

FAQ: Hoe zit het met metingen en scenario's rondom zeespiegelstijging?

Opgesteld 20 januari 2022

Waarvoor wordt de zeespiegelstand aan de Nederlandse kust bijgehouden?

Zeespiegelstanden worden wereldwijd en langs de Nederlandse kust gemeten. De gemeten trend in de zeespiegelstand wordt gebruikt voor planning van aanpassingen in de kustverdediging voor de nabije toekomst, zeg de eerstkomende 15 jaar. De metingen worden onder meer gebruikt om schattingen te maken van de hoeveelheid zand die er de komende jaren nodig zal zijn, om met zandsuppleties het Nederlandse kustfundament mee te laten stijgen met de zeespiegel. Het meetprogramma en bijbehorend onderzoek vallen onder het Kennisprogramma voor de Primaire Processen, onderdeel Kustbeheer, in opdracht van Rijkswaterstaat, gefinancierd door DG Ruimte en Water.

De laatste jaren zijn er minder suppleties uitgevoerd dan de 12 mln m³ per jaar die de overheid als richtlijn¹ hanteert om mee te groeien met de huidige stijging van de zeespiegel. De belangrijkste redenen hiervoor is dat er meer zand in de zone nabij de kustlijn blijft liggen dan eerder werd ingeschat, en dat er ook door andere projecten zand is aangebracht. Mede op grond van de zeespiegelmetingen heeft Rijkswaterstaat dit jaar een advies geformuleerd (Kustgenese 2.0) om voor de komende 15 jaar uit te gaan van 11 mln m³ per jaar.

Voor zowel voor de Nederlandse Kust als wereldwijd worden zeespiegelscenario's opgesteld. Deze scenario's worden gebruikt voor de lange termijn planning van de hoogwaterbescherming, zoetwaterbeheer en ruimtelijke ordening. Deze scenario's worden door het KNMI opgesteld, op basis van onder andere IPCC klimaatanalyses.

Hoe meten we de zeespiegel in Nederland en wereldwijd?

Langs de Nederlandse kust en estuaria worden sinds 1700 de zeewaterstanden gemeten, ten opzichte van het NAP. Dit wordt momenteel op 51 plaatsen routinematig gedaan, op de hoofdstations op 10-minuten basis. In de Zeespiegelmonitor wordt een gemiddelde zeespiegelstand bepaald op grond van de zes hoofdstations, die verspreid langs de Nederlandse kust liggen. Door hun spreiding geven de metingen een goed beeld van de gemiddelde zeespiegelstand langs de Nederlandse kust. De oudste meting van een hoofdstation stamt uit de 18e eeuw. De zes hoofdstations staan gefundeerd op heipalen, maar de metingen worden desondanks wel beïnvloed door geologische bodemdaling, en door bodemdaling als gevolg van delfstofwinning. De gemeten relatieve verandering van de zeespiegelstand drukt de netto zeespiegelverandering ten opzichte van de lokale bodemhoogte, en is de optelsom van zeespiegelstijging en bodemdaling.

Wereldwijd worden sinds 1993 de zeespiegelstanden ook gemeten met behulp van satellieten. Met deze satellietmetingen is het mogelijk om een beeld te maken van de (gemiddelde en ruimtelijk variabele) zeespiegelstand over de gehele aarde. Deze metingen vinden eens per 1 tot 3 dagen

¹ Derde Kustnota, 2000; https://puc.overheid.nl/rijkswaterstaat/doc/PUC_43195_31/

plaats. De satellieten meten ten opzichte van hun baan die wordt beïnvloed door het zwaartekrachtveld van de aarde; deze metingen worden niet of nauwelijks beïnvloed door bodemdaling. De gemeten zeespiegelstand op basis van satellietmetingen wordt daarom absoluut genoemd.

Wat is de Zeespiegelmonitor?

De Zeespiegelmonitor is een periodieke rapportage van de ontwikkeling van de zeespiegel langs de Nederlandse kust. Deze wordt door Deltares en HKV in opdracht van Rijkswaterstaat bijgehouden. In de Zeespiegelmonitor worden de metingen van zowel de getijdestations als de satellieten geanalyseerd. Daardoor kan de stijging langs de Nederlandse kust vergeleken worden met de wereldwijde stijging. Ook wordt rekening gehouden met de bodemdaling bij de getijdenstations.

