



Planbureau voor de Leefomgeving

VOORBIJ DE RISICO'S KEUZES VOOR EEN KLIMAATBESTENDIGE LEEFOMGEVING

Samenvatting en Bevindingen



Colofon

Voorbij de risico's: keuzes voor een klimaatbestendige leefomgeving

© PBL Planbureau voor de Leefomgeving

Den Haag, 2026

PBL-publicatienummer: 5973a

Contact

Pbl-klimaatadaptatie@pbl.nl

Auteurs

Frank van Gaalen, Marijke Vonk, Jelle van Minnen, Arno Bouwman, Samira I. Ibrahim, Anoeke Menten-Degeling, Jarry Porsius, Astrid Martens, Carine van der Boog, Frédérique Kirkels (allen PBL)

Met bijdragen van

Jan van Dam (PBL), Wilfried ten Brinke (Centre for Climate Adaptation)

Met dank aan

Het PBL is dank verschuldigd aan Marjon Hellegers, Jolijn Bonnet, Judith Hin, Arjen van Hinsberg, Paul Koutstaal, Rienk Kuiper, Amber Nusteling, Joost Tennekens, Kersten Nabielek, Koen Overmars, Jeanette Beck (allen PBL) en betrokken experts van Deltares, KNMI, ORG-ID, RCE, RIVM, TNO, TU Delft, WUR en CAS, leden van de Wetenschappelijke adviesraad: Bas Arts (PBL/WUR), Jeroen Aerts (VU), Leendert Gooijer (RIVM), Maud Huynen (UM) en Richard Klein (SEI). Daarnaast hebben we dankbaar gebruik gemaakt van de inbreng van de stuurgroep voor dit project bestaande uit Anita Scholten, Annemiek Verrips, Bram Bregman, Marko Hekkert en Bart Nijhof (PBL).

Redactie figuren

Beeldredactie PBL

Eindredactie en productie

Uitgeverij PBL

Omslagfoto

ANP/Amber Beckers

Toegankelijkheid

Het PBL hecht veel waarde aan de toegankelijkheid van zijn producten. Mocht u problemen ervaren bij het lezen ervan, dan kunt u contact opnemen via info@pbl.nl. Vermeld daarbij s.v.p. de naam van de publicatie en het probleem waar u tegenaan loopt.

Delen uit deze publicatie mogen worden overgenomen op voorwaarde van bronvermelding: PBL (2026), Voorbij de risico's: keuzes voor een klimaatbestendige leefomgeving, Den Haag: Planbureau voor de Leefomgeving.

Het PBL doet onderzoek naar de leefomgeving en het leefomgevingsbeleid in Nederland en daarbuiten. Denk aan milieu, natuur en ruimtelijke inrichting. Met onze verkenningen, analyses en evaluaties leveren we strategische kennis voor beleid, politiek, maatschappelijke organisaties en het bredere publiek. We geven daarbij niet alleen feiten en inzichten over het hier en nu, maar kijken ook vooruit naar de nabije en verdere toekomst. We doen ons onderzoek gevraagd en ongevraagd, onafhankelijk en wetenschappelijk onderbouwd.

Inhoud

Voorwoord	4
Samenvatting	6
Het klimaat verandert en dat heeft voor iedereen en alles gevolgen	6
Nederland kan zich voorbereiden, maar dat vraagt wel om keuzes	8
Bevindingen: keuzes voor een klimaatbestendige leefomgeving	11
Inleiding	11
Fundamentele keuzes voor een klimaatbestendige leefomgeving	14
Een warmere, drogere, en nattere toekomst	15
Risico's van meer hitte, droogte, en wateroverlast	16
Maatregelen voor een toekomstig klimaatbestendig Nederland	22
Effecten van maatregelen op de toekomstige klimaatrisico's	29
Voor- en nadelen van de adaptatierichtingen	33
Aandachtspunten voor politiek en beleid	36
Referenties	39

Leeswijzer

In deze samenvatting en bevindingen van het rapport “*Voorbij de risico's – keuzes voor een klimaatbestendige leefomgeving*” zijn de risico's, adaptatieopties en beleidskeuzes die hiermee gemoeid zijn, op een rij gezet. In het totale rapport vind je ook de Verdieping waarin we dieper ingaan op de analyse en resultaten. De Verdieping bestaat uit twee delen: Deel I bevat overkoepelende inzichten en in Deel II wordt per sector ingegaan op de klimaatrisico's en adaptatieopties. De hoofdstukken per sector zijn grotendeels gebaseerd op de achtergrondstudies van de betrokken kennisinstellingen (zie bijlage 1 in het totale rapport).

Voorwoord

Klimaatverandering zet door. Nederland wordt warmer, droger en natter. Hittegolven duren langer en worden heviger, droge perioden zetten de beschikbaarheid van water onder druk, en extreme neerslag veroorzaakt steeds vaker overlast en schade.

Dat is geen verre toekomst. Hogere temperaturen raken de gezondheid en het wooncomfort, vooral in versteende stedelijke gebieden. Door droogte is er minder water beschikbaar voor de drinkwatervoorziening, landbouw en natuur en ontstaat er schade aan funderingen. Hevige buien ontregelen bereikbaarheid en kunnen schade veroorzaken aan woningen en vitale voorzieningen.

Nederland kan zich hier beter op voorbereiden. De vraag is hoe we de woningen, wijken, infrastructuur en voorzieningen gaan realiseren die nodig zijn voor een klimaatbestendige, leefbare toekomst. Die vraag betreft niet alleen de inrichting van de leefomgeving, maar is ook een test voor ons organiserend vermogen. Nederland heeft laten zien dat het grote opgaven aankan. Het Delta-programma beschermt Nederland al decennia tegen overstromingen vanuit zee en rivieren. Voor een klimaatbestendige toekomst moet Nederland nu ook maatregelen gaan nemen tegen hitte, droogte en extreme neerslag.

Deze studie laat zien dat we daarbij voor belangrijke keuzes staan. We kunnen vooral inzetten op technische maatregelen die bestaande functies beschermen, zoals airco's en zonneschermen tegen hittestress. We kunnen ook een koers varen waarin de inrichting van de leefomgeving zelf mee verandert: meer ruimte voor groen en water, andere omgang met zoetwater, en ruimtelijke keuzes die beter aansluiten bij water, droogte en hitte. Een dergelijke transformatie van de omgeving is ingrijpend en vergt tijd, maar zal voor een aantal opgaven, zoals de risico's rond droogte en natuur, op langere termijn noodzakelijk zijn. Welke maatregelen waar en wanneer het meest geschikt zijn, vraagt om richting en tijdige keuzes.

Daarmee raakt klimaatadaptatie aan een fundamentele vraagstuk: blijven we achteraf reageren op ontstane problemen, of richten we Nederland zo in dat risico's aan de voorkant worden verkleind? Oftewel: kiezen we voor een samenleving die schaarste en schade steeds opnieuw probeert op te vangen, of voor een samenleving die vooruitkijkt en de condities schept voor gezondheid, veiligheid en brede welvaart in een veranderend klimaat? Om die goede condities te scheppen, moet klimaatadaptatie niet als sluitpost worden behandeld, maar als randvoorwaarde voor woningbouw, infrastructuur, natuurbelief en economische ontwikkeling.

Met dit rapport maken we zichtbaar welke afwegingen er voorliggen en waarom tijdig handelen nodig is. Want aanpassen aan klimaatverandering is onvermijdelijk. De vraag is niet óf Nederland verandert, maar of wij in staat zijn een land te bouwen dat ook in een warmer, droger en natter klimaat leefbaar, rechtvaardig en veerkrachtig blijft.

Prof. dr. Marko Hekkert
Directeur PBL

Keuzes voor een klimaatbestendige leefomgeving

Het klimaat verandert ...

WARMER



DROGER



NATTER



**ZEESPIEGEL-
STIJGING**



... en dat heeft voor iedereen en alles gevolgen

**Meer ziekte en
sterfte**



Natuurverlies



Wateroverlast



**Meer kosten
voor iedereen**



Nederland kan zich voorbereiden ...

Nadruk op technische oplossingen
Intensiveren



Nadruk op inrichting van ruimte
Transformeren



pbl.nl

... maar dat vraagt wel om duidelijke keuzes



**Doe alles
klimaatadaptief**



**Kies samen met
de samenleving:
Hoeveel, wat,
waar, voor wie?**



**Bereid de
samenleving
goed voor**

Bron: PBL

Samenvatting

Het klimaat verandert en dat heeft voor iedereen en alles gevolgen

Klimaatverandering zet door

Klimaatverandering is steeds meer zichtbaar en voelbaar. Sinds het begin van de metingen in 1901 is de temperatuur in Nederland gemiddeld meer dan 2,5°C gestegen. De jaren 2023 en 2024 waren recordwarm, en 2025 telde twee hittegolven. Deze opwarming zet in de toekomst hoe dan ook door, al is onzeker hoe sterk de temperatuur nog gaat stijgen. Als Nederland zich hier niet beter op gaat voorbereiden en geen extra maatregelen neemt, krijgt iedereen vroeg of laat te maken met overlast, hinder of extra kosten.

Hitte, droogte en wateroverlast krijgen steeds grotere impact op de samenleving

Het wordt warmer, droger en natter in Nederland. Die grotere hitte, droogte en wateroverlast gaan de Nederlandse samenleving op allerlei manieren raken, en kunnen gevolgen hebben voor het dagelijks leven. Zo nemen gezondheidsrisico's toe, kan de landbouw schade leiden door mislukte oogsten, komt de natuur verder onder druk te staan door droogte en hitte, zal stroomuitval vaker voorkomen en gaat er cultureel erfgoed verloren.

Hitte

Het wordt in de toekomst steeds warmer. Nederland krijgt te maken met hogere temperaturen, en ook het aantal dagen dat het tropisch warm is, neemt toe; dit zijn dagen waarop het warmer is dan 30°C. Ook zullen er meer hittegolven zijn, die daarbij heter worden en langer aanhouden dan nu. In de wat verdere toekomst, aan het eind van deze eeuw, komt een temperatuur van 40°C mogelijk bijna elk jaar voor, en kan één hittegolf de hele zomer beslaan.

Wanneer Nederland geen extra maatregelen neemt, worden er in de toekomst meer mensen ziek en sterven er in 2050 duizenden mensen vroegtijdig door hogere temperaturen. Kwetsbare mensen zoals ouderen, jonge kinderen en mensen met chronische ziekten worden het hardst getroffen. In de steden zijn de gevolgen het grootst, omdat het daar warmer is als gevolg van het stedelijk hitte-eilandeffect. Zonder nadere maatregelen is in 2050 twee derde van alle meergezinswoningen, zoals galerij- en portiekflats, beneden- en bovenwoningen, onvoldoende beschermd tegen hitte, waardoor er minder wooncomfort is en een grote kans op warme slapeloze nachten.

Droogte

Ook zijn er in de toekomst steeds vaker periodes van langdurige droogte. Vooral het voorjaar zal steeds droger worden, waardoor er watertekorten ontstaan. Als er in de zomer een hittegolf volgt op een extreem droog voorjaar, is het tekort aan zoetwater nog nijpender. De watervoorraden zijn dan laag en de vraag is juist hoog.

Nederland zal vaker voor de keuze komen te staan wie er voorrang krijgt bij de verdeling van het water: huishoudens, de landbouw, natuurgebieden of energie- en datacenters. Droogte zorgt ook voor een heel ander probleem, namelijk extra schade aan de fundering van oudere gebouwen die op veen en klei staan, en die door het lagere grondwaterpeil verzakken. Zonder extra maatregelen zal door klimaatverandering de schade aan funderingen toenemen, waarbij tot 2050 naar schatting 425.000 woningen directe funderingsschade oplopen, met totale kosten tot 60 miljard euro. Tot

slot leidt droogte tot een vrijwel zekere toename in het aantal natuurbranden, met een groter risico op gelijktijdig voorkomende branden.

Wateroverlast

Naast droogte wordt juist ook een teveel aan water een probleem. Extreem zware of langdurige regenbuien gaan steeds vaker voorkomen en worden heviger. De kans op wateroverlast stijgt daarvoor aanzienlijk omdat waterlopen en het riool het water niet snel genoeg kunnen afvoeren. De kans op extreme regen, waarbij er in een uur 25 of meer millimeter regen valt, neemt toe van eens per 5 jaar nu, naar eens per 2 jaar in 2100. Met dergelijke hoosbuien kan de wateroverlast meerdere dagen duren.

Straten en tunnels zullen vaker onderlopen, waardoor wegen niet begaanbaar zijn en bestemmingen minder goed bereikbaar. Dat geldt bijvoorbeeld ook voor belangrijke voorzieningen, zoals ziekenhuizen. Voor de landbouw leidt langdurige of extreme regen tot ondergelopen of verzadigde akkers, waardoor ze niet te bewerken zijn en oogsten kunnen mislukken. Voor datacenters en energiecentrales kan wateroverlast ook een probleem worden, waardoor in bepaalde gebieden de stroom en het internet kunnen uitvallen.

Tegen overstromingen uit zee en de grote rivieren en meren is Nederland goed beschermd. Dankzij het Hoogwaterbeschermingsprogramma worden vóór 2050 alle dijken, gemalen, sluizen en stuwen aangepast om te voldoen aan de afgesproken normen voor de kans op overstromingen.

Die impact kan nog groter zijn, vooral bij bepaalde groepen

Als Nederland geen extra maatregelen neemt, zullen in 2050 vrijwel alle gevolgen van klimaatverandering vaker voorkomen en/of een groter effect hebben (zie paragraaf 4.4 voor een overzicht van klimaatrisico's nu en in 2050). Daarbij kunnen risico's ook nog elkaar versterken. Als bijvoorbeeld hitte, droogte en natuurbranden tegelijk optreden, zal het aantal branden en de omvang ervan toenemen. Ook kan één vorm van overlast een keten van andere gevolgen veroorzaken. Door wateroverlast kan bijvoorbeeld in een bepaald gebied de stroom uitvallen, waardoor internet en communicatiesystemen uitvallen, met als gevolg beperkingen in het treinverkeer, hulpdiensten die op den duur niet goed meer bereikbaar zijn, enzovoort.

Bovendien wordt niet iedereen evenveel geraakt door de klimaatrisico's. Zoals hierboven beschreven krijgen bewoners van steden te maken met een grotere hitte dan mensen buiten de stad. Vooral in de oudere meer versteende wijken loopt de temperatuur sterker op omdat ze dichtbebouwd zijn en er weinig groen is. Deze wijken zijn vaak ook minder goed ingericht op wateroverlast, en oudere huizen op veen- en kleigronden hebben een groter kans op funderingsschade.

Het zijn de kwetsbare mensen bij wie de impact het grootst is. Daarbij kan het gaan om een kwetsbare gezondheid, maar ook om een kwetsbare financiële positie. Zij hebben door hun beperkte financiële middelen minder mogelijkheden om hun woning beter bestand te maken tegen hitte, door bijvoorbeeld een zonnescherm of een airco aan te schaffen. Ook voor het eventueel herstellen van funderingsschade hebben zij minder middelen.

Deze groep wordt ook het meest geraakt door de financiële gevolgen van klimaatverandering, alhoewel iedereen het in de portemonnee kan gaan voelen. Hitte, droogte en wateroverlast zullen samen namelijk leiden tot stijgende kosten van levensonderhoud: voedsel, drinkwater en energie kunnen duurder worden. Door de grotere gezondheidsrisico's en kans op schade kunnen verzekeringspremies omhoog gaan. Ook de kosten voor bijvoorbeeld waterbeheer kunnen stijgen.

Nederland kan zich voorbereiden, maar dat vraagt wel om keuzes

Het is noodzakelijk en urgent dat Nederland zich meer gaat voorbereiden op de grotere hitte, droogte en wateroverlast. Dat kan op verschillende manieren. Zo kan de hitte in steden en woningen worden beperkt door de ruimtelijke inrichting aan te passen, door bijvoorbeeld meer parken, bomen en waterpartijen aan te leggen. Maar ook met meer technische maatregelen zoals het installeren van meer airco's en zonneschermen. Deze twee typen maatregelen zijn exemplarisch voor twee typen adaptatierichtingen: 'transformeren' en 'intensiveren'. Deze richtingen zijn in ons onderzoek verder uitgewerkt, en kunnen worden gebruikt als hulpmiddel bij het kiezen van adaptatiemaatregelen.

Welke maatregel of aanpak geschikt is, is afhankelijk van de plaats, de tijd en het probleem dat moet worden opgelost of ingeperkt. Hoe dan ook is er een mix van verschillende typen maatregelen nodig om zowel op de kortere als de langere termijn bescherming te bieden tegen klimaatdreigingen. Uit ons onderzoek blijkt wel dat er onder de inwoners van Nederland meer draagvlak is voor ingrijpende maatregelen. Een transformeren-aanpak wordt gemiddeld genomen als meer aanvaardbaar gezien dan een intensiverende aanpak.

