden.

Door de toenemende waterstand op de rivier en de duur van dit hoogwater, kunnen de overstromingsverlopen ook toenemen. De schade bij overstromingsgevolgen zoals deze nu in LIWO zijn opgenomen, stijgt met 38% als de belasting 10x extremer is geworden. De beperkte toename komt omdat diverse dijkringen al grotendeels zijn volgelopen en een meervoudige verdubbeling van het overstroomoppervlak vrijwel niet mogelijk is. Ook laten de schadefuncties zien dat als er eenmaal significante schade is, deze schade ook niet meer met factoren kan stijgen omdat de schade niet meer kan zijn dan maximaal. Binnen de Rijnmond-regio zijn er dijkringen die al vrijwel geheel overstromen en dijkringen waarvan voor de ligging van oude zeedijken en regionale keringen maar een deel overstromt. Het gemiddelde effect op de overstroming zal dus soms groter en soms kleiner zijn.

Bij de strategie meebewegen neemt - in de meebewegende polders - de schade na een overstroming af omdat het aantal gebouwen en landbouwgebieden afneemt. Na 100 jaar is de transitie voltooid en is de schade nihil. Dat betekent dus dat het grondgebruik zodanig is dat er geen enkele impact is van de overstromingen (en verzilting).

De gevolgen in de overige polders (die niet beschermd blijven) veranderen bij meebewegen zeer beperkt ten opzichte van de VKS. Door de lagere waterstanden bij extreme situaties door de extra berging ten opzichte van oprekken, kan de omvang van een overstroming licht afnemen.

Bij het oprekken van de VKS of de zeewaartse oplossing met een meestijgend peil, zullen de overstromingsgevolgen vergelijk zijn met de VKS.

Bij de Rijnmondring waarbij er een samenspel is tussen stormvloed- en rivierkeringen zal er bij een gelijke eis per afzonderlijke kering een toename zijn van de piekwaterstand bij een terugkeertijd (en dus de overstromingsgevolgen). Tegelijkertijd kan dit worden ondervangen met strengere eisen.

In de zeewaartse oplossing met een verlaagd streefpeil en met de Deltapolder, is een verkleining van de overstromingsgevolgen (en risico) te verwachten ten opzichte van de VKS. De piekwaterstanden zijn veel lager dan in de VKS. Voor de zeewaartse oplossing zijn de gevolgen vergelijkbaar met de huidige situatie. Voor de Deltapolder zullen de gevolgen voor doorbraken uit de Deltapolder afnemen (immers, hier is de waterstand volledig gecontroleerd bij functionerende gemalen en sluizen). Op het Haringvliet nemen de waterstanden wel toe, evenals op de riviercorridor waardoor daar de gevolgen wel kunnen toenemen (maar dat is maar in een deel van het gebied).

7 Conclusies en aanbevelingen

7.1 Conclusies

Alle geschetste strategieën zijn uitvoerbaar en technisch te realiseren, alleen bij terugtrekken kunnen gedurende een lange transitieperiode knelpunten ontstaan omdat niet kan worden voldaan aan de eis voor basisveiligheid. Uitgezonderd terugtrekken en in mindere mate zeewaarts, zijn de kosten van de andere strategieën van een gelijke orde grootte. De effecten op de omgeving zijn echter heel divers. Met andere woorden, de klimaatverandering gaat een groot effect hebben en met de keuzes die we daarbij maken, kunnen we enkele effecten mitigeren maar worden nieuwe effecten veroorzaakt.

In Tabel 24 zijn de consequenties van de verschillende langetermijnstrategieën opgenomen bij 2 meter zeespiegelstijging in 2200 en een toename van de rivierafvoer waarbij aan de waterveiligheidseis wordt voldaan.

Tabel 24: Overzicht van effecten op andere functies (kosten gaan uit van al gerealiseerde investeringen voor bereiken van de vetreksituatie waarin de waterkeringen op orde zijn). De kosten zijn geraamd voor de regio DPRD op basis van dijkversterkingen, extra kunstwerken en dammen, gemalen en herlocatie. De kosten voor het rivierengebied zijn tussen haakjes opgenomen. Donkergroen is een verbetering t.o.v. de huidige situatie, groen is een neutraal effect t.o.v. de huidige situatie, oranje is een neutraal effect t.o.v. de VKS in 2200 (en verslechtering t.o.v. de huidige situatie), rood is een verslechtering t.o.v. de VKS in 2200.

		LENGTE TE VERSTERKEN KM	KOSTEN (MLD EURO) MET GROENE DIJKEN	KOSTEN (MLD EURO) MET CONSTRUCTIEVE + GRONED-OPLOSSING	KOSTEN VOOR KUNSTWERKEN, GEMALN, TRABNSITIE	BUITENDIJKSE GEBOUWEN (X 1000) BIJ 1/1.000 PJ	GETIJDENATUUR	ZOETWATERBESCHIKBAARH EID HWS	SCHIEPVAART	OVERSTROMINGS-GEVOLGEN
1	Oprekken voorkeurstrategie	484 (1,015)	33 (+29)	13 (+11)	9	25				
2A	Zeewaarts - malen	433 (963)	18 (+27) *	8 (+10) *	58	1				
2B	Zeewaarts - spuien	457 (987)	26 (+29) *	11 (+11) *	40	15				
3	Natuurlijk	499 (1,028)	39 (+31)	16 (+11)	6.6	27				
4	Rijnmondring	488 (1,018)	34 (+30)	13 (+11)	12	27				
5	Deltapolder	452 (981)	17 (+29)	8 (+11)	18	0.1				
6A	Terugtrekken Polder X	418 (949)	33 (+29)	13 (+11)	33-34	17				
6B	Terugtrekken Polder Y	418 (949)	30 (+29)	13 (+11)	66-116	15				

* Deze kosten zijn inclusief de aanleg van de zeevaartse kering, exclusief baten voor ZWD.

Conclusies per strategie

- Bij strategie oprekken bestaan het merendeel van de kosten uit dijkversterkingskosten, er zijn ook kosten voor aanpassen van de stormvloedkeringen.
- Bij de strategie zeewaarts zijn de gevolgen afhankelijk van de keuze voor malen of spuien. De kosten voor de nieuwe zeekering en de kunstwerken zijn veel groter dan de extra dijkversterkingskosten. De kosten voor dijkversterkingen (en de benodigde lengte) zijn veel groter bij de keuze voor spuien dan voor malen.
- Bij strategie natuurlijk zijn de kosten voor waterkeringen in DPRD hoger dan bij oprekken door de open verbinding bij het Haringvliet, deze extra kosten zijn hoger dan de mindere kosten voor kunstwerken en waterkerende landschappen.
- De strategie Rijnmondtring leidt tot vergelijkbare dijkversterkingskosten als oprekken. De kosten voor de extra rivierkeringen zijn iets hoger.
- De strategie Deltapolder leidt tot de laagste dijkversterkingskosten in het noordelijke deel van DPRD. De kosten in kunstwerken, met name door de gemaalkosten, zijn relatief hoog. De (beperkte) natuur in de Deltapolder zal verslechteren, maar kan extra toenemen in het Haringvliet.
- De strategie gedeeltelijk terugtrekken leidt tot vergelijkbare dijkversterkingskosten als oprekken, de kosten voor de herlocatie zijn aanzienlijk en hoger dan de kosten voor dijkversterking. De kosten voor het risico stijgen ook door de toenemende faalkans, gedurende transitieperiode is het optreden van overstromingen waarschijnlijk. De strategie gedeeltelijk terugtrekken voldoet als enige strategie op termijn niet aan de eis voor basisveiligheid. Dat komt omdat de faalkans te groot kan worden en een betere evacuatie net volstaat.

Vaak vergelijkbare kosten, zeewaarts (beperkt) en meebewegen is duurder.

In alle gevallen zijn aanzienlijke investeringen in waterkeringen nodig en vrijwel het gehele areaal zal moeten worden versterkt door zeespiegelstijging, rivierafvoer en bodemdaling. De Deltapolder en een zeewaartse oplossing met malen kan in DPRD het totaal te versterken keringen met ongeveer 10% laten dalen.

De cumulatieve nominale kosten tot 2200 voor oprekken, natuur, Rijnmondtring en deltapolder verschillen met minder dan 20% voor het gebied van DPRD en zijn van eenzelfde orde.