Hoe vaak wordt de Zeespiegelmonitor gepubliceerd?

Sinds 1900 worden de gemiddelde zeespiegelstand en stijging periodiek gerapporteerd in de Zeespiegelmonitor. Van 1970 tot 2010 werd de jaargemiddelde zeespiegelstijging elke tien jaar gerapporteerd. Sinds 2011 gebeurt dit jaarlijks in een [online rekendocument](#)². Eens in de ca 3 jaar wordt een nadere analyse van de resultaten aan de gepubliceerde Zeespiegelmonitor toegevoegd. Zo werd in de periode 2016-2018 veel onderzoek gedaan om de bijdrage van de individuele componenten van de relatieve zeespiegelstijging in beeld te krijgen. Hierbij zijn verschillende meetreeksen en modellen onderling vergeleken. Ook zijn in de rapportage van 2018 de uitkomsten vergeleken met de KNMI scenario's voor de lange termijn stijging van de zeespiegel.

Waarom worden verschillende modellen gebruikt voor de bepaling van de gemiddelde zeespiegelstijging langs de Nederlandse kust?

In de Zeespiegelmonitor worden de waarnemingen langs de Nederlandse kust beschreven met verschillende statistische beschrijvingen. De stijging die gemiddeld geldt over een langjarige periode hangt af van onder andere de gekozen periode (zie andere vraag in deze FAQ). Er zijn verschillende databronnen voor wind³ waarmee de schatting van de invloed van de hoogfrequente bijdrage van wind in rekening kunnen worden gebracht. En er zijn verschillende methoden om een versnelling in de laagfrequente zeespiegelstijging te detecteren: gegeneraliseerde lineaire modellen met een beperkt aantal fit-parameters geven een andere beschrijving dan lokale lineaire regressie methoden (LOESS⁴) met een gekozen middelingsinterval.

De Zeespiegelmonitor resultaten worden gebruikt voor onder meer de berekening van de totale zandsuppletie langs de Nederlandse kust over een periode van 15 jaar, die de kust helpen om mee te groeien met de zeespiegelstijging. Die suppletie anticipeert op de verwachte zeespiegelstijging in de nabije toekomst. Dit beleid is onderdeel van het Nationaal Waterplan (2016-2021)⁵, en de uitvoering

² <https://nbviewer.org/github/openearth/sealevel/blob/master/notebooks/dutch-sea-level-monitor.ipynb>

³ Waaronder lokale metingen op zee of aan land, en meteorologische (her)analyses die verschillende perioden omvatten

⁴ LOESS (ook wel LOWESS) = Locally Weighted Scatterplot Smoothing

⁵ En zal ook in het NWP 2022-2027 worden opgenomen

vindt plaats in het programma Kustlijnzorg. De methode waarmee de verwachte zeespiegelstijging wordt vastgesteld is afgestemd op dit beleid. Het suppletiebeleid is onderdeel van een omvangrijk pakket waterveiligheids-maatregelen, waarmee uiteindelijk de Tweede Kamer instemt. Dit maakt het nodig om afspraken en methoden voor een aantal jaar vast te leggen.

In de Zeespiegelmonitor worden een aantal modellen vergeleken. De huidige procedure en criteria voor modelselectie en de daaruit volgende trendbepaling zijn beschreven in Hoofdstuk 5 van de Zeespiegelmonitorrapportage uit 2018, en vastgelegd na onder meer een review van het Expertise Netwerk Waterveiligheid (ENW)⁶. In 2022 wordt de methodiek van de Zeespiegelmonitor opnieuw geëvalueerd en in overleg met Rijkswaterstaat opnieuw vastgesteld.

Welke processen spelen een rol bij zeespiegelstijging?

De wereldwijde zeespiegel wordt beïnvloed door toename van de hoeveelheid water door o.a. smeltende ijskappen en gletsjers en veranderingen in wateropslag in grondwater, sneeuwpakketten en waterreservoirs. Daarnaast zet het volume van zeewater uit door de toename van de temperatuur.

Regionale variaties in zeespiegelstijging wordt veroorzaakt door onder andere veranderingen van zeeën, wind, variaties in de atmosferische drukverdeling, zwaartekracht-effecten door veranderingen in de landijsverdeling, regionale verandering van de zeebodem, en ruimtelijke variaties in de warmteopname.

