Ministerie van Infrastructuur
en Waterstaat

Zeespiegelstijging en Nederland: hoe houden we het veilig en leefbaar?

Hoofdlijnen uit het Kennisprogramma Zeespiegelstijging



Zeespiegelstijging en Nederland: hoe houden we het veilig en leefbaar?

Hoofdlijnen uit het Kennisprogramma Zeespiegelstijging

juni 2026



De zeespiegelstijging versnelt, wereldwijd en ook voor de Nederlandse kust. Dat is een van de gevolgen van klimaatverandering. Omdat zeespiegelstijging voor het laaggelegen Nederland grote gevolgen kan hebben, hebben de minister van Infrastructuur en Waterstaat en de deltacommissaris in 2019 initiatief genomen voor het Kennisprogramma Zeespiegelstijging. Na zes jaar is het Kennisprogramma afgerond en zijn de resultaten nu beschikbaar.

De centrale vraag van het Kennisprogramma was: kunnen we Nederland veilig en leefbaar houden? De focus lag op de bescherming tegen overstromingen en verzilting van zoetwater. Dit rapport geeft de uitkomsten op hoofdlijnen en wat die betekenen voor de Nederlandse aanpak.

Inhoud

Samenvatting 5

1 Inleiding 9
- 1.1 Aanleiding 9
- 1.2 Doel van dit rapport 9
- 1.3 Totstandkoming 10
- 1.4 Leeswijzer 10

2 Op hoofdlijnen: wat gaan Nederlanders merken van zeespiegelstijging? 12
- 2.1 Waarom is zeespiegelstijging een issue voor Nederland? 12
- 2.2 Blijven we veilig en houden we genoeg zoetwater? 13
- 2.3 Wat verandert er in het wonen en werken in Nederland? 14
- 2.4 Blijft de zorg voor waterveiligheid en waterbeschikbaarheid betaalbaar? 18

3 Verdieping: welke vraagstukken ontstaan door zeespiegelstijging en hoe kunnen we ermee omgaan? 20
- 3.1 Hoe snel stijgt de zeespiegelstijging? 20
- 3.2 Welke vraagstukken ontstaan achtereenvolgens door zeespiegelstijging? 22
- 3.3 Wat is het palet aan denkbare oplossingen? 26
- 3.4 Hebben we hiermee genoeg mogelijkheden om te leven met zeespiegelstijging? 34

4 Hoe verder: wat betekent deze kennis voor bestuurlijke keuzes? 37
- 4.1 Welke strategische keuzes kunnen we maken, nu en later? 37
- 4.2 Hoe kunnen we omgaan met de onzekere snelheid van de zeespiegelstijging? 40
- 4.3 Welke overwegingen spelen een rol bij toekomstige keuzes? 42

Bijlage 1 Hoe snel stijgt de zeespiegel? 44

Bijlage 2 Vraagstukken voor bescherming tegen overstromingen en het omgaan met verzilting 49

Bijlage 3 De kennisbasis: overzicht van achtergrondrapporten van het Kennisprogramma Zeespiegelstijging 51

Colofon 52

Samenvatting

Over het Kennisprogramma Zeespiegelstijging

De zeespiegelstijging versnelt, wereldwijd en ook voor de Nederlandse kust. Dat is een van de gevolgen van klimaatverandering. Omdat zeespiegelstijging voor het laaggelegen Nederland grote gevolgen kan hebben, hebben de minister van Infrastructuur en Waterstaat en de deltacommissaris in 2019 initiatief genomen voor het Kennisprogramma Zeespiegelstijging. Na zes jaar is het Kennisprogramma afgerond en zijn de resultaten nu beschikbaar.

De centrale vraag van het Kennisprogramma was: kunnen we Nederland veilig en leefbaar houden? De focus van het programma lag op de bescherming tegen overstromingen en verzilting van zoetwater. Dit rapport geeft de uitkomsten op hoofdlijnen en wat die betekenen voor de Nederlandse aanpak.

Kunnen we Nederland de komende eeuwen veilig en leefbaar houden?

Het korte antwoord op deze vraag is: voorlopig wel, MITS. Om hier te kunnen blijven wonen, moeten we continu doorwerken aan de bescherming tegen overstromingen en de bereidheid hebben om hier blijvend in te investeren. Ook moeten we leven met minder zoetwater: de verzilting die nu al toeneemt, wordt sterker door zeespiegelstijging.

Het veilig en leefbaar houden van Nederland legt een toenemend beslag op de schaarse ruimte, energie en grondstoffen als zand en klei: voor steeds hogere en bredere dijken, meer grote gemalen, sterkere stormvloedkeringen, meegroeiende oeverzones, aangepast bouwen en fors meer zandsuppleties voor de kust. Daarnaast moeten we het landgebruik aanpassen aan toenemende verzilting in kustprovincies. Dit alles vraagt soms ingewikkelde keuzes met maatschappelijke gevolgen en gaat meer geld kosten. Zo kunnen we wél in Nederland blijven wonen, in principe tot 5 meter zeespiegelstijging.

De zeespiegel blijft stijgen, maar de snelheid is onzeker. Die hangt ook af van de wereldwijde CO_2-uitstoot. Hoe sneller de zeespiegel stijgt, hoe groter en zwaarder de opgave. Als we de verandering in het klimaat, de zeespiegel en de samenleving goed volgen en ons blijven verdiepen in manieren om ermee om te gaan, kunnen we steeds op basis van de beste kennis handelen. Niet te laat en niet te vroeg. Ook bij onverwachte ontwikkelingen.

Welke vraagstukken ontstaan door zeespiegelstijging?

Uit het Kennisprogramma blijkt dat de eerste vraagstukken nu al spelen en er snel nieuwe bij komen. Er is steeds vaker niet genoeg zoetwater om alle polders in de kuststreek net zo zoet te houden als nu. In eerste instantie komt dat vooral door afnemende zomerafvoeren van rivieren door klimaatverandering. Zeespiegelstijging gaat deze verzilting steeds meer versterken. Ook staan we voor een continue grote inspanning om de kustlijn met steeds omvangrijkere zandsuppleties op zijn plaats te houden en dijken steeds hoger en breder te maken.

Nederland komt steeds lager ten opzichte van de zeespiegel te liggen. Het wordt moeilijker om overtollig regen- en rivierwater in natte tijden af te voeren naar zee. Nu kunnen we nog onder vrij verval spuien. Binnen enkele decennia is de afvoer op meerdere plaatsen grotendeels afhankelijk van pompen, onder meer bij de Afsluitdijk en de zeesluis van IJmuiden. Dat kost meer energie en vergroot de afhankelijkheid van techniek.

De stormvloedkeringen gaan vaker sluiten. Het kan wenselijk zijn de stormvloedkeringen pas bij hogere stormvloeden te sluiten zodat ze minder vaak dichtgaan; dat stelt extra eisen aan de achterliggende dijken. In de tweede helft van deze eeuw zijn alle stormvloedkeringen bovendien aan vervanging toe: ze bereiken dan het einde van de levensduur waar ze voor ontworpen zijn. Mogelijk is de levensduur iets op te rekken; dat wordt onderzocht.

Welke manieren zijn denkbaar om met de gevolgen van zeespiegelstijging om te gaan?

Er zijn verschillende opties voor het omgaan met zeespiegelstijging. We kunnen de huidige aanpak uitbreiden of nieuwe oplossingen toepassen, zoals de Nieuwe Waterweg afdammen (en het rivierwater met megapompen naar zee afvoeren), de regio Rijnmond-Drechtsteden inrichten als een polder, een groot kustmeer inrichten als buffer voor hoge rivierafvoeren, afgedamde zeearmen weer volledig open maken en land-waterovergangen laten meegroeien met de zeespiegelstijging. Wat we ook kiezen, de gevolgen zijn groot: onder meer voor de scheepvaart, de haven, de beschikbare ruimte in stedelijk gebied, de veiligheid in buitendijkse gebieden, landbouw en natuur.

Basis op orde houden:

Kustlijn op zijn plaats houden met meer en grotere zandsuppleties.

Dijken steeds hoger en sterker maken.

Steeds meer pompen inzetten tegen water-overlast en verzilting.

Verzilting bestrijden waar het kan, leven met verzilting waar het moet.



Altijd de basis op orde houden

We kunnen ons blijven beschermen tegen overstromingen volgens de geldende eisen en omgaan met de onontkoombare verdergaande verzilting, maar daar hoort een *essentieel voorbehoud* bij. Het kan áls we altijd een sterke basis houden:

1. de kustlijn op zijn plaats houden met steeds meer en grotere zandsuppleties;
2. dijken en andere waterkeringen steeds hoger en sterker maken;
3. steeds meer pompen inzetten om water af te voeren naar zee;
4. de verzilting zo efficiënt mogelijk bestrijden waar het kan en leren leven met verzilting waar het moet.

Op deze manier zijn de extra stappen die zeespiegelstijging vereist haalbaar en uitvoerbaar voor de opeenvolgende generaties.

Keuzes maken: niet te vroeg en niet te laat

Technisch gezien kunnen we op basis van de huidige inzichten voorlopig goed vooruit met de huidige aanpak, afhankelijk van de snelheid van de zeespiegelstijging. Dat is over het geheel genomen minder complex en ingrijpend dan overstappen op een andere strategie. Wel vraagt dit op korte termijn al grote investeringen en een aantal grote besluiten:

- Basis op orde: hoe houden we steeds voldoende ruimte, materialen, menskracht, kennis en financiële middelen beschikbaar om op te schalen zodra dat nodig is?
- Omgaan met verzilting: hoe verdelen we het schaarse zoete water in perioden met watertekort?
- Natuurlijke processen: waar laten we land-waterovergangen meegroeien met de zeespiegelstijging voor robuuste waterveiligheid?
- De verdeling van het Rijnwater: hoe verdelen we het Rijnwater over de Waal en de IJssel, bij hoge en bij lage afvoeren, voor de waterveiligheid en de beschikbaarheid van zoetwater?
- Waterpeil IJsselmeer: willen we meer speelruimte creëren in het peilbeheer van het IJsselmeer, voor een grotere zoetwater-buffer, het beperken van wateroverlast en robuuste natuur?
- Stormvloedkeringen: op tijd vervangen zodat ze goed blijven functioneren. De eerste vervangingen komen in de tweede helft van deze eeuw. Onder meer de Maeslantkering (vanaf 2070) en de Oosterscheldekering (vanaf 2080) bereiken dan het einde van de levensduur waar ze voor ontworpen zijn. Een vraag die waarschijnlijk al eerder komt is bij welke waterstand we de stormvloedkeringen willen sluiten: handhaven we het huidige sluitpeil (waardoor de keringen vaker dichtgaan) of verhogen we het sluitpeil (waardoor hogere dijken nodig zijn en buitendijks gebied met hogere waterstanden te maken krijgt)?

Als we de komende tijd doorgaan met de huidige aanpak, dan komt over 100-150 jaar de voorbereiding van de tweede vervanging van de stormvloedkeringen in zicht. Dan moeten we ons opnieuw buigen over de toekomst van de stormvloed-keringen: gaan we ze aan het eind van de volgende eeuw opnieuw vervangen door nog hogere en sterkere stormvloed-keringen? Technisch is dat mogelijk, maar de impact van zeespiegelstijging op andere functies wordt steeds groter, zeker als de zeespiegelstijging snel blijkt te gaan. Dan zijn ook andere (combinaties van) oplossingen te overwegen, met name voor de (voormalige) zeearmen en riviermondingen. We moeten ons tijdig voorbereiden op deze keuzes:

- Kiezen we voor open, afsluitbare of afgedamde zeearmen en riviermondingen? Dit zijn geen nieuwe oplossingen, ze komen allemaal al in Nederland al voor. Afhankelijk van de snelheid van de zeespiegelstijging kan dit moment ook eerder of later komen. Waar we voor een andere oplossing kiezen, moeten we rekening houden met een lange voorbereidingstijd.

Andere maatschappelijke en economische ontwikkelingen kunnen aanleiding zijn om deze keuze eerder te maken.

Als we doorgaan met de huidige aanpak...

... moeten we deze grote besluiten nu voorbereiden

- Hoe houden we zand en klei beschikbaar voor zandsuppleties en dijkversterkingen?
- Hoe houden we ruimte beschikbaar voor dijkversterkingen?
- Hoe verdelen we het schaarse zoete water?
- Land-waterovergangen laten meegroeien voor robuuste waterveiligheid?
- Hoe verdelen we het Rijnwater bij hoge en lage rivierafvoeren?
- Flexibeler peil in IJsselmeer voor grotere zoetwaterbuffer en natuur?
- Sluitpeilen van stormvloedkeringen handhaven of verhogen?
- Alle stormvloedkeringen vernieuwen: einde levensduur

... en deze grote besluiten over 100 à 150 jaar

Per zeearm/riviermonding:

- **Open** verbinding met de zee
- **Afsluitbaar** met stormvloedkering
- **Afdammen** zeearm/ riviermonding

Of eerder, *bijvoorbeeld vanwege ruimtelijke of economische ontwikkelingen*

Hoe verder

Dankzij het Kennisprogramma Zeespiegelstijging hebben we nu inzicht in de mogelijke opties voor het omgaan met zeespiegelstijging, gezien door de bril van het waterbeheer. Wat de beste aanpak is, hangt echter ook af van andere ruimtelijke, economische en maatschappelijke wensen en ontwikkelingen. Daarmee gaat het uiteindelijk om een politiek-bestuurlijke afweging.

Dit kunnen we doen om tot goede afwegingen te komen:

1. Altijd voorbereid op grote keuzes: na de ramp van 1953 en de overstromingsdreiging in het rivierengebied in de jaren negentig kon Nederland razendsnel adequaat handelen, omdat de plannen al klaarlagen. Ook nu is het belangrijk om steeds goede plannen klaar te hebben, omdat we niet weten hoe snel de zeespiegel gaat stijgen. Dit vraagt blijvende verdieping van de kennis over de gevolgen van zeespiegelstijging en de mogelijke oplossingen.
2. Leren van ervaringen: we kunnen de balans opmaken van 30-70 jaar ervaring met de deltawerken, andere programma's en (buitenlandse) ervaringen met aanpassingen in het landgebruik aan verzilting. Niet alleen waterstaatkundig, maar ook maatschappelijk, economisch en ecologisch.
3. Het perspectief verbreden: hoe kunnen andere belanghebbenden omgaan met zeespiegelstijging, hoe beïnvloeden de functies elkaar en welke transities tekenen zich af? Dit kan nieuwe inzichten en zelfs nieuwe oplossingen opleveren. Een samenhangend perspectief voor de toekomstige waterstaatkundige inrichting van onze delta, in samenhang met andere ruimtelijke keuzes, kan desinvesteringen zoveel mogelijk voorkomen.

1



1 Inleiding

1.1 Aanleiding

Wereldwijd stijgt de zeespiegel. Dat proces is al heel lang gaande, maar is de afgelopen decennia versneld. Zeespiegelstijging heeft in Nederland onder meer gevolgen voor de bescherming tegen overstromingen en de beschikbaarheid van zoetwater: als we niets extra's doen, neemt het risico op overstromingen toe en wordt het water op verschillende plaatsen zouter. De vraag is hoe we daarmee om kunnen gaan. Om daar inzicht in te krijgen is in 2019 het Kennisprogramma Zeespiegelstijging gestart met vier vragen, op initiatief van de minister van Infrastructuur en Waterstaat en de deltacommissaris (zie Figuur 1).

Overheden, kennisinstellingen en adviesbureaus hebben in dit programma onderzocht welke gevolgen zeespiegelstijging voor de waterveiligheid en zoetwater in Nederland kan hebben en hoe we daarmee om kunnen gaan. In 2023 is de tussenbalans van de resultaten gepubliceerd. In 2026 is het Kennisprogramma afgerond en zijn de eindresultaten beschikbaar gekomen.

1.2 Doel van dit rapport

Dit rapport geeft op hoofdlijnen de uitkomsten van het Kennisprogramma Zeespiegelstijging weer en de keuzes die hieruit volgen. Bijlage 3 geeft een overzicht van de kennisproducten van het kennisprogramma.

Het rapport geeft antwoord op de vraag of en hoe Nederland kan leven met zeespiegelstijging en wat we nu kunnen doen om te borgen dat oplossingen in de toekomst uitvoerbaar blijven. Het laat zien welke vraagstukken zich achtereenvolgens voordoen naarmate de zeespiegel verder stijgt, welke oplossingen dan mogelijk zijn en wat de gevolgen daarvan zijn voor het wonen en werken in Nederland.

Met deze kennis kan Nederland zich voorbereiden op leven met zeespiegelstijging. Zo hebben ze een rol gespeeld bij de zes-jaarlijkse herijking van het Nationaal Deltaprogramma in 2026: overheden en kennisinstituten beoordelen dan of de gekozen koers van het Deltaprogramma nog passend is om Nederland nu en in de toekomst te beschermen tegen overstromingen en watertekort en de inrichting klimaatbestendig te maken. Daarnaast zijn de resultaten een belangrijke bron voor de actualisatie van het waterbeleid in het nieuwe Nationaal Water Programma.



Figuur 1 De centrale vragen in het Kennisprogramma Zeespiegelstijging.

1.3 Totstandkoming

De minister van Infrastructuur en Waterstaat en de delta-commissaris zijn samen opdrachtgever voor het Kennis-programma Zeespiegelstijging. De onderzoeken zijn uitgevoerd in opdracht van het ministerie en de Staf deltacommissaris, in samenwerking met het KNMI, Rijkswaterstaat, Deltares en andere kennisinstellingen en ingenieursbureaus. De regio's van het Deltaprogramma waren hier intensief bij betrokken. Vier consortia hebben denkrichtingen voor de lange termijn uitgewerkt.
Het Expertise Netwerk Waterveiligheid en het Expertise Netwerk Zoetwater en Droogte hebben geadviseerd over de uitgangspunten en onderzoeksresultaten.

1.4 Leeswijzer

Hoofdstuk 2 geeft op hoofdlijnen een antwoord op deze vraag: kunnen we leven met zeespiegelstijging en wat vraagt dat, maatschappelijk en financieel? Het verdiepende hoofdstuk 3 laat zien welke vraagstukken door zeespiegel-stijging ontstaan, voor de bescherming tegen overstromingen en de verziltingsbestrijding, en welke opties we hebben om daarmee om te gaan. Hoofdstuk 4 gaat in op de betekenis van de resultaten voor besluitvorming. Centraal hierin staan de strategische keuzes die uit het kennisprogramma volgen, het omgaan met de onzekerheid rond de snelheid van zeespiegelstijging en overwegingen die een rol spelen bij het kiezen van oplossingen.

Bijlage 1 geeft verdiepende informatie over de snelheid van de zeespiegelstijging. In Bijlage 2 staan twee figuren die op hoofdlijnen laten zien welke vraagstukken achtereenvolgens ontstaan naarmate de zeespiegel verder stijgt en wanneer die ongeveer te verwachten zijn. Bijlage 3 bevat een overzicht van de rapporten die het Kennisprogramma Zeespiegel-stijging heeft opgeleverd en die de basis voor dit eindrapport vormen.



2



2 Op hoofdlijnen: wat gaan Nederlanders merken van zeespiegelstijging?

2.1 Waarom is zeespiegelstijging een issue voor Nederland?

Leven in een delta heeft grote voordelen: denk aan de continue aanvoer van zoetwater via de rivieren, een vlak land met vruchtbare bodems en strategisch gelegen zeehavens. Daar staat tegenover dat het leven in de nabijheid van de zee risico's kent, zeker voor een laaggelegen land als het onze: de zee kan verwoestende overstromingen veroorzaken. Daarnaast vermengt in een delta het zoute zeewater zich van nature met het zoete binnenwater (verzilting). Dat maakt enerzijds de natuur van de delta zo bijzonder en heeft anderzijds gevolgen voor het land- en watergebruik. Omgaan met overstromingen en verzilting is dan ook van oudsher onderdeel van ons bestaan.

De opgave voor de bescherming tegen overstromingen en het omgaan met verzilting wordt groter door zeespiegelstijging. Figuur 2 laat zien dat de gevolgen zonder extra inspanning ingrijpend zijn.



Landverlies

We verliezen geleidelijk land, omdat de kustlijn landinwaarts schuift: golven en getijden-stromen zullen meer zand weghalen uit de kustzone.

Overstromingsgevaar

De kans op een overstroming neemt toe: waterstanden en golven worden hoger en daar zijn onze dijken en andere water-keringen niet op berekend.

Verzilting

Het water in kustprovincies wordt vaker te zout voor het huidige landgebruik: er komt meer zout zeewater land-inwaarts, via open verbindingen (zoals de Nieuwe Waterweg), zeesluizen en het grondwater.

Figuur 2 De gevolgen van zeespiegelstijging in Nederland als we niets extra's doen.