De kosten van zeewaarts zijn 80-130% hoger bij malen en 60-90% hoger bij spuien dan oprekken. Hierbij gelden twee kanttekeningen. De kosten voor de bemaling zijn aanzienlijk, hierdoor is deze optie relatief duurder in de variant met constructieve oplossingen. De oplossing met spuien is relatief duurder met groene dijken. De tweede kanttekening is dat de gehele kosten (35 MLD) voor de zeewaartse oplossing zijn meegenomen en de baten voor de ZWD nog niet.

De kosten van gedeeltelijk terugtrekken zijn ook veel hoger dan oprekken: 60-90% voor Polder X en 130-170% meer voor de Polder Y (met meenemen van de risicokosten kan dit oplopen tot 325% extra kosten). Kosten voor sociale programma's rondom krimp en sociale ongelijkheid zijn nog niet opgenomen. De extra kosten ten opzichte van oprekken komen door de herlocatie en de toename van het risico in de twee polders waarin wordt teruggetrokken, de kosten in de rest van het watersysteem zijn vergelijkbaar met oprekken.

Het aanpassen van de afvoerverdeling leidt tot een herverdeling van dijkversterkingskosten. Deze stijgen langs de Waal en dalen langs de Lek en IJssel (hier zal dan ook de omvang van een overstroming afnemen).

De uitvoering van de verschillende strategieën vraagt wel een fasering. Het is nodig dat de waterkeringen 'op orde' zijn voordat ingrepen aan de grote kunstwerken kunnen worden gerealiseerd. Bij de oplossing natuur zullen bijvoorbeeld eerst de dijken moeten worden versterkt omdat de piekwaterstanden hoger zijn voordat de delta kan worden geopend.

Kosten in DPRD en Rivierengebied

Door de toename van de rivierafvoer zijn er ook extra kosten in het rivierengebied voor dijkversterking. De totale kosten hiervan zijn niet sterk afhankelijk van langetermijnoplossing voor de DPRD. De verdeling over de riviertakken is dat wel gegeven de gekozen afvoerverdeling.

Groene dijken of constructieve oplossingen

De kosten bij het altijd inzetten op groene keringen zijn hoger dan de kosten voor constructieve oplossingen (om amoveren te voorkomen) en alleen groene keringen als er voldoende ruimte is. Dat deze kosten lager zijn, komt vooral door de hoge kosten om in bebouwde omgeving grond aan te kopen en woningen te amoveren. Het nadeel van constructieve oplossingen is dat deze lastiger (lees kostbaarder) aanpasbaar zijn voor volgende versterkingen, daarom is de ontwerphorizon hiervoor ook langer.

Optimaliseren ruimtebeslag en amoveren

Het ruimtebeslag en het aantal te amoveren woningen kan worden beperkt met het ontwerp van de waterkering (rekening houdend met aanpasbaarheid). Bij de ruimtelijke inpassen kan hierin verder worden geoptimaliseerd.

Snellere klimaatverandering met 2m zeespiegelstijging in 2100

De gevoeligheidsanalyse laat zien dat de kosten voor dijkversterkingen bij 2m ZSS in 2100 plus een extremere toename van de rivierafvoer vergelijkbaar zijn (tot een fractie lager) met als deze in 2200 optreden. In 2100 zijn er minder dijkversterkingsrondes geweest, echter de opgave is vergelijkbaar en soms (grotere rivierafvoer) zelfs iets groter. De kosten worden ook over minder tijd verspreid.

Effecten op de omgeving

De effecten op (intergetijdje)natuur, zoetwaterbeschikbaarheid, scheepvaart en buitendijks gebied zijn echter heel divers. Er is geen enkele strategie met alleen gunstige effecten en waarbij veel er vrijwel geen investeringen nodig zijn. Met andere woorden, de klimaatverandering maar ook de langetermijnkeuze gaat een groot effect hebben op de omgeving. Met de keuzes die daarbij mogelijk zijn, kunnen effecten worden verkleind maar worden nieuwe effecten veroorzaakt.

- Buitendijkse bebouwing. De zeewaartse oplossing met bemaling en de Deltapolder hebben een (zeer) gunstig effect op bestaande buitendijkse bebouwing en kunnen kansen bieden voor nieuwe ontwikkeling. De kwetsbaarheid ten opzichte van de huidige situatie wordt kleiner. Bij de andere strategieën is de impact op de buitendijkse bebouwing groot. In de huidige situatie worden bij een 1/1.000 pj maar 5000 panden getroffen, wat in alle andere gevallen er minstens 3x zo veel worden. Bij vaker voorkomende situaties zijn worden 10-20 maal zo veel woningen getroffen.
- Getijdenatuur. De situatie met gesloten estuaria leiden tot verlies aan getijdenatuur. Bij de Deltapolder kan dit nog deels worden gecompenseerd met natuurontwikkeling in de hoogwatercorridor.

- Zoetwatervoorziening. Vergeleken met de huidige situatie verslechtert de zoetwaterbeschikbaarheid als we blijven doorspoelen voor alle strategieën behalve bij een zeevaartse oplossing en de deltapolder.
- Scheepvaart. Gesloten estuaria hebben een negatief effect op de scheepvaart. Dit effect wordt nog (iets) beperkt door de locatiekeuze van de sluizen en overslagterminals. Zeevaartsluizen hebben veel meer negatieve impact op de zoetwatervoorzieningen. Naarmate deze sluizen meer binnenwaarts worden aangelegd, zijn er aan de zeezijde meer dijkversterkingen nodig. Dit leidt tot iets hogere kosten.
- De overstromingsgevolgen nemen toe door zeespiegelstijging. Daar waar waterstanden worden beperkt (zeewaarts, deltapolder), kunnen de gevolgen afnemen omdat minder water door een bres kan stromen. De gevolgen van overstromingen van terugtrekken, nemen in de transitieperiode toe.

Het is nog wel mogelijk om gevolgen te mitigeren, voor de sluizen is er een zoekgebied gedefinieerd waarbij extra dijkversterking kan worden afgewogen tegen gunstigere randvoorwaarden voor scheepvaart. Ook bij sluizen kan met de omvang en het aantal schuttingen nog worden geoptimaliseerd.

7.2 Aanbevelingen

Op basis van het onderzoek zijn er aanbevelingen opgesteld:

1. Convergeer in de mogelijke opties voor de herijking van de deltabeslissing. De volgende stap in de uitwerking van de langetermijnstrategieën is de ruimtelijke confrontatie. In dit onderzoek zijn voor een aantal parameters hiervoor randvoorwaarden uitgewerkt.
 - a. Aanbevolen wordt om ook te kijken naar de kansen die kunnen ontstaan voor bijvoorbeeld woningbouwopgaves en slimme functiewijzingen met kansen voor natuur en innovatieve landbouw.
 - b. Aanbevolen wordt ook om te convergeren in mogelijke strategieën als de keuze voor een strategie niet wenselijk of haalbaar is. Convergeren kan ook door het uitsluiten van bepaalde opties.
2. Onderzoek de mogelijkheden voor een flexibelere programmering van dijkversterkingen. In alle gevallen zijn dijkversterkingen noodzakelijk. Flexibiliteit kan bijdragen aan mogelijke combinaties met gebiedsontwikkeling en latere uitbreidbaarheid (die onontkoombaar is door zeespiegelstijging, toename rivierafvoer en bodemdaling). Deze flexibiliteit kan gezocht worden in het eerder versterken van waterkeringen dan nodig op basis van de beoordeling van waterkeringen. Deze flexibiliteit kan ook worden bereikt door verder (of minder ver) dan de horizon van 50 tot 100 jaar te kijken. Hierdoor kan er beter worden aangesloten op gebiedsontwikkeling.
3. Besteed expliciet aandacht aan de uitbreidbaarheid van waterkeringen. Constructieve oplossingen als damwanden zijn in het algemeen lastiger uitbreidbaar dan groene keringen omdat aan het eind van de levensduur de constructie moet worden vervangen. Bij het ontwerp is het verstandig rekening te houden met uitbreidbaarheid (waarbij ook de kennis en kunde in de toekomst zal veranderen).