Wat is de zeespiegelstijging langs de Nederlandse kust en mondiaal?

De mondiale zeespiegelstijging gemiddeld over de periode 1901 – 2018 bedraagt ca 1.7 ± 0.4 mm/jaar, aldus het 6^e Assessment Rapport van IPCC (AR6). Over de recente periode 2006 – 2018 rapporteert datzelfde rapport een zeespiegelstijging van 3.7 ± 0.5 mm/jaar. De Amerikaanse dienst NOAA rapporteert een stijging van 3.0 ± 0.4 mm/jaar tussen 1993 en nu.

Ook voor de zeespiegelstijging langs de Nederlandse kust varieert de waarde met de gebruikte periode en met de gebruikte methode. Volgens de Zeespiegelmonitor is er over de periode tussen 1890 en 2017 een gemiddelde zeespiegelstijging van 1.86 mm/jaar opgetreden, en vanaf 1993 een waarde van 2.5 mm/jaar. Analyse van het KNMI met een LOESS⁴ methode leidt tot een zeespiegelstijging langs de Nederlandse kust van ca 3 mm/jaar over de laatste circa 30 jaar⁷.

Waarom verschilt de zeespiegelstijging langs de Nederlandse Kust van de wereldgemiddelde zeespiegelstijging?

De bijdragen van processen die de wereldwijde zeespiegelstijging bepalen zijn niet homogeen verdeeld over de ruimte en de tijd. Daardoor verschilt op vrijwel elke plaats de lokale zeespiegelstijging van het wereldgemiddelde tempo. Lokale metingen zijn daarom niet representatief voor de wereldgemiddelde zeespiegelstijging. Voor Nederland spelen met name de

⁶ <https://www.enwinfo.nl/adviezen/advies-methode-bepaling-zeespiegelstijging/>

⁷ De tijdschaal waarover een LOESS methode een gemiddelde bepaalt wordt met een filter-parameter gekozen. In de KNMI analyse is hiervoor een tijdschaal van 31 jaar gekozen

regionale effecten van de statistiek van winden en stormen, de zwaartekracht-effecten van het massaverlies van de Groenlandse ijskap, fluctuaties in grote oceaankwaden en lokale afwijkingen van de warmte-opname door zeewater een rol.

Ook is de onzekerheid van de bepaling van de zeespiegelstijging op lokale schaal relatief groot. Om een betrouwbare trend te kunnen vaststellen zijn er lange tijdseries nodig. Nederland heeft de langste reeks waarnemingen in de wereld (startend aan het begin van de 17e eeuw). Analyse van deze meetserie laat duidelijk zien dat het zeeniveau langs de Nederlandse kust sterk samenhangt met de windcondities. Afhankelijk van o.a. deze windcondities kunnen de variaties in zeeniveau tussen twee opeenvolgende jaren 10 cm zijn. Ondanks deze grote jaar-op-jaar variaties is een zeer duidelijke trend van een stijgende zeespiegel te zien.

Versnelt de stijging van de zeespiegel?

Het 6^e Assessment Rapport van IPCC (AR6) laat duidelijk zien dat de wereldwijde zeespiegelstijging versnelt, van ca 1.7 ± 0.4 mm/jaar over de periode 1901 – 2018, tot 3.7 ± 0.5 mm/jaar voor de periode 2006 – 2018.

Volgens de methode van de Zeespiegelmonitor wordt er langs de Nederlandse kust geen significante versnelling in de stijging van de zeespiegel gedetecteerd. Die methode registreert wel een snellere zeespiegelstijging in de periode 1993 – 2020 (2.47 mm/jaar) dan in de periode 1890 – 1993 (1.80 mm/jaar) maar dat verschil is statistisch niet significant (bij een gehanteerde overschrijdingskans van < 5%).

Analyse van het KNMI met een LOESS methode⁷ signaleert wel een versnelling (zie andere FAQ). Vrijwel alle zeespiegelscenario's (ook de huidige Deltascenario's, gebaseerd op de KNMI'14 scenario's) geven aan dat de zeespiegel in de toekomst sneller gaat stijgen, met name na 2050.

Wat is de bijdrage van bodemdaling aan de relatieve zeespiegelstijging langs de Nederlandse kust?

