

Wat als...

Verkenning naar hoe ons voor te bereiden op potentiële gamechangers



Wat als...

Verkenning naar hoe ons voor te bereiden op potentiële gamechangers

Auteur(s)

Rutger van der Brugge

Renske de Winter

Femke Schasfoort

Bonne van der Veen

Wat als...

Verkenning naar hoe ons voor te bereiden op potentiële gamechangers

Opdrachtgever	Deltaprogramma
Contactpersoon	Rutger van der Brugge
Trefwoorden	Klimaatadaptatie, gamechangers, AMOC, zeespiegelstijging

Documentgegevens

Versie	1.0
Datum	15-06-2026
Projectnummer	11212755-002
Document ID	11212755-002-BGS-0001
Pagina's	38
Classificatie	
Status	Definitief

Auteur(s)

	Rutger van der Brugge Renske de Winter Femke Schasfoort Bonne van der Veen	

Samenvatting

Dit rapport is een bijlage bij het rapport Samenhang in Beeld, achtergrondrapport bij het eindadvies over de tweede Herijking van het Deltaprogramma.

In het klimaatadaptatiebeleid wordt rekening gehouden met onzekerheden in klimaatverandering en sociaaleconomische ontwikkelingen op de lange termijn. De Deltascenario's brengen voor beide aspecten de bandbreedtes in beeld waar het waterbeleid (en het ruimtelijk beleid) voor de toekomst rekening mee dient te houden.

Daarnaast staan in het rapport van de Deltascenario's ook zogenaamde "Wat-Als?"-ontwikkelingen beschreven die buiten deze bandbreedte vallen. Dit zijn ontwikkelingen als een extra versnelde zeespiegelstijging als gevolg van afbrokkeling van ijskappen, het sterk verzwakken van de Atlantische oceaanstroom (AMOC), het herhaaldelijk voorkomen van extreme weersomstandigheden met een relatief grote maatschappelijke impact, bovenstroomse adaptatiemaatregelen in de stroomgebieden van de Rijn en de Maas, een (langdurig) gebrek aan uitvoeringskracht en de toenemende dreiging van oorlog en (cyber)terreur. Vanwege de grote impact op de maatschappij zijn de ontwikkelingen potentiële *gamechangers* voor klimaatadaptatie. Met deze ontwikkelingen wordt in het water- en ruimtelijk beleid niet of nauwelijks rekening gehouden. Op dit moment is er onvoldoende kennis over de kans, het tempo en de gevolgen van deze ontwikkelingen om daar concreet beleid op te formuleren. Toch is het verstandig om vanwege de potentiële maatschappelijke impact ons daarop voor te bereiden waar nodig. Dat roept de centrale vraag van deze verkenning op:

Hoe kan in de beleidsontwikkeling worden omgegaan met deze potentiële gamechangers?

Onvoorspelbaar

Tabel 1 geeft een overzicht van de ontwikkelingen die worden gezien als potentiële *gamechangers* (en die in deze studie zijn opgenomen) met een inschatting van de maatschappelijke impact. De kans dat deze ontwikkelingen optreden verschilt per ontwikkeling en kan met de huidige (wetenschappelijke) inzichten niet goed worden bepaald. Wel wordt verwacht het ontwikkelingen zijn die op enig moment gaan optreden. Er is bijvoorbeeld nu al een tekort aan technisch arbeidskracht en kunnen we verwachten dat ook bovenstrooms adaptatiemaatregelen genomen zullen gaan worden. Recente IPCC-modelberekeningen laten zien dat de warme oceaanstrooming (AMOC) deze eeuw vertraagt in 25% van de modelberekeningen, zelfs als het Parijs-akkoord gehaald zou worden (en de kans neemt toe bij meer klimaatverandering). Deze ontwikkelingen vallen dus niet in de categorie 'kleine kans grote gevolgen'. De verwachting is dat we er mee te maken gaan krijgen, maar we weten alleen niet precies wanneer. Het *tempo*, de *gevolgen* en maatschappelijke *impact* zijn lastig te voorspellen.

Grote impact

Voor al deze ontwikkelingen geldt dat de impact op de maatschappij groot kan zijn. Tabel 1 laat zien dat deze ontwikkelingen een breed scala aan maatschappelijke gevolgen hebben die verschillende sectoren en beleidsdomeinen raken. Juist vanwege die brede maatschappelijke cascade-effecten kunnen ze gezien worden als potentiële *gamechangers*. Zo heeft een versnelling van de zeespiegelstijging - die ook kan ontstaan door een vertraging van de oceaanstrooming - gevolgen voor waterveiligheid, én de afvoer van de rivieren en afvoer van de polder-boezemsystem in laag Nederland, én de landbouw, scheepvaart en logistieke sector én de ruimtelijke inrichting van de kustzone (o.a. Zeeuwse delta, regio Rijnmond en Wadden).

Kortom, de gevolgen leiden tot extra en meer omvangrijke (beleids)opgaven *bovenop* de opgaven die Nederland al heeft op basis van de Deltascenario's.

Meerdere gamechangers kunnen zich tegelijkertijd manifesteren

Het is bovendien niet ondenkbaar dat deze ontwikkelingen gelijktijdig optreden, deels omdat ze dezelfde oorzaak hebben (klimaatverandering). *Worst case* levert dat een beeld op van een sterk verzwakte oceaanstrooming met een versnelling van de zeespiegelstijging en extreme (onbekende) weerevents, terwijl er een tekort is aan technische arbeidskracht en financiële middelen om de waterinfrastructuur aan te passen. Het lijkt aannemelijk dat ook landen bovenstrooms van Nederland dan maatregelen treffen en die van invloed zijn op de rivierafvoeren.

Op tijd beginnen

De vraag is in hoeverre Nederland, en beleidsmakers in het bijzonder, nu al iets met deze potentiële gamechangers kunnen of moeten? Dit hangt onder meer af van de snelheid waarmee de ontwikkelingen zich voor kunnen doen (zie tabel 2) én de tijd die nodig is om beleidsplannen en maatregelen uit te voeren. Sommige van deze ontwikkelingen voltrekken relatief langzaam en kunnen we zien aankomen, bijvoorbeeld zeespiegelstijging en verzwakking van de oceaanstroom. Het risico is dat ze sluipenderwijs toenemen en de doorlooptijd van de benodigde aanpassingen (transformaties) niet goed worden ingeschat, waardoor er te lang gewacht wordt. Sommige andere ontwikkelingen hebben kondigen zich niet lang van tevoren aan, zoals weersextremen. Dat vraagt vooraf om het inzetten op robuuste en weerbare infrastructuur en tijdens de calamiteit op crisisbeheer. Tot slot, is er een aantal ontwikkelingen die we meer in eigen hand hebben. Zo kan de kans op een gebrek aan uitvoeringskracht worden verkleind door het opleiden van voldoende (technisch) personeel en internationale afspraken in het Maas- en Rijnstroomgebied te maken.

Handelingsperspectieven

Tabel 3 geeft een overzicht van de extra (beleids-)opgaven die ontstaan *bovenop* de adaptatieopgaven die we al verwachten, mochten de “Wat-Als?”-ontwikkelingen doorzetten. Op basis daarvan zijn handelingsperspectieven af te leiden. Daarin zijn vier verschillende typen te herkennen:

- *Monitoren en onderzoek* – het volgen van deze potentiële gamechangers en kennis ontwikkelen gericht op het tempo, de snelheid en maatschappelijke impact.
- *(Nood)plannen ontwikkelen* – het ontwikkelen van plannen om sneller te kunnen handelen als het nodig is.
- *Beleid en regelgeving aanpassen* – het bijsturen van de koers (op de middellange en lange termijn en beleidsinstrumenten ontwikkelen, bijvoorbeeld extra voorschriften voor gebiedsontwikkelingen en financiële prikkels voor economische sectoren.
- *Extra investeringen in infrastructuur* – het bepalen van richtlijnen voor robuuste (weerbare) infrastructuur door bijvoorbeeld ruimere dimensionering en redundantie (o.a. gemaalcapaciteit).

Tabel 4 laat mogelijke acties zien die we *nu*, in de *komende tien jaar* en *later* kunnen doen om ons voor te bereiden. Daarnaast vragen deze potentiële gamechangers om een aantal onderliggende, meer fundamentele veranderingen in ons denken en doen:

- *Risicobenadering, meer voorzorg*. De risicobenadering is bij deze gamechangers nog maar beperkt toepasbaar, omdat we (nog) weinig weten over de kansen en effecten. Dit roept de vraag op of we ten aanzien van de gamechangers niet meer uit voorzorg moeten gaan handelen om (grote) maatschappelijke schade te voorkomen?
- *Vorbereid zijn, ook op transformatieve klimaatadaptatie*. Deze gamechangers vragen om klimaatadaptatie van een ‘andere orde’. We schuiven op van incrementele klimaatadaptatie naar transformatieve klimaatadaptatie.

- *Gamechangers zetten maatschappelijke opgaven in ander perspectief.* Deze gamechangers dagen ons uit om na te denken en keuzes te maken over de toekomst van het waterbeheer, de ruimte, de economie en de leefomgeving: waar willen we op de lange termijn woningbouw en verstedelijking, waar moeten onze economische kerngebieden liggen, welke energie-infrastructuur is nodig en welke gebieden zijn geschikt voor landbouw en natuur?

Conclusies en aanbeveling

1. De maatschappelijke impact van de beschouwde “Wat-Als?”-ontwikkelingen kunnen dermate groot zijn, dat het potentiële gamechangers zijn voor het Nederlandse klimaatbeleid en het waterbeheer in bijzonder. De impact van deze ontwikkelingen raakt veel verschillende sectoren en beleidsdomeinen waardoor de economie en de leefomgeving onder druk kunnen komen te staan.
2. Door de vele directe en indirecte effecten, en de maatschappelijke reacties daarop, kunnen we grip op het adaptatievraagstuk verliezen. We blijven meer in control door ons goed voor te bereiden en plannen klaar te hebben liggen voor als ze nodig zijn. Daarmee voorkomen we (deels) dat er keuzes gemaakt moeten worden tijdens een eventuele crisis wanneer er tijdsdruk en maatschappelijke onrust is.
3. Op dit moment is er nog onvoldoende kennis (of visie) om een adequate beleidsrespons op deze potentiële gamechangers te bepalen. Er is gericht onderzoek nodig naar a) de kans van optreden, het tempo van de ontwikkelingen en de mogelijke maatschappelijke impact en b) naar de handelingsperspectieven, wat daarvoor nodig is en hoeveel tijd de besluitvorming en uitvoering zou kosten. Op basis daarvan zijn prioriteiten beter aan te brengen.
4. De onzekerheden zullen blijven, ook met meer onderzoek. We zullen daarom moeten blijven werken aan de adaptieve capaciteit van Nederland. Als de potentiële gamechangers gaan optreden zal Nederland ook doelgericht aan transformaties moeten werken (transformatieve capaciteit).
5. De samenleving zal nog meer gemobiliseerd moeten worden als de potentiële gamechangers op gaan treden. Naast het probleemgedreven paradigma van de risicobenadering en behoud zou meer aandacht moeten zijn voor wenkende perspectieven (waar moet Nederland heen?) en het handelen uit voorzorg, als extra, motiverende, drijvende kracht achter klimaatadaptatie.

Het Deltaprogramma wordt aanbevolen om deze potentiële gamechangers serieus te nemen door goed naar alle handelingsperspectieven te kijken en samen met het Rijk en de regio te bepalen wat daarvan moet worden opgepakt en richting de volgende herijking een plek geven in de in de Ontwikkelagenda.

Er wordt geadviseerd om bij beleidsplannen en infrastructurele projecten een robuustheidscheck te doen voor deze ontwikkelingen, bijvoorbeeld in de vorm van een stresstest. Stel dat de zeespiegel sneller gaat stijgen of dat de AMOC sterk verzwakt, blijft de functie van de infrastructuur behouden, blijft de levensduur van het object gegarandeerd of welke extra maatregelen zijn nodig?