2.2 Blijven we veilig en houden we genoeg zoetwater?

Op hoofdlijnen

De zeespiegel stijgt en dat gaat ons raken. Om in deze laaggelegen delta te kunnen blijven wonen, moeten we continu doorwerken aan de bescherming tegen overstromingen, de huidige aanpak opschalen en bereid zijn daarin te blijven investeren. Ook moeten we leren leven met minder zoetwater: de verzilting die nu al toeneemt, wordt sterker door zeespiegelstijging.

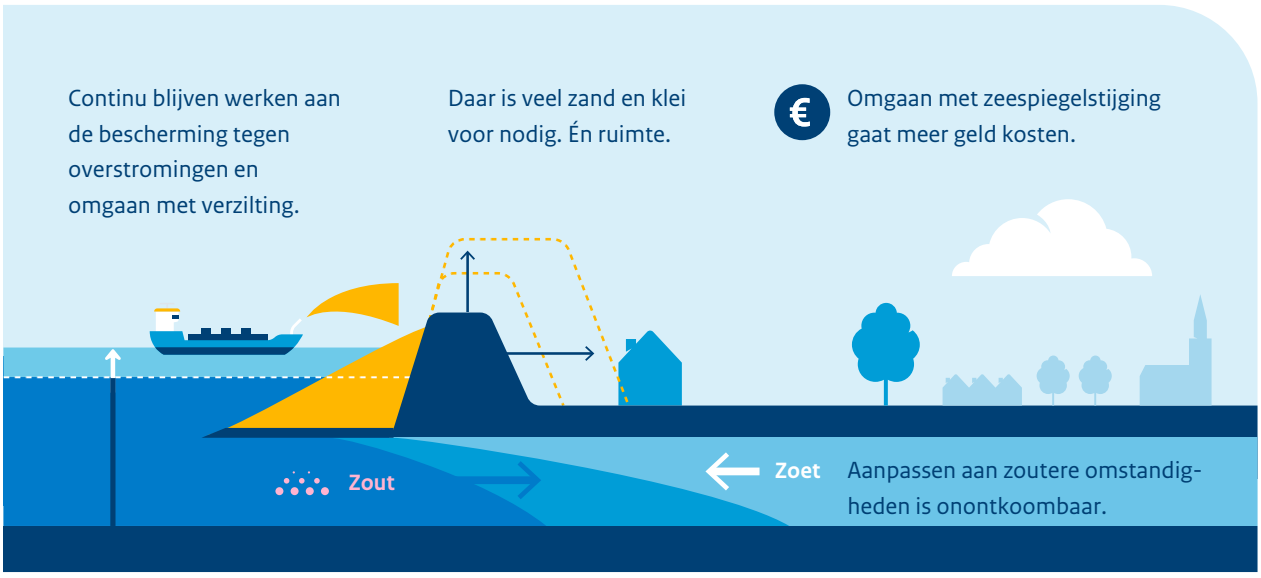
Het veilig en leefbaar houden van Nederland legt een toenemend beslag op de schaarse ruimte, energie en grondstoffen als zand en klei: voor steeds hogere en bredere dijken, meer grote gemalen, sterkere stormvloedkeringen, meegroeiende oeverzones, aangepast bouwen en fors meer zandsuppleties voor de kust. Daarnaast moeten we het landgebruik aanpassen aan toenemende verzilting in kustprovincies. Dit alles vraagt soms ingewikkelde keuzes met maatschappelijke gevolgen en gaat meer geld kosten. Zo kunnen we wél in Nederland blijven wonen, in principe tot 5 meter zeespiegelstijging.

De zeespiegel blijft stijgen, maar de snelheid is onzeker. Die hangt ook af van de wereldwijde CO_2-uitstoot. Hoe sneller de zeespiegel stijgt, hoe groter en zwaarder de opgave. Als we de verandering in het klimaat, de zeespiegel en de samenleving goed volgen en ons blijven verdiepen in manieren om ermee om te gaan, kunnen we steeds op basis van de beste kennis handelen. Niet te laat en niet te vroeg. Ook bij onverwachte ontwikkelingen.

Toelichting op de bescherming tegen overstromingen

We zijn een uitstekend beschermde delta. Als we blijven investeren kan dat zo blijven, in ieder geval tot 3 meter zeespiegelstijging en in principe tot 5 meter als de zeespiegelstijging niet te snel gaat. Technisch gezien kunnen we voorlopig goed vooruit met de huidige aanpak voor de bescherming tegen overstromingen: dijken steeds hoger en sterker maken, de kustlijn op zijn plaats houden met meer en grotere zandsuppleties, stormvloedkeringen vaker sluiten en op tijd vervangen door nieuwe stormvloedkeringen, structurele bescherming bieden aan bewoners en bedrijven in buitendijkse gebieden, mogelijk hogere waterpeilen in het IJsselmeergebied en (meer) pompen inzetten om water af te voeren. Voor functies als scheepvaart, havenactiviteiten en landbouw zijn de gevolgen dan *relatief* beperkt, omdat de inrichting van de watersystemen in grote lijnen gelijk blijft.

De samenleving zal echter wel degelijk impact ondervinden. Als in 2050 alle primaire waterkeringen aan de wettelijke waarden voldoen, zoals bedoeld met het nu lopende Hoogwaterbeschermingsprogramma, moeten we deze keringen daarna blijven versterken. Over anderhalve eeuw kan de zeespiegel als het tegenzit tot zo'n 3 meter hoger staan. De keringen moeten dan over een lengte van meer dan 2000 kilometer niet alleen hoger zijn (enkele meters), maar ook breder (tot tientallen meters). Deze waterkeringen liggen onder meer in de dichtbebouwde Rijn-Maasmonding, langs de grote rivieren (tot ver stroomopwaarts), de Oosterschelde en de Westerschelde en de vastelandskust van de Waddenzee. De ruimte die voor de dijkversterkingen nodig is, is nu voor andere doeleinden in gebruik en zal



Figuur 3 De conclusie van het Kennisprogramma Zeespiegelstijging op hoofdlijnen.

bovendien concurreren met de ruimtevraag voor bijvoorbeeld nieuwe woningen, infrastructuur en natuur. Eind deze eeuw moeten we alle stormvloedkeringen vervangen door nieuwe, omdat ze het einde van hun levensduur bereiken; dat vraagt grote investeringen. Voor het kustlijnonderhoud is over anderhalve eeuw tot ruim drie keer zoveel Noordzeezand nodig als nu. Uitbreiding van de winmogelijkheden is zeer complex, onder meer vanwege de vele kabels en leidingen, en zal concurreren met de zandvraag voor infrastructuur op het land.

Als we voorlopig verdergaan met de huidige aanpak, komt over 100-150 jaar de voorbereiding van de tweede serie vervangingen van stormvloedkeringen in zicht. Verdergaan op de huidige weg (hogere, sterkere stormvloedkeringen bouwen) is dan technisch gezien nog steeds mogelijk, maar de benodigde ingrepen en de impact van zeespiegelstijging op andere functies worden steeds groter. Dan zijn ook andere oplossingen te overwegen, met name in de Rijn-Maasmonding en langs de benedenlopen van de Lek, Waal en Maas: in dit sterk verstedelijkte gebied moeten we niet alleen de zeespiegelstijging opvangen, maar ook het rivierwater veilig naar zee blijven afvoeren. Andere oplossingen zouden bijvoorbeeld kunnen zijn: het afdammen van de Nieuwe Waterweg (met megapompen om het rivierwater naar zee af te voeren), de regio Rijnmond-Drechtsteden inrichten als een polder, een groot kustmeer inrichten als buffer voor rivierwater, afgedamde zeearmen weer volledig open maken en land-waterovergangen laten meegroeien met de zeespiegelstijging. Bij iedere oplossing die we kiezen, zijn de gevolgen groot: onder meer voor de scheepvaart, de haven, de beschikbare ruimte in stedelijk gebied, de veiligheid in buitendijkse gebieden en de natuur. Voor afzonderlijke functies kunnen de gevolgen per oplossing zowel positief als negatief uitvallen.

Toelichting op verzilting en zoetwater

We beperken de verzilting in de kustprovincies door het zout met zoet rivierwater terug te duwen en weg te spoelen naar zee. Die aanpak loopt in droge zomers nu al tegen grenzen aan: de afgelopen jaren was er verschillende keren niet genoeg zoet water om aan de vraag te voldoen. Dat gaat steeds vaker gebeuren. Door klimaatverandering is er op korte termijn minder zoet rivierwater om de verzilting te bestrijden en door zeespiegelstijging komt gaandeweg juist meer zout water in onze watersystemen. Met extra maatregelen kunnen we de verzilting enigszins beperken of vertragen: het zout beter tegenhouden bij zeesluizen, zout water efficiënter terugspoelen naar zee, het rivierwater anders verdelen en de zoetwaterbuffer in het IJsselmeergebied vergroten.

Ondanks deze maatregelen neemt de verzilting toe en zal er in droge zomers vaker tekort aan zoetwater zijn.

Vanaf 0,5 meter zeespiegelstijging is in een droge zomer twee keer zoveel zoet rivierwater nodig om alle polders die kwetsbaar zijn voor verzilting even zoet te houden als nu. Als we de polders met deze extra hoeveelheid rivierwater doorspoelen, gaat dat ten koste van de beschikbaarheid van zoet water elders in het land. Het kan een keuze zijn om in een aantal polders op een hoger zoutgehalte te sturen, zodat meer zoetwater overblijft voor andere gebieden en gebruikers. Dat zal gevolgen hebben voor de huidige teelten en de huidige natuur in de gebieden die verzilten. Gaandeweg kunnen verdergaande oplossingen in beeld komen, zoals het laten meegroeien van de bodem van de Nieuwe Waterweg met de zeespiegelstijging (met behoud van vaardiepte) of zelfs het periodiek afsluiten van riviertakken in Rijnmond-Drechtsteden. Verdergaande verzilting is ook hiermee uiteindelijk niet te voorkomen. Welke oplossingen we ook kiezen, in alle gevallen moeten we ermee leven dat er in de zomer minder zoetwater is en meer verzilting in kustprovincies.

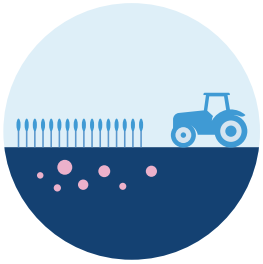
De toenemende verzilting heeft gevolgen voor het ruimtegebruik. Het landgebruik in verziltingsgevoelige gebieden zal zich moeten aanpassen aan hogere zoutgehalten en grotere pieken in het zoutgehalte. Maatregelen om de verzilting zo goed mogelijk te blijven bestrijden vragen extra ruimte: bijvoorbeeld voor grote pompen bij spui- en schutsluizen en uitbreiding van infrastructuur om verziltende wateren door te spoelen.

2.3 Wat verandert er in het wonen en werken in Nederland?

Ondanks de zeespiegelstijging kunnen we in Nederland blijven wonen en werken, in ieder geval de komende eeuwen. Wel heeft de zeespiegelstijging gevolgen voor bewoners, bedrijven, maatschappelijke sectoren en natuur. Met sommige gevolgen moeten we altijd rekening houden, andere zijn afhankelijk van de maatregelen die we treffen voor de waterveiligheid en het omgaan met verzilting.

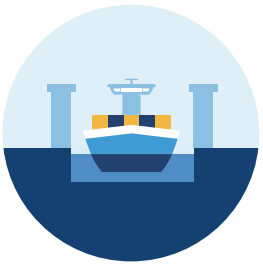
De gevolgen van zeespiegelstijging ontstaan niet van de ene dag op de andere. Er is tijd om functies aan te passen aan nieuwe omstandigheden. De impact is bovendien deels te beperken met aanvullende maatregelen. Zeker is dat de impact zonder maatregelen voor waterveiligheid en waterbeschikbaarheid veel groter is: de kans op overstromingen wordt dan groter en de verzilting neemt sterker toe.

Zeespiegelstijging heeft in elk geval deze gevolgen voor het wonen en werken in Nederland:



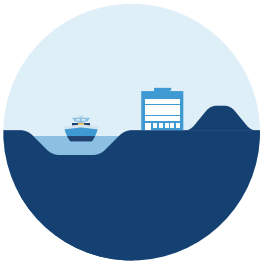
Land- en tuinbouw

We kunnen niet voorkomen dat een deel van laag-Nederland verzilt, met name polders in kustprovincies. De gewassen die daar nu geteeld worden, zijn veelal kwetsbaar voor verzilting en grotere wisselingen in het zoutgehalte. Aanpassingen aan dergelijke omstandigheden zijn onvermijdelijk.



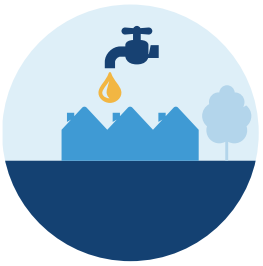
Scheepvaart en havens

Stormvloedkeringen zullen geleidelijk aan vaker moeten sluiten. Iedere sluiting leidt tot stremming van de scheepvaart. Havens zijn tijdelijk niet bereikbaar. Het aantal sluitingen is te beperken door de stormvloedkeringen bij een hogere waterstand te sluiten; dat vraagt wel hogere dijken.



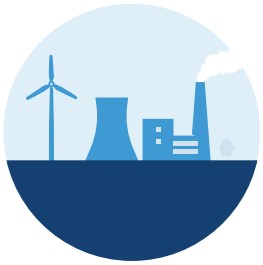
Buitendijkse bebouwing en activiteiten

Buitendijkse gebieden in de Rijn-Maasmonding komen zonder aanvullende maatregelen vaker en uiteindelijk permanent onder water te staan, zeker als we de stormvloedkeringen bij een hogere waterstand gaan sluiten (zie hierboven). Dat kan grote schade aan woningen en bedrijven veroorzaken en gaandeweg tot veiligheidsrisico's leiden.



Drinkwater en koelwater

Het water bij een aantal inlaatpunten voor drinkwaterbereiding zal vaker de norm van 150 mg chloride per liter overschrijden. Dat vraagt aanpassingen in de drinkwatersector, zoals ontzilting of het verleggen van inlaatpunten. De zoetwaterbellen in de duinen worden kleiner en dat heeft gevolgen voor drinkwaterbedrijven die deze bellen gebruiken om drinkwater op te slaan en voor te zuiveren. Verzilting van innamepunten van koelwater vraagt aanpassingen in de industrie.



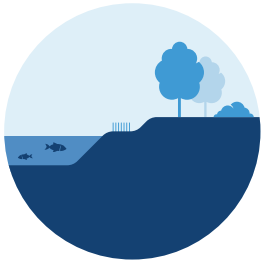
Energievoorziening

We moeten meer pompen en gemalen inzetten voor de bescherming tegen overstromingen, om wateroverlast te voorkomen en verzilt water af te voeren. Dat vraagt investeringen in aanleg en onderhoud en kost energie. Datzelfde geldt voor andere vormen van zoutbestrijding, zoals bellenschermen en constructies voor doorspoelen.



Waterbeheer

Waterbeheer wordt (nog) intensiever. De toenemende afhankelijkheid van technische beheersmaatregelen als pompen vraagt meer beheer en onderhoud, meer energie en goede bescherming tegen storingen en terrorisme.



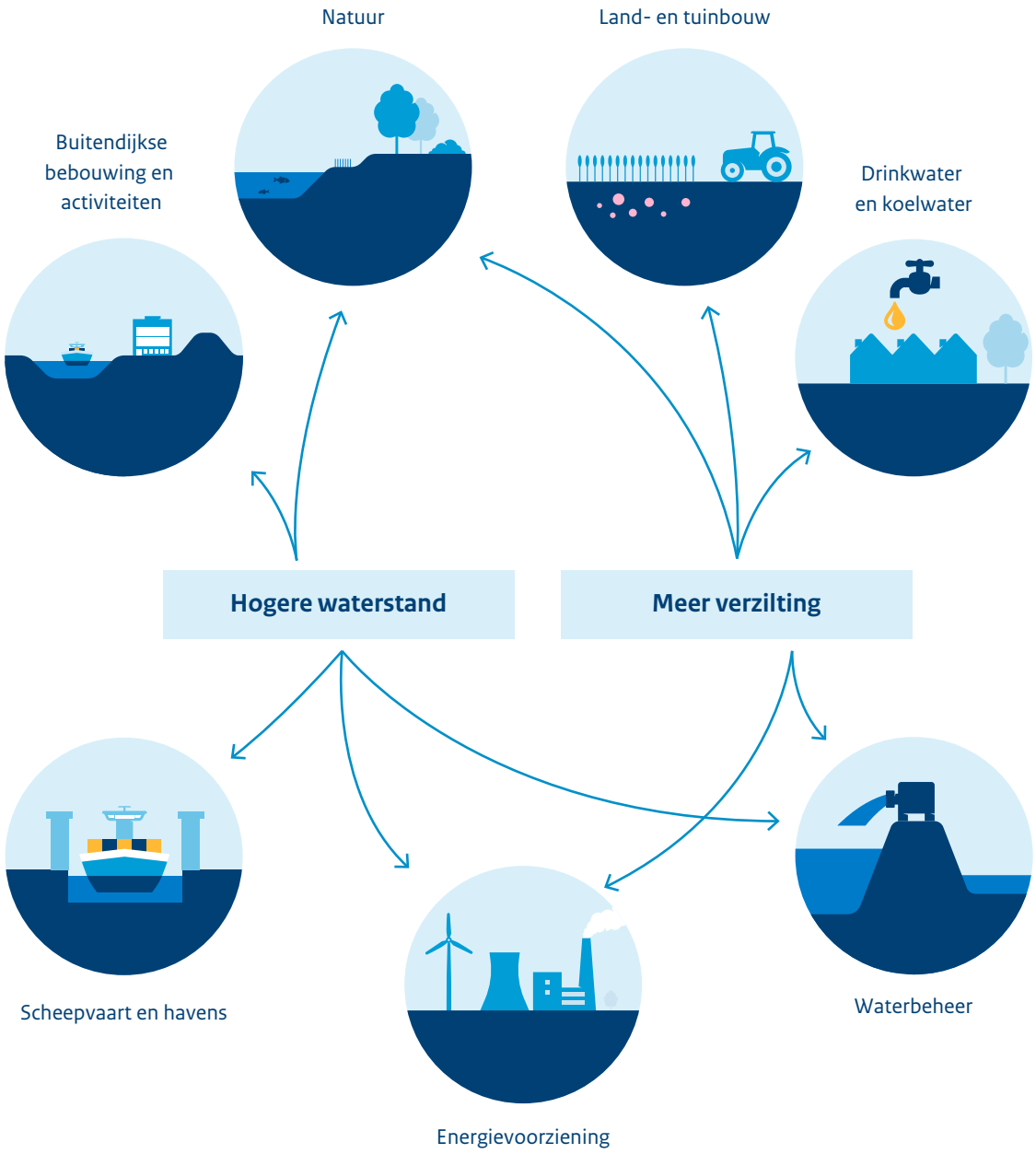
Natuur

Door stijgende waterstanden verdrinken waardevolle intergetijdengebieden en oeverzones, wat onder meer gevolgen voor de vogelstand heeft.
Het winnen van meer zand voor zandsuppleties heeft waarschijnlijk meer impact op de natuur in de Noordzee. Toenemende inzet van pompen maakt het voor trekvissen moeilijker om van en naar hun paaigebieden te zwemmen.
Het vaker sluiten van Oosterscheldekering heeft negatieve gevolgen voor de ecologische kwaliteit van de Oosterschelde. Op verschillende plaatsen gaat het zoutgehalte sterker variëren, met hogere pieken. De huidige natuur is daar niet altijd tegen bestand.



Deze gevolgen leiden onontkoombaar tot transities in een aantal functies en de natuur. Dat hoeft niet negatief te zijn: transities kunnen kansen bieden om tegelijkertijd andere gewenste of noodzakelijke ontwikkelingen in gang te zetten.

Andere landen zullen bovendien voor vergelijkbare transities staan. Kennis en ervaring opdoen met nieuwe oplossingen en transities biedt daarom kansen voor export van kennis en kunde en voor goede samenwerking en afstemming met buurlanden.



Figuur 4 Verschillende functies ondervinden gevolgen van de hogere waterstanden en de verzilting die zeespiegelstijging met zich meebrengt. De figuur laat deze samenhang zien voor een aantal functies die in de tekst worden toegelicht worden. Dit is geen volledig beeld van de gevolgen.

2.4 Blijft de zorg voor waterveiligheid en waterbeschikbaarheid betaalbaar?

Zeespiegelstijging gaat ons en toekomstige generaties meer geld kosten. Goede bescherming tegen overstroming en verzilting blijft echter betaalbaar, ervan uitgaande dat Nederland in de toekomst een relatief welvarend land blijft.