De bodemdaling in Nederland bestaat uit verschillende componenten. Omdat de Nederlandse getijdstations zijn verankerd op een diepere zandlaag dragen alleen bewegingen van die lagen bij aan de relatieve zeespiegelstijging. Bodemdaling in de bovenste paar meters van de ondergrond, zoals de inklinking van veengrond in het veenweidegebied, heeft geen invloed op de gemeten zeespiegelstand.

De bijdrage van geologische bodemdaling aan de relatieve zeespiegelstijging langs de Nederlandse kust sinds 1901 bedraagt 4.5 cm. Dit is bodemdaling van de diepere grondlagen beneden de heipalen waarop de meetstations staan.

In de Zeespiegelmonitor 2018 is de nauwkeurigheid van de bijdrage van bodemdaling vergroot door gebruik van een historische reconstructie van de aansluiting tussen de peilbouten en het NAP.

Welke invloed hebben atmosferische omstandigheden zoals storm op de zeespiegel langs de kust?

Veel van de variatie in de lokale zeespiegelstand van jaar tot jaar is toe te schrijven aan de opstuwende kracht van stormen. Uit KNMI onderzoek is gebleken dat over de periode 1980-2020 deze component leidde tot een gemiddelde reductie van de zeespiegelstijging van ca 0.3 ± 0.3 mm/jaar, maar de invloed van wind varieert sterk over de tijd, en is in het recente verleden een stuk

kleiner geweest. Zo wordt voor de periode 1993-2020 de bijdrage van windeffecten aan de zeespiegelreductie geschat op slechts 0.1 ± 0.7 mm/jaar.

Welke rol spelen de grote Antarctische en Groenlandse ijskappen bij zeespiegelstijging?

Op dit moment is de bijdrage van afsmeltend ijs van Groenland en Antarctica aan de stijging van de zeespiegel nog relatief gering. Naar verwachting zal dit aandeel onder invloed van een stijgende temperatuur in de loop van de eeuw steeds groter worden. In sommige scenario's voor de Antarctische ijskap stijgt de zeespiegel sneller dan waar nu in de Deltascenario's rekening mee wordt gehouden. Deze zijn onder andere gebaseerd op recente inzichten over een mogelijk versneld afbreken en afsmelten van landijs. Ook het recente AR6 IPCC rapport presenteert een scenario onder aanname van een aantal processen die daarvoor verantwoordelijk zijn: opbreken van drijvende ijsplaten die tegendruk bieden aan afglijdend landijs, versnelling van de afstroming van ijs op plaatsen waar de geologische ondergrond dieper ligt naarmate de afstand tot de ijsrand toeneemt, en instabiliteit van steeds hoger wordende ijskliffen.

Nieuw onderzoek met numerieke modellen van de Antarctische ijskap, duidt erop dat delen van deze ijskap onstabiel zijn, dan wel op korte termijn instabiel kunnen worden. Dat leidt ertoe dat deze delen versneld in zee zullen schuiven, wat kan leiden tot een sterk versnelde zeespiegelstijging. Het nieuwe inzicht is dat dit mechanisme niet alleen in de loop van vele komende eeuwen kan optreden, maar dat het zich mogelijk al gaat manifesteren in de tweede helft van deze eeuw. Daarnaast zijn er waarnemingen op Antarctica gedaan die in lijn zijn met de uitkomsten van deze numerieke modellen. Bovendien is het mechanisme een verklaring voor de zeer hoge zeespiegelstanden gedurende de relatief warme periode voorafgaand aan de laatste ijstijd (ongeveer 100,000 jaar geleden). De zeespiegelstijging zou dan in plaats van de 1 meter waar we ons nu op voorbereiden, oplopen tot mogelijk meer dan 2 meter gedurende de 21^e eeuw.

De mate waarin de zeespiegelstijging versnelt, is vooral afhankelijk van de mate van uitstoot van CO₂ wereldwijd, en hoe dit doorwerkt in de opwarming van de aarde en het afsmelten van Antarctica.

Hoe worden zeespiegelscenario's gemaakt?

De verwachtingen voor de verre toekomst zijn gebaseerd op een combinatie van waarnemingen en reconstructies, kennis over processen die bijdragen aan zeespiegelstand, en de uitkomsten van computermodellen.