Denk na over fundamentele keuzes

Welke aanpak geschikt is, is ook afhankelijk van wat de overheid en samenleving belangrijk vinden. Daarbij spelen in elk geval twee fundamentele vragen een grote rol:

- Welke risico's zijn acceptabel en welke mate van bescherming is gewenst? Vindt de samenleving het bijvoorbeeld acceptabel dat er meer mensen ziek worden en doodgaan door de hogere temperaturen, en hoeveel extra ziekenhuisopnames en sterfgevallen mogen er dan zijn? Hoeveel schade mag extreme neerslag of mogen natuurbranden aanrichten, en zijn er sectoren die hier beter tegen moeten worden beschermd dan andere?
- Hoe wil Nederland omgaan met verschillen en ongelijkheden? In sommige delen van Nederland zijn de gevolgen van klimaatverandering bijvoorbeeld meer te merken dan in andere delen. Zo hebben steden te maken met hogere temperaturen dan hun omgeving, en zijn steden in het westen extra kwetsbaar voor wateroverlast door beperkte mogelijkheden voor waterberging. Ook kunnen klimaatrisico's zich opstapelen bij bepaalde groepen of regio's, zoals bij mensen met lagere inkomens die in oude, heter wordende stadswijken wonen. In hoeverre is de samenleving bereid dit soort regio's en bevolkingsgroepen te beschermen? En wat krijgt er in droge perioden voorrang bij de verdeling van water: drinkwater, landbouw, natuur, erfgoed?

Doe alles klimaatadaptief

Er is ook een keuze die sowieso verstandig lijkt, en dat is om alles klimaatadaptief aan te pakken. Oftewel: welke investeringen of aanpassingen Nederland de komende jaren ook doet, het is verstandig daarbij rekening te houden met de effecten van klimaatverandering.

Nederland staat voor een aantal grote ontwikkelingen en transities, zoals de woningbouw, energietransitie, transitie van het landelijk gebied, en onderhoud van infrastructuur. Door deze vanaf de start klimaatadaptief aan te pakken kunnen later extra last en kosten worden voorkomen.

Belangrijke keuzes zijn bijvoorbeeld waar en hoe Nederland de komende decennia de geplande 900.000 huizen gaat bouwen. Bij de locatiekeuze kan rekening worden gehouden met overstroomingsrisico en bij de bouw van de woningen met een manier om het binnen koel te houden. Ook kan tijdig worden nagedacht over het waarborgen van de bijbehorende drinkwater-, elektriciteits-

en internetvoorziening: vitale voorzieningen die op zo'n manier worden aangelegd dat er geen of een klein risico is dat ze uitvallen door overstromingen, droogte, wateroverlast en hitte.

Hierbij kunnen ook op een efficiënte wijze meerdere opgaven tegelijk worden aangepakt. Zo kan het grootschalig inzetten op meer 'groen en blauw' in steden bijdragen aan het verminderen van hitte, maar ook aan het vasthouden van water om tijdens droge perioden te kunnen gebruiken, aan het verminderen van wateroverlast door water op te vangen, het verbeteren van de biodiversiteit, en het verbeteren van de fysieke en mentale gezondheid, omdat het mensen uitnodigt meer naar buiten te gaan.

Ook bij de grote onderhoudsoperaties aan weg, spoor en andere infrastructuur is het belangrijk om tegelijkertijd ervoor te zorgen dat deze bestand zijn tegen hitte, droogte en wateroverlast.

Ruimtelijke ordening speelt hierbij een belangrijke rol. Een ruimtelijke ordening waarin het water- en bodemsysteem als uitgangspunt wordt genomen voor de ontwikkeling van woningbouw, landbouw en andere activiteiten, draagt bij aan een klimaatbestendiger Nederland. Dit kan bijvoorbeeld helpen bij het verminderen van de vraag naar oppervlaktewater en grondwater, het herstellen van een gezonde veerkrachtige natuur en het verkleinen van de kans op overstromingen en wateroverlast, bijvoorbeeld in nieuwbouwwijken.

Bereid de maatschappij goed voor

Ongeacht de gekozen aanpak van klimaatmitigatie (het terugdringen van broeikasgassen) en klimaatadaptatie, op de lange termijn kunnen niet alle effecten en risico's worden beheerst. Dat betekent dat de Nederlandse samenleving voorbereid moet zijn op vaker optredende overlast en schade. Daarom is het belangrijk dat overheid, bedrijven, mensen en gemeenschappen weten hoe ze moeten handelen, voor, tijdens, en na dit soort gebeurtenissen. Dit wordt ook wel 'maatschappelijke weerbaarheid' genoemd. Die weerbaarheid kan op verschillende manieren worden vergroot, zoals met informatiecampagnes, het ontwikkelen van waarschuwingssystemen en rampenplannen, het houden van oefeningen, het organiseren van hulpdiensten, het regelen van opvang van slachtoffers, en het maken van afspraken over herstelmaatregelen.

BEVINDINGEN
BEVINDINGEN

Bevindingen: keuzes voor een klimaatbestendige leefomgeving

Inleiding

Het klimaat verandert snel

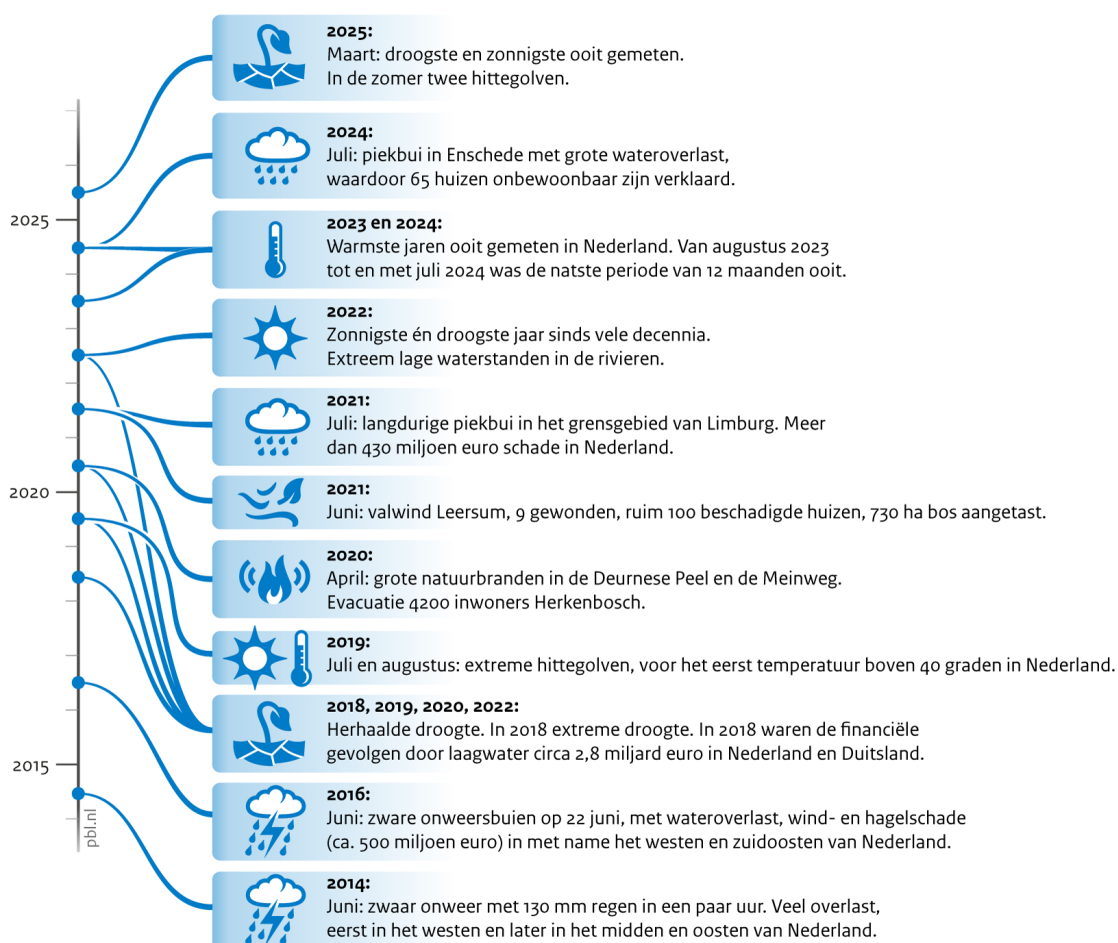
Het klimaat verandert snel. Wereldwijd is de aarde gemiddeld met 1,4°C opgewarmd ten opzichte van de periode 1850-1900. In Europa stijgt de temperatuur nog sneller: Europa inclusief Nederland is het snelst opwarmende continent (EEA 2024). De jaargemiddelde temperatuur in Nederland is tussen het begin van de metingen in 1906 en 2024 met 2,5°C gestegen (KNMI 2023; CLO 2026).

Gevolgen van klimaatverandering zijn al steeds vaker te merken

Door klimaatverandering heeft Nederland in het afgelopen decennium steeds vaker te maken met extreme weersomstandigheden (zie figuur 1).

Figuur 1

Extreme weergebeurtenissen in Nederland en de impact ervan, 2014 – 2025



Bron: KNMI; Eden et al. 2018; Copernicus 2023; Otten et al. 2000; Gemeente Enschede

Zo kreeg Nederland in 2019 te maken met een hittegolf, waarbij het voor het eerst boven de 40°C werd. En ook de zomers van 2018, 2020 en 2022 waren warm en vooral zeer droog, waarbij de natuur, de landbouw en de binnenvaart veel te lijden hadden van het gebrek aan water. De economische schade hiervan bedroeg in 2018 2,8 miljard euro voor de binnenvaart en de industrie in Nederland en Duitsland die daarvan afhankelijk is (PBL 2024).

Tegelijkertijd zijn er juist ook vaker piekbuien en langere perioden met grootschalige neerslag. In 2021 werd Limburg getroffen door overstromingen, als gevolg van veel regen in een groot gebied, met 430 miljoen euro schade tot gevolg. Wateroverlast kan lokaal ook tot stroomstoringen leiden, zoals gebeurde in Nijverdal: in oktober 2023 kwam daar het stroomverdeelstation onder water te staan door extreme neerslag en hoge grondwaterstand, waardoor er kortsluiting ontstond en ruim 11.000 elektriciteitsaansluitingen 5 uur lang zonder stroom kwamen te zitten. In Enschede werden na een piekbui van 55 millimeter in één uur op 21 juli 2024, 65 huurwoningen onbewoonbaar verklaard, omdat het niet mogelijk was de woningen tegen toekomstige wateroverlast te beschermen (De Woonplaats 2025).

Hoe kan Nederland zich beter voorbereiden?

Deze klimaatverandering zet in de toekomst door – ook als het lukt om de broeikasgasuitstoot terug te dringen (KNMI 2023). Dat betekent dat Nederland steeds meer te maken krijgt met temperatuurstijging, drogere zomers, nattere winters, een versneld stijgende zeespiegel en meer extreem weer, met alle gevolgen van dien.

De vraag is hoe Nederland zich daarop gaat en kan voorbereiden. Daarbij staan politiek, beleidsmakers en samenleving voor fundamentele keuzes (zie figuur 2). Keuzes over het beschermingsniveau dat nodig en gewenst is; 100 procent bescherming tegen hitte, droogte en wateroverlast is namelijk niet mogelijk. En ook keuzes over welke waarden zo optimaal mogelijk beschermd zouden moeten worden; denk aan kwetsbare bevolkingsgroepen, natuur en cultureel erfgoed, en economische sectoren zoals de landbouw. Ook moet Nederland kiezen wat voor type maatregelen het wil nemen en wat ze mogen kosten; die keuze kan ingrijpende gevolgen hebben voor de alledaagse omgeving en het landschap.

Waarom moet Nederland zich nú voorbereiden?

Klimaatverandering verloopt snel, en veel adaptatiemaatregelen vergen tijd. Bij de afwegingen rond klimaatadaptatie zijn vaak veel partijen betrokken, waardoor de besluitvorming lang kan duren. Bovendien kosten veel adaptatiemaatregelen tijd, bijvoorbeeld als daarvoor de leefomgeving anders wordt ingericht. Adaptatiemaatregelen dreigen daardoor geen gelijke tred te houden met de snel toenemende risico's door klimaatverandering. Dit geldt bijvoorbeeld voor de aanleg van dijken, maar ook voor de vernieuwing van transportinfrastructuur, werkzaamheden aan waterkeringen, nieuwbouw en de aanpassing van woningen. Het is daarom belangrijk dat op korte termijn keuzes worden gemaakt over hoe Nederland om wil gaan met de klimaatrisico's (figuur 2). Door tijdig te handelen kunnen zij verdere schade beperken en Nederland beter voorbereiden op toekomstige uitdagingen.

Figuur 2

Keuzes voor een klimaatbestendige leefomgeving

Vragen voor politiek, beleid en samenleving



Bron: PBL

Met dit rapport *Voorbij de risico's: keuzes voor een klimaatbestendige samenleving* willen we bijdragen aan de bovengenoemde keuzes. We brengen in beeld welke toekomstige risico's van klimaatverandering de Nederlandse samenleving kan verwachten. Daarbij schetsen we welke mogelijkheden Nederland heeft om zich daaraan aan te passen; welke keuzes kan de politiek maken, welke maatregelen kan of moet de overheid nemen en wat kunnen Nederlanders zelf doen. We laten ook zien wat de consequenties van die keuzes en maatregelen zijn, onder andere hoe Nederland er in de toekomst uit kan komen te zien. We kijken met name naar de periode rond 2050, met een doorkijk naar de gevolgen van klimaatverandering op de nog langere termijn (zie ook tekstkader 1).

We doen dit onderzoek op verzoek van de ministeries die betrokken zijn bij de Nationale Klimaatadaptatiestrategie (NAS), het overkoepelende beleidstraject voor klimaatadaptatie. We leveren hiermee input voor de nieuwe NAS, die gepland staat voor 2026. Ook willen wij met deze studie (nieuwe) informatie leveren voor de herziening van het Deltaprogramma (DP) – eveneens in 2026. We hebben in dit onderzoek samengewerkt met een aantal collega-kennisinstellingen: Deltares, KNMI, RIVM, Org-id, RCE, TNO, TU Delft, WUR en CAS.

Tekstkader 1

Over dit onderzoek en de scenario's

In dit onderzoek kijken we naar de toekomstige risico's van klimaatverandering; wat komt er in 2050 en 2100 op Nederland af? Hoe groot die klimaatrisico's in de toekomst zullen zijn, is niet alleen afhankelijk van de mate van klimaatverandering, maar bijvoorbeeld ook van bevolkingsgroei, vergrijzing en economische ontwikkelingen. Omdat we niet precies kunnen weten hoe al deze ontwikkelingen zullen verlopen, hebben we in ons onderzoek gewerkt met scenario's, die verschillende mogelijke toekomsten laten zien.

Voor de toekomst van klimaatverandering hebben we gebruik gemaakt van de klimaatscenario's van het KNMI (KNMI 2023), die een Nederlandse vertaling zijn van de wereldwijde klimaatprojecties van het IPCC - het klimaatpanel van de Verenigde Naties. Het KNMI onderscheidt vier scenario's, waarvan wij de grootste bandbreedte gebruiken van mogelijke klimaattoekomsten. We lopen daarmee richting 2050 in de pas met het voorstel van de *European Scientific Advisory Board on Climate Change* (ESABCC 2026), dat aangeeft op welke temperatuurstijgingen de EU zich moet voorbereiden.

Niet alleen het klimaat, maar ook de Nederlandse samenleving zal veranderen. In deze studie baseren wij ons hiervoor op scenario's uit de WLO-toekomstverkenning 2025 (Welvaart en Leefomgeving, PBL 2025).

Vervolgens laten we in ons onderzoek zien wat er 'mis' gaat zonder aanvullend adaptatiebeleid en maatregelen. Door verschillende kennisinstituten is per sector een analyse gemaakt welke klimaatrisico's, en van welke omvang, dit in 2050, en waar mogelijk en relevant 2100, zou opleveren. Welk aanvullend adaptatiebeleid en -maatregelen er mogelijk zijn, is geanalyseerd aan de hand van twee aanvullende 'adaptatierichtingen' met verschillende typen maatregelen: 'intensiveren' en 'transformeren'. Ook hierbij is geanalyseerd wat de effecten zijn van de twee adaptatierichtingen op de klimaatrisico's.

