



Ruimte voor zeespiegelstijging

Een verkenning van denkrichtingen om Nederland ook op lange termijn veilig en leefbaar te houden bij zeespiegelstijging



Ruimte voor zeespiegelstijging

‘De grootste bedreiging der zee moet worden gezocht in haar zeespiegelstijging, waarvan de grootte, de mogelijke periodiciteit en de geographische verbreiding nog lang niet met voldoende nauwkeurigheid bekend is’ (van Veen, 1936: Onderzoekingen in de Hoofden in verband met de gesteldheid der Nederlandsche kust)’

Samenvatting

Nederland moet in de toekomst zien te leven met zeespiegelstijging om onze delta ook voor toekomstige generaties leefbaar en veilig te houden. Welke opties kunnen we daarvoor bedenken? Dit rapport geeft eerste antwoorden op basis van een verkenning van verschillende denkrichtingen voor de lange termijn.

Gevoel voor het palet aan mogelijkheden

Het Kennisprogramma Zeespiegelstijging - een landelijk onderzoeksprogramma van het ministerie van Infrastructuur en Water en de Deltacommissaris - heeft als vingeroefening drie denkrichtingen voor de lange termijn laten verkennen. Er zijn veel meer manieren denkbaar om met zeespiegelstijging om te gaan. Het is dan ook niet de bedoeling om op basis van dit onderzoek een keuze te maken uit deze denkrichtingen. Het onderzoek is bedoeld om gevoel te krijgen voor het palet aan mogelijkheden, kansrijke combinaties, concrete vraagstukken die daarbij ontstaan en de acties die op korte termijn nodig of mogelijk zijn.

Drie denkrichtingen voor de lange termijn

Drie consortia van adviesbureaus, wetenschappers, overheden en maatschappelijke organisaties hebben deze drie denkrichtingen uitgewerkt:

- **Meebewegen**
We passen het landgebruik en de samenleving zoveel mogelijk aan de gevolgen van zeespiegelstijging aan. We kiezen vooral voor maatregelen die de gevolgen van overstromingen beperken en de krachten van de natuur benutten. Denk bijvoorbeeld aan verhoogd of drijvend wonen, zouttolerante landbouw en verschuiving van investeringen naar hoog-Nederland.

- **Beschermen**
We continueren het huidige waterbeheer met voornamelijk waterbouwkundige middelen, zoals dijkversterkingen, stormvloedkeringen, sluizen, stuwen, gemalen en pompen. Riviermondingen maken we afsluitbaar met stormvloedkeringen of we dammen ze af (gesloten riviermondingen).
- **Zeewaarts**
We leggen een groot meer aan voor de kust van Zuidwest-Nederland. Dit meer gebruiken we om hoge rivierafvoeren tijdelijk te bergen en de verzilting te verminderen. Op die manier kunnen we complexe maatregelen in en langs de riviermondingen beperken.

De consortia hebben deze denkrichtingen uitgewerkt voor 2 en 5 meter zeespiegelstijging. In een extreem scenario kan deze zeespiegelstijging optreden rond respectievelijk 2100 en 2200.

Veiligheid en leefbaarheid bij zeespiegelstijging

Het lijkt erop dat Nederland veilig en leefbaar kan blijven tot een zeespiegelstijging van 5 meter, in ieder geval met de denkrichtingen Beschermen en Zeewaarts. Voor Meebewegen is verdere verdieping nodig om dit te kunnen concluderen. In alle gevallen zijn de gevolgen groot: de aanleg en het onderhoud van watergerelateerde infrastructuur zullen grote inspanning vragen, voor de benodigde

maatregelen is veel ruimte nodig en het huidige landgebruik en gebruiksfuncties zullen moeten veranderen. De nieuwe omstandigheden hebben zeker grote effecten op onder andere natuurwaarden, waterkwaliteit, landbouw, woningbouw, scheepvaart en regionale watersystemen.

Het is essentieel is dat Nederland genoeg verdienvermogen houdt om klimaatadaptatie in het hele land te bekostigen; dit betekent dat gebieden waar het economisch verdienpotentieel hoog is zo lang mogelijk beschermd blijven tegen overstromingen. Voor de Randstad is dit in deze fase onderzocht. De meest effectieve strategie voor de bescherming blijkt het versterken van de bestaande waterkeringen rond deze regio. Het gericht verschuiven van dit verdienvermogen naar hoger gelegen regio's is aanzienlijk duurder en moeilijk te organiseren.

Nederland moet op termijn met minder zoetwater zien te leven. De zoetwaterbeschikbaarheid neemt in alle onderzochte denkrichtingen af, door de combinatie van zeespiegelstijging en andere gevolgen van klimaatverandering. Regionale aanpassingen aan verziltende omstandigheden zijn in alle gevallen nodig. Het bestrijden van verzilting met bijvoorbeeld zoet-zoutscheidingen bij sluizen is een geen-spijt-maatregel die nu al voordeel kan opleveren.

Toepassing van de resultaten

De onderzoeken laten zien dat alle toekomstige denkrichtingen ruimte vragen: ruimte voor de winning van Noordzeezand voor kustonderhoud, voor het afvoeren en bergen van water, voor sterkere waterkeringen en hogere waterpeilen. Als wij hier ruimte voor gaan vrijhouden, hebben toekomstige generaties de mogelijkheid om de noodzakelijke maatregelen te treffen. Daar is wel concrete, gebiedsgerichte kennis voor nodig: over de locaties, manieren om de ruimte vrij te houden, de gevolgen daarvan en de termijn waarop de betreffende ruimte nodig is.

Het Kennisprogramma Zeespiegelstijging gebruikt de resultaten van dit onderzoek voor het uitwerken van adaptatiepaden: mogelijke routes om geleidelijk toe te groeien naar verschillende denkrichtingen voor de lange termijn. Adaptatiepaden laten zien op welke momenten belangrijke systeemkeuzes nodig zijn, welke verschillende richtingen dan gevolgd kunnen worden en welke acties nodig zijn om opties voor de toekomst open te houden. De resultaten van dit onderzoek en de adaptatiepaden zijn ook input voor de herijking van het Deltaprogramma in 2026 en voor beleidstrajecten over deze onderwerpen.

Vervolgonderzoek

Dit rapport geeft een eerste beeld van verschillende manieren om met zeespiegelstijging om te gaan en de gevolgen daarvan. Vervolgonderzoeken zijn nodig om op lange termijn weloverwogen keuzes te kunnen maken én om nu al verstandig te kunnen investeren.

Een groot vraagstuk is hoe we bij verdergaande zeespiegelstijging het rivierwater van Rijn en Maas veilig en snel naar zee kunnen leiden. Hier komen de meest ingrijpende onderdelen van de drie denkrichtingen uit voort, zoals omvangrijke pompcomplexen en peilstijgingen. Over dit vraagstuk zijn op landelijk niveau bepalende systeemkeuzes nodig, onder meer over de afvoerverdeling van de Rijntakken, een open of gesloten Rijnmond, het al dan niet bergen van rivierwater in de zuidwestelijke delta en een eventueel kustmeer. Deze systeemkeuzes hebben verstrekende gevolgen en vragen gedegen onderbouwing. Het onderzoek hiervoor moet tijdig starten.



Inhoudsopgave

Samenvatting	4
1. Inleiding	9
1.1 Aanleiding	9
1.2 Doel	9
1.3 Totstandkoming	10
1.4 Leeswijzer	10
2. Denkrichtingen, werkwijze en uitgangspunten	13
2.1 De drie denkrichtingen	13
2.2 Werkwijze van de consortia	13
2.3 Uitgangspunten voor het onderzoek	14
3. Denkrichtingen voor de lange termijn: kenmerken en bevindingen	19
3.1 Voortbouwen op tradities in het waterbeheer	19
3.2 Meebewegen	21
3.3 Beschermen	26
3.4 Zeewaarts	31
4. Conclusies uit het onderzoek en vervolgstappen	37
4.1 Nederland kán met zeespiegelstijging omgaan	37
4.2 Landelijke keuzes	40
4.3 Ruimte om te kiezen	42
4.4 Wat doen we met de resultaten?	42
Bijlage 1	45
Colofon	46



1. Inleiding

De zeespiegel stijgt en blijft de komende eeuwen stijgen. Ook voor de Nederlandse kust. Uiteindelijk moeten Nederlanders zien te leven met een zeespiegel die meters hoger staat dan nu. Welke opties hebben we om daarmee om te gaan? En wat betekent dat voor onze huidige manier van handelen? Een verkenning van de denkrichtingen geeft eerste antwoorden.

1.1 Aanleiding

Door zeespiegelstijging komt het water hoger tegen onze dijken, dammen en duinen te staan. Dat heeft gevolgen voor de bescherming tegen overstromingen, niet alleen langs de kust, maar ook in de deltawateren, de benedenloop van de rivieren en rond het IJsselmeer. Door zeespiegelstijging komt er bovendien meer zout in onze watersystemen. Nederland zal steeds vaker niet genoeg zoet rivierwater hebben om alle zoetwatersystemen zoet te houden.

Omgaan met overstromingsrisico's en verzilting is bepaald niet nieuw voor Nederland. We hebben er eeuwenlang ervaring mee en zijn er ook nu dag in dag uit mee bezig. Uit onderzoek blijkt dat we de huidige aanpak technisch gezien waarschijnlijk nog lang kunnen volhouden, ook als de zeespiegel verder stijgt¹. De vraag is of de huidige aanpak technisch en maatschappelijk gezien ook de beste keuze blijft en hoe het anders kan.

Het Kennisprogramma Zeespiegelstijging, een landelijk onderzoeksprogramma van het ministerie van Infrastructuur en Water en de Deltacommissaris, heeft als vingeroefening drie consortia meerdere denkrichtingen voor de lange termijn laten verkennen.

Kennisprogramma Zeespiegelstijging

In het Kennisprogramma Zeespiegelstijging onderzoeken overheden, bedrijven, kennisinstellingen en maatschappelijke organisaties de mogelijke gevolgen van zeespiegelstijging voor ons land. Het programma levert kennis op waarmee we op tijd keuzes kunnen maken voor de bescherming en inrichting van Nederland.

1.2 Doel

Dit rapport laat zien hoe Nederland op lange termijn veilig en leefbaar zou kunnen blijven bij zeespiegelstijging, door verschillende denkrichtingen te beschrijven (technisch, fysisch en ruimtelijk): hoe zien deze denkrichtingen er in de praktijk uit, welke aanpassingen zouden daarvoor nodig zijn in het waterbeheer en het landgebruik en hoeveel ruimte vraagt dat bij benadering.

Het doel van deze verkenning is om scherper te krijgen hoe we nu rekening kunnen houden met zeespiegelstijging, in ons doen én laten, om te waarborgen dat er ook in de toekomst genoeg mogelijkheden zijn om met de gevolgen van zeespiegelstijging om te gaan. Dat doen en laten

¹ Zie Tussenbalans Kennisprogramma Zeespiegelstijging, <https://kpzss.nl/tussenbalans/>

kunnen we meewegen bij investeringen die voor lange tijd de inrichting van Nederland gaan bepalen, zoals investeringen in woningbouwlocaties, de energietransitie en het landgebruik. Bijvoorbeeld door de ruimte en de materialen te reserveren die toekomstige generaties nodig hebben voor de waterveiligheid en zoetwaterbeschikbaarheid.

Daarnaast draagt deze verkenning bij aan 'adaptatiepaden' die inzichtelijk maken hoe we kunnen toegroeien naar de verschillende denkrichtingen voor de lange termijn en hoe we kunnen bijsturen als de zeespiegel sneller gaat stijgen.

Het doel is *niet* om nu een keuze te maken uit een van de denkrichtingen. Dat is nu gelukkig nog niet nodig. Een eventuele keuze zou bovendien grote consequenties hebben voor de inrichting en de hele samenleving van Nederland op lange termijn. Dat vraagt een veel bredere afweging dan in dit onderzoek is gedaan. Het gaat dan om de vraag: in welk land willen we leven? Het is onze verantwoordelijkheid om te borgen dat toekomstige generaties mogelijkheden hebben om het land dan veilig en leefbaar te houden. Adaptatie aan klimaatverandering en zeespiegelstijging is een proces van tientallen tot honderden jaren. Daar zijn we al lang mee bezig en dat moeten we blijven doen. Voor onszelf en voor de toekomst.

In dit onderzoek is iedere denkrichting heel strikt via één denklijn uitgewerkt, om de verschillen helder te maken. De verkenning biedt wel aanknopingspunten om bouwstenen uit verschillende denkrichtingen te combineren, op nationaal en regionaal niveau.

1.3 Totstandkoming

De afgelopen jaren zijn verschillende plannen bedacht voor de toekomst van Nederland en het omgaan met zeespiegelstijging. De bedenkers hebben hun ideeën in de periode 2020-2022 kunnen presenteren aan een expert-panel. Aan de hand van deze plannen heeft Deltares een groot aantal bouwstenen voor de toekomstige waterveiligheid en zoetwaterbeschikbaarheid onderscheiden².

In de periode 2020-2023 hebben experts op het gebied van water en ruimtelijke inrichting een aantal verschillende denkrichtingen voor het omgaan met zeespiegelstijging ingevuld met behulp van de bouwstenen. Dat gebeurde per regio in werkbijeenkomsten met deelnemers van waterschappen, provincies, gemeenten, belangenorganisaties en kennisinstellingen. Zij hebben ook de samenhang van de denkrichtingen met de regionale investeringsagenda's in kaart gebracht³.

Op basis van deze gegevens zijn de waarden en uitvoerbaarheid van de beschouwde denkrichtingen voor Nederland als geheel in 2023 verder geconcretiseerd. Dat is gedaan door drie consortia van marktpartijen, kennisinstellingen en de overheid. Ieder consortium heeft één denkrichting uitgewerkt. Daarbij is gekeken naar de technische, fysische en ruimtelijke aspecten.

Uit de resultaten zijn tot slot conclusies getrokken, over alle denkrichtingen samen en over de afzonderlijke denkrichtingen.

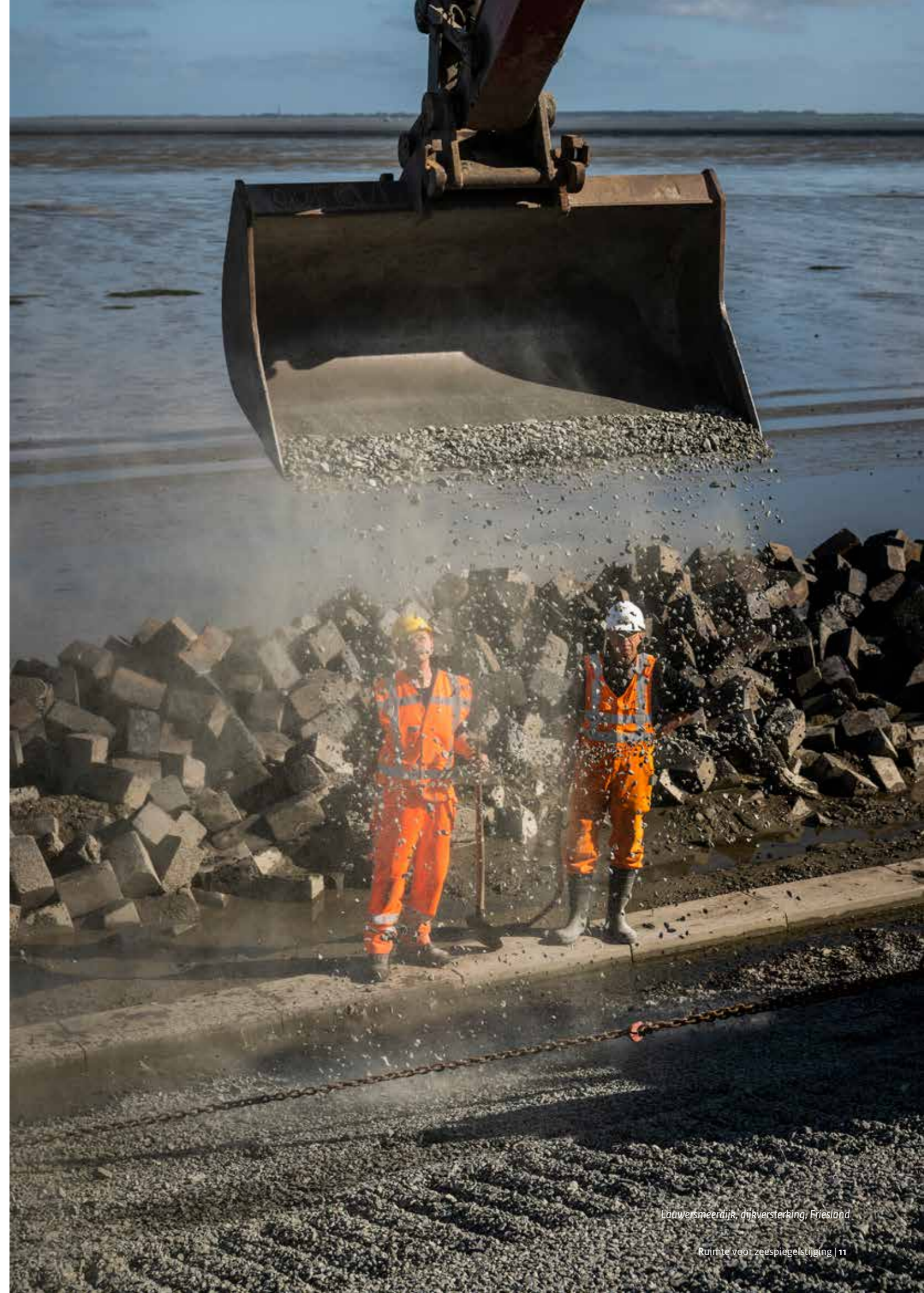
1.4 Leeswijzer

In hoofdstuk 2 staan de uitgangspunten die de consortia hebben gevolgd bij de uitwerking van de denkrichtingen. Hoofdstuk 3 geeft een samenvatting van de uitkomsten per denkrichting; de resultaten staan meer in detail in de achtergrondrapporten die de consortia hebben opgeleverd⁴. Hoofdstuk 4 bevat de conclusies en vervolgstappen.