Zeespiegelscenario's zijn geen voorspellingen maar mogelijke uitkomsten als gevolg van een aantal aannames. Een aanname die zeer belangrijk is bij het opstellen van zeespiegelscenario's is de mondiale opwarming. Die kan laag of hoog uitvallen (afhankelijk van broeikasgasemissies en de reactie van het klimaatstelsel daarop), en zal in sterke mate bepalen hoeveel het zeewater zal uitzetten, hoeveel ijs er zal smelten, en welke veranderingen er in de stromingspatronen van oceaan en atmosfeer zullen optreden. De effecten van opwarming op de uitzetting van oceaanwater en veranderingen in de oceaan- en atmosfeercirculatie worden afgeleid uit de klimaatmodellen die ook voor het IPCC rapport en de andere grootheden van de KNMI klimaatscenario's (neerslag, verdamping, temperatuur) worden gebruikt. De bijdragen van massaverlies van ijskappen, het effect van de zwaartekracht op de herverdeling van water, en de bijdrage van regionale bodemdaling worden apart bepaald en met elkaar gecombineerd tot zeespiegelscenario's.

Wat zijn de belangrijkste onzekerheden in de zeespiegelprojecties?

Er zijn verschillende onzekerheden die invloed hebben op de projecties van zeespiegelstijging, namelijk: a) het verloop van de concentraties broeikasgassen en andere bijdragen aan mondiale opwarming, b) de stijging van de temperatuur op aarde als gevolg van die emissies en bijdragen, c) de gevolgen van de temperatuurstijging op het uitzetten van de oceaan, en d) de reactie van de Groenlandse en Antarctische ijskappen op een stijgende (oceaan) temperatuur. Er worden daarom doorgaans meerdere projecties gebruikt om een bandbreedte van mogelijke toekomstige zeespiegelstijgingen weer te geven.

Welke scenario's worden er in het Nederlandse beleid gebruikt?

Voor het Nederlandse beleid op het gebied van onder andere waterveiligheid, waterbeheer, bodemdaling, verzilting en zeespiegelstijging wordt doorgaans uitgegaan van de Deltascenario's. De Deltascenario's zijn op hun beurt gebaseerd op de KNMI klimaatscenario's. De KNMI scenario's zijn grotendeels gebaseerd op regionale en mondiale klimaatmodelsimulaties die ook in de opeenvolgende IPCC Assessment rapporten worden gebruikt. De huidige "officiële" klimaatscenario's voor Nederland zijn de KNMI'14 scenario's, die gebaseerd zijn op het 5^e IPCC Assessment rapport. In het Klimaatsignaal'21, dat recent door het KNMI is uitgebracht, is een indruk gegeven van de zeespiegelprojecties die voor het 6^e Assessment Rapport van IPCC zijn gebruikt, maar de formele zeespiegelscenario's voor Nederland zullen in 2023 geüpdatet worden.

Terwijl de zeespiegel in onze omgeving al vele eeuwen stijgt is die stijging voor de komende eeuw(en) nog erg onzeker en sterk afhankelijk van aangenomen wereldwijde opwarming en de mate van afsmelten van de grote ijskappen. Daarom spannen de scenario's een brede onzekerheidsmarge op, die wordt bepaald door een gekozen percentage van de totale bandbreedte van alle gebruikte projecties. Voor de komende decennia lopen de onder- en bovenkant van die marge nog niet ver uiteen, maar naarmate de tijd vordert neemt deze marge sterk toe.

Hoe verhoudt de gemeten zeespiegel zich ten opzichte van de IPCC en KNMI scenario's?

In 2006 en 2014 heeft het KNMI scenario's opgesteld voor de zeespiegelstijging tot het einde van deze eeuw. Deze scenario's houden rekening met een verandering van de zeespiegel door oorzaken die nog maar in zeer beperkte mate tot uiting komen in de huidige meetreeks, waaronder een toenemende mondiale temperatuur en toenemend verlies van massa van grote ijskappen en gletsjers.

Deze scenario's geven de mogelijke zeespiegelstijging aan bij 2°C en 4°C temperatuurstijging in 2100 met een onzekerheidsmarge. Het startpunt van deze scenario's is het midden van het tijdvak 1985-2005 dat voor deze scenario's als referentie werd gebruikt. De scenario's laten alleen de zeespiegelstijging zien die is toe te schrijven aan de verandering van het watervolume en watertemperatuur van de wereldwijde oceanen. Regionale fluctuaties, veroorzaakt door stormcondities of veranderingen in het getij, zijn geen onderdeel van de KNMI'14 scenario's.