Tot slot is op basis van de analyseresultaten op een rij gezet wat belangrijke adaptatieopties zijn en welke beleidskeuzes hiermee zijn gemoeid. Ook zijn aanvullende studies uitgevoerd over de beleving van klimaatrisico's en de knelpunten in het huidige adaptatiebeleid.

In hoofdstuk 3 staat een uitgebreide beschrijving van de aanpak van dit onderzoek.

Fundamentele keuzes voor een klimaatbestendige leefomgeving

Nederland is nog onvoldoende voorbereid op toekomstig klimaat

Klimaatverandering zet in de toekomst door, en de risico's die Nederland daardoor loopt zullen naar verwachting toenemen. Nederland werkt weliswaar al aan het verminderen van die klimaatrisico's, met het Deltaprogramma, de Nationale Klimaatadaptatiestrategie (NAS), en ook met maatregelen die provincies, gemeenten, bedrijven en burgers nemen. Zo worden met het Deltaprogramma concrete stappen gezet om Nederland te beschermen tegen overstromingen. Maar op veel gevolgen van temperatuurstijging, droogte en extreme neerslag is Nederland nog onvoldoende voorbereid.

Ons onderzoek laat zien dat zonder extra beleid en maatregelen de meeste klimaatrisico's in de toekomst verder toenemen. Voor een effectieve en eerlijke aanpak is het nodig dat Nederland een

aantal fundamentele keuzes maakt over hoe om te gaan met klimaatverandering. Uiteindelijk zijn dit politieke keuzes. Het is belangrijk dat de overheid Nederlanders betreft bij en informeert over klimaatverandering en klimaatbeleid, bijvoorbeeld met informatiecampagnes en het organiseren van debatten. De Nederlandse bevolking wordt zich dan meer bewust van de klimaatgevolgen en kan zich hier op voorbereiden. Betrokkenheid en kennis van bewoners en bedrijven leidt ook tot beleid dat effectiever en breder gedragen is.

Wat is een acceptabel basisniveau van bescherming?

Het doel van het Nederlandse beleid is om in 2050 'klimaatbestendig' te zijn (IenW 2023). Maar wat dat precies betekent, is vaak nog niet concreet uitgewerkt. Er zijn wel duidelijke keuzes gemaakt welke overstromingsfrequentie acceptabel wordt gevonden en de dijken worden daarop aangepast, maar voor veel andere risico's ontbreekt dit.

Welke mate van bescherming tegen klimaatrisico's vindt Nederland nodig, welke risico's acceptabel en welke maatregelen is het bereid te nemen om risico's nu en in de toekomst te verminderen? Bij de risico's gaat het bijvoorbeeld om hoeveel extra sterfgevallen door hogere temperaturen acceptabel zijn. Of tot hoeveel schade extreme neerslag mag leiden. En bij maatregelen bijvoorbeeld om de verdeling van water: wie en wat krijgen er in droge perioden voorrang: drinkwatervoorziening, landbouw, natuur, erfgoed?

Hoe om te gaan met verschillen en ongelijke verdeling van risico's

Effecten van klimaatverandering raken sommige groepen mensen harder dan andere. Zo krijgt niet iedereen in dezelfde mate te maken met hitte. Over het algemeen zijn de temperaturen in het zuidoosten van Nederland hoger, en in de kustgebieden lager door verkoeling van de zee. Bewoners in steden ervaren meer hitte door het stedelijk hitte-eilandeffect. Ook zijn er verschillen tussen groepen mensen. Buitenwerkers (bouwvakkers, groenwerkers) krijgen bijvoorbeeld meer te maken met hitte. Mensen met beperkte financiële middelen hebben minder mogelijkheden om hun woning beter bestand te maken tegen hitte, door bijvoorbeeld een zonnescherm of een airco aan te schaffen. Ook wonen zij vaker in een (sociale)huurwoning, waardoor zij voor dit soort aanpassingen, afhankelijk zijn van een huurbaas.

Ook kunnen klimaatrisico's zich opstapelen bij bepaalde groepen of regio's. Zo komen in oude stadswijken problemen samen die elkaar ook nog versterken: vaak zijn deze wijken sterk versteend, met een minder groene en daarom hetere omgeving, die ook minder goed is ingericht op wateroverlast, met minder goed geïsoleerde huizen, en oudere huizen met meer kans op funderingschade. Het is belangrijk dat Nederland kiest in welke mate en hoe hiermee rekening moet worden gehouden. Een mogelijke aanpak is die van de gemeente Amsterdam. Daar is in kaart gebracht welke wijken het meest kwetsbaar zijn voor klimaatverandering, en die wijken worden geprioriteerd bij het uitvoeren van aanpassingen (Gemeente Amsterdam 2025).

Een warmere, drogere, en nattere toekomst

Een warmere toekomst ...

De opwarming van Nederland gaat naar verwachting door, met mogelijk een stijging van +0,9 tot +1,6 graden in 2050, en +0,9 tot +4,4 graden in 2100 (ten opzichte van de referentieperiode 1991-2020). Ook zal Nederland steeds vaker te maken krijgen met tropische hitte; op tropische dagen is de temperatuur 30°C of hoger. Rond 2050 kan het aantal tropische dagen in Nederland gestegen zijn van 5 dagen per jaar in het huidige klimaat naar 9 dagen per jaar. Na 2050 is het onzeker hoe

sterk de klimaatverandering doorzet. Bij een beperkte klimaatverandering zullen er rond 2100 13 tropische dagen zijn en bij een sterke klimaatverandering waarbij de uitstoot van broeikasgassen hoog blijft, loopt het aantal tropische dagen op tot 35. Ook een temperatuur van 40°C, die in Nederland tot op heden pas één keer is waargenomen (in 2019), zal naar verwachting bij een sterke klimaatverandering in 2050 vaker voorkomen, en rond 2100 vrijwel jaarlijks (KNMI 2023). Niet alleen overdag wordt het warmer, ook het aantal tropische nachten (met een temperatuur van 20°C of hoger) neemt waarschijnlijk toe: van 0,3 in het huidige klimaat tot 3 rond 2050 en 19 nachten in 2100.

Niet overal in Nederland wordt het even heet; net als nu zijn de hoge temperaturen niet gelijkmatig over het land verdeeld. In Zuidoost-Nederland zullen zoals gezegd hete dagen en nachten vaker voorkomen dan aan de kust. En in steden speelt het hitte-eilandeffect dan nog meer; in 2100 kan bij een sterke klimaatverandering de temperatuur in steden oplopen tot 50°C, en een hete zomer kan daar vrijwel één aaneengesloten hittegolf zijn (KNMI 2023).

... en een drogere toekomst ...

Het wordt niet alleen warmer, er zullen ook vaker langdurige en extreme droge periodes voorkomen. In die periodes is er een zogenoemd neerslagtekort: de totale verdamping van water is dan groter dan de totale hoeveelheid neerslag. Door de hogere temperaturen in met name het vroege voorjaar verdampt er veel meer water. Naar verwachting stijgt het neerslagtekort in het groeiseizoen tot 2050 met 13 tot 35 procent (KNMI 2023). Waar een extreem droog jaar als 2018 nu gemiddeld eens in de 20 jaar voorkomt, gebeurt dat naar verwachting rond 2050 eens per 5 jaar, en rond 2100 elke 2 jaar (Stowa 2025).

... maar ook een nattere toekomst

Tegelijkertijd wordt het op andere momenten juist natter. Nederland krijgt steeds meer te maken met langdurige perioden met hevige regen. Buien zullen naar verwachting intenser zijn en deze piekbuien gaan ook vaker voorkomen. Dergelijke korte, hevige buien zorgen voor veel overlast en schade. Met name de Nederlandse winters worden natter; de neerslag kan in 2100 toenemen met 5 tot 24 procent.

Tot slot zal de zeespiegel in de toekomst versneld blijven stijgen. Van 1971 tot 2018 steeg de zeespiegel voor de Nederlandse kust gemiddeld met 2,3 millimeter per jaar, maar tussen 2006 tot 2018 bedroeg de stijging gemiddeld 3,7 millimeter per jaar (KNMI 2023). De verwachting is dat in 2050 de zeespiegel rond de 25 centimeter gestegen is ten opzichte van de referentieperiode 1995-2014, met in 2100 een mogelijke stijging van 44 tot 82 centimeter, afhankelijk van hoe sterk het klimaat verandert (KNMI 2023). Onderzoek laat zien dat het technisch gezien mogelijk is om Nederland met de huidige aanpak te beschermen tegen een zeespiegelstijging tot aan 3 meter (Kennisprogramma Zeespiegelstijging (2023). Een probleem dat samenhangt met de stijgende zeespiegel in combinatie met lage rivierafvoeren is verzilting: zoutwater dringt verder het land binnen. In de kustregio's komt de beschikbaarheid van zoetwater voor landbouw, natuur en drinkwatervoorziening onder druk te staan. Om het water in de polders voldoende zoet te houden is er meer aanvoer van water nodig om polders door te spoelen.

Risico's van meer hitte, droogte, en wateroverlast

Klimaatverandering heeft gevolgen voor talloze aspecten van de Nederlandse samenleving, van een slechtere gezondheid en lagere arbeidsproductiviteit tot schade aan infrastructuur en druk op de drinkwatervoorziening, en lagere inkomsten voor de landbouw en scheepvaart. Zonder extra

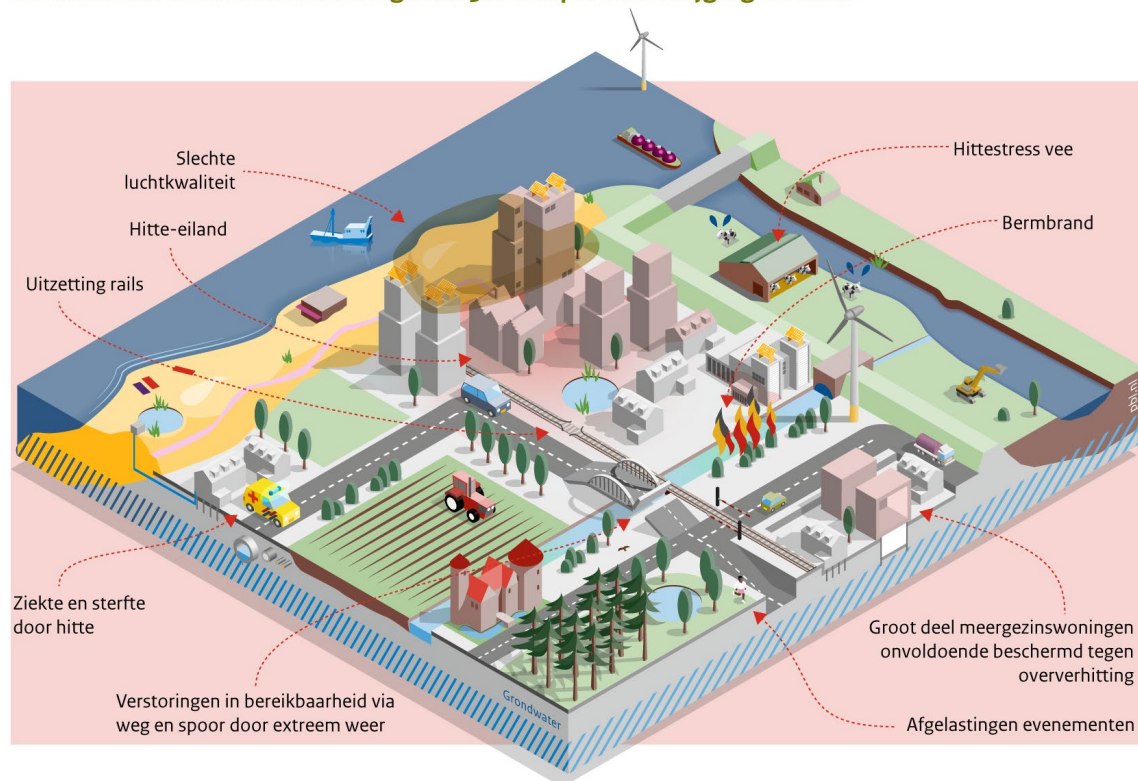
beleid en maatregelen zullen in 2050 de gevolgen van de toenemende hitte, droogte en neerslag toenemen. Ze zullen steeds meer overlast geven in alle geledingen van het land en leiden tot verstoringen van het dagelijks leven. Dit is natuurlijk met name het geval bij het scenario met een sterke klimaatverandering, maar ook in het lage scenario zijn er aanzienlijke gevolgen.

Hitte: risico's voor gezondheid, dagelijks leven en economie

Temperatuurstijging en hitte hebben grote gevolgen voor de gezondheid en het dagelijks leven van mensen, voor het gebruik van de leef- en woonomgeving, en voor de economie (zie figuur 3).

Figuur 3

Effecten van klimaatverandering in 2050: temperatuurstijging en hitte



Bron: PBL

Ziekte en sterfte door hogere temperaturen

Hitte kan leiden tot gezondheidsklachten, vooral bij ouderen, mensen met een chronische aandoening, zwangeren en (heel) jonge kinderen. Dit kunnen lichte symptomen zijn, zoals hoofdpijn en vermoeidheid, die het gevolg kunnen zijn van de hitte zelf, maar ook van de slapeloze nachten door de hoge temperatuur in huis. Dit soort klachten heeft gevolgen voor het dagelijks functioneren van de mensen, en heeft een effect op hun arbeidsproductiviteit. In 2050 is bij het huidige beleid 62 procent van de meergezinswoningen (dat wil zeggen meerdere woningen in één pand, waaronder flats, galerij-, portiek-, beneden- en bovenwoningen) onvoldoende beschermd tegen oververhitting (TNO 2026). Hitte kan ook ernstigere gevolgen hebben, zoals opname in het ziekenhuis of zelfs de dood. Bij beperkte klimaatverandering zullen in 2050 bij het huidige beleid circa 2.300 mensen per jaar eerder overlijden als gevolg van de temperatuurstijging. Bij sterke klimaatverandering is dat naar verwachting ongeveer 3.700 mensen (RIVM 2026). Daarnaast hangen gezondheidsklachten ook samen met extra zomersmog, een grote kans op infectieziekten en allergieën en meer huidkanker door de toename van zonuren. Een eerdere inschatting van de economische impact van

de gezondheidseffecten van klimaatverandering in de huidige situatie kwam op een bedrag van meer dan 1 miljard euro per jaar (PBL 2024).

Meerdere gevolgen van hitte voor het dagelijks leven

Niet alleen de klimaatrisico's voor gezondheid hebben impact op het dagelijks leven van mensen. Hittegolven vormen een risico voor allerlei onderdelen in het wegen- en spoornet. Zo kunnen beweegbare bruggen uitzetten en daardoor niet goed meer sluiten, ook rails kunnen uitzetten en asfalt kan smelten. Dit kan leiden tot verkeershinder, vooral op drukke autoroutes en op het spoor, lange omrijdtijden, belemmering van hulpdiensten, verlies van productiviteit en hogere onderhoudskosten. Typisch Nederlandse tradities, ambachten en evenementen (immaterieel erfgoed) als braderieën, bloemencorso's, schaatstochten op natuurijs en de vierdaagse van Nijmegen, kunnen door hitte mogelijk niet doorgaan of moeten verplaatst worden naar koelere momenten.

Economische schade door hittestress voor vee

Maar niet alleen mensen hebben last van hoge temperaturen; ook veel dieren kunnen er slecht tegen, waaronder dieren in de veehouderij, met gevolgen voor hun welzijn. Door hittestress produceren koeien minder melk, groeien varkens minder sterk en sterven vleeskuikens voortijdig. Economisch kan dit in 2100 en bij sterke klimaatverandering een verlies betekenen van 0,5 miljard euro per jaar rond 2050, en tussen de 0,5 en meer dan 1 miljard euro per jaar.

