



Planbureau voor de Leefomgeving

# WERELDWIJDE KLIMAATEFFECTEN

RISICO'S EN KANSEN VOOR NEDERLAND

---

**BELEIDSSTUDIE**

---



# Wereldwijde klimaateffecten

## Risico's en kansen voor Nederland

Marijke Vonk  
Arno Bouwman  
Rob van Dorland  
Hans Eerens

**Wereldwijde klimaateffecten: risico's en kansen voor Nederland**

© PBL Planbureau voor de Leefomgeving  
Den Haag, 2015

ISBN: 978-94-91506-91-8  
PBL-publicatienummer: 1559

**Eindverantwoordelijkheid**

Planbureau voor de Leefomgeving

Dit rapport is mede tot stand gekomen in samenwerking met het Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut (KNMI).

**Contact**

Marijke Vonk (marijke.vonk@pbl.nl)

**Auteurs**

Marijke Vonk (PBL), Arno Bouwman (PBL), Rob van Dorland (KNMI), Hans Eerens (PBL)

**Met medewerking van en dank aan**

Louise van Schaik, Rosa Dinnissen, Eva Maas en Joost Vos van het Clingendael Netherlands Institute of international relations. Elco Koks van het Instituut voor Milieuvraagstukken; Vrije Universiteit Amsterdam.  
Sonja Döpp, Pier Vellinga, Kees van Deelen van Kennis voor Klimaat.  
Charles Angenendt, Vincent van den Bergen (ministerie van Infrastructuur en Milieu), Marit van Zomeren (ministerie van Buitenlandse Zaken) en andere leden van de interdepartementale werkgroep NAS.  
Wilfried ten Brinke van Blueland.  
Willem Ligtvoet, Marjon Hendriks, Dirk-Jan van der Hoek, Marcel Kok, Mark Thissen, Jonathan Doelman, Rijk van Oostenbrugge, Guus de Hollander, Durk Nijdam, Hans Visser, Joost Knoop, Hanneke Muilwijk van het PBL.

**Redactie figuren**

Beeldredactie PBL

Tweede editie (april 2014), met aangepaste figuur 3.10 en begeleidende tekst op p. 45-46.

U kunt de publicatie downloaden via de website [www.pbl.nl](http://www.pbl.nl). Delen uit deze publicatie mogen worden overgenomen op voorwaarde van bronvermelding: Vonk, M. et al. (2015), Wereldwijde klimaateffecten: risico's en kansen voor Nederland, Den Haag: Planbureau voor de Leefomgeving.

Het PBL (Planbureau voor de Leefomgeving) is het nationale instituut voor strategische beleidsanalyses op het gebied van milieu, natuur en ruimte. Het PBL draagt bij aan de kwaliteit van de politiek-bestuurlijke afweging door het verrichten van verkenningen, analyses en evaluaties waarbij een integrale benadering vooropstaat. Het PBL is vóór alles beleidsgericht. Het verricht zijn onderzoek gevraagd en ongevraagd, onafhankelijk en altijd wetenschappelijk gefundeerd.

# Inhoud

	<b>Bevindingen</b>	<b>5</b>
	<b>Hoofdconclusies</b>	<b>6</b>
	<b>Samenvatting</b>	<b>8</b>
	<b>Verdieping</b>	<b>15</b>
<b>1</b>	<b>Inleiding</b>	<b>16</b>
<b>2</b>	<b>Internationale relaties en klimaateffecten</b>	<b>20</b>
<b>3</b>	<b>Risico's en kansen</b>	<b>28</b>
3.1	Inleiding	28
3.2	Gezondheid	29
3.3	Voedsel	31
3.4	Energie	31
3.5	ICT	37
3.6	Waterveiligheid en watervoorziening	39
3.7	Biodiversiteit	40
3.8	Economische relaties	41
3.9	Buitenlands beleid	47
<b>4</b>	<b>Op weg naar een Nationale Adaptatie Strategie</b>	<b>52</b>
<b>5</b>	<b>Literatuur</b>	<b>54</b>



BEVINDINGEN

BEVINDINGEN

# Hoofdconclusies

## **Klimaatverandering in het buitenland heeft toenemend effect in Nederland**

Het klimaat verandert zowel in Nederland als in het buitenland. Klimaatverandering in het buitenland heeft gevolgen voor het functioneren van Nederland. Nederland is immers op veel manieren verbonden met de rest van de wereld, bijvoorbeeld via handels- en productieketens, en de elektriciteits-, ICT- en transportnetwerken. Ook hebben veel Nederlandse bedrijven vestigingen buiten Nederland en maken veel Nederlanders internationale reizen voor hun werk of vakantie. Nederland en de Nederlanders lopen hierdoor risico's door klimaateffecten elders.

De belangrijkste risico's voor Nederland van klimaatverandering in het buitenland vloeien voort uit weersextremen, zoals orkanen, extreme neerslag, hitte en droogte. Naar verwachting zal door klimaatverandering de kans op en de intensiteit van weersextremen wereldwijd toenemen. Op langere termijn zullen ook de meer geleidelijke veranderingen in het wereldwijde klimaat gevolgen hebben voor Nederland. Het gaat dan bijvoorbeeld om het verdwijnen van het poolijs, het verschuiven van klimaatzones en daarmee veranderende productieomstandigheden voor gewassen, en de opwarming van oceanen die leidt tot het verschuiven van visbestanden.

## **Belangrijkste klimaatrisico's op Europese schaal: vitale netwerken**

Op Europese schaal zijn de klimaatrisico's met de grootste impact gerelateerd aan (1) de grensoverschrijdende elektriciteits- en ICT-netwerken, (2) de waterdynamiek van de rivieren en (3) gezondheid. Op twee van deze risico's bereidt Nederland zich al voor: het risico van overstromingen wordt meegenomen in het Deltaprogramma. En rond infectieziekten bestaat al een monitoring- en surveillancesysteem. De grootste opgave voor de Nationale Adaptatie Strategie op Europese schaal ligt daarmee bij de elektriciteits- en ICT-voorziening. De waarschijnlijkheid dat Nederland te maken krijgt met uitval van elektriciteits- of ICT-netwerken door weersextremen is vooralsnog klein, maar als het gebeurt, is het effect groot.