² <https://www.deltaprogramma.nl/documenten/publicaties/2022/09/29/analyse-van-bouwstenen-en-adaptatiepaden-voor-aanpassen-aan-zeespiegelstijging-in-nederland>

³ <https://www.deltaprogramma.nl/deltaprogramma/documenten/publicaties/2021/10/18/de-investeringsopgave-in-deltaprogramma-regios>

⁴ <https://www.deltaprogramma.nl/deltaprogramma/kennisontwikkeling-en-signalering/zeespiegelstijging/oplossingen-voor-zeespiegelstijging>





2. Denkrichtingen, werkwijze en uitgangspunten

Drie consortia hebben ieder een denkrichting uitgewerkt voor de manier waarop Nederland op lange termijn zou kunnen omgaan met zeespiegelstijging. Zij hebben met name onderzocht hoe de waterveiligheid op orde kan blijven en (globaal) verkend wat de gevolgen voor zoetwaterbeschikbaarheid zijn. Door het grote aantal professionals dat hieraan heeft meegedaan, hebben de uitkomsten een brede kennisbasis. Om tot onderling vergelijkbare eindresultaten te komen, zijn vooraf afspraken gemaakt over de te volgen werkwijze, de aard van de denkrichtingen en de uitgangspunten.

2.1 De drie denkrichtingen

Nederland kan op verschillende manieren omgaan met de gevolgen van zeespiegelstijging. Onderzoeken van het International Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) en Deltares onderscheiden enkele fundamenteel verschillende denkrichtingen. Daarop zijn de drie denkrichtingen gebaseerd die de kern van dit rapport vormen:

1. Meebewegen

We passen het landgebruik en samenleving zoveel mogelijk aan de gevolgen van zeespiegelstijging aan en kiezen vooral voor maatregelen die de krachten van de natuur benutten.

2. Beschermen

We continueren het huidige waterbeheer met voornamelijk waterbouwkundige middelen, zoals dijkversterkingen, stormvloedkeringen, zandsuppleties, sluisen, stuwen, gemalen en pompen en daarbij kiezen we voor afsluitbare of altijd gesloten riviermondingen.

3. Zeewaarts

We beperken complexe maatregelen in en langs de riviermondingen door een groot meer voor de kust aan te leggen, voor het bergen van hoge rivierafvoeren en het verminderen van verzilting.

Een uitgebreide beschrijving van de denkrichtingen staat in hoofdstuk 3.

2.2 Werkwijze van de consortia

In het Kennisprogramma Zeespiegelstijging hebben overheden, kennisinstellingen en maatschappelijke organisaties in regionale bijeenkomsten verkend hoe op de lange termijn de gevolgen van zeespiegelstijging zijn op te vangen met de verschillende denkrichtingen. De resultaten daarvan kwamen in het voorjaar van 2023 beschikbaar.

De volgende stap was om te bepalen hoe effectief en haalbaar de verschillende denkrichtingen zijn. Dat vroeg meer inzicht in de benodigde ruimte, de kosten en de effecten van de denkrichtingen. Hiervoor moest brede kennis en expertise bij elkaar komen, onder meer over de volledige plan- en uitvoeringscyclus van technische maatregelen, de landschappelijke uitwerking en het verloop van transities. Dat is gedaan door drie consortia.

Consortia, kernteams en hackathons

Per denkrichting is een consortium gevormd van ingenieursbureaus, kennisinstellingen, overheden, beheerders, ontwerpers en waterbouwers. Zij zijn samen aan het werk gegaan met gemeenschappelijke financiering door de Topsector Water & Maritiem, het Deltaprogramma en het ministerie van Infrastructuur en Water en met bijdragen in natura (capaciteit) van alle deelnemende partijen.

Ieder consortium heeft een multidisciplinair kernteam samengesteld, op basis van een brede uitvraag onder brancheorganisaties en ingediende CV's. De kernteams hebben analyses, berekeningen, ontwerpen en beschrijvingen gemaakt voor de betreffende denkrichting. Ook hebben zij hackathons georganiseerd om de resultaten te delen met een bredere groep en om kennis en input te vergaren voor de volgende stap. In minder dan tien maanden tijd heeft ieder consortium de nadere uitwerking van de denkrichting tot stand gebracht in een reeks van afwisselend werkbijeenkomsten van het kernteam en hackathons.

Dwarsverbanden

Rijkswaterstaat en Deltares waren betrokken bij de activiteiten van alle drie de consortia, om dwarsverbanden te signaleren, te bewaken dat de drie consortia op een vergelijkbare manier omgingen met vergelijkbare vraagstukken en ervaringen en kennis uit te wisselen. Ook konden zij zorgen voor afstemming met andere onderzoeken van het Kennisprogramma Zeespiegelstijging. De trekkers van de consortia wisselden wekelijks ervaringen uit, over de voortgang, vraagstukken waar ze tegenaan liepen en tussentijdse uitkomsten. Dat heeft onder meer geleid tot een consortia-brede bijeenkomst over verzilting en zoetwaterbeschikbaarheid, omdat alle consortia daar meer kennis over nodig hadden.

Brede kennisbasis

In totaal hebben zo'n 50 professionals van 20 organisaties meegewerkt in de kernteams. Ruim 100 experts hebben meegedaan aan een of meer hackathons. Daarmee berusten de uitwerkingen van de denkrichtingen op een brede kennisbasis. Het grote aantal betrokkenen heeft er ook toe geleid dat de problematiek rond zeespiegelstijging in relatief korte tijd breed is gedeeld en doorleefd, in de watersector en daarbuiten.

Toch is het belangrijk te benadrukken dat de studies nog maar een eerste concretiseringslag geven. Ze vormen de aanzet naar meer en specifiekere onderzoeken. Zo zal er in de loop van de tijd steeds nieuwe waardevolle en noodzakelijke informatie bij komen, in het bijzonder over de effecten op andere functies. Desalniettemin geven ze nu al een eerste indruk van de technische, fysische en ruimtelijke haalbaarheid van verschillende denkrichtingen en eerste invullingen die meer of minder realistisch zijn.

2.3 Uitgangspunten voor het onderzoek

De drie consortia hebben de onderstaande uitgangspunten gehanteerd bij de uitwerking van de denkrichtingen.

Uitgangspunt 1: een veilig, leefbaar en bewoonbaar Nederland

De consortia hebben de denkrichtingen zo ingevuld dat Nederland ook in de toekomst een veilig en leefbaar land blijft. Wat dit precies inhoudt, was vooraf moeilijk te definiëren. De Novex, het Nationaal Waterplan en de centrale waarden van het Deltaprogramma bieden wel aanknopingspunten:

- Bij veilig en leefbaar hoort in ieder geval dat Nederlanders bij verdergaande zeespiegelstijging voldoende beschermd zijn tegen overstromingen vanuit zee, de grote rivieren en de grote meren en voldoende zoetwater houden.
- De overlast bij regenval blijft op een acceptabel niveau, ook in het regionale watersysteem en langs onbedijkte rivieren en beken.
- Een leefbaar land is daarnaast schoon en heeft hoge natuurwaarden.
- Vitale sectoren, zoals de energie- en drinkwatervoorziening, zijn robuust ingericht.
- De inrichting en de samenleving kunnen flexibel inspelen op veranderende omstandigheden, zoals langere perioden van droogte.
- Een veilig en leefbaar Nederland heeft sterke en gezonde steden en regio's en een toekomstbestendig landelijk gebied. Daardoor is Nederland concurrerend en heeft het economisch potentieel.
- Waarden die centraal staan zijn duurzaamheid, circulariteit en solidariteit tussen generaties, bevolkingsgroepen en regio's.

Uitgangspunt 2: huidige functies en landgebruik, huidige stand van de kennis

We hadden 50 jaar geleden niet kunnen bedenken in welke wereld we nu leven. Dat geldt ook voor de toekomst. We weten dat de wereld er over 100 of 200 jaar totaal anders uitziet, maar we kunnen ons er geen voorstelling van maken. De combinatie van klimaatverandering, technologische ontwikkeling, verschuivende machtsverhoudingen en maatschappelijke en economische veranderingen zullen tot

nieuwe omstandigheden, een nieuwe samenleving en een nieuwe inrichting leiden.

Zo zal zeespiegelstijging elders in de wereld mogelijk uitgestrekte kustgebieden en eilanden overspoelen of te risicovol maken voor bewoning. Grote delen van de aarde worden ongeschikt voor voedselproductie, door te veel of juist te weinig water en verlies van biodiversiteit. Dit kan hongersnoden en grootschalige migratie veroorzaken en bijvoorbeeld ook insectenplagen en ziekten. De economie zal veranderen, mondiaal en ook regionaal en lokaal. Ook door andere ontwikkelingen zullen de cultuur, de economie en sociale verhoudingen veranderen. Samen met nieuwe kennis en technologie kunnen daarbij manieren voor het omgaan met zeespiegelstijging in beeld komen waar we nu nog geen idee van hebben.

Omdat deze veranderingen nauwelijks te voorspellen zijn, zijn de huidige functies, het huidige landgebruik en de huidige stand van de kennis als uitgangspunt en vergelijkingsbasis genomen voor de uitwerking van de denkrichtingen. Daarmee zijn de uitkomsten onderling redelijk vergelijkbaar. Ook is hiermee eenvoudiger te zien wat nu aandacht vraagt bij investeringen op korte en middellange termijn.

Uitgangspunt 3: focus op waterveiligheid en zoetwaterbeschikbaarheid

Zeespiegelstijging zal uiteenlopende gevolgen hebben in Nederland. In deze eerste uitwerking van denkrichtingen staat het omgaan met waterveiligheid centraal en zijn de gevolgen voor zoetwaterbeschikbaarheid globaal meegenomen. De onderzoeken hebben niet alleen rekening gehouden met zeespiegelstijging maar ook met andere gevolgen van klimaatverandering, waaronder verandering van de rivierafvoeren. Deze gevolgen komen in het benedenrivierengebied van de Rijn en de Maas samen met de zeespiegelstijging, wat daar tot grote opgaven leidt. Daarom gaat de meeste aandacht uit naar de gebieden die de afvoer van dat water moeten faciliteren: de Rijnmond en de Zeeuwse en Brabantse Delta. Droogte, temperatuurstijging en economische ontwikkeling zijn niet meegenomen bij het bepalen van de zoetwatervraag.

De gevolgen van de denkrichtingen voor natuur, waterkwaliteit, scheepvaart, landbouw en bebouwing worden in de volgende fase van het Kennisprogramma Zeespiegelstijging beschreven (zie uitgangspunt 7).

Uitgangspunt 4: adaptiviteit en solidariteit

De basiswaarden van het Deltaprogramma zijn onder meer adaptiviteit en solidariteit. Adaptiviteit betekent dat strategieën en maatregelen aanpasbaar zijn aan veranderende omstandigheden. Solidariteit houdt onder andere in dat onze generatie solidair is met toekomstige generaties en ruimte openhoudt voor eigen afwegingen door die toekomstige generaties.

Uitgangspunt 5: rekenen met 2 en 5 meter zeespiegelstijging

De consortia hebben de denkrichtingen uitgewerkt voor 2 en 5 meter zeespiegelstijging. De ontwerpen die de consortia hebben uitgewerkt, horen niet bij een bepaald jaartal. Ze kunnen vroeger of later aan de orde zijn⁵. De snelheid van de zeespiegelstijging bepaalt wel in hoge mate de haalbaarheid van de denkrichtingen: naarmate de zeespiegelstijging sneller verloopt, is een grotere inspanning in kortere tijd nodig om uitvoering te realiseren. Dat heeft ook consequenties voor de kosten.

Om te onderzoeken of de denkrichtingen ook toepasbaar zijn bij snelle zeespiegelstijging is hier uitgegaan van het vrij extreme scenario waarbij 2 en 5 meter zeespiegelstijging zich voordoen rond respectievelijk 2100 en 2200. De kans hierop is klein, maar dit scenario is niet uit te sluiten.

Alle consortia hebben ook dezelfde uitgangspunten gehanteerd voor rivierafvoeren, passend bij zeer extreme klimaatverandering in 2100 en 2200.

Hydraulische parameter	2100	2200
Zeespiegelstijging t.o.v. 1995 (m)	2	5
Stijgsnelheid zeespiegel (mm/jaar)	28	42
Rijnafvoer Lobith (m ³ /s)	18.000	20.000
Maasafvoer Eijsden (m ³ /s)	4.800	5.300
Totale rivierafvoer	23.000*	25.000*

Tabel 1: Uitgangspunten voor zeespiegelstijging en rivierafvoeren voor de onderzoeken naar denkrichtingen. In de waarden voor zeespiegelstijging is bodemdaling als verwaarloosbaar verondersteld. NB: Niet alle aspecten die relevant zijn voor de ontwikkeling van de watervraag en het bepalen van het watertekort konden in deze exercitie meegenomen worden; denk aan droogte, temperatuurontwikkeling en economische ontwikkelingen.

*Aangenomen is dat de gecombineerde Rijn-Maasafvoergolf 25 dagen duurt (conform GRADE)

⁵ Volgens de KNMI'23-scenario's wordt twee meter zeespiegelstijging in een extreme situatie met een versnelde smelt op Antarctica verwacht in 2086 ('worst case'), in het scenario met hoge uitstoot tussen 2150 en 2285 en in het scenario met lage uitstoot is de twee meter nog niet opgetreden in 2300. Voor vijf meter zeespiegelstijging geldt: in een extreme situatie in 2145 ('worst case'), in het scenario met hoge uitstoot na 2260. In het scenario met lage uitstoot kan er geen uitspraak gedaan worden over of en wanneer 5 meter zeespiegelstijging optreedt.

Uitgangspunt 6: doelstellingen voor waterveiligheid en zoetwater

Waterveiligheid

Uitgangspunt is dat het Hoogwaterbeschermingsprogramma in 2050 is afgerond en dat alle waterkeringen dan voldoen aan de wettelijke normen voor overstromingskansen zoals die nu in de wet zijn vastgelegd.

De denkrichtingen Zeewaarts en Beschermen zijn er daarnaast van uitgegaan dat de huidige wettelijke waterveiligheidsnormen voor de primaire keringen ook in de toekomst maatgevend blijven. Voor de uitwerking van de denkrichting Meebewegen past dat uitgangspunt niet bij de aard van de denkrichting. Hier is de onderliggende beleidsdoelstelling als leidraad gekozen: de kans dat een individu door een overstroming komt te overlijden mag niet groter zijn dan 1/100.000 per jaar (basisveiligheid).

Uit de Tussenbalans van het Kennisprogramma Zeespiegelstijging blijkt dat het technisch mogelijk is om de kustlijn met de huidige aanpak van zandsuppleties op zijn plaats te houden tot een zeespiegelstijging van ten minste 5 meter. Deze wijze van kustlijnonderhoud is in combinatie met het op orde houden van bijbehorende waterkeringen vrijwel altijd een effectieve, relatief goedkope aanpak. Daarom is het voortzetten van zandsuppleties in de denkrichtingen Beschermen en Zeewaarts als uitgangspunt gekozen; voor de denkrichting Meebewegen was dit geen absoluut uitgangspunt.

Zoetwaterbeschikbaarheid

Voor zoetwaterbeschikbaarheid zijn geen doelstellingen voor de toekomst gehanteerd. Bij het bepalen van zoetwatertekorten is er in de denkrichtingen Beschermen en Zeewaarts vanuit gegaan dat de hoeveelheid zout in het water in de toekomst overal gelijk moet blijven (polders en oppervlaktewater) en dat huidige innamepunten voor drinkwater blijven bestaan. Voor de denkrichting Beschermen was het mogelijk de toekomstige zoetwatervoorraad in het hoofdwatersysteem enigszins kwantitatief te bepalen, omdat deze richting nauw aansluit bij de huidige aanpak waar veel modelberekeningen voor beschikbaar zijn. Voor de denkrichtingen Zeewaarts en Meebewegen is een kwalitatief beeld geschetst.