Droogte: risico's voor drinkwater, natuur, landbouw, erfgoed en meer

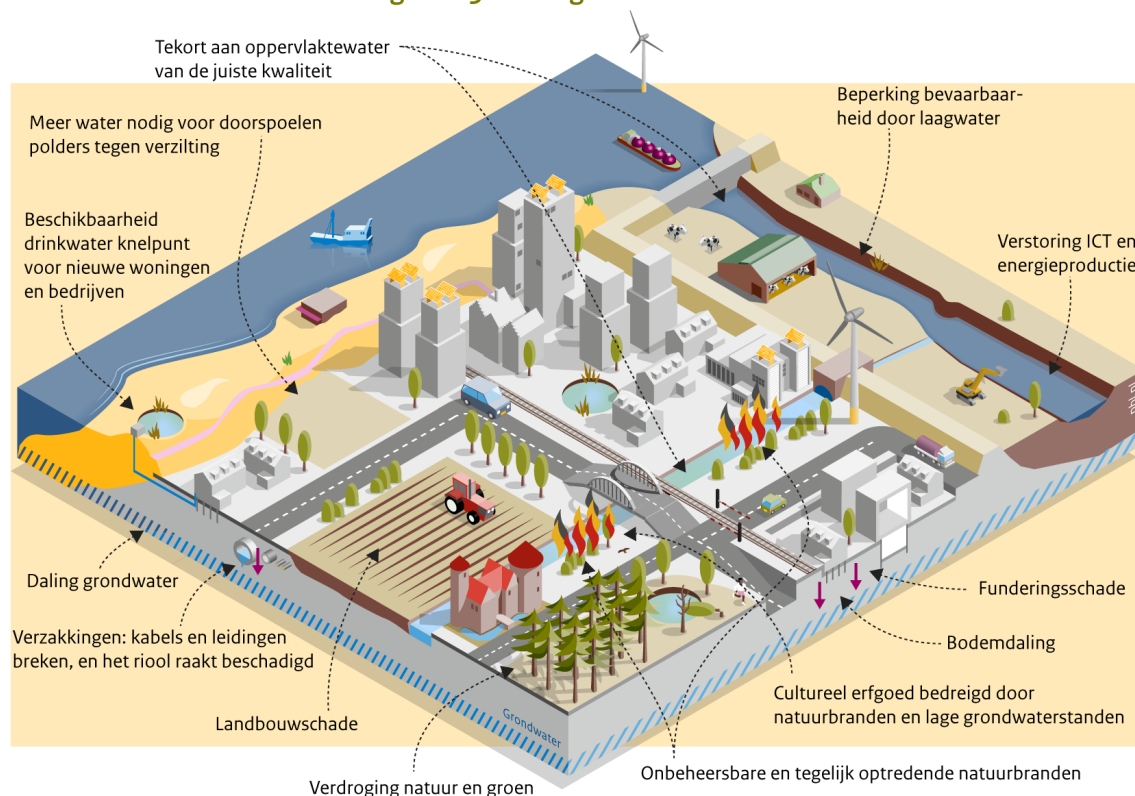
In de lente en zomer krijgt Nederland steeds vaker te maken met langdurige periodes van droogte. Dit leidt naar verwachting tot minder beschikbaarheid van (schoon) oppervlaktewater en tot een daling van de grondwaterstanden, met gevolgen voor onder andere drinkwatervoorziening, landbouw, natuur, cultureel erfgoed en scheepvaart (zie figuur 4).

Toename tekort oppervlaktewater in laag-Nederland

In 2050 neemt door klimaatverandering het tekort aan oppervlaktewater in laag-Nederland – het westen en noorden van Nederland – toe met 25 tot 40 procent, afhankelijk van de mate van klimaatverandering. Oppervlaktewater is al het water in rivieren, meren, kanalen, beken en sloten. Tegelijkertijd met dat tekort neemt in droge perioden de vraag naar water toe.

Er zal dan vaker gekozen moeten worden wie water krijgt of wie minder of niets krijgt. Daarvoor heeft Nederland al een zogenoemde verdringingsreeks opgesteld, waarin is vastgelegd wie er bij de verdeling van water in droge perioden prioriteit krijgt. Zo krijgt waterwinning voor de drinkwatervoorziening voorrang. Ook natuurgebieden die bij uitblijven van water onomkeerbare schade kunnen oplopen, en kapitaalintensieve landbouw krijgen prioriteit. Voor het grootste deel van de landbouw en natuur betekent dit echter dat er minder water beschikbaar is, met toenemende negatieve gevolgen voor de productie, biodiversiteit en ecosysteemdiensten. Dat geldt ook voor de andere sectoren die in de lagere categorieën vallen en afhankelijk zijn van water, zoals de scheepvaart, en energiecentrales en datacenters die koelwater nodig hebben. Voor het goederentransport door de binnenvaart gaan de lage waterstanden in rivieren en kanalen gepaard met hoge kosten: vanaf 2050 krijgt de sector eens in de vijf jaar te maken met een droogte die voor 288 miljoen euro aan extra vaarkosten met zich meebrengt, en eens in de twintig jaar zal dat 450 miljoen euro zijn (hoofdstuk 17).

Figuur 4
Effecten van klimaatverandering in 2050: droogte



Bron: PBL

Dalende grondwaterstanden in hoog-Nederland

Door de intensere drogere periodes zullen op veel plekken ook de grondwaterstanden dalen. In 2050 kunnen bij een sterke klimaatverandering de grondwaterstanden op de hoge zandgronden dalen met 10 tot 50 centimeter, en dicht bij drinkwaterwinning en industrie dalen tot 1 meter. Die lage standen leiden tot allerlei problemen. Zo verdroogt de grondwaterafhankelijke natuur, zullen natuurbranden naar verwachting vaker en intenser voorkomen, komt de fundering van gebouwen vaker droog te liggen met verzakking en paalrot tot gevolg, en verdwijnt er archeologisch erfgoed voorgoed; zo komen bijvoorbeeld scheepswrakken droog te liggen waardoor ze niet meer geconserveerd blijven.

Bovendien is er ook bij een lage grondwaterstand minder water beschikbaar voor de drinkwatervoorziening en voor de landbouw. Boeren proberen de effecten van droogte te verminderen door – zolang dat is toegestaan – de akkers te beregenen met oppervlakte- of grondwater, maar de verwachting is dat tijdens droge perioden, die eens in de 10 jaar gaan voorkomen, de schade voor de landbouw oploopt tot tussen 100 miljoen en 1 miljard euro (hoofdstuk 16).

Gevolgen droogte voor verouderde gebouwen en infrastructuur

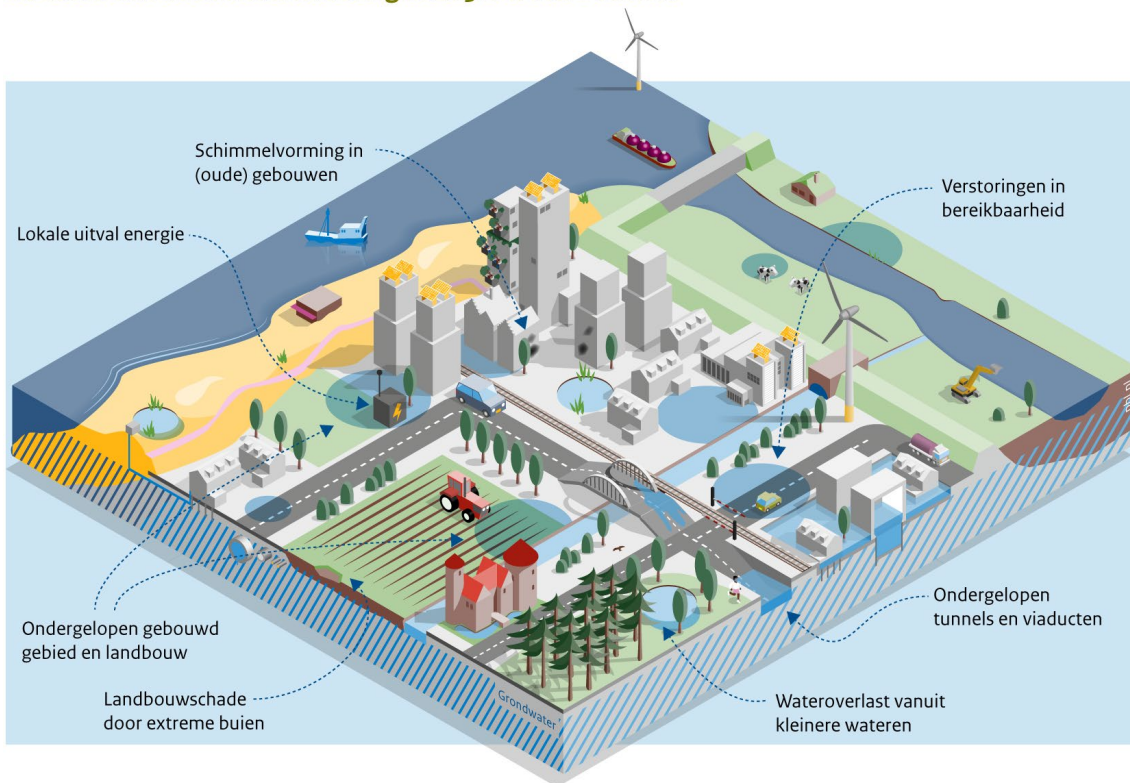
In de gebouwde omgeving, en met name in het westen van Nederland, hangen de gevolgen van droogte en hitte samen met bodemdaling en oudere infrastructuur en gebouwen. Droogte versterkt de daling van klei- en veenbodems, met schade aan funderingen, wegen en rioleringen tot gevolg (PBL 2024). Daarbij doen de grootste risico's voor funderingen zich voor bij woningen van voor 1970 met een fundering op staal. Ook gebouwen die zijn gefundeerd op houten heipalen

lopen gevaar. Als houten heipalen droog komen te staan gaan ze rotten en verliezen ze hun draagkracht.

Wateroverlast: risico's voor landbouw, infrastructuur en de gebouwde omgeving

Door meer en extreme neerslag neemt de kans op wateroverlast toe. Naar verwachting valt er in 2050 in de winter 4 tot 7 procent meer neerslag dan nu, en zijn er in de zomer vaker en intensere piekbuien (KNMI 2023). De kans op hoosbuien (25 millimeter regen of meer in een uur) neemt toe van eens per 5 jaar nu, naar eens per 2 jaar in 2100. Hierdoor kunnen akkers en wegen onder water lopen, gebouwen schade oplopen, en kan het dagelijks leven verstoord worden (zie figuur 5).

Figuur 5
Effecten van klimaatverandering in 2050: wateroverlast



Bron: PBL

Minder opbrengst en schade in de landbouw door te veel neerslag

De land- en tuinbouw in Nederland zijn gevoelig voor zowel lange natte periodes als voor piekbuien. Zo kunnen percelen en gewassen langere tijd onder water komen te staan, en kunnen piekbuien ervoor zorgen dat gewassen zoals granen platslaan. Dergelijke wateroverlast leidt voor boeren direct tot opbrengstverliezen, maar ook tot verlies van de bodemkwaliteit waardoor ze langduriger economische schade oplopen. Voor aardappeltelers kan wateroverlast bijvoorbeeld, zonder aanvullende maatregelen, in 2050 leiden tot 35 procent minder opbrengst (WUR 2026). Dergelijke verliezen hebben ook gevolgen voor consumenten, omdat het aanbod afneemt en de prijzen kunnen stijgen. In 2050 kan de economische schade door piekbuien en lange natte periodes variëren tussen de 100 miljoen en 1 miljard euro, met een frequentie van eens in de 1 tot 10 jaar (hoofdstuk 16). De relatie tussen oorzaak en gevolg kent wel veel onzekerheden.

Wateroverlast leidt tot schade aan huizen, infrastructuur, stroomuitval met mogelijk keteneffecten

Extremes neerslag kan zorgen voor wateroverlast. Hoewel heel Nederland te maken kan krijgen met extreme neerslag, zijn stedelijke gebieden in het westen extra kwetsbaar door minder mogelijkheden voor waterberging. De schadeposten kunnen oplopen tot honderden miljoenen euro's per gebeurtenis, zoals het geval was bij een extreme hagelbui in 2016 in Brabant en de overstroming in Limburg in 2021.

Wateroverlast verstoort ook het dagelijks leven: huishoudens, bedrijven en bijvoorbeeld ziekenhuizen ondervinden hinder en schade, en er ontstaan gezondheidsrisico's bij contact met vervuild water en door schimmelvorming in een latere fase.

Door extreme neerslag zullen wegen en met name tunnels vaker onderlopen. Mensen kunnen hierdoor hun bestemming niet of alleen via een omweg bereiken, en hetzelfde geldt voor hulpdiensten. Voor de spoorwegen is het grootste risico van wateroverlast dat het spoorweglichaam langdurig verzadigd raakt, met mogelijke verzakkingen tot gevolg. Ook kunnen tunnels onderlopen of kan er water in technische ruimtes lopen, waardoor signalerings- en beveiligingssystemen kunnen uitvallen. Treinen kunnen hierdoor vertragen en uitvallen. Zonder extra maatregelen zal de schade op het spoor hierdoor per gebeurtenis toenemen van 100 miljoen tot 1 miljard euro nu, naar meer dan 1 miljard euro richting 2050 (hoofdstuk 19). Die toename hangt niet alleen samen met klimaatverandering, maar ook met een intensiever gebruik van het spoor: een stijging van 43 tot 78 procent personenvervoer in 2050 (PBL 2025) en met een toename van het aantal verdiept liggende spoorwegen (Bles et al. 2026).

Extremes weersomstandigheden, zoals hevige neerslag en hittegolven, vormen ook een groeiende bedreiging voor de energie- en ICT-infrastructuur in Nederland. Hoewel de uitval vaak lokaal en van beperkte duur zal zijn, kunnen de keteneffecten grote invloed hebben op het dagelijks leven, door uitval van voorzieningen zoals betalingsverkeer of zorgverlening. Extreem neerslag vormt vooral een risico voor de elektriciteitsinfrastructuur, zoals onderstations en distributienetten. Door bevolkingsgroei en de toenemende elektrificatie van de samenleving, neemt de afhankelijkheid van een betrouwbare elektriciteitsvoorziening toe.

Overzicht van toekomstige klimaatrisico's voor Nederland

Als Nederland geen extra maatregelen neemt, nemen dus voor vrijwel alle sectoren de klimaatrisico's in 2050 toe. De meeste gevolgen zijn in 2050 groter en treden vaker op. Het gaat er dus zowel om dat de kans toeneemt dat er schade of overlast ontstaat door klimaatverandering, als dat de impact van zo'n klimaatrisico toeneemt (zie figuur 6).

Er zijn wel duidelijke verschillen tussen de sectoren en onderwerpen. De impact van klimaatverandering op het voorkomen van natuurbranden, en op de kwaliteit van natuur en water neemt toe van impactklasse 'midden' naar 'groot'. Dat betekent bijvoorbeeld dat de negatieve effecten op natuur en water op sommige plekken onomkeerbaar zijn, dus dat natuur en water niet meer vanzelf zullen herstellen. Voor landbouw, energie en de digitale infrastructuur blijft de impact richting 2050 in dezelfde klasse.

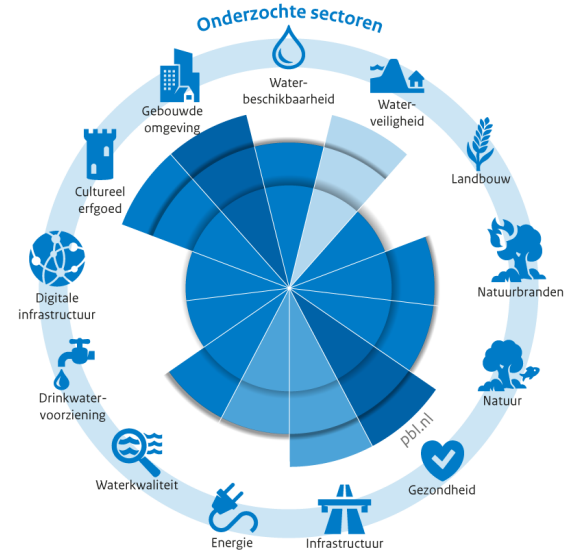
Een aantal sectoren scoort nu al een impact van klasse 'groot', en dat blijft zo in 2050. Dat geldt bijvoorbeeld voor overstromingen (waterveiligheid), gezondheid en infrastructuur. De kans dat een overstroming plaatsvindt vanuit zee of de grote rivieren en meren is heel klein. En dat blijft zo, als de nu al geplande extra beschermende maatregelen worden uitgevoerd (zie paragraaf waterveiligheid), volgens normen waarin het veranderende klimaat al wordt meegenomen. Maar het aantal

slachtoffers en euro's schade als het gebeurt – en dus de impact – blijft groot. Voor gezondheid gaat het om effecten van vooral hitte, die jaarlijks voorkomen en die in 2050 tot duizenden extra sterfgevallen kunnen leiden. Spoor, wegen en vaarwegen (infrastructuur) ondervinden gevolgen van extreem weer, waarbij de bij elkaar opgetelde schade en hinder door hitte, droogte en wateroverlast groot kan zijn.