Naast het al bestaande gasnet, wordt ook het elektriciteitsnetwerk steeds internationaler. Zo raken netwerken onderling en internationaal sterker verknoot. Tegelijkertijd zal de komende decennia een verschuiving optreden in de bronnen voor de elektriciteitsproductie en wordt een steeds groter aandeel opgewekt door zon, wind en waterkracht. Met deze ontwikkelingen wordt Nederland kwetsbaarder voor extreme weersituaties, zoals hevige regenbuien, extreme droogte en hittegolven in het buitenland. De onderlinge afhankelijkheid van de elektriciteits- en ICT-netwerken kan een belangrijke kiem vormen voor cascade-effecten bij een verstoring in één van deze netwerken.



Inspanningen van Nederland voor klimaatadaptatie die gerelateerd zijn aan het robuuster maken van de elektriciteitsvoorziening werpen vooral vruchten af als die gebeuren in nauw overleg met de overige Noordwest-Europese landen. Zo kunnen de diverse overheden op basis van gemeenschappelijke stresstesten bindende afspraken met de betrokken bedrijven maken, gericht op het verminderen van de kwetsbaarheid van deze netwerken. Onderdeel van deze strategie kan bijvoorbeeld een tussen landen afgestemd rantsoeneringsplan zijn voor als er zich problemen voordoen, zoals bij een situatie van geringe elektriciteitsproductie bij langdurige grootschalige windstille periodes of hitteperiodes met lage rivierafvoeren.

### **Mondiale klimaatrisico's: verstoring handelsketens, mogelijke politieke spanningen**

Voor de Nederlandse economie schuilen de meest waarschijnlijke risico's van klimaatverandering in het buitenland vooral in prijsstijgingen, als weersextremen in Europa of elders op de wereld leiden tot tijdelijke schaarste en verstoringen in de aanvoer van grondstoffen, producten en diensten. Ook kunnen Nederlandse burgers en bedrijven in een rampgebied slachtoffer worden van weersextremen. Voor de Nederlandse economie als geheel zijn de effecten van deze verstoringen per keer misschien beperkt, maar dat neemt niet weg dat de impact groot kan zijn op het niveau van individuele bedrijven of personen. Ook in de getroffen gebieden kunnen de gevolgen voor de lokale samenlevingen groot zijn.

Klimaatverandering kan ook consequenties hebben voor de internationale veiligheid. Sluimerende conflicten, zoals rond de beschikbaarheid van landbouwgrond en water, kunnen door klimaatverandering worden versterkt en tot politieke instabiliteit leiden. Ook hoge voedselprijzen door misoogsten als gevolg van bijvoorbeeld droogte kunnen spanningen doen oplopen. De mogelijke toename van conflicten en natuurrampen leidt tot een stijgende vraag naar opvang in andere regio's en tot een grotere vraag naar humanitaire hulp. In de noordpoolregio kunnen spanningen worden aangewakkerd rond de rechten over grondstoffen die winbaar worden door smeltend poolijs. Hoewel het niet waarschijnlijk is dat hierover een conflict ontstaat, zal de impact groot kunnen zijn, mocht dit wel gebeuren.

### **Klimaatadaptatie op mondiale schaal – ook van belang voor Nederland**

Nederland is een goed georganiseerd land en hanteert hoge veiligheidsniveaus. Dit geldt niet of minder voor vele andere landen, zoals blijkt bij rampen door weersextremen in de wereld, ook in Europa. Door

klimaatverandering zullen, bij uitblijven van adaptatiemaatregelen, deze rampen toenemen. Dit kan een belangrijk risico zijn voor Nederland, gezien het grote aantal relaties met het buitenland. Klimaatadaptatie op mondiale schaal is daarmee dan ook van belang voor Nederland. Het World Economic Forum onderkent dat klimaatverandering een bedreiging vormt voor het functioneren van de wereldeconomie en ziet een wereldwijd falen van klimaatadaptatie als één van de belangrijkste wereldrisico's.

Dit onderstreept het belang van de al lopende Nederlandse en internationale beleidsinitiatieven gericht op het in gang zetten van effectieve adaptatiemaatregelen in de zich ontwikkelende regio's, het versterken van de institutionele capaciteit en het beschikbaar stellen van financiële middelen in het af te sluiten klimaatverdrag in Parijs in 2015.

### **Nederlandse kennis en ervaring een belangrijk exportproduct**

Internationaal doen zich voor Nederland kansen voor als de aanpassing aan klimaatverandering nadrukkelijker een plek krijgt in het buitenlands beleid, zoals op het terrein van internationale veiligheid, landbouw en stedelijke ontwikkeling. Nederland staat in het buitenland bekend om zijn kennis en ervaring op het gebied van watermanagement. De Deltawerken genieten internationale faam. Ook de Nederlandse werkwijze, van ontwerpend werken gericht op een integrale aanpak, waarmee meerdere maatschappelijke belangen gediend worden, wordt veel gewaardeerd. Nederlandse bedrijven, onderzoekers en bestuurders worden van New York tot Vietnam om advies gevraagd. De toenemende vraag naar kennis en ervaring rond klimaatadaptatie biedt kansen voor de Nederlandse expertise als exportproduct.