De kosten nemen toe

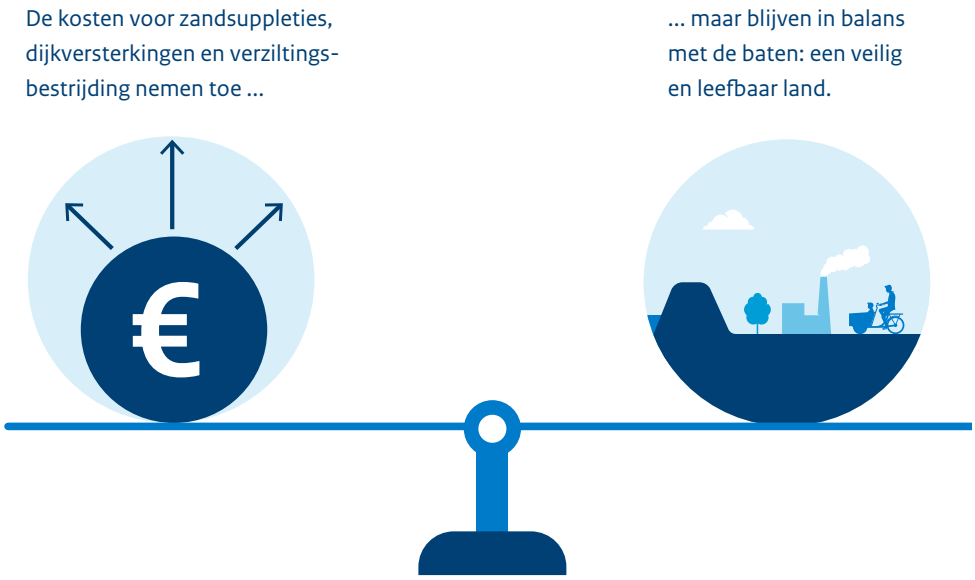
Als we de bescherming tegen overstromingen op het huidige wettelijk niveau willen houden en verzilting zoveel mogelijk willen beperken, vraagt dat meer inspanning naarmate de zeespiegel verder stijgt. Daardoor nemen de kosten voor waterveiligheid en zoetwater toe. De jaarlijkse kosten voor dijkversterkingen blijven ordegrootte op het niveau van het huidige Hoogwaterbeschermingsprogramma en worden op termijn 1,5-2 keer zo hoog. De kosten voor zandsuppleties worden 3-7 keer zo hoog als nu, afhankelijk van de snelheid van de zeespiegelstijging. Daarbij komen toenemende kosten voor pompen, bescherming van buitendijkse gebieden, bestrijding van verzilting, verdeling van het beschikbare zoetwater en aanpassingen in het uitgebreide net van kleinere regionale wateren. Ook aanpassingen in het landgebruik, bijvoorbeeld vanwege verzilting, kunnen extra kosten meebrengen.

We kunnen de bescherming tegen overstromingen en de verzilting op heel verschillende manieren aanpakken (zie 3.3). De kosten verschillen per oplossing, maar hebben dezelfde orde van grootte zolang de kans op overstromingen op het huidige wettelijk niveau blijft. Wel kan de verdeling van de kosten in de tijd verschillen.

We kunnen alle delen van Nederland voorlopig goed blijven beschermen tegen overstromingen. Het verplaatsen van bewoners en activiteiten naar hoog-Nederland is voorlopig niet nodig en bovendien economisch gezien onverstandig: de verplaatsing van woningen, bedrijven en landgebruik leidt tot omvangrijke kosten die veel hoger zijn dan blijven investeren in dijkversterkingen in laag-Nederland. Tijdens een dergelijke transitie zouden we de bescherming tegen overstromingen in laag-Nederland moeten blijven garanderen. Doen we dat niet, dan zullen gedurende de transitie de overstromingskansen toenemen. Dat zal grote maatschappelijke onrust en financiële onzekerheid geven. Investeren in de leefbaarheid en voorzieningen in laag-Nederland tijdens de transitie, met een krimpende bevolking, wordt dan zeer lastig. Alleen als de zeespiegel op zeer lange termijn zeer sterk blijft stijgen, kan verplaatsen noodzakelijk worden.

De baten blijven (veel) hoger dan de kosten

Tegenover de kosten staan de baten van maatregelen: het land blijft veilig en leefbaar en we houden een betrouwbaar systeem van waterveiligheid en robuuste zoetwatervoorziening. Op dit moment zijn de baten veel hoger dan de kosten: we hebben een heel kosteneffectieve manier om ons te beschermen tegen schade door water. Het lijkt erop dat dit in de toekomst zo blijft, al moeten we meer gaan betalen. Ook transities die (mede) door zeespiegelstijging in gang gezet worden, kunnen baten voor de samenleving opleveren. Alleen als we zouden kiezen voor het verplaatsen van bewoners en bedrijven uit laag-Nederland (zie hierboven), raken de kosten en de baten ver uit balans.



Figuur 5 We moeten meer gaan betalen voor betrouwbare waterveiligheid en robuuste zoetwatervoorziening, maar de baten blijven groter.

3



3 Verdieping: welke vraagstukken ontstaan door zeespiegelstijging en hoe kunnen we ermee omgaan?

3.1 Hoe snel stijgt de zeespiegel?

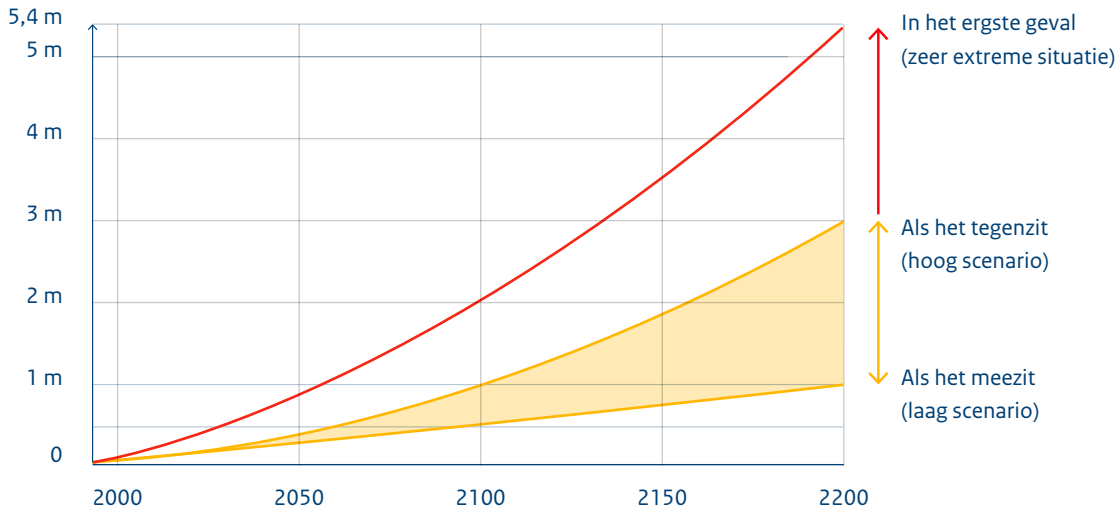
Zeespiegelstijging is het gevolg van klimaatverandering. Door de wereldwijde opwarming zet het water in de oceanen uit en smelt landijs af. Hoe snel de zeespiegel stijgt, kunnen we niet precies voorspellen. Dat hangt af van de snelheid van de klimaatverandering. En die hangt weer af van de wereldwijde CO_2-uitstoot in de komende decennia.

Hoog en laag scenario

Er zijn veel plannen om de CO_2-uitstoot te beperken, maar het is niet zeker in welke mate de wereldwijde uitstoot daadwerkelijk verandert. Het International Panel on Climate Change (IPCC) stelt daarom verschillende scenario's op voor de klimaatverandering waarin de uitstoot van CO_2 meer of minder toeneemt of afneemt. Het KNMI vertaalt deze mondiale scenario's in scenario's voor de klimaatverandering in Nederland. De scenario's worden regelmatig aangepast met de nieuwste kennis. De meest recente klimaatscenario's zijn van 2023. Onderdeel van ieder scenario zijn verwachtingen voor de zeespiegelstijging bij de Nederlandse kust (zie bijlage 1).

De KNMI'23-scenario's laten zien binnen welke bandbreedte de zeespiegelstijging bij Nederland naar verwachting uitkomt. Deze bandbreedte volgt uit een scenario met lage CO_2-uitstoot en een scenario met hoge CO_2-uitstoot (zie ook bijlage 1):

- Als het meezit: laag scenario. Beperkte zeespiegelstijging treedt op in het scenario waarin de uitstoot van broeikasgassen sterk afneemt (scenario SSP1-2.6). In dit scenario is de zeespiegel bij Nederland in 2100 met circa 50 cm gestegen ten opzichte van het gemiddelde zeeniveau in de periode 1995-2014.



Figuur 6 Scenario's voor zeespiegelstijging voor de kust van Nederland. De gele zone geeft aan binnen welke bandbreedte de gemiddelde zeespiegelstijging naar verwachting uitkomt, afhankelijk van de wereldwijde uitstoot van CO_2. Dit is de bandbreedte tussen het hoge en lage scenario (zie ook Figuur 18 in bijlage 1). Deze bandbreedte vormt het uitgangspunt voor de conclusies in dit rapport. De rode lijn geeft aan hoe snel de zeespiegel stijgt als de Antarctische ijskap instabiel wordt. Deze zeer extreme situatie is in dit rapport voor een stresstest gebruikt.

- Als het tegenzit: hoog scenario. Sterke zeespiegelstijging ontstaat in het scenario waarbij geen maatregelen worden genomen om de uitstoot van broeikasgassen te beperken (scenario SSP5-8.5). In dit scenario is de zeespiegel bij Nederland in 2100 met circa 1 meter gestegen ten opzichte van het gemiddelde zeeniveau in de periode 1995-2014.

In dit rapport zijn de vraagstukken die door zeespiegelstijging ontstaan gebaseerd op de bandbreedte tussen dit lage en hoge scenario voor de uitstoot van CO_2.

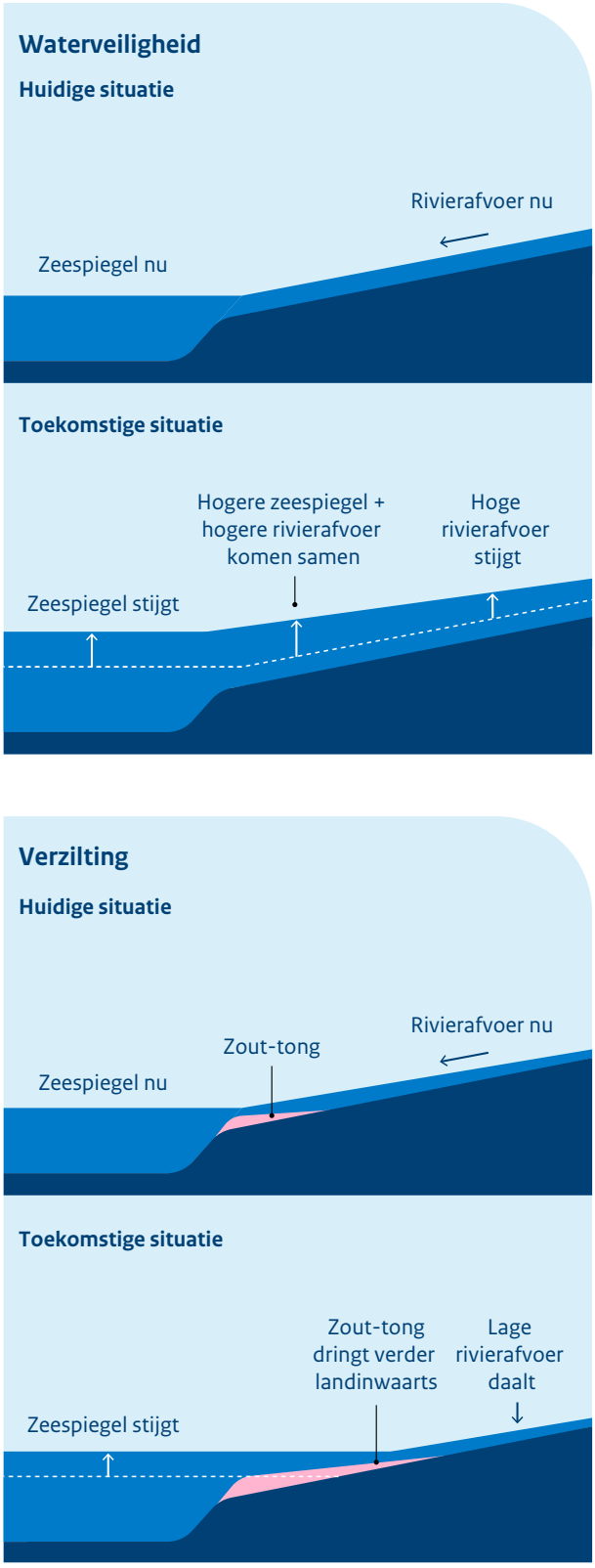
In het ergste geval

De snelheid waarmee de Antarctische ijskap smelt heeft grote invloed op de snelheid van de zeespiegelstijging. Er zijn aanwijzingen dat deze ijskap instabiel kan worden en versneld gaat afsmelten. Het KNMI heeft uit literatuur afgeleid hoe snel de zeespiegelstijging in dat geval maximaal kan zijn. In dit zeer extreme geval kan de zeespiegel voor de Nederlandse kust in 2100 met 2 meter zijn gestegen en in 2200 met meer dan 5 meter. Deze situatie is niet meegenomen in de scenario's met hoge en lage uitstoot. De kans dat dit daadwerkelijk optreedt is klein, maar de gevolgen zijn groot. Het Kennisprogramma Zeespiegelstijging heeft deze kennis gebruikt voor een stresstest: wat als dit onverhoopt werkelijkheid wordt (zie 3.4)?

Invloed van rivierafvoer en bodemdaling

Door klimaatverandering verandert de afvoer van de grote rivieren: naar verwachting wordt de rivierafvoer in de winter hoger en in de zomer juist lager. In een aanzienlijk deel van het land komt deze verandering samen met de gevolgen van zeespiegelstijging. De combinatie van zeespiegelstijging en hogere rivierafvoeren in de winter vergroot de opgave voor de bescherming tegen overstromingen; de combinatie van zeespiegelstijging met lagere rivierafvoeren in de zomer vergroot de opgave voor het omgaan met verzilting (zie Figuur 7). Daarom is in het Kennisprogramma Zeespiegelstijging gewerkt met scenario's voor de rivierafvoeren.

Door klimaatverandering neemt in de zomer de verdamping toe en de neerslag af. Daardoor neemt de vraag naar water voor peilbeheer en beregening toe. In de analyses is het effect van deze veranderende watervraag op de verzilting meegenomen.



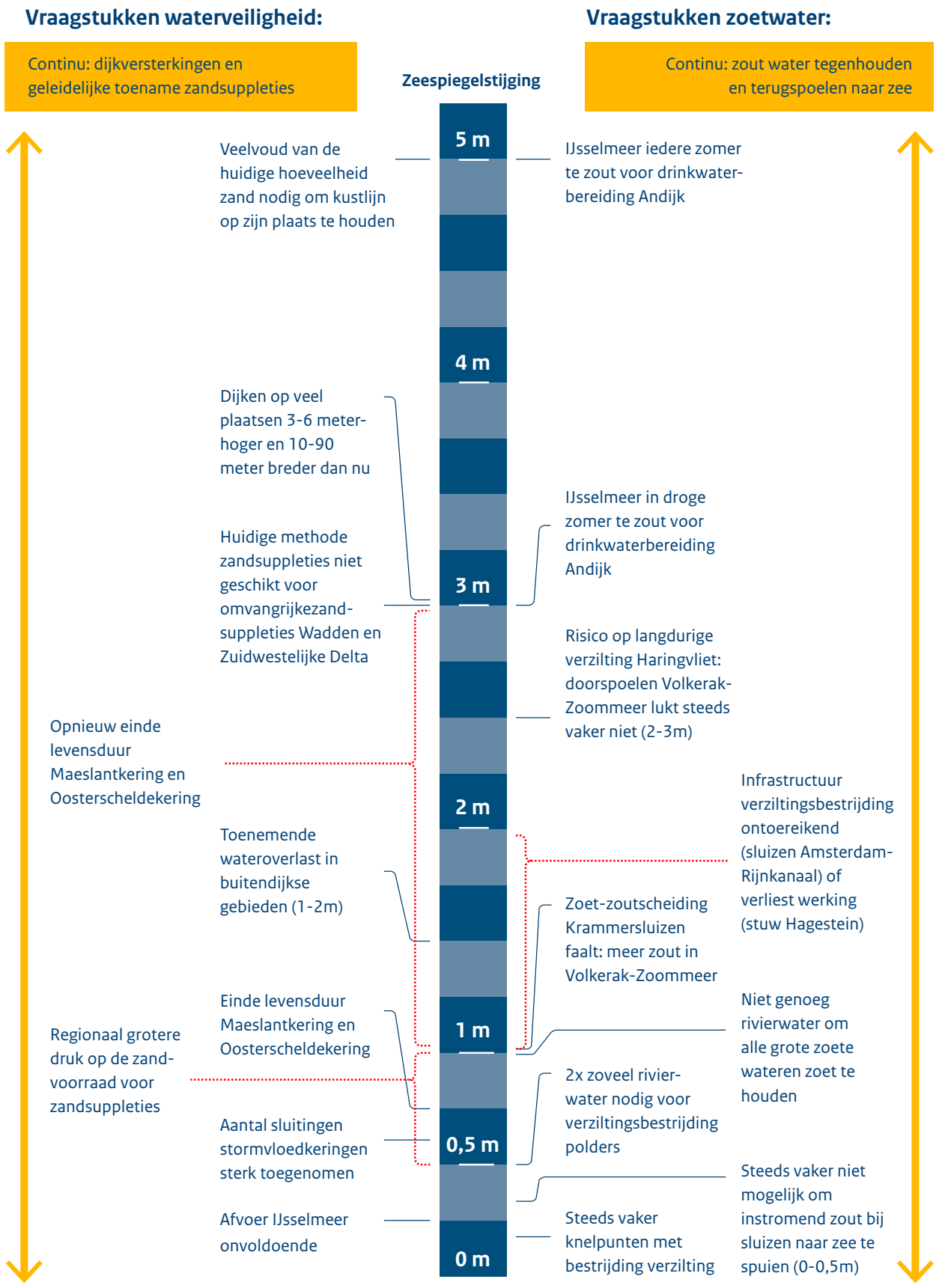
Figuur 7 Door klimaatverandering veranderen de rivierafvoeren. Dat versterkt de opgaven die door zeespiegelstijging ontstaan.

Door verschillende oorzaken daalt de bodem in Nederland, op de ene plaats sneller dan op de andere. De combinatie van bodemdaling en zeespiegelstijging kan de opgaven voor de bescherming tegen overstromingen en het omgaan met verzilting lokaal vergroten. Daarom is in het Kennis-programma Zeespiegelstijging rekening gehouden met de toekomstige bodemdaling.

3.2 Welke vraagstukken ontstaan achtereenvolgens door zeespiegelstijging?

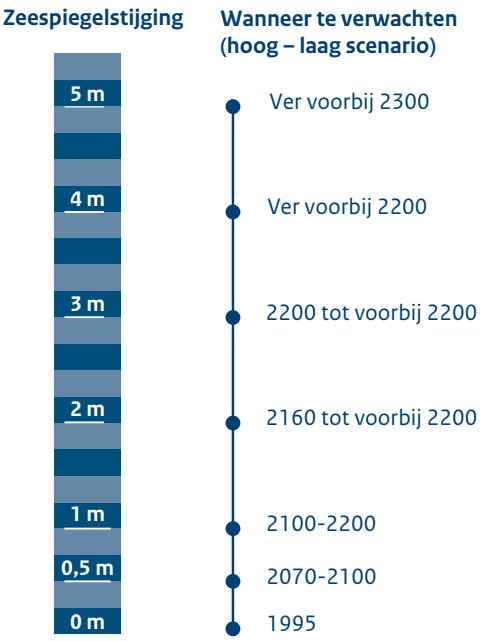
Naarmate de zeespiegel hoger staat, ontstaan steeds nieuwe vraagstukken over de bescherming tegen overstromingen en het tegengaan van verzilting. Figuur 8 geeft op hoofdlijnen een overzicht van deze vraagstukken. Hierbij is aangenomen dat we de bescherming tegen overstromingen handhaven volgens de huidige aanpak en wettelijke normen en we het zoete water zo lang mogelijk zoet willen houden om aan de watervraag te voldoen. Deze paragraaf geeft een toelichting op de vraagstukken.





Figuur 8 De figuur laat zien welke vraagstukken ontstaan binnen de huidige aanpak voor waterveiligheid (links) en zoetwater (rechts) naarmate de zeespiegel verder stijgt.

De snelheid waarmee de zeespiegel stijgt bepaalt wanneer deze vraagstukken zich voordoen. Figuur 9 geeft daar een indicatie van, uitgaande van de klimaatscenario's zoals in 3.1 beschreven (bandbreedte tussen het lage en hoge scenario).