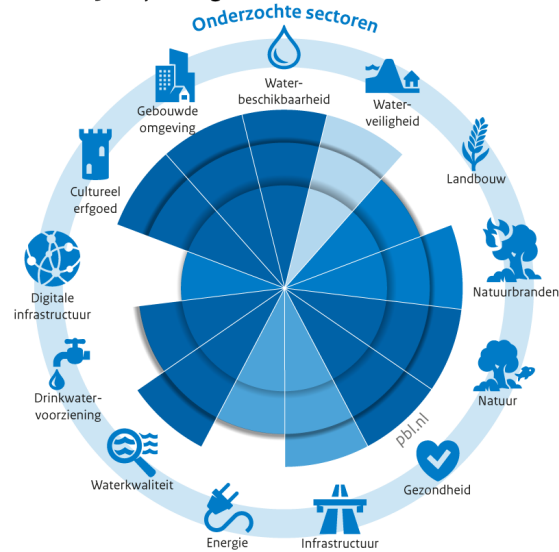
Voor droogte (waterbeschikbaarheid), natuur, en cultureel erfgoed neemt (ook) de kans dat risico's voorkomen toe, van eens per 1 tot 10 jaar naar jaarlijks in 2050.

Figuur 6
Klimaatrisico's per sector

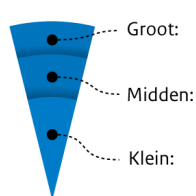
Risico nu



Risico 2050 bij huidige beleid



Impact



Economie

Meer dan 1 miljard euro
0,1 – 1 miljard euro
Minder dan 0,1 miljard euro

Mens

Meer dan 100.000 getroffen mensen, meer dan 100 ernstig gewonden/doden
10.000 – 100.000 getroffen mensen, 10 – 100 ernstig gewonden/doden
< 10.000 getroffen mensen, 0 – 10 ernstig gewonden/doden

Natuur en waterkwaliteit

Nationale en/of onomkeerbare schade
Regionale en/of moeilijk omkeerbare schade
Lokale en/of omkeerbare schade

Cultureel erfgoed

Nationale en/of onomkeerbare schade
Regionale en/of moeilijk omkeerbare schade
Lokale en/of omkeerbare schade

Waarschijnlijkheid



Bron: PBL

NB: In tabel 4.2 staat in meer detail aangegeven welke risico('s) per sector zijn meegenomen in dit overzicht, en in hoofdstuk 4 staat meer uitleg over de betekenis en invulling van figuur 6.

Maatregelen voor een toekomstig klimaatbestendig Nederland

Er zijn allerlei mogelijkheden voor klimaatadaptatie, afhankelijk van plaats, tijd en risico

Als Nederland ervoor kiest de samenleving beter te beschermen tegen de gevolgen van klimaatverandering, kan het tal van maatregelen nemen om de klimaatrisico's in te perken. Denk aan het

installeren van airco's en zonweringen, het verhogen van het waterpeil in meren en de aanleg van parken en bomenrijen.

Van elke maatregel is de effectiviteit afhankelijk van de plaats, de tijd en het risico dat verkleind moet worden. Om een voorbeeld te geven: een manier om een woonwijk klimaatadaptief te maken, is door er meer groen- en watervoorzieningen aan te leggen. Dit is het meest effectief in wijken die kwetsbaar zijn voor hitte, droogte en wateroverlast, bijvoorbeeld omdat ze lager liggen dan de omgeving, weinig groen en veel stenen hebben, of de inwoners weinig eigen middelen hebben om zichzelf te beschermen. Hierbij speelt een fundamentele keuze wie er in welke gevallen verantwoordelijk is voor klimaatadaptatie, en wie de maatregel moet nemen en financieren. Het koeler en schaduwrijk maken van een wijk door het planten van bomen en aanleggen van vijvers, is een gemeentelijke verantwoordelijkheid. Het verkoelen van een woning kan ook aan de bewoner worden overgelaten door aan hen zelf de keuze te laten voor een ventilator of airco, waarbij ook de kosten bij het individu worden neergelegd.

Twee mogelijke adaptatierichtingen: intensiveren en transformeren

De hierboven genoemde voorbeeldmaatregelen – aanschaffen van een airco en vergroenen van een wijk – zijn exemplarisch voor twee typen adaptatierichtingen: 'intensiveren' en 'transformeren'. Deze richtingen worden, in het beleid en ook door ons, gebruikt om de veelheid aan adaptatiemaatregelen te categoriseren en behapbaar te maken. Beide typen maatregelen zijn nodig om Nederland klimaatadaptatief te maken, maar hoe, waar en in welke verhouding vraagt om een zorgvuldige afweging.

Intensiveren: technische maatregelen en handhaven huidige activiteiten

Bij de eerste aanpak gaat het om het intensiveren van het huidige beleid en de huidige maatregelen (zie figuur 7). Hierbij worden vooral technische maatregelen genomen en vaak op lokale schaal, en die maatregelen zijn meestal gericht op een specifiek risico. De samenleving blijft hierbij zo veel mogelijk de activiteiten doen die ze nu doet en op de bestaande locaties. Oplossingen worden bijvoorbeeld gezocht in aanpassingen van dijken en pompen om steden en landbouwgrond droog te houden. In het landelijk gebied wordt druppelirrigatie toegepast in de landbouw om het waterverbruik te verminderen, en wordt water ingelaten uit andere gebieden om verdroging van natuur tegen te gaan. En in stedelijk gebied wordt hitte binnenshuis tegengegaan met de al genoemde airco's, en met zonneschermen en witte daken.

Transformeren: aanpassen aan natuurlijke omstandigheden en veranderend klimaat

Bij de tweede aanpak wordt Nederland meer aangepast aan de veranderende omstandigheden (zie ook figuur 8). Hierbij worden de omgeving en de samenleving getransformeerd en aangepast aan de natuurlijke situatie en het veranderende klimaat. Daardoor is de maatschappij beter bestand tegen verschillende, onzekere gevolgen van klimaatverandering. Dat kan bijvoorbeeld door meer ruimte te maken om water vast te houden en te bergen, zoals het aanleggen van overstromingsvlaktes, of het weer laten meanderen van rivieren en beken. Hierdoor kunnen overstromingen en wateroverlast beter worden opgevangen. Een ander voorbeeld is het aanleggen van meer waterpartijen en groenvoorzieningen (bomen en planten) in steden, wat helpt om hitte tegen te gaan, en ook helpt tegen wateroverlast en droogte. Andere ruimtelijke keuzes spelen in deze aanpak een belangrijke rol: op plekken waar overstromingen of wateroverlast kunnen worden verwacht wordt niet of aangepast gebouwd, en gewassen die veel water vragen worden verbouwd op plekken waar dat water al van nature beschikbaar is.

Figuur 7

Intensiveren: voorbeelden van maatregelen



Bron: PBL

Omgeving en samenleving bij intensiveren en transformeren

Verschillende resultaten door verschillende typen maatregelen

Beide adaptatierichtingen die hierboven zijn beschreven leveren een Nederland op dat beter bestand is tegen klimaatverandering. Maar ze gaan ook gepaard met uiteenlopende waarden en uitkomsten. Zo leiden ze tot een andere inrichting van stad en land, andere activiteiten op andere locaties, en een andere verdeling van verantwoordelijkheden en kosten (zie figuur 7 en 8). Bijvoorbeeld: zowel het aanschaffen van airco's als het grootschalig aanleggen van groen en water in de stad zorgen ervoor dat mensen minder last hebben van hitte, maar meer bomen en planten in de straat zien er anders uit dan meer airco's aan de gevel. En de groenvoorziening wordt geregeld en betaald door de gemeente en komt ten goede aan iedereen in de buurt, terwijl een airco wordt betaald door een individuele burger waarbij alleen de betreffende bewoners profiteren.

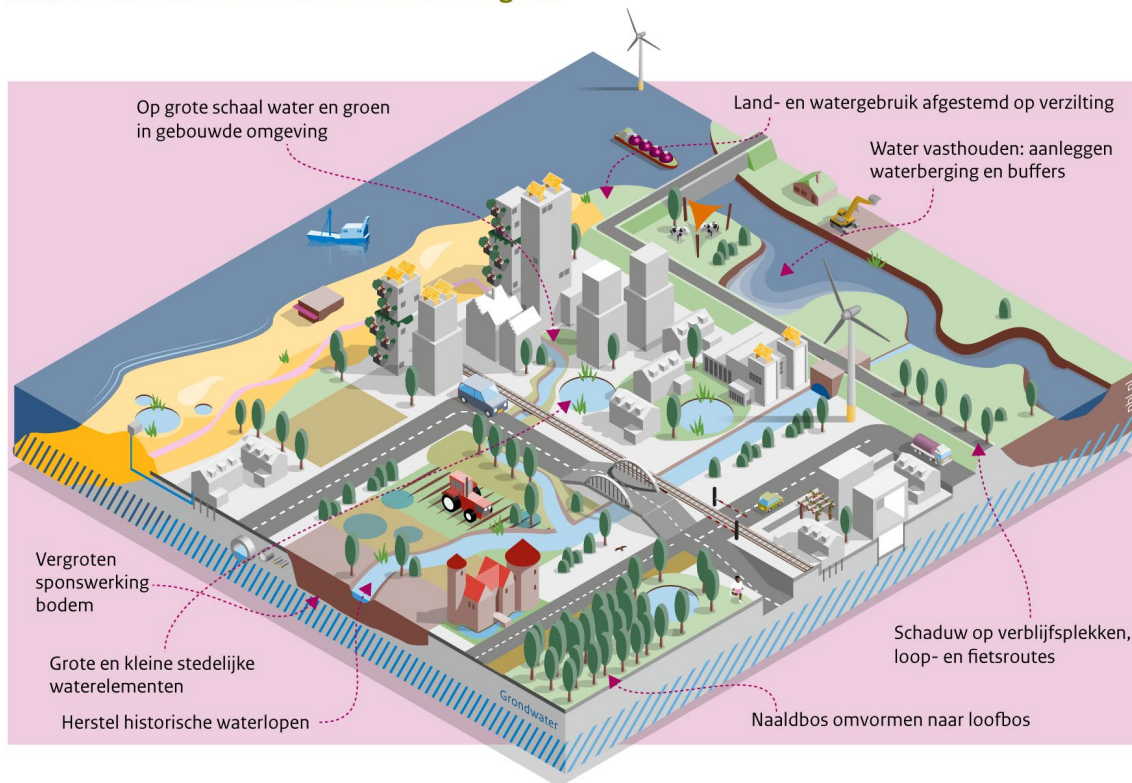
Burgers hebben een voorkeur voor transformeren

In ons onderzoek hebben we de inwoners van Nederland ook voorgelegd wat beide adaptatierichtingen globaal inhouden en hen gevraagd hoe zij hier tegenaan kijken. Beide richtingen lijken te kunnen rekenen op een zekere mate van maatschappelijk draagvlak, waarbij er een voorkeur bestaat voor een transformatieve aanpak boven intensiveren. De reden lijkt te zijn dat men transformeren als een meer structurele oplossing ziet voor de lange termijn. Tegelijkertijd blijkt dat er vaak winst wordt gezien in combinaties tussen beide richtingen en wordt aangegeven dat er oog moet zijn voor de lokale context en mogelijke neveneffecten van maatregelen.

Hieronder illustreren we de verschillen tussen intensiveren en transformeren aan de hand van een woonwijk en een landschap.

Figuur 8

Transformeren: voorbeelden van maatregelen



Bron: PBL

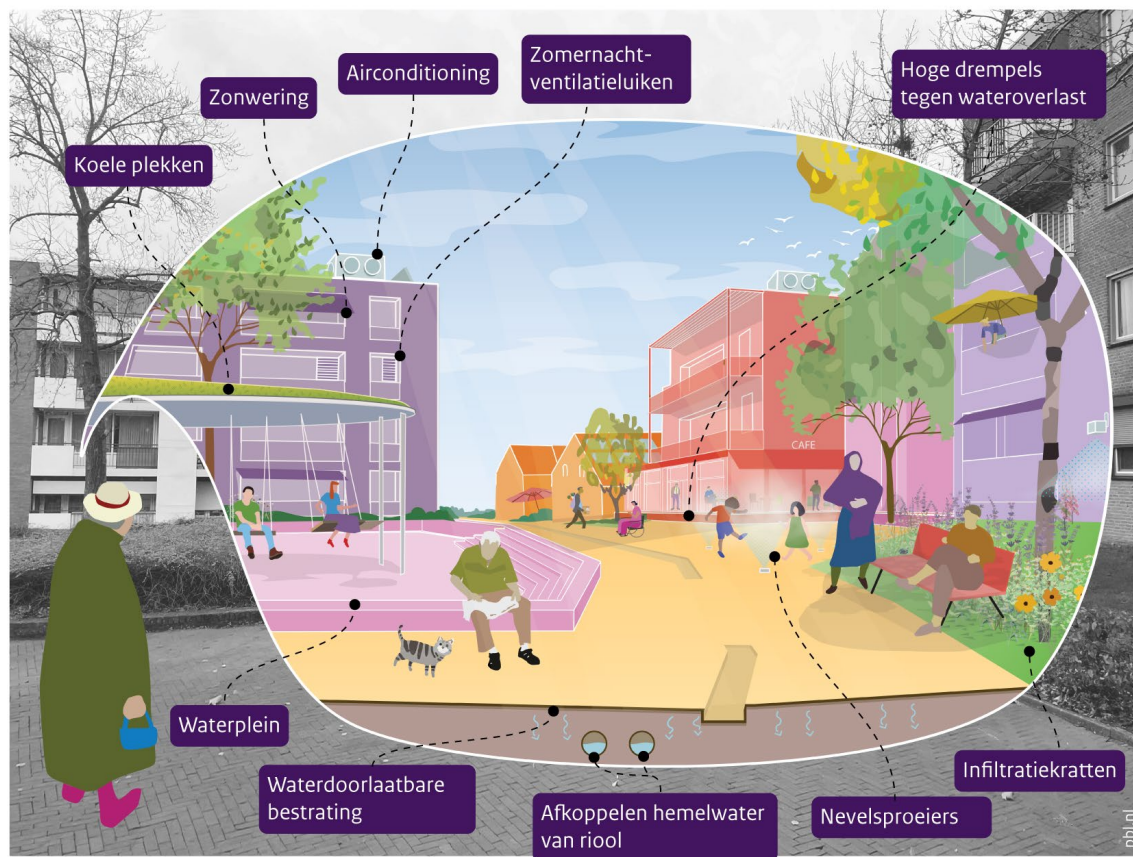
Een woonwijk in de stad: technische oplossingen of grootschalige andere inrichting

In menig woonwijk in Nederland staan appartementencomplexen zoals die in figuur 9a. De bewoners van dit soort wijken krijgen vaker te maken met de vele gevolgen van klimaatverandering. In hete en droge zomers wordt het te warm in veel appartementen: bijna 10 miljoen Nederlanders wonen in een huis met een hoog risico op oververhitting (Investico 2024). Door de toenemende droogte wordt het groen in de wijk aangetast, waardoor de buitentemperatuur nog meer oploopt. Bij harde regen lopen straten en pleinen vol, waardoor transformatorhuisjes kunnen onderlopen, met het risico dat stroom en internet uitvallen.

Bij een intensiverende aanpak zal in een dergelijke wijk het aantal airco's en zonneschermen toenemen, en zullen er over de straten zonnedoeken worden gespannen, om te zorgen voor verkoeling en schaduw. Het zal vooral de verantwoordelijkheid zijn van individuele bewoners om dit te regelen en te betalen. Het aanwezige (openbaar) groen krijgt van de gemeente extra water om de negatieve gevolgen van droogte tegen te gaan, hoewel dat wel weer meer vraagt van het toch al schaarse water. Om wateroverlast tegen te gaan kan de gemeente extra afvoergoten aanleggen of waterpleinen maken: pleinen die zo zijn ingericht dat ze bij hevige regen water kunnen opvangen.