Deze verkenning laat zien dat het relevant is om de risico's en kansen van mondiale klimaatverandering te adresseren in de Nationale Adaptatie Strategie. Het biedt voordelen voor Nederland wanneer overheden, bedrijfsleven en kennisinstellingen nú al de internationale klimaatrisico's en kansen expliciet meenemen bij beleidskeuzes en strategische investeringsbeslissingen. Op die manier kunnen risico's worden beperkt, kansen worden gegrepen, meerdere doelen worden gecombineerd en kan de effectiviteit van beleid worden vergroot.

# Samenvatting

## Het klimaat verandert en klimaatrisico's nemen wereldwijd toe

Natuurrampen door weersextremen treden in Europa en de rest van de Wereld frequent op. Zo zijn er in het eerste decennium van de 21e eeuw (2001-2010) wereldwijd 3000 natuurrampen gerapporteerd door overstromingen, hittegolven, droogtes, stormen en cyclonen. Daarbij zijn bijna 400.000 doden gevallen. De totale schade in die periode bedroeg ruim 800 miljard dollar. Voor Europa gaat het in deze periode om ruim 500 weergegerelateerde natuurrampen.

Door klimaatverandering kunnen dit soort rampen vaker gaan voorkomen. De temperatuur stijgt, de zeespiegel stijgt, de kracht van orkanen neemt toe, neerslagpatronen en rivierafvoeren veranderen en weersextremen zoals hittegolven en droge periodes nemen naar verwachting in frequentie en intensiteit toe.

Niet alleen het klimaat verandert, ook de samenleving verandert. Wereldwijde maatschappelijke, technologische en geopolitieke ontwikkelingen bepalen mede de kwetsbaarheid van Nederland voor effecten van mondiale klimaatverandering. Zo raken netwerken onderling en internationaal sterker verknoot. Daarmee groeit de kwetsbaarheid voor extreme weersituaties, zoals hevige regenbuien en hittegolven in het buitenland. Door de combinatie van klimaatverandering en mondiale maatschappelijke ontwikkelingen als de bevolkingsgroei, verstedelijking en economische ontwikkeling nemen de klimaatrisico's wereldwijd toe.

Het Nederlandse kabinet wil in de eerste helft van 2016 een Nationale Adaptatie Strategie uitbrengen. In die strategie zal aandacht worden besteed aan alle sectoren die met klimaatverandering te maken kunnen krijgen en aan de internationale aspecten. De Europese Commissie vraagt om zo'n brede benadering en heeft alle lidstaten verzocht uiterlijk in 2017 een adaptatiestrategie gereed te hebben.

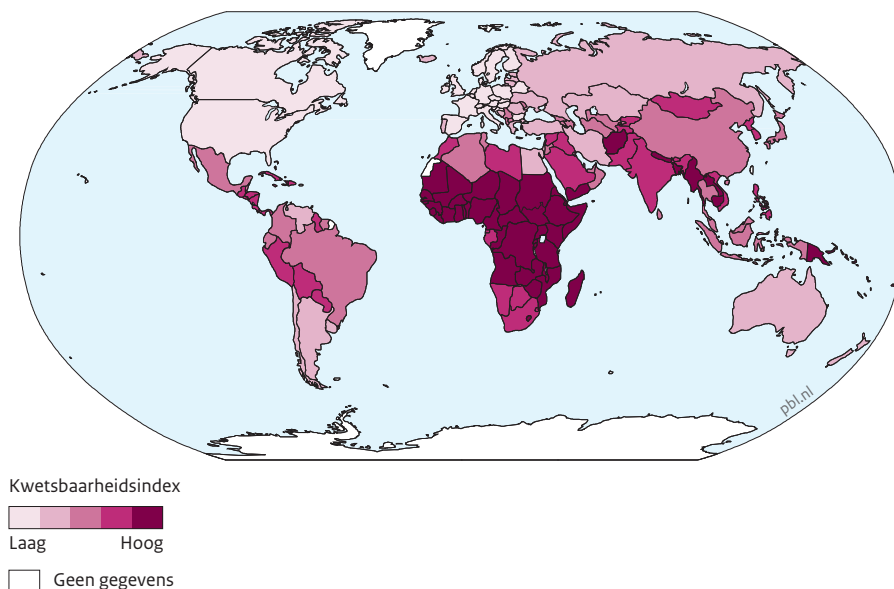
Het PBL is gevraagd om de risico's en kansen te verkennen die wereldwijde klimaateffecten hebben voor Nederland en de Nederlanders. Dit rapport is daarmee een van de bouwstenen voor de Nationale Adaptatie Strategie.

## Nederland is kwetsbaar voor klimaatverandering buiten zijn grenzen

Nederland is een handelsland en met veel landen in Europa en de wereld verbonden via handels en productieketens, en elektriciteits-, ICT- en transportnetwerken. Ook hebben veel Nederlandse bedrijven vestigingen buiten Nederland en maken veel Nederlanders internationale reizen voor hun werk of vakantie. Nederland en de Nederlanders lopen hierdoor risico's door klimaateffecten elders in de wereld.

Sommige landen waar Nederland (handels)relaties mee heeft, zijn kwetsbaarder voor klimaatverandering dan andere. Dit geldt vooral voor landen in regio's als Afrika, Azië en delen van Zuid-Amerika (figuur 1). Als gevolg van de verwachte effecten van klimaatverandering en de

Figuur 1  
Kwetsbaarheid voor klimaatverandering, 2012



Bron: ND-GAIN

Alle landen in de wereld zijn kwetsbaar voor (de gevolgen van) klimaatverandering. De kwetsbaarheid van een land voor klimaatverandering bestaat uit a) de blootstelling hieraan, b) de gevoeligheid hiervoor en c) het adaptief vermogen om met (de gevolgen van) klimaatverandering om te gaan. In Afrika en deels in Azië en Zuid-Amerika liggen de landen die het kwetsbaarst zijn voor klimaatverandering.

beperkte adaptieve capaciteit wordt de kwetsbaarheid van deze landen nog groter. Zonder extra inspanningen zullen in de toekomst de klimaatrisico's toenemen, ook voor Nederlandse bedrijven en Nederlanders.