Figuur 9 Indicatie van de tijdschaal waarop een bepaalde mate van zeespiegelstijging te verwachten is uitgaande van de bandbreedte tussen het lage en hoge scenario voor zeespiegelstijging (zie 3.1).

Vraagstukken over de bescherming tegen overstromingen



Vanaf nu vraagt het op orde houden van dijken en het op zijn plaats houden van de kustlijn continue inspanning. Zonder nieuwe rondes dijkversterkingen en steeds grotere zandsuppleties wordt het overstromingsrisico groter en verliezen we land langs de kust. In 2050 is het nu lopende Hoogwaterbeschermingsprogramma voor dijkversterkingen afgerond. Alle primaire waterkeringen voldoen dan aan de wettelijke normen, maar dat blijft niet zo. Dijken gaan ongeveer 50 tot 100 jaar mee en door zeespiegelstijging zijn steeds hogere en sterkere dijken nodig, zeker in combinatie met hogere rivierafvoeren en bodemdaling. Om de kustlijn op zijn plaats te houden, suppleren we nu jaarlijks 11 miljoen kuub zand. Naarmate de zeespiegel verder en sneller stijgt, is meer zand nodig.



Al voor 0,5 meter zeespiegelstijging is het niet meer mogelijk om overtollig water in het IJsselmeer snel genoeg af te voeren naar de Waddenzee. De spuisluizen en pompen die er nu al staan hebben dan onvoldoende capaciteit. Bij hoge afvoer van de IJssel en veel regen zal de waterstand in het IJsselmeer vaker het afgesproken peil overschrijden. Dat kan leiden tot wateroverlast in omringende gebieden. Bij 0,5 meter zeespiegelstijging ontstaan vergelijkbare problemen met de afvoer van water bij de zeesluizen van IJmuiden (uitgaande van de huidige pompen) en de Krammersluizen en vanaf 1 meter zeespiegelstijging bij de Bathse spuisluis. Dat kan tot wateroverlast leiden rond het Amsterdam-Rijnkanaal en Noordzeekanaal en het Volkerak-Zoommeer.



Vanaf 0,6 meter zeespiegelstijging sluiten de stormvloedkeringen zo vaak dat het operationeel beheer in de knel komt. De keringen moeten steeds vaker sluiten, omdat het sluitpeil door zeespiegelstijging vaker optreedt. Daardoor slijten ze sneller. Vaker sluiten heeft ook gevolgen voor de scheepvaart (Rijn-Maasmonding) en de natuur (Oosterschelde).



Bij 0,7 meter zeespiegelstijging bereiken de Maeslantkering (vanaf 2070) en de Oosterscheldekering (vanaf 2080) het einde van de levensduur waarvoor ze ontworpen zijn. Deze stormvloedkeringen zijn cruciaal voor de bescherming tegen overstromingen in de Rijn-Maasmonding en rond de Oosterschelde.



Al voor 1 meter zeespiegelstijging (rond 2100) lukt het niet om binnen de huidige reserveringszones voldoende Noordzeezand te winnen voor de benodigde suppleties langs de kust. In de reserveringszone (NAP-20 meter tot 12 mijl uit de kust) is genoeg zand aanwezig. Op een aantal plaatsen is het zand echter niet beschikbaar voor zandwinning, onder meer door kabels en leidingen, onontplofte explosieven en beschermde natuur.



Bij 1 tot 2 meter zeespiegelstijging leiden de hogere waterstanden regelmatig tot wateroverlast en soms tot veiligheidsrisico's in buitendijkse gebieden. Dit zijn de onbeschermde oeverzones aan de waterzijde van de dijken. Met name in de Rijn-Maasmonding zijn vooral de hoger gelegen buitendijkse gebieden intensief in gebruik. Rond 2030 staan daar ongeveer 40.000 woningen, met zo'n 60.000 bewoners, en vele bedrijven.



Bij 1 tot 3 meter zeespiegelstijging bereiken de stormvloedkeringen die bij 0,7 meter zeespiegelstijging zijn vernieuwd, opnieuw het einde van hun functionele levensduur (eind volgende eeuw).



Vanaf 3 meter zeespiegelstijging zijn andere methoden nodig om zand te suppleren langs de Noordzeekust voor de Zuidwestelijke Delta (Voordelta) en de Waddeneilanden. Met de huidige suppletiemethoden (op de vooroever en het strand) kunnen we de benodigde hoeveelheden zand niet snel genoeg aanbrengen. Voor de Hollandse kust lukt dat nog wel.



Bij 3 meter zeespiegelstijging moeten de dijken op veel plaatsen 3-6 meter hoger zijn dan bij de afronding van het nu lopende programma voor dijkversterkingen (Hoogwaterbeschermingsprogramma). Bij iedere dijkversterkingsronde worden de meeste dijken niet alleen hoger, maar ook breder. Rond 3 meter zeespiegelstijging is daar een strook van tientallen meters voor nodig (10-90 meter en lokaal meer). Die ruimte is vooral in verstedelijkt gebied grotendeels bebouwd.



Bij 5 meter zeespiegelstijging is nog veel meer zand nodig om de kustlijn op zijn plaats te houden: voor de Hollandse kust moeten we 2,5 keer zoveel zand suppleren als nu, voor de Zuidwestelijke delta 3,5 keer zoveel en voor de Noordzeekust van de Waddeneilanden ongeveer 6 keer zoveel.

Vraagstukken door verzilting van zoetwater



Vanaf nu ontstaan in droge zomers steeds vaker knelpunten met de bestrijding van verzilting. Door de ligging van Nederland nabij de zee dringt zout water landinwaarts, via riviermondingen, zeesluizen en kwel. Deze verzilting bestrijden we door het zout terug te duwen en weg te spoelen met zoet rivierwater. Door klimaatverandering neemt de hoeveelheid rivierwater in de zomer af. Dat geeft nu al in heel droge zomers knelpunten met de verzilting en die nemen toe naarmate de zeespiegel verder stijgt en er meer zout landinwaarts komt.



Tussen nu en 0,5 meter zeespiegelstijging lukt het bij verschillende zeesluizen niet meer om het zout dat tijdens het schutten naar binnen stroomt via spuien terug te spoelen naar zee: bij de sluizen in de Afsluitdijk, de zeesluis bij IJmuiden en de Krammersluizen. In droge zomers kunnen de zoutgehalten in het IJsselmeer, het Amsterdam-Rijnkanaal en het Volkerak-Zoommeer hierdoor tijdelijk oplopen.



Vanaf 0,5 meter zeespiegelstijging is in een droge zomer wee keer zoveel zoet rivierwater nodig om alle polders die kwetsbaar zijn voor verzilting even zoet als nu te houden. De inzet van die extra hoeveelheid rivierwater gaat ten koste van de beschikbaarheid van zoet water elders en vraagt om keuzes in de verdeling.



Rond 1 meter zeespiegelstijging is er niet genoeg rivierwater om alle grote zoete watersystemen zoet te spoelen én genoeg water beschikbaar te stellen voor watergebruikers.



Bij circa 1 meter zeespiegelstijging werkt het in 2025 aangelegde zoet-zoutscheidingssysteem bij de Krammersluizen niet meer. Daardoor komt meer zout in het Volkerak-Zoommeer (de belangrijkste zoetwaterbuffer voor de Zuidwestelijke delta) en neemt de vraag naar zoet water voor het doorspoelen van het meer toe.



Vanaf 1 à 2 meter zeespiegelstijging is er aanzienlijk meer rivierwater nodig om de verzilting van polders in de Rijn-Maasmonding te bestrijden, ook in minder droge perioden (als er nog wel genoeg rivierwater is). De infrastructuur om het water in de Rijn-Maasmonding te krijgen heeft vanaf 1 à 2 meter zeespiegelstijging onvoldoende capaciteit. Dit betreft onder meer sluizen in het Amsterdam-Rijnkanaal (Bernhardsluizen en Irenesluizen).



Tussen 1 en 2 meter zeespiegelstijging verliest de stuw bij Hagestein zijn functie. Daarmee vervalt de regelknop om rivierwater voor verziltingsbestrijding naar de Lek te sturen. Het is nog niet duidelijk wat de effecten bovenstrooms zijn.



Vanaf 2 tot 3 meter zeespiegelstijging neemt het risico op langdurige verzilting van het Hollandsch Diep in een droge zomer sterk toe. Hierdoor lukt het steeds vaker niet om het Volkerak-Zoommeer met zoet water door te spoelen.



Vanaf 3 meter zeespiegelstijging bevat het IJsselmeerwater bij het drinkwater-innamepunt Andijk in een droge zomer regelmatig meer dan 150 mg zout per liter. Het water is dan te zout voor de huidige manier van drinkwaterbereiding. Vanaf 5 meter zeespiegelstijging gebeurt dit iedere zomer.

3.3 Wat is het palet aan denkbare oplossingen?

Nederland heeft een eeuwenlange geschiedenis met het waterbeheer. Op hoofdlijnen hebben we steeds drie strategieën toegepast, vaak in combinatie met elkaar: de natuurlijke dynamiek benutten (bijvoorbeeld met landaanwinningswerken), het water sturen, keren en beheersen met technische maatregelen (zoals stuwen, dammen en stormvloedkeringen) en de inrichting en het landgebruik aanpassen aan veranderende omstandigheden (bijvoorbeeld teelten aanpassen aan toenemende verzilting).

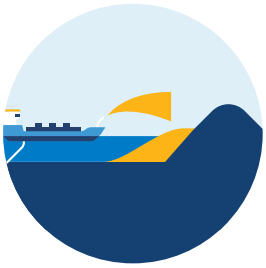
De huidige aanpak voor waterveiligheid en zoetwater bevat elementen uit alle drie de strategieën. Het Kennisprogramma Zeespiegelstijging heeft onderzocht of we de zeespiegelstijging aankunnen als we verdergaan op de huidige weg en of er andere opties zijn. Bij elkaar geeft dit inzicht in het palet aan mogelijkheden om de vraagstukken door zeespiegelstijging aan te pakken.

Verder op de huidige weg

Verder gaan op de huidige weg betekent:

- we blijven ons beschermen tegen overstromingen met zandsuppleties voor de kust en sterke dijken, dammen en stormvloedkeringen;
- de Oosterschelde en de Nieuwe Waterweg houden in de toekomst in dagelijkse omstandigheden een open verbinding met de zee, bij stormvloed sluiten we ze af met stormvloedkeringen;
- we gebruiken rivierwater om zout water tegen te houden en weg te spoelen naar zee en verdelen het zoete water zo slim mogelijk over het land.

In het Kennisprogramma Zeespiegelstijging is onderzocht wat de mogelijkheden en consequenties zijn als we verdergaan in het verlengde van deze weg, tot een zeespiegelstijging van 5 meter. De belangrijkste uitkomsten zijn op de volgende pagina samengevat.

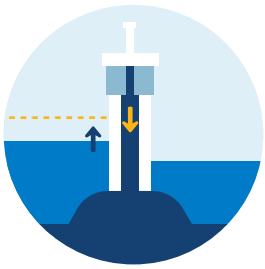


Meer zandsuppleties, sterkere dijken

Onderdeel van het huidige beleid is dat we de kustlijn op zijn plaats houden en dat dijken altijd voldoen aan de wettelijke normen. Naarmate de zeespiegel verder stijgt moeten we daarvoor meer zand langs de kust suppleren en de dijken hoger en breder maken. Op deze manier kunnen we ons in ieder geval tot 3 meter zeespiegelstijging blijven beschermen tegen overstromingen en in principe tot 5 meter als de zeespiegelstijging niet te snel gaat.

Het zand langs de kust wordt nu op de vooroever of direct op het strand gesuppleerd. Voor grotere hoeveelheden zand kunnen relatief nieuwe methoden als zandmotoren en suppleties tussen de Waddeneilanden (op buitendelta's) worden ingezet; daar is al succesvol mee geëxperimenteerd.

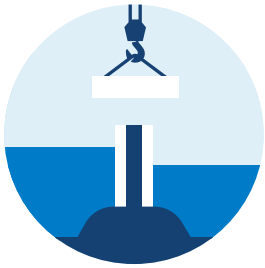
Voor de benodigde zandsuppleties zijn omvangrijke hoeveelheden Noordzeezand nodig. De dijkversterkingen vragen grote hoeveelheden zand en klei. Daarnaast is ruimte nodig om de dijken stevig genoeg te maken. Bij 3 meter zeespiegelstijging gaat het om een extra strook van 10-90 meter en lokaal meer.



Stormvloedkeringen vaker sluiten of bij een hogere waterstand sluiten

Bij zeespiegelstijging gaan de stormvloedkeringen vaker dicht, als we het huidige sluitpeil handhaven. Daardoor slijten de stormvloedkeringen sneller en wordt het operationeel beheer moeilijker uitvoerbaar. We kunnen het aantal sluitingen beperken door het sluitpeil geleidelijk te verhogen. Dat heeft voordelen voor de levensduur van de stormvloedkeringen. Nadeel is dat de waterstand in de Oosterschelde en Rijn-Maasmonding hoger zal oplopen, zodat (nog) hogere en bredere dijken nodig zijn en buitendijkse gebieden (nog) vaker met nog hogere waterstanden te maken krijgen.

Met name in Rijnmond-Drechtsteden is dat ingrijpend: daar is weinig ruimte voor dijkversterkingen en de buitendijkse gebieden worden intensief gebruikt. Met aanvullende maatregelen is de waterstand in Rijnmond-Drechtsteden bij gesloten kering met enkele decimeters te verlagen, bijvoorbeeld door rivierwater deels weg te pompen naar zee en/of de bestaande noodberging in de deltawateren uit te breiden. Het effect van dit soort maatregelen neemt bij doorgaande zeespiegelstijging snel af.



Stormvloedkeringen vervangen als ze niet meer functioneren

Onderdeel van de huidige aanpak is dat we kunstwerken zoals stormvloedkeringen vervangen als ze het einde van hun levensduur bereikt hebben (na 100 jaar) of om andere redenen onvoldoende veiligheid bieden (bijvoorbeeld door zeespiegelstijging). De nieuwe stormvloedkering zal sterker en hoger worden, passend bij de verwachte zeespiegelstijging en rivierafvoeren in de volgende 100 jaar. De stormvloedkeringen in de Nieuwe Waterweg, Haringvliet en Oosterschelde zijn in de loop van deze eeuw voor de eerste keer aan vervanging toe (zie 3.2). De voorbereiding, besluitvorming en realisatie van de vervangingen nemen 20-30 jaar in beslag. De vervanging vraagt aanzienlijke investeringen. Mogelijk is het moment van vervanging iets uit te stellen met beperkte maatregelen.



Buitendijkse gebieden beschermen tegen wateroverlast

Door zeespiegelstijging krijgen buitendijkse gebieden met hogere waterstanden te maken. Tot ongeveer 1 meter zeespiegelstijging is het risico voor woningen en bedrijven in buitendijkse gebieden te beperken met relatief eenvoudige en goedkope maatregelen, zoals vloedschotten, afsluiters en mobiele keringen. Daarna zijn structurele maatregelen zoals kades of ophoging te overwegen, of de hierboven genoemde maatregelen voor het verlagen van de waterstand (noodberging, pompen).



Steeds meer pompen

Als de waterstand in het IJsselmeer te hoog dreigt te worden, laten we water wegstromen naar de Waddenzee. Nu kan dat nog grotendeels onder vrij verval (spuien), maar door zeespiegelstijging moeten we de pompen die nu al in de Afsluitdijk staan steeds vaker inzetten en zijn steeds meer pompen nodig. Dat leidt tot groter energieverbruik. We kunnen iets langer doorgaan met spuien door het gemiddelde winterpeil (in dagelijkse omstandigheden) na 2050 met 30 cm te verhogen; deze optie is opengehouden in het huidig beleid. Vanaf 1 meter zeespiegelstijging wordt de waterafvoer alsnog volledig afhankelijk van pompen. Door steeds meer pompcapaciteit toe te voegen, kunnen we het (verhoogde) waterpeil handhaven tot 5 meter zeespiegelstijging. Aan de zeezijde van de Afsluitdijk staat het water dan permanent (veel) hoger dan aan de IJsselmeerkant.

Bij alle zee- en spuisluizen moeten we geleidelijk steeds vaker pompen inzetten voor de waterafvoer. Uiteindelijk zijn we bij deze sluizen volledig op pompen aangewezen, bijvoorbeeld bij IJmuiden (vanaf 0,4 meter zeespiegelstijging), de Krammersluizen (vanaf 1,5 meter zeespiegelstijging) en Bath (vanaf circa 2,5 meter zeespiegelstijging). Voor de verziltingsbestrijding is de inzet van pompen bij spuisluizen al eerder effectief.



Verzilting bestrijden en landgebruik aanpassen

Door zeespiegelstijging komt via de Nieuwe Waterweg (die in open verbinding met de zee staat) en de zeesluizen (schut- en spuisluizen) meer zout binnen. Ook door zoute kwel (het opwellen van oud zeewater in de ondergrond) komt meer zout in het oppervlaktewater. De huidige aanpak is om het zout zo veel mogelijk weg te spoelen met zoet rivierwater. Door klimaatverandering zal gaandeweg ’s zomer minder water door de rivieren stromen en neemt de watervraag voor peilbeheer en beregening toe. Daardoor lukt het steeds vaker niet om het water overal even zoet te houden als nu. Als dit echt gaat knellen, kunnen we ervoor kiezen om delen van het hoofdwatersysteem en/of polders in kustprovincies gecontroleerd minder zoet te houden, zodat de verzilting daar op een meer voorspelbare manier verloopt en andere delen vaker zoet kunnen blijven. Waar ’s zomers vaker verzilting optreedt, zijn veranderingen in onder meer landbouw en natuur onvermijdelijk.

Andere mogelijkheden

Naast verdergaan op de huidige weg zijn andere mogelijkheden denkbaar om met zeespiegelstijging om te gaan. Het Kennisprogramma Zeespiegelstijging heeft een aantal alternatieve denkrichtingen voor de lange termijn (2 en 5 meter zeespiegelstijging) laten uitwerken die een groot deel van het palet aan mogelijkheden weergeven:

Meebewegen, Beschermen, Zeewaarts en Meegroeien (zie kader). Iedere denkrichting heeft eigen combinaties van de drie strategieën die we van oudsher in Nederland toepassen: de natuurlijke dynamiek benutten, het water sturen, keren en beheersen en het landgebruik aanpassen aan veranderende omstandigheden (zie 3.3).

Vier denkrichtingen voor de lange termijn

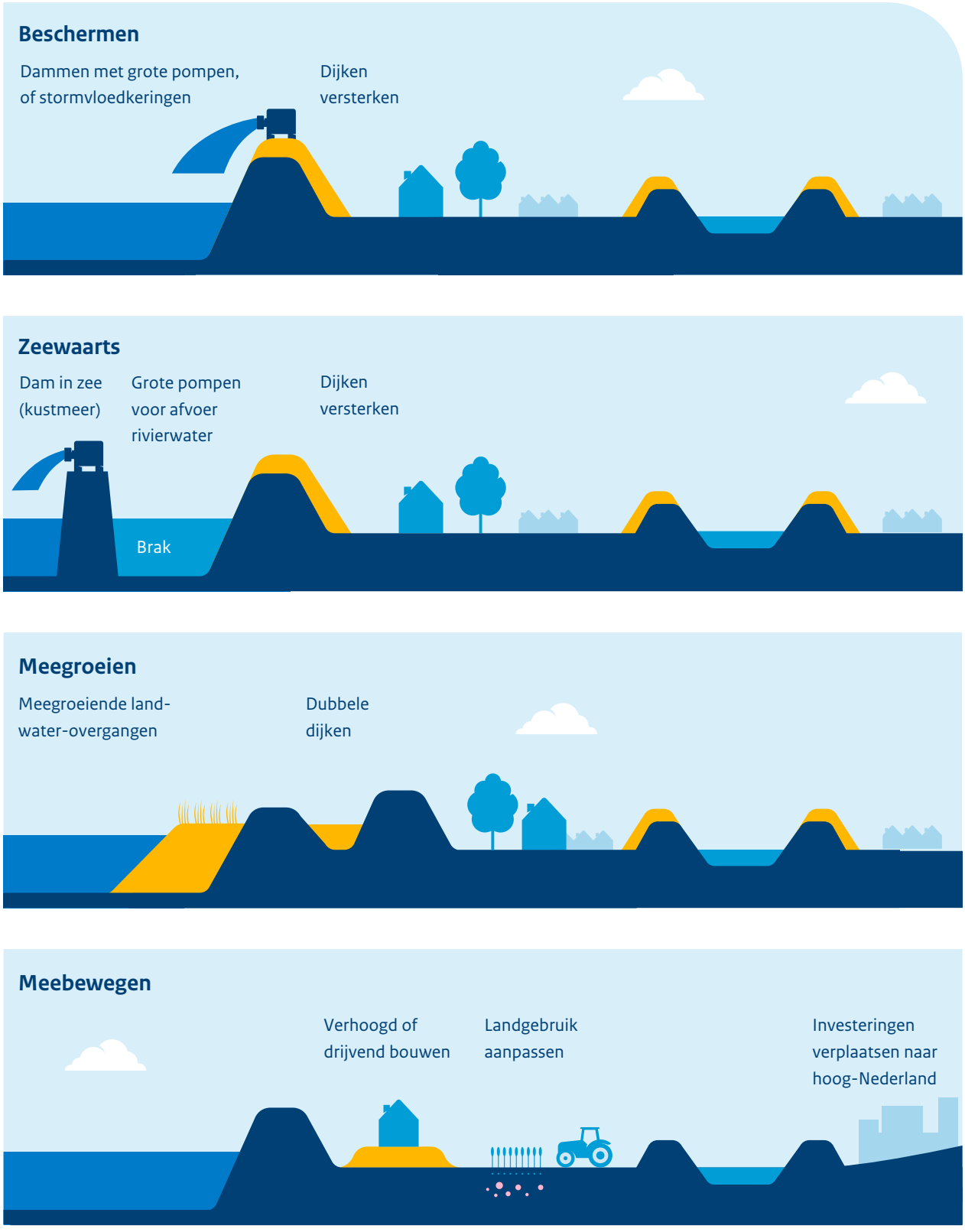
In het Kennisprogramma Zeespiegelstijging hebben vier consortia van overheden, kennisinstellingen en maatschappelijke organisaties ieder een denkrichting voor het omgaan met zeespiegelstijging op de lange termijn uitgewerkt:

1. **Beschermen**: we continueren het huidige waterbeheer met voornamelijk waterbouwkundige middelen, zoals dijkversterkingen, stormvloedkeringen, zandsuppleties, sluizen, stuwen, gemalen en pompen. Daarbij kunnen we kiezen voor afsluitbare zeearmen en riviermondingen (met een stormvloedkering) of afgedamde zeearmen en riviermondingen (met pompen voor de afvoer van overtollig water).