Tabel 1 Potentiële gamechangers en impact

Potentiële ontwikkeling	Potentiële impact
Versnelde zeespiegelstijging <i>De zeespiegel stijgt veel sneller dan aangenomen in de Deltascenario's. Dit kan gebeuren wanneer Antarctica versneld ijsmassa verliest. Volgens schattingen (worst case) zou dit kunnen leiden tot 2.5 meter stijgen in het jaar 2100.</i>	- Veiligheidsrisico in hele kustzone - Laag Nederland nog meer badkuip - Buitendijkse gebieden in Rijn-Maas monding onbewoonbaar - Huidige Landbouw onmogelijk op veel plekken vanwege verzilting - Druk op zoetwaternatuur door verzilting - Druk op drinkwater uit oppervlaktewater door toename verzilting - Bereikbaarheid Haven Rotterdam neemt af
Vertragen Oceaanstroming (AMOC) <i>De Atlantische oceaanstroom vertraagt. Het wordt enkele graden kouder in Europa, met meer stormen en toename droogte. Het vertragen van de oceaanstroming kan tot een meter extra zeespiegel leiden.</i>	- Landbouw onmogelijk op veel plekken door droogte en lagere temperatuur - Extra warmtevraag waardoor energie-infrastructuur ontoereikend is - Mogelijk problemen met drinkwaterinfrastructuur en riolering - Druk op natuur door lager temperaturen - Problemen met binnenvaart door bevriezing vaarwater - Verandering in rivierafvoer met mogelijk watertekorten tot gevolg - Zie ook de potentiële impacts bij extra zeespiegelstijging
Fremente weersextremen <i>De kans op extreme weerscondities neemt sneller toe dan verwacht (niet lineair). Weersextremen worden snel extremer en treden vaker op. Ook kunnen nieuwe weersfenomenen optreden.</i>	- Toename stormschade - Grotere kans op wateroverlast en overstromingen - Droogteschade landbouw en natuur - Schade scheepvaart door lage waterstanden - Schade aan funderingen - Gezondheidsrisico's door hittestress
Bovenstroomse aanpassingen in land en watergebruik <i>Duitsland, Zwitserland, Frankrijk en België gaan ook adaptatiemaatregelen treffen. In droge perioden onttrekken deze landen meer water. Samen met het effect van klimaatverandering kan dit leiden tot een afname van de rivierafvoer van wel 50% ten opzichte van nu. Het aanleggen van dijken leidt tot hogere piekafvoeren.</i>	- Dijkversterkingen niet meer voldoende - Schade voor scheepvaart, - Toename verzilting en watertekorten landbouw en natuur. - Waterkwaliteit in rivieren kan verslechteren
Langdurig gebrek aan uitvoeringskracht <i>Nederland kampt met een tekort aan arbeidskrachten in verschillende sectoren, zoals de waterbouw en techniek. Door het langdurig gebrek aan (technische) arbeidskrachten worden infrastructuurprojecten niet uitgevoerd, uitgesteld of vertraagd. Toegankelijkheid en kosten van grondstoffen en vermijden van bedrijfsrisico's dragen bij aan het uitstellen van adaptatiemaatregelen.</i>	- Vertraging in uitvoering van onder andere het HWBP - Niet mogelijk om snel actie ondernemen bij hoger klimaatrisico of na een ramp, waardoor klimaatrisico's toenemen of effecten van ramp toenemen. - Adaptatiemaatregelen steeds meer ingegeven door wat haalbaarheid is - Achterstallig onderhoud met groter risico falen infrastructuur - Hogere kosten door duurder (geschoold) personeel
Oorlogsdreiging, sabotage, hacken <i>Door toenemende mondiale spanningen neemt de dreiging voor oorlog, sabotage en hacken toe. We worden ons ervan bewust dat vitale infrastructuur daartegen beschermd moet worden en dat we moeten investeren robuustere infrastructuur, redundantie en onafhankelijkheid van buitenlandse ICT.</i>	- Niet functioneren van kritieke infrastructuur - Kwetsbaarheid door afhankelijkheid van buitenlandse technologie - Bij oorlog: ernstige en langdurige hinder voor logistieke sector, problemen drinkwatervoorziening en achterstallig onderhoud).

Tabel 2 Kenmerken van de verschillende ontwikkelingen

	Wanneer zou het kunnen optreden?	Hoe zeker is het?	Zien we het aankomen of is het een plotselinge gebeurtenis?	Hebben we invloed op oorzaken?	Hebben we Invloed op de maatschappelijke effecten?
Extra versnelling zeespiegelstijging	Na 2050	Onzeker	We zien het aankomen	Nee	Ja
Vertragen AMOC	Na 2050	Stilvallen onzeker, vertragen vrij zeker	We zien het aankomen	Nee	Ja
Frequentie weersextremen	Vanaf heden	Vrij zeker, maar in welke mate?	Plotseling	Nee	Ja
Bovenstroomse aanpassingen in land en watergebruik	Na 2035	Vrij zeker	We zien het aankomen	Ja deels	Ja
Gebrek aan uitvoeringscapaciteit	Vanaf heden	Vrij zeker	We zien het aankomen	Ja	Ja
Terreur, oorlogsdreiging	Vanaf heden	Vrij zeker	Plotseling	Nee	deels

Tabel 3 Extra opgaven bovenop de bestaande opgaven en handelingsperspectieven voor de verschillende ontwikkelingen

Gamechanger	Extra beleidsopgave(n)	Mogelijke beleidsrespons
Versnelde zeespiegelstijging	- Waterveiligheid - Verzilting - Waterafvoeren (naar zee) - Voedselvoorziening - Buitendijks gebied - Haven Rotterdam en scheepvaart	- Blijven monitoren & signalering versnelling - Bepalen bij welke stijging actie ondernomen wordt. - Ontwikkelen Versnellingsplan HBWP - Extra gemaalcapaciteit en redundantie creëren - Ontwikkelen Transitieplan voor landbouw in verziltingszone - Ontwikkelen strategie voor de regio Rijnmond
Vertragen Oceaanstroming (AMOC)	- Voedselvoorziening - Energie-infrastructuur - Economie en handel - (+ extra beleidsopgaven versnelde zeespiegelstijging)	- Monitoren & signalering vertraging - Rekening houden met grotere temperatuurextremen bij V&R opgave - Ontwikkelen transitieplan voedselvoorziening - Ontwikkelen transitieplan logistiek en scheepvaart - Extra uitbreiding capaciteit stroomnetten & warmtenetten - Ontwikkelen versnellingsplan isoleren woningvoorraad en strengere eisen in bouwbesluit
Extreme weer en grilligheid	- Droogte - Wateroverlast - Voedselvoorziening	- Bestaande crisisplannen updaten - Uitbreiden (strategische) zoetwatervoorraden - Extra ruimte reserveren voor waterberging - Vergroten gemaalcapaciteit en redundantie - Actualiseren schaderegelingen (verzekeren) - Overdimensioneren opnemen in programma van eisen
Bovenstroomse aanpassingen in land en watergebruik	- Zoetwaterbeschikbaarheid - Waterveiligheid - Voedselvoorziening - Scheepvaart	- Samenwerken buitenlandse partners stroomgebied - Internationale afspraken maken en bewaken - Scenariostudies afvoerverdeling - Ontwikkelen plan zoetwaterbeschikbaarheid landbouw - Aanpassen vloot scheepvaart
Langdurig gebrek aan uitvoeringskracht (budget, grondstoffen en personeel)	- Gekwalificeerd personeel aantrekken - Onderwijs en scholing - Grondstoffen en bouw materiaal - Capaciteit Nederlands bedrijfsleven	- Stimulering technische opleidingen op alle niveaus - Expertise uit buitenland aantrekken - Vergroten aantrekkelijkheid werken in de watersector - Vervroegd starten met adaptatiemaatregelen - Nederlandse markt nu inzetten om kennis en kunde op te doen - Risico's voor marktpartijen bij grote projecten verkleinen
Oorlogsdreiging, sabotage, hacken	- Terrorisme bestendige (water)infrastructuur	- Weerbaarheid tegen sabotage en hacken opnemen in programma van eisen - Actualisering van crisisplannen - Kwetsbaarheidstoets voor bestaande infrastructuur

Tabel 4 Mogelijke aanvullende beleidsrespons op verschillende termijnen.

Gamechanger	Wat moet zo snel mogelijk	Wat moet komende tien jaar	Wat kan later
Versnelde zeespiegelstijging	- Onderzoek naar snelheid stijging - Blijven monitoren & signalering versnelling - Bepalen bij welke stijging actie ondernomen wordt. -	- Ontwikkelen Versnellingsplan HWBP - Extra gemaalcapaciteit en redundantie creëren - Ontwikkelen Transitieplan voor landbouw in verziltingszone - Ontwikkelen strategie voor de regio Rijnmond	- In gang zetten Versnellingsplan HWBP - Versnelde uitbreiding gemaalcapaciteit en redundantie creëren - In gang zetten transitieplan voor landbouw in verziltingszone - In gang zetten strategie voor de regio Rijnmond
Vertragen Oceaanstroming (AMOC)	- Onderzoek naar tempo, kantelpunten, effecten - Monitoren & signalering vertraging	- Rekening houden met grotere extremen bij V&R opgave - Ontwikkelen transitieplan voedselvoorziening - Ontwikkelen transitieplan logistiek en scheepvaart - Extra uitbreiding capaciteit stroomnetten & warmtenetten - Ontwikkelen versnellingsplan isoleren woningvoorraad en strengere eisen in bouwbesluit	- Herziening V&R opgave - In gang zetten transitieplan voedselvoorziening - In gang zetten transitieplan logistiek en scheepvaart - Extra uitbreiding capaciteit stroomnetten & warmtenetten - Extra isoleren woningvoorraad en strengere eisen in bouwbesluit
Extreme weer en grilligheid	- Bestaande crisisplannen updaten - Verbeteren waarschuwingssystemen	- Uitbreiden (strategische) zoetwatervoorraden - Extra ruimte reserveren voor waterberging - Vergroten gemaalcapaciteit en redundantie - Actualiseren schaderegelingen (verzekeren) - Programma van eisen aanpassen (overdimensioneren) - Versnellen van de klimaatadaptieve inrichting (stedelijk) gebied	
Bovenstroomse aanpassingen in land en watergebruik	- Samenwerken buitenlandse partners stroomgebied - Scenariostudies rivierafvoer	- Internationale afspraken maken en bewaken - Ontwikkelen plan zoetwaterbeschikbaarheid landbouw	- In gang zetten plan zoetwaterbeschikbaarheid landbouw - Aanpassingen van scheepvaartvloot
Langdurig gebrek aan uitvoeringskracht (budget, grondstoffen en personeel)	- Stimulering technische opleidingen op alle niveaus - Vergroten aantrekkelijkheid werken in de watersector	- Expertise uit buitenland aantrekken - Vergroten aantrekkelijkheid werken in de watersector - Vervroegd starten met adaptatiemaatregelen - Nederlandse markt nu inzetten om kennis en kunde op te doen - Risico's voor marktpartijen bij grote projecten verkleinen	
Oorlogsdreiging, sabotage, hacken	- Actualisering van crisisplannen - Kwetsbaarheidstoets voor bestaande infrastructuur	- Weerbaarheid tegen sabotage en hacken opnemen in programma van eisen	

Inhoud

	Samenvatting	4
	Inhoud	11
1	Inleiding	12
1.1	Aanleiding: 2de herijking Deltaprogramma	12
1.2	De bandbreedte waar beleid rekening mee houdt	12
1.3	Potentiële gamechangers	12
1.4	Doel	13
1.5	Aanpak & Leeswijzer	13
2	Potentiële gamechangers klimaatadaptatie	14
2.1	Wat als de zeespiegel extreem stijgt?	14
2.2	Wat als de AMOC sterk vertraagt?	15
2.3	Wat als we frequenter nog extremer weer gaan krijgen?	18
2.4	Wat als bovenstrooms het waterbeheer wordt aangepast?	20
2.5	Wat als er een langdurig gebrek aan uitvoeringskracht is?	22
2.6	Wat als de dreiging voor oorlog, sabotage en hacken toeneemt?	23
2.7	Reflectie	24
3	Handelingsperspectieven	28
3.1	Concrete acties	28
3.2	Onderliggende verschuivingen in denken en doen	32
4	Conclusies en Aanbevelingen	34
4.1	Conclusies	34
4.2	Aanbeveling	34
	Bronnen	35
A	Inhoudelijke experts	37

1 Inleiding

1.1 Aanleiding: 2de herijking Deltaprogramma

In 2024 startte de tweede herijking van het Deltaprogramma. In de herijking zijn de huidige Deltabeslissingen (DB's) en de Voorkeursstrategieën (VKS'-en) tegen het licht gehouden. Er wordt gekeken naar nieuwe ontwikkelingen of nieuwe kennis die aanleiding geven om onderdelen van de Deltabeslissingen of Voorkeursstrategieën aan te passen en de koers bij te sturen. Daarbij wordt expliciet rekening gehouden met de onzekerheden in klimaatverandering en sociaaleconomische ontwikkelingen op de lange termijn.

1.2 De bandbreedte waar beleid rekening mee houdt

De Deltascenario's brengen de bandbreedtes in beeld waarmee het Deltaprogramma rekening houdt. De vier Deltascenario's beschrijven de toekomstige ontwikkeling van klimaatverandering, de inspanningen om broeikasgassen te reduceren en socio-economische en ruimtelijke ontwikkelingen in Nederland. In de Deltascenario's - die gebaseerd zijn op de Klimaatscenario's van het KNMI en de Welvaart- en leefomgevingsscenario's van het PBL en de Natuurverkenningen van PBL en WUR - worden deze onzekere ontwikkelingen gekwantificeerd en de bandbreedte in beeld gebracht. De Deltascenario's worden gebruikt voor knelpuntenanalyses, het bepalen van strategieën en het toetsen van de effectiviteit van maatregelen onder verschillende toekomstbeelden. Kortom, met deze onzekerheidsbandbreedtes wordt in het waterbeleid rekening gehouden.

1.3 Potentiële gamechangers

Toch weten we van een aantal ontwikkelingen dat ze potentieel grote maatschappelijke impact kunnen hebben, maar in het waterbeleid (nog) nauwelijks worden beschouwd. Deze ontwikkelingen zijn in de Deltascenario's opgenomen als "Wat-Als?"-ontwikkelingen. Er is nog onvoldoende over bekend om ze als 'toets' voor beleid te gebruiken¹. De boodschap is echter dat de impact van deze ontwikkelingen zeer groot kan zijn en dat we het ons niet kunnen permitteren om ze te negeren. Andere landen, zoals IJsland, breiden zich wel al voor (zie tekstbox).