### Klimaatverandering elders vormt risico voor Nederland

Er valt een breed spectrum aan klimaatrisico's te onderscheiden, van incidenten met kleine waarschijnlijkheden en grote gevolgen tot frequent optredende incidenten met beperkte gevolgen (figuur 2).

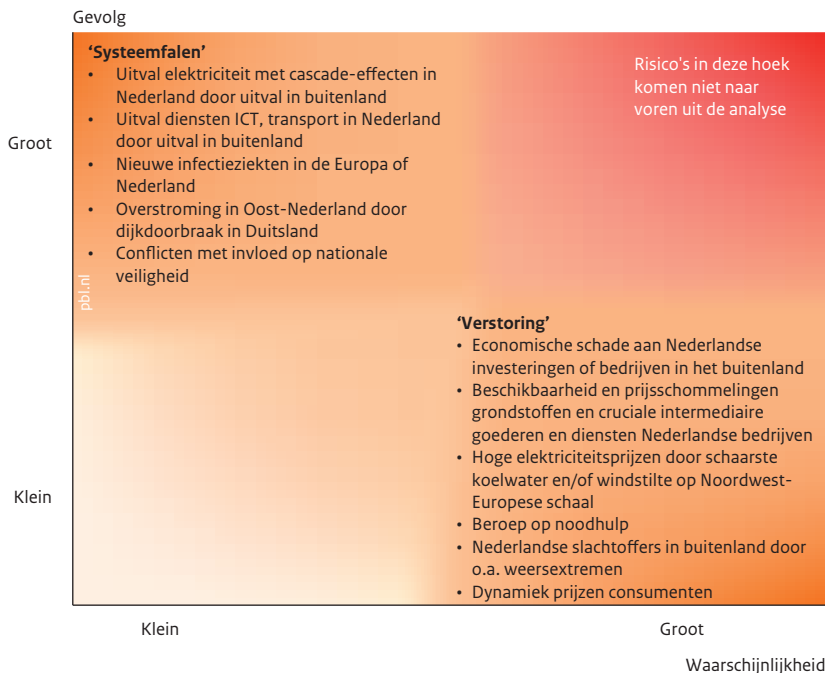
### Belangrijkste klimaatrisico's op Europese schaal: vitale netwerken

Nederland is fysiek, sociaal, economisch, bestuurlijk, organisatorisch en (geo)politiek sterk verweven met de andere Europese landen. Meer dan 80 procent van de Nederlandse handelsstromen, emigratie- en reisbewegingen vindt plaats binnen Europa. Er is een sterk verknoopt energie-, ICT- en logistiek netwerk. Die verwevenheid zal de komende decennia nog sterker worden, waarbij deze netwerken ook onderling en met andere sectoren sterker verknoopt zullen raken.

Uit deze studie komt naar voren dat op Europese schaal de klimaatrisico's met de grootste impact gerelateerd zijn aan (1) de grensoverschrijdende elektriciteits- en ICT-netwerken, (2) de waterdynamiek van de rivieren en (3) de gezondheid. De waarschijnlijkheid dat Nederland te maken krijgt met extreem hoge of extreem lage rivierafvoeren en een overstroming in Nederland door een dijkdoorbraak net over de grens, of dat de elektriciteits- of ICT-netwerken grootschalig uitvallen door weersextremen in het buitenland, is vooralsnog klein, maar als het gebeurt is het effect groot (figuur 2). Dit geldt ook voor de mogelijke vestiging en verspreiding van nieuwe infectieziekten voor de mens en plaagorganismen voor vee en gewassen. De watergerelateerde risico's voor Nederland, ook de grensoverschrijdende, worden al meegenomen in het Deltaprogramma. De Europese Hoogwaterrichtlijn vormt hierbij het kader voor Europese afstemming. Ook rond infectieziekten bestaat al een adequaat monitoring- en surveillancesysteem. In combinatie met een over het algemeen goed functionerend gezondheidszorgsysteem lijkt op dit terrein geen grote extra inspanning nodig. De geïdentificeerde risico's versterken wel het belang van het in stand houden en voortdurend updaten van deze systemen.

Figuur 2

**Belangrijkste risico's voor Nederland door klimaateffecten elders**



Bron: PBL

Nederland loopt risico's van het type 'systeemfalen': risico's met een kleine waarschijnlijkheid, maar met grote gevolgen voor de bevolking, economie en samenleving. Ook is er sprake van belangrijke risico's van het type 'verstoring'. Deze gebeurtenissen zullen vaak voorkomen, maar per keer minder gevolgen hebben voor de bevolking, economie en samenleving.