2. **Zeewaarts**: we bouwen een dam in zee zodat een groot meer voor de kust ontstaat voor het bergen van hoge rivierafvoeren. Dit vraagt minder pompcapaciteit voor de afvoer van rivierwater dan het afdammen van riviermondingen.

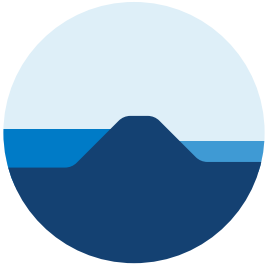
3. **Meegroeien**: we gebruiken de natuurlijke dynamiek om zand en slib in te vangen, zodat de overgang van zee naar land meegroeit met de zeespiegelstijging. Hiermee beperken we de gevolgen bij een onverhoopte dijkdoorbraak. Intergetijdengebieden, die door (water)werken in het verleden op veel plaatsen verloren zijn gegaan, worden groter en dat maakt de natuur robuuster.

4. **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. Denk bijvoorbeeld aan verhoogd of drijvend bouwen, zouttolerante landbouw en de verschuiving van wonen en werken naar hoog-Nederland.



Figuur 10 Voor vier denkrichtingen is verkend hoe Nederland er op lange termijn uit kan zien.

Voor iedere denkrichting is verkend hoe Nederland eruitziet als we consequent op die betreffende denkrichting inzetten vanaf 2 meter zeespiegelstijging. In de praktijk ligt het meer voor de hand om bouwstenen uit verschillende denkrichtingen te combineren en maatwerk per regio te zoeken. De belangrijkste bouwstenen zijn hieronder samengebracht rond zes thema's.



Nieuwe dammen

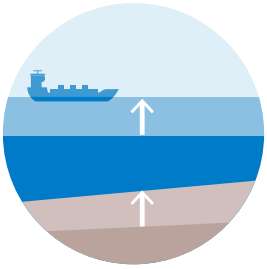
De Nieuwe Waterweg en de Oosterschelde staan in dagelijkse omstandigheden in open verbinding met de zee. Zeespiegelstijging leidt daarom direct tot hogere waterstanden in deze zeearmen. Ook in het Haringvliet lopen de waterstanden op als we het rivierwater onder vrij verval blijven afvoeren naar zee. Als we deze zeearmen volledig afdammen, kan het waterpeil bij zeespiegelstijging in theorie gelijk blijven aan het huidige peil. Dat beperkt de benodigde dijkversterkingen. Het water komt dan aan de zeekant van de dijk steeds hoger te staan dan aan de landkant. Het water van de Lek, de Waal en de Maas moeten we met pompen naar de zee afvoeren. Daar zijn zeer grote pompcomplexen voor nodig, die ruimte en veel energie vragen.

Afdamming belemmert de passage van scheepvaart. De haven van Rotterdam houdt een open verbinding met de zee, maar scheepvaart van en naar het binnenwater gaat via binnenvaart-schutsluizen in eventuele nieuwe dam. Het afdammen van de Westerschelde ligt om meerdere redenen niet voor de hand. De Nieuwe Waterweg en de Oosterschelde zullen na de afdamming minder zout worden, maar er zal niet genoeg rivierwater zijn om hier nieuwe zoetwaterbuffers te maken. De ervaring van de Deltawerken is dat afdammen tot grootschalig verlies van getijdennatuur en knelpunten in de visroutes leidt. Ook ontstaan problemen met de water-kwaliteit en er zal een nieuwe watervraag ontstaan om goede waterkwaliteit te borgen.

Door een nieuwe dam in de Noordzee te bouwen zeewaarts van de Zuidwestelijke delta, kunnen we een extra bergingsgebied creëren voor hoge rivierafvoeren. Hiermee ontstaat een groot brakwatermeer voor de kust, bijvoorbeeld vanaf de Maasvlakte tot en met de Ooster-schelde. Op de dam komen pompen te staan voor de afvoer van rivierwater. Deze pompen zijn ook fors, maar aanzienlijk kleiner dan de pompen die nodig zijn bij het afdammen van de Nieuwe Waterweg en het Haringvliet. Door dit bergingsgebied hoeven de Oosterscheldekering en Haringvlietsluizen bij vervanging minder hoog en sterk te worden bij zeespiegelstijging. Door de Maasvlakte en de Westerschelde buiten het kustmeer te houden, blijven de havens van Rotterdam en Antwerpen vrij toegankelijk voor scheepvaart vanaf zee. Het kustmeer leidt tot aanzienlijk verlies van (getijden)natuur. Voor de bouw en het onderhoud van de dam is veel zand nodig, wat de druk op zandwinning voor kustsuppleties verder vergroot.



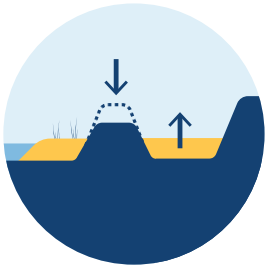
Figuur 11 De ligging van het onderzochte kustmeer



Verzilting via de Nieuwe Waterweg tegenhouden

Via de Nieuwe Waterweg, die in open verbinding met de zee staat, komt door zeespiegelstijging steeds meer zout landinwaarts. De zoutindringing is deels te beperken door de bodem van de Nieuwe Waterweg mee te laten groeien met de zeespiegelstijging. De zware zoute onderstroom komt dan minder ver landinwaarts. Voor de scheepvaart heeft dit geen gevolgen: de waterdiepte blijft gelijk.

Een andere mogelijke oplossing is de bouw van nieuwe keringen om een aantal waterlopen in Rijnmond-Drechtsteden in zeer droge zomers tijdelijk te kunnen afsluiten: in de Hollandsche IJssel, Lek, Oude Maas en het Hartelkanaal. Als de keringen gesloten zijn, is minder rivierwater nodig om deze waterlopen zoet te houden. Het kan om langdurige afsluitingen gaan, van enkele weken tot maanden. Als er zeesluizen in de keringen komen, zou alsnog te veel zout binnenkomen. Daarom komen er alleen schutsluizen voor de binnenvaart. Dat heeft gevolgen voor scheepvaart.

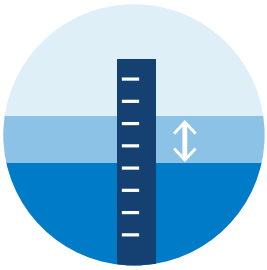


Land-waterovergangen laten meegroeien met de zeespiegelstijging

Langs de deltawateren in de Zuidwestelijke Delta en langs de Waddenzee liggen van nature slikken en schorren op de overgang van zee naar land. Bij goed ontwikkelde land-waterovergangen zijn minder hoge dijken nodig en zijn de gevolgen bij een onverhoopte dijkdoorbraak minder groot. Deze overgangen (intergetijdengebieden) zijn bovendien essentieel voor het ecosysteem van deze wateren. Als de land-waterovergangen meegroeien met de zeespiegelstijging, blijven ze deze functies vervullen. Voor meegroeien is natuurlijke dynamiek van zand en slib nodig en voldoende ruimte langs de dijk waar dit sediment kan blijven liggen. Als de zeespiegelstijging te snel gaat en meegroeien achterblijft, kunnen we de natuur een handje helpen met suppleties.

Langs de Westerschelde en de Waddenzee is er voldoende dynamiek van zand en slib. We kunnen daar nu al meegroeiende land-waterovergangen creëren. Daar is wel ruimte voor nodig, bijvoorbeeld door een tweede dijk landwaarts van de huidige dijk te bouwen en bij vloed zeewater met zand en slib in het tussenliggende gebied te laten stromen. Langs de andere zeearmen in de Zuidwestelijke delta is meegroeien nu niet mogelijk: dammen en stormvloedkeringen beperken daar de natuurlijke dynamiek. Als we de stormvloedkering in de Oosterschelde op termijn vervangen door een nieuwe, kunnen we een ontwerp zoeken dat de dynamiek minder verstoort, zodat meegroeien meer kans krijgt. De dam of stormvloedkering helemaal weghalen is het meest effectief voor een natuurlijke sediment- en waterdynamiek en meegroeiende land-waterovergangen. De veiligheid is in dat geval te borgen door de dijken rond de zeearm verder te verhogen. Net als de bouw van de stormvloedkeringen en dammen zal ook het verwijderen ervan grote gevolgen hebben in het watersysteem. Een goed beeld van de gevolgen en eventuele risico's vraagt verdiepend onderzoek.

Het verwijderen van de Afsluitdijk ligt niet voor de hand: hiermee zou de grootste zoetwatervoorraad van Nederland verloren gaan. Ook vereist dit forse dijkversterkingen in een groot gebied en het levert relatief weinig nieuw intergetijdengebied op.



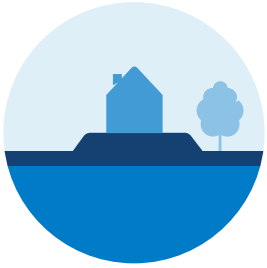
Natuurlijk peilbeheer

In het IJsselmeer en Markermeer sturen we nu op een laag peil in de winter, zodat overtollig water uit de omgeving gemakkelijk naar het IJsselmeer kan wegstromen. In de zomer sturen we juist op een hoger peil om een grote zoetwaterbuffer te creëren. Dit peilbeheer is effectief voor gebruiksfuncties, maar precies omgekeerd aan een natuurlijk peilverloop. Het onnatuurlijke peilbeheer geeft problemen voor de (ecologische) waterkwaliteit en de natuur. Het waterpeil wordt natuurlijker als we het winterpeil beperkt verhogen en het waterpeil in de zomer dieper uit laten zakken. Dat levert een grotere zoetwaterbuffer op. In combinatie met de inrichting van brede oeverzones ontstaan ook betere kansen voor de waterkwaliteit en het ecosysteem. De zoetwaterbuffer is verder te vergroten door in het voorjaar meer Rijnwater af te voeren via de IJssel en minder via de Lek en de Waal.



Deltapolder

Als we Rijnmond-Drechtsteden inrichten als een grote polder ('Deltapolder'), kunnen we dijkversterkingen in deze regio beperken. De polder wordt dan aan de zee- en rivierzijde afgesloten met dammen en het waterpeil wordt gereguleerd met inlaatwerken en pompen. Water uit de Waal en de Maas leiden we ten zuiden van de Deltapolder, via het Haringvliet, naar zee. Het kan zelfs een optie zijn om in de winter meer Rijnwater via deze route af te voeren, om dijkversterkingen langs de IJssel en het IJsselmeer te beperken. Bij Hoek van Holland komen pompen om het water van de Lek en de Hollandsche IJssel naar zee af te voeren. De benodigde pompcapaciteit is fors, maar aanzienlijk kleiner dan bij volledige afdamming van de Nieuwe Waterweg en het Haringvliet. Een Deltapolder kan voordelen voor zoetwater hebben als er alleen schutsluizen voor binnenvaart komen en geen zeesluizen. Dan komt er via die route minder zout in de polder dan met de huidige inrichting. De verzilting door zoute kwel en bodemdaling kan echter nog steeds aanzienlijk zijn; dat is nog niet onderzocht.



Gevolgen beperken en terugtrekken

Een geheel andere denkrichting is meebewegen met de veranderende omstandigheden door de gevolgen van overstromingen te beperken: bijvoorbeeld met woningen op terpen, drijvende bebouwing of waterbestendige bebouwing, veel waterberging en geleidelijke aanpassingen in het landgebruik.

Op lokaal niveau kunnen deze maatregelen een interessante aanvulling zijn op andere oplossingen. Als we uitsluitend inzetten op deze strategie en de dijken niet verder versterken, leidt dat ertoe dat wonen en werken zich proactief zullen verplaatsen naar het oosten van het land. Dat is een ingrijpende transitie met grote sociaal-maatschappelijke en economische gevolgen en onzekerheden. Omdat er voorlopig voldoende mogelijkheden zijn om heel Nederland goed te blijven beschermen tegen overstromingen, in principe tot een zeespiegelstijging van 5 meter, is het niet nodig en niet verstandig nu al voor te sorteren op zo'n transitie (zie ook 2.4). In de verre (nu nog niet voorzienbare) toekomst zal dit mogelijk wel noodzakelijk worden, als de zeespiegel na verloop van eeuwen verder doorzet of te snel gaat.

3.4 Hebben we hiermee genoeg mogelijkheden om te leven met zeespiegelstijging?

De voorgaande paragrafen laten zien dat zeespiegelstijging tot een groot aantal vraagstukken voor de bescherming tegen overstromingen en het omgaan met verzilting leidt. Tegelijkertijd zijn er verschillende manieren om te handelen, zowel in het verlengde van wat we nu al doen als via andere wegen. De vraag is of we daarmee voldoende mogelijkheden hebben om te leven met zeespiegelstijging.

Totaalbeeld: ja, áls we de basis op orde houden

Alles overziende lijkt het erop dat we voorlopig in Nederland kunnen leven met zeespiegelstijging: we hebben voldoende mogelijkheden om ons te blijven beschermen tegen overstromingen volgens de geldende eisen en om te gaan met de onontkoombare verdere verzilting. Belangrijke voorwaarde is dat we de gunstige uitgangspositie die we nu in Nederland hebben, steeds behouden door daar in te blijven investeren: de kustlijn op zijn plaats houden met voldoende zandsuppleties, dijken en andere waterkeringen steeds hoog en sterk genoeg houden, de verzilting zo efficiënt mogelijk bestrijden waar het kan, maar ook leren leven met verzilting waar het moet. Voor de waterafvoer naar zee moeten we steeds meer pompen inzetten. Met zo'n sterke basis blijven de extra stappen die zeespiegelstijging vereist haalbaar en uitvoerbaar voor de komende generaties.

Om de basis op orde te kúnnen houden, is het nodig te waarborgen dat er steeds voldoende ruimte, materialen, menskracht, kennis en financiële middelen beschikbaar zijn om deze maatregelen op te schalen zodra dat nodig is.

Met deze sterke basis en andere mogelijkheden voor de lange termijn (zie vorige paragraaf) kunnen we het hoge niveau van bescherming tegen overstromingen voorlopig handhaven: in ieder geval tot een zeespiegelstijging van 3 meter en in principe ook tot 5 meter als de zeespiegelstijging niet te snel gaat. De verzilting is een ander verhaal: het is onontkoombaar dat delen van Nederland vaker en/of sterker verzilten dan nu; dat proces is al begonnen. Dat komt niet alleen door zeespiegelstijging, maar ook door andere gevolgen van klimaatverandering, met name afnemende rivierafvoeren in de zomer, en door bodemdaling.

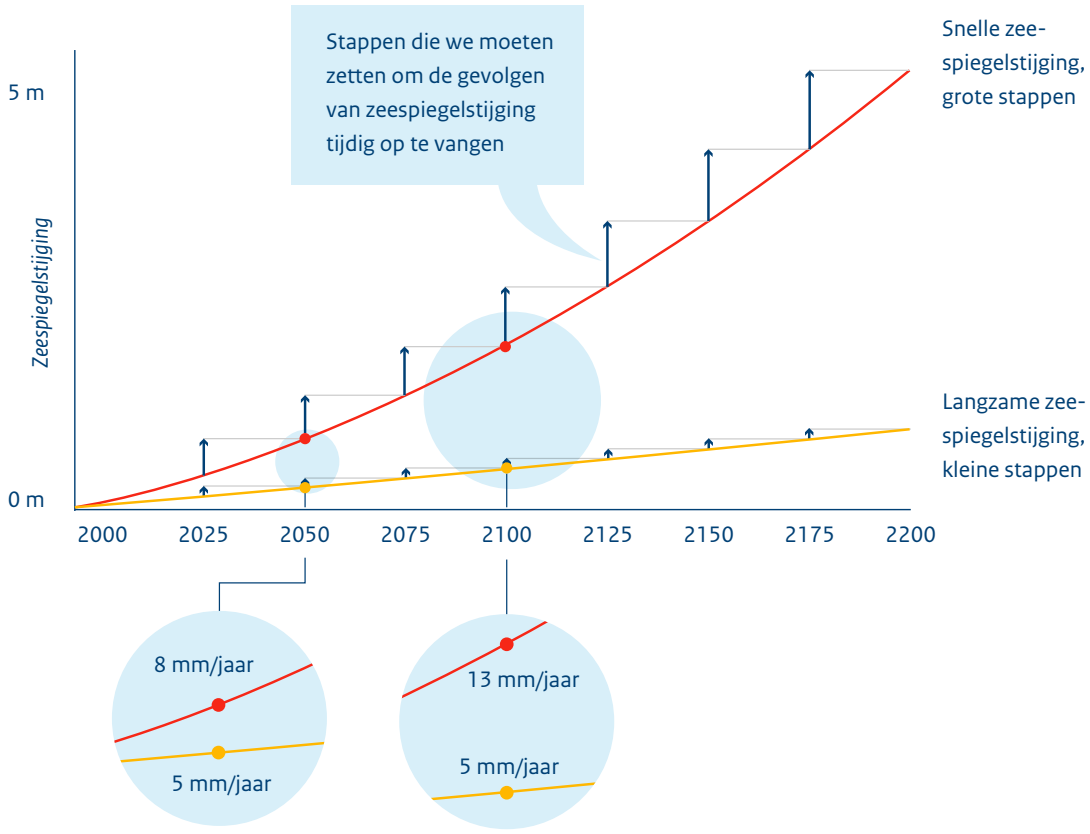
Aanpassingen in het regionale watersysteem

Het Kennisprogramma Zeespiegelstijging heeft het onderzoek gefocust op de grote watersystemen (het hoofdwatersysteem) en de waterkeringen en kunstwerken die daarbij horen (de primaire waterkeringen, stormvloedkeringen, grote stuwen en sluizen). De directe gevolgen van zeespiegelstijging zijn daar het grootst als het gaat om waterveiligheid en zoetwater. Zeespiegelstijging zal ook gevolgen hebben in de kleinere, regionale wateren. Die gevolgen zijn voor een groot deel afhankelijk van wat er in het hoofdwatersysteem gebeurt. Met de kennis die nu is opgedaan over het hoofdwatersysteem, is het mogelijk de gevolgen voor de kleinere regionale wateren scherper te onderzoeken.

Stresstest: wat als de zeespiegel veel sneller stijgt?

Het moment waarop de verschillende vraagstukken door zeespiegelstijging naar verwachting optreden, is afgeleid uit het lage en hoge scenario van het KNMI (zie 3.1). Het KNMI heeft ook geanalyseerd wat er gebeurt als het ijs van Antarctica versneld afsmelt (zie 3.1). Dat zou leiden tot veel snellere zeespiegelstijging dan waar in de scenario's rekening mee is houden. Als deze grote ijskap snel gaat smelten, kan de zeespiegel aan het eind van deze eeuw mogelijk al 2 meter hoger staan en een eeuw later 5 meter hoger. Daarna gaat de zeespiegelstijging in nog hoger tempo door. De vraagstukken komen dan veel sneller op ons af.