Omdat het potentiële gamechangers kunnen zijn met het oog op klimaatadaptatie roept dat de vraag op of we nu al in actie moeten komen of daar nog mee moeten wachten. Met andere woorden, is het voldoende om de ontwikkelingen te blijven monitoren en te onderzoeken, of moeten we nu al in actie komen en plannen op de plank hebben liggen voor het geval de ontwikkelingen versnellen en snel ingrijpen noodzakelijk wordt? Daarom is de centrale vraag van deze verkenning:

Hoe kan in de beleidsontwikkeling worden omgegaan met deze potentiële gamechangers?

IJsland ziet stilvallen AMOC als bedreiging van de nationale veiligheid

In IJsland bereidt men zich al vast voor op het mogelijk stilvallen van de AMOC. In een persbericht in november 2025 laat IJsland weten dat het mogelijk stilvallen van de AMOC wordt gezien als een bedreiging voor de nationale veiligheid. Het gaat daarom een strategie opstellen om op het ergste scenario voor te bereiden, zo gaf klimaatminister Jóhann Páll Jóhannsson te kennen. Het land zou als gevolg van het ineensstorten van de AMOC in de winter omringd kunnen worden door ijs wat visserij en scheepvaart vrijwel onmogelijk zou kunnen maken.

¹ Deltascenario's primair ontwikkeld om beleid en maatregelen mee te toetsen

1.4 Doel

Het hoofddoel is het bepalen van hoe in het Deltaprogramma op een zinvolle wijze rekening kan worden gehouden met dit soort 'wat-als'-ontwikkelingen. We zoeken daarbij naar een juiste balans tussen afwachten tot er meer zekerheid is en handelen uit voorzorg. Tweede doel is bewustwording creëren over de potentiële gamechangers en wat we nu al kunnen doen om goed voorbereid te zijn. Er wordt ingegaan op de stand van de kennis, de kans van optreden, het tempo en potentiële maatschappelijke impact van deze gamechangers en verkennen mogelijke beleidsresponses. Tot slot heeft deze studie ook tot doel om het overzicht van mogelijke ontwikkelingen waar we in de toekomst mee te maken krijgen meer compleet te maken, naast de ontwikkelingen die in de Deltascenario's zijn beschreven. Wat zien we als we het totaalbeeld in ons opnemen, inclusief deze potentiële gamechangers? Wat betekent dat voor de omvang van de adaptatie-opgaven, de urgentie en het (lange termijn) beleid?

1.5 Aanpak & Leeswijzer

In hoofdstuk 2 wordt ingegaan op 'Wat-Als ontwikkelingen' die in deze verkenning zijn beschouwd. De huidige stand van de kennis wordt beschreven en daarvan wordt de potentiële impact afgeleid. Deze selectie is gebaseerd op de 'Wat-Als ontwikkelingen' uit de Deltascenario's 2024 aangevuld met een aantal andere ontwikkelingen die recentelijk naar de voorgrond zijn getreden. De volgende ontwikkelingen zijn in deze verkenning meegenomen:

- Wat als de zeespiegel extreem stijgt?
- Wat als de AMOC vertraagd?
- Wat als we frequenter nog extremer weer gaan krijgen?
- Wat als bovenstrooms het waterbeheer wordt aangepast?
- Wat als er een langdurig gebrek is aan uitvoeringskracht?
- Wat als de dreiging voor oorlog, sabotage en hacken toeneemt?

In hoofdstuk 3 wordt vervolgens ingegaan op de handelingsperspectieven: wat zouden we nu al kunnen doen? Daarvoor hebben interviews plaatsgevonden met inhoudelijke deskundigen van het Nederlandse (water)beleid. In hoofdstuk 4 sluiten we af met conclusies en een aanbeveling.

2 Potentiële gamechangers klimaatadaptatie

In dit hoofdstuk is een aantal potentiële gamechangers beschreven. Deze lijst is niet uitputtend, maar geeft wel een beeld van de meeste relevante gamechangers met betrekking tot klimaatadaptatie en waterbeheer in het bijzonder. Bij elke ontwikkeling wordt ingegaan op de nu beschikbare kennis. Voor zover mogelijk wordt een indicatie gegeven van de kans van optreden, de potentiële impact op de maatschappij en vanaf wanneer dat zou kunnen gaan optreden.

2.1 Wat als de zeespiegel extreem stijgt?

De zeespiegel stijgt veel sneller dan aangenomen in de Deltascenario's. Dit kan gebeuren wanneer Antarctica versneld ijsmassa verliest. Volgens schattingen (worst case) zou dit kunnen leiden tot 2.5 meter stijgen in het jaar 2100.

De eerste 'wat-als' ontwikkeling die we beschouwen is een versnelling van de zeespiegelstijging door een versnelde afname (afbreken) van de ijskappen van Antarctica en Groenland. In de KNMI- en Deltascenario's is de verwachte bandbreedte voor de zeespiegelstijging in 2050 tussen 0,16m tot 0,38m en in 2100 tussen 0,26 en 1,24m. Maar als de Antarctische ijskap instabiel wordt en versneld ijsmassa verliest kan de zeespiegel sneller stijgen.

In het kennisprogramma zeespiegelstijging is de afgelopen jaren verdiepend onderzoek gedaan. Als de ijskap instabieler is dan in de reguliere projecties wordt aangenomen, dan kan niet uitgesloten worden dat in 2100 de zeespiegel langs de Nederlandse kust met 2,5 m stijgt. Na 2100 blijft de zeespiegel verder stijgen en kan bij zeer veel ijsmassaverlies oplopen tot 17,5 m in 2300 (KNMI'23).

Deze projecties zijn gebaseerd op de maximale, fysisch plausibele zeespiegelstijging in een klimaatscenario met maximale opwarming, inzichten van studies naar Marine Ice Cliff Instability (MICI) en expert judgement onder glaciologen. Deze studies laten zien dat een (extreem) versnelde zeespiegelstijging ook zou kunnen optreden bij een beperkte toename van temperatuur en dat de kans toeneemt bij een verdere toename van de temperatuur van het oceaanwater. Het leidt ertoe dat de gletsjers op Antarctica in een disbalans raken en massa verliezen. Eén van de gletsjers waar veel aandacht naar toe gaat is de *Thwaites gletsjer* (ook wel de '*doomsday glaciers*'), omdat dit de gletsjer is waarvan verwacht wordt dat hij als eerste instabiel wordt. Recente GPS- en satellietmetingen laten een serie breuken zien, waardoor de gletsjer los kan komen van zijn *pinning point*, de drempel in de ondergrond die verdere afkalving stopt.

In het kennisprogramma zeespiegelstijging is onderzocht in hoeverre de huidige voorkeursstrategie voor waterveiligheid houdbaar is bij een zeespiegelstijging van tot 5 meter. Het programma concludeert dat met het verhogen van dijken, versterken van waterkeringen en het vervangen van stormvloedkeringen technisch gezien kan. Dit heeft echter wel een enorm extra ruimtebeslag nodig voor dijken. De kosten nemen toe, vooral vanwege het amoveren van bebouwing in dichtbevolkt stedelijk gebied. Voor de zandige kust zijn er grotere volumes zandsuppletie nodig om het strand en de duinen te blijven suppleren.

In de gebieden die onder invloed staan van de zee gaan de rivierwaterstanden omhoog en neemt de kans op overstromingen toe. De stormvloedkeringen, zoals de Maeslantkering, zullen frequenter moeten sluiten (waardoor technische levensduur afneemt) of de open verbindingen

moeten geheel worden afgesloten door dammen of sluizen. De economische gevolgen zijn groot voor de scheepvaart en de havenindustrie in Rotterdam.

Een hoger sluitpeil leidt ook tot hogere waterstanden in buitendijks gebied van Rotterdam. Niet alleen zullen die vaker overstromen, ook de waterdiepte neemt toe en treft bebouwing in de uiterwaarden van rivieren en zo'n 60.000 woningen in de binnenstad van Rotterdam en Drechtsteden. Hoe sneller de zeespiegel stijgt, hoe sneller en vaker die wateroverlast op zal treden.

Versnelling van zeespiegelstijging leidt ook tot extra tijddruk om de pompcapaciteit bij IJmuiden Katwijk en de Afsluitdijk uit te breiden. Bij een stijging van enkele decimeters is het bij IJmuiden al niet meer mogelijk om onder vrij verval te spuien. Ook als het eb is zal het water in het Amsterdam-Rijnkanaal en Noodzaakanaal weggepompt moeten worden. Dat leidt tot aanzienlijk meer risico op wateroverlast (en mogelijk ook waterveiligheid in de dieper gelegen polders). Schade door wateroverlast in stedelijke gebieden (Amsterdam) en aan landbouw kan oplopen, ook omdat het langer duurt om water weer weg te krijgen.

Naast een toename van het overstromingsrisico neemt ook het risico op zoetwatertekorten toe. De verziltingsdruk neemt sneller toe als de zeespiegel sneller stijgt. Er zullen vaker tekorten zijn om de polders en boezems door te spoelen. Dat betekent meer schade voor met name agrarische bedrijven en minder tijd om over te schakelen op een andere bedrijfsvoering. Uiteindelijk wordt het steeds lastiger om de huidige landbouwvorm in laag Nederland te voorzien van zoet water.

2.2 Wat als de AMOC sterk vertraagt?

De Atlantische oceaanstroom vertraagt sterk. Het wordt enkele graden kouder in Europa, met meer stormen en toename droogte. Het sterk vertragen van de oceaanstrooming kan tot een meter extra zeespiegel leiden.

De AMOC (Atlantic meridional overturning circulation) is de Atlantische oceaanstroom die fungeert als een transportband voor warmte die ervoor zorgt dat Noordwest-Europa een relatief mild klimaat heeft. Deze oceaanstrooming brengt warm water uit de tropen naar Europa, waardoor het hier warmer is dan bijvoorbeeld Canada, dat even Noordelijk ligt als Europa.

Deze transportband van warmte staat door het veranderende klimaat echter onder druk via twee mechanismen. Het eerste mechanisme is dat water minder snel afkoelt aan het oppervlak op de cruciale hoge breedtegraden en daardoor minder zwaar wordt. Het tweede mechanisme is dat het zoute water minder zout wordt vanwege extra smeltwater van de Groenlandse ijskap en Arctisch zee-ijs. Dit smeltwater is minder zout dan het oceaانwater is dus minder zwaar. Door het temperatuureffect en het zout-effect zinkt het water minder makkelijk naar de diepte. Juist dit afzinken zorgt ervoor dat warm en zout oppervlaktewater aangevoerd wordt vanuit het zuiden. Klimaatverandering verstoort zo de drijvende kracht van de AMOC. Wanneer de AMOC verzwakt, wordt het zeewater bij Groenland steeds zoeter. Afzwakking van de AMOC kan een kantelpunt bereiken waarna het een zelfversterkend proces wordt en de afzwakking versnelt.

Er is een brede consensus dat de AMOC afzwakt in een opwarmend klimaat en dat er een kantelpunt voor de AMOC bestaat waardoor de AMOC verzwakt en daarna langdurig zwakker blijft ten opzichte van de huidige sterkte. Een dergelijke vertraging van de AMOC is in het verleden voorgekomen. Hoe snel de vertraging gaat, onder welke omstandigheden dat kantelpunt wordt bereikt en hoe snel strooming daarna vertraagt is nog onzeker. Op basis van een studie van KNMI is de verwachting de kans op vertragen van de AMOC tussen de 25-85%. Het kantelpunt wordt bereikt ergens in de komende 150 jaar, maar kan ook eerder liggen (Van Westen et al. 2025a).

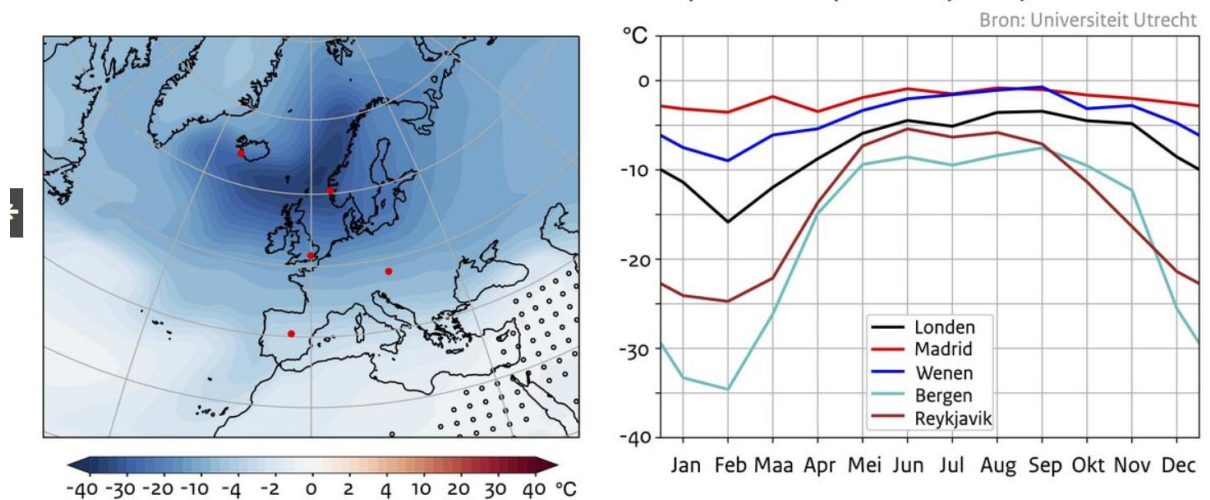
De relatief grote bandbreedtes hebben te maken met onzekerheden bij het kwantificeren van de fysische mechanismen en onzekerheden over de mondiale uitstoot van broeikasgassen in de toekomst. Onderzoek van onder andere het KNMI laat zien dat in 70% van de modelsimulaties met het hoge emissie-scenario (SSP5-8,5) de AMOC al vóór 2100 een kantelpunt bereikt en daarna sterk vertraagt. Voor het scenario waar we nu ongeveer op lijken te zitten (SSP2-4.5) is dat 37%. Zelfs in het emissiescenario (SSP1-2.6) waarbij de uitstoot afneemt in lijn met het klimaatkoord van Parijs blijft is dat nog 25 procent.