Wanneer waargenomen zeespiegel en scenario's in één en dezelfde figuur worden weergegeven is zichtbaar dat de jaar-op-jaar fluctuaties die in de waarnemingen tot uiting komen niet worden

weergegeven in de scenario's. Ook zien we dat er in de meeste klimaatscenario's een versnelling van de zeespiegelstijging in de komende decennia plaats zal vinden. Deze versnelling is afhankelijk van de aangenomen opwarming en bijdrage van de grote ijskappen.

Wat zijn Low Likelihood / High Impact scenario's?

Low likelihood/high impact scenario's zijn (zeespiegel)scenario's waarvan de kans dat ze op zullen treden klein is en moeilijk te kwantificeren, maar die wel een grote (maatschappelijke) impact zullen hebben doordat de zeespiegelstijging veel groter is dan in de reguliere scenario's. Ze worden opgesteld onder aanname van een aantal fysische processen die leiden tot een grote versnelling van massaverlies van de Groenlandse en Antarctische ijskappen, en een zeespiegelstijging die veel sneller verloopt dan de reguliere projecties (zie ook FAQ over rol van grote ijskappen).

Waarom zijn Low Likelihood / High Impact scenario's belangrijk voor Nederland?

Zeespiegelstijging is een onderwerp met een lange adem. Op die lange termijn is de onzekerheid van het verloop van de zeespiegelstand erg groot, maar de zeespiegelstand kan enorme consequenties hebben voor de veiligheid of zelfs bewoonbaarheid van grote delen van Nederland. Om die onzekerheid hanteerbaar te maken volgt het Nederlandse Deltaprogramma een zogenaamde Adaptieve Strategie: een lange termijn planning die zichzelf stevig kan bijsturen als de inzichten of omstandigheden wijzigen. Hiervoor worden systematische verkenningen verricht van de houdbaarheid van de huidige strategie, en wordt voor een groot aantal locaties en kritische onderdelen (zoals de Deltawerken) gericht gezocht naar omstandigheden waar de veiligheid niet meer kan worden gegarandeerd. Voor veel locaties is het bij een bepaalde (grote) zeespiegelstijging niet meer mogelijk om dat met de huidige strategie te bereiken.

In die verkenningen worden alternatieve strategieën ontworpen en getest. Maar er wordt ook rekening gehouden met het tempo waarmee zo'n nieuwe strategie kan worden geïmplementeerd, en wordt getoetst of dat tempo de snelheid van de zeespiegelstijging kan bijhouden. De tijd die nodig is om drastisch andere strategieën te volgen bestrijkt al gauw enkele tot vele decennia, en daarom is het van belang om hier tijdig een beeld van te vormen.

Zeespiegelstijging zal nog minstens een aantal eeuwen aanhouden. De Low Likelihood / High Impact scenario's geven aan dat grote zeespiegelstijging al binnen afzienbare tijd mogelijk is. Maar ook in gematigde klimaatscenario's kan de zeespiegel uiteindelijk met enkele meters stijgen. Dat is groter dan waarvoor de huidige Nederlandse delta is ingericht. Inzicht in de grenzen aan de huidige strategie is hoe dan ook van belang.

Welke verkenningen van Low Likelihood / High Impact scenario's zijn er al uitgevoerd?

De Deltacommissaris heeft in 2018 een eerste verkennend onderzoek laten uitvoeren naar de invloed van "low likelihood / high impact" scenario's uitgaande van de huidige strategie van het Deltaprogramma. In 2019 is een tweede rapport gepubliceerd over alternatieve strategieën (oplossingsrichtingen).

De voorkeursstrategieën van het Deltaprogramma bestaan uit een combinatie van maatregelen die binnen de bandbreedte aan verwachte ontwikkelingen die met de deltasenario's in beeld zijn

gebracht ingezet kunnen worden. In de verkenning is in beeld gebracht op welke wijze de versnelde zeespiegelstijging knikpunten kan veroorzaken op het gebied van het kustfundament, waterveiligheid en zoetwatervoorziening. Een knikpunt is het moment waarop nieuwe of aanvullende maatregelen aan de orde kunnen komen. In de verkenning wordt beschreven wanneer en bij welke mate of snelheid van zeespiegelstijging een knikpunt kan optreden, en wat dit voor de uitvoering van de maatregelen uit de voorkeursstrategie kan betekenen.