Uitgangspunt 7: economisch centrum en andere functies

Voor de denkrichtingen Zeewaarts en Beschermen is aangenomen dat het economisch centrum van Nederland in de Randstad blijft. Bij Meebewegen is er rekening mee gehouden dat dit op den duur (na 2200 en bij meer dan 5 meter zeespiegelstijging) steeds moeilijker houdbaar is.

Alle consortia hebben globaal de effecten beschreven voor enkele andere functies en de kansen die voor deze functies kunnen ontstaan. Een systematische beschrijving van effecten op andere functies volgt in de komende fase van het Kennisprogramma Zeespiegelstijging, op basis van een impactanalyse voor de lange termijn. Deze analyse is noodzakelijk om meer zicht te krijgen op de voor- en nadelen van de denkrichtingen en voor een vergelijking tussen de denkrichtingen onderling en met de huidige strategie.





Aanleg van de Afsluitdijk met drijvende stoomkraan

3. Denkrichtingen voor de lange termijn: kenmerken en bevindingen

Meebewegen, Beschermen en Zeewaarts zijn drie verschillende manieren waarmee Nederland op lange termijn kan omgaan met zeespiegelstijging. Iedere denkrichting leidt tot een ander Nederland. Het onderzoek laat dat op hoofdlijnen zien.

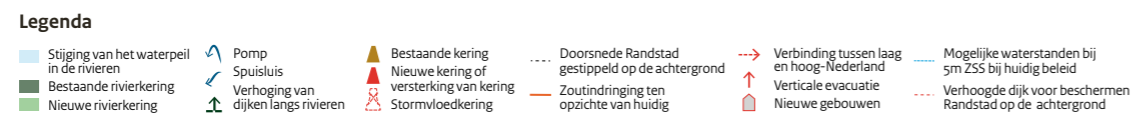
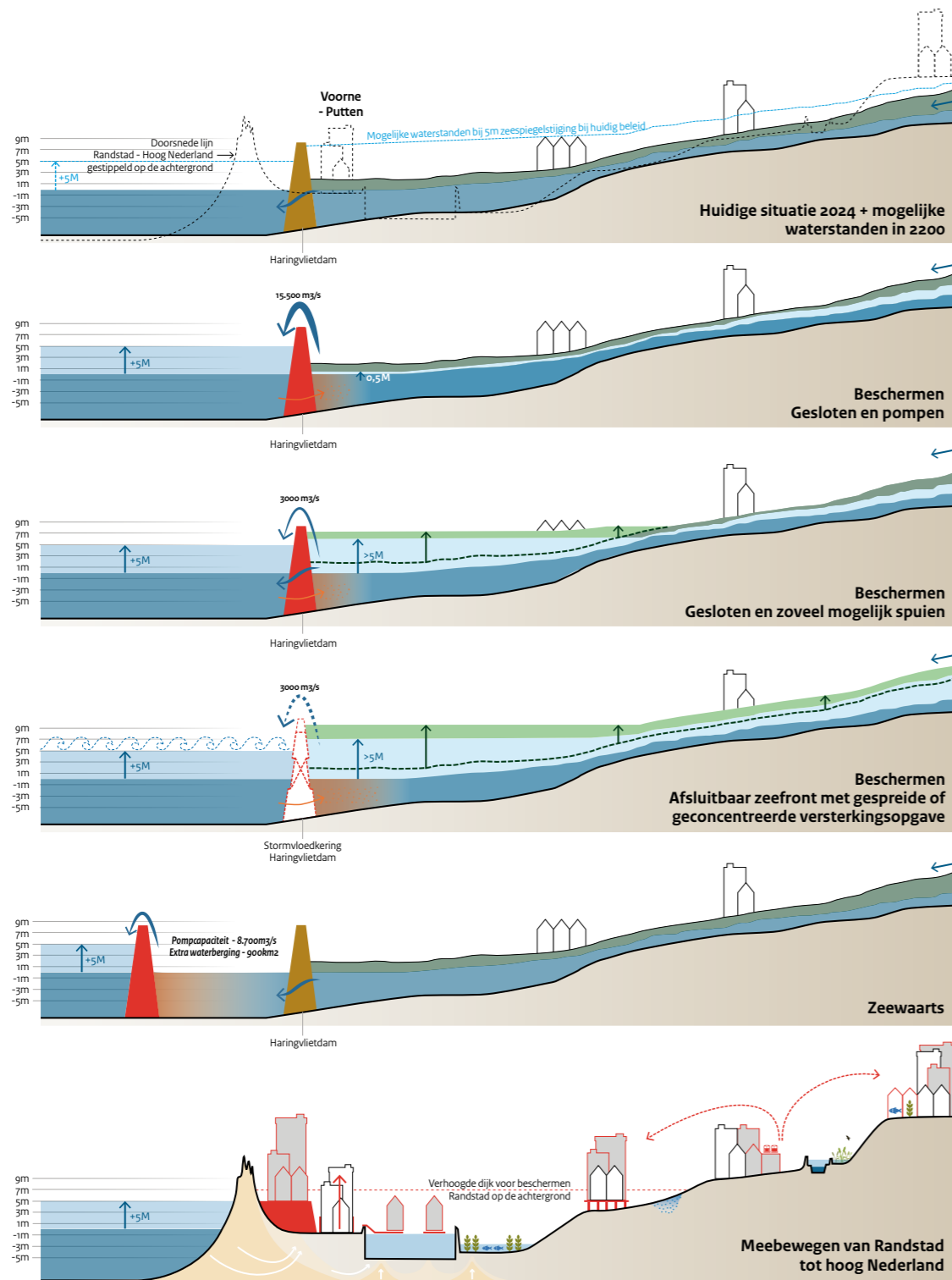
3.1. Voortbouwen op tradities in het waterbeheer

Nederland heeft een eeuwenlange geschiedenis met het waterbeheer. Op deze ervaring kunnen we voortbouwen bij de voorbereiding op versnelde zeespiegelstijging. Nederlanders hebben op hoofdlijnen steeds twee strategieën toegepast, vaak in combinatie met elkaar:

- **Aanpassen en natuurlijke processen benutten**
Volgens deze traditie passen we ons landgebruik aan de natuurlijke dynamiek van de watersystemen aan. We geven het water de ruimte en maken in het waterbeheer gebruik van natuurlijke processen, zoals opslibbing en natuurlijk zandtransport. In het verleden is via natuurlijke opslibbing bijvoorbeeld op grote schaal land aangewonnen. Recente voorbeelden zijn het programma Ruimte voor de Rivier, het onderhoud van de kust met zandsuppleties, hermeandering van beken voor het vasthouden van water en vernatting van veengronden.

- **Het water sturen, keren en beheersen**
In deze strategie maken we gebruik van technische maatregelen om het water te kunnen benutten voor het gewenste landgebruik voor landbouw, bewoning en bedrijvigheid. Voorbeelden zijn de normalisatie en kanalisatie van de Rijn en Maas, de ontwatering in onder andere de veengebieden, de afsluiting van de Zuiderzee, de aanleg van de Deltawerken en het gebruik van sluisen en stuwen om zoetwater te verdelen over het land.

Als eerste verkenning voor de toekomst zijn drie fundamenteel verschillende combinaties van deze strategieën uitgewerkt (zie 2.2): **Meebewegen**, **Beschermen** en **Zeewaarts**. Deze drie denkrichtingen bieden samen een groot palet van mogelijkheden waarbinnen uiteindelijk optimale combinaties van maatregelen gekozen kunnen worden. Figuur 1 laat de belangrijkste verschillen zien tussen de uitgewerkte denkrichtingen, met de focus op bouwstenen en waterstanden.



Figuur 1: Dwarsdoorsneden vanaf zee landwaarts voor verschillende situaties. De bovenste vijf doorsnedes laten de zee zien en het mondingsgebied en de bovenloop van Rijn en Maas bij 5 m zeespiegelstijging en extreme rivierafvoer. De verschillen in waterstand en verzilting worden veroorzaakt door verschillende inzet van bouwstenen zoals afsluiten, bergen, pompen en spuien in de onderzochte denkrichtingen. Hogere peilen leiden in deze doorsnedes tot dijkversterking. De onderste dwarsdoorsnede is door land en laat verschillende mogelijke bouwstenen van de oplossingsrichting meebewegen zien.

Iedere denkrichting is door een consortium van markt-partijen en overheden uitgewerkt, waarbij alle consortia zoveel mogelijk gelijke uitgangspunten hebben gehanteerd (zie hoofdstuk 2). Hieronder staan de bevindingen op hoofdlijnen.

Eerste verkenning: mogelijke denkrichtingen, mogelijke invullingen

Er zijn vele manieren denkbaar voor het omgaan met zeespiegelstijging. In dit onderzoek zijn drie denkrichtingen onder de loep genomen. Ieder van die denkrichtingen is weer op vele wijzen in te vullen, passend bij de filosofie van de richting. In dit onderzoek hebben de consortia voor iedere denkrichting één of enkele denkbare invullingen gekozen en verder uitgewerkt. Het doel is dan ook zeker niet om op basis van dit onderzoek een keuze te maken voor de toekomst. Het doel is om gevoel te krijgen voor het palet aan mogelijkheden en de concrete vraagstukken die daarbij ontstaan. Zodat we met dat inzicht nieuwe stappen kunnen zetten in de voorbereiding op zeespiegelstijging.

De drie consortia hebben geprobeerd de drie denkrichtingen op een vergelijkbare manier uit te werken (zie ook hoofdstuk 2). Toch is er een verschil in de mate van concreetheid en onderbouwing tussen de uitgewerkte denkrichtingen. De consortia die Beschermen en Zeewaarts hebben uitgewerkt, konden voor een groot deel voortbouwen op de huidige aanpak en gebruikmaken van de analyses voor waterveiligheid en zoetwater die in de eerste fase van het Kennisprogramma Zeespiegelstijging zijn gemaakt (de systeemverkenningen). Dat heeft uitwerkingen opgeleverd met concrete waterbouwkundige ingrepen en een redelijke mate van onderbouwing. Voor het consortium dat Meebewegen heeft uitgewerkt, stond het landgebruik in de gebieden achter de keringen centraal. Hoe dat landgebruik kan meebewegen is een ingewikkeld en veelzijdig vraagstuk. Dit onderzoek is dan ook verkennend van aard en heeft meer schetsmatige resultaten opgeleverd.

3.2 Meebewegen

In de denkrichting Meebewegen blijft Nederland leefbaar en bewoonbaar doordat het landgebruik en de functies geleidelijk worden aangepast aan de gevolgen van de stijgende zeespiegel (zie figuur 1 Meebewegen). De strategie van steeds verdergaande technische ingrepen wordt verlaten. Water krijgt een meer natuurlijke plaats in het land en in de samenleving. Aannahme is dat de bestaande waterinfrastructuur en kunstwerken na 2050 niet meer in alle gevallen verder verbeterd worden (maar ze worden ook niet verwijderd). Iedereen houdt het basisbeschermingsniveau zoals nu vastgelegd: de kans dat iemand komt te overlijden door een overstroming is maximaal 1/100.000 per jaar. Dat gebeurt steeds meer met maatregelen die de gevolgen van overstromingen beperken. Rivierwater stroomt onder vrij verval via afsluitbare riviermondingen naar zee. Overtollig water wordt in toenemende mate tijdelijk geborgen in daarvoor bestemde gebieden.

Uit welke maatregelen bestaat Meebewegen?

Het consortium Meebewegen heeft verschillende typen maatregelen verkend die bij deze richting passen. Deze zijn uitgewerkt in bouwstenen die deels nu al worden toegepast en deels nieuw zijn. Een deel van de bouwstenen is watergerelateerd, zoals ringdijken rond bebouwing, waterbergende bufferpolders, natuurlijk meegroeien van kust en oevers met zeespiegelstijging en water vasthouden. Het consortium heeft ook bouwstenen verkend voor functies die door zeespiegelstijging onder druk komen te staan, zoals nutsvoorzieningen, economische activiteiten, landbouw en bewoning: verhoogd of drijvend bouwen, voorzieningen voor verticale evacuatie, waterrobuuste vitale netwerken (elektriciteit, drinkwater), zouttolerante landbouw, 'footloose' landbouw, verschuiving van investeringen naar hoog-Nederland en de daarvoor benodigde governance. Van deze bouwstenen zijn mogelijke regio-specifieke combinaties gemaakt voor de Randstad, hoog-Nederland en laag-Nederland (inclusief het rivierengebied en de zuidwestelijke delta) (zie figuur 2).

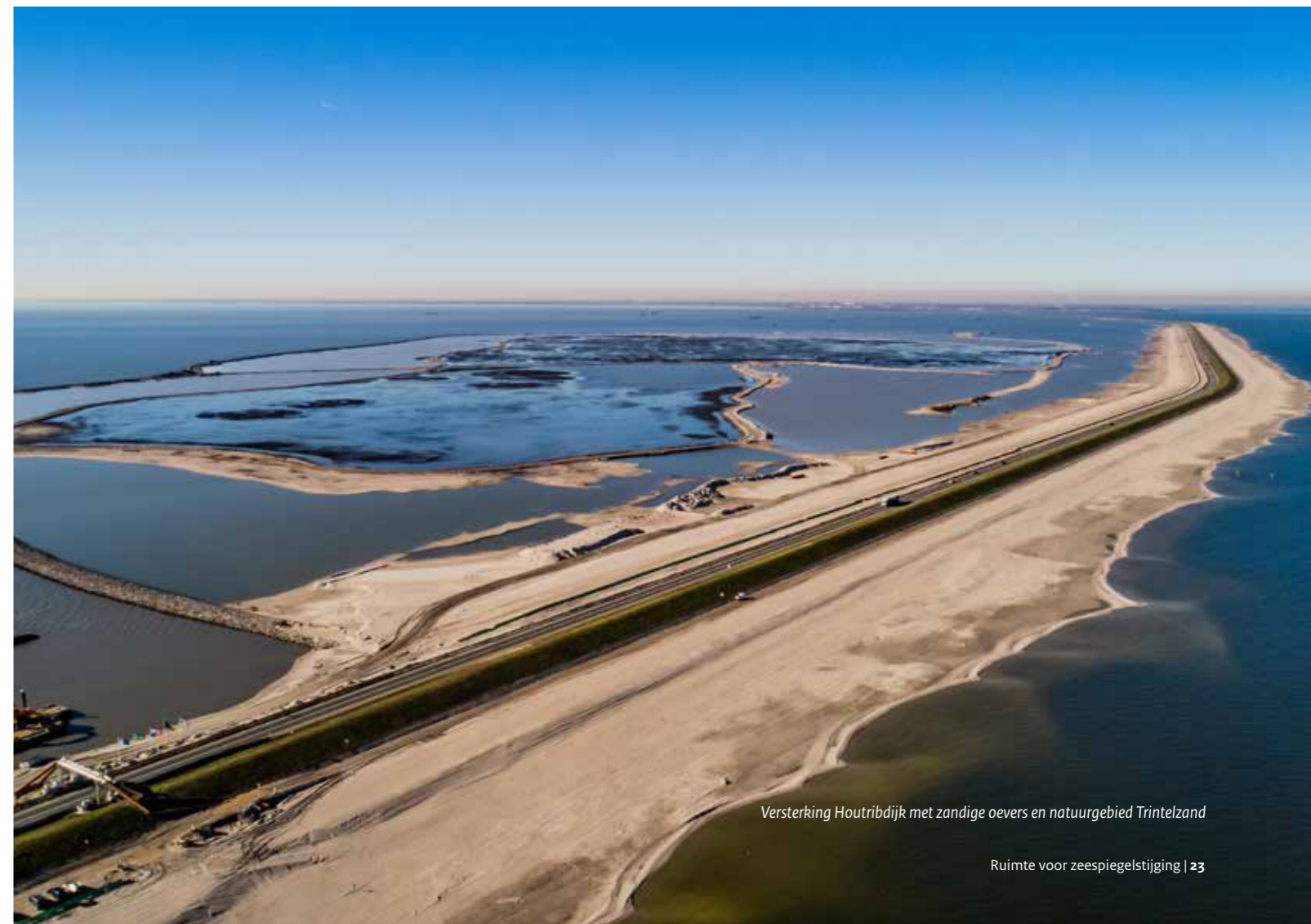


Het aanpassen van het landgebruik is een essentieel onderdeel van deze denkrichting en dat heeft ingrijpende consequenties. De denkrichting gaat uit van het geleidelijk toegroeien naar aangepast landgebruik via een zorgvuldig en gecontroleerd proces, om sociaaleconomische schokken zoveel mogelijk te voorkomen. Wanneer hierop wordt ingezet, is landelijke regie nodig op basis van een duidelijk toekomstperspectief voor de lange termijn en samenspraak met belanghebbenden en bedrijven.