De bandbreedte in wanneer de AMOC verder vertraagt is zeer groot. Het vroegste moment van verdere vertraging wordt mogelijk al in de tweede helft van deze eeuw bereikt (misschien zelfs wel in al in 2060) (Van Westen et al. 2025a), andere studies gaan ervanuit dat een sterke vertraging pas veel later optreedt. Op basis van de literatuur gaan we er vooralsnog niet vanuit dat voor 2050 een significante vertraging van de AMOC optreedt.

Als de AMOC zou vertragen dan wordt West-Europa kouder. Verkennende studies laten een daling van gemiddeld 7°C in een eeuw tijd (van Westen et al. 2024). In vergelijking, tijdens de kleine ijstijd was het zo'n 1-2 graden kouder in West-Europa en de in grote ijstijden ca. 8 graden. De exacte doorwerking op de temperatuur is onzeker, omdat dit ook afhangt van hoeveel de temperatuur al gestegen is door de toename van broeikasgassen in de atmosfeer. Naast een grote bandbreedte in het moment van optreden, is er ook een grote variatie tussen regio's. Figuur 2.1 laat dat zien voor Madrid (Spanje), Londen (UK) en Bergen (Noorwegen) erg groot is (Van Westen et al 2024) (Figuur 2.1).

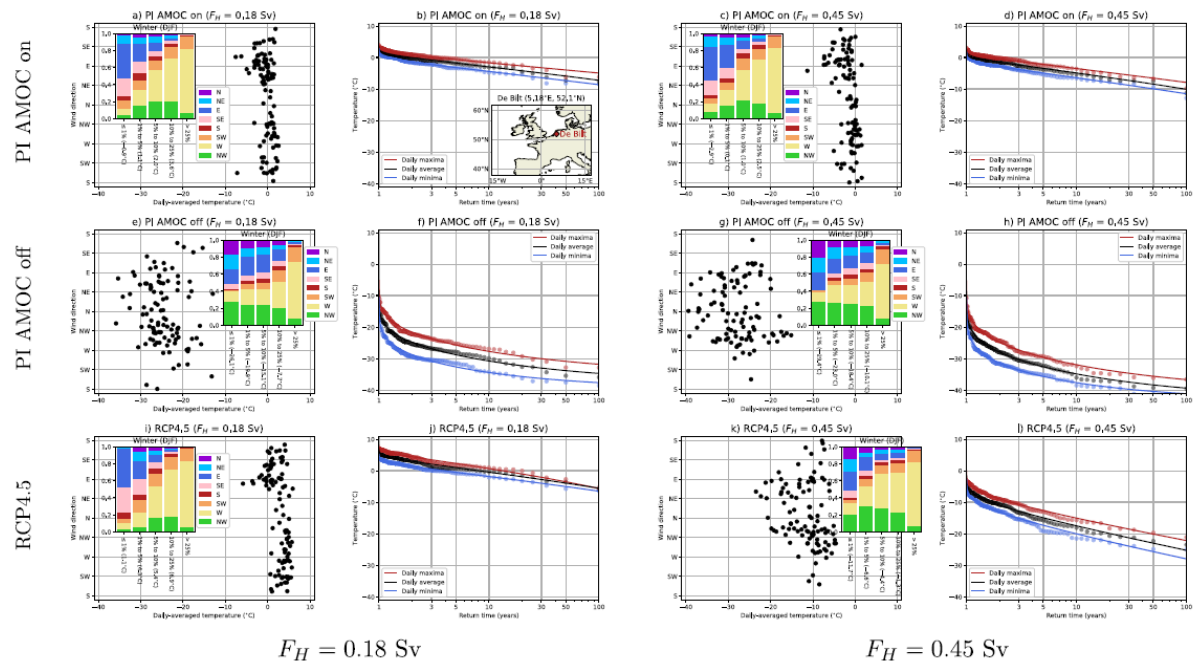
Temperatuurverandering in 100 jaar door verandering in oceaancirculatie

Simulatie met klimaatmodel: AMOC bereikt kantelpunt en stopt in 100 jaar tijd



Figuur 2.1. Temperatuurverandering in 100 jaar tijd na kantelen van de oceaancirculatie, links voor februari, rechts voor iedere maand in de 5 steden aangegeven met de rode stip links. Op basis van een berekening met een klimaatmodel beginnend vanuit een pre-industrieel klimaat. Bron: KNMI, Universiteit Utrecht, van Westen et al. 2024.

Het is de verwachting dat winterse temperaturen gemiddeld harder dalen dan het jaargemiddelde (Figuur 2.2). Daarnaast worden de winters guurder en ruiger, met meer stormen. De zomers worden veel droger. Elders in de wereld nemen temperaturen juist extra toe, doordat de warmte minder "verdeeld" wordt. Tropische regenzones verschuiven naar het zuiden. We krijgen te maken met een grote wereldwijde uitdagingen.



Figuur 2.2. Figuur en onderschrift uit Van Westen en Baatsen (2025b). De koudste dag van elk jaar en de bijbehorende windrichting (dagelijks gemiddelden) voor De Bilt over een periode van 100 jaar. De inzetgrafieken tonen de windrichtingsverdeling gedurende de wintermaanden (december, januari en februari), gegroepeerd per percentiel (met het bijbehorende temperatuurniveau) van de koudste dagen. (Tweede en vierde kolom): De herhaaltijd voor de koudste dagelijkse maxima (van elk jaar), het koudste dagelijkse gemiddelde en de koudste dagelijkse minima in de Bilt, onder twee simulatie voor het vertragen van de AMOC. Figuren op de eerste rij "PI AMOC on" referentie situatie, op de tweede rij "PI AMOC off" simulaties zonder AMOC, op de onderste rij "RCP4.5" worden simulaties getoond waarbij onder klimaatverandering de AMOC herstelt in de tweede kolom en verder vertraagd in de vierde kolom.

Daarnaast zal de zeespiegel regionaal sterker stijgen, bijvoorbeeld in de Noord-Atlantische Oceaan. Een vertragende AMOC kan wel tot een meter extra zeespiegelstijging leiden.

De mate waarin het klimaat bij ons extreem veel kouder wordt, hangt af van hoever het zee-ijs naar het zuiden opschuift en daarmee voor extra afkoeling zorgt. Dit is weer afhankelijk van hoeveel het klimaat door broeikassen is opgewarmd en welk effect dit heeft op de temperatuur van het zeewater. Mocht de AMOC halverwege deze eeuw serieus beginnen te haperen, dan heeft de opwarming van de aarde een beperkt dempend effect op de ijsvorming. In de winter krijgt het zee-ijs de kans om op te rukken tot de Noordzee. Daarmee stevenen we af op een gemiddelde wintertemperatuur van 6 graden kouder dan in het huidige klimaat en met eens in de tien jaar een extreem koude winter van zo'n 15 graden kouder dan wat we gewend zijn.

De maatschappelijke gevolgen voor de Nederlandse delta zijn enorm. De economie en leefbaarheid komen onder druk te staan. Er zijn directe gevolgen voor de landbouw en scheepvaart en de havenindustrie. De landbouw is in zijn huidige vorm wellicht niet meer vol te houden. Op de extreme kou is de huidige landbouw niet berekend. Periodes van extreme kou, droogte, sterke afwisseling tussen hitte en zeer koude omstandigheden, storm, langere vorstperiodes en in het westen toenemende verzilting maken landbouw bijna onmogelijk, met mogelijke gevolgen voor de voedselzekerheid van ons land. De waterveiligheid komt onder druk te staan vanwege de extra zeespiegelstijging, evenals de verzilting en bevaarbaarheid. Ijsvorming in de rivieren (en uiterwaarden) zal toenemen door de lange vorstperiodes en

kunnen de afvoer hinderen, waardoor de kans op overstromingen toeneemt als gevolg van opstuwing.

Onze huidige woningvoorraad is niet berekend op de klimatologische omstandigheden die horen bij een sterk vertragende AMOC. In de normen in het Bouwbesluit voor woningen wordt geen rekening gehouden met de extreme koude waar we mee we te maken zouden krijgen bij een vertragende AMOC. Bovendien wordt in de huidige bouw eerder rekening gehouden met een afnemende warmtevraag en een toenemende koudevraag als gevolg van het opwarmende klimaat. De aanpassingen in nieuwbouw zijn dan ook eerder gericht op een toenemende koudevraag in plaats van een toenemende warmtevraag. Huizen moeten extra geïsoleerd worden en de warmte-infrastructuur moet hierop aangepast worden. Daarnaast is ook de vraag of riolering en drinkwaterleidingen niet kapotvriezen bij de extreme kou doordat ze niet diep genoeg liggen in de ondergrond.

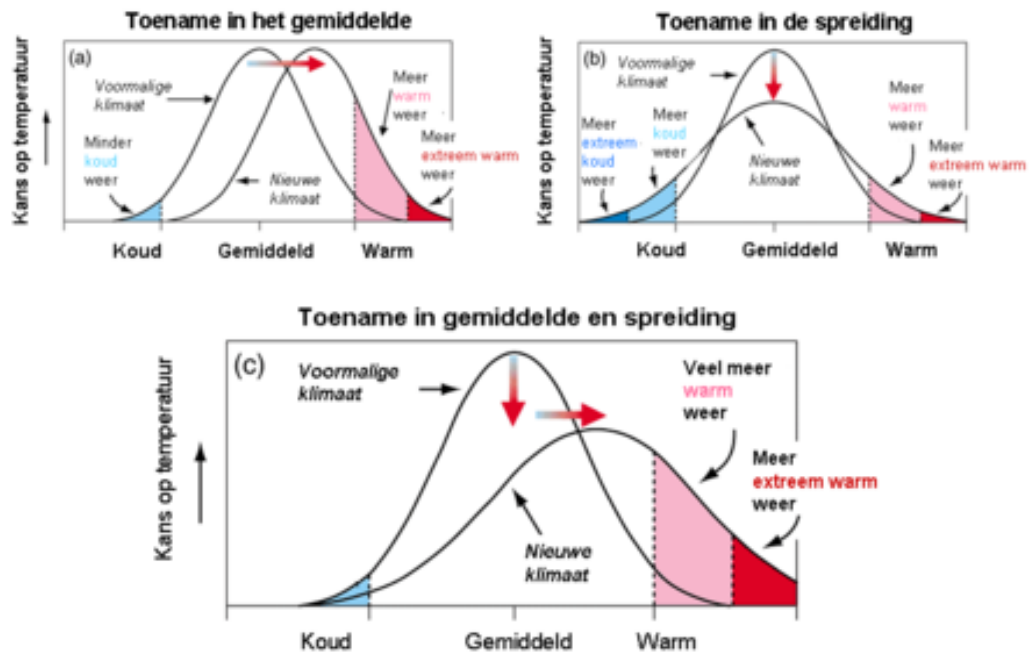
Een vertraging van de AMOC zal tot geopolitieke onrust leiden. Net als in IJsland waar het sterk vertragen van de AMOC als een nationaal veiligheidsrisico bestempeld is en daarvoor een strategie ontwikkelt, zullen ook andere landen volgen. Het kan van grote economische verschuivingen met zich meebrengen (den kaan invloed op havens, scheepvaartroutes, landbouw, voedselproductie, toerisme) en migratiestromen.

2.3 Wat als we frequenter nog extremer weer gaan krijgen?

De kans op extreme weerscondities neemt sneller toe dan verwacht (niet lineair). Weersextremen worden snel extremer en treden vaker op. Ook kunnen nieuwe weersfenomenen optreden.

In reguliere klimaatprojecties is opgenomen dat extreme weerscondities frequenter gaan optreden en in omvang extremer worden. De extremen nemen niet-lineair toe met de gemiddelden (Figuur 2.2). Extreem weer omvat verschillende weersfenomenen, zoals langdurige droogte, hagel, lokale piekneerslag, grootschalige neerslagsystemen, extreme temperaturen en langdurige hittegolven, valwinden en stormen (inclusief mogelijk orkaanafzwaaiers). Extreem weer is echter niet goed te simuleren in de (huidige) klimaatmodellen.