Onderzoekers van het KNMI hebben de uitkomsten van het onderzoek naar het gedrag van de Antarctische ijskap vertaald in schattingen voor de stijging van de zeespiegel langs de Nederlandse kust. Diverse figuren in het rapport laten duidelijk zien dat vooral aan de bovenzijde van de schattingen de onzekerheid sterk is toegenomen. De verkenning van Deltares richt zich primair op de implicaties van verschillende waarden van het zeespiegelniveau en snelheid van stijging voor de Nederlandse kust, voor onze waterveiligheid en voor de watervoorziening. Deze implicaties worden verkend los van het moment waarop ze in de scenario's optreden. Daarmee zijn de resultaten niet primair afhankelijk van het verloop van de door KNMI geproduceerde scenario's, al is er wel een relatie tussen de scenario's en de snelheid van stijging.

Waarom is het tempo van zeespiegelstijging belangrijk voor Nederland?

Niet alleen een hogere zeespiegel heeft invloed op de waterbeheerstrategie van Nederland, ook het tempo waarmee die zeespiegelstijging zich voltrekt, is van belang. Het nemen van maatregelen vergt een lange voorbereidings- en implementatietijd, en bij zeer snelle zeespiegelstijging wordt de beschikbare tijd beperkt. De gevolgen zullen vooral na 2050 duidelijk worden, maar sommige ingrepen hiervoor zijn mogelijk eerder nodig dan 2050. Om tijdig en met de juiste maatregelen te reageren en cruciale opties open te houden is het van belang de gevolgen, beschikbare maatregelen en waarschuwingssignalen nader te onderzoeken.

Hoe kunnen we een schatting maken van de zeespiegelstijging in de (nabije) toekomst?

Metingen van de zeespiegelstand in de toekomst zijn natuurlijk niet mogelijk. Wel kunnen schattingen worden gemaakt van de toekomstige ontwikkeling van een aantal fysische processen die een bijdrage leveren aan zeespiegelstijging. Het aantal stormen in de nabije toekomst is onvoorspelbaar, en die bijdrage kan daarom niet worden geschat. Anderzijds is het astronomisch getij heel goed voorspelbaar, en ook die leidt tot merkbare fluctuaties in de zeespiegelstand. Ook kan een voorspelling worden gemaakt van de zeespiegelstand in de nabije toekomst op grond van de huidige warmteverdeling van de oceanen, de verwachte wereldgemiddelde en regionale temperatuur voor de nabije toekomst, en gevalideerde klimaat- en ijskapmodellen. Naarmate de voorspelhorizon groter wordt neemt ook de onzekerheid van deze zeespiegelstand toe. Het is daarom van belang om continu te blijven monitoren en voorspellingen bij te stellen op basis van de laatste metingen en inzichten. Zo is het van belang om de grote ijskappen in de gaten te blijven houden. Meting van de huidige ijsmassa's en tempo van massaveranderingen biedt een indicatie voor de mogelijke bijdrage van gesmolten ijs op het zeeniveau in de toekomst.

Welke gevolgen heeft zeespiegelstijging voor Nederland?

Het KNMI geeft aan dat een mogelijk grote versnelling van de zeespiegelstijging op zijn vroegst vanaf 2050 merkbaar wordt. Op basis van het eerste verkennende onderzoek van Deltares lijkt het pakket aan maatregelen waar het Deltaprogramma op dit moment vanuit gaat (de voorkeursstrategieën) in elk geval tot 2050 voldoende om onze delta bewoonbaar te houden. Wel is er nog veel onzeker over de wijze waarop de versnelde zeespiegelstijging precies doorwerkt in de hoeveelheid zand die nodig is om de Nederlandse kust te handhaven, de belasting van de waterkeringen en de verzilting van grond- en oppervlaktewater. Tevens moet verkend worden hoe grote/kapitaalintensieve maatregelen met een lange levensduur adaptiever uitgevoerd kunnen worden, zodat beter ingespeeld kan worden op onzekere ontwikkelingen.