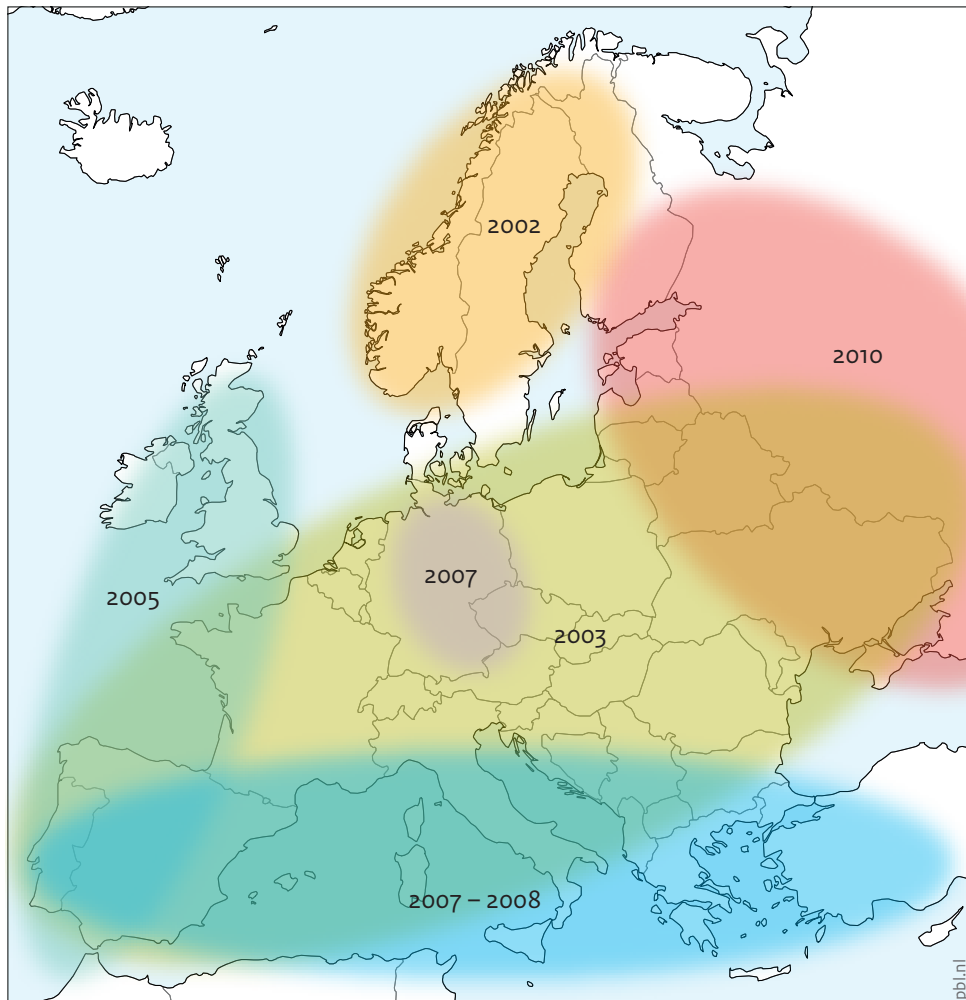
De grootste opgave ligt daarmee bij de elektriciteitsvoorziening en het elektriciteitsnetwerk. Het elektriciteitsnetwerk wordt steeds internationaler. Tegelijkertijd zal de komende decennia een grote verschuiving optreden in de energiemix en zal een steeds groter aandeel van de elektriciteit worden opgewekt door zon, wind en waterkracht. De grootste zorg is een periode van bewolkte, windstille dagen in de winter, waarin de vraag naar elektriciteit groot is en er beperkt extra gas voor elektriciteit beschikbaar zou kunnen zijn door de grote vraag naar gas voor verwarming.

De onderlinge afhankelijkheid van de elektriciteits- en ICT-netwerken kan een belangrijke kiem vormen voor cascade-effecten bij een verstoring in één van deze netwerken, bijvoorbeeld veroorzaakt door vaker voorkomende extreme droogte, piekneerslag, hittegolven, blikseminslagen en rukwinden. Gezien het maatschappelijk belang van het functioneren van de elektriciteits- en ICT-netwerken is expliciete aandacht voor de mogelijke kwetsbaarheid in relatie tot klimaatverandering op zijn plaats.

**Belangrijkste klimatarisico's op mondiale schaal: verstoring handelsketens en veiligheid**

Gekoppeld aan optredende weersextremen in zowel Europa als in de rest van de wereld, hebben we een aantal risico's kunnen identificeren met een grote waarschijnlijkheid, maar met per keer betrekkelijk kleine gevolgen voor Nederland. Voor de Nederlandse economie schuilen de risico's vooral in een tijdelijke schaarste van en/of onderbreking van de aanvoer van producten en diensten die gebruikt worden in het productieproces in Nederland. Deze tijdelijke schaarste of onderbreking wordt vooral veroorzaakt door optredende (gevolgen van) weersextremen, zoals orkanen, overstromingen, extreme neerslag of droogte. Deze treden nu al geregeld op en zullen door klimaatverandering toenemen. Een verstoring in de aanvoer kan vaak worden gecompenseerd door productie en aanvoer uit andere regio's of door gebruik van alternatieve producten. Wel kunnen prijsstijgingen optreden. Droogtes strekken zich doorgaans uit over grote regio's en kunnen al gauw leiden tot een forse vermindering van landbouwopbrengsten en daardoor tot prijsstijgingen. De consument zal naar verwachting vaker te maken krijgen met prijschommelingen door weersextremen.

Figuur 3  
Belangrijkste droogtes in Europa, 2000 – 2010



Bron: SOER 2010; Barriopedro et al. 2011

In het eerste decennium van de 21e eeuw is Europa door meerdere periodes van langdurige droogte getroffen. De kans op grootschalige droogte wordt in de toekomst door klimaatverandering groter.

### 1 Periodes van droogte in Europa

In het eerste decennium van de 21e eeuw is Europa door meerdere periodes van langdurige droogte getroffen. De hittegolf en de bijbehorende droogte die een groot deel van Europa trof in 2003, waren uitzonderlijk. Hoe vaak dergelijke periodes zich voordoen, is afhankelijk van de locatie en het aspect, zoals extreme temperatuur, duur of mate van droogte. Door de klimaatverandering kunnen hete zomers als die van 2003, als er deze eeuw geen forse maatregelen worden genomen om de uitstoot van broeikasgassen terug te dringen, om het jaar voorkomen. In het kader van risicoanalyses voor agrarische producten en energievoorziening is het van belang te weten dat langdurige hitte en droogte gekoppeld zijn. Dit weertype wordt namelijk gekarakteriseerd door een (standvastig) krachtig hogedrukgebied, waarin neerslagvorming wordt onderdrukt. Zowel de hoge temperaturen als de kleinere neerslaghoeveelheden werken droogte en lagere rivierstanden in de hand. Als gevolg van de afmetingen van blokkerende hogedrukgebieden kan de schaal waarop dit fenomeen zich voordoet een groot deel van Europa beslaan.