Het is mogelijk dat het weersysteem in het toekomstige klimaat anders reageert dan in het huidige klimaat het geval is. Dit maakt het mogelijk dat de extremen nóg extremer worden of dat er nieuwe fenomenen optreden die nu nog niet voorkomen in Nederland. In het weersysteem zijn diverse niet-lineaire interacties bekend. Zo kan onder warme en droge condities de bodem zo droog worden, dat er geen water meer is om te verdampen, waardoor temperaturen nog sterker toenemen. Ook een neerslagsysteem zoals dat zich in juli 2021 boven Duitsland, België en Zuid-Nederland ontwikkelde en leidde tot overstromingen en (dodelijke) slachtoffers kan onder klimaatverandering mogelijk vaker optreden.



Figuur 2.1. Voorbeeld voor het verschuiven van a) gemiddelde temperatuur, b) grotere variatie/ spreiding in temperatuur en c) een combinatie waarbij zowel de gemiddelde temperatuur toeneemt, als de spreiding groter wordt. Figuur: KNMI 2012 [KNMI - Extreem weer en klimaatverandering](#). Onder extreme temperatuurcondities kunnen andere weerfenomenen optreden.

Weersextremen treden over het algemeen plotseling op. We zien ze niet aankomen of we hebben slechts korte tijd om ons erop voor te bereiden. Weersextremen kunnen aanzienlijke schade veroorzaken, zowel natschade als droogteschade als schade door wind (zie tabel 2.2). De gevolgen blijven niet alleen beperkt tot schade. Extreme hitte en stormen kunnen leiden tot slachtoffers. En bij echt extreem weer, waardoor wateroverlast of zelfs overstromingen ontstaan, zou sprake kunnen zijn van maatschappelijke ontwrichting. Denk aan overstromingen zoals die in Limburg plaatsvonden. We zien dit vaak nog als eenmalige incidenten, maar we moeten er rekening mee gaan houden dat zo'n zelfde bui, of zelfs nog extremer, regelmatig kan vallen. Hoe zou de maatschappij reageren als drie jaar achter elkaar forse wateroverlast plaatsvindt?

Tabel 2.2 Gevolgen van verschillende weersextremen

Weersextreem	Duur	Omvang	Gevolgen
Langdurige droogte	Meerdere weken	Nationale schaal	Landbouwschade, stremming scheepvaart, drinkwatertekorten
Hagel	Enkele uren	Lokaal	Door de impact van de hagelstenen, schade aan auto's, huizen, vee, gewassen etc.
Lokale piekneerslag	Enkele uren/ dag	Lokaal	Wateroverlast
Grootschalig neerslagpatroon	Uren/ dagen	Boven regionaal	Langdurige wateroverlast en in sommige regio's tot behoorlijke diepte voor korte periode
Extreme temperaturen	Uren/ dagen	Nationaal, in bebouwde omgeving zijn de extremen nog sterker	Meer overlijdens, afname kwaliteit van leven
Langdurige hittegolven	Dagen/ weken	Nationaal	Meer overlijdens, problemen met dagelijks functioneren, schade aan natuur en landbouwgewassen, problemen met functioneren van bruggen en rails door uitzetting
Valwinden	Minuten	Lokaal	Schade aan gebouwen, omgevallen bomen, grotere kans op schade en slachtoffers
Stormen	Uren/ dagen	Nationaal	Schade aan huizen en gebouwen, omgevallen bomen. Hogere waterstanden en golven langs de kust.

2.4 Wat als bovenstrooms het waterbeheer wordt aangepast?

Duitsland, Zwitserland, Frankrijk en België gaan ook adaptatiemaatregelen treffen. In droge perioden onttrekken deze landen meer water. Samen met het effect van klimaatverandering kan dit leiden tot een afname van de rivierafvoer van wel 50% ten opzichte van nu. Het aanleggen van dijken leidt tot hogere piekafvoeren in Nederland.

De Nederlandse watervoorziening is in droge zomers voor een groot deel afhankelijk van de Rijnaafvoer (Mens, 2024) en dat betekent dat deze bovenstroomse ontwikkelingen kunnen leiden tot nog grotere watertekorten. Ook landen in het bovenstroomse deel van de Rijn en de Maas krijgen te maken met klimaatverandering. Het is dus niet ondenkbaar dat die landen meer water uit Rijn en Maas gaan onttrekken om hun landbouwgebieden te voorzien van zoetwater. Dergelijke adaptatiemaatregelen bovenstrooms kunnen aanzienlijke gevolgen voor Nederland hebben. In de toekomst kan een aantal ontwikkelingen leiden tot een verdere daling van de rivierafvoeren in droge perioden met als gevolg verminderde zoetwaterbeschikbaarheid in Nederland:

- *Toename van beregening in de landbouw* - Het Umweltbundesamt (2024) verwacht dat het beregend areaal kan toenemen van 6% nu tot 30% van het landbouwareaal in 2100. De beregeningsvraag zou kunnen toenemen met 22 tot 410%. Hoewel beregening in Duitsland voornamelijk uit grondwater plaatsvindt, kan door daling van deze grondwaterstanden dit op termijn leiden tot lagere rivierafvoeren.
- *Verandering in reservoirbeheer*. - Beheerders kunnen kiezen voor een lager waterpeil om piekbuien beter op te vangen. Dit resulteert in een kleinere waterbuffer tijdens droge periodes en mogelijk minder afvoer uit reservoirs.

- *Sluiten van de bruinkoolmijnen* – In 2035 sluiten alle bruinkoolmijnen in Duitsland. Het vullen van de mijnen met water duurt ongeveer 30 jaar. Ook daarna blijft een watervraag van ongeveer 0.5-1 m³/s per mijn nodig om de grondwaterstanden te herstellen (Schasfoort et al, 2024).
- *Stijgende drinkwatervraag en verschuiving naar oppervlaktewaterwinning* – In het stroomgebied van de Rijn en de Maas kan de bevolking blijven groeien. De SSP-scenario's voorspellen een toename van de bevolking tussen de 5 en 8% in Frankrijk en België en een afname van 3 tot 6% in Duitsland (IIASA, 2024) en leidt tot een verwachte stijging van de drinkwatervraag.
- *Stijgende (koel)watervraag van de industrie* – De groei van datacentra en een waterstofindustrie leidt tot een extra watervraag.
- *Aanpassing van vegetatie* Door veranderende omstandigheden in de wortelzone past de vegetatie in de rivieren zich aan en dat heeft effect op de hoeveelheid water die wordt opgeslagen. In het Maasstroomgebied kan dit leiden tot een afname van rivierafvoeren tot wel met 38% (Bouaziz et al, 2022). Als loofbos wordt omgezet in coniferen zou dat tot een afname van 58% kunnen leiden (Schasfoort et al, 2024).
- *Verbetering sponswerking van vegetatie* – Door bovenstrooms meer in te zetten op sponswerking houdt vegetatie water langer vast, wat kan leiden tot minder of een vertraagde afvoer via de rivieren.

Sommige van deze ontwikkelingen, zoals een stijging van de beregeningsvraag en het effect van sluiting van de bruinkoolmijnen, zijn zeer waarschijnlijk. Andere, zoals het reservoirbeheer en het (grootschalig) overstappen op oppervlaktewaterwinning, zijn nog onzeker. Hoewel het onwaarschijnlijk is dat al deze ontwikkelingen gelijktijdig plaatsvinden, kan een combinatie ervan aanzienlijke gevolgen hebben voor de rivierafvoer. Verdere analyse is nodig om de omvang van deze effecten te kwantificeren.

De waterkwaliteit van rivierwater is onder andere van belang voor de Nederlandse drinkwatervoorziening, industrie en natuur. Bij slechte waterkwaliteit zijn er innamestops bij oppervlaktewater innamepunten voor drinkwater. Ook de watertemperatuur is van belang voor met name de natuur, industrie en (in mindere mate) energievoorziening. Bij te hoge watertemperaturen is meer water nodig om te koelen en zijn er lozingsbeperkingen. Voor de waterkwaliteit van de Rijn en Maas zijn we ook afhankelijk van bovenstroomse landen:

- *Geen nieuwe Europese waterkwaliteitswetgeving* – De einddatum van de Kaderrichtlijn Water (KRW) is 2027. Het is onduidelijk of er na die tijd weer Europese wetgeving komt op het gebied van waterkwaliteit. Zonder nieuwe wetgeving wordt de waterkwaliteit van de rivieren mogelijk minder goed beschermd.
- *Verandering koelwatervragers* – De International Commission for Protection of the Rhine (ICPR, 2025) verwacht dat de watertemperatuur in de Rijn in 2100 2.9 tot 4.2 graden Celsius hoger kan liggen door klimaatverandering. Bij een toename van energiecentrales en industrie kan door koelwaterlozingen de watertemperatuur nog verder toenemen.
- *Afspoeling landbouwgronden na droge periode* – Na een droge periode leidt hevige regenval tot verhoogde uitspoeling van allerlei stoffen. Dit kan resulteren in concentratiepieken met als gevolg negatieve effecten op de waterkwaliteit.
- *Toename medicijngebruik en persistente stoffen* – Medicijngebruik en persistente stoffen, zoals PFAS, nemen toe en accumuleren in de rivieren.

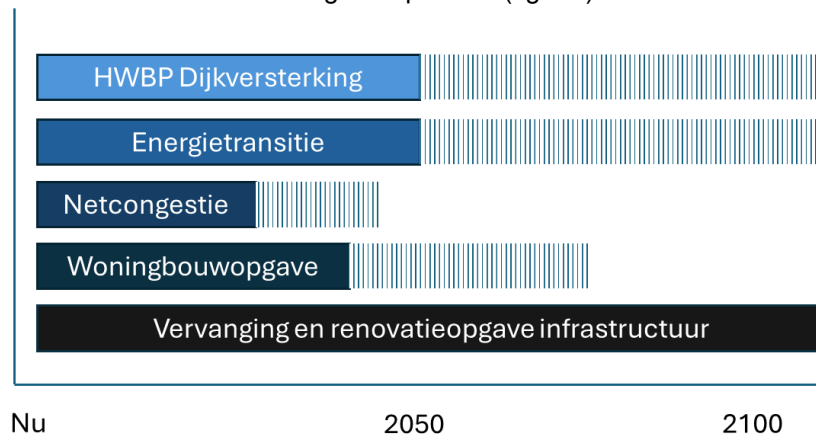
Tot slot hebben bovenstroomse ontwikkelingen ook effect op de hoogwaterstanden en daarmee het overstromingsrisico:

- **Dijkinvesteringen** – Niet het volledige Rijn en Maasstroomgebied is bedijkt. Bijvoorbeeld, wanneer overstromingen vaker voorkomen kunnen bovenstroomse landen besluiten meer te investeren in dijken. Dit betekent dat afvoerpieken bovenstrooms minder worden afgetopt door overstromingen, waardoor hoogwaterstanden vaker en mogelijk ook hoger kunnen optreden. Vooral investeringen in dijkverhoging in Nordrhein-Westfalen, Rheinland-Pfalz en Wallonie zijn relevant voor Nederland (Slager en Rikkert, 2024).

2.5 Wat als er een langdurig gebrek aan uitvoeringskracht is?

Nederland kampt met een tekort aan arbeidskrachten in verschillende sectoren, zoals de waterbouw en techniek. Door het langdurig gebrek aan (technische) arbeidskrachten worden infrastructuurprojecten niet uitgevoerd, uitgesteld of vertraagd. Toegankelijkheid en kosten van grondstoffen en vermijden van bedrijfsrisico's dragen bij aan het uitstellen van adaptatiemaatregelen.

Nederland kampt nu al met een tekort aan arbeidskrachten in sectoren als de bouw en techniek. Komende decennia is echter veel inzet van technisch geschoolde mensen nodig. In de waterbouwsector alleen al moet een groot deel van de 650 natte kunstwerken van Rijkswaterstaat vervangen worden vanwege einde levensduur. Ook is er technisch personeel nodig voor het hoogwaterbeschermingsprogramma. Maar ook in andere sectoren is behoefte aan technische kennis, denk aan de woningbouwopgave van ca. 900.000 woningen, nieuwe infrastructuur voor de energietransitie en uitbreiding van het stroomnet om netcongestie tegen te gaan. Doordat deze opgaven deels gelijktijdig spelen is te verwachten dat er tekorten aan technische arbeidskrachten gaan optreden (fig 2.3).



Figuur 2.2: Maatschappelijke opgaven in de tijd waarvoor technisch geschoolde mensen voor nodig zijn (TNO, 2023; H2O, 2024; Tennet, 2025; RVO, 2024)

In 2025 werkte er 578.000 mensen in de bouw en stonden 30.000 vacatures open. Het is de sector met de grootste vacaturegraad. Dit wordt deels opgevangen door de hogere participatie van ouderen, maar op de lange termijn is het aanbod afhankelijk van het migratiesaldo (Rabobank, 2024). Voor de woningbouwopgave zijn nog eens 20.000 extra arbeidskrachten nodig (CoBouw, 2022). Stedin ziet het gebrek aan technische arbeidskracht als een van de redenen dat netverzwaring langzamer gaan dan verwacht (Stedin, 2025). Ook het hoogwaterbeschermingsprogramma heeft vertraging opgelopen. Op dit moment versterkt

Nederland ongeveer 37 kilometer dijk per jaar (H2O, 2024)² en zou per jaar bijna moeten verdubbelen om de doelstelling voor 2050) te halen.