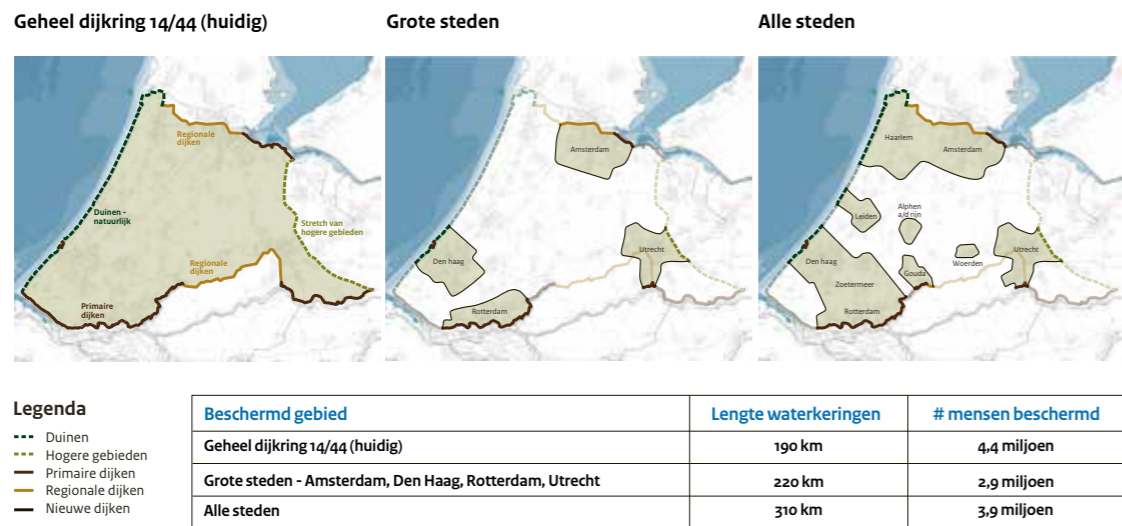
Wat betekent Meebewegen voor de waterveiligheid?

Het is belangrijk dat Nederland verdienvermogen behoudt om zich aan klimaatverandering aan te passen. Daarom is er in deze denkrichting voor gekozen het economisch hart van Nederland zo lang mogelijk te blijven beschermen tegen

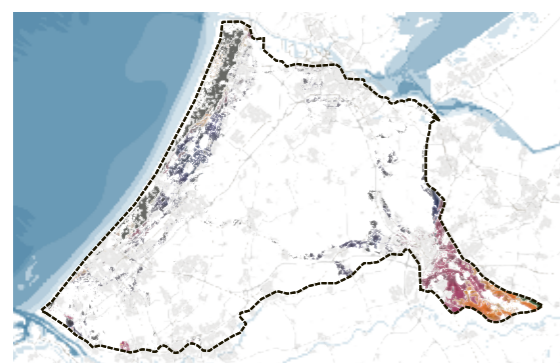
overstromingen: de Randstad-agglomeratie (dijkkring 14 en 44 en het havengebied Europoort). Uit de denkrichting Beschermen blijkt dat het in stand houden en versterken van de bestaande waterkeringen van deze dijkeringen hiervoor de meest effectieve strategie is. In de Randstad is volledig inzetten op meebewegen (met bebouwing op terpen, drijvend bouwen, ringdijken rond grote steden) voorlopig niet haalbaar: er is onvoldoende ruimte voor, het is onevenredig kostbaar en het levert onvoldoende bescherming op voor bestaande bebouwing. Zo zijn voor ringdijken rond grote steden waterkeringen over een lengte van 310 km nodig, terwijl de huidige dijkeringen een totale lengte hebben van 190 km. Op terpen is bij 5 meter zeespiegelstijging woonruimte voor niet meer dan enkele miljoenen inwoners; nu wonen er 4,4 miljoen mensen (zie figuur 3).



Versterking Houtribdijk met zandige oevers en natuurgebied Trintelzand



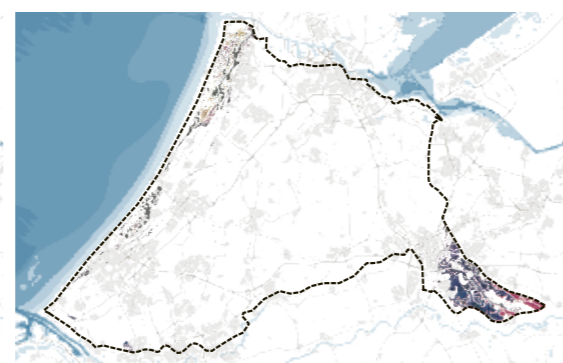
Gebieden geschikt voor nieuwbouw op terpen bij 2 meter zeespiegelstijging zonder aanvullende bescherming



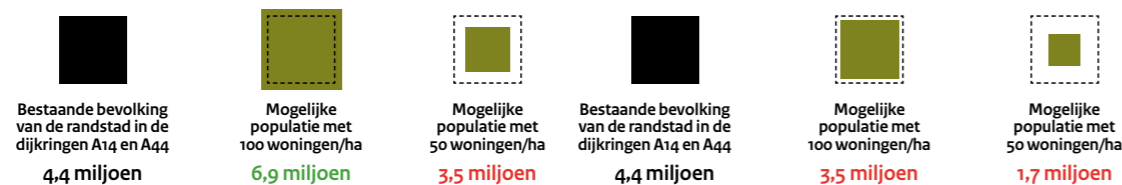
Totale beschikbare ruimte - 34.622 ha



Gebieden geschikt voor nieuwbouw op terpen bij 5 meter zeespiegelstijging zonder aanvullende bescherming



Totale beschikbare ruimte - 17.813 ha



*Maximale hoogte van terpen is 8 meter in verband met kosten en beschikbaarheid materiaal
 *Er is bij geschikte gebieden voor terpen geen rekening gehouden met restricties van niet bouwen in bestaand N2000 gebieden en andere ruimtelijke functies (zoals waterwinning)

Figuur 3: Verkenning van de mogelijkheden van ringdijken en terpen om bebouwing en inwoners in dijkring 14 en 44 tegen overstromingen te beschermen. Ringdijken blijken geen goed alternatief voor de huidige dijkringen. Ze beschermen minder mensen en zijn bij elkaar opgeteld langer en dus duurder dan de huidige waterkeringen. Terpen bieden niet voldoende ruimte om alle inwoners kwijt te kunnen binnen het gebied. In verband met kosten en de beschikbaarheid van materiaal is uitgegaan van een maximale hoogte van 8 meter voor de terpen. Er is bij geschikte gebieden voor terpen geen rekening gehouden met restricties van niet bouwen in bestaand N2000 gebieden en andere ruimtelijke functies (zoals waterwinning).

In de kustgebieden van de zuidwestelijke delta en Noord-Nederland en langs de rivieren wordt maximaal ingezet op het laten meegroeien van het land door natuurlijke opslibbing. Bij extreme stijging van de waterstanden zullen de bewoning en het landgebruik zich hier geleidelijk aanpassen, bijvoorbeeld door woningen en infrastructuur verhoogd of waterbestendig te bouwen, en zich zo nodig gecontroleerd terugtrekken en verplaatsen naar hoog-Nederland. De kosten voor deze aanpassingen zijn nog niet in beeld gebracht. Daarom was het voor deze gebieden nog niet mogelijk om een kostenafweging op basis van verschillende invullingen te maken, zoals voor de Randstad wel is gedaan.

Wat betekent Meebewegen voor de zoetwatervoorziening?

In laag-Nederland en de Randstad neemt de zoetwaterbeschikbaarheid in deze denkriching af, als gevolg van zoutindringing via sluisen, zoute kwel via het grondwater en verzilting van de open riviermondingen. Een aandachtspunt is of en hoe dit gebied op langere termijn over voldoende drinkwater kan beschikken. Grote delen van laag-Nederland zullen door de toenemende verzilting en overstromingen, in combinatie met toenemende wateroverlast, minder geschikt of zelfs ongeschikt worden voor de bestaande land- en tuinbouw.

Steeds meer mensen zullen gaan wonen en werken in hoog-Nederland, waardoor de vraag naar water daar toeneemt. Ook in hoog-Nederland zal daardoor de beschikbaarheid van drinkwater steeds meer onder druk komen te staan; dat is nu al het geval. Daarnaast kan deze verschuiving de beschikbaarheid van water voor grondgebonden landbouw in hoog-Nederland verminderen. Landbouwwormen met een kleinere watervraag, zoals 'footloose' landbouw, zouden dan interessant kunnen zijn.

Wat betekent Meebewegen voor het ruimtebeslag en het ruimtegebruik?

De gevolgen voor het ruimtebeslag en het ruimtegebruik verschillen per regio (zie ook figuur 2).

Randstad

Hier is ruimte nodig om de dijken te kunnen blijven versterken en verhogen. Daarnaast zijn er ruimtelijke aanpassingen nodig om bij een onverhoopte overstroming de gevolgen te beperken, bijvoorbeeld door altijd-droge locaties te creëren voor kritieke infrastructuur (energie, communicatie) en als veilig toevluchtsoord (verticale evacuatie). Dat vraagt bij een zeespiegelstijging van 2-5 meter aanzienlijke aanpassingen in private en publieke gebouwen. Bij nieuwe ontwikkelingen kan hoogbouw bijdragen aan het verminderen van de risico's.

Bodemdaling, verzilting en wateroverlast zorgen nu al in toenemende mate voor schade en overlast in dit gebied. Meebewegen krijgt invulling met meer ruimte voor waterberging, strengere eisen aan woningbouw (locaties en aanleghoogte) en aanpassingen van land- en tuinbouw aan verziltende en nattere bodems.

Hoog-Nederland

Bij deze denkriching is aangenomen dat steeds meer bewoning en verdienvermogen naar de hoge delen van Nederland verschuift. Daarmee wordt de Nederlandse economie minder gevoelig voor een overstroming in (een deel van) de Randstad. De kans op zo'n overstroming is weliswaar erg klein, maar de gevolgen kunnen heel groot zijn. De geschiedenis leert dat het verplaatsen van een economische kern lastig te sturen is. Kansen voor sterke agglomeraties in hoog-Nederland ontstaan bijvoorbeeld bij kenniscentra, zoals in Eindhoven of Twente. Inzetten op een dergelijke verplaatsing binnen Nederland zou ook kunnen leiden tot versterking van bestaande agglomeraties in het buitenland. Goede verbindingen tussen de Randstad en deze regio's en tussen deze regio's en economische centra in de buurlanden zijn daarvoor bepalend, net als nu.

Toenemende bewoning in hoog-Nederland beperkt de mogelijkheden voor grondgebonden landbouw. Er is een eerste verkenning gedaan naar footloose landbouw als een mogelijke manier om landbouw te bedrijven met minder ruimtebeslag. Als footloose landbouw gewenst is, is een transitie nodig naar een bedrijfsvoering met gesloten kringlopen en recycling (voor stallen, kassen, aquacultuur en de bijbehorende logistiek). Op weg daarnaartoe zijn vele varianten mogelijk.

Laag-Nederland: rivieren, delta, kust en estuaria

In de laaggelegen gebieden langs de kust en de benedenloop van de grote rivieren zijn natuurlijke processen als sedimenttransport en opslibbing te benutten. Langs de kust is doorgaan met zandsuppleties in combinatie met waterkeringen (meestal duinen, bij de kustplaatsen ook harde waterkeringen) haalbaar tot ten minste 5 meter zeespiegelstijging (zie Tussenbalans). Langs de Waddenzee en in de zuidwestelijke delta kan het land meegroeien met de zeespiegelstijging door natuurlijke sedimentatie, bijvoorbeeld in wisselpolders of tussen dubbele dijken. Dit kan werken tot een zeespiegelstijging van 5-10 mm per jaar. Snellere zeespiegelstijging is met natuurlijke sedimentatie niet bij te houden. Zonder aanvullende sedimentaanvoer en/of invangmaatregelen gaan dan ook bestaande intergetijdengebieden (kwelders, schorren, slikken en zandplaten) in toenemende mate verloren.

Buitendijkse gebieden

Buitendijkse economische activiteiten krijgen in heel Nederland met steeds hogere waterstanden te maken. Onderdeel van Meebewegen is dat nieuwe buitendijkse ontwikkelingen een adaptief ontwerp krijgen, zodat periodiek ophogen, aanpassen of verplaatsen mogelijk is.

Wat moeten we nu doen en laten om Meebewegen mogelijk te houden?

De transitie die onderdeel zijn van Meebewegen vragen tijd. Hoeveel tijd daarvoor beschikbaar zal zijn, hangt af van de snelheid waarmee de zeespiegel stijgt. Uit het onderzoek blijkt dat grote transitie, zoals het verschuiven van woon- en werkagglomeraties naar hoger gebied, ten minste ordegrrootte honderd jaar vragen. Zeker als we ook rekening houden met de complexe plan- en besluitvorming die daaraan voorafgaat. Meebewegen vereist daarom ver vooruitkijken en vroegtijdig beginnen, om sociale en economische aanpassingskosten te minimaliseren.

Voor de korte termijn staan al transitie, investeringen en vervangingen op de agenda, bijvoorbeeld voor landbouw, natuur, woningbouw, infrastructuur en duurzame energie. Dat biedt kansen om ervaring met Meebewegen op te doen en eerste stappen te zetten.

Meebewegen vraagt op termijn voldoende ruimte, onder meer voor dijkversterkingen in de Randstad, hoge en droge locaties om de gevolgen van overstromingen te beperken, nieuwe woon- en werklocaties in hoog-Nederland en het laten meegroeien van land met de zeespiegelstijging.

Een goede voorbereiding op Meebewegen vraagt daarnaast meer kennis en ervaring:

- onderzoek naar de kosten van deze denkrichting, ook in vergelijking met de kosten van andere denkrichtingen in specifieke regio's;
- onderzoek naar natuurlijke opslibbing als onderdeel van waterkerende functies, met name in Noord- en Zuidwest-Nederland (wisselpolders, kwelders, rivier-natuur et cetera), waar mogelijk ook met pilots;
- intensivering van onderzoek naar landbouwvormen die met minder water en grond een hoge voedselproductie bieden en landbouw in verziltende omstandigheden;
- ontwerpprincipes en regelgeving voor waterbestendige nieuwbouw en (kritieke) infrastructuur;
- onderzoek naar manieren om op lange termijn voldoende drinkwater te houden;

- onderzoek naar de bestuurlijke plan- en besluitvorming om ingrijpende transitie die horen bij Meebewegen te kunnen inzetten en de transitiekracht van diverse sectoren, bijvoorbeeld voor transitie in de landbouw, woningbouw en locaties van economische centra;
- onderzoek naar effectieve strategieën voor verschuiving van woonagglomeraties en economische centra, met aandacht voor de economische en maatschappelijke gevolgen.

3.3 Beschermen

Met de denkrichting Beschermen houden we Nederland veilig en leefbaar door verder te gaan met de huidige werkwijze in het waterbeheer. We beheersen het water met waterbouwkundige werken en instrumenten, zoals dijken, stormvloedkeringen, sluisen en stuwen. Op die manier beschermen we ons tegen overstromingen en voorzien we in de zoetwatervraag. Met zandsuppleties houden we de kustlijn op zijn plaats en stijgt de kust mee met de zeespiegel.