4. Fasering van de werkzaamheden plus de aanpak. Voordat overgegaan kan worden naar een andere langetermijnstrategie, kan het noodzakelijk zijn dat eerst de randvoorwaarden worden gerealiseerd. Denk hierbij aan extra dijkversterkingen voor het open maken van estuaria of extra dijkversterking bij aanpassen van de afvoerverdeling. De aanpak om dit te realiseren kan veel tijd vergen, overwogen kan worden hier speciale governance-afspraken over te maken om dit te versnellen (denk aan de Deltawet rivieren na 1995).

Ook de kostenraming kan nog worden verbeterd door rekening te houden met het tijdstip van de investering. Op basis van de nominale kosten zijn veel langetermijnoplossingen vergelijkbaar qua kosten. Als rekening wordt gehouden met een discontovoet, dan zullen alle oplossingen die grote investeringen in de nabije jaren een hogere contante waarde hebben dan investeringen die in de verre toekomst worden gedaan. Daarnaast zal de onzekerheid over klimaatverandering in de toekomst kleiner worden omdat het dan duidelijker is hoe succesvol de uitstoot van emissies is verminderd.

8 Referenties

Witteveen en Bos 2013. Toepasbaarheidstoets CR2011 Decimeringshoogtes.

Bouw 2006. Decimeringshoogten TMR2006. Witteveen en Bos.

Vuik, Huismans, Men, van den Hoek, Noordhuis, Weiler, van der Wijk, Diermanse. 2025. Zoetwaterbeschikbaarheid in de RijnMaasmonding in een warmer klimaat Integrale verkenning van bouwstenen om zoutindringing te beperken. Deltares.

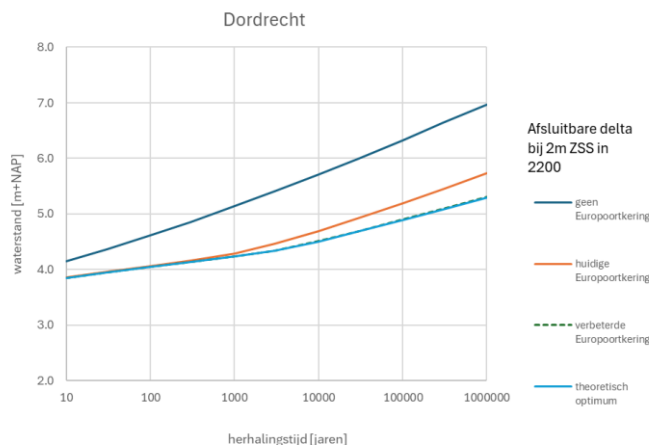
KPZSS 2024. Technisch-fysische uitwerking Strategie Beschermen Hoofdrapport en Bijlagenrapport.

Bijlagen

A Doorwerking van bouwstenen op de waterstand

1. Type verbinding met zee: onderscheid wordt gemaakt in (a) het openen van de zearmen, (b) het afsluitbaar-open houden van de zearmen en (c) het permanent afsluiten van de zearmen Haringvliet en Nieuwe Waterweg.

- a. De statistiek van de waterstand in een open delta is gelijkgesteld aan de statistiek van de zeewaterstand.
- b. De statistiek van de waterstand in een afsluitbare delta is onder andere uitvoerig berekend in spoor II van KPZSS. Als voorbeeld is in Figuur 26 voor het huidige systeem (dus met inzet van berging op het Volkerrak-Zoommeer) het effect bij Dordrecht te zien van verschillende afsluitmiddelen in de Nieuwe Waterweg. Van het gehele spectrum tussen geen kering, een kering met de huidige faalkans, een kering met verbeterde faalkans (1x per 5000 sluitingen) of het theoretisch optimum (faalkans = 0), zijn resultaten bekend. Deze zijn gebruikt om het effect van meerdere afsluitmiddelen te bepalen.



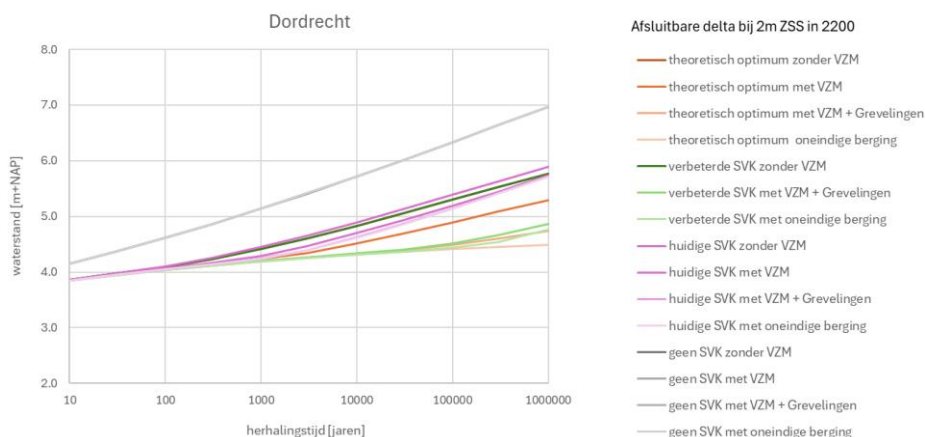
Figuur 26: Waterstandstatistiek bij Dordrecht voor verschillende faalkansen van de Europoortkering bij 2m ZSS in 2200.

- c. De statistiek van de waterstand in het benedenstroomse gebied met een vaste waterstand door het permanent gesloten gebied, is eerder bepaald met een reservoirmodel¹⁴ in spoor IV van KPZSS (zie het bijlagen rapport van beschermen (KPZSS 2024)).

2. Bergingscapaciteit: De effectiviteit van extra waterberging in een afsluitbaar gebied benedenstrooms is afhankelijk van de faalkans van de SVK's in het systeem. Sindsdien is voor verschillende combinaties het effect op de waterstand berekend. Recentelijk is dit rekenwerk herhaald in spoor II van het KPZSS om dit effect ook bij de nieuwste inzichten van klimaat ontwikkeling vast te leggen (zie Figuur 27 als voorbeeld). Ook van een afgesloten systeem zijn voor verschillende combinaties van bergingscapaciteit en afvoercapaciteit (bemalen of spuien) resultaten uit spoor IV van het KPZSS bekend en toegepast.

¹⁴ Zie hoofdstuk 8 in het bijlagen rapport van beschermen uit spoor IV van KPZSS. <https://www.deltaprogramma.nl/deltaprogramma/documenten/publicaties/2024/03/04/eindrapportage-oplossingsrichting-beschermen>

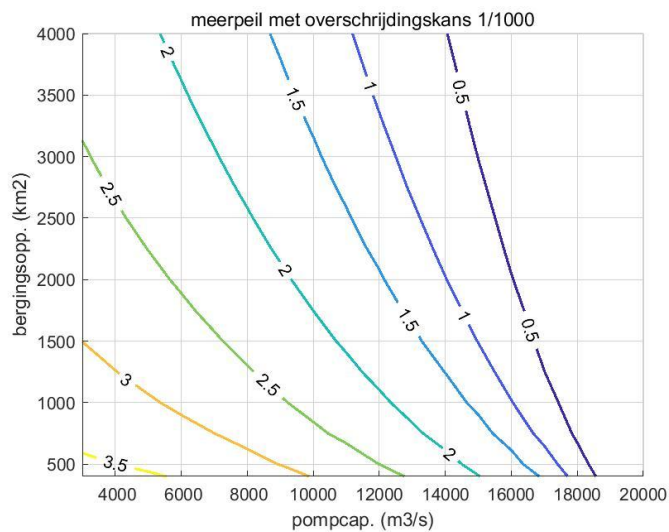
Verondersteld is dat voor een open systeem aanvullende berging geen toegevoegde waarde is, immers dit komt neer op het bergen van inkomend zeewater.



Figuur 27: Waterstandstatistiek bij Dordrecht voor verschillende combinaties van berging en faalkansen van de Europoortkering bij 2m ZSS in 2200 (bron Hydra NL).