Opleidingen in de bouw en techniek zijn de afgelopen jaren gegroeid met 2,5%, maar voor de waterbouwopleidingen geldt dat in het MBO de studentenaantallen sinds 2019 met 60% zijn afgenomen en ook HBO- en WO-opleidingen in de waterbouw laten een daling zien (EIB, 2024).

Er zijn ook andere redenen voor een (langdurig) gebrek aan uitvoeringskracht. Ten eerste zijn dat bedrijfsrisico's bij grote infrastructurele werken, mede als gevolg van de risicoverdeling tussen opdrachtgevers en -nemers. De BAM liep bijvoorbeeld een verlies op van rond de 235 miljoen euro bij de renovatie van de Afsluitdijk (Volkskrant, 2022). Dit leidt tot verminderde interesse van de markt in risicovolle werken. Ten tweede is dat de toenemende prijs van grondstoffen. Volgens Rijkswaterstaat is er voldoende zand voor o.a. kustbescherming, landaanwinning en ophogen van bouwlocaties, maar moet dat wel steeds verder uit de kust gewonnen worden, waardoor de kosten oplopen. Ten derde is er afhankelijkheid van staal en cement. Mocht deze industrie uit Nederland wegtrekken kan dat de beschikbaarheid van deze grondstoffen beperken.

Het gebrek aan uitvoeringskracht wordt een nog groter probleem worden wanneer de zeespiegelstijging versnelt, de AMOC vertraagt of weersextremen vaker optreden. Adaptatie zou sneller moeten plaatsvinden, maar wordt juist beperkt door gebrek aan capaciteit en middelen.

2.6 Wat als de dreiging voor oorlog, sabotage en hacken toeneemt?

Door toenemende mondiale spanningen neemt de dreiging voor oorlog, sabotage en hacken toe. We worden ons ervan bewust dat vitale infrastructuur daartegen beschermd moet worden en dat we moeten investeren robuustere infrastructuur, redundantie en onafhankelijkheid van buitenlandse ICT.

Inlichtingen- en veiligheidsdiensten waarschuwen steeds vaker voor hybride oorlogsvoering (sabotage, heimelijke beïnvloeding en (cyber)spionage) en dat vitale infrastructuur een aantrekkelijk doelwit is. Waar het tot nu toe meestal bij spionage en hacken bleef, zijn er ook voorbeelden van fysieke pogingen tot sabotage in ons land, dan wel in de landen om ons heen. Recente voorbeelden zijn het ontregelen van het spoor bij NAVO-top in Den Haag en de inzet van drones rond vliegvelden bij omliggende landen.

De regering schat het dreigingsniveau voor onze vitale infrastructuur in is als significant [bron: kamerbrief 6 dec] en acht de versterking van de weerbaarheid van onze vitale infrastructuur noodzakelijk, zowel fysiek als digitaal. Dit geldt voor de energievoorziening, mobiele communicatienetwerken, internet, plaats- en tijdbepaling (vb. GPS en het Galileo-navigatiesysteem) en transport (via het spoor, lucht, wegen, havens, de Noordzee en rivieren).

² Het aantal km dijkversterking per jaar zou bijna moeten verdubbelen om de ambitie te halen voor het jaar 2050. Voor een kilometer dijkversterking zijn grofweg 19 manjaren nodig (Persoonlijke communicatie, dijkexpert Deltares). Dit betekent dat er 1292 manjaren per jaar nodig zijn om de ambitie in het jaar 2050 te halen. Voor het versterken van alle Nederlandse dijken zijn grofweg 32.000 manjaren nodig.

Dit geldt ook voor waterkeringen en natte kunstwerken. Weerbaarheid zou versterkt kunnen worden op diverse terreinen:

- Weerbaarheid van grote sluizen: Het voorkomen dat sluizen onklaar gemaakt worden. Niet werkende sluizen hebben grote impact op de scheepvaart en logistieke sector. Daarnaast hebben sluizen een regulerende functie in het waterbeheer.
- Weerbaarheid van stormvloedkeringen: Het voorkomen dat bijvoorbeeld de niet meer functioneert. Een onklare Maeslantkering kan gevolgen hebben de waterveiligheid (als hij open is) of gevolgen hebben voor de toegankelijkheid tot de haven van Rotterdam en logistieke sector (als hij dicht is).
- Weerbaarheid van dijken en dammen: Het voorkomen dat door sabotage een bres in een dijk ontstaat. Een verzwakte dijk kan leiden tot overstromingen.
- Weerbaarheid van crisiscommunicatie: Het voorkomen dat energie- en communicatiesystemen niet uitvallen, of dat er back-up systemen zijn. Uitval van energie- en communicatiesystemen beperkt crisisbeheer en vergroot de kans op waterveiligheidsincidenten.

Robuustere infrastructuur, goede digitale beveiliging en redundantie leidt tot meer weerbaarheid, maar de kosten gaan ook omhoog. Het betekent extra ontwerpcriteria, ruimer dimensioneren, onafhankelijke ICT-systemen en soms ook extra infrastructuur om redundantie te creëren (bijvoorbeeld extra gemalen om afhankelijkheid van Gemaal IJmuiden te verminderen). Als gevolg van de oorlog in Oekraïne, het conflict in het Midden-Oosten en ontwikkelingen rond het NAVO-bondgenootschap is er hernieuwde aandacht voor weerbaarheid.

2.7 Reflectie

In tabel 2.3 de zijn de belangrijkste gevolgen van deze potentiële gamechangers samengevat. We zien dat diverse economische sectoren en beleidsdomeinen geraakt kunnen worden en dat de gevolgen voor de leefbaarheid en economie groot kunnen zijn. De ontwikkelingen met zeer grote maatschappelijke impact zijn: het sterk vertragen van de AMOC en extra versnelde zeespiegelstijging. Zo komt de waterveiligheid, de zoetwaterbeschikbaarheid en het tegengaan van wateroverlast verder onder druk te staan en lijken de landbouw en de logistiek sectoren die hard geraakt zouden kunnen worden. Het toont een nog verontrustender beeld van de potentiële impact van klimaatverandering dan wanneer we alleen kijken naar de bandbreedte van de Deltascenario's. Het is ook goed mogelijk dat al deze potentiële gamechangers (deels) gelijktijdig kunnen optreden.

Relevant voor of we nu al rekening moeten houden met deze gamechangers in beleid, zijn vragen als: 'Krijgen we mee te maken of de korte termijn, middel of lange termijn of speelt het pas op de zeer lange termijn?' 'Hoe zeker weten we dat?' 'Kunnen we deze ontwikkelingen ruim van tevoren zien aankomen, of kunnen ze juist vrij plotseling inzetten?' en 'Hebben we voldoende tijd om ons daarop voor te bereiden? Daarmee zijn deze potentiële gamechangers in te delen in verschillende categorieën:

1. Ontwikkeling speelt pas op de zeer lange termijn en als het gaat spelen kunnen we de ontwikkeling ruim op tijd aan zien komen is er nog tijd zat om je aan te passen → nu nog geen actie nodig
2. Ontwikkeling speelt nu nog niet, maar zou de komende eeuw wel kunnen optreden. We kunnen een versnelling, vertraging, verergering ruim op tijd signaleren. En we hebben voldoende tijd om ons aan te passen → nu wel al bestuderen zodat we weten wat te doen als het zo ver is

3. Ontwikkeling speelt nu nog niet, maar zou de komende eeuw wel kunnen optreden. We kunnen een versnelling, vertraging, verergering signaleren. Maar als we het zien hebben we onvoldoende tijd meer om ons aan te passen → nu bestuderen en overwegen om (uit voorzorg) mee te nemen in ingrepen en strategieën gericht op korte en middellange termijn
4. Ontwikkeling speelt nu nog niet, maar zou de komende eeuw wel kunnen optreden. Maar we kunnen een versnelling, vertraging, verergering niet goed signaleren. En het kost veel tijd om aan te passen → op korte termijn al actie nodig
5. Speelt nu al of op korte termijn → op korte termijn al actie nodig

Tabel 2.4 laat dit voor de potentiële gamechangers zien. Voor de meeste ontwikkelingen geldt dat het vrij zeker is dat ze deze eeuw gaan optreden. Sommige van deze ontwikkelingen voltrekken zich over langere tijd, zoals zeespiegelstijging of het vertragen van de AMOC, maar we weten niet precies hoe snel die ontwikkelingen kunnen gaan. We kunnen dit soort gamechangers weliswaar zien aankomen, maar het tegelijkertijd ook de vraag of we nog voldoende tijd hebben om maatregelen te nemen als we een versnelling van de zeespiegelstijging of snellere vertraging van de AMOC waarnemen. In het geval van bovenstroomse adaptatie en beperkte uitvoeringskracht geldt dat eigenlijk ook. Bij een potentiële gamechanger als weersextremen ligt dat anders. Ook daarvan weten we dat de kans toeneemt, maar dat kondigt zich niet aan in de vorm van een trend, maar als een extreme gebeurtenis (of van een aantal gebeurtenissen achter elkaar) met directe gevolgen. Daarvoor geldt dat we ons uit voorzorg daar in principe nu al op zouden moeten voorbereiden. Voor terreur en sabotage geldt eigenlijk eenzelfde redenering.

Kortom, dat we met deze gamechangers te maken krijgen lijkt vrij zeker, maar wanneer precies en in welke mate is nog onduidelijk. In het geval van zeespiegelstijging en vertraging van de AMOC verwachten op zijn vroegst in de tweede helft van deze eeuw een grote impact, maar lijkt het toch verstandig om op korte termijn al actie te ondernemen. De benodigde aanpassingen kunnen namelijk veel tijd kosten, niet alleen in concrete uitvoering, maar ook in de besluitvorming en beleidsontwikkeling. Het verleden laat zien dat grote infrastructurele werken, aanpassingen van sectoren of gebiedstransformaties decennia kunnen duren (ten Harmsen van de Beek et al, 2025). Om inschattingen te kunnen over de tijd die het kost hebben we meer inzicht nodig in welke aanpassingen nodig zouden zijn. Dat inzicht is er nu nog niet. Ook bij de gamechangers die zich als 'plotselinge gebeurtenissen' manifesteren is actie nodig, omdat deze wel al op kortere termijn zouden kunnen plaatsvinden, maar omdat er geen vroege waarschuwing aan vooraf gaat. Daarvoor zouden we op korte termijn crisisplannen hebben moeten klaarliggen en ondertussen gestaag door moeten werken aan een klimaatbestendige inrichting en afvoercapaciteit. Kortom, voor de komende 10 jaar zijn er wel redenen om al in het beleid rekening te gaan houden met deze potentiële gamechangers. Dit kan in verschillende vormen, waar we in het volgende hoofdstuk verder op ingaan.

Tabel 2.3 Potentiële gamechangers en impact

Potentiële ontwikkeling	Potentiële impact
Versnelde zeespiegelstijging <i>De zeespiegel stijgt veel sneller dan aangenomen in de Deltascenario's. Dit kan gebeuren wanneer Antarctica versneld ijsmassa verliest. Volgens schattingen (worst case) zou dit kunnen leiden tot 2.5 meter stijgen in het jaar 2100.</i>	- Veiligheidsrisico in hele kustzone - Laag Nederland nog meer badkuip - Buitendijkse gebieden in Rijn-Maas monding onbewoonbaar - Huidige Landbouw onmogelijk op veel plekken vanwege verzilting - Druk op zoetwaternatuur door verzilting - Druk op drinkwater uit oppervlaktewater door toename verzilting - Bereikbaarheid Haven Rotterdam neemt af
Vertragen Oceaanstroming (AMOC) <i>De Atlantische oceaanstroom vertraagt sterk. Het wordt enkele graden kouder in Europa, met meer stormen en toename droogte. Het vertragen van de oceaanstroming kan tot een meter extra zeespiegel leiden.</i>	- Landbouw onmogelijk op veel plekken door droogte en lagere temperatuur - Extra warmtevraag waardoor energie-infrastructuur ontoereikend is - Mogelijk problemen met drinkwaterinfrastructuur en riolering - Druk op natuur door lager temperaturen - Problemen met binnenvaart door bevriezing vaarwater - Verandering in rivierafvoer met mogelijk watertekorten tot gevolg - Zie ook de potentiële impacts bij extra zeespiegelstijging
Frequente weersextremen <i>De kans op extreme weerscondities neemt sneller toe dan verwacht (niet lineair). Weersextremen worden snel extremer en treden vaker op. Ook kunnen nieuwe weersfenomenen optreden.</i>	- Toename stormschade - Grotere kans op wateroverlast en overstromingen - Droogteschade landbouw en natuur - Schade scheepvaart door lage waterstanden - Schade aan funderingen - Gezondheidsrisico's als gevolg van hittestress
Bovenstroomse aanpassingen in land en watergebruik <i>Duitsland, Zwitserland, Frankrijk en België gaan ook adaptatiemaatregelen treffen. In droge perioden onttrekken deze landen meer water. Samen met het effect van klimaatverandering kan dit leiden tot een afname van de rivierafvoer van wel 50% ten opzichte van nu. Het aanleggen van dijken leidt tot hogere piekafvoeren.</i>	- Dijkversterkingen niet meer voldoende - Schade voor scheepvaart, - Toename verzilting en watertekorten landbouw en natuur. - Waterkwaliteit in rivieren kan verslechteren
Langdurig gebrek aan uitvoeringskracht <i>Nederland kampt met een tekort aan arbeidskrachten in verschillende sectoren, zoals de waterbouw en techniek. Door het langdurig gebrek aan (technische) arbeidskrachten worden infrastructuurprojecten niet uitgevoerd, uitgesteld of vertraagd. Toegankelijkheid en kosten van grondstoffen en vermijden van bedrijfsrisico's dragen bij aan het uitstellen van adaptatiemaatregelen.</i>	- Vertraging in uitvoering van onder andere het HWBP - Niet mogelijk om snel actie ondernemen bij hoger klimaatrisico of na een ramp, waardoor klimaatrisico's toenemen of effecten van ramp toenemen. - Adaptatiemaatregelen steeds meer ingegeven door wat haalbaarheid is - Achterstallig onderhoud met groter risico falen infrastructuur - Hogere kosten door duurder (geschoold) personeel
Oorlogsdreiging, sabotage, hacken <i>Door toenemende mondiale spanningen neemt de dreiging voor oorlog, sabotage en hacken toe. We worden ons ervan bewust dat vitale infrastructuur daartegen beschermd moet worden en dat we moeten investeren robuustere infrastructuur, redundantie en onafhankelijkheid van buitenlandse ICT.</i>	- Niet functioneren van kritiek infrastructuur - Kwetsbaarheid door afhankelijkheid van buitenlandse technologie - Bij oorlog: ernstige en langdurige hinder voor logistieke sector, problemen drinkwatervoorziening, achterstallig onderhoud).