Als stresstest is onderzocht of we Nederland ook in dat geval kunnen blijven beschermen tegen overstromingen en verzilting. De resultaten laten zien dat het in die situatie mogelijk is de dijken en andere waterkeringen te versterken volgens de huidige eisen voor de bescherming tegen overstromingen, in principe tot 5 meter zeespiegelstijging. De verzilting zal sneller doorzetten, waardoor we het landgebruik sneller moeten aanpassen aan zouter water. We moeten in iedere generatie veel grotere stappen zetten en ingrijpende oplossingen komen veel eerder in beeld (zie Figuur 12). Daar zijn hogere kosten mee gemoeid en het stelt hoge eisen aan de uitvoerbaarheid. Het zoveel mogelijk beperken van de zeespiegelstijging (mitigatie) is en blijft daarom van groot belang.



Figuur 12 Bij snelle zeespiegelstijging moeten we per generatie grotere stappen zetten dan bij langzame zeespiegelstijging.

4

4 Hoe verder: wat betekent deze kennis voor bestuurlijke keuzes?

4.1 Welke strategische keuzes kunnen we maken, nu en later?

Uit het Kennisprogramma Zeespiegelstijging blijkt dat we in Nederland – onder voorwaarden – kunnen leven met zeespiegelstijging: er zijn voldoende mogelijkheden om ons te blijven beschermen tegen overstromingen volgens de geldende eisen en om te gaan met de onontkoombare verdere verzilting. Dat gaat niet voor niets: we moeten de gunstige uitgangspositie op het gebied van waterveiligheid en zoetwater blijven onderhouden en op tijd keuzes maken.

Altijd de basis op orde houden

We kunnen ons blijven beschermen tegen overstromingen volgens de geldende eisen en omgaan met de onontkoombare verdergaande verzilting, áls we steeds een sterke basis houden. Hier moeten we continu in investeren, welke strategie we ook kiezen (zie Figuur 13):

1. de kustlijn steeds op zijn plaats houden met steeds omvangrijkere zandsuppleties;
2. dijken en andere waterkeringen steeds hoger en sterker maken;
3. steeds meer pompen inzetten om water af te voeren naar zee;
4. de verzilting zo efficiënt mogelijk bestrijden waar het kan en leren leven met verzilting waar het moet.

De inspanning die dit vraagt, kan per strategie verschillen. Door de basis op orde te houden, zijn de noodzakelijke aanvullende maatregelen haalbaar en uitvoerbaar voor de opeenvolgende generaties.

Keuzes maken: niet te vroeg en niet te laat

Uit het Kennisprogramma Zeespiegelstijging blijkt dat de huidige aanpak en maatregelen die in het verlengde liggen nog lang volstaan voor de bescherming tegen overstromingen. De onontkoombaar verdergaande verzilting kunnen we hier niet mee voorkomen, maar wel enigszins beperken. Overstappen op een heel andere strategie is ook mogelijk. Denk bijvoorbeeld aan het vervangen van stormvloedkeringen door dammen, bestaande dammen en keringen juist verwijderen of waterlopen in Rijnmond-Drechtsteden periodiek afsluiten om zoetwatertekort te beperken. Iedere keuze heeft consequenties. Het Kennisprogramma Zeespiegelstijging laat zien op welke keuzes we ons moeten voorbereiden (zie Figuur 14).



Figuur 13 We kunnen omgaan met zeespiegelstijging als we steeds een sterke basis houden.

Technisch gezien kunnen we op basis van de huidige inzichten voorlopig goed vooruit met de huidige aanpak, afhankelijk van de snelheid van zeespiegelstijging. Overstappen op een andere strategie kan bijvoorbeeld om ruimtelijke en economische redenen wel eerder aan de orde zijn. De inrichting van onze watersystemen en de functies die daarmee samenhangen (zoals scheepvaart, de haven van Rotterdam, landbouw, natuur) zijn echter volledig op elkaar afgestemd. Verdergaan met de huidige aanpak is daarom minder complex en ingrijpend dan overstappen op een heel andere strategie. Dat betekent niet dat verdergaan op de huidige weg gemakkelijk is. Dit vraagt om grote investeringen en op de korte of middellange termijn een aantal grote besluiten:

- *Basis op orde:* Hoe houden we steeds voldoende ruimte, materialen, menskracht, kennis en financiële middelen beschikbaar zodat we kunnen opschalen zodra dat nodig is?

- *Omgaan met verzilting:* Hoe verdelen we het schaarse zoete water in perioden met watertekort? Deze vraag is nu al urgent. Een besluit hierover vraagt verschillende afwegingen, bijvoorbeeld: waar blijven we de verzilting met veel – en vaak schaars – zoetwater bestrijden en waar moeten watergebruikers leren omgaan met verzilting, welke mate van verzilting van onze zoetwaterbuffers is bij droogte acceptabel en in welke mate willen we wateroverlast accepteren ten behoeve van het voorkomen van watertekorten?

- *Natuurlijke processen:* Waar benutten we de natuurlijke dynamiek van zand, slib en water voor de waterveiligheid? Als we land-waterovergangen willen laten meegroeien met de zeespiegelstijging is tijd een factor van belang. Hoe eerder het proces van meegroeien begint, hoe meer winst dit kan opleveren. Langs de Westerschelde en de Waddenkust is nu al genoeg dynamiek en slib aanwezig om dit concept toe te passen, maar is er wel ruimte voor nodig. Hiermee maken we ook de getijdennatuur robuuster.

- *De verdeling van het Rijnwater:* Hoe verdelen we het Rijnwater over de Waal en de IJssel, bij hoge en bij lage afvoeren? Dit is een van de knoppen waar we aan kunnen draaien om tot oplossingen te komen voor het omgaan met verzilting en de bescherming tegen overstromingen.

- *Waterpeil IJsselmeergebied:* Het kan een keuze zijn om meer speelruimte te creëren in het peilbeheer van het IJsselmeergebied, om langer te kunnen spuien, voor een grotere zoetwaterbuffer, het beperken van wateroverlast en robuuste natuur.

- *Vervanging van stormvloedkeringen en sluitpeil:* Stormvloedkeringen hebben een levensduur van circa 100 jaar. Ook als we doorgaan met de huidige aanpak moeten we ze op tijd vervangen om te waarborgen dat ze goed blijven functioneren. De eerste vervangingen komen in de tweede helft van deze eeuw: onder meer de Maeslantkering (vanaf 2070) en de Oosterscheldekering (vanaf 2080) bereiken dan het einde van de levensduur waarvoor ze zijn ontworpen. Daarmee hangt ook de vraag samen bij welke waterstand we de stormvloedkeringen willen sluiten: handhaven we het sluitpeil (waardoor de keringen veel vaker dichtgaan) of verhogen we het sluitpeil (waardoor hogere dijken nodig zijn en buitendijks gebied met hogere waterstanden te maken krijgt)?

Als we voorlopig verdergaan met de huidige aanpak zoals hierboven beschreven, komt over 100-150 jaar de voorbereiding van de tweede vervanging van de stormvloedkeringen in zicht. Verdergaan op de huidige weg (nog een keer hogere en sterkere stormvloedkeringen bouwen) is dan technisch gezien nog steeds mogelijk, maar de benodigde ingrepen en de impact van zeespiegelstijging op andere functies worden steeds groter, zeker als de zeespiegelstijging snel gaat. Dan zijn ook andere (combinaties van) oplossingen te overwegen, met name voor de (voormalige) zeearmen en riviermondingen. We moeten ons tijdig voorbereiden op deze keuzes:

- *Kiezen we voor open, afsluitbare of afgedamde zeearmen en riviermondingen?* Alle vormen komen op dit moment voor in onze delta. Dit zijn geen keuzes voor de eeuwigheid. En net als nu is ook in de toekomst een verschillende oplossing per zeearm mogelijk. Kiezen voor een andere oplossing leidt tot grote waterstaatkundige veranderingen, onder meer in waterstanden, zoutgehalte, kwel en waterkwaliteit. Deze veranderingen zullen tot ver buiten de betreffende zeearm merkbaar zijn en gevolgen hebben voor onder meer landbouw, visserij, scheepvaart en natuur. Waar we voor een andere oplossing kiezen, moeten we rekening houden met een lange voorbereidingstijd.

Integrale afweging

Welke aanpak de beste is en wat het beste moment is om keuzes te maken, hangt niet alleen af van wat aantrekkelijk is voor het waterbeheer, maar ook van ruimtelijke, economische en maatschappelijke wensen en ontwikkelingen. Iedere keuze heeft impact op functies die we belangrijk vinden, het mogelijke landgebruik, de waterkwaliteit en de natuur. Daarmee gaat het uiteindelijk om een politiek-bestuurlijke afweging.

Deze afwegingen hoeven niet overal dezelfde uitkomst te krijgen. Welke oplossing de voorkeur heeft, kan per regio of zeearm verschillen. Wel is het noodzakelijk op landelijk niveau samenhang te borgen, omdat de watersystemen allemaal met elkaar in verbinding staan en keuzes in de ene regio gevolgen hebben voor andere regio's. Binnen die landelijke samenhang is regionaal maatwerk mogelijk.

Als we doorgaan met de huidige aanpak...

... moeten we deze grote besluiten nu voorbereiden

- Hoe houden we zand en klei beschikbaar voor zandsuppleties en dijkversterkingen?
- Hoe houden we ruimte beschikbaar voor dijkversterkingen?
- Hoe verdelen we het schaarse zoete water?
- Land-waterovergangen laten meegroeien voor robuuste waterveiligheid?
- Hoe verdelen we het Rijnwater bij hoge en lage rivierafvoeren?
- Flexibeler peil in IJsselmeer voor grotere zoetwaterbuffer en natuur?
- Sluitpeilen van stormvloedkeringen handhaven of verhogen?
- Alle stormvloedkeringen vernieuwen: einde levensduur

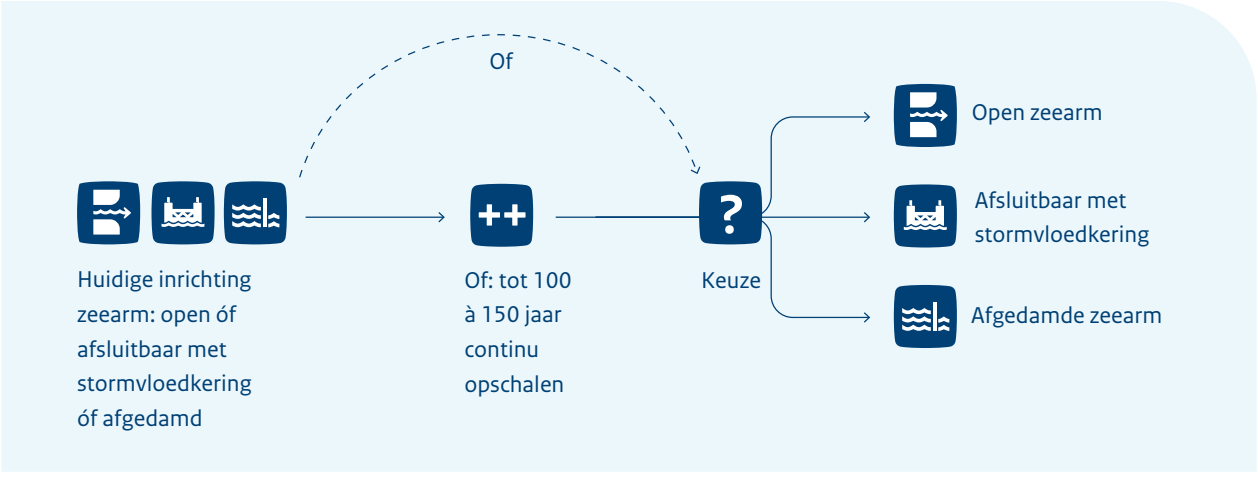
... en deze grote besluiten over 100 à 150 jaar

Per zeearm/riviermonding:

- **Open** verbinding met de zee
- **Afsluitbaar** met stormvloedkering
- **Afdammen** zeearm/ riviermonding

Of eerder, *bijvoorbeeld vanwege ruimtelijke of economische ontwikkelingen*

Figuur 14 De grote besluiten die we moeten voorbereiden, op korte en lange termijn.



Figuur 15 De (voormalige) zeearmen kunnen we de komende 100-150 jaar met extra inspanning in stand houden binnen het bestaande systeem (open, afsluitbaar met stormvloedkering of afgedamd). Na 100-150 jaar is per zeearm een andere oplossing te overwegen. Andere maatschappelijke en economische ontwikkelingen kunnen aanleiding zijn om deze keuze eerder te maken.

Altijd dijken en andere waterkeringen versterken

Sterke dijken blijven altijd de spil van onze bescherming tegen overstromingen, bij elk klimaatscenario en in elke strategie. Door zeespiegelstijging moeten de dijken in een groot deel van het land steeds hoger en sterker worden. In totaal gaat het om een lengte van meer dan 2000 kilometer. Ook de toenemende rivierafvoeren en bodemdaling maken dijkversterkingen noodzakelijk. Iedere 12 jaar worden de dijken beoordeeld: voldoet deze dijk nog aan de normen? Als versterking nodig is, wordt een ontwerp gemaakt dat 50 tot 100 jaar meegaat, rekening houdend met de verwachte zeespiegelstijging en de verandering in de rivierafvoer in die periode. Stijgen de zeespiegel of de rivierafvoer sneller dan die verwachting, dan moeten we de dijk eerder versterken. Nieuwe kennis over de sterkte van dijken en beleidskeuzes kunnen eveneens invloed hebben op het tempo van dijkversterkingen. Het is een grote logistieke uitdaging om de grote lengte aan dijken en andere waterkeringen op ieder moment hoog en sterk genoeg te houden. Daar is geld, menskracht en ruimte voor nodig. Hoe sneller de zeespiegel stijgt, hoe meer de uitvoerbaarheid onder druk komt te staan.

4.2 Hoe kunnen we omgaan met de onzekere snelheid van de zeespiegelstijging?

Hoe snel de zeespiegel stijgt, bepaalt in hoge mate hoe we het beste kunnen omgaan met zeespiegelstijging en wanneer we nieuwe stappen moeten zetten. Juist over de snelheid van de zeespiegelstijging is de onzekerheid groot. De huidige scenario's laten zien dat de zeespiegel aan het eind van deze eeuw enkele decimeters kan zijn gestegen, maar ook meer dan een meter. Ook de ontwikkeling van de rivierafvoer onder invloed van klimaatverandering is onzeker. De komende decennia zal blijken of de wereld erin geslaagd is de uitstoot van broeikasgassen voldoende terug te dringen om klimaatverandering te beperken. Dan wordt wellicht duidelijker welke scenario's voor klimaatverandering en zeespiegelstijging meer of minder waarschijnlijk zijn, maar onzekerheid over de toekomstige ontwikkeling blijft bestaan. Wachten op zekerheid heeft geen zin.

De vraag is daarom hoe we in Nederland *gegeven die onzekerheid* op tijd goede keuzes kunnen maken, zodat we op ieder moment goed beschermd zijn tegen overstromingen en voorbereid op verzilting waar we die niet tegen kunnen houden. Het Kennisprogramma Zeespiegelstijging leidt tot het volgende beeld:

1. *Blijven investeren in een sterke basis*
   Een sterke basis (zie 4.1) is écht de basis voor iedere mogelijke toekomst met zeespiegelstijging, voor onszelf en voor de generaties na ons. Door de basis altijd op orde te houden, beperken we de extra inspanning die nodig is door zeespiegelstijging en is inspelen op snellere of minder snelle zeespiegelstijging minder ingrijpend.

   Om de basis sterk te kunnen houden, is het van belang genoeg ruimte, grondstoffen en financiële middelen beschikbaar te stellen en houden en om het landgebruik aan te passen aan verzilting waar we die niet tegen kunnen houden.

2. *Beginnen met kleine stappen en leven met verzilting*
   Als we de basis sterk houden én de zeespiegelstijging verloopt niet zeer snel, dan kunnen we de gevolgen van zeespiegelstijging in eerste instantie bijhouden door relatief kleine extra stappen te zetten: stormvloedkeringen vaker sluiten en vervangen als ze verouderd zijn, extra pompen plaatsen, verziltingsbeperkende maatregelen bij spui- en schutsluizen, et cetera. Toenemende verzilting in de kustprovincies kunnen we enigszins beperken, maar niet altijd en overal voorkomen. Het is geen keuze maar noodzaak dat we het landgebruik daarop aanpassen.

Stapsgewijs werken aan een continue opgave

Zeespiegelstijging maakt duidelijker dan ooit dat het werken aan water in Nederland nooit af is. Toen de Deltawerken klaar waren, waren we ervan overtuigd dat Nederland veilig was. Nu weten we bij voorbaat dat zeespiegelstijging eeuwenlang doorgaat. Iedere generatie zal een volgende stap moeten zetten, maar hoe groot die stappen zijn is onzeker. Dat stelt nieuwe eisen aan de oplossingen en de besluitenvorming. We moeten niet alleen het vraagstuk voor het hier en nu oplossen, maar er ook voor zorgen dat volgende stappen mogelijk blijven.

3. *Altijd voorbereid op grote keuzes*
   Na de overstromingen van 1953 kon Nederland in zeer korte tijd het Deltaplan vaststellen en gaan uitvoeren. Binnen 7 jaar waren de eerste dammen gereed (de Veerse Gatdam en de Zandkreekdam). Het hele Deltaplan was binnen 50 jaar gerealiseerd, ongekend snel voor een plan van dit kaliber. Ook na de bijna-overstromingen in het rivierengebied van 1993 en 1995 kon Nederland – na eerst de dijken op orde gebracht te hebben – razendsnel een zeer vernieuwende oplossing doorvoeren: meer ruimte maken voor de rivier. Daar kunnen we een les uit trekken. Deze snelle reacties op grote rampen waren mede mogelijk *doordat er al ideeën waren ontwikkeld*.

   Als de zeespiegel onverhoopt snel gaat stijgen, bijvoorbeeld doordat het landijs van Antarctica snel afsmelt of door processen die we nu nog niet kennen, moeten we in korte tijd grote stappen kunnen zetten om de bescherming tegen overstromingen op een aanvaardbaar niveau te houden en om te gaan met verzilting. Bij voorkeur zetten we die stappen deze keer voordat zich een ramp voltrekt. Dat kan als we er steeds op voorbereid zijn: door de zeespiegelstijging goed te monitoren, door nieuwe oplossingen te blijven zoeken en onderzoeken, daar op kleine schaal mee te experimenteren en visies te verbeteren met nieuwe inzichten. Zo blijven we flexibel en *in control*.

4. *Leren van ervaringen*
   De Deltawerken zijn in de periode 1958-1997 aangelegd. We hebben inmiddels 30 -70 jaar ervaring met de oplossingen die we daar hebben toegepast: dammen, stormvloedkeringen, open zeearmen, zoete en zoute watersystemen, verziltingsbestrijding bij sluizen, enzovoort. Deze oplossingen komen allemaal terug in het palet van mogelijkheden om met zeespiegelstijging om te gaan. We kunnen de kennis over het palet aanscherpen door nu de balans op te maken van de Deltawerken: hoe hebben de Deltawerken uitgepakt, niet alleen waterstaatkundig, maar bijvoorbeeld ook maatschappelijk, economisch en ecologisch? Ook evaluatie van andere programma's en projecten biedt de kans om de kennis over leven met zeespiegelstijging aan te vullen en aan te scherpen, bijvoorbeeld met kennis over aanpassingen in het landgebruik aan verzilting.

5. *Het perspectief verbreden*
   In het Kennisprogramma Zeespiegelstijging is door de bril van het waterbeheer gekeken naar de vraagstukken die door zeespiegelstijging ontstaan en de mogelijke oplossingen. Dat heeft een gedegen kennisbasis opgeleverd. Het waterbeheer is echter geen doel op zich, maar staat ten dienste van functies en waarden in de samenleving. Denk aan de veiligheid, de bereikbaarheid van de haven, de landbouw, de woningbouw, de natuur, de waterkwaliteit en de kwaliteit van de leefomgeving.

Het goede nieuws uit het Kennisprogramma Zeespiegelstijging is dat er meerdere mogelijkheden zijn om te leven met zeespiegelstijging. Geen van die mogelijkheden is gemakkelijk, ze vragen allemaal continue grote inspanning. Weloverwogen keuzes tussen oplossingen vragen erom het perspectief te verbreden. Hoe beïnvloedt zeespiegelstijging andere functies, welke transities tekenen zich af, wat betekent dat voor de ruimtelijke inrichting van Nederland en de wijze waarop de besluitvorming hierover inrichten? Dat kan nieuwe inzichten en zelfs nieuwe oplossingen opleveren. En ook een andere verdeling van kosten, baten en risico's. Een samenhangend perspectief voor de toekomstige waterstaatkundige inrichting van onze delta, in samenhang met andere ruimtelijke keuzes, kan desinvesteringen voorkomen.