Figuur 9a

Intensiveren: Maatregelen in de gebouwde omgeving



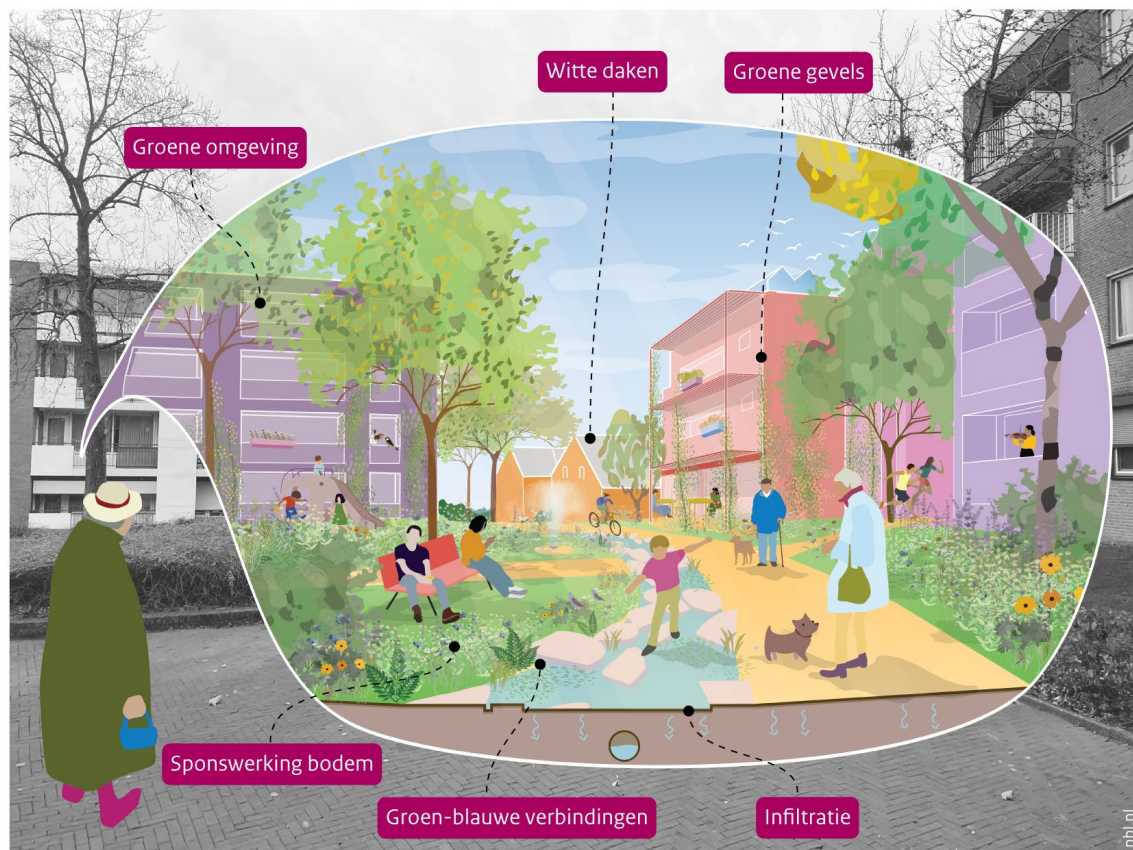
Bron: PBL

Beeld ontwikkeld door PosadMaxwan in opdracht van PBL

Als gekozen wordt voor een meer transformatieve insteek, worden er op grotere schaal aanpassingen gedaan aan de inrichting van de woonwijk (figuur 9b). Zo worden er meer bomen en planten en natuurlijke waterpartijen aangelegd. ‘Groen en blauw’ zorgen voor een lagere buitentemperatuur en meer schaduw om onder te ‘schuilen’ tijdens hittegolven. Nieuwe waterlopen kunnen ervoor zorgen dat water opgevangen wordt als het hard regent, terwijl in diezelfde waterlopen het water bewaard kan worden voor drogere perioden.

Figuur 9b

Transformeren: Maatregelen in de gebouwde omgeving



Bron: PBL

Beeld ontwikkeld door PosadMaxwan in opdracht van PBL

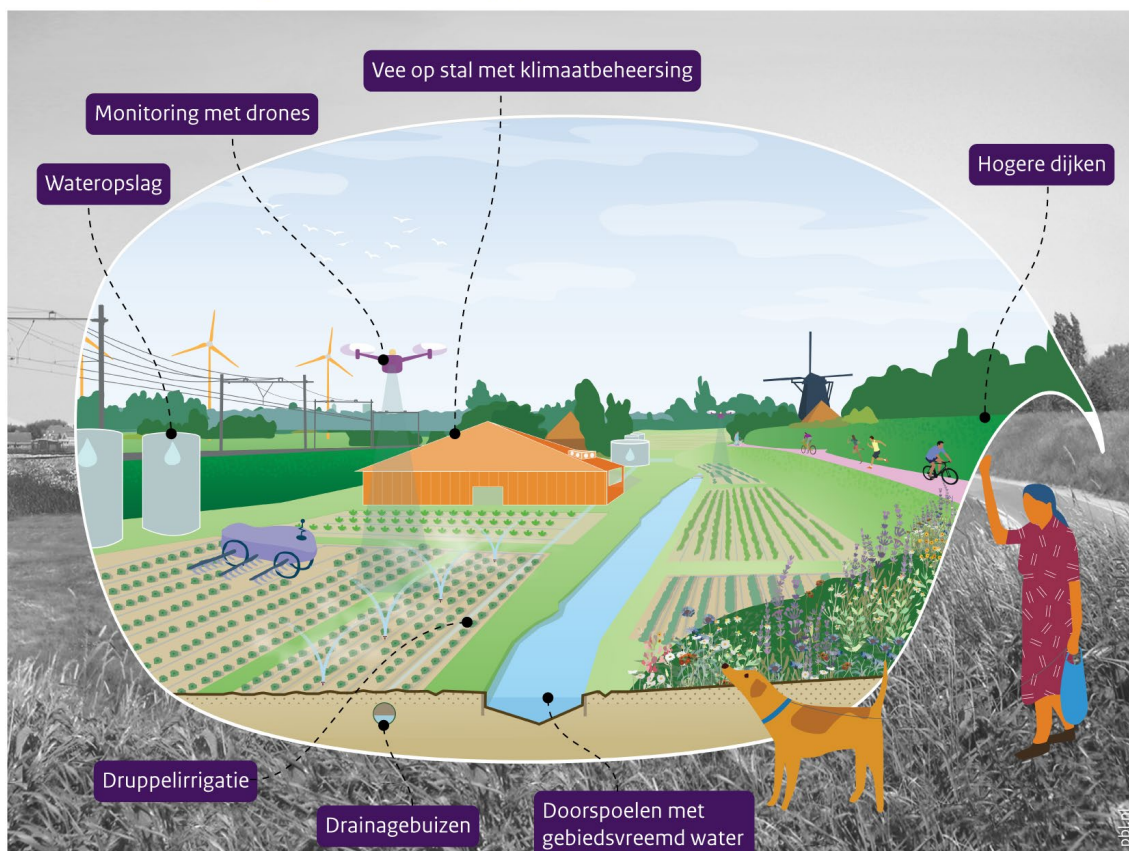
Landelijk gebied: technische oplossingen of activiteiten aanpassen aan de omgeving

Een typisch Nederlands landschap met een weiland, sloot, een dijk en in de verte een ouderwetse molen. Een dergelijk landschap krijgt in de toekomst meer te lijden van klimaatverandering. Door hitte en droogte verslechtert de natuur. Veel natuur heeft nu al last van verdroging, en dat neemt in de toekomst alleen maar toe. Ook de landbouw krijgt te maken met de gevolgen van klimaatverandering: perioden met droogte of juist met extreme neerslag leiden tot minder opbrengst van gewassen en daarmee tot schade voor boeren, en ook voor consumenten die te maken krijgen met hogere prijzen. Vee heeft last van hittegolven, met gevolgen voor het welzijn van de dieren, en wat zal leiden tot een lagere productie van melk en vlees.

Bij een intensiverende aanpak wordt de meest waardevolle verdroogde natuur met technische maatregelen geholpen (zie figuur 10a). Er wordt bijvoorbeeld water uit andere gebieden aangevoerd en zo nodig eerst gezuiverd. Of natuurgebieden krijgen rondom een bufferzone, waarbinnen het waterpeil kunstmatig hoog wordt gehouden. In de landbouw wordt het watergebruik vermindert door de inzet van druppelirrigatie of andere meer gerichte vormen van beregening, en in kunstmatige bekkens en tanks wordt water opgeslagen om te kunnen gebruiken in droge perioden. Vee wordt tijdens hitte op stal gehouden, waarbij de stal met bijvoorbeeld airco's koel wordt gehouden.

Figuur 10a

Intensiveren: Maatregelen in het landelijk gebied



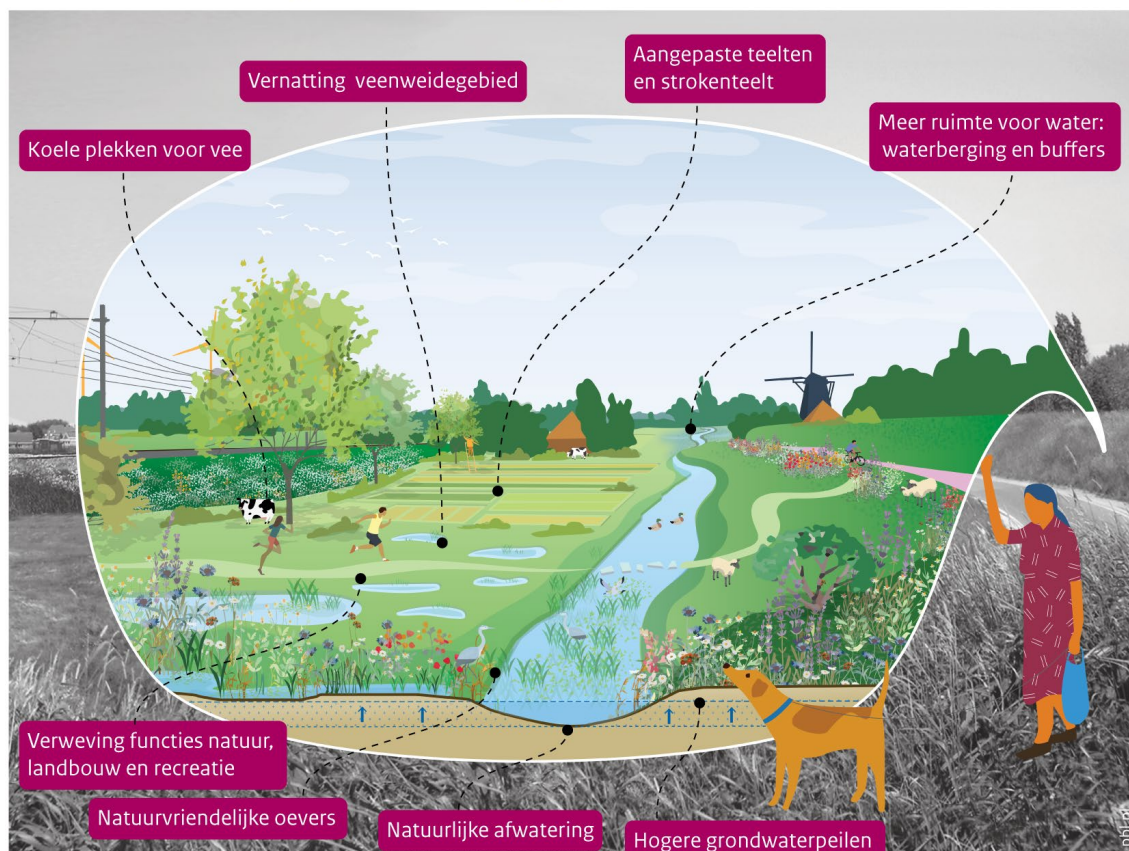
Bron: PBL

Beeld ontwikkeld door PosadMaxwan in opdracht van PBL

Bij transformeren wordt het oppervlak aan natuur uitgebreid, waardoor de natuur robuuster en minder kwetsbaar wordt (figuur 10b). Ook de inrichting en het beheer van natuurgebieden wordt aangepast, waarbij wateren weer meanderen, met natuurvriendelijke oevers, en beken meer natuurlijke schaduw krijgen door bomen en struiken. Rond natuurgebieden wordt het grondwaterpeil verhoogd, waarbij de landbouw in de omgeving zich aanpast door andere gewassen te telen. Ook in andere gebieden past de landbouw zich aan klimaatverandering aan, door bijvoorbeeld gewassen te gaan telen die beter bestand zijn tegen droogte of verzilting, of met andere vormen van landbouw, zoals stroteelt. Stroteelt zorgt voor variatie in gewassen, waardoor de bodem gezonder wordt en de planten minder vatbaar voor ziektes.

Figuur 10b

Transformeren: Maatregelen in het landelijk gebied



Bron: PBL

Beeld ontwikkeld door PosadMaxwan in opdracht van PBL

Effecten van maatregelen op de toekomstige klimaatrisico's

Hitte: verkleinen van risico's voor gezondheid en dagelijks leven

Gezondheid: intensiveren positief voor korte termijn, transformeren nodig voor de langere termijn

Op korte termijn is een positief gezondheidseffect mogelijk met technische maatregelen (*intensiveren*) aan gebouwen en leefomgeving (zonneschermen, airconditioning), waarschuwingssystemen voor gedragsaanpassingen, en het versterken van de zorg. Voor dit laatste is meer zorgpersoneel nodig, maar de verwachting is dat er in 2034 in de zorg een tekort is van 266.000 medewerkers. Wel kunnen technologische ontwikkelingen in de zorg, zoals snellere methoden om ziektes vast te stellen en verbeterde medicijnen en behandelingen, bijdragen aan het verkleinen van gezondheidseffecten.

Een andere insteek (*transformeren*) kan meer winst voor gezondheid opleveren op de langere termijn. Dit betekent dat de overheid er goed aan doet om te kiezen voor meer structurele aanpassingen, waarbij het leven en de omgeving van alledag meer worden aangepast aan de te verwachten klimaatverandering. Dat betekent bijvoorbeeld dat gemeenten meer 'groen en blauw' (bomen,

planten en water) gaan aanleggen in de leefomgeving, waardoor er tijdens hitte meer schaduw en verkoeling beschikbaar is en de temperatuur lager uitpakt. Hier ligt dus een rol voor overheden bij de inrichting van steden en buurten, maar ook voor particulieren die hun tuin zo groen mogelijk kunnen gaan inrichten. Groen is daarbij ook goed voor de mentale gezondheid.

Minder gevolgen voor het dagelijks leven door technische, ruimtelijke en gedragsaanpassingen

Door een mix van bovenstaande aanpassingen nemen klachten die ontstaan door aanhoudende hitte af, zoals vermoeidheid en slapeloosheid en verminderde arbeidsproductiviteit. Ook de mogelijke gevolgen voor de geestelijke gezondheid, zoals stress en somberheid tijdens periodes van extreme warmte of langdurige verstoringen, zijn minder.

Het beschermen van immaterieel erfgoed tegen hitte is met technische maatregelen lastig: een groot buitenevenement zoals de vierdaagse van Nijmegen kan niet met gerichte technische maatregelen worden beschermd tegen hitte. Het is wel mogelijk om met aanpassingen in gedrag, zoals het verplaatsen van het evenement naar een koelere periode, of het inkorten van de route, de gevolgen te beperken. Een groene omgeving kan ook helpen om de hitte te beperken bij buitenactiviteiten die als immaterieel erfgoed worden gezien, maar bij extreme temperaturen zal dat niet voldoende zijn.

De gevolgen van hittegolven voor het wegen- en spoornet kunnen vooral worden beperkt met technische maatregelen, zoals het gebruik van materialen die beter tegen hitte kunnen. Reizigers kunnen verstoringen op de weg of het spoor vermijden door hun reis uit te stellen of thuis te werken.

Minder hittestress bij vee door maatregelen binnen en buiten

Voor het beperken van mogelijke schade en aantasting van het welzijn door hitte-stress bij vee zijn technische maatregelen iets effectiever dan ruimtelijke transformerende maatregelen. Bij technische maatregelen kan gedacht worden aan nauwkeurige actieve klimaatbeheersing in stallen, bij ruimtelijke maatregelen aan het creëren van schaduw in de buitenruimte. En ook management kan inspelen op hittebeperking, zoals aanpassing van weidegang (ook zomers meer vee op stal) en begrazingspatronen. Bij beide richtingen blijven er opbrengstverliezen en gevolgen voor het dierenwelzijn.

Droogte: verkleinen van risico's voor drinkwater, natuur, landbouw, erfgoed en meer

Intensiveren: veel maatregelen mogelijk, maar tekorten aan oppervlaktewater blijven

Het aanbod en de kwaliteit van het oppervlaktewater is cruciaal voor de drinkwatervoorziening, landbouw en natuur. Om de beschikbaarheid van oppervlaktewater te vergroten, wordt bij intensiveren eerst ingezet op meer water inlaten vanuit het hoofdwatersysteem (de grote rivieren, kanalen en meren). Door meer peilfluctuatie toe te staan in het IJsselmeer en het Markermeer kan een grote waterbuffer worden opgebouwd die gebruikt kan worden in droge perioden, bijvoorbeeld voor drinkwater. Om de toenemende verzilting tegen te gaan, is extra water nodig uit het oppervlaktewater, maar dit kan maar deels worden geleverd door het hoofdwatersysteem.