Tabel 2.4 Kenmerken van de verschillende ontwikkelingen

	Wanneer zou het kunnen optreden?	Hoe zeker is het?	Zien we het aankomen of is het een plotselinge gebeurtenis?	Hebben we invloed op oorzaken?	Hebben we Invloed op de maatschappelijke effecten?
Extra versnelling zeespiegelstijging	Na 2050	Onzeker	We zien het aankomen	Nee	Ja
Sterk vertragen AMOC	Na 2050	Stilvallen onzeker, vertragen vrij zeker	We zien het aankomen	Nee	Ja
Frequentie weersextremen	Vanaf heden	Vrij zeker, maar in welke mate?	Plotseling	Nee	Ja
Bovenstroomse aanpassingen in land en watergebruik	Na 2035	Vrij zeker	We zien het aankomen	Ja deels	Ja
Gebrek aan uitvoeringscapaciteit	Vanaf heden	Vrij zeker	We zien het aankomen	Ja	Ja
Terreur, oorlogsdreiging	Vanaf heden	Vrij zeker	Plotseling	Nee	deels

3 Handelingsperspectieven

Deze potentiële gamechangers roepen de vraag op of nu al een beleidsrespons nodig is. Daarvoor zijn we in gesprek gegaan met een aantal deskundigen. Uit die gesprekken blijkt dat we onderscheid moeten maken tussen concrete acties die we nu al zouden kunnen doen en een aantal onderliggende, meer fundamentele veranderingen in ons denken en doen (die meer tijd kosten).

3.1 Concrete acties

Tabel 3 geeft een overzicht van de extra (beleids-)opgaven die ontstaan mochten deze ontwikkelingen doorzetten, *bovenop* de adaptatieopgaven die we al verwachten, en van concrete acties die we in principe nu al zouden kunnen uitvoeren. Daarin zijn vier verschillende typen te herkennen:

- Monitoren en onderzoek – het volgen van deze potentiële gamechangers en kennis ontwikkelen gericht op het tempo, de snelheid en maatschappelijke impact.
- (Nood)plannen ontwikkelen – het ontwikkelen van plannen om sneller te kunnen handelen als het nodig is.
- Beleid en regelgeving aanpassen – het bijsturen van de koers (op de middellange en lange termijn en beleidsinstrumenten ontwikkelen, bijvoorbeeld extra voorschriften voor gebiedsontwikkelingen en financiële prikkels voor economische sectoren.
- Investeringskeuzes aanpassen – het bepalen van richtlijnen voor robuuste (weerbare) infrastructuur door bijvoorbeeld ruimere dimensionering en redundantie (o.a. gemaalcapaciteit).

In het geval van versnelling van de zeespiegelstijging is op de korte termijn monitoring en onderzoek belangrijk. We zullen een versnelling op tijd moeten signaleren om nog voldoende tijd te hebben om te anticiperen. Hoe sneller die versnelling gaat hoe meer tempo we moeten maken. Als we die versnelling zou de respons gericht moeten zijn op het versnellen van hoogwaterbeschermingsprogramma en het uitbreiden van gemaalcapaciteit op locaties waar de zeespiegelstijging invloed heeft op de maal- en spuicapaciteit. Daarnaast zijn er transitieplannen voor de landbouw nodig in alle gebieden waar sprake is van verzilting.

Ook in het geval van de AMOC zijn monitoring en onderzoek naar de vertraging en mogelijk kantelpunten cruciaal. Het sterk vertragen vindt niet plaats van de een op de andere dag, maar tegelijkertijd worden grootschalige aanpassingen gevraagd die veel tijd kosten. Er is specifiek aandacht nodig voor de voedselvoorziening. De huidige vorm van landbouw zal bij een kouder en droger klimaat (in combinatie met meer verzilting door snellere zeespiegelstijging) niet meer vol te houden zijn. Ook is het mogelijk om alvast transitieplannen te ontwikkelen voor de logistieke sector inclusief scheepvaart en de drinkwatervoorziening.

In tegenstelling tot beide bovenstaande ontwikkelingen, kondigt extreem weer zich niet ruim van de voren aan. Daarom zouden we uit voorzorg daar nu al op moeten anticiperen door de leefomgeving robuuster in te richten waardoor die meer bescherming biedt tegen weersextremen. Voor het watersysteem zou dit bijvoorbeeld kunnen door ontwerpcriteria en programma's van eisen aan te passen. Dat betekent nog meer inzetten op het uitbreiden van (strategische) zoetwatervoorraden, meer ruimte reserveren voor regenwaterberging, vergroten van de gemaalcapaciteit en redundantie creëren in de afvoermogelijkheden. Voor specifieke, kwetsbare of kritieke locaties zouden nu al (preventief) maatregelen getroffen kunnen worden

(bijvoorbeeld de gemaalcapaciteit bij IJmuiden). Daarnaast is het een mogelijkheid om de ontwerpcriteria en programma's van eisen aan te passen.

Met betrekking tot bovenstroomse verschuivingen in gebruik en beheer van de rivieren is het noodzakelijk om aanpassingen bij onze buitenlandse partners in het stroomgebied te signaleren en internationale afspraken te bewaken. Er vindt al gezamenlijk onderzoek plaats naar toekomstig watergebruik, watervraag en waterbeheer in het gehele Rijn- en Maasstroomgebied en de gevolgen daarvan. Het is van belang om met elkaar in gesprek te blijven en internationale afspraken te maken over waterverdeling tussen landen. De stroomgebiedscommissies spelen daarin een belangrijke rol.

Op het gebrek aan uitvoeringscapaciteit hebben we – van alle potentiële gamechangers – zelf de meeste grip om te voorkomen dat dit een knellend probleem wordt. Ook voor de “reguliere” adaptatieopgave is uitvoeringscapaciteit nodig en is extra inzet nu om de capaciteit op te bouwen no regret. Het gaat daarbij om het stimuleren van technische (waterbouw) opleidingen en het aantrekken van expertise uit buitenland, maar ook het opbouwen van kennis en kunde bij Nederlandse marktpartijen om grote projecten aan te kunnen. Daarvoor zijn ook regelingen nodig om de risico's anders te verdelen, want nu al vinden waterbouwbedrijven de bedrijfsrisico's soms te groot om in te schrijven voor infrastructuurprojecten. Tot slot geldt voor de toenemende oorlogsdreiging dat we crisisplannen moeten blijven actualiseren en moeten werken aan structurele weerbaarheid en robuustheid van infrastructuur, zowel bij vervanging als renovatie.

Tabel 3.1 Extra opgaven bovenop de bestaande opgaven en mogelijke handelingsperspectieven.

Gamechanger	Extra beleidsopgave(n)	Mogelijke beleidsrespons
Versnelde zeespiegelstijging	- Waterveiligheid - Verzilting - Waterafvoeren (naar zee) - Voedselvoorziening - Buitendijks gebied - Haven Rotterdam en scheepvaart	- Blijven monitoren & signalering versnelling - Bepalen bij welke stijging actie ondernomen wordt. - Ontwikkelen Versnellingsplan HWBP - Extra gemaalcapaciteit en redundantie creëren - Ontwikkelen Transitieplan voor landbouw in verziltingszone - Ontwikkelen strategie voor de regio Rijnmond
Vertragen Oceaanstroming (AMOC)	- Voedselvoorziening - Energie-infrastructuur - Economie en handel - (+ extra beleidsopgaven versnelde zeespiegelstijging)	- Monitoren & signalering vertraging - Rekening houden met grotere temperatuurextremen bij V&R opgave - Ontwikkelen transitieplan voedselvoorziening - Ontwikkelen transitieplan logistiek en scheepvaart - Extra uitbreiding capaciteit stroomnetten & warmtenetten - Ontwikkelen versnellingsplan isoleren woningvoorraad en strengere eisen in bouwbesluit
Extreme weer en grilligheid	- Droogte - Wateroverlast - Voedselvoorziening	- Bestaande crisisplannen updaten - Uitbreiden (strategische) zoetwatervoorraden - Extra ruimte reserveren voor waterberging - Vergroten gemaalcapaciteit en redundantie - Actualiseren schaderegelingen (verzekeren) - Overdimensioneren opnemen in programma van eisen
Bovenstroomse aanpassingen in land en watergebruik	- Zoetwaterbeschikbaarheid - Waterveiligheid - Voedselvoorziening - Scheepvaart	- Samenwerken buitenlandse partners stroomgebied - Internationale afspraken maken en bewaken - Scenariostudies afvoerdeling - Ontwikkelen plan zoetwaterbeschikbaarheid landbouw - Aanpassen vloot scheepvaart
Langdurig gebrek aan uitvoeringskracht (budget, grondstoffen en personeel)	- Gekwalificeerd personeel aantrekken - Onderwijs en scholing - Grondstoffen en bouw materiaal - Capaciteit Nederlands bedrijfsleven	- Stimulering technische opleidingen op alle niveaus - Expertise uit buitenland aantrekken - Vergroten aantrekkelijkheid werken in de watersector - Vervroegd starten met adaptatiemaatregelen - Nederlandse markt nu inzetten om kennis en kunde op te doen - Risico's voor marktpartijen bij grote projecten verkleinen
Oorlogsdreiging, sabotage, hacken	- Terrorisme bestendige (water)infrastructuur	- Weerbaarheid tegen sabotage en hacken opnemen in programma van eisen - Actualisering van crisisplannen - Kwetsbaarheidstoets voor bestaande infrastructuur

Tabel 3.2 Mogelijke aanvullende beleidsrespons op verschillende termijnen

Gamechanger	Wat moet zo snel mogelijk	Wat moet komende tien jaar	Wat kan later
Versnelde zeespiegelstijging	- Onderzoek naar snelheid stijging - Blijven monitoren & signalering versnelling - Bepalen bij welke stijging actie ondernomen wordt. -	- Ontwikkelen Versnellingsplan HWBP - Extra gemaalcapaciteit en redundantie creëren - Ontwikkelen Transitieplan voor landbouw in verziltingszone - Ontwikkelen strategie voor de regio Rijnmond	- In gang zetten Versnellingsplan HWBP - Versnelde uitbreiding gemaalcapaciteit en redundantie creëren - In gang zetten transitieplan voor landbouw in verziltingszone - In gang zetten strategie voor de regio Rijnmond
Vertragen Oceaanstroming (AMOC)	- Onderzoek naar tempo, kantelpunten, effecten - Monitoren & signalering vertraging	- Rekening houden met grotere extremen bij V&R opgave - Ontwikkelen transitieplan voedselvoorziening - Ontwikkelen transitieplan logistiek en scheepvaart - Extra uitbreiding capaciteit stroomnetten & warmtenetten - Ontwikkelen versnellingsplan isoleren woningvoorraad en strengere eisen in bouwbesluit	- Herziening V&R opgave - In gang zetten transitieplan voedselvoorziening - In gang zetten transitieplan logistiek en scheepvaart - Extra uitbreiding capaciteit stroomnetten & warmtenetten - Extra isoleren woningvoorraad en strengere eisen in bouwbesluit
Extreme weer en grilligheid	- Bestaande crisisplannen updaten - Verbeteren waarschuwingssystemen	- Uitbreiden (strategische) zoetwatervoorraden - Extra ruimte reserveren voor waterberging - Vergroten gemaalcapaciteit en redundantie - Actualiseren schaderegelingen (verzekeren) - Programma van eisen aanpassen (overdimensioneren) - Versnellen van de klimaatadaptieve inrichting (stedelijk) gebied	
Bovenstroomse aanpassingen in land en watergebruik	- Samenwerken buitenlandse partners stroomgebied - Scenariostudies rivierafvoer	- Internationale afspraken maken en bewaken - Ontwikkelen plan zoetwaterbeschikbaarheid landbouw	- In gang zetten plan zoetwaterbeschikbaarheid landbouw - Aanpassingen van scheepvaartvloot
Langdurig gebrek aan uitvoeringskracht (budget, grondstoffen en personeel)	- Stimulering technische opleidingen op alle niveaus - Vergroten aantrekkelijkheid werken in de watersector	- Expertise uit buitenland aantrekken - Vergroten aantrekkelijkheid werken in de watersector - Vervroegd starten met adaptatiemaatregelen - Nederlandse markt nu inzetten om kennis en kunde op te doen - Risico's voor marktpartijen bij grote projecten verkleinen	
Oorlogsdreiging, sabotage, hacken	- Actualisering van crisisplannen - Kwetsbaarheidstoets voor bestaande infrastructuur	- Weerbaarheid tegen sabotage en hacken opnemen in programma van eisen	