Deze droge en vaak hete periodes kunnen van grote invloed zijn op de gewasopbrengsten, elektriciteitsvoorziening, natuur en scheepvaart in Europa.

Overstromingen, extreme neerslag en orkanen kunnen ook leiden tot directe schade aan Nederlandse investeringen in het buitenland en tot persoonlijke ongelukken (figuur 2). Ook wordt het door klimaatverandering waarschijnlijker dat Nederlanders in het buitenland (infectie)ziekten oplopen. Door hogere temperaturen of een lagere waterstand wordt het bijvoorbeeld waarschijnlijker dat water verontreinigd of voedsel bedorven is. Op de schaal van Nederland zijn de gevolgen beperkt, maar dat neemt niet weg dat op het niveau van individuele bedrijven of van personen en families de impact groot kan zijn.

Om de risico's in handels- en productieketens te beperken is inzicht nodig in de herkomst en klimaatgevoeligheid van alle producten in een productieketen. Vervolgens kan voor regio's die voor de Nederlandse handel van belang zijn, in kaart worden gebracht hoe de gevolgen van klimaatverandering daar kunnen doorwerken in de leveringszekerheid van grondstoffen, producten en diensten, het transport en de afzetmarkt van producten. Individuele bedrijven en personen kunnen de risico's beperken door zich goed te informeren over de mogelijke risico's in een bepaald gebied en over de handelingsopties bij een calamiteit en de mogelijkheden om de schades te beperken.

### **Klimaatverandering kan politieke spanningen versterken**

Klimaatverandering kan op verschillende manieren een factor van betekenis worden op het terrein van internationale veiligheid. Droogte leidt bijvoorbeeld tot misoogsten en hongersnood in toch al kwetsbare gebieden en die kunnen bestaande sluimerende conflicten verder aanwakkeren. Dit kan leiden tot een toename van migratie binnen landen en over landsgrenzen heen en tot een grotere regionale instabiliteit. Zo kan de droogte en voedselcrisis tussen 2005 en 2008 gezien worden als een vonk in het kruitvat dat in Noord-Afrikaanse landen en het Midden-Oosten al aanwezig was. Tot nu toe zijn er geen aanwijzingen dat klimaatverandering zal leiden tot meer migratie naar Nederland. Het is waarschijnlijker dat klimaatgerelateerde migratie zal leiden tot een stijgende vraag naar opvang in andere regio's en dat de mogelijke toename van conflicten en natuurrampen leidt tot een grotere vraag om humanitaire hulp.

Een heel andere potentiële spanningsregio is het Noordpoolgebied. In de Noordpoolregio smelt het ijs, waardoor de Poolzee steeds vaker gedurende een deel van het jaar ijsvrij is. Dit brengt voordelen met zich mee zoals een nieuwe en kortere scheepvaartroute en het

beschikbaar komen van nieuwe gebieden waar grondstoffen gewonnen kunnen worden. Het brengt echter ook risico's met zich mee omdat meerdere landen, waaronder NAVO-partners, aanspraak maken op de grondstofvoorraden. De waarschijnlijkheid dat dit tot een conflict leidt, wordt vooralsnog als gering geschat; de impact zal echter groot kunnen zijn mocht dit wel gebeuren.

### **Klimaatadaptatie vraagt om een gezamenlijke Noordwest-Europese aanpak**

Inspanningen van Nederland voor klimaatadaptatie die gerelateerd zijn aan de waterdynamiek van de rivieren, de elektriciteits- en ICT-netwerken en de gezondheid werpen vooral vruchten af als die gebeuren in overeenstemming met de buur- of andere Europese landen. Op welk schaalniveau het best kan worden afgestemd is afhankelijk van het onderwerp. Gaat het om een dreigende overstroming van rivieren, dan volstaat meestal samenwerking met de directe buurlanden. Die internationale afstemming over de beheersing van rivierafvoeren vindt overigens al plaats. Gaat het om het robuuster maken van de energievoorziening, dan is minimaal samenwerking op Noordwest-Europese schaal nodig.

Het klimaatbestendig maken van de (inter)nationale elektriciteits-, ICT- en transportinfrastructuur behoort tot de verantwoordelijkheden van de Rijksoverheid. Daarvoor is samenwerking nodig op Europese schaal met de andere landen én de bedrijven die deze cruciale netwerken en knooppunten beheren. Om deze vitale infrastructuur klimaatbestendig te kunnen maken, zijn bewustwording en kennis nodig over de mogelijke klimaateffecten. Hier kan de Rijksoverheid een stimulerende en coördinerende rol vervullen. Ze kan bijvoorbeeld regelmatig stresstesten uit (laten) voeren op (Noordwest-)Europese schaal in samenwerking met de elektriciteits-, ICT- en transportbedrijven. Zeker op (Noordwest-)Europese schaal kan dit een functioneel instrument zijn voor het elektriciteitsnetwerk en mogelijk ook voor de ICT- en transportnetwerken. Op basis van de gemeenschappelijke stresstesten kan de Rijksoverheid bindende afspraken maken met de betrokken overheden en bedrijven, gericht op het verminderen van de kwetsbaarheid van deze netwerken. Onderdeel van deze strategie kan bijvoorbeeld een tussen landen afgestemd rantsoeneringsplan zijn voor als er zich problemen voordoen, zoals bij langdurige grootschalige windstille periodes of hitteperiodes met lage rivierafvoeren.

### **Versterken klimaatadaptatie mondiaal een belangrijke opgave**

In het huidige buitenlands beleid voor ontwikkelingssamenwerking zijn water en voedsel speerpunten. Ook vanuit een oogpunt van klimaatadaptatie is dat een goede keuze, de water- en voedselvoorziening zijn ook de sectoren die kwetsbaar kunnen zijn voor klimaatverandering, vooral in de nu al kwetsbare gebieden in Afrika en Azië.