Recentelijk is in het kader van spoor II van het KPZSS de bandbreedte van systeemmaatregelen in een afsluitbaar-open systeem onderzocht. De theoretisch maximale verlaging van de waterstanden door systeemmaatregelen is berekend (ongeacht welke maatregelen dat precies zijn, noch de haalbaarheid van deze maatregelen). Deze strategie gaat uit van perfect werkende stormvloedkeringen (faalkans = 0), in combinatie met aanvullende maatregelen, die voorkomen dat de waterstand in gesloten toestand (als gevolg van hoge rivierafvoeren die tijdelijk moet worden geborgen) bepalend wordt voor de frequentielijn. Met een licht-oranje lijn (theoretisch optimum – oneindige berging) is het resultaat van deze berekening getoond. Dit resultaat is voor meerdere locaties in het benedenstroomse gebied bekend en wordt als ondergrens van de waterstand in een open-afsluitbaar systeem beschouwd.

3. Gemaal-/spuicapaciteit: Hierboven is al gesteld, dat voor verschillende combinaties van bergingscapaciteit en afvoercapaciteit in een afgesloten en een afsluitbaar systeem de waterstandstatistiek berekend is op meerdere locaties in het benedenstroomse gebied. Deze bouwsteen heeft alleen effect op locaties in het benedenstroomse gebied. In Figuur 28 is een voorbeeld van de relatie tussen waterstand-statistiek, bergend oppervlak en pompcapaciteit weergegeven. Deze informatie is gebruikt voor het schatten van het effect van deze bouwsteen op de statistiek van de waterstand. Hierbij is verondersteld dat de gemaal/spuicapaciteit een vergelijkbaar effect heeft op piekwaterstanden als uitbreiding van de bergingscapaciteit. Beide eigenschappen van een systeem zorgen ervoor dat de waterstand in het benedenstroomse gebied minder snel stijgt tijdens een storm (als de afvoer naar zee onder vrij verval gestremd is). De interactie van deze bouwsteen met andere bouwstenen is afgeleid van de bekende interactie van waterberging met andere bouwstenen (zie Figuur 27).



Figuur 28 Relatie tussen waterstandstatiek, bergend oppervlak en pompcapaciteit van een afgesloten systeem (bron reservoir model van KPZSS spoor IV).

4. **Stormvloedkeringen:** Bij realisatie van de Rijnmondring en/of het Natuurlijk systeem worden SVK's in riviertakken aangelegd. In een eerder stadium van het DPRD en in het kader van het onderzoeksprogramma Kennis voor Klimaat is al onderzoek naar deze bouwstenen verricht. Destijds werd geconstateerd dat de rivierkeringen pas gesloten kunnen worden als de Nieuwe Waterweg afgesloten is. Zonder storm wordt gebruikgemaakt van de afvoerroute via de Nieuwe Waterweg, om de waterstand in het overgangsgebied niet onnodig te verhogen. Als er wel een storm optreedt, dan is het noodzakelijk om er zeker van te zijn dat de Maeslantkering afgezonken is voordat de rivierkeringen zijn gesloten. Het falen van de SVK in de Nieuwe Waterweg bij gesloten rivierkeringen, heeft zeer ongewenste gevolgen.

De rivierkeringen verlagen derhalve alleen de waterstand als de SVK in de Nieuwe Waterweg gesloten is. De waterstand in de Rijnmondring in afgesloten toestand kan goed worden benaderd door het theoretisch optimum van het afsluitbare benedenstroomse gebied. Er is een schatting gemaakt van deze waterstand waarbij aangenomen is dat het gehele systeem een faalkans heeft van 1x per 5000 sluitingen (als de verbeterde SVK in de Nieuwe Waterweg faalt, dan falen of sluiten de rivierkeringen niet).

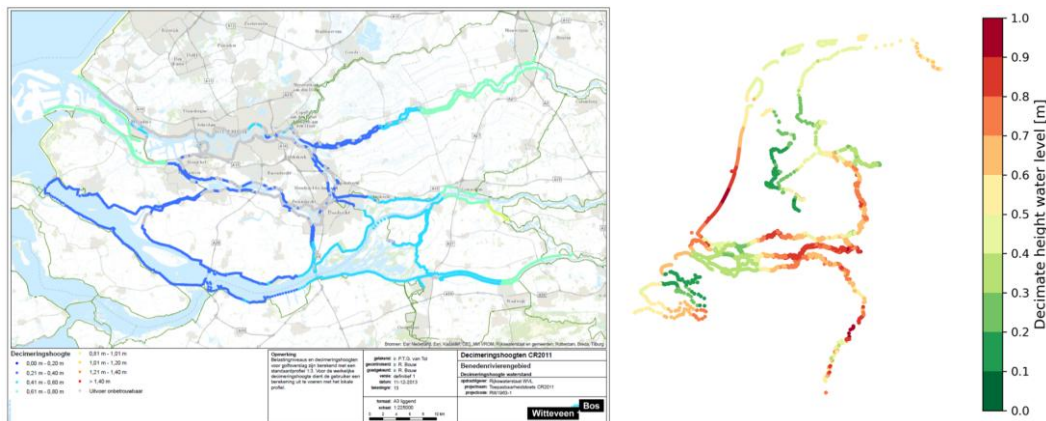
5. **Afvoerverdeling:** De inschatting als er meer water over de Waal en minder water over de Lek wordt gestuurd (bij aanpassing van de afvoerverdeling), is gebaseerd op QH relaties die volgen uit de gebruikte hydraulische databases binnen KPZSS spoor II. Deze relaties kunnen gebruikt worden om het verschil in waterstand te berekenen bij een verschil in rivierafvoer. De statistiek van de rivierafvoer wordt gebruikt om een herhalingstijd aan het berekende verschil in waterstand te koppelen. Hiermee wordt de bekende frequentielijn van locaties op de bovenrivieren aangepast.

De meeste bouwstenen hebben een effect op de waterstand in het benedenstroomse gebied (zie Figuur 9 voor begrenzing). Behalve door de bouwsteen Afvoerverdeling wordt de waterstand op de bovenrivieren niet gewijzigd door de realisatie van 1 of meerdere bouwstenen. Het samengesteld effect van verschillende bouwstenen in het benedenstroomse gebied neemt met een stuwkromme (e-macht) in bovenstroomse richting af. Zodoende waterstand in het benedenstroomse gebied langs de tracés verbonden met de waterstand op de bovenrivieren.

Dit is net als in spoor IV van KPZSS toegepast op het tracé tussen bovenstroomse locatie waar de zeespiegel en de gekozen strategie vrijwel geen invloed heeft (rivierkilometer 910 bij de plaatsen Rhenen, Beneden-Leeuwen en Maasbommel) en de meest benedenstroomse locatie waar nog verhang optreedt (~rivierkilometer 970 bij de plaatsen Schoonhoven, Sliedrecht, Geertruidenberg en Krimpen aan den IJssel)

6. Berekening effect terugtrekken: Het effect van terugtrekken (of meebewegen) is geschat door eerst te bepalen wat de maatgevende hoogte is horende bij de geplande versteking in het HWBP om aan de normen te voldoen. Als de waterkering eenmaal is versterkt dan zal geen verdere versterking meer plaatsvinden in de gebieden die terugtrekken. Deze gebieden gaan dan fungeren als waterberging waardoor de hydraulische belastingen elders dalen¹⁵. Voor Polder X is de laagste norm 1/100 pj. De waterstand bij polder X bij deze terugkeertijd om in 2050 aan de norm te voldoen is orde grootte NAP + 2,5m. Als deze waterstand optreedt, zal deze polder dus gaan overstromen en water gaan bergen. De kans dat dit gebeurt, wordt ingeschat op basis van de decimeringshoogte, dit is de toename van de waterstand bij een kans die 10x kleiner (bij de norm en gegeven de huidige statistieken). Voor de zuidzijde van Polder X is deze waarde ongeveer 20-40 cm (zie Figuur 29). Bij een stijgende waterstand op de rivier zal de frequentie van overstromen van deze polder dus zeer snel toenemen tot mogelijk vaker dan jaarlijkse situaties.

Voor de Polder Y is uitgegaan van een waterstand horende bij de norm van 1/10.000 waarbij de dijk op orde is in 2050 is ongeveer NAP + 3,0 m. De decimeringshoogte op deze locatie is iets kleiner dan bij Polder X, grofweg 20-30cm. Ook bij de Polder Y zal de faalkans dan snel toenemen bij een hogere waterstand.