Verhuizen is de laatste optie

Uitgaande van de huidige scenario's voor zeespiegelstijging kunnen we alle delen van Nederland nog lange tijd veilig en leefbaar houden. Ook de lage delen van Nederland, waaronder de Randstad, kunnen we goed blijven beschermen tegen overstromingen, in principe tot een zeespiegelstijging van 5 meter. Zolang dat kan, is het maatschappelijk, financieel en economisch niet verstandig om de bewoners en bedrijven van laag-Nederland te verplaatsen naar hoger gelegen delen.

De zeespiegelstijging blijft nog eeuwen doorgaan, zelfs als de uitstoot van broeikasgassen helemaal stopt. Dan kan er een moment komen waarop we het overstromingsrisico in de lage delen van Nederland niet meer op een aanvaardbaar niveau kunnen houden. Op basis van de huidige kennis ligt dat moment in de verre toekomst ruim na 2200. Wanneer precies, is afhankelijk van de snelheid van de zeespiegelstijging.

4.3 Welke overwegingen spelen een rol bij toekomstige keuzes?

Bij toekomstige keuzes over het omgaan met zeespiegelstijging zullen – naast het feitelijke effect van oplossingen – verschillende andere overwegingen een rol spelen. Hieronder staan enkele voorbeelden.

Duidelijkheid voor andere functies

Voor de toekomstige ruimtelijke inrichting van Nederland is het wenselijk om duidelijkheid te hebben over de inrichting van het watersysteem, zodat functies daarop kunnen voorsorteren en er rekening mee kunnen houden bij investeringen. Zo is een keuze over het deels of volledig afsluiten van de Nieuwe Waterweg bijvoorbeeld relevant voor de Rotterdamse haven, de scheepvaart, woningen en bedrijven in buitendijkse gebieden, natuur en de landbouw. Als functies veel tijd nodig hebben om zich aan te passen, is vroegtijdig duidelijkheid bieden een voorwaarde om de oplossingen op tijd uit te kunnen voeren.

Profiteren van meegroeiende land-waterovergangen

Dijken zijn en blijven altijd nodig voor de bescherming tegen overstromingen. Op een aantal plaatsen kunnen we de waterveiligheid robuuster maken met een combinatie van dijken en meegroeiende land-waterovergangen, bijvoorbeeld langs de Waddenkust en de Westerschelde. Dat beperkt de gevolgen van een overstroming. Ook versterken deze overgangen de kenmerkende getijdennatuur die met name in de afgelopen twee eeuwen op grote schaal is verdwenen, vooral door waterwerken. Meegroeiende land-waterovergangen leveren meer op naarmate we er eerder mee beginnen. Dat kan een overweging zijn bij de planning van de benodigde maatregelen, zoals het landinwaarts verleggen van dijken. Een goede afweging over verdergaande maatregelen om de dynamiek te herstellen, zoals het verwijderen van stormvloedkeringen en dammen in de Zuidwestelijke delta, vraagt diepgaander onderzoek naar de mogelijke effecten en risico's en extra tijd en geld om dijken te versterken.

De hoeveelheid geld (en tijd) die we te besteden hebben

Alle oplossingen kosten geld en sommige zijn duurder dan anderen. De beschikbare hoeveelheid geld zal daarom mede bepalen welke keuze we kunnen en willen maken. De hoeveelheid tijd die we hebben om maatregelen uit te voeren is daarbij een belangrijke factor: als we grote investeringen over lange tijd kunnen uitsmeren, is de jaarlijkse investering gemakkelijker te dragen. Ook voor de uitvoerbaarheid is dat gunstig. Voorwaarde is dat maatregelen op tijd klaar zijn. De belangrijkste manier om tijd te 'kopen' is het verminderen van de wereldwijde CO_2-uitstoot, zodat de zeespiegelstijging vertraagt. Ook vlotte besluitvorming over maatregelen levert tijd op.

Voor het (blijven) bestrijden van verzilting zullen uiteindelijk kostbare ingrepen nodig zijn. Een goede afweging over nut en noodzaak van dergelijke ingrepen vraagt niet alleen inzicht in de baten die tegenover deze kosten staan (hoeveel schade door verzilting wordt voorkomen), maar ook in het handelingsperspectief van de watergebruikers als de ingreep niet wordt uitgevoerd. Op de ene plaats zal een kostbare ingreep (tijdelijk) een goede oplossing kunnen zijn. Op de andere plaats zal een strategie van transformatie en aanpassing aan verzilting kosteneffectiever zijn en een duurzamer perspectief bieden voor gebruikers.

De verdeling van lusten en lasten

Omgaan met zeespiegelstijging is ook een verdelingsvraagstuk. Gekozen oplossingen zullen voor de samenleving als geheel baten hebben, maar kunnen voor specifieke sectoren of individuen nadelig uitpakken. Het verhogen van het sluitpeil van de Maeslantkering is bijvoorbeeld gunstig voor de levensduur van de kering (kosten voor vervanging komen later) en de scheepvaart (geen extra stremmingen), maar ongunstig voor de ruimte in de stad (hogere en bredere dijken) en buitendijkse woningen en bedrijven (hogere waterstanden).

Ook de verdeling over generaties speelt een rol: de keuzes en investeringsbeslissingen die we nu maken, kunnen gevolgen hebben voor toekomstige generaties. Daarom is het van belang moeilijke keuzes en investeringen niet afwentelen op de generaties na ons.

In welk land willen we leven?

Welke keuze het beste is, wordt niet alleen bepaald door de waarde van goede bescherming tegen overstromingen en omgaan met verzilting. Ook andere waarden bepalen de leefbaarheid van ons land: waar en hoe willen we wonen, werken en recreëren, welke waarde hechten we aan de waterkwaliteit en de natuur, waar willen we geld aan uitgeven? Met andere woorden: in welk land willen we leven en welk land willen we achterlaten?

Bijlagen



Bijlage 1 Hoe snel stijgt de zeespiegel?

Wereldwijd en ook in Nederland vindt veel onderzoek plaats naar zeespiegelstijging. Het Kennisprogramma Zeepspiegelstijging heeft de afgelopen jaren nieuwe kennis opgeleverd waarmee de zeespiegelstijging in de Noordzee nauwkeuriger te bepalen is. Het was al bekend dat de wereldwijde zeespiegelstijging versnelt. De consensus uit recente onderzoeken is dat de versnelling ook zichtbaar is in waarnemingen voor de Nederlandse kust.

De zeespiegel stijgt naar verwachting verder door de opwarming van de aarde. De snelheid van de zeespiegelstijging is onzeker: die hangt af van veel factoren, waaronder de mate waarin de wereldwijde CO_2-uitstoot vermindert. Het KNMI heeft in 2023 nieuwe klimaatscenario's voor Nederland opgesteld, waar zeespiegelstijging onderdeel van is. Deze scenario's variëren van lage zeespiegelstijging tot hoge zeespiegelstijging en zeer extreme stijging in het ergste geval. De gevolgen van zeespiegelstijging in Nederland hangen mede af van andere effecten van klimaatverandering, met name het effect op extreem hoge en lage rivierafvoeren.

Uitgangspunten

Klimaatscenario's IPCC
Het Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) brengt iedere zes tot acht jaar de inzichten uit wereldwijd onderzoek naar klimaatverandering samen in een aantal rapporten. Het KNMI neemt de IPCC-inzichten in de processen van klimaatverandering als uitgangspunt voor de scenario's voor zeespiegelstijging voor Nederland en vult die aan met recente ontwikkelingen in het vakgebied en specifieke kennis over de zeespiegelstijging in de Noordzee.

Verbeterde modellen voor zeespiegelstijging in de Noordzee
De KNMI-klimaatscenario's bestaan onder meer uit verwachtingen voor de toekomstige zeespiegelstijging voor de Nederlandse kust. Het KNMI heeft in het Kennisprogramma Zeespiegelstijging nieuwe methoden ontwikkeld om betere gegevens te verkrijgen uit zowel de modellen als de waarnemingen. Als test is hiermee de zeespiegelstijging in de afgelopen 30 jaar 'voorspeld'.

De resultaten bleken goed overeen te komen met de waarnemingen in deze periode. Het KNMI heeft de methode toegepast in de KNMI'23-klimaatscenario's, zodat waarnemingen nu goed aansluiten bij de verwachtingen voor de toekomst.

Nieuwe methoden van het KNMI

De zeespiegel in de Noordzee stijgt op dit moment vooral doordat de nabijgelegen Atlantische Oceaan opwarmt als gevolg van klimaatverandering. Het warmere oceaanwater zet uit, waardoor de zeespiegel stijgt. Het meten van de zeespiegelstijging is complex. Waarnemingen van het wateroppervlak, bijvoorbeeld met satellieten, geven een gecombineerd effect van de zeespiegelstand en bijvoorbeeld opstuwing door wind. Dit effect kan uit de waarnemingen gefilterd worden. Het KNMI heeft daarvoor een nieuwe methode ontwikkeld. Daarnaast heeft het KNMI een methode ontwikkeld om klimaatmodellen te selecteren die goed aansluiten bij de waargenomen trend. Bij elkaar heeft dit de kennis over de te verwachten zeespiegelstijging in Nederland aanzienlijk verbeterd. Ook wereldwijd is er grote interesse in de nieuwe methoden.[1]

Resultaten van het onderzoek naar zeespiegelstijging

De resultaten van het onderzoek zijn hieronder samengevat rond drie vragen: wat is de bijdrage van Antarctica aan de zeespiegelstijging, hoe snel gaat de zeespiegelstijging tot nu toe en wat zijn de scenario's voor de toekomstige zeespiegelstijging voor de Nederlandse kust?

[1] Keizer, I., Le Bars, D., de Valk, C., Jüling, A., van de Wal, R., and Drijfhout, S. (2022) The acceleration of sea-level rise along the coast of the Netherlands started in the 1960s, Ocean Sci., 19, 991–1007.

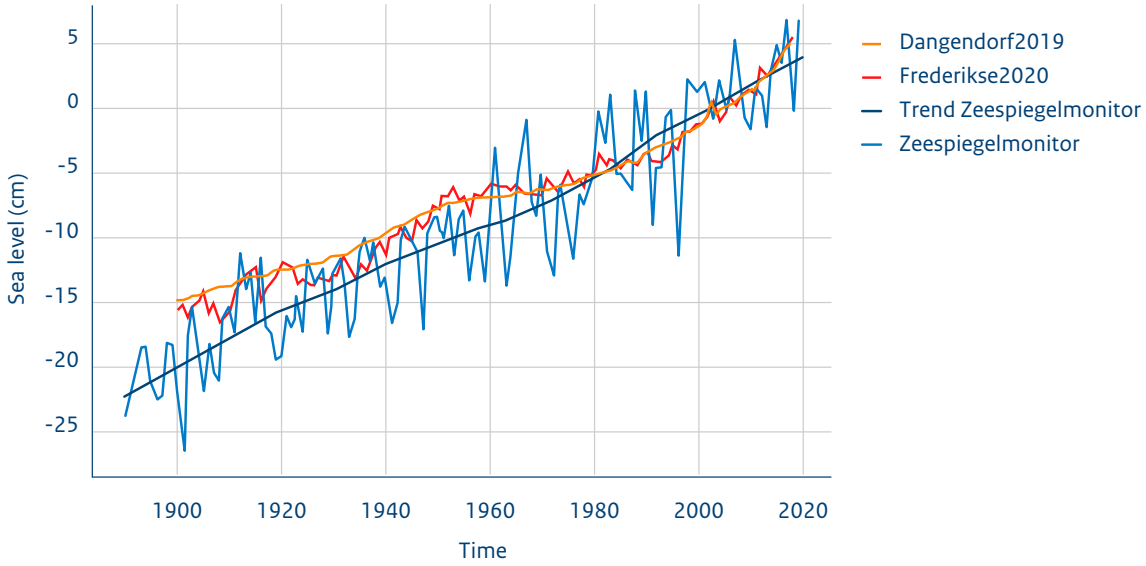
Wat is de bijdrage van Antarctica aan zeespiegelstijging?
De opwarming van de aarde heeft verschillende effecten die bijdragen aan de wereldwijde zeespiegelstijging: het opwarmende oceaanwater zet uit, ijskappen smelten, gletsjers smelten en er komt water vrij dat nu is opgeslagen op het land. Op dit moment levert het smelten van landijs (ijskappen en gletsjers) de grootste bijdrage aan de wereldwijde zeespiegelstijging. De bijdrage van de smeltende ijskappen van Groenland en Antarctica is nog groter aan het worden. In de periode 2009-2018 verloor de Groenlandse ijskap 7 keer zo veel ijs als in de periode 1992-2001; de Antarctische ijskap verloor 4 keer zo veel ijs als daarvoor. Omdat de Antarctische ijskap zoveel groter is dan de Groenlandse, kan de hoeveelheid smeltwater van Antarctica in de (nabije) toekomst sterker toenemen dan de hoeveelheid smeltwater van Groenland, zeker als de Antarctische ijskap instabiel wordt.

Het afsmelten van de Antarctische ijskap werkt bovendien sterker door in de zeespiegelstijging bij Nederland dan het afsmelten van de Groenlandse ijskap. Daarom heeft het Kennisprogramma Zeespiegelstijging bijgedragen aan onderzoek naar de mechanismen die tot het sneller afsmelten van Antarctica kunnen leiden. Uit het onderzoek blijkt dat smelt op Antarctica vooral toeneemt door opwarming van het zeewater. Door het warmere water smelt het ijs aan de onderkant af. Daardoor treedt ook meer afkalving van ijs op (ijsbergvorming). De afkalving wordt bovendien minder afgeremd door de ijsplaten die voor de ijskap drijven, omdat deze dunner worden en sneller breken in het warmere water. Waar de ijsplaten verdwijnen, ontstaan ijskliffen die onder hun eigen gewicht kunnen bezwijken.

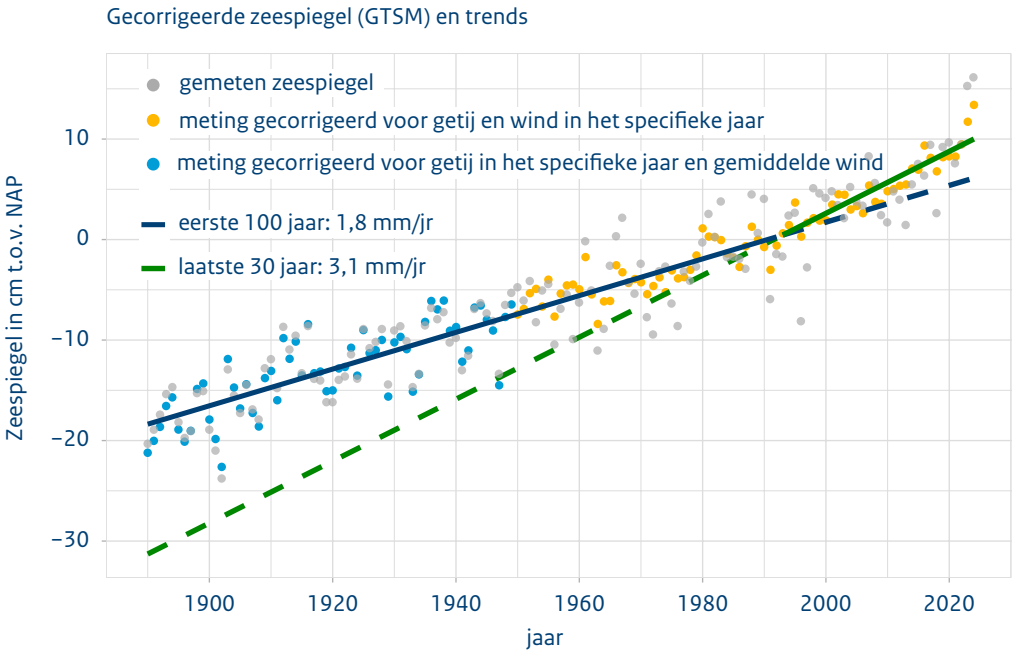
KNMI-onderzoek Antarctica

Het KNMI heeft op basis van simulaties met een reeks van klimaat- en ijskapmodellen berekend hoe de ijskap van Antarctica reageert op de opwarming van de omringende oceaan. De berekeningen zijn gekalibreerd met satellietwaarnemingen van het massaverlies van de Antarctische ijskap. Zo is de opwarming van de oceaan, zoals verwacht in verschillende klimaatmodellen, vertaald in smelt van Antarctica. Deze gegevens vormen de basis voor de bijdrage van Antarctica aan de zeespiegelstijging in de KNMI'23-klimaatscenario's. Het smeltwater heeft op zijn beurt weer impact op de opwarming van de oceaan, wat het afsmelten van Antarctica verder versterkt.

Hoe snel gaat de zeespiegelstijging tot nu toe?
Tussen het begin van de jaartelling en 1800 was er wereldwijd nagenoeg geen sprake van zeespiegelstijging: het wereldgemiddelde schommelde tussen de jaren 0 en 1800 rond de 0 mm per jaar. In de loop van de negentiende eeuw begon de zeespiegel te stijgen. In de afgelopen eeuw steeg de zeespiegel wereldwijd gemiddeld met 1,7 mm per jaar (tussen 1901 en 2018), maar sinds eind jaren zestig van de vorige eeuw laten de metingen een steeds sterkere versnelling zien: ongeveer 2,3 mm/jaar in de periode 1971-2018 en 3,7 mm per jaar in de periode 2006-2018.



Figuur 16 Reconstructie van zeespiegelstijging volgens verschillende studies. De oranje en rode lijn laten de mondiale zeespiegelstijging zien, de blauwe lijnen de zeespiegelstijging voor de Nederlandse kust. Bron: KNMI



Figuur 17 De jaargemiddelde waterstanden voor de Nederlandse kust (op basis van waarnemingen) laten een stijgende trend zien en een snellere stijging in de laatste jaren. Bron: Zeespiegelmonitor Deltares (2022)

Uit analyses van Deltares blijkt dat ook bij Nederland een versnelling is opgetreden. De zeespiegel voor de Nederlandse kust is sinds 1890 in totaal bijna 25 centimeter gestegen. Dat komt neer op gemiddeld ongeveer 1,8 millimeter per jaar, wat dicht bij het mondiale gemiddelde ligt. Door de gemiddelde waterstand te corrigeren voor de gecombineerde invloed van wind en getij kon Deltares echter een trendbreuk identificeren: in de afgelopen 30 jaar is de zeespiegel voor de Nederlandse kust met gemiddeld 2,9 mm per jaar gestegen en dat is sneller dan in de periode daarvoor. Een team van de TU Delft is onafhankelijk van Deltares en het KNMI tot dezelfde conclusie gekomen.

Rijkswaterstaat houdt met metingen de zeespiegelstijging voor de kust nauwgezet in de gaten. Deltares onderhoudt in afstemming met het KNMI de Zeespiegelmonitor: de jaarlijkse rapportage over de zeespiegelstijging voor de Nederlandse kust. De gegevens worden onder meer door Rijkswaterstaat gebruikt ter ondersteuning van het kustbeheer.

Wat zijn de nieuwe scenario's voor zeespiegelstijging voor de Nederlandse kust?

Hoe snel de zeespiegel stijgt, is afhankelijk van de stijging van de temperatuur, en daarmee van de uitstoot van CO_2. Er zijn veel plannen om de uitstoot te beperken, maar het is niet zeker in welke mate de uitstoot daadwerkelijk zal verminderen. Het IPCC werkt daarom met verschillende mondiale klimaatscenario's waarin de uitstoot in meer of mindere mate af- of toeneemt. Deze twee scenario's vormen de bandbreedte voor de verwachte zeespiegelstijging bij Nederland:

- De minste zeespiegelstijging treedt op in het scenario waarin de uitstoot van broeikasgassen sterk afneemt en na 2050 ook opslag van CO_2 plaatsvindt (scenario SSP1-2.6). In dit scenario is de wereldgemiddelde temperatuur circa 1,8 graden gestegen in 2100.
- De sterkste zeespiegelstijging ontstaat in het scenario waarbij geen maatregelen worden genomen om de uitstoot van broeikasgassen te beperken (scenario SSP5-8.5). In dit scenario is de wereldgemiddelde temperatuur in 2100 circa 4,4 graden gestegen.

Scenario/ tijdlijn	Zeespiegelstijging[2]		Rijn-afvoer[3]		Maas-afvoer[4]		Gebaseerd op IPCC-scenario
	2100	2200	2100	2200	2100	2200	
Laag (als het meezit)	0,5 m	1 m	15.500 m^3/s	15.500 m^3/s	3.800 m^3/s	3.800 m^3/s	SSP1-2.6
Matig	0,75 m	2 m	15.900 m^3/s	16.100 m^3/s	3.900 m^3/s	3.900 m^3/s	Tussen SSP1-2.6 en SSP5-8.5
Hoog (als het tegenzit)	1 m	3 m	18.400 m^3/s	20.300 m^3/s	4.500 m^3/s	5.100 m^3/s	SSP5-8.5
Zeer extreem (in het ergste geval)	2 m	5,4 m	18.400 m^3/s	20.300 m^3/s	4.500 m^3/s	5.100 m^3/s	SSP5-8.5 inclusief instabiliteit Antarctica

Tabel 1 De mate van zeespiegelstijging en de maximale rivierafvoer in verschillende klimaatscenario's, op basis van de tijdlijnen en zichtwaarden die in het Kennisprogramma Zeespiegelstijging zijn gehanteerd.