Voor de Nederlandse zandige kust zijn de effecten van zeespiegelstijging:

- Bij een opwarming van 2 graden (ten opzichte van pre-industriële temperatuur) is er in 2100 meer zand voor suppleties nodig. Afhankelijk van toekomstige keuzes over hoe de kust wordt gehandhaafd zal dit oplopen.
- Versnelling van zeespiegelstijging zal tot meer sedimenttransport naar de Waddenzee leiden, waardoor er meer zandsuppletie langs de Noordzeekust nodig zal zijn voor de kustlijn­zorg. Binnen de Waddenzee leidt versnelling van zeespiegelstijging tot verlies van intergetijdengebied. Op den duur kan zelfs verdrinking van de Waddenzee (verlies van praktisch alle wadplaten) optreden als de snelheid van zeespiegelstijging een kritische grens overschrijdt. De kritische zeespiegelstijgingssnelheid voor verdrinking is per Waddenzeebekken verschillend, lager voor de grote bekkens in Westelijke Waddenzee en hoger voor de kleinere bekkens in de oostelijke Waddenzee. Ook in de zuidwestelijke delta is op termijn extra sediment nodig om buitendijkse gebieden mee te laten groeien.

Voor de *waterveiligheid* zijn de effecten van zeespiegelstijging:

- Als de zeespiegel versneld gaat stijgen, zorgt dat ervoor dat vanaf 2050 de vervanging van grote kunstwerken zoals stormvloedkeringen en sluizen 10 (bij +2 graden) tot 20 jaar (+ 4 graden) eerder aan de orde kan komen.
- Bij een zeespiegelstijging van 0,65 meter wordt spuien onder vrij verval van het IJsselmeer in de Waddenzee vrijwel onmogelijk, omdat het niveau van het meerpeil dan ook bij laagtij onder het niveau van de Waddenzee ligt. Bij een zeespiegelstijging van 1,75 meter is er een pompcapaciteit op de Afsluitdijk nodig van 1000 tot maximaal 3200m³/s om alle IJsselafvoer en neerslagoverschot af te voeren, afhankelijk van de eisen die worden gesteld aan de waterveiligheid.

Voor het *zoetwaterbeheer* zijn de effecten van zeespiegelstijging:

- Vanaf 2050 kan een versnelde zeespiegelstijging een significante toename van de zoutindringing via de rivieren opleveren, waardoor inlaatpunten in het benedenrivierengebied vaker en langer moeten sluiten, en de noodzaak voor een meer permanente en structurele inlaat uit boven­stroomse aanvoer toeneemt. Ook kan daardoor de watervraag aan het IJsselmeer toenemen.

Verder lezen

Aanvullende links naar: Zeespiegelmonitor 2018⁸, KNMI Klimaatsignaal '21⁹, Rapporten gevolgen¹⁰ en oplossingsrichtingen¹¹ extreme zeespiegelstijging, Deltascenario's¹², KPZSS¹³, KNMI nieuwsbericht over trendbepaling¹⁴, LOESS methodiek KNMI¹⁵

⁸ <https://www.deltares.nl/app/uploads/2019/03/Zeespiegelmonitor-2018-final.pdf>

⁹ <https://www.knmi.nl/kennis-en-datacentrum/achtergrond/knmi-klimaatsignaal-21>

¹⁰ https://www.deltares.nl/app/uploads/2018/08/Deltares_Mogelijke-gevolgen-van-versnelde-zeespiegelstijging-voor-het-Deltaprogramma.pdf

¹¹ https://publications.deltares.nl/11203724_004.pdf

¹² https://media.deltares.nl/deltascenarios/Deltascenarios_actualisering2017_hoofdrapport.pdf

¹³ <https://www.rijkswaterstaat.nl/water/waterbeheer/bescherming-tegen-het-water/maatregelen-om-overstromingen-te-voorkomen/kennisprogramma-zeespiegelstijging>

¹⁴ <https://www.knmi.nl/over-het-knmi/nieuws/zeespiegel-nederlandse-kust-stijgt-snel-door-klimaatverandering>

¹⁵ <https://www.knmi.nl/kennis-en-datacentrum/achtergrond/standaardmethode-voor-berekening-van-een-trend>