Figuur 29: Decimeringshoogte op basis van CR2011 (Witteveen en Bos 2013) en TRM 2006 (Bouw 2006)

¹⁵ Let op, in de werkelijkheid zullen deze gebieden ook kunnen overstromen als de belasting groter is dan de norm (waarbij het verschil met nu is dat de faalkans bij terugtrekken sterk toeneemt omdat de keringen niet meer worden versterkt). Deze overstromingen hebben ook een reducerend effect op de waterdieptes in de delta waar nu standaard geen rekening mee wordt gehouden.

B Bouwstenen per strategie

B.1 Verbinding met zee

	Nieuwe Waterweg	Faalkans	Sluitpeil/ streefpeil	Locatie
1	Nieuwe variant stormvloedkering	1/5000 per sluiting	NAP + 4,25m	Vanuit waterveiligheid zoveel mogelijk zeewaarts, speelruimte tot aan de Botlek.
2a	Binnenvaartsluis in Nieuwe waterweg + Hartelkanaal	Zeer klein	NAP 0.00m	Locatiekeuze sluis kan worden geoptimaliseerd.
2b	Binnenvaartsluis in Nieuwe waterweg + Hartelkanaal	Zeer klein	Meegroeiën met ZSS van +2.00m	Locatiekeuze sluis kan worden geoptimaliseerd.
3	Nieuwe variant stormvloedkering	1/5000 per sluiting	NAP + 4,25m	Vanuit waterveiligheid zoveel mogelijk zeewaarts, speelruimte tot aan de Botlek.
4	Nieuwe variant stormvloedkering	1/5000 per sluiting	NAP + 4,25m	Vanuit waterveiligheid zoveel mogelijk zeewaarts, speelruimte tot aan de Botlek.
5a	Binnenvaartsluis in Nieuwe Waterweg bij Maasdeltatunnel + Hartelkanaal	Zeer klein	NAP 1.00m	Bij de varianten met een binnenvaartsluis kunnen er andere locaties worden overwogen op basis van een betere inpassing.
5b	Binnenvaartsluis in Nieuwe waterweg bij Maasdeltatunnel + Hartelkanaal	Zeer klein	NAP 1.00m	Bij de varianten met een binnenvaartsluis kunnen er andere locaties worden overwogen op basis van een betere inpassing.
6	Nieuwe variant stormvloedkering	1/5000 per sluiting	NAP + 4,25m	Het terugtrekken heeft betrekking op 2 dijkringen.

In variant 3 (natuurlijk systeem) is er eerder een effect op de getijslag bepaald (EO Wijers). Per 1,5m verondieping wordt de getijslag 5 cm lager. Voor de piekwaterstanden bij extreme condities is het effect van deze getijslag echter verwaarloosbaar.

	Haringvliet	Faalkans	Sluitpeil/streefpeil	Locatie
	Wat	Faalkans		
1	Nieuwe stormvloedkering type OSK	Zeer klein	NAP + 4,25m	
2a	Spuisluis	Zeer klein	NAP 0.00m	Locatiekeuze sluis kan worden geoptimaliseerd.
2b	Spuisluis	Zeer klein	NAP +2.00m	Locatiekeuze sluis kan worden geoptimaliseerd.
3	Open verbinding	-	-	Waterkerende landschappen plus opslibbing langs Haringvliet en Hollands Diep, andere oplossingen bij woonkernen.
4	Nieuwe stormvloedkering type OSK	Zeer klein	NAP + 4,25m	
5a	Nieuwe stormvloedkering type OSK	Zeer klein	NAP + 4,25m	
5b	Nieuwe stormvloedkering type OSK	Zeer klein	NAP + 4,25m	
6	Nieuwe stormvloedkering type OSK	Zeer klein	NAP + 4,25m	

B.2 Gemaalcapaciteit

	Locatie	Capaciteit		
1	-	-		
2a	Verdeeld over Nieuwe Waterweg en Haringvliet	3800 m ³ /s		Conform Strategie Zeewaarts.
2b	Verdeeld over Nieuwe Waterweg en Haringvliet	3800 m ³ /s		Conform Strategie Zeewaarts.
3				
4				
5a	Nieuwe Waterweg	2500 m ³ /s		Conform strategie Beschermen met Deltapolder.
5b	Nieuwe Waterweg	2500 m ³ /s		Conform strategie Beschermen met Deltapolder.
6				

B.3 Stormvloedkeringen in het benedenstrooms gebied

B.3.1 Hollandse IJssel Keringen

Voor de Hollandse IJsselkering is een schuifconstructie voorzien in de varianten, 1, 2, 3, 4 en 6. In variant 5 vervalt deze en is er een open verbinding. De faalkans is 1/10.000 per sluitvraag, en het sluitpeil is NAP +3,5 m (1,25m hoger dan nu). De kering ligt op dezelfde plaats als in de huidige situatie.

B.3.2 Spui, Dordtse Kil en Merwede

In de varianten 3 (Natuurlijke systeem), 4 (Rijnmondring) en 5 (Deltapolder) zijn hier nieuwe waterkeringen voorzien. Deze keringen zorgen ervoor dat het gebied rondom Rotterdam en Dordrecht niet overstroomd als gevolg van hoge waterstanden op het Haringvliet of Hollands Diep.

Bij de varianten 3 en 4 is er sprake van rivierkeringen vergelijkbaar met de Hollandse IJsselkering. Bij waterstanden hoger dan NAP 4.25m in Rotterdam worden deze keringen gesloten middels een schuif. Het sluitproces wordt zodanig vormgegeven dat deze kering pas wordt gesloten als de SVK in de Nieuwe Waterweg is gesloten om negatieve effecten bij falen van deze kering te voorkomen.

In variant 5 (deltapolder) is er sprake van een binnenvaartsluis. De faalkans van deze kering is klein. De locatie kan worden geoptimaliseerd, waarbij rekening wordt gehouden met zoetwater inlaatpunten.

B.4 Afvoerverdeling

De afvoerverdeling is conform het huidige beleid in variant 1, 2 en 6. Hierbij wordt de Lek dus ontzien conform het huidige beleid (dat betekent dat bij afvoeren tussen de 16- 16,500 m³/s de afvoer op de Lek gelijk wordt gehouden, bij meer extreme afvoer neemt die alsnog wel toe). Als gevoeligheid is ook onderzocht wat de effecten zijn als deze afvoer als de Lek ook bij extreme afvoeren wordt herzien.

In variant 3, 4 en 5 wordt de afvoerverdeling verder aangepast. Hierbij is de afvoer op de Lek begrensd op 2500 m³/s. Daarnaast geldt de huidige afvoerverdeling op de splitsingspunten tot 12.000 m³/s bij Lobith. Bij een hogere afvoer gaat alle extra afvoer over de Waal.