Met technische maatregelen kan de watervraag van de landbouw, industrie en het drinkwater worden teruggedrongen, zij het beperkt. Denk aan druppelirrigatie in de landbouw en het inzetten van geavanceerdere zuiveringstechnieken voor drinkwater. Voor de scheepvaart worden waterstanden

actief beheerd via baggeren, sluizenbeheer en een andere waterverdeling. Desondanks zullen er, door vaker voorkomende en intensere perioden van droogte, zoetwatertekorten blijven in zowel West- als Noord-Nederland. De scheepvaart krijgt met steeds meer vaarbepkeringen en vaarkosten te maken en ook natuur zal bij deze aanpak blijvend last houden van te weinig water.

Door verdergaande klimaatverandering komt na 2050 de noodzaak voor meer drastische maatregelen sneller dichterbij, zoals verdere aanpassingen in het landgebruik, of verdere vergroting van de waterbuffer in het IJsselmeer en Markermeer.

Intensiveren: vooral lokale effecten op grondwaterstanden door technische maatregelen

Om het tekort aan grondwater aan te pakken en de daling van grondwaterstanden te beperken, wordt bij intensiveren ingezet op technische maatregelen, zoals het creëren van waterbuffers, inlaten van water vanuit andere gebieden en kunstmatige infiltratie. De landbouw blijft grootschalig, maar neemt maatregelen zoals het telen van genetisch gemodificeerde gewassen die beter tegen droogte kunnen, en druppelirrigatie om gericht te beregenen. De verwachte toename van de drinkwatervraag wordt opgevangen door nieuwe grondwaterlocaties en meer rivierwinningen. Verdroging van natuurgebieden wordt verminderd door kunstmatige infiltratie van oppervlaktewater. Dit soort maatregelen zal vooral lokaal effectief zijn, maar niet leiden tot een structurele vermindering van de achteruitgang door klimaatverandering van grondwaterafhankelijke natuur.

Transformeren: afname van de vraag naar oppervlaktewater beperkt tot 2050 de tekorten

Bij de adaptatierichting transformeren wordt in laag-Nederland eerst ingezet op het beperken van de vraag naar oppervlaktewater. Het verzilten van het water wordt geaccepteerd en het land- en watergebruik wordt daarop afgestemd. Zo past de landbouw zich aan door het telen van andere typen gewassen, zoals zeekeel of zouttolerante varianten van aardappelen, wortels, uien en koolsoorten.

Om de Randstad te beschermen wordt gekozen voor grote systeemoplossingen en wordt toegewerkt naar het afsluiten van de Nieuwe Waterweg, waarbij de open verbinding met de zee wordt verplaatst naar het Haringvliet. Zo'n afsluiting biedt meer bescherming tegen overstromingen vanuit de zee, vermindert verzilting omdat zeewater minder het land binnendringt, terwijl het water dat niet naar zee stroomt gebruikt kan worden voor bijvoorbeeld doorspoelen van polders om verzilting tegen te gaan, of beregening in de landbouw. Dit is een maatregel die ook wordt overwogen in de oplossingsrichtingen van het Deltaprogramma, maar wel grote aanpassingen vraagt. Er zijn dan grote pompinstallaties nodig om het water van de Rijn en Maas weg te kunnen pompen, en er is meer ruimte nodig voor dijken. De natuur in de estuaria zal veranderen, en de open verbinding naar de haven van Rotterdam verdwijnt, met grote gevolgen voor de scheepvaart. Hiermee zijn naar verwachting tot 2050 de watertekorten in grote delen van West- en Noord-Nederland beperkt en biedt het een voldoende oplossing om het uitgangspunt van het Deltaprogramma te halen: watertekorten beperken tot eens in de 20 jaar. Na 2050 zullen door verdergaande klimaatverandering de tekorten weer toenemen en zullen extra maatregelen en keuzes nodig zijn.

Transformeren: minder daling van grondwaterstanden door vermindering watergebruik en herstel natuur

Bij de adaptatierichting transformeren wordt het gebruik van grondwater sterk verminderd. Maatregelen om drinkwater te besparen worden verplicht, en er vindt een verschuiving plaats van een deel van de akkerbouw naar de kleigronden in laag-Nederland, waar meer water beschikbaar is. Dit gaat ten koste van nu aanwezig grasland en veeteelt.

Grootschalige wateraanvoer voor de landbouw stopt, en de landbouw past zich meer aan de natuurlijke beschikbaarheid van grondwater aan. Voor agrarisch ondernemers kan dit een aanpassing betekenen van hun verdienmodel, met een tegemoetkoming voor het leveren van maatschappelijke en groene diensten, zoals natuurbeheer, landschapsherstel, CO₂-vastlegging, waterbeheer en andere ecosysteemdiensten (PBL 2023).

Grote delen van hoog-Nederland worden ingericht voor het herstellen van natuur en hydrologische processen, door onder andere natuurlijke infiltratie en beekherstel. Er worden bufferzones ingesteld rondom natte natuur en beekdalen, waar de grondwaterstanden worden verhoogd. Met al deze maatregelen kan de daling van de grondwaterstanden sterk worden verminderd. Het aandeel plant- en diersoorten dat daarmee duurzaam beschermd wordt, neemt in 2050 toe met 5 tot 10 procentpunten ten opzichte van de huidige situatie. Bij sterke klimaatverandering zal dit aandeel na 2050 echter weer afnemen. De schade die de landbouw oploopt door droogte neemt bij deze transformatieve aanpak in 2050 af tot minder dan 100 miljoen euro, bij een droogte van eens in de 10 jaar. Zonder deze maatregelen betreft de schade meer dan 100 miljoen.

Gebruik van grondwater vraagt om nieuwe afweging van belangen

Het op grote schaal terugbrengen van de vraag naar water door huishoudens, landbouw en industrie, is een fundamentele aanpak van het tekort aan grondwater. Dit vraagt om ingrijpende maatregelen in de landbouw, zoals verhoging van grondwaterstanden en beperking van gebruik van grondwater voor beregening. Ook voor de drinkwatervoorziening heeft dit gevolgen, in de vorm van het verminderen van grondwaterwinningen. Om dit te doen slagen, zijn ingrepen nodig die door de overheid actief worden gestuurd en vragen om een (nieuwe) afweging: welke belangen krijgen voorrang bij de waterverdeling in hoog-Nederland. Krijgen de landbouw en de industrie water ten koste van de kwaliteit van de natuur en de bescherming van archeologisch erfgoed? Of wordt het natuurlijk watersysteem sturend, waardoor landbouw en drinkwaterwinningen moeten verplaatsen of zich moeten aanpassen aan de nieuwe omstandigheden?

Wateroverlast: verkleinen van risico's voor landbouw, infrastructuur en de gebouwde omgeving

Intensiveren: techniek kan de impact van wateroverlast deels verminderen, maar cascade-risico's blijven

In gebouwd gebied wordt bij intensiveren wateroverlast tegengegaan door de capaciteit van de rio- lering te vergroten en door extra waterberging, zoals ondergrondse tanks, aan te leggen. Wegen worden beschermd door het verbeteren van afwateringssystemen, en voor het spoor worden rails, taluds en drainage aangepast. Deze aanpak is effectief om bij regelmatige, intense buien de directe gevolgen van wateroverlast te beperken. Bij meer zeldzame, zeer extreme neerslag blijft het risico op wateroverlast en schade bestaan. En ook cascaderisico's, waarbij bijvoorbeeld door wateroverlast de stroom en communicatiesystemen kunnen uitvallen, blijven een bron van kwetsbaarheid.

Voor de landbouw is bij intensiveren het zo snel mogelijk afvoeren van overtollig water een preventieve maatregel om het risico van wateroverlast te beperken. Drainage kan verbeterd worden door drainagebuizen beter te onderhouden, te vernieuwen of te intensiveren door de afstand tussen de buizen te verkleinen. Hierdoor neemt het risico op wateroverlast af, maar worden wel de mogelijkheden om water langer vast te houden beperkt.

Transformeren: minder risico's door aanpassing bedrijfsvoering landbouw, ruimtelijke aanpassingen en meer ruimte voor water

In de gebouwde omgeving wordt bij transformeren ingezet op het creëren van meer groen en blauw en minder verhard oppervlak, waarbij water wordt vastgehouden en geïnfiltreerd in plaats van het snel af te voeren. Deze maatregelen dragen ook bij aan een aangename leefomgeving met meer groen en biodiversiteit. Nieuwbouwprojecten en bijbehorende (energie-)infrastructuur worden bij voorkeur gepland op locaties met een lager risico op wateroverlast.

De gevoeligheid van de landbouw voor extreme neerslag en lange natte perioden zal afnemen door het zogenoemde bouwplan te verruimen. Er worden dan afwisselend verschillende gewassen verbouwd, waarvan sommige gewassen beter tegen te veel water of juist tegen droogte kunnen. Hierdoor wordt het risico gespreid en zal bij extreem weer niet de volledige oogst mislukken. Ook worden in elk gebied gewassen geteeld die meer zijn afgestemd op de omstandigheden en de te verwachten klimaatrisico's. Zo kunnen in gebieden met een grote kans op wateroverlast nieuwe, robuustere gewassen geïntroduceerd worden die beter bestand zijn tegen veel water. Tot slot krijgt water in het landelijk gebied meer de ruimte, waardoor extreme of langdurige buien beter kunnen worden opgevangen.

Overzicht maatregелеffecten op de toekomstige klimaatrisico's

Beide adaptatierichtingen resulteren in vermindering van klimaatrisico's, maar substantiële vermindering vooral bij transformeren

Bij beide adaptatierichtingen, zowel intensiveren als transformeren, zijn er risico's die afnemen, vergeleken met een voortzetting van het huidige beleid (zie figuur 11). Dat geldt bijvoorbeeld voor risico's rond droogte (waterbeschikbaarheid), en voor natuurbranden. De intensiveren-aanpak levert wel minder op dan transformeren. Voor een aantal onderwerpen, zoals de risico's rond droogte, voor gezondheid en voor natuur en waterkwaliteit is intensiveren onvoldoende om tot een echte verbetering te komen, en zijn transformatieve maatregelen nodig. Daarbij geldt wel de kanttekening dat de maatregelen in transformeren over het algemeen grootschaliger zijn dan in intensiveren, daardoor vaak meer tijd en geld kosten, en soms ook ingrijpen in het dagelijks leven van mensen. (Zie hoofdstuk 5 voor verdere uitleg over de betekenis en invulling van figuur 11).

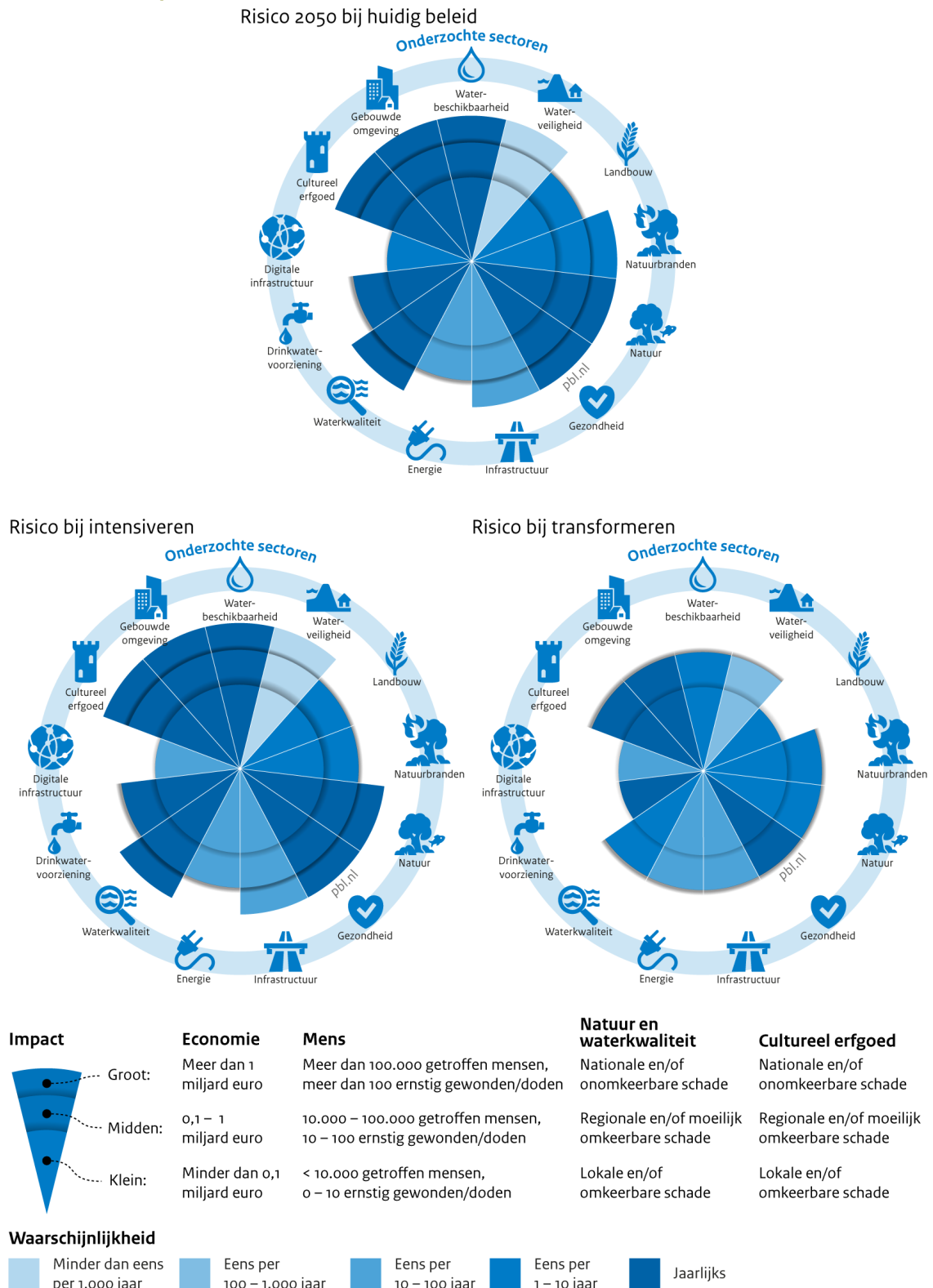
Voor- en nadelen van de adaptatierichtingen

Klimaatadaptatie kent dus vele vormen. Welke maatregel of aanpak geschikt is, is afhankelijk van de plaats, de tijd en het probleem dat moet worden opgelost of ingeperkt. Elke maatregel heeft voor- en nadelen, maar is ook afhankelijk van de keuzes die op andere plekken en op andere momenten zijn of worden gemaakt. Het denken in twee adaptatierichtingen, zoals we hebben gedaan in dit onderzoek, kan helpen om onderbouwde keuzes voor klimaatadaptatie te maken.

Intensiveren: snel en effectief maar vergroot verschillen en vraagt steeds nieuwe aanpassingen

Het voordeel van de intensiveren-aanpak is dat technische maatregelen vaak (relatief) snel kunnen worden genomen, en effectief gericht zijn op het verminderen van specifieke problemen door klimaatverandering. Dit type maatregelen past ook goed bij de huidige wetten en regels, en is daardoor makkelijker te realiseren. De nadruk ligt op individuele verantwoordelijkheid en zelfredzaamheid: mensen en bedrijven moeten overwegend zelf hun eigen aanpassing aan klimaatverandering regelen en betalen.

Figuur 11
Klimaatrisico's per sector



Een nadeel is dat niet iedereen het geld en de mogelijkheden heeft om aanpassingen te doen aan de woning of omgeving. Zo heeft niet iedereen geld om een airco aan te schaffen en zijn mensen in een huurwoning hiervoor afhankelijk van een huurbaas. De verschillen tussen de mate waarin

mensen getroffen worden door klimaatverandering zijn nu al zichtbaar (PBL 2024), en zullen zonder extra aandacht met een intensiverende aanpak groter worden.

Een ander nadeel is dat bij verdergaande klimaatverandering steeds weer nieuwe aanpassingen nodig zullen zijn, waarbij het niet zeker is of dit op de langere termijn voldoende is. Met intensiveren kunnen veel fysieke risico's direct worden aangepakt, maar blijven veel keten- en afhankelijkheidsrisico's bestaan, zoals het uitvallen van vitale voorzieningen zoals energie, internet of openbaar vervoer, bij hitte of wateroverlast.

Transformeren: meerdere en robuustere effecten, maar ingrijpender en meer gericht op langere termijn

Het voordeel van transformatieve maatregelen is dat deze vaak meerdere positieve (bij)effecten kunnen hebben: meer 'groen en blauw' werkt niet alleen tegen hitte, maar ook voor behoud of verbetering van de biodiversiteit. Het zorgt ook voor een prettigere leefomgeving, waarin mensen meer naar buiten gaan en elkaar ontmoeten. Dat bevordert de 'sociale cohesie', waardoor mensen tijdens extreme omstandigheden meer op elkaar zullen letten. Het nodigt ook uit tot bewegen en is daarmee goed voor de gezondheid.