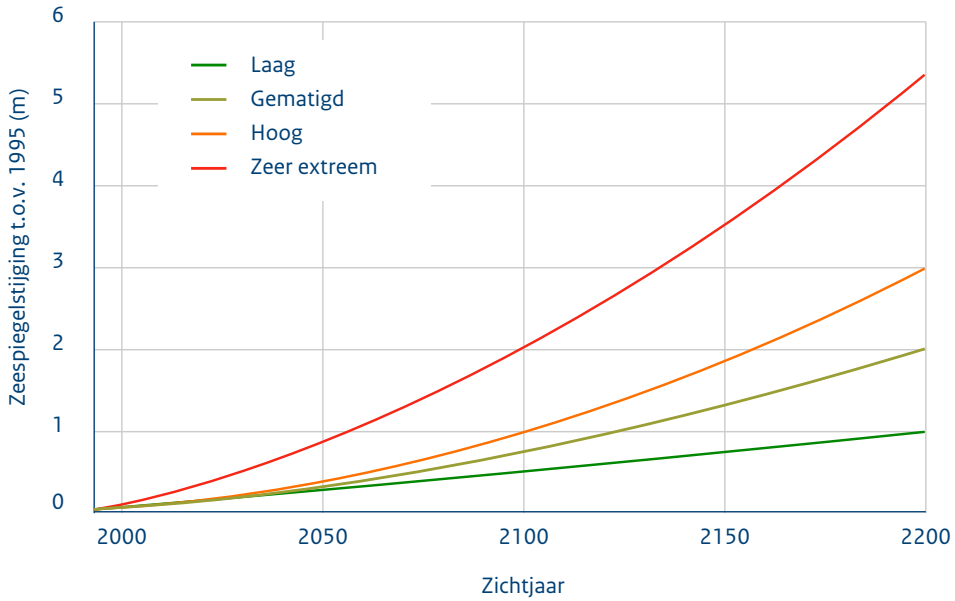
Binnen het Kennisprogramma Zeespiegelstijging zijn verschillende tijdlijnen ontwikkeld die samen een bandbreedte geven van de mogelijke mate van zeespiegelstijging (Tabel 1). Deze tijdlijnen zijn gebruikt om de gevolgen van zeespiegelstijging in Nederland inzichtelijk te maken en mogelijke oplossingsrichtingen te verkennen. De tijdlijnen zijn gebaseerd op de IPCC-scenario's en sluiten aan bij de KNMI'23-scenario's die tijdens de looptijd van het kennisprogramma zijn gepubliceerd. In de scenario's is er ook rekening mee gehouden dat de bodem blijft dalen en dat door klimaatverandering ook de rivierafvoeren veranderen.

Na 2100 gaat het tempo van de zeespiegelstijging steeds meer afhangen van de mate van opwarming en het al dan niet instabiel worden van delen van de Antarctische ijskap. In de tijdlijnen Laag, Matig en Hoog is dit effect nog niet opgenomen. Daarom is een zeer extreme situatie uitgewerkt waarin versnelde smelt van de Antarctische ijskap is meegenomen. Hieruit blijkt dat als de ijskap van Antarctica minder stabieler is dan in de standaardmodellen is opgenomen, voor de Nederlandse kust een zeespiegelstijging van 2,5 meter in 2100 en 17,5 meter in 2300 niet uitgesloten is (kleine kans, grote gevolgen). Het mogelijk instabiel worden van de ijskap en de mate van opwarming zijn de grootste onzekerheden bij het bepalen van de toekomstige zeespiegelstijging. Het IPCC geeft aan dat de oceanen en vooral ook de ijskappen heel traag reageren op veranderingen in het klimaat[5]. Het duurt honderden tot duizenden jaren voordat de ijskappen een nieuw evenwicht bereiken. Tot die tijd blijven ze krimpen en gaat de zeespiegelstijging door.
De snelheid waarmee dit gebeurt, is sterk afhankelijk van de mate van temperatuurstijging. Hoe groter de temperatuurstijging, hoe sneller de zeespiegelstijging en hoe omvangrijker en kostbaarder de benodigde adaptatiemaatregelen.

[2] De getallen voor de zeespiegelstijging gelden ten opzichte van het gemiddelde over 1995-2014. De mate van zeespiegelstijging is afgerond op 25 cm voor een zeespiegelstijging van minder dan 1 meter, op 50 cm voor een zeespiegelstijging tussen de 1 en 3 meter en op 1 m voor een zeespiegelstijging van meer dan 3 meter. Deze afronding is afgestemd met het KNMI en het doel van het gebruik in dit rapport. De beste waarde voor het scenario matig in 2200 is 1,75 meter. Rijkswaterstaat heeft dit in de analyses om praktische redenen afgerond naar 2 meter.

[3] De rivierafvoer in een situatie met een kans van 1/1.000 per jaar, afgerond op 100 m^3/s.

[4] www.ipcc.ch/assessment-report/ar6/



Figuur 18 Tijdlijnen voor de zeespiegelstijging bij drie scenario's voor de CO_2-uitstoot (laag, gematigd en hoog) en in een zeer extreme situatie waarbij de ijskap van Antarctica instabiel wordt.

Veranderingen in de Warme Golfstroom

De Warme Golfstroom in de noordelijke Atlantische Oceaan (AMOC) is van grote invloed op het klimaat in Nederland. Hierdoor hebben we relatief milde winters en zomers. Recent onderzoek laat zien dat de AMOC tussen 2004 en 2023 met zo'n 10 procent vertraagd is.[6] Als de Golfstroom door klimaatverandering afzwakt, wordt Europa het buitenbeentje van de opwarmende aarde: hier zal het in eerste instantie minder hard opwarmen dan elders of zelfs kouder worden, vooral in de winter. De vertraging beïnvloedt het klimaat: er komen meer droge perioden in de zomer en nattere perioden in de winter. De combinatie van deze veranderingen kan leiden tot extra zeespiegelstijging, omdat de zee zoeter wordt. Ook kan ijsvorming een rol gaan spelen en veranderen de windpatronen. De mate waarin deze gevolgen optreden zijn afhankelijk van de nog onzekere verandering in de golfstroom.

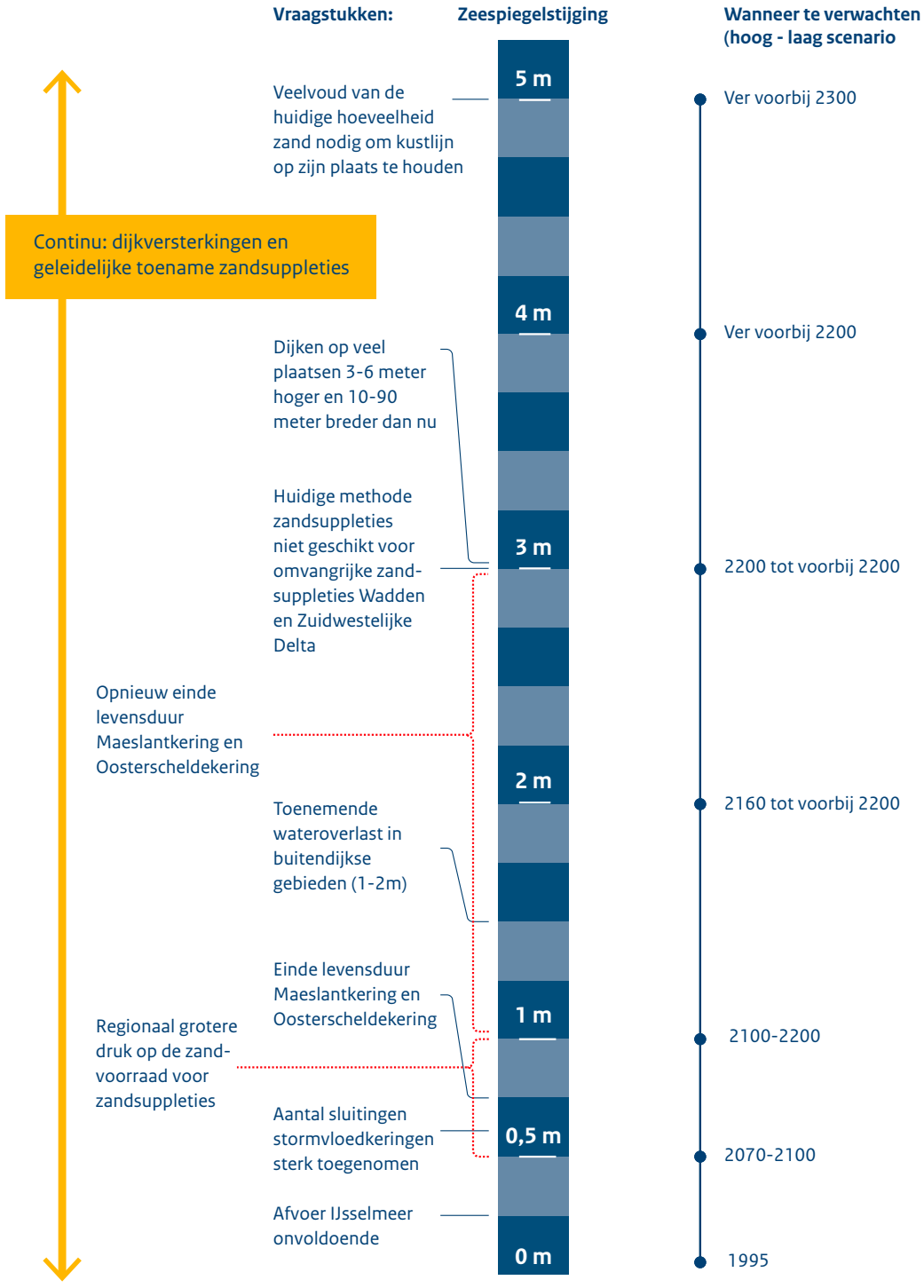
Klimaatmodellen laten zien dat de AMOC in de 21ste eeuw met ongeveer 40% kan vertragen[7]. Dat resulteert in 2100 in een extra zeespiegelstijging van 0 tot 30 centimeter langs de Nederlandse kust[8]. Deze bijdrage (inclusief de grote onzekerheid) is meegenomen in de tijdlijnen voor de zeespiegelstijging die het Kennisprogramma Zeespiegelstijging heeft ontwikkeld en in de KNMI'23-scenario's. Ook de effecten van de vertraging van de AMOC op atmosferische variabelen is meegenomen in de KNMI'23-scenario's, omdat de atmosfeer in de klimaatmodellen reageert op de veranderende oceaancondities. De mogelijkheid bestaat dat de AMOC sneller gaat vertragen dan de klimaatmodellen voorspellen. In een worst-case-scenario, waarin de AMOC volledig tot stilstand komt, zou de zeespiegel langs de Nederlandse kust in de komende 100 jaar met 60 centimeter stijgen, uitsluitend als gevolg van deze verandering in de oceaancirculatie[9,10]. De totale zeespiegelstijging bij Nederland komt dan rond 2100 ongeveer 30 centimeter hoger uit dan de tijdlijnen in Tabel 1 en figuur 18 aangeven.

[6] agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1029/2025GL115055.
[7] Weijer, W., Cheng, W., Garuba, O. A., Hu, A., and Nadiga, B. T.: CMIP6 Models Predict Significant 21st Century Decline of the Atlantic Meridional Overturning Circulation, Geophysical Research Letters, 47, e2019GL086075, https://doi.org/10.1029/2019GL086075, 2020.
[8] Le Bars, D. and Drijfhout, S.: Connecting the Past and the Future to Build Regional Sea-Level Projections, Earth's Future, 13, e2024EF005623, https://doi.org/10.1029/2024EF005623, 2025.
[9] Katsman, C. A., Sterl, A., Beersma, J. J., Van den Brink, H. W., Church, J. A., Hazeleger, W., ... & Weisse, R. (2011). Exploring high-end scenarios for local sea level rise to develop flood protection strategies for a low-lying delta – the Netherlands as an example. Climatic change, 109(3), 617-645.
[10] Van Westen, R. M., Katsman, C. A., and Le Bars, D.: Dynamic and Steric Sea-level Changes due to a Collapsing AMOC in the Community Earth System Model, EGUsphere, 1–25, https://doi.org/10.5194/egusphere-2025-5102, 2025.

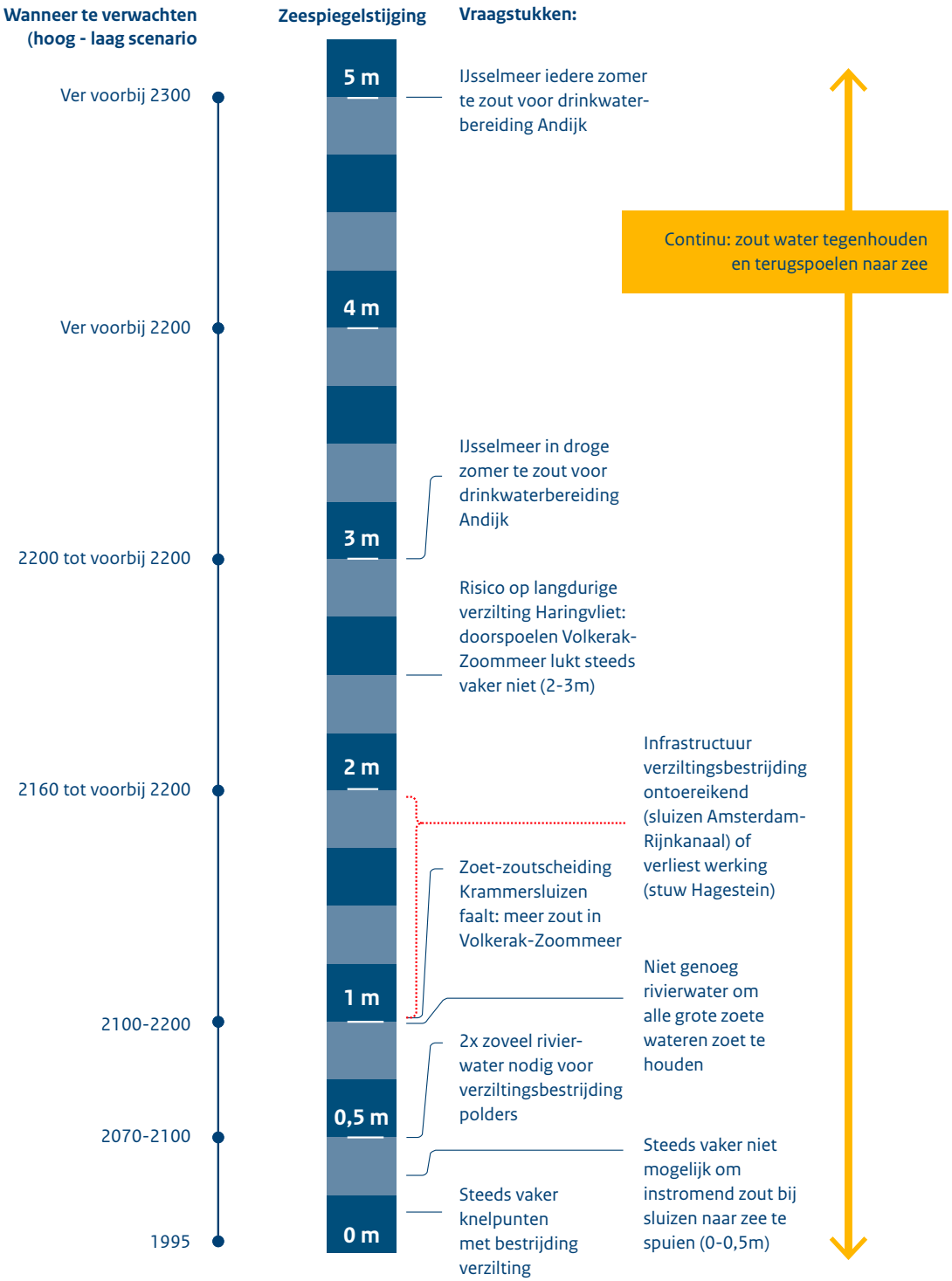
Bijlage 2 Vraagstukken voor bescherming tegen overstromingen en het omgaan met verzilting

Onderstaande figuren laten op hoofdlijnen zien welke vraagstukken achtereenvolgens ontstaan naarmate de zeespiegel verder stijgt. Paragraaf 3.2 geeft een toelichting op de vraagstukken.

Vraagstukken waterveiligheid



Vraagstukken zoetwater



Bijlage 3 De kennisbasis: overzicht achtergrondrapporten

Deze bijlage bevat een overzicht van de rapporten die het Kennisprogramma Zeespiegelstijging heeft opgeleverd en die de basis voor dit eindrapport vormen.

- **Nederland en de zeespiegelstijging. De gevolgen voor waterveiligheid en zoetwater, Rijkswaterstaat, 2026**
  - *Systeemanalyse Zandige Kust - Zeespiegelstijging en de voorkeurstrategie voor de zandige kust. Sedimentbehoefte, suppletievolumes en houdbaarheid strategie bij versnelde zeespiegelstijging*, Rijkswaterstaat, 2026
  - *Syntheserapport Waterveiligheid fase 2 incl oprekmaatregelen*, HKV, december 2025
  - *Synthese bevindingen KP ZSS Systeemanalyses Zoetwater*, Rijkswaterstaat, december 2025
  - *Impactanalyse Kennisprogramma Zeespiegelstijging*, Royal Haskoning DHV, 2025:
    - Deelrapport *Huidige Strategie*
    - Deelrapport *Oprekmogelijkheden: Zoetwaterbeschikbaarheid*, Waterveiligheid, Zandige Kust
    - Deelrapport *Lange Termijn Denkrichtingen: Zeewaarts, Meebewegen, Beschermen Gesloten A1, Beschermen Gesloten A2, Beschermen Open B2*
    - Deelrapport *Nature Based Solutions: Alternatief 1 & 2*
    - Deelrapport *Kostenraming strategieën zeespiegelstijging*

- **Ruimte voor zeespiegelstijging 2, Kennisprogramma zeespiegelstijging, 13 november 2025:**
  - Rapport *Beschermen, consortium Beschermen*, 15 februari 2024
  - Rapport *Zeewaarts, consortium Zeewaarts*, 16 februari 2024
  - Rapport *Meegroeien, consortium Meegroeien*, 10 oktober 2025
  - Rapport *Meebewegen, consortium Meebewegen*, 10 november 2023
  - Rapport *Indicatieve kosten en effecten van oplossingsrichtingen voor extreme zeespiegelstijging*, 2026

- **Tijdlijnen voor beslismomenten bij zeespiegelstijging, Haskoning, Infram, 20 oktober 2025**

- **Volgens het boekje, Nederlandse School voor Openbaar Bestuur, april 2025**

- **Tussenbalans van het Kennisprogramma Zeespiegelstijging, Kennisprogramma Zeespiegelstijging, november 2023**

Een totaal overzicht van alle bronnen en publicaties is te vinden op:
- www.deltaprogramma.nl/kennisprogramma-zeespiegelstijging (zie bibliografie)
- www.rijksoverheid.nl/documenten
- open.rijkswaterstaat.nl/open-overheid/onderzoeksrapporten

Colofon

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

Begeleiding

Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat
Staf deltacommissaris
Rijkswaterstaat

Tekst en redactie

Renske Postma, Bureau Met Andere Woorden

Vormgeving

VormVijf

Fotografie

p. 8 Storm aan de kust van Zeeland: Tineke Dijkstra
p. 10 Urk gezien vanaf het IJsselmeer: Ivo Vrancken
P. 11 Kust bij Pettemerduinen: John Gundlach
P. 12 Stuw Grote Kerkvliet, knooppunt Polsbroek: Tineke Dijkstra
P. 19 Sluis en stuwcomplex Hagestein: Tineke Dijkstra
P. 22 Peilstok voor de waterstand bij Hoek van Holland: Mischa Keijser
P. 36 De Oosterscheldekering: John Gundlach
P. 43 Kustlijn van de polder in Noord-Groningen Waddenzee: Ivo Vrancken
Alle beelden zijn afkomstig uit de Rijksbeeldbank

Aan het Kennisprogramma hebben de volgende overheden, kennisinstellingen en adviesbureaus meegewerkt:

- Deltares
- KNMI
- Maatschappelijke Klankboord Groep
- Nederlandse School voor Openbaar Bestuur
- Consortium Beschermen
- Consortium Meebewegen
- Consortium Meegroeien
- Consortium Zeewaarts
- Arcadis
- Haskoning
- HKV
- Hydrologic
- Infram
- Plannenmakers
- Sweco
- Witteveen + Bos

En alle anderen die een bijdrage hebben geleverd.



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