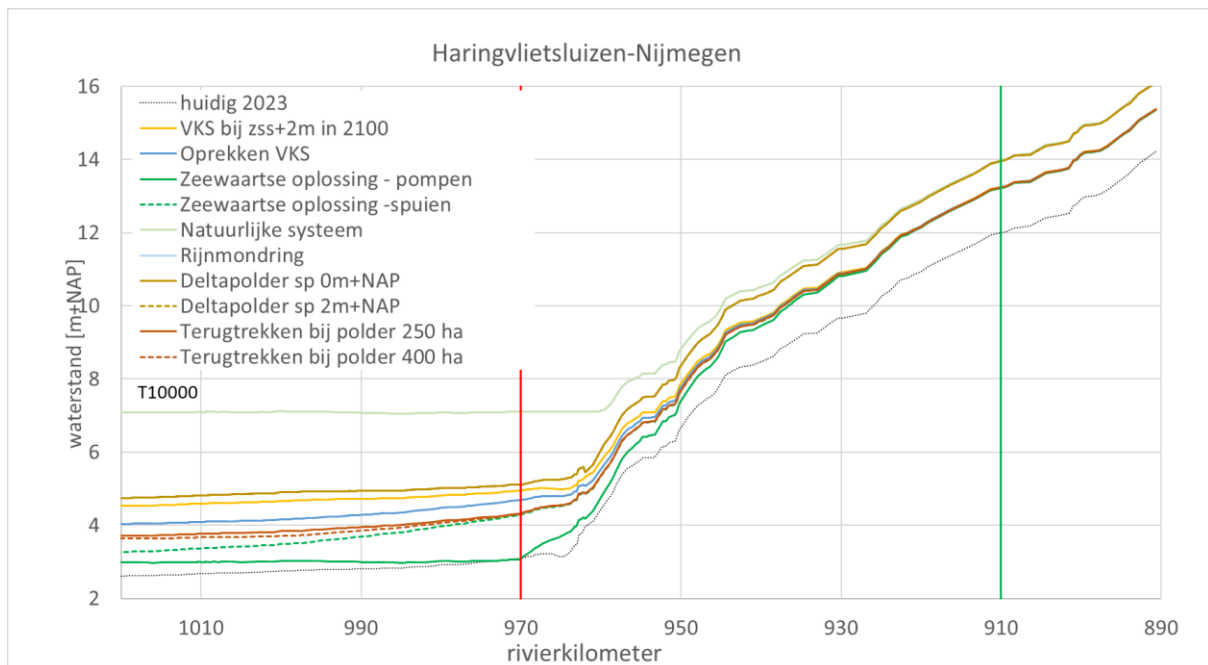
B.5 Bergingscapaciteit

	Locatie	Capaciteit	
1	Volkerak en Grevelingen	80 km ² en 140 km ²	Het inzetpeil is aangepast volgens de aanpassing van het sluitpeil van de MLK.
2a	Haringvliet, Grevelingen, Oosterschelde, Volkerak plus een zeemeer	1000 km ² op de huidige meren plus en op zee 1000 km ²	Conform Zeewaarts.
2b	Haringvliet, Grevelingen, Oosterschelde, Volkerak plus een zeemeer	1000 km ² op de huidige meren plus en op zee 1000 km ²	Conform Zeewaarts.
3	-	-	
4	Volkerak en Grevelingen	80 km ² en 140 km ²	Het inzetpeil is aangepast volgens de aanpassing van het sluitpeil van de MLK.
5a	Volkerak en Grevelingen	80 km ² en 140 km ²	Het inzetpeil is aangepast volgens de aanpassing van het sluitpeil van de MLK.
5b	Volkerak en Grevelingen	80 km ² en 140 km ²	Het inzetpeil is aangepast volgens de aanpassing van het sluitpeil van de MLK.
6a	Volkerak en Grevelingen + Polder X	80 km ² en 140 km ² , + 245 km ²	Polder X wordt ingezet op basis van de degradatie van de sterkte waterkeringen omdat ze niet meer versterkt worden.
6b	Volkerak en Grevelingen + Polder Y	80 km ² en 140 km ² , +392 km ²	De Polder Y wordt ingezet op basis van de degradatie van de sterkte waterkeringen omdat ze niet meer versterkt worden.

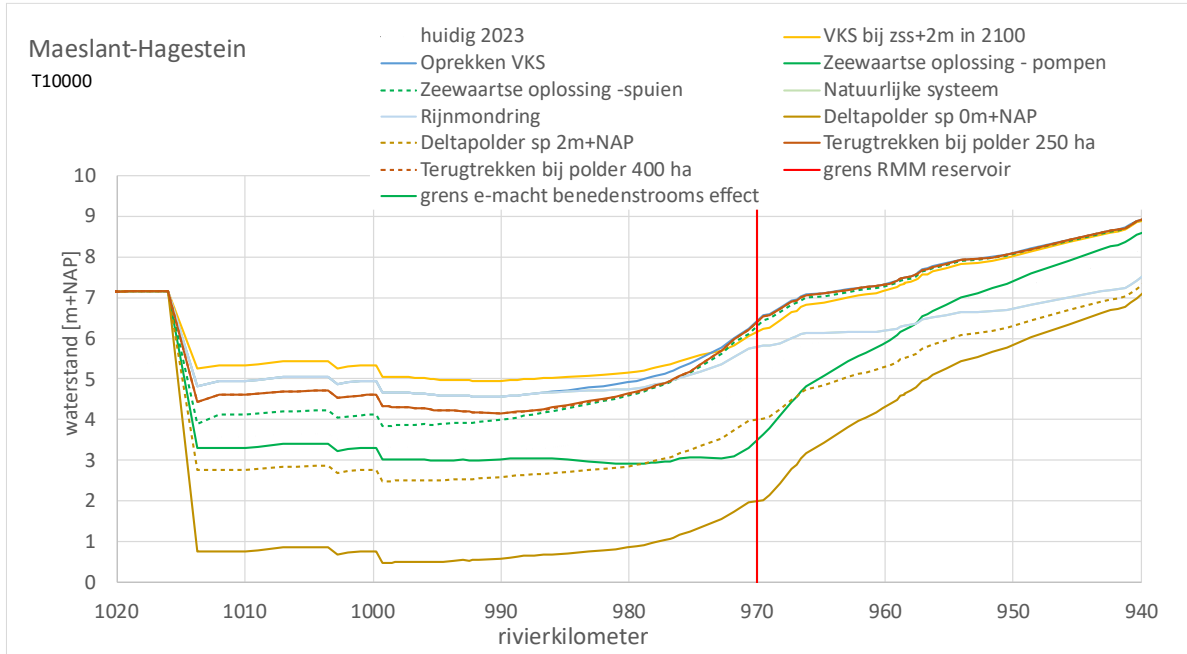
C Resultaten gevoeligheidsanalyse voor 2m ZSS in 2100

Tabel 25 Effect van de langetermijnoplossing op de waterstand in een extreme situatie bij Rotterdam, Dordrecht en Hellevoetsluis

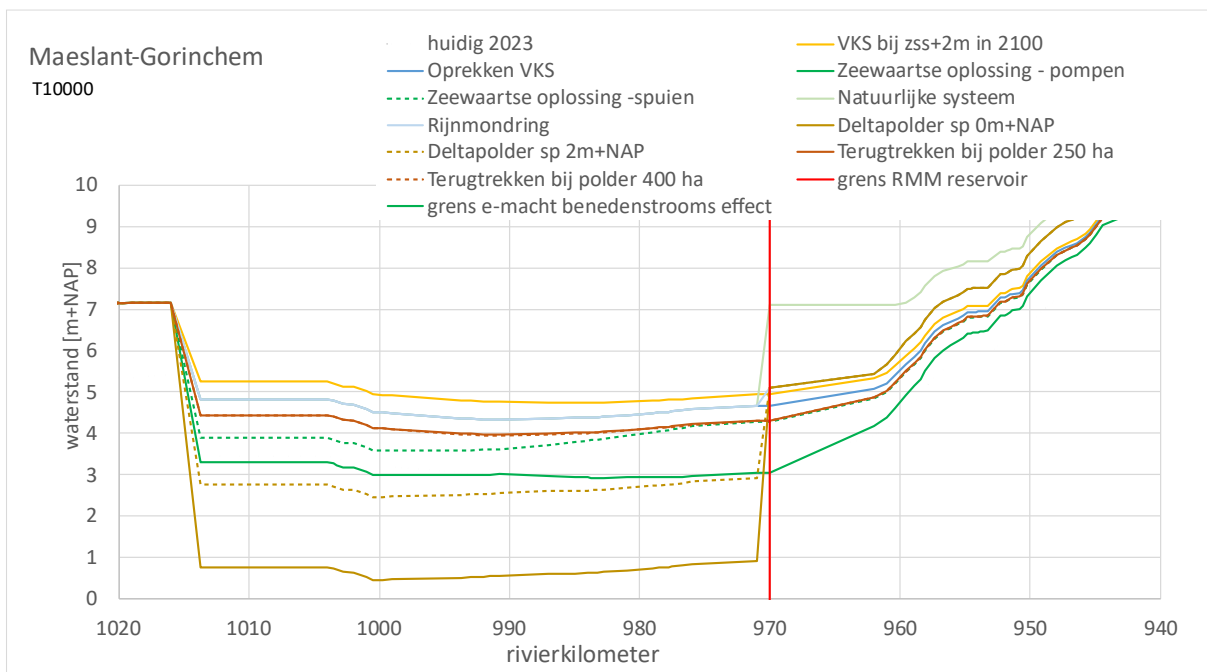
		ROTTERDAM				DORDRECHT				HELLEVLOETSLUIS			
		T10	T100	T1000	T10000	T10	T100	T1000	T10000	T10	T100	T1000	T10000
VKS		4.3	4.5	4.7	5.1	3.9	4.1	4.3	4.7	3.6	3.8	4.0	4.4
OPREKKEN		4.3	4.5	4.6	4.7	3.9	4.1	4.3	4.4	3.6	3.8	3.9	4.0
ZEEWAARTS													
	MALEN	2.1	2.4	2.7	3.1	2.2	2.4	2.7	3.1	2.1	2.4	2.7	3.1
	SPIJEN	3.6	3.7	3.8	3.8	3.5	3.7	3.8	3.9	2.9	3.0	3.1	3.2
NATUUR		4.3	4.5	4.6	4.7	3.9	4.1	4.4	4.8	5.0	5.7	6.4	7.2
RIJNMONDING		4.3	4.5	4.6	4.7	3.9	4.1	4.4	4.8	3.7	3.9	4.3	4.7
DELTAPOLDER		1.2	1.3	1.4	1.5	1.2	1.5	1.6	1.7	3.7	3.9	4.3	4.7
TERUGTREKKEN													
	POLDER X	3.8	3.8	3.9	4.3	3.6	3.8	3.8	3.9	3.4	3.6	3.6	3.6
	POLDER Y	3.8	3.8	3.9	4.3	3.5	3.7	3.7	3.9	3.4	3.4	3.4	3.6