Voor de afvoer van rivierwater biedt Beschermen verschillende mogelijkheden. Het onderzoek heeft vier strategieën uitgewerkt die heel verschillend uitpakken (zie figuur 4):

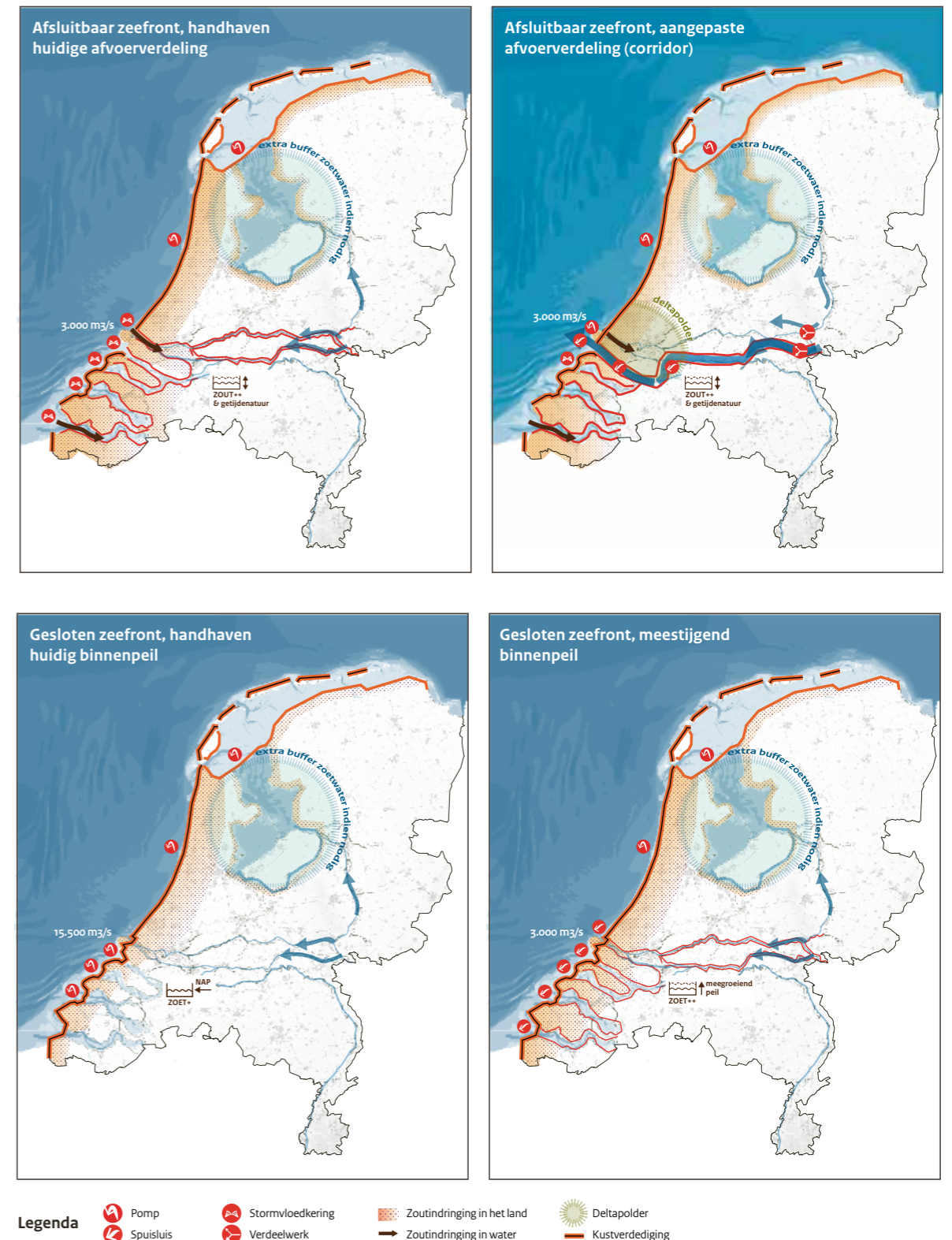
- Afsluitbaar zeefront, handhaven bestaande afvoer-verdeling over de Rijntakken
- Afsluitbaar zeefront, aangepaste afvoer-verdeling over de Rijntakken
- Gesloten zeefront, handhaven huidig binnenpeil
- Gesloten zeefront, meestijgend binnenpeil

Een afsluitbaar zeefront is afsluitbaar met een stormvloedkering. Een gesloten zeefront is afgesloten met een dam, waarbij spuisluisen of pompen het overtollige water afvoeren.

Bijlage 1 geeft een overzicht van de belangrijkste kenmerken en gevolgen van deze strategieën.

Uit welke maatregelen bestaat de denkrichting Beschermen?

Het consortium Beschermen heeft voor de vier strategieën passende maatregelen verkend, zoals sluisen, verdeelwerken, stormvloedkeringen, pompen, (multifunctionele) dijken en dammen, kustsuppleties en aangepaste inrichting van buitendijkse gebieden, waar mogelijk in combinatie met nature based solutions (zie figuur 5). De strategieën zijn uitgewerkt voor heel Nederland, met de focus op de Rijn-Maasmonding, de zuidwestelijke delta en de Rijn en de Maas; met name in deze regio's zijn de strategieën onderscheidend.



Figuur 4: De onderzochte 4 strategieën van de denkrichting Beschermen: afsluitbaar zeefront met stormvloedkeringen, meestijgend waterpeil en al dan niet aangepaste afvoer-verdeling Rijntakken. En gesloten zeefront met hetzij pompen en een laag waterpeil, of spuien en een meestijgend waterpeil om overtollig rivierwater naar zee af te voeren. Door de verschillende combinaties van bouwstenen verschillen de strategieën in optredende verzilting en benodigde dijkversterkingen.



Benedenrivierengebied : Spuien of pompen via de Zuidwestelijke Delta

	Pompen		Spuien
	Maximaal nodig	Lengte bij 20 m ³ /s/m	Totale lengte spuisystemen (nu ca 10000)
A1	15500 m ³ /s	800 m	n.v.t. (alles wordt gepompt)
A2	3000 m ³ /s	150 m	spuisysteem uitbreiden naar 15000
B1	3000 m ³ /s	150 m	huidig spuisysteem voldoet
B2	3000 m ³ /s	150 m	spuisysteem uitbreiden naar 15000

Figuur 5: De bouwstenen die nodig zijn voor het realiseren van de denkrichting Beschermen en het geschatte ruimtebeslag van benodigde pomp- dan wel spuisysteem.

De strategieën met een afsluitbaar zeefront (stormvloedkeringen) sluiten aan bij de huidige strategie (figuur 1, Afsluitbaar gesloten zeefront). Bij een afsluitbaar zeefront stijgen de rivierwaterstanden in de Rijn en Maas mee met de zeespiegelstijging. Dat effect is merkbaar tot aan Nijmegen. Voor dat hele traject voorziet Beschermen in dijkversterkingen. Een nieuwe ronde dijkversterkingen langs Nederrijn-Lek en IJssel is te voorkomen door de afvoertoevoer van de Rijn vooral naar de Waal te leiden. In combinatie met zeespiegelstijging leidt dat wel tot een grotere waterveiligheidsopgave in de dichtbebouwde regio Rijnmond-Drechtsteden. Dijkversterkingen kunnen hier voorkomen worden door de aanleg van een Deltapolder. Hierbij wordt het Rijnmond-Drechtstedengebied aan de zee- en de rivierzijde afgesloten, zodat in deze regio een gecontroleerd peil ontstaat, net als in een polder. Water vanuit de Waal en de Maas stroomt dan ten zuiden van de Deltapolder naar zee. Alleen de afvoer van Lek en Hollandse IJssel en de regionale systemen stroomt door de polder en wordt bij Hoek van Holland uitgepompt met een complex van 3000 m³/s. Ter vergelijking, op dit moment is de pompcapaciteit van het grootste gemaal van Nederland 250 m³/s (gemaal IJmuiden).

De strategieën met een gesloten zeefront hebben een ander vertrekpunt dan de huidige strategie. De Nieuwe Waterweg en het Haringvliet zijn daarbij volledig afgesloten met een dam. Voor de afvoer van rivierwater is een groot pompcomplex nodig, eventueel gecombineerd met berging van piekafvoeren in bijvoorbeeld bestaande watersystemen (figuur 1, Gesloten en pompen). Dat vraagt een enorme pompcapaciteit. In een extreme situatie is bij een zeespiegelstijging van 5 meter een pompcapaciteit van orde grootte 15.500 m³/s nodig om een hoogwatergolf met een kans van 1/10.000 per jaar af te voeren én tijdelijke berging van rivierwater in bestaande watersystemen over een totale oppervlakte van 1.000 km² (Rijnmond, Haringvliet, Grevelingen en Oosterschelde). De benodigde pompcapaciteit is 60 keer zo groot als de capaciteit van het grootste gemaalcomplex in Nederland (IJmuiden). De benodigde pompcapaciteit is veel kleiner als een deel van het rivierwater via spuisluizen onder vrij verval naar zee kan stromen (figuur 1, Gesloten en zoveel mogelijk spuien). Daarvoor moet de binnenwaterstand hoger zijn dan de zeewaterstand en dus meestijgen met de zeespiegelstijging. De benodigde pompcapaciteit is dan circa 3.000 m³/s. Daarbij horen wel ingrijpende aanpassingen in buitendijkse gebieden, omdat deze vaker onder water komen te staan. Ook zijn dijkversterkingen langs de rivieren nodig, vergelijkbaar met de afsluitbare strategieën.

Wat betekent Beschermen voor de waterveiligheid

Bij een afsluitbaar zeefront wordt het zeewater alleen bij stormvloed gekeerd, in andere omstandigheden niet. Daardoor werkt de zeespiegelstijging in minder extreme situaties wel door in de waterstanden in de benedenrivieren. Die minder extreme situaties kunnen in combinatie met hoge rivierafvoeren veiligheidsrisico's geven. Daarom zijn hier op termijn steeds hogere en sterkere dijken nodig. In de regio Rijnmond-Drechtsteden zijn dijkversterkingen te voorkomen door de aanleg van een Deltapolder (zie hierboven). Ook bij een gesloten zeefront met spuisluizen en meestijgend binnenpeil zijn dijkversterkingen nodig, omdat de rivierwaterstanden in dat geval in alle omstandigheden meestijgen met de zeespiegelstijging. Alleen bij een gesloten zeefront met gelijkblijvend binnenpeil leidt zeespiegelstijging niet tot dijkversterkingen langs de rivieren.

Het kustfundament en de duinen groeien in Beschermen mee met de zeespiegelstijging, net als nu. Uit de Tussenbalans van het Kennisprogramma Zeespiegelstijging blijkt dat dit een forse opschaling van de zandsuppleties voor de kust vereist: vijf keer zoveel als nu bij 2 meter zeespiegelstijging en tot zeven keer zoveel bij 5 meter zeespiegelstijging. Op dit moment groeien vooroeveren langs de Waddenkust en estuaria (kwelders en schorren) mee via natuurlijke sedimentatie. Dit lijkt mogelijk zolang de zeespiegel niet sneller stijgt dan 5-10 mm per jaar, als er tenminste voldoende sediment in het systeem beschikbaar is en dit ook kan blijven liggen. De verwachting is dat de zeespiegelstijging vanaf de tweede helft van deze eeuw sneller gaat stijgen.

In de denkrichting Beschermen blijven de kosten voor het behoud van de huidige beschermingsniveaus - met zandsuppleties, waterkeringen, kunstwerken en pompen - beperkt tot circa € 1 miljard per jaar; dat is ongeveer 0,1 % van het huidige BNP. Het onderzoek laat zien dat de kosten voor waterveiligheid in de vier strategieën van Beschermen niet significant van elkaar verschillen. De verschillen zitten vooral in de benodigde maatregelen en effecten op gebruiksfuncties.



Zandsuppleties Scheveningen

Wat betekent Beschermen voor de zoetwatervoorziening?

De stijgende zeespiegel leidt tot toenemende verzilting van het grondwater in een strook van 10 -20 km landwaarts van de zeevering. Ook via open riviermondingen neemt de zoutindringing in de oppervlaktewateren toe. Daardoor neemt de zoetwaterbehoefte voor doorspoeling zo sterk toe dat die niet langer vol te houden is met de huidige manier van doorspoelen (systeemverkenning zoetwater). Er zal niet meer voldoende water zijn om alle kustgebieden door te spoelen, als dit met de infrastructuur al mogelijk te maken zou zijn. Het is nog niet bekend wat de gevolgen zijn bij het toelaten van enige verzilting.

Bij gesloten riviermondingen is de zoutindringing in het hoofdwatersysteem kleiner, wat gunstig is voor de zoetwaterbeschikbaarheid. Hoeveel zoetwater dit oplevert hangt af van de manier van afsluiten en of er een schutsluis voor de scheepvaart komt. Bij het schutten komt zout mee en om dat weg te spoelen is weer zoetwater nodig. In de strategie gesloten met meestijgend binnenpeil ontstaat een grotere zoetwatervoorraad: bij een peilmarge van 2 meter in de Rijn-Maasdelta over een wateroppervlak van circa 1.000 km² levert dit een extra zoetwaterschijf van 2 miljard m³ op. Nader onderzoek is nodig om te bepalen of dit voldoende is om bij 2 meter zeespiegelstijging in een droge zomer aan de vraag naar zoetwater te voldoen. Indicatieve berekeningen laten zien dat de verzilting bij 5 meter zeespiegelstijging zo groot wordt, dat er ook met deze voorziening in droge jaren in de zomer niet genoeg zoetwater is om aan de vraag te voldoen. De huidige kwaliteitseisen voor zoetwater zijn daarmee op lange termijn niet houdbaar.

Wat betekent Beschermen voor het toekomstige ruimtebeslag en ruimtegebruik?

Rijnmond-Drechtsteden, rivieren en delta

Voor dijkversterkingen en de aanleg van kunstwerken en pompcomplexen is ruimte nodig. De Tussenbalans van het Kennisprogramma Zeespiegelstijging laat zien dat voor dijkversterkingen tot 3 meter zeespiegelstijging een strook van 10-90 meter nodig is, lokaal oplopend tot meer dan 150 meter. Het consortium schat in dat met dijkversterkingen langs de Rijn-Maasmonding, Maas, Waal en Nederrijn-Lek een ruimtebeslag is gemoed van 55-75 km² bij 2 meter zeespiegelstijging en 70-140 km² bij 5 meter zeespiegelstijging. Er is ook ruimte nodig om water vast te houden, zodat in verziltende en verdrogende gebieden landbouw mogelijk blijft.

Buitendijkse gebieden en haventerreinen komen in een aantal strategieën vaker en dieper onder water te staan, door stijgende waterstanden op zee en in de rivieren of door waterberging in bestaande hoofdwatersystemen in de delta. Dit vraagt aanpassingen in het ruimtegebruik en de inrichting. Het onderzoek gaat ervan uit dat deze aanpassingen geleidelijk tot stand komen, aansluitend bij investeringscycli van deze activiteiten en ingepast in gebiedsontwikkelingsprogramma's, zodat maatschappelijke meerwaarde wordt bereikt.

Gesloten zeefronten lijken voor de waterveiligheid en de zoetwatervoorziening voordelen te bieden ten opzichte van verdergaan met stormvloedkeringen. Er zijn echter ook nadelen: gesloten zeefronten hebben gevolgen voor de scheepvaart die via grote zeevaartsluizen moet verlopen,

onder meer in de Nieuwe Waterweg. Uit het onderzoek blijkt dat het schutproces een forse zoutbelasting kan veroorzaken. Zeesluizen kunnen misschien overbodig worden door zee- en binnenvaart te scheiden en de overslag over het land te laten plaatsvinden. Dat vraagt nader onderzoek. Afsluiting heeft ook grote ecologische gevolgen voor de betreffende watersystemen. De gevolgen van de Deltawerken laten dat zien. Ook dit vraagt nader onderzoek.

Kust

Het zandige kustfundament (duinen, strand en vooroever) kan met de zeespiegel meestijgen als er zand wordt gesuppleerd. Kustplaatsen vragen daarbij maatwerkoplossingen waar het consortium een aantal technische maatregelen voor geïnventariseerd heeft, zoals golfbrekers, harde constructies in de zeevering of zandige zeevaartse versterkingen. Al deze maatregelen zullen het aanzien van de huidige kustplaatsen ingrijpend veranderen.

Wat moeten we nu doen en laten om Beschermen mogelijk te houden?

Het lijkt technisch, ruimtelijk en financieel mogelijk om met de denkrichting Beschermen het bestaande beschermingsniveau tegen overstromingen in alle binnendijkse gebieden van Nederland te handhaven tot een zeespiegelstijging van in elk geval 5 meter in 2200. Dit vraagt een geleidelijk toenemende rol van waterbouwkundige werken. Deze technische maatregelen zijn langs de kust, estuaria en rivieren eventueel te combineren met nature based solutions (natuurlijke sedimentatie, vegetatie voor golfdemping).

Daarbij zijn verschillende combinaties mogelijk van afvoerdeling, dijkversterking, stormvloedkeringen, spuisluizen en gemalen. Om de verschillende strategieën in de toekomst mogelijk te houden, moeten we, in lijn met de bevindingen in de Tussenbalans, ruimte vrijhouden voor:

- zandwinning in de Noordzee voor de toenemende omvang van zandsuppleties langs de kust;
- dijkversterkingen langs de Waal, de riviermondingen van Rijn en Maas, de watersystemen in de delta en de kust;
- peilstijging langs de rivieren, watersystemen in de delta en het IJsselmeergebied voor piekberging van rivierwater en de inrichting van buitendijkse gebieden daarop aanpassen.

Geen van de vier onderzochte strategieën biedt op termijn genoeg zoetwater om te voorzien in de toenemende zoetwatervraag, zelfs niet met de vorming van grote zoetwaterbuffers in de delta. Aanpassing van land- en

tuinbouw in delen van de kustgebieden aan zoutere en drogere omstandigheden is daarom 'no regret'. Dat is ook nu al aan de orde.