Als klimaatadaptatie nog explicieter in het buitenlands beleid rond veiligheid en handel wordt opgenomen, maakt dit de effectiviteit van het beleid groter. Nederland stimuleert via internationale organisaties dat naast mitigatie ook klimaatadaptatie meer aandacht krijgt, bijvoorbeeld door het inzetten op structurele adaptatiegelden voor ontwikkelingslanden in het nieuwe klimaatverdrag (Parijs 2015).

De aangrijpingspunten om de risico's te verminderen voor de Nederlandse overheid en het bedrijfsleven zijn beperkt voor zover het gaat om wereldwijde klimaatverandering: de veiligheidsniveaus, de kwaliteit van de infrastructuur en de kwaliteit van de rampenbestrijding en hulpverlening liggen grotendeels in de handen van de buitenlandse overheden. In zijn recente risicoanalyse ziet het World Economic Forum het wereldwijd falen van klimaatadaptatie als een belangrijk risico voor het economisch functioneren. Dit staat wat betreft impact op de zevende plaats en wat betreft waarschijnlijkheid op de vijfde plaats in de top 10 van de wereldrisico's 2015. Deze analyse onderstreept het belang van de al lopende beleidsprocessen gericht op het in gang zetten van effectieve adaptatiemaatregelen in de zich ontwikkelende regio's door het versterken van de institutionele capaciteit en het beschikbaar stellen van financiële middelen in het af te sluiten klimaatverdrag aan het eind van 2015. De Nederlandse speerpunten voor water en voedsel in het ontwikkelingssamenwerkingsbeleid, het verduurzamen van handelsketens en de extra inzet op rampenbestrijding sluiten goed aan op de urgente opgaven.

Het vergroten van de veerkracht in andere landen verkleint ook de kwetsbaarheid van Nederlandse bedrijven die van producten uit die landen afhankelijk zijn voor hun productieproces, en van bedrijven waarvoor die te ontwikkelen landen een belangrijke afzetmarkt vormen.

### **Mondiaal kansen benutten**

Op mondiale schaal leidt klimaatverandering niet alleen tot risico's; ze biedt Nederland ook kansen. Een bijdrage die de Rijksoverheid kan leveren, is klimaatadaptatie expliciet een plek te geven in het buitenlands beleid en in netwerken met internationaal opererende bedrijven, maatschappelijke organisaties en andere staten. Het gaat dan vooral om het exporteren van Nederlandse kennis en praktijkervaringen rond klimaatadaptatie. Wereldwijde activiteiten van het Nederlandse bedrijfsleven en wetenschappelijke instellingen krijgen veel erkenning. Het gaat daarbij vooral om projecten gericht op de combinatie van water en voedsel, klimaatbestendige steden (in het bijzonder in deltaregio's) en een integrale aanpak van de waterveiligheid, ruimtelijke ontwikkeling, duurzame ontwikkeling en duurzame handelsketens. Expliciet meenemen van klimaatadaptatie in dergelijke projecten levert meerwaarde op.

### **Internationale klimaatadaptatie niet op de lange baan schuiven**

Niet alle aspecten van klimaatverandering zijn even urgent. Dit betekent echter niet dat adaptatie kan worden doorgeschoven naar de agenda voor de lange termijn. De urgentie wordt immers niet alleen bepaald door klimaatverandering, maar ook door de agenda van investeringsbeslissingen en beleidskeuzes, die een lange doorlooptijd hebben. Binnen Europa speelt dat onder meer bij de energie- en ICT-sector, evenals de waterveiligheidsstrategie. Mondiaal gezien gaat het vooral om stedelijke ontwikkeling, de watervoorziening en infrastructuur ter bescherming tegen overstromingen.

Om klimaatrisico's tijdig te signaleren en in strategieontwikkelingen mee te nemen is het nodig dat in bestaande overlegstructuren op mondiale en Europese schaal de klimaatbestendigheid van de beleids- en investeringsbeslissingen op de agenda staan. Bij elke investering voor de lange termijn die de komende decennia gepleegd wordt, is het lonend om voldoende te anticiperen op de mogelijke effecten van klimaatverandering. Het Nederlandse bedrijfsleven, de Nederlandse kennisinstellingen en de Nederlandse overheid kunnen hier op inspelen. De onzekerheden over de aard en snelheid van klimaatverandering, sociaaleconomische ontwikkelingen, technologie en politieke ontwikkelingen vragen ook een periodieke herijking van de risico's en kansen voor Nederland. Het verdient aanbeveling dat deze geregelde herijking door overheid en private partijen gezamenlijk wordt uitgevoerd.