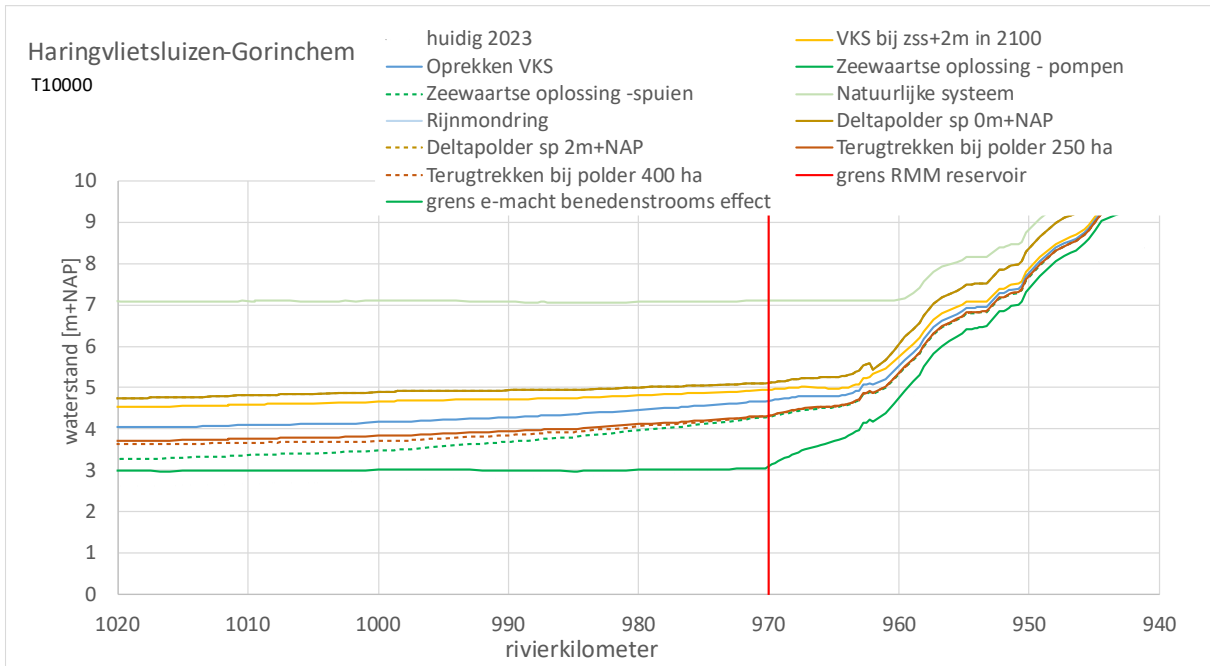
Figuur 30 Waterstandsverlopen traject Haringvlietsluizen - Nijmegen bij de langetermijnopties voor een T10.000 jaar terugkeertijd. Rivierkilometer 970 komt overeen met Sliedrecht, rivierkilometer 910 met Benden-Leeuwen.



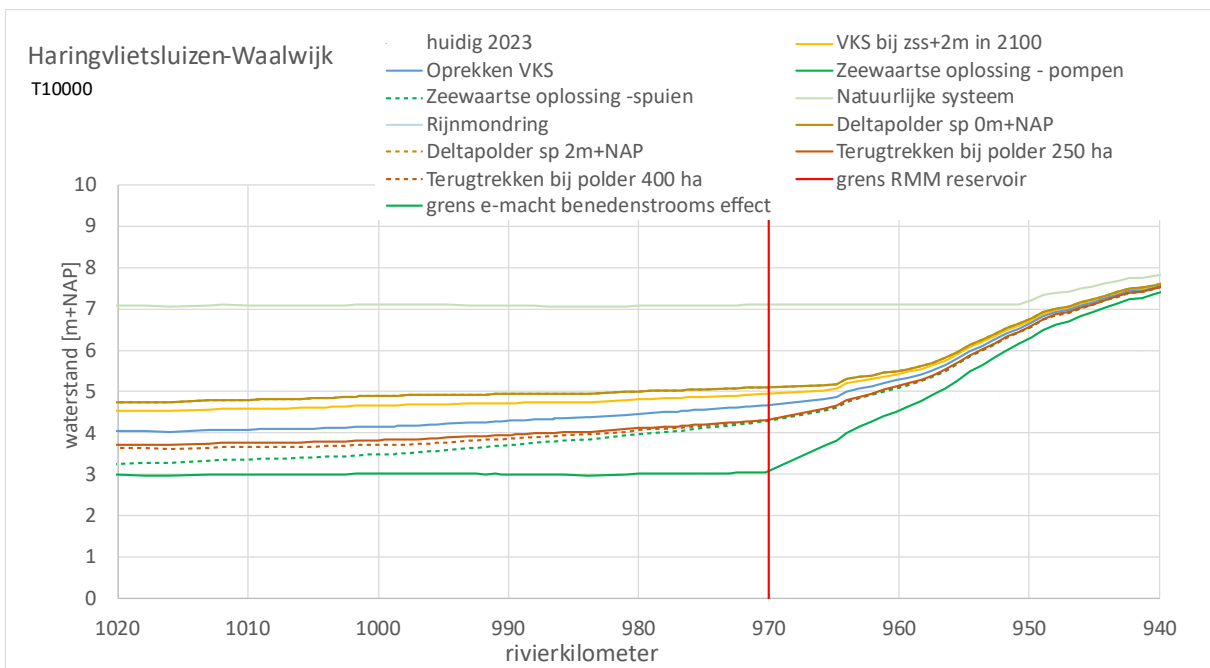
Figuur 31 Waterstandsverlopen traject Maeslantkering - Hagestein bij de langetermijnopties voor een T10.000 jaar terugkeertijd.



Figuur 32 Waterstandsverlopen traject Maeslantkering - Gorinchem bij de langetermijnopties voor een T10.000 jaar terugkeertijd.



Figuur 33 Waterstandsverlopen traject Haringvlietsluizen - Gorinchem bij de langetermijnopties voor een T10.000 jaar terugkeertijd.



Figuur 34 Waterstandsverlopen traject Haringvlietsluizen - Waalwijk bij de langetermijnopties voor een T10.000 jaar terugkeertijd.