Een goede voorbereiding op Beschermen vraagt daarnaast meer inzicht, onderzoek en ervaring:

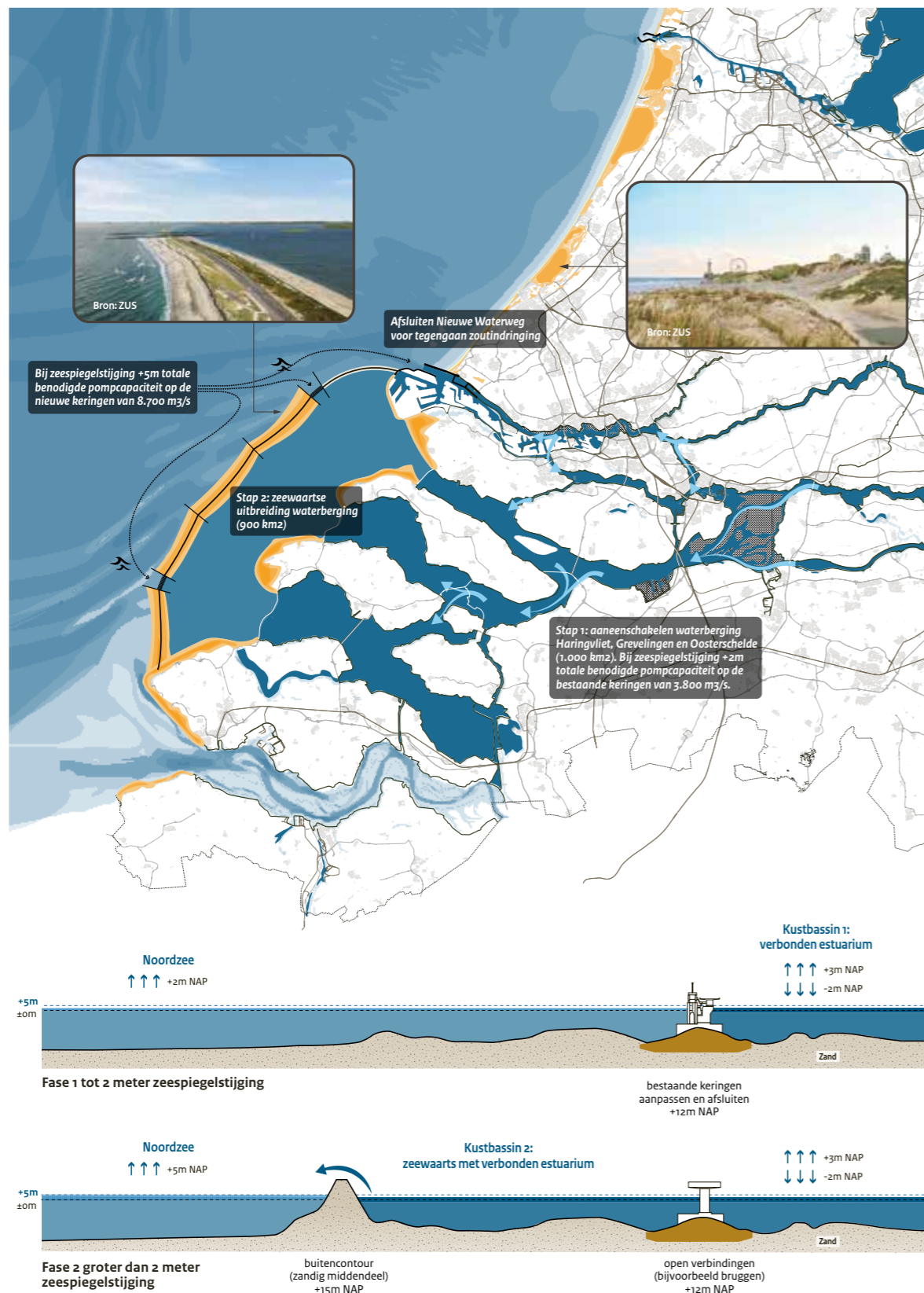
- ervaring met adaptief ontwerp voor kunstwerken bij vervanging aan het einde van de levensduur;
- verminderen van de kwetsbaarheid van woningen, bedrijven en vitale infrastructuur voor overstromingen en wateroverlast;
- onderzoek naar en ervaring met toepassing van nature based solutions;
- onderzoek naar effecten van maatregelen op ecologie en waterkwaliteit (een eerste analyse vindt plaats in fase 2 van het Kennisprogramma Zeespiegelstijging);
- onderzoek naar de mogelijkheden van opschalen van suppleties (voorzien in fase 2 van het Kennisprogramma Zeespiegelstijging);
- onderzoek naar de mogelijkheden van opschalen van pompcapaciteit;
- onderzoek naar andere overslagmethoden in zeehavens, waarbij zee- en binnenvaart gescheiden worden;
- onderzoek naar 'fail-proof' ontwerp van technische maatregelen (pompen, keringen, spuisluizen, afvoergelwerken) bij extreme omstandigheden of uitval;
- ontwikkeling van nieuwe financieringsmodellen voor integrale gebiedsontwikkeling in buitendijkse gebieden en waterkeringszones.

3.4 Zeewaarts

De denkrichting Zeewaarts biedt bescherming tegen overstromingen door extra bergingsruimte in zee te creëren voor de piekafvoeren van Rijn en Maas. Deze berging krijgt de vorm van een kustmeer met beheersbaar waterpeil. Hierdoor zijn in de Rijnmond-Drechtsteden en deltawateren minder technisch en ruimtelijk complexe maatregelen nodig om de veiligheid tegen overstromingen te behouden en de zoetwatervoorziening in stand te houden⁶ (zie figuur 1, Zeewaarts). De strategie die het consortium Zeewaarts presenteert, is te beschouwen als een uitbreiding van de denkrichting Beschermen-Gesloten, met een focus op de Zeeuwse en Hollandse kust (zie figuur 6).

Eerder is ook een andere invulling van Zeewaarts genoemd: een eilandenrij voor de kust. Dit blijkt veel zand te vragen voor aanleg en onderhoud, maar biedt geen bescherming tegen zeespiegelstijging. Daarom is de eilandenrij niet verder verkend.

⁶ Het IJsselmeer vormt in feite een vergelijkbare berging voor de rivierafvoer van de IJssel. Een aanvullende zeewaartse denkrichting voor de Waddenzee is daarom nu niet verder uitgewerkt. In principe is eenzelfde ingreep ook voor de Westerschelde te overwegen, maar de Scheldeafvoer is zo klein ten opzichte van de bergingsruimte in de Westerschelde dat een zeewaartse variant hier niet nodig is.



Figuur 6: De uitwerking van de denkrichting Zeewaarts bij een zeespiegelstijging van 5 m., met een impressie van locatie, ruimtebeslag en aanzicht van een kustmeer voor de berging van rivierwater. Daarnaast ook een impressie van een mogelijke maatwerkbescherming die in de toekomst nodig is voor kustplaatsen.

zoet tot brak worden; afhankelijk van de omstandigheden blijven de diepere delen zout. Bij onvoldoende doorstroming ontstaat risico op zuurstofloze omstandigheden in de diepere delen (gelaagdheid). Compartimentering kan de ecologische effecten mogelijk beperken. Er ontstaat dan een kustmeer in twee delen: een noordelijk deel dat relatief zoet is en regelmatig beïnvloed wordt door rivierafvoeren (voor de monding van het Haringvliet) en een zuidelijk deel dat relatief zout is en zelden beïnvloed wordt door rivierafvoeren (voor de monding van de Grevelingen en Oosterschelde).

Het kustfundament ten zuiden en ten noorden van het kustmeer (globaal voor de monding van de Westerschelde en voor de Hollandse kust van Hoek van Holland tot Den Helder) wordt in deze denkrichting in stand gehouden met zandsuppleties. Uit eerder onderzoek van het Kennisprogramma Zeespiegelstijging blijkt dat de frequentie en omvang van de suppleties in de loop van de tijd toenemen, maar dat de aanpak haalbaar blijft tot zeker 5 meter zeespiegelstijging. Zandsuppleties zorgen er ook voor dat de duinen, die langs het grootste deel van de kust als waterkering fungeren, mee kunnen groeien. Voor de keringen bij kustplaatsen zijn maatwerkoplossingen nodig, zoals een zandige versterking of golfdempende constructies zeewaarts van de bestaande zeewering. Het aanzien van de kustplaatsen kan hierbij ingrijpend veranderen (zie figuur 6). Ook de huidige kustlijn ter plaatse van het kustmeer blijft onderhoud vragen: hier kan de oevererosie toenemen doordat het golfklimaat verandert.

De dam rond het kustmeer kan meekoppelkansen bieden voor functies als recreatie en industrie. Mogelijk is het kustmeer ook te combineren met opslag van duurzame energie. Dat vraagt nader onderzoek.

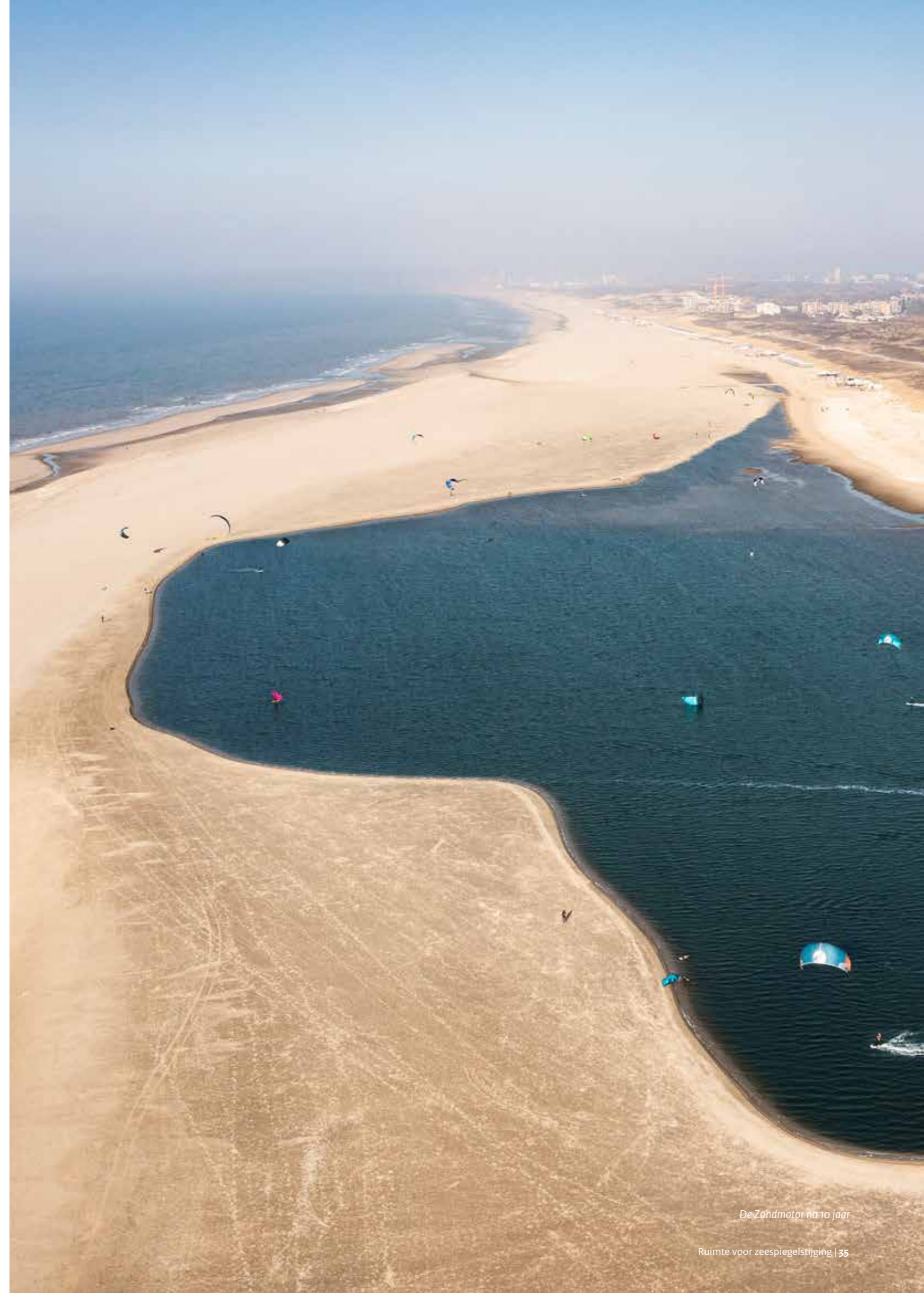
Wat moeten we nu doen en laten om Zeewaarts mogelijk te houden?

Voor de denkrichting Zeewaarts is het essentieel dat we ruimte houden om in de toekomst een kustmeer aan te kunnen leggen, met name door geen gebruiksfuncties met een lange levensduur te situeren waar de dam rond het kustmeer kan komen te liggen. Ook is het belangrijk dat we tegen die tijd voldoende zand kunnen winnen in de Noordzee voor de aanleg en het onderhoud van de dam. Voor de aanleg is ordegruote 2,2 miljard m³ zand nodig; uitgaande van een winddiepte van 2 meter vereist dat een wingebed met een oppervlakte van circa 1000 km². Deze zandvraag komt boven op de toenemende zandvraag voor het onderhoud van de reguliere kustlijn, waar ook extra ruimte voor nodig zal zijn.

Een goede voorbereiding op Zeewaarts vraagt meer kennis en ervaring:

- nader onderzoek naar de ecologische effecten van de aanleg van een kustmeer en de mogelijkheden om deze effecten te beperken⁹;
- nader onderzoek naar de effecten van Zeewaarts op de waterveiligheidsopgave landinwaarts, de waterbeschikbaarheid en de bevaarbaarheid van de rivieren;
- mogelijkheden om het kustmeer (deels) te combineren met nature based solutions;
- onderzoek naar effecten van een kustmeer op de stroming en het transport van sediment, nutriënten en organismen van en naar aangrenzende kustvakken.

⁹ Klimaatverandering (met onder andere zeespiegelstijging) zal hoe dan ook leiden tot grote ecologische veranderingen. Nu al veranderen soortensamenstellingen als gevolg van stijgende watertemperatuur.





Hoorn, Vissereiland, wateroverlast door beperkte spui mogelijkheden IJsselmeergebied

4. Conclusies uit het onderzoek en vervolgstappen

Nederland moet in de toekomst omgaan met de zeespiegelstijging. Daar is geen ontkomen aan. In dit onderzoek zijn drie verschillende denkrichtingen voor de lange termijn verkend (technisch, fysisch en ruimtelijk). De conclusie is dat Nederland bij verdergaande zeespiegelstijging veilig kan blijven. Er zijn zelfs verschillende mogelijkheden voor. De gevolgen zullen echter groot zijn, onder meer voor de waterbeschikbaarheid, landbouw en natuur. We moeten er wel voor zorgen dat toekomstige generaties die mogelijkheden nog kunnen benutten, bijvoorbeeld door er nu al rekening mee te houden bij investeringen met een lange levensduur.

4.1 Nederland kán met zeespiegelstijging omgaan

Het onderzoek laat de mogelijkheden en consequenties zien van drie verschillende denkrichtingen voor het omgaan met zeespiegelstijging: Meebewegen, Beschermen en Zeewaarts. Bij deze vingeroefeningen is uitgegaan van een extreme mate van klimaatverandering.

Niets doen is geen optie

De zeespiegelstijging gaat in Nederland consequenties hebben voor de waterveiligheid en zoetwaterbeschikbaarheid, dat is zeker. Het Deltaprogramma richt zich op de periode tot 2050, met een doorkijk naar 2100. Bij de aanvang van het Deltaprogramma, in 2014, was het de verwachting dat de zeespiegel tot 2100 maximaal 1 meter zou stijgen. De nieuwste KNMI-scenario's laten zien dat de zeespiegelstijging versnelt. Die versnelling wordt nog sterker als Antarctica versneld afsmelt. Dan kan de zeespiegel rond 2100 wel 2 meter hoger staan en is een stijging tot 5 meter in 2200 niet uit te sluiten.

Als we stoppen met het versterken van dijken, neemt de kans op een overstroming vanuit de grote rivieren, de grote meren of de zee snel toe bij zeespiegelstijging. Bij 2 meter zeespiegelstijging kunnen op veel plaatsen jaarlijks overstromingen optreden. Dan zou de bewoonbaarheid van onze delta voor toekomstige generaties ernstig in gevaar komen (zie figuur 7). De verzilting neemt nu al toe door daling van rivierafvoeren en grotere neerslagtekorten in voorjaar en zomer. De gevolgen van de zeespiegelstijging komen hier bovenop. Niets doen is dan ook geen optie.