3.2 Onderliggende verschuivingen in denken en doen

Risicobenadering, maar ook voorzorg

De afgelopen decennia is de probabilistische risicobenadering in het (water)beleid steeds belangrijker geworden, waarbij een inschatting van de kans van voorkomen, de mogelijke gevolgen en de benodigde investeringen tegen elkaar worden afgewogen. In het geval van de hier beschreven 'wat-als'-ontwikkelingen is daar een aantal kanttekeningen bij te plaatsen:

- Door klimaatverandering veranderen de statistieken waardoor de kansen (herhalingstijden) niet meer goed te bepalen zijn. Er is veel meer onzekerheid over de kans van optreden;
- De stapeling van risico's ("compound risks") zijn lastig te bepalen;
- De effecten cascaderen door vele domeinen van de maatschappij waardoor de indirecte effecten (2^{de} orde) lastig te bepalen;

Het is daarom de vraag in hoeverre een risicobenadering toepasselijk is als de kennis over kansen en effecten nog grotendeels ontbreekt (en wellicht wel nooit volledig in beeld kunnen worden gebracht?). Moeten we in dit geval meer vanuit een voorzorg opereren? Daarmee wordt niet bedoeld het uitsluiten van elk risico, maar wel het zekere voor het onzekere te nemen. Dat we meer 'aan de veilig kant gaan zitten', omdat de gevolgen zo groot kunnen zijn. Dit betekent echter wel dat de kosten omhooggaan en de financiële middelen eerder beschikbaar moeten komen. Dat is een lastige discussie.

Voorbereid zijn, ook op transformatieve klimaatadaptatie

Deze gamechangers laten zien dat de er mogelijk aanzienlijke maatschappelijke veranderingen kunnen gaan optreden. Verschillende geïnterviewde experts vinden dat er nagedacht moet worden over een ander toekomstig watersysteem en ruimtegebruik. Verschillende experts geven aan dat er al eerdere keuzes nodig zijn als we de implementatietijd in ogenschouw nemen. Ter illustratie, het aanleggen van de Deltawerken duurde ongeveer 40 jaar (en er was groot maatschappelijk draagvlak na de ramp in 1953). Het openhouden van opties creëert bovendien onzekerheid en juist door richting te bepalen en keuzes te maken neemt onzekerheid af.

We schuiven op van incrementele klimaatadaptatie naar transformatieve klimaatadaptatie. Transitie in gang kost veel tijd en ze zijn vanwege de complexiteit lastig om te begeleiden. Voorbereid zijn begint bij het ontwikkelen van mogelijke plannen en denkbare routes, zodat die klaarliggen wanneer ze nodig zijn. Dat betekent niet dat plannen direct in beleid opgenomen hoeven te worden, maar wel dat we ze achter de hand hebben en beter voorbereid zijn. Dit vergt inspanning en die capaciteit is er bij de ministeries mogelijk niet, maar wel bij kennisinstituten, adviesbureau en NGO's. De benodigde verbindingen komen alleen niet vanzelf tot stand. Het nu al ontwikkelen van plannen voorkomt dat we plannen moeten maken onder hoge druk en maatschappelijke onrust.

De geïnterviewde experts geven aan dat het mogelijk is om Nederland voor te bereiden op deze potentiële gamechangers. Daarbij werd in de gesprekken ook gereflecteerd op de Nederlandse poldercultuur. We zoek naar compromissen, maar de gamechangers vragen er misschien juist wel om richtinggevende keuzes. Ook al is dat pijnlijk op de korte termijn, op de lange termijn zou dat beter kunnen zijn voor de samenleving als geheel. Tot slot wordt benadrukt dat het denken over knelpunten en toekomstige opgaven niet altijd motiveert en buiten de watersector weinig resoneert. Er is behoefte aan een aantrekkelijk perspectief en mensen ondernemers drijft om aan mee te werken en in te investeren.

Gamechangers zetten maatschappelijke opgaven in ander perspectief

Een derde gevolg is dat de gamechangers andere maatschappelijke opgaven in een ander perspectief plaats. Mocht de AMOC vertragen dan kan het in Nederland juist kouder worden. Dat creëert een extra warmtevraag in plaats van extra koudevraag. Ook de voedselproductie zal een andere vorm krijgen dan de traditioneel landbouw, want die is dan wellicht niet meer mogelijk. Deze gamechangers dagen ons uit om, vanuit een mogelijk heel andere toekomstige werkelijkheid te kijken naar de keuzes die we moeten maken over waar we op de lange termijn woningbouw en verstedelijking willen hebben, waar onze economische kerngebieden liggen, hoe onze energie-infrastructuur daar op aansluit en welke gebieden geschikt zijn voor verschillende typen van landbouw en voedselproductie.

4 Conclusies en Aanbevelingen

4.1 Conclusies

1. De maatschappelijke impact van de beschouwde 'wat-als'-ontwikkelingen kunnen dermate groot zijn, dat het potentiële gamechangers zijn voor het Nederlandse klimaatbeleid en het waterbeheer in bijzonder. De impact van deze ontwikkelingen raakt veel verschillende sectoren en beleidsdomeinen waardoor de economie en de leefomgeving onder druk kunnen komen te staan.
2. Door cascade-effecten en de maatschappelijke reacties kunnen we grip op het adaptatievraagstuk verliezen. We blijven meer in control door ons goed voor te bereiden en plannen klaar te hebben liggen voor als ze nodig zijn. Daarmee voorkomen we (deels) dat er keuzes gemaakt moeten worden tijdens een eventuele crisis wanneer er tijdsdruk en maatschappelijke onrust is.
3. Op dit moment is er nog onvoldoende kennis (of visie) om een adequate beleidsrespons op deze potentiële gamechangers te bepalen. Er is gericht onderzoek nodig naar a) de kans van optreden, het tempo van de ontwikkelingen en de mogelijke maatschappelijke impact en b) naar de handelingsperspectieven, wat daarvoor nodig is en hoeveel tijd de besluitvorming en uitvoering zou kosten. Op basis daarvan zijn vervolgens prioriteiten aan te brengen:
4. De onzekerheden zullen blijven, ook met meer onderzoek. We zullen daarom moeten blijven werken aan de adaptieve capaciteit van Nederland. Als de potentiële gamechangers gaan optreden zal Nederland ook doelgericht aan transformaties moeten werken (transformatieve capaciteit).
5. De samenleving zal nog meer gemobiliseerd moeten worden als de potentiële gamechangers op gaan treden. Naast het probleemgedreven paradigma van de risicobenadering en behoud zou meer aandacht moeten zijn voor wenkende perspectieven (waar moet Nederland heen?) en het handelen uit voorzorg, als extra, motiverende, drijvende kracht achter klimaatadaptatie.

4.2 Aanbeveling

Het Deltaprogramma wordt aanbevolen om deze potentiële gamechangers serieus te nemen door goed naar alle handelingsperspectieven te kijken en samen met het Rijk en de regio te bepalen wat daarvan moet worden opgepakt en richting de volgende herijking een plek geven in de Ontwikkelagenda.

Er wordt geadviseerd om bij beleidsplannen en infrastructurele projecten een robuustheidscheck te doen voor deze ontwikkelingen, bijvoorbeeld in de vorm van een stresstest. Stel dat de zeespiegel sneller gaat stijgen of dat de AMOC sterk vertraagt, blijft de functie van de infrastructuur behouden, blijft de levensduur van het object gegarandeerd, welke extra maatregelen zijn nodig?

Bronnen

Bouaziz, L.J., Aalbers, E.E., Weerts, A.H., Hegnauer, M., Buiteveld, H., Lammersen, R., Stam, J., Sprokkereef, E., Savenije, H.H.G., Hrachowitz, M., 2022. Ecosystem adaptation to climate change: the sensitivity of hydrological productions to time-dynamic model parameters. *HESS* 26 (5), 1295-1318.

Cobouw, 2022. Tekort aan personeel maakt woningbouwambities onhaalbaar.

EIB, 2024. Trends op de bouwarbeidsmarkt 2024-2028.

Heilemann, J., Nagpal, M., Werner, S., Klauer, B., Gawel, E., Klassert, C. (2025) Scenario projections of future irrigation water demand for field crops in Germany considering farmers' adaptive land use. *Agricultural Water Management*, 318. [Scenario projections of future irrigation water demand for field crops in Germany considering farmers' adaptive land use - ScienceDirect](#)

H2O, 2024. Inspectie: dijkversterking verloopt te traag met maar 37 km per jaar.

ICPR, 2025. Simulation of the effects of climate change scenarios on future Rhine water temperature development – Update IPCC AR5.

IIASA and Wittgenstein Center, 2024. [Population and human capital projections by IIASA and Wittgenstein Center \(WIC\)](#)
Data prepared by Samir KC, Moradhvaj Dhakad, Michaela Potancokova, Saroja Adhikari, Dilek Yildiz, Maria Mamolo, Tomas Sobotka, Krystof Zeman, Guy Abel, Wolfgang Lutz, and Anne Goujon, :

Rabobank, 2024. De Nederlandse arbeidsmarkt nu en in de toekomst, het macro-beeld.

Rijksoverheid, 2025. Meer defensiepersoneel in 2030. [Meer defensiepersoneel in 2030 | Defensiepersoneel | Rijksoverheid.nl](#)

[RVO, 2024. Energiesysteem 2050. Energiesysteem 2050 | RVO.nl](#)

Schasfoort, F.E., Monji, F., Wadman, M., Mens, M., 2024. Socio-economic scenarios for the Meuse basin and their impact on river discharge. Deltares.

SER, 2024. Naar een toekomstbestendige omgang met water. R-3089

Slager, K., Rikkert, S., 2024. Leidraad voor het maken van overstromingssimulaties, Update 2024. Deltares

Stedin, 2025. Waarom duurt het zo lang om het elektriciteitsnet uit te breiden? [Waarom duurt het zo lang om het elektriciteitsnet uit te breiden? | Stedin](#)

[TENNET, 2025. Standpunt netcongestie. Standpunt netcongestie](#)

TNO, 2023. Vernieuwingsopgave infrastructuur, Landelijk prognoserapport 2023.

Umweltbundesamt. (2024). Auswirkung des Klimawandels auf die Wasserverfügbarkeit – Anpassung an Trockenheit und Dürre in Deutschland (WADKlim) (TEXTE 143/2024). Umweltbundesamt.

https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/2875/dokumente/wadklim_abschlussbericht_anhangband_3110.pdf

Van Westen R.M., Kliphuis, M., Dijkstra H.A. (2024) Physics-based early warning signal shows that AMOC is on tipping course. *Sci. Adv.* **10**, eadk1189(2024). DOI: [10.1126/sciadv.adk1189](https://doi.org/10.1126/sciadv.adk1189)

Van Westen, R. M., Vanderborght, E., Kliphuis, M., & Dijkstra, H. A. (2025). Physics-based indicators for the onset of an AMOC collapse under climate change. *Journal of Geophysical Research: Oceans*, 130, e2025JC022651. <https://doi.org/10.1029/2025JC022651>

van Westen, R. M., & Baatsen, M. L. J. (2025b). European temperature extremes under different AMOC scenarios in the community Earth system model. *Geophysical Research Letters*, 52, e2025GL114611. <https://doi.org/10.1029/2025GL114611>

Volkskrant, 2022. De wraak van de zuiderzee: Renovatie van de afsluitdijk kost honderden miljoenen extra door blunder Rijkswaterstaat.

Iceland deems possible Atlantic current collapse a security risk | Reuters

IJsland vreest voor extreme kou door mogelijke stilval oceaanstroming: 'Bedreiging voor nationale veiligheid' | Buitenland | AD.nl

A Inhoudelijke experts

Om hoofdstuk 3 tot stand te laten komen is gesproken met de volgende experts:

- Prof. dr. Arthur Petersen (PBL, London School of Economics and Political Science)
- Prof. Ir. Ben Ale (Riskmanagement TU Delft, met pensioen)
- Prof. dr. Derk Loorbach (Directeur Drift, Erasmus Universiteit)
- Ir. Harold van Waveren (Strategisch adviseur Rijkswaterstaat)
- Prof. Dr. Cees Veerman (gepensioneerd, oud politiekus)
- Prof. dr. ir. Louise Fresco (Voorzitter Raad van Bestuur van Wageningen University & Research)
- Prof. dr. Sandra Phillipen (Chief Sustainability Officer at ABN AMRO Bank)
- Ir. Annemieke Nijhof (Directeur Deltares)

Deltares is een onafhankelijk kennisinstituut voor toegepast onderzoek op het gebied van water en ondergrond. Wereldwijd werken we aan slimme oplossingen voor mens, milieu en maatschappij.

Deltares

www.deltares.nl