Bij deze maatregelen is er meer sprake van 'samenredzaamheid' en collectieve oplossingen, waardoor iedereen ervan profiteert, onafhankelijk van wat de individuele mogelijkheden zijn van inwoners of bedrijven om zich aan te passen.

Het nadeel is dat de ruimtelijk ingestoken aanpassingen in deze adaptatierichting ingewikkelder zijn omdat ze meerdere sectoren en activiteiten raken, en daardoor meer tijd kosten om goed af te stemmen en uit te voeren. Ook duurt het vaak langer voordat ze effect hebben. Het kost bijvoorbeeld tijd voordat bomen voldoende schaduw geven. Ook zijn de aanpassingen vaak grootschaliger en ingrijpender, en vragen meer verandering van de maatschappij. Een ander nadeel kan zijn dat maatregelen die meer ruimte vragen, zoals meer groen in blauw in de gebouwde omgeving, op gespannen voet staan met het creëren van extra woonruimte.

Deze aanpak is meer gericht op het creëren van veerkracht, voor natuur, water, stad en de samenleving. Daarmee kan een breder palet aan klimaatdreigingen worden opgevangen. Dat biedt op de lange termijn meer zekerheid dan maatregelen die gericht zijn op het beperken van specifieke klimaatrisico's op specifieke locaties.

Voor de meeste opgaven is een mix van verschillende oplossingen nodig

Voor het beperken van de meeste klimaatrisico's lijkt het nodig om in te zetten op een mix van intensiveren en transformeren. Dat geldt bijvoorbeeld voor waterveiligheid, waterbeschikbaarheid en natuurbranden. Zo zullen voor bescherming tegen overstromingen altijd technische maatregelen nodig zijn, zoals het verhogen van dijken, maar helpt het ook om rivieren meer natuurlijk te maken, waardoor er meer ruimte is om grotere hoeveelheden water op te vangen. En voor gezondheid is het nodig om voor de langere termijn in te zetten op transformeren, zodat onder meer een gezondere leefomgeving en grotere weerbaarheid ervoor zorgen dat de negatieve effecten van klimaatverandering beperkt blijven. Omdat de resultaten van dit soort maatregelen pas op termijn merkbaar worden, is het van belang om voor gezondheid op korte termijn ook intensiverende maatregelen te nemen, zoals aanpassingen aan woningen die voor verkoeling zorgen.

Ook voor de drinkwatervoorziening is een mix aan maatregelen effectief. Denk aan drinkwaterbesparende maatregelen en maatregelen om de natuur en daarmee de waterkwaliteit te verbeteren (transformeren). En van de intensiveren-aanpak aan het uitbreiden van bronnen en verbeteren van de zuivering. In de landbouw kunnen intensiverende maatregelen bijdragen aan het verminderen

van de gevolgen van klimaatverandering voor de akkerbouw, zoals het telen van genetisch gemodificeerde gewassen die beter tegen droogte kunnen. Maar voor een effectievere vermindering van de risico's, en voor risicospreiding, zijn ook transformatieve maatregelen nodig, zoals het verplaatsen van teelten naar plekken die daarvoor beter geschikt zijn.

Voor cultureel erfgoed kunnen technische maatregelen helpen, zoals een damwand plaatsen rond waardevolle archeologische resten om deze nat te houden en zo te bewaren, maar deze maatregelen zijn duur. Transformeren kan effectief zijn als bij ruimtelijke maatregelen historische kennis wordt gebruikt van water-, bodem- en klimaatsystemen. Herstel van oude waterlopen, bijvoorbeeld, bevordert niet alleen de opvang van overtollig water en gaat watertekorten tijdens droge perioden tegen, maar vergroot ook de kwaliteit van cultuurlandschappen.

Voor sommige opgaven is een transformatieve insteek nodig

Daarnaast zijn er opgaven waarvoor duidelijk een transformatieve insteek nodig is om te komen tot substantiële bescherming tegen klimaatverandering. Dit geldt vooral voor natuur en waterkwaliteit, waar met techniek een beperkt aantal 'natuur- en waterparels' kan worden beschermd, maar voor een grootschalige bescherming van natuur zijn transformatieve maatregelen nodig die in grote gebieden zorgen voor veerkrachtige natuur- en watersystemen. Tot slot is, om het tekort aan grondwater in droge perioden aan de basis aan te pakken, een structurele vermindering nodig van het gebruik van grondwater, door het verminderen van de drinkwatervraag en de vraag vanuit landbouw en industrie.

Aandachtspunten voor politiek en beleid

Tot slot signaleren we een aantal belangrijke aandachtspunten die politiek en beleid ter harte kunnen nemen bij de verdere uitwerking, invulling en uitvoering van klimaatadaptatie.

Bereid nu voor op een toekomst met een veranderend klimaat

Belangrijke waarden staan onder druk door klimaatverandering, zoals veiligheid, gezondheid, natuur, cultureel erfgoed en economie. Inwoners van Nederland én experts erkennen de impact van klimaatrisico's. Het is noodzakelijk en urgent dat Nederland zich hierop voorbereidt. Welke vorm en inhoud die voorbereiding krijgt, is een keus voor de maatschappij, politiek en beleid. Veel keuzes moeten nu gemaakt worden, bijvoorbeeld om te voorkomen dat ontwikkelaars gaan bouwen op locaties of met een ontwerp waarbij niet goed rekening is gehouden met de te verwachten klimaatverandering.

Start het gesprek met de samenleving: hoe ziet een klimaatbestendig land en samenleving eruit?

Een klimaatbestendig Nederland ziet er anders uit dan het huidige Nederland. Hoe anders hangt af van de keuzes die worden gemaakt, zoals: welk basisniveau van bescherming is nodig, welke risico's zijn acceptabel, hoe om te gaan met verschillen en ongelijkheid, en welke maatregelen is de Nederlandse samenleving bereid te nemen om de risico's nu en in de toekomst te verminderen?

Bij een keuze voor technische maatregelen (intensiveren) krijgen klimaatbestendige wijken en landschappen een heel andere vorm dan met ruimtelijke maatregelen (transformeren). Een straat met meer zonweringen en airconditioninginstallaties ziet er bijvoorbeeld anders uit dan een straat met een groenstrook en waterpartij. Ook welke locaties nog geschikt zijn voor welke activiteiten zal

afhangen van de gemaakte keuzes: met een technische insteek is het streven om zoveel mogelijk dezelfde dingen op dezelfde locaties te blijven doen, terwijl bij een ruimtelijke oplossing bijvoorbeeld huizen worden gebouwd op plekken waar de kans op overstroming of wateroverlast klein is, en landbouw wordt bedreven op locaties waar al bij voorbaat voldoende water beschikbaar is.

Uiteindelijk zijn dit politieke keuzes, en het zijn keuzes die bepalend zijn voor de toekomst van Nederland en Nederlanders. Gemiddeld genomen hebben inwoners van Nederland een voorkeur voor structurele maatregelen, zoals in de adaptatierichting transformeren. Echter, deze voorkeuren verschillen per persoon en het is de vraag hoe inwoners transformatieve maatregelen ervaren als het gaat om specifieke en lokale maatregelen. Het is dan ook belangrijk dat maatschappelijke actoren en bewoners betrokken worden bij beleidskeuzes, bijvoorbeeld via een maatschappelijk debat. Die betrokkenheid bij de vorming van beleid maakt het beleid rechtvaardiger, effectiever en meer gedragen (WRR 2025).

Doe alles klimaatadaptief

Pak de grote opgaven aan op een klimaatadaptieve manier

Nederland staat voor een groot aantal ontwikkelingen en transities, zoals de woningbouw, energietransitie, keuzes voor het landelijk gebied, en aanleg en onderhoud van infrastructuur. Bij de aanpak van al deze opgaven zou rekening moeten worden gehouden met de effecten van klimaatverandering. Door klimaatadaptatie gelijk mee te nemen bij de visievorming en uitvorming van grote projecten kunnen in een later stadium veel extra overlast en kosten worden voorkomen. Bovendien levert dit een leefomgeving waarin klimaatverandering leidt tot minder schade en slachtoffers.

Een belangrijke rol is hierbij weggelegd voor de ruimtelijke ordening. Als het water- en bodemsysteem als uitgangspunt worden gebruikt, draagt dat bij aan een klimaatbestendiger Nederland, dat beter bestand is tegen de gevolgen van klimaatverandering.

Waar gaat het dan zoal concreet om? Om de genoemde woningbouwopgave als voorbeeld te nemen: belangrijke keuzes zijn waar en hoe de komende decennia de geplande 900.000 huizen gebouwd gaan worden, rekening houdend met overstromingen, wateroverlast en droogte. Daarbij is het zaak om de bijbehorende drinkwater-, elektriciteit- en internetvoorziening te waarborgen en die zo aan te leggen dat ze niet uitvallen bij extreem weer, zoals piekbuien en hitte. Ook de woningen zelf kunnen anders worden ontworpen, waarbij de focus niet alleen ligt op verwarmen, maar ook op koelen, om zo de gezondheid van inwoners te beschermen tegen toenemende hitte. Andere grote opgaven zijn het onderhoud aan infrastructuur en de toekomst van het landelijk gebied.

Bij grote onderhoudsoperaties aan weg, spoor en andere infrastructuur is het belangrijk om er tegelijkertijd voor te zorgen dat deze bestand zijn tegen hitte, droogte en wateroverlast, bijvoorbeeld door beter onderhoud of het gebruik van materialen die beter tegen water en hitte kunnen. Bij keuzes over de toekomst van het landelijk gebied is het belangrijk om landbouw en natuur beter af te stemmen op de draagkracht van water en bodem, en rekening te houden met de te verwachten effecten van klimaatverandering, zoals hitte, droogte en extreme neerslag. Zo kunnen gewassen die veel water nodig hebben beter worden geteeld in gebieden waar ter plekke water beschikbaar is, en de kans op droogte klein is.

Zoek naar maatregelen die meerdere opgaven aanpakken

Met veel adaptatiemaatregelen is het mogelijk om meerdere opgaven tegelijk aan te pakken. Zo kan het grootschalig inzetten op meer groen en blauw in stedelijk gebied bijdragen aan het

verminderen van hitte, maar ook aan het vasthouden van water om tijdens droge perioden te kunnen gebruiken, het verminderen van wateroverlast door water op te vangen en de afvoer van water te vertragen, en het verbeteren van de biodiversiteit. De groene omgeving helpt daarnaast bij het verbeteren van de fysieke en mentale gezondheid, omdat die onder andere uitnodigt tot meer ontmoeten en bewegen. Deze transformerende aanpak draagt ook bij aan het verbeteren van de waterkwaliteit, en kan daarmee helpen om mogelijke toekomstige beperkingen in ruimtelijke ontwikkeling en economische activiteiten door de Kaderrichtlijn Water te verminderen.

Zorg voor robuustheid en flexibiliteit in klimaatadaptatie

Het klimaat verandert, en de gevolgen zullen naar verwachting toenemen, maar het blijft onzeker hoe deze gevolgen er in de toekomst exact uit zullen zien. Daarbij is vooral onzeker in welke mate het gaat lukken om de uitstoot van broeikasgassen te verminderen en daarmee klimaatverandering te beperken. Er zijn ook kantelpunten, zoals extreme zeespiegelstijging en het vertragen van AMOC (zie hoofdstuk 2), die voor extra onzekerheden zorgen. Dit vraagt om robuustheid en flexibiliteit van de adaptatiemaatregelen.

Maatregelen die gericht zijn op het verminderen van een specifiek risico op een specifieke plek, helpen niet meer als in de toekomst de effecten van klimaatverandering toch anders zijn dan nu wordt verwacht, of zich op andere locaties voordoen. Als er bijvoorbeeld nu gewerkt wordt aan het vergroten van de afvoer van water uit wijken waar wateroverlast is geweest, helpt dat niet als in de toekomst op andere plekken piekbuien voorkomen. Maatregelen die inzetten op veerkrachtige systemen, waardoor steden, natuur en de maatschappij beter bestand zijn tegen verschillende klimaatdreigingen, bieden dan meer zekerheid. Denk bijvoorbeeld aan ‘blauwe dooradering’, waarbij er een netwerk van sloten, greppels en beken wordt gemaakt. Daardoor ontstaat er ruimte voor water, waarmee in het hele gebied een teveel aan water kan worden opgevangen en er minder snel wateroverlast zal ontstaan.

Vergroot maatschappelijke weerbaarheid

Ons onderzoek laat zien dat, ongeacht de gekozen insteek van klimaatadaptatie, op de lange termijn niet alle effecten en risico's kunnen worden beheerst (zie ook figuur 11: bij beide adaptatierichtingen blijven er grote klimaatrisico's bestaan). Dat betekent dat de Nederlandse samenleving voorbereid moet zijn op vaker optredende overlast, schade of zelfs ontwrichtingen. Daarom is het belangrijk dat overheid, bedrijven, mensen en gemeenschappen weten wat voor gevolgen van klimaatverandering ze kunnen verwachten. Dan kunnen ze daar vervolgens op de juiste manier naar handelen, om het effect te verkleinen of herstel te versnellen. Waar kunnen mensen bijvoorbeeld naartoe als de straat onder water staat? Hoe kunnen ze zich het beste beschermen tegen hitte, en wanneer is dat nodig? Waar kan hulp worden gezocht als er schade is aan een huis?

Dit speelt niet alleen op het moment waarop zo'n effect optreedt, maar ook ervoor en erna. Zo'n vorm van voorbereid zijn wordt ook wel ‘maatschappelijke weerbaarheid’ genoemd. Er zijn veel verschillende maatregelen mogelijk om hiervoor te zorgen, zoals informatievoorziening en reclamecampagnes voor bewustwording, waarschuwingssystemen, rampenplannen en oefeningen, het goed regelen van hulpdiensten, afspraken over herstelmaatregelen en opvang van mensen die getroffen worden. Het is daarom altijd verstandig om dit soort maatregelen te nemen die de maatschappelijke weerbaarheid vergroten.

Referenties

- Bles, T., J. de Jong, M. van Marle & R. van Buren (2021), [*Klimaatgevoeligheid hoofdwegennet, hoofdvaarwegennet en spoor ten behoeve van de NMCA*](#). Utrecht: Deltares.
- CLO (2026), [*Temperatuur in Nederland en mondiaal, 1907 – 2024*](#). Compendium voor de Leefomgeving, CBS; PBL; RIVM en Wageningen University and Research.
- De Woonplaats (2025), [*Toekomst 28 door wateroverlast getroffen woningen bekend*](#). Enschede: De Woonplaats.
- EEA (2024), [*European Climate Risk Assessment*](#). Copenhagen: EEA.
- ESABCC (2026), [*Strengthening Resilience to Climate Change; Recommendations for an effective EU adaptation policy framework*](#). Copenhagen: European Scientific Advisory Board on Climate Change.
- Gemeente Amsterdam (2025), [*Knelpuntenaanpak klimaatadaptatie Amsterdam*](#). Amsterdam: Gemeente Amsterdam.
- IenW (2023), [*Nationaal Uitvoeringsprogramma Klimaatadaptatie*](#). Den Haag: Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat.
- KNMI (2023), [*KNMI'23-klimaatscenario's voor Nederland*](#). De Bilt: KNMI.
- PBL (2023), [*Vier adaptatierichtingen voor de inrichting van Nederland in 2050*](#): Ruimtelijke verkenning 2023. Den Haag: Planbureau voor de Leefomgeving.
- PBL (2024), [*Klimaatrisico's In Nederland. De huidige stand van zaken*](#). Den Haag: Planbureau voor de Leefomgeving.
- PBL (2025), [*Toekomstverkenning WLO: Vier adaptatierichtingen voor Nederland in 2040, 2050 en 2060*](#). Den Haag: Planbureau voor de Leefomgeving.
- RIVM (2026), *Gezondheidseffecten van klimaatverandering Verkenning van toekomstige klimaatrisico's voor gezondheid in 2050*, Bilthoven: Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu.
- Stowa (2025), [*Droogtestatistiek van de KNMI'23-klimaatscenario's*](#). Amersfoort: STOWA.
- TNO (2026a), *Klimaatrisico's voor de gebouwde omgeving; Hittestress, Funderingsschade en schade door acute wateroverlast door piekbuien*. Utrecht: TNO.
- WRR (2025), [*Mens en klimaat: De kracht van sociale infrastructuur bij adaptatie*](#). Den Haag: Wetenschappelijke Raad voor Regeringsbeleid.