Het kan, maar de gevolgen zijn groot

Het lijkt mogelijk om de waterveiligheid te waarborgen tot een zeespiegelstijging van 5 meter, in ieder geval met de denkrichtingen Beschermen en Zeewaarts (voor Meebewegen is die conclusie nog niet te trekken). De waterbeschikbaarheid neemt in alle denkrichtingen af, vroeg of laat en in meer of mindere mate. Dat vraagt weliswaar aanpassingen, maar hoeft de leefbaarheid van Nederland niet te ondermijnen. Nederland kan dus omgaan met zeespiegelstijging, maar de gevolgen zijn uiteindelijk in alle denkrichtingen zeer groot: de aanleg en het onderhoud

van watergerelateerde infrastructuur zullen een grote inspanning vragen, voor de benodigde maatregelen zal veel ruimte nodig zijn en afhankelijk van de gevolgde denkrichting zullen het huidige landgebruik en de gebruiksfuncties ingrijpend veranderen. Ten opzichte van de huidige situatie zijn er in alle gevallen grote effecten op met name natuurwaarden, waterkwaliteit, landbouw, woningbouw, scheepvaart en regionale watersystemen. De gevolgen zijn nog niet scherp in beeld, maar duidelijk is wel dat ze groot zijn en per denkrichting verschillend uitpakken.

Randstad blijven beschermen

We moeten blijven investeren in klimaatadaptatie en hebben daar (nu en in de toekomst) veel verdienvermogen voor nodig. Het verdienvermogen van Nederland zit grotendeels in de Randstad. Een belangrijke bevinding van het onderzoek is dat het essentieel is dit gebied (en daarmee het verdienvermogen) zo lang mogelijk te blijven beschermen tegen overstromingen en dat het in stand houden en versterken van de bestaande waterkeringen hiervoor de meest effectieve strategie is. Het verdienvermogen kan niet zomaar verplaatst worden naar een ander deel van het land. In de Randstad is bovendien te weinig ruimte om de inwoners en de economische waarde op een andere manier te beschermen tegen overstromingen. Nieuwbouw op terpen levert te weinig ruimte voor het grote aantal inwoners en ringdijken rond stedelijk gebied zijn uiteindelijk duurder dan behoud van de huidige keringen. Dit betekent dat een strategie op basis van Meebewegen in dit gebied niet passend of kostentechnisch aantrekkelijk is. Wel blijft het verstandig het gebied minder kwetsbaar te maken voor wateroverlast en verzilting. Daarnaast is er aandacht nodig voor het beperken van slachtoffers en uitval van vitale infrastructuur ten gevolge van een overstroming.

In alle gevallen aanpassen aan verziltende omstandigheden

De zoetwaterbeschikbaarheid neemt in alle denkrichtingen op termijn af. Bij de aanleg van een kustmeer of afsluiting van de Nieuwe Waterweg neemt de totale hoeveelheid zoetwater om verzilting tegen te gaan in eerste instantie weliswaar toe, maar er is nog niet onderzocht of het mogelijk is om dit water met de huidige infrastructuur op de juiste plekken te brengen. Een aandachtspunt is dat de regionale verzilting al sterk toeneemt voordat deze bouwstenen richting realisatie gaan. Regionale aanpassingen aan verziltende omstandigheden zullen dan ook in alle gevallen nodig zijn. Ook het tegengaan van verzilting met

bijvoorbeeld efficiënte zoet-zoutscheidingen bij sluizen zijn in alle gevallen nodig. Dit zijn geen-spijt maatregelen die nu al efficiënt zijn in te zetten.

Kosten waterbouwkundige maatregelen

De kosten van de aanleg van nieuwe waterbouwkundige maatregelen in en rond de hoofdwatersystemen bedragen in de denkrichtingen Beschermen en Zeewaarts circa 0,1% van het huidige BNP (gemiddeld per jaar), uitgaande van het vrij extreme scenario van 5 meter zeespiegelstijging in 2200¹⁰. Dit is exclusief de kosten voor onderhoud en andere uitgaven aan klimaatadaptatie. De uitvoerbaarheid van deze denkrichtingen vraagt nader onderzoek en hangt ook af van de snelheid waarmee maatregelen tot stand moeten komen. Denk daarbij aan de benodigde materiële en personele capaciteit.

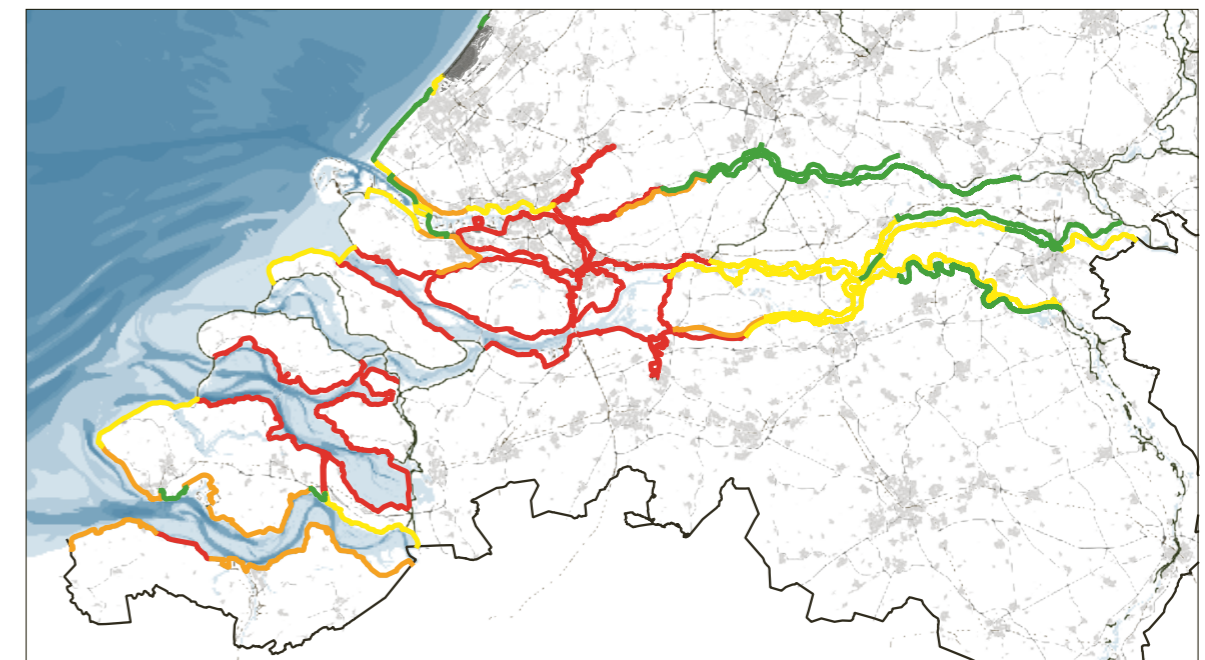
De kosten van de denkrichting Meebewegen zijn nog niet in te schatten. Dat komt omdat de benodigde aanpassingen alle sectoren en gebruiksfuncties raken, een passende mix van bouwstenen per gebied sterk kan verschillen en we geen ervaring hebben met een dergelijke allesomvattende transformatie.

Tegenover de kosten staan ook nieuwe kansen en baten. Die zijn nog niet verkend in dit onderzoek.

Combinaties en regionaal maatwerk

In dit onderzoek zijn de drie denkrichtingen rigide ingevuld volgens de kenmerken van de betreffende denkrichting. Zo worden de verschillen helder. In de praktijk is een 'one fits all' aanpak niet nodig en niet verstandig. Combinaties van technische waterbouwkundige maatregelen, meer natuurlijke maatregelen en functieaanpassingen of -verplaatsingen zijn voor waterveiligheid goed mogelijk en voor de zoetwatervoorziening noodzakelijk. Wat op een bepaald moment de beste keuze is, hangt onder meer af van de snelheid van zeespiegelstijging, de kenmerken van de regio, ontwikkelingen in functies, technische mogelijkheden en maatschappelijke acceptatie.

In alle denkrichtingen geldt dat er niet meer altijd en overall voldoende zoetwater is om verzilting tegen te gaan. Op termijn zal vaker sprake zijn van regionale verzilting. Dit vraagt van de watergebruikers dat zij hier rekening mee houden en zo nodig maatregelen treffen om de kwetsbaarheid te verminderen. Dit is ook al geconstateerd in de systeemverkenning Zoetwater en geagendeerd in het traject Water en Bodem Sturend.



Legenda - kans van optreden

- Vaker dan eens per jaar
- Eens per 1-10 jaar
- Eens per 10-100 jaar
- Minder vaak dan eens per 100 jaar
- Duinen

Figuur 7: De verwachte overstromingskansen bij 2 m zeespiegelstijging in de situatie waarbij de waterkeringen in 2050 precies aan de huidige normen voldoen en daarna niet meer verhoogd of versterkt worden. Op verschillende plaatsen in Nederland zou in dat geval jaarlijks of vaker een overstroming plaatsvinden. Overstromingskansen zijn afgeleid van hoogtetekorten, de sterkte van de waterkeringen is hierin niet meegenomen.

¹⁰ Volgens de KNMI'23-scenario's wordt twee meter zeespiegelstijging in een extreme situatie met versnelde smelt van Antarctica verwacht in 2086 ('worst case'), in het scenario met hoge uitstoot tussen 2150 en 2285 en in het scenario met lage uitstoot is de twee meter nog niet opgetreden in 2300. Voor vijf meter zeespiegelstijging geldt: in een extreme situatie in 2145 ('worst case'), in het scenario met hoge uitstoot na 2260. In het scenario met lage uitstoot kan er geen uitspraak gedaan worden over of en wanneer 5 meter zeespiegelstijging optreedt.

Nog geen compleet beeld

Deze eerste verkenning geeft nog geen compleet beeld van de denkrichtingen voor het omgaan met zeespiegelstijging. Zo hebben de consortia Beschermen en Zeewaarts nu gefocust op het zuidwestelijke deel van ons land, omdat zeespiegelstijging daar tot zeer grote vraagstukken leidt voor de afvoer van de Rijn en de Maas naar zee. Het consortium Meebewegen heeft de denkrichting landelijk uitgewerkt, maar minder concreet en voor deze denkrichtingen konden nog geen kosten berekend worden. Bij het uitwerken van de zoetwaterbeschikbaarheid is nog geen rekening gehouden met het effect van droogte en hitte op de watervraag en het watertekort en is bovendien het huidige gebruik, zonder economische ontwikkelingen, als uitgangspunt genomen. Deze beperkingen passen bij het karakter van deze verkenning, maar het beeld is dus nog niet compleet.

Kiezen is nog niet nodig

De Tussenbalans van het Kennisprogramma Zeespiegelstijging heeft laten zien dat we Nederland met de huidige strategie zeker nog deze eeuw goed kunnen blijven beschermen tegen overstromingen. De resultaten van deze verkenningen geven daar verdere onderbouwing voor. Op korte termijn zijn al wel maatregelen tegen wateroverlast en verzilting nodig en mogelijk. Het is echter niet nodig om nu al een keuze te maken voor wat we op lange termijn gaan doen. De onzekerheid over de toekomstige zeespiegelstijging is bovendien nog groot en een goede keuze vereist meer inzicht, onder meer in regio-specifieke combinaties van Beschermen, Meebewegen en wellicht Zeewaarts en ook in de gevolgen daarvan voor het volledige palet van maatschappelijke functies en landgebruik. Daarbij staat de vraag centraal in welk land we willen leven.

Fundamentele keuzes zijn nog niet nodig, maar het is uitermate belangrijk om bij ruimtelijke planvorming en investeringen in infrastructuur nu al rekening te houden met klimaatverandering en zeespiegelstijging. Maatregelen als het reserveren van ruimte rond waterkeringen en het verminderen van zoutindringing bij sluisen zijn noodzakelijk en no-regret.

4.2 Landelijke keuzes

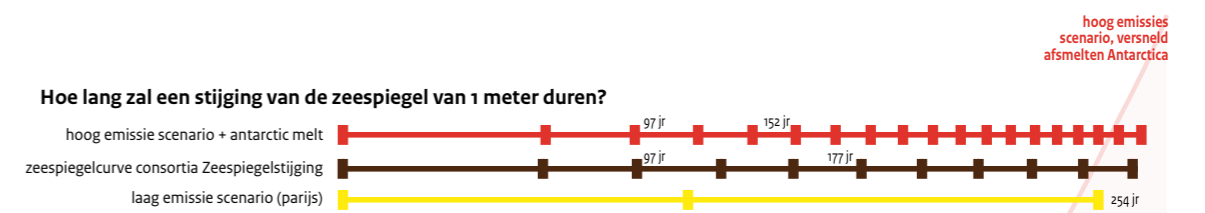
Een groot vraagstuk voor de waterveiligheid bij zeespiegelstijging is hoe we de grote hoeveelheden rivierwater van Rijn en Maas veilig en snel naar zee kunnen leiden. Hier komen de meest ingrijpende onderdelen van de drie denkrichtingen uit voort, zoals de inzet van grootschalige pompcapaciteit, de aanleg van een omvangrijk kustmeer, grootschalige versterkingen van rivierdijken van de zee tot aan Nijmegen en grootschalige berging van rivierwater in de watersystemen van de zuidwestelijke delta.

Op termijn zijn landelijke keuzes noodzakelijk over:

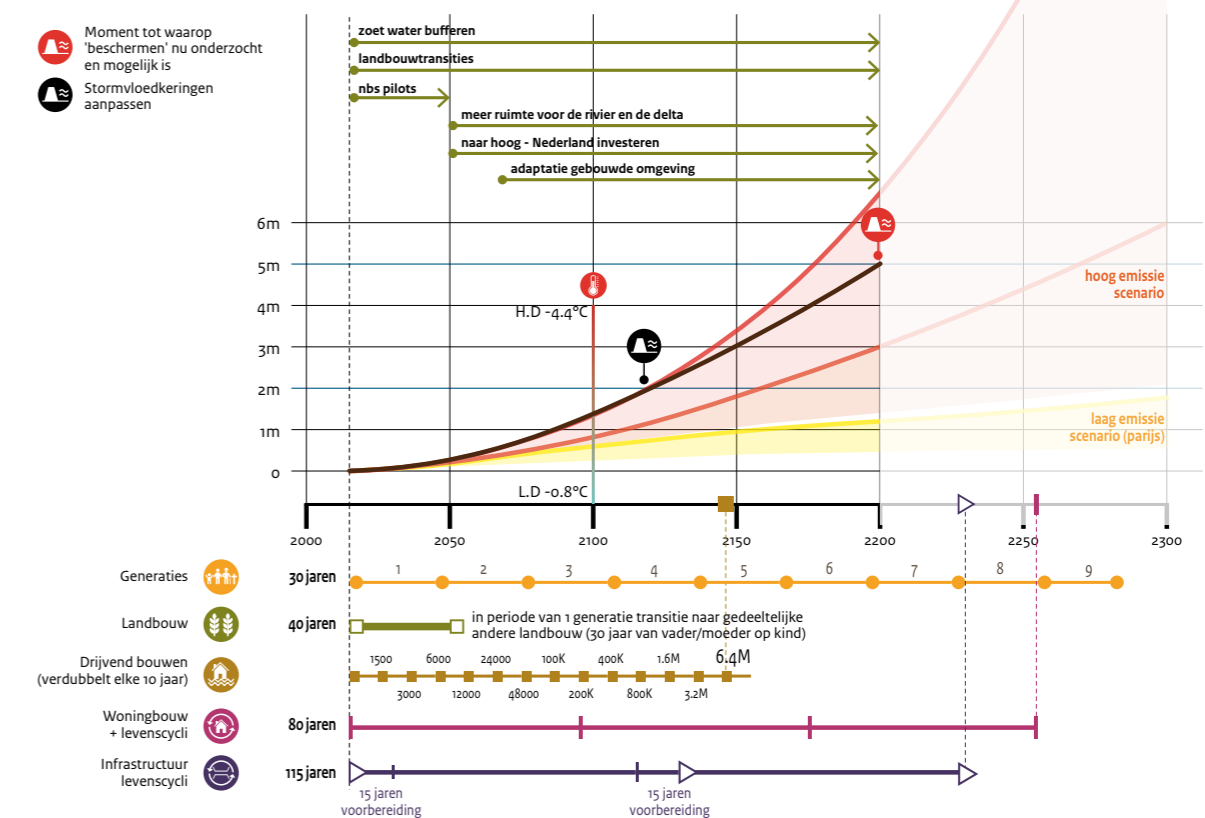
- de afvoerverdeling van de Rijn, bij de splitsingspunten en in het benedenrivierengebied;
- het al dan niet zeewaarts afsluiten van de Rijnmond, al dan niet in combinatie met specifieke beschermingsmaatregelen in de regio Rijnmond-Drechtsteden zoals een Deltapolder;
- het al dan niet inzetten van deltawateren voor de berging van rivierwater;
- het al dan niet aanleggen van een kustmeer zeewaarts van de zuidwestelijke delta;
- de mate waarin het IJsselmeerpeil meestijgt met de zeespiegelstijging;
- het al dan niet stimuleren van de bewoning en economische activiteiten in hoog-Nederland.