Tabel 26 Cumulatieve kosten (in MLD) voor dijkversterking bij 2m ZSS in 2100 bij groene dijken

	S1	S2A	S2B	S3	S4	S5	S6A	S6B
NRLK	12	9	12	11	11	7	12	12
WAAL	19	18	19	24	23	21	19	19
MAAS	12	10	12	13	12	12	12	12
RDST	26	8	20	23	23	5	22	22
HVHD	2	1	2	6 ¹⁶	2	2	2	2
TOTAAL	71	46	64	76	71	47	66	66

Tabel 27 Cumulatieve kosten (in MLD) voor dijkversterking bij 2m ZSS in 2100 bij constructieve oplossingen

	S1	S2A	S2B	S3	S4	S5	S6A	S6B
NRLK	4	3	4	4	4	3	4	4
WAAL	11	10	11	11	11	10	11	11
MAAS	5	4	5	6	5	5	5	5
RDST	11	8	9	11	11	7	10	10
HVHD	2	1	1	5	2	2	2	2
TOTAAL	33	27	31	38	33	27	32	32

Tabel 28 Ruimtebeslag voor dijkversterking bij 2m ZSS in 2100 rivierafvoer bij groene dijken

	S1	S2A	S2B	S3	S4	S5	S6A	S6B
NRLK	14	10	13	12	12	10	12	12
WAAL	26	25	26	34	34	31	25	25
MAAS	22	18	22	25	23	23	21	21
RDST	7	3	5	8	8	3	6	5
HVHD	4	1	3	7	4	4	3	3
TOTAAL	72	58	68	86	80	71	68	67

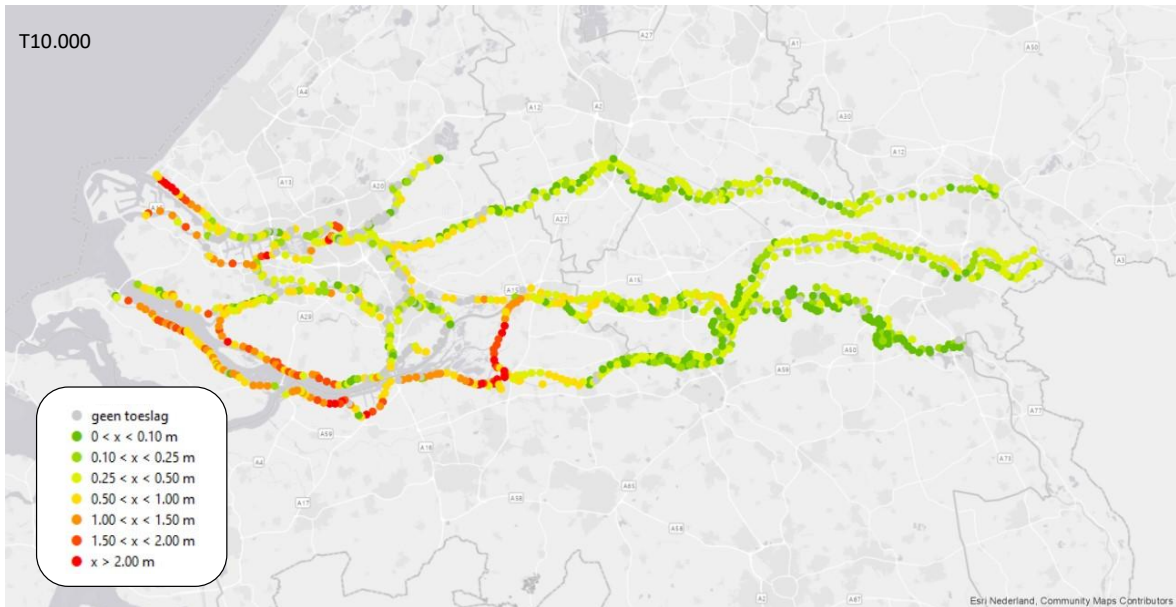
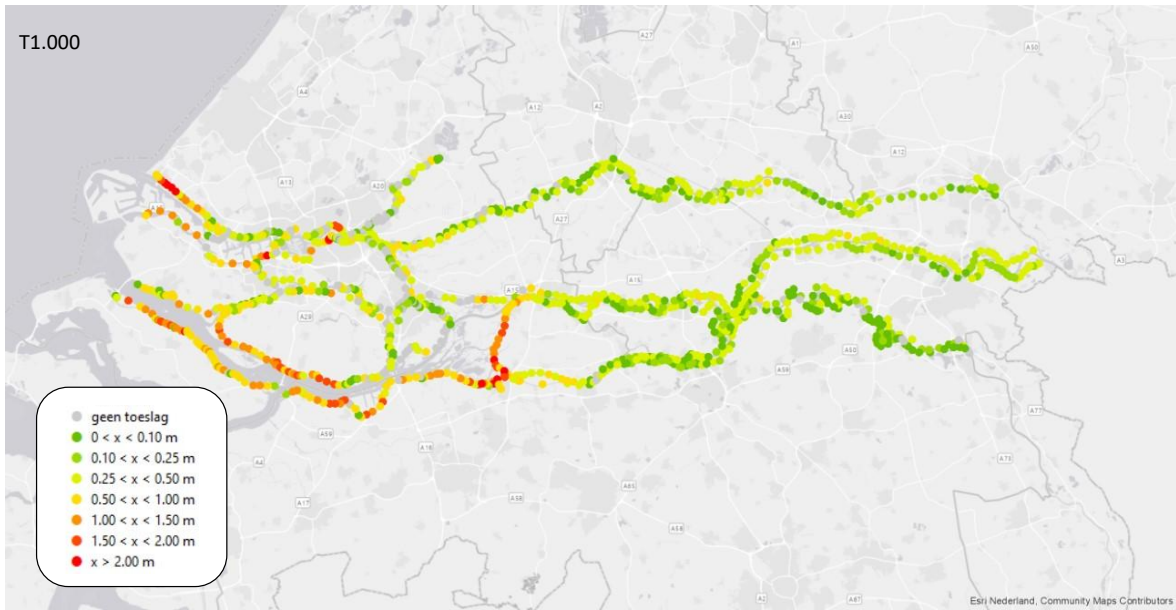
Tabel 29 Te amoveren panden (per 100) voor dijkversterking bij 2m ZSS in 2100 rivierafvoer bij groene dijken

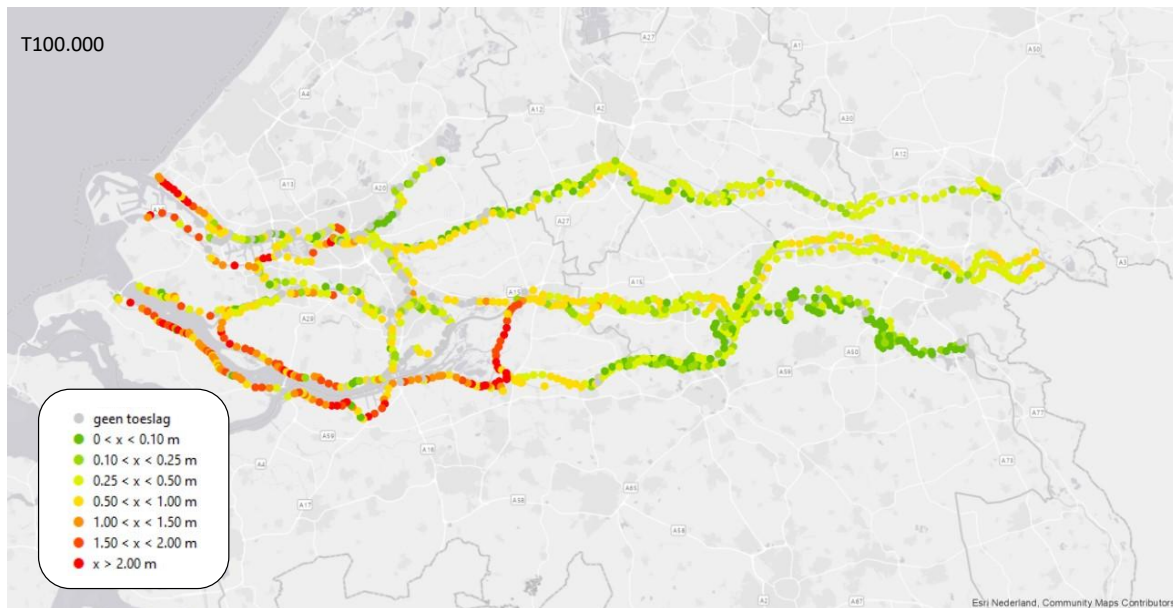
	S1	S2A	S2B	S3	S4	S5	S6A	S6B
NRLK	49	39	49	46	46	34	48	48
WAAL	92	85	90	99	98	85	89	89
MAAS	51	46	51	53	52	52	51	51
RDST	102	33	81	85	83	13	89	88
HVHD	7	2	5	17	8	8	6	5
TOTAAL	302	205	277	300	288	192	283	281

¹⁶ Inclusief meerkosten waterkerend landschap

D HBN toeslag









HKV lijn in water BV

Locatie Lelystad

Botter 11-29
8232 JN Lelystad

Locatie Delft

Informaticalaan 8
2628 ZD Delft

Locatie Amersfoort

Berkenweg 7
3818 LA Amersfoort

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