Deze systeemkeuzes hangen deels met elkaar samen en ze bepalen in hoge mate het mogelijke ruimtegebruik in de toekomst, binnen- en buitendijks. Besluiten over deze systeemkeuzes zullen veel tijd kosten. Daarom is het belangrijk tijdig met benodigd onderzoek te starten, ook omdat besluitvorming brede betrokkenheid van de samenleving vraagt en de transities en uitvoeringsprogramma's die daarna volgen tientallen jaren duren.

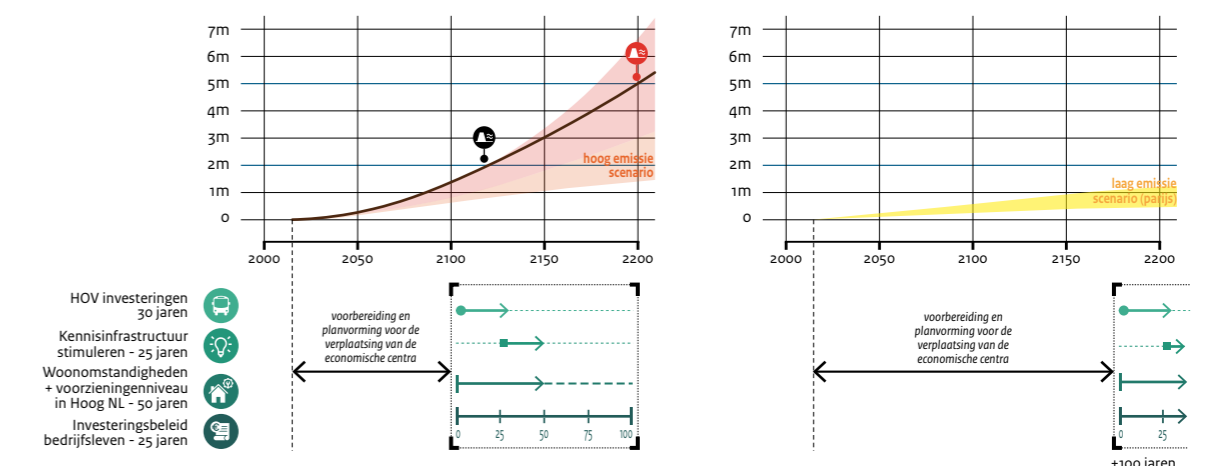
Voor de bouwstenen uit de denkrichting Meebewegen vragen om tijdige keuzes om noodzakelijke transitie in gang te zetten. Figuur 8 laat als voorbeeld zien hoeveel tijd nodig is voor transities in onder meer woningbouw, landbouw en infrastructuur in relatie tot de beschikbare tijd bij verschillende zeespiegelscenario's.



Bouwstenen Meebewegen in relatie tot curves zeespiegelstijging



Om tijdig voorbereid te zijn op een hoog scenario zeespiegelstijging moeten grote transities al snel starten



Figuur 8: De tijd die nodig/beschikbaar is voor verschillende transities in relatie tot scenario's van zeespiegelstijging.

4.3 Ruimte om te kiezen

De onderzoeken laten zien dat alle toekomstige denkrichtingen ruimte vragen. Ruimte voor nieuwe waterbouwkundige maatregelen, voor verschuiving van functies naar andere gebieden en voor de aanpassing van het landgebruik aan nieuwe omstandigheden. Daarmee hebben we ook eerste inzichten in de manier waarop we keuzeruimte voor toekomstige generaties kunnen openhouden. Deze inzichten moeten we verder concretiseren.

Ruimte voor zandwinning

In de Tussenbalans van het Kennisprogramma Zeespiegelstijging is geconcludeerd dat we de zandige kust duurzaam kunnen blijven onderhouden door de huidige aanpak met zandsuppleties op te schalen. Daarvoor is tot 5 meter zeespiegelstijging naar verwachting minimaal 4,5 miljard m³ nodig en maximaal 11 miljard m³ zand. Het onderzoek naar de denkrichting Zeewaarts laat zien dat de aanleg van een kustmeer voor de kust van de zuidwestelijke delta nog eens 2 miljard m³ zand extra zou vragen en extra zand voor het onderhoud van de dam rond het kustmeer.

Dit ondersteunt de overweging uit de Tussenbalans om meer ruimte op de Noordzee te reserveren voor toekomstige winning van suppletiezand.

Ruimte voor water en waterkeringen

Het onderzoek maakt duidelijk dat Nederland alles op alles moet zetten om leefbaar te blijven bij zeespiegelstijging. Daarbij helpt het om het buitendijkse gebieden en land achter de keringen minder kwetsbaar te maken voor wateroverlast, verzilting en de gevolgen van een eventuele overstrooming. Dat sluit aan bij de aanpak van Water en Bodem Sturend. Ook blijkt uit dit onderzoek dat in alle denkrichtingen dijkversterkingen nodig zijn. Dat wordt gemakkelijker als we ruimte langs de dijken vrijhouden. Dat sluit aan bij de Kamerbrieven over Water en Bodem Sturend en de Tussenbalans van het Kennisprogramma Zeespiegelstijging.

Ook voor het afvoeren, bergen en vasthouden van water is in alle denkrichtingen meer ruimte nodig. Regionale gebiedsprocessen rond investeringsagenda's voor bijvoorbeeld woningbouw, landbouw, natuur en infrastructuur kunnen kansen bieden om daar concrete stappen voor te zetten.

Ruimte voor systeemkeuzes

De grote systeemkeuzes die in 4.2 genoemd zijn, hoeven we nu nog niet te maken. Maar het is wel belangrijk om er rekening mee te houden bij grote investeringen met een lange levensduur, zoals woningbouw, infrastructuur en duurzame energie. Deze kunnen de toekomstige ruimte voor deze systeemkeuzes inperken (denk aan woningbouw buitendijks die toekomstige peilstijging belemmert) of juist vergroten (denk aan verhoogd aanleggen van buitendijkse haventerreinen bij nieuwe ontwikkelingen of het toepassen van zilte landbouw). Het onderzoek geeft een eerste beeld van wat nodig is om alle opties open te houden. Dit vraagt verdere concretisering: om welke locaties gaat het, op welke manier kunnen we keuzeruimte houden en wat zijn de gevolgen daarvan, op welke termijn is de betreffende ruimte nodig?

4.4 Wat doen we met de resultaten?

Adaptatiepaden en Herijking Deltaprogramma

De resultaten van dit onderzoek vormen belangrijke input voor de uitwerking van adaptatiepaden: mogelijke routes om geleidelijk toe te groeien naar verschillende denkrichtingen voor de lange termijn. Adaptatiepaden laten zien op welke momenten belangrijke systeemkeuzes nodig zijn en welke verschillende richtingen dan gekozen kunnen worden. Zo komen de mogelijke routes van de huidige situatie naar verschillende richtingen op de lange termijn in beeld. Daarnaast wordt duidelijk welke acties nodig zijn om opties voor de lange termijn open te houden.

Aandachtspunt in de adaptatiepaden is de tijd die nodig is om tot complexe besluiten over (systeem)keuzes te komen.

De resultaten van dit onderzoek en de adaptatiepaden zijn ook input voor de herijking van het Deltaprogramma die in 2026 plaatsvindt en voor andere beleidstrajecten.

Vervolgonderzoek

Dit onderzoek is een eerste vingeroefening. Het geeft een eerste beeld van de mogelijkheden en de gevolgen van verschillende manieren om met zeespiegelstijging om te gaan. We moeten ons verder verdiepen om op lange termijn weloverwogen keuzes te kunnen maken én om nu al verstandig te kunnen investeren.

In hoofdstuk 3 staan per uitgewerkte denkrichting een aantal vervolgvragen. Die kunnen en hoeven we niet allemaal tegelijk op te pakken. Er moet een ordening komen in de vragen: wanneer is welk onderzoek nodig?

De volgende onderzoeken zijn al voorzien in de tweede fase van het Kennisprogramma Zeespiegelstijging:

- Een analyse van de gevolgen van de drie denkrichtingen voor functies als ecologie, waterkwaliteit, landbouw, woningbouw, scheepvaart en regionale watersystemen (impactanalyse).
- Nader onderzoek naar de kosten en mogelijke baten van verschillende denkrichtingen voor de lange termijn, inclusief doorgaan met de huidige strategie. Met name voor de denkrichting Meebewegen is dat nog niet mogelijk geweest, vanwege de korte onderzoeksperiode en de complexiteit van het financiële plaatje.
- Onderzoek naar bestuurlijke en maatschappelijke aspecten: denk hierbij onder meer aan de risicoperceptie van de bevolking en bedrijven op het gebied van overstromingen, de manier waarop de maatschappij betrokken kan worden bij grote veranderingen in de verre toekomst, solidariteitsaspecten, de wijze waarop 'grote keuzes' met een regio-overstijgende uitstraling tot stand (kunnen) komen.
- Onderzoek naar de effecten van zeespiegelstijging op de zoetwaterlenzen onder de duinen.
- Onderzoek naar suppletie methoden bij toename van benodigde suppletievolumes
- Concretisering van adaptatiepaden, vanuit de huidige situatie naar mogelijke toekomstige richtingen.



Bijlage 1

Denkrichting Beschermen: belangrijkste kenmerken en gevolgen van de vier strategieën

Kenmerken en effecten	Gesloten, pompen en berging	Gesloten, spuisluis en berging	Afsluitbaar, bestaande afvoerverdeling	Afsluitbaar, afvoercorridor Waal
Pompcapaciteit (m ³ /s)	15500	3000	3000	3000
Stijging 1/100000 waterstand (m) 2100 2200	0,5 0	1 3-4	1-2 4-5	(buiten de delpolder) 0-2 2-4
Zoetwater-overschot/tekort (m ³ /s) ¹¹ 2100 2200	++ --	++ -	-- ----	+ --
Kosten ¹² 2100 2200	90 170	100 190	110 180	100 170
Ruimtebeslag dijken (km ²) 2100 2200	55 70	60 130	75 140	60 95
Te amoveren gebouwen ¹³ 2100 2200	22000 26000	25000 37000	30000 37000	16000 24000
Natuur	Verlies getijdenatuur in Zeeuws-Hollandse delta	Verlies getijdenatuur in Zeeuws-Hollandse delta	Open zee-rivierverbinding, getijdenatuur en overgangszones	Open zee-rivierverbinding, getijdenatuur en overgangszones, maar alleen in hoogwatercorridor
Scheepvaart ¹⁴	Overslag over land, eventueel schutsluis in Rijnmond	Overslag over land, eventueel schutsluis in Rijnmond	Open-afsluitbare verbinding	Overslag over land, eventueel schutsluis in Rijnmond
Land- en tuinbouw in Rijn-Maasmond en zuidwestelijke delta	Bestaand landgebruik kan vooralsnog voortgezet	Bestaand landgebruik kan vooralsnog voortgezet	Toenemende doorspoelvraag veroorzaakt groot watertekort	Bestaand landgebruik kan vooralsnog grotendeels voortgezet
Buitendijks	Weinig beïnvloed	Grote invloed	Grote invloed	Alleen invloed buiten Deltapolder

¹¹ Dit is met de extra buffers, getallen zijn voor een droog jaar (als 1976). +/- < 500 m³/s, ++/-- 500-1000 m³/s, +++/----: 1000-2000 m³/s, ++++/----- > 2000 m³/s

¹² Het betreft hier de kosten voor aanpassen van waterkeringen (in grond, dus breed), kunstwerken, aanleg pompen, aanpassingen buitendijks en waterkeringen en suppleties langs Wadden, IJsselmeer, delta en kust (exclusief maatwerkmaatregelen bij kustplaatsen)

¹³ Dit is voor Rijn-Maasmonding plus het aansluitende deel van Maas, Waal, Neder-Rijn Lek

¹⁴ Schutsluis met als ontwerpeis minimale zoutindringing

Colofon

Begeleiding:

Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat, staf Deltacommissaris

Tekst en redactie:

Renske Postma, www.dekrachtvantaal.nl

Vormgeving:

One Architecture, met input van BoschSlabbers (Beschermen) en ZUS (Zeewaarts)

Opmaak en Druk:

HVR en Delta3

Fotografie:

De Afsluitdijk wordt verstevigd met Level blocs: John Gundlach

Werf op schiereiland Marken: Tineke Dijkstra

Lauwersmeerdijk, dijkversterking, Friesland: (Waarschijnlijk) Tineke Dijkstra

Twee mensen bij de Maeslantkering: Gerda Hanemaaier

Oosterscheldekering: Tineke Dijkstra

Aanleg van de Afsluitdijk met drijvende stoomkraan: Archief Rijkswaterstaat

Versterking Houtribdijk met zandige oevers en natuurgebied Trintelzand: Frank Janssens

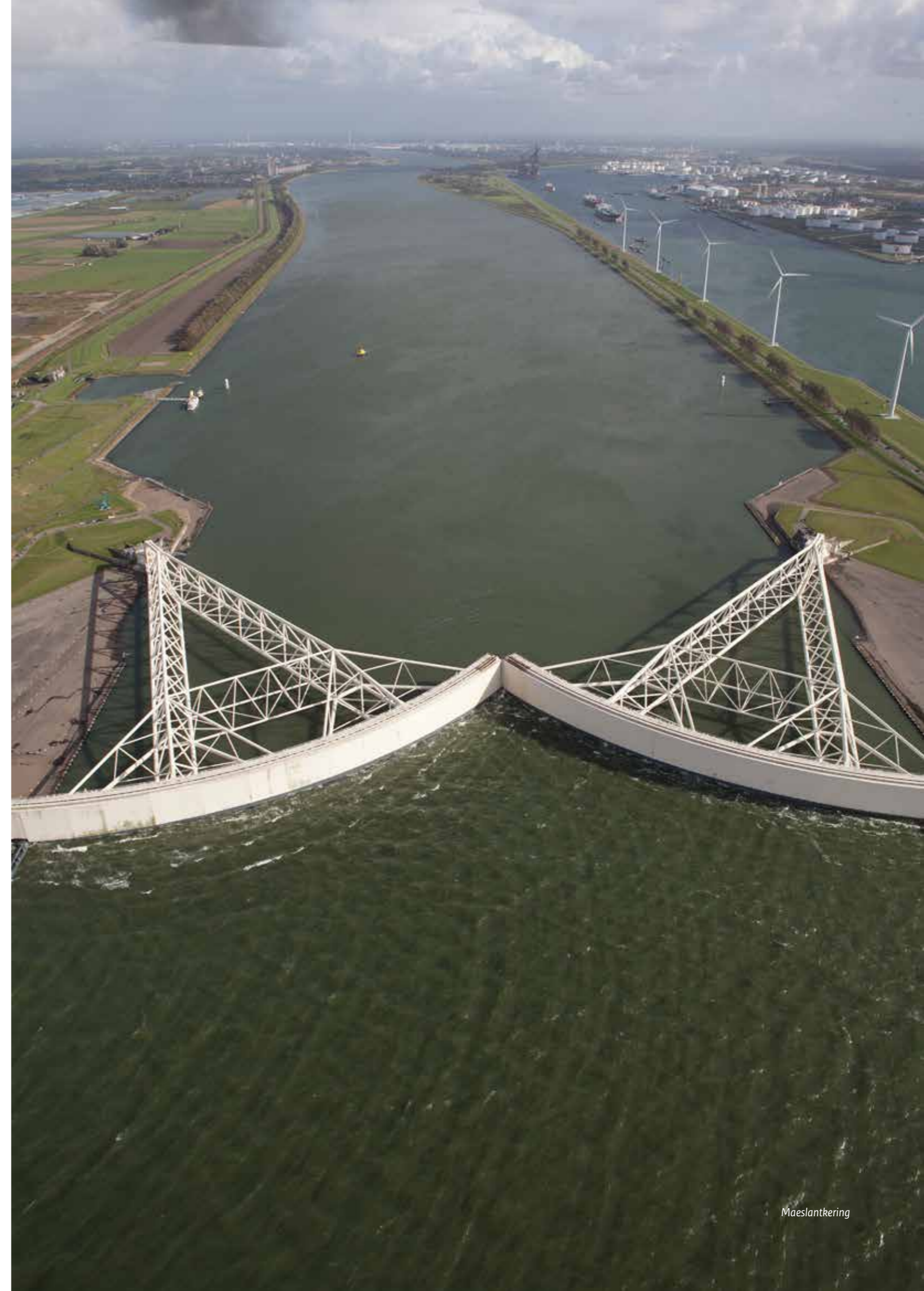
Zandsuppleties Scheveningen: Tineke Dijkstra

De Zandmotor na 10 jaar: Martijn Beekman

Hoorn, Vissereiland, wateroverlast door beperkte spuumogelijkheden IJsselmeergebied: Jos van Alphen

De Primaire Waterkering van Terschelling: Bart van Vliet

Maeslantkering: Theo Bos



Maeslantkering

Deze brochure is een product van het Kennisprogramma
Zeespiegelstijging, een initiatief van de minister van
Infrastructuur en Waterstaat en de deltacommissaris.

www.rijksoverheid.nl/minienw
www.deltaprogramma.nl