VERDIEPING  
VERDIEPING

# Inleiding

## Effecten van wereldwijde klimaatverandering relevant voor Nederland

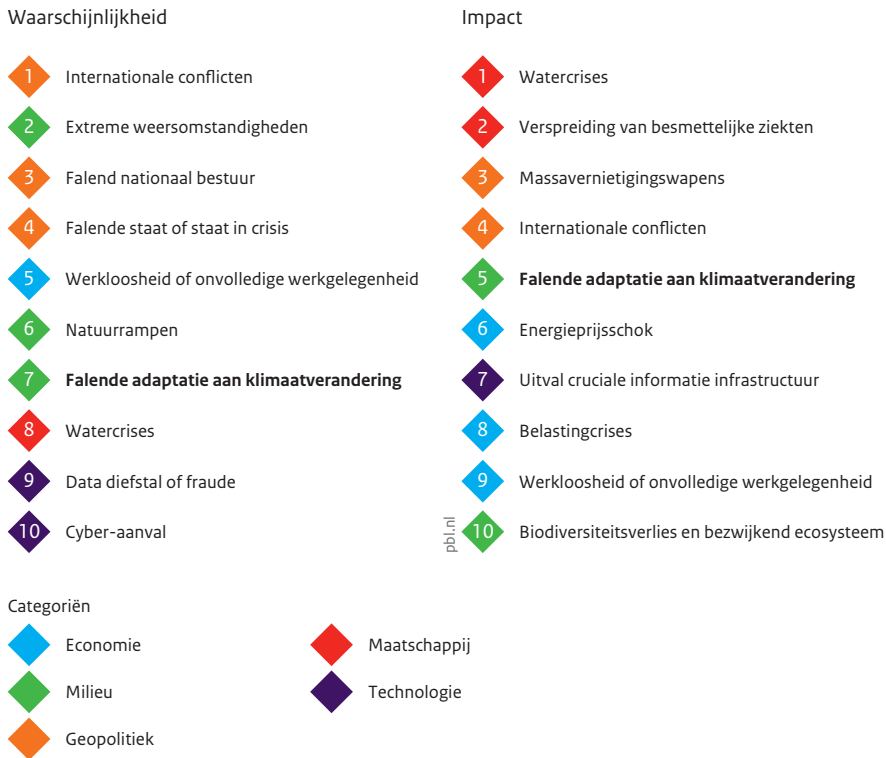
Wereldwijd raken culturen, landen, ondernemingen en burgers steeds meer met elkaar verbonden. Deze globalisering blijkt uit de toename van grensoverschrijdende stromen van goederen en diensten, kapitaal, informatie en mensen. Ook Nederland<sup>1</sup> is op veel manieren verbonden met Europa en de rest van de wereld: bijvoorbeeld via handelsketens, goederen- en grondstoffenstromen, energienetwerken, financiële stromen, datastromen, immigratie en emigratie, en toerisme. Nederland heeft een van de meest open economieën van de wereld (PBL & CPB 2013). In 2012 was Nederland van alle EU-landen de vierde grootste investeerder in het buitenland, met ruim 4 procent van alle investeringen wereldwijd (CBS 2013a). Elk jaar reizen miljoenen Nederlanders naar het buitenland. Vanwege de ligging is Nederland een transportknooppunt voor het hele continent. En Nederlandse netwerken voor elektriciteit en gas zijn verbonden met die in de buurlanden en Scandinavië. Nederland heeft in vergelijking met andere landen intensieve, ver reikende sociaaleconomische en handelsrelaties met het buitenland (Ghemawat 2011). Dat maakt Nederland ook extra gevoelig voor wat er in het buitenland gebeurt, zeker in Europa. Ontwikkelingen in het buitenland hebben dus consequenties voor de Nederlandse samenleving en economie. Zo ook het wereldwijd veranderende klimaat.

De gevolgen van klimaatverandering zijn wereldwijd al zichtbaar: het wordt warmer, er komen meer hittegolven,

gletsjers trekken zich terug en het ijs bij de Noordpool is aan het smelten. Door het steeds warmere zeewater worden tropische orkanen naar verwachting heviger. In veel gebieden waar het nu al droog is, zoals in delen van de tropen en in delen van Zuid-Europa, wordt nog minder neerslag verwacht, terwijl landen in de natte tropen en in Noord-Europa juist meer neerslag te verwerken krijgen. Leefgebieden van planten- en diersoorten verschuiven naar hogere breedtegraden en naar hogere zones in de bergen. Door klimaatverandering gaan de gewasopbrengsten in verschillende delen van de wereld waarschijnlijk deze eeuw veranderen, met naar verwachting toenames op hoge breedten (zoals in Noord-Europa) en afnames dicht bij de evenaar. Als landen hun kustverdediging niet tijdig aanpassen, leidt de stijgende zeespiegel tot toenemende overstromingsrisico's, vooral in delta's; juist in deze delta's liggen vaak grote steden (IPCC 2014).

Klimaatverandering kan een ontwrichtende werking hebben op de samenleving en de economie, onderkennen onder andere de Wereldbank (World Bank 2010), het Internationaal Monetair Fonds, het Internationaal Energieagentschap, Standard & Poor's (S&P 2014) en de Organisatie voor Economische Samenwerking en Ontwikkeling. In de risicoanalyse van het World Economic Forum (WEF 2015) nemen weergegerelateerde natuurrampen, falen van klimaatadaptatie en watercrises een belangrijke plaats in (figuur 1.1).

Figuur 1.1

**De tien mondiale risico's met betrekking tot waarschijnlijkheid en impact**

Bron: World Economic Forum 2015

In de risicoanalyse van het World Economic Forum (WEF 2015) nemen weegerelateerde natuurrampen, falen van klimaatadaptatie en watercrises een belangrijke plaats in. Ook bij veel andere risico's zoals verspreiding van infectieziekten, conflicten tussen staten, extreme schommelingen in energieprijzen en uitval van vitale ICT-infrastructuur kan klimaatverandering een rol spelen.

### Internationale bouwsteen voor Nederlandse Nationale Adaptatie Strategie (NAS)

Door onderzoek dat is uitgevoerd in het kader van het Deltaprogramma en het kennisprogramma 'Kennis voor Klimaat' is er al veel kennis beschikbaar over de mogelijke effecten van klimaatverandering in Nederland. De kennis over de mogelijke gevolgen voor Nederland van klimaatverandering elders in de wereld is echter nog gering. Uit studies in het Verenigd Koninkrijk (PWC 2013) en Zwitserland (INFRAS 2007) blijkt dat sommige van deze internationale risico's van effecten van klimaatverandering buiten de landsgrenzen groter kunnen zijn dan die daarbinnen. Volgens een recent EU-onderzoek zouden de effecten op Nederland van klimaatverandering buiten de Europese Unie kleiner zijn dan die op andere EU-lidstaten (Ciscar et al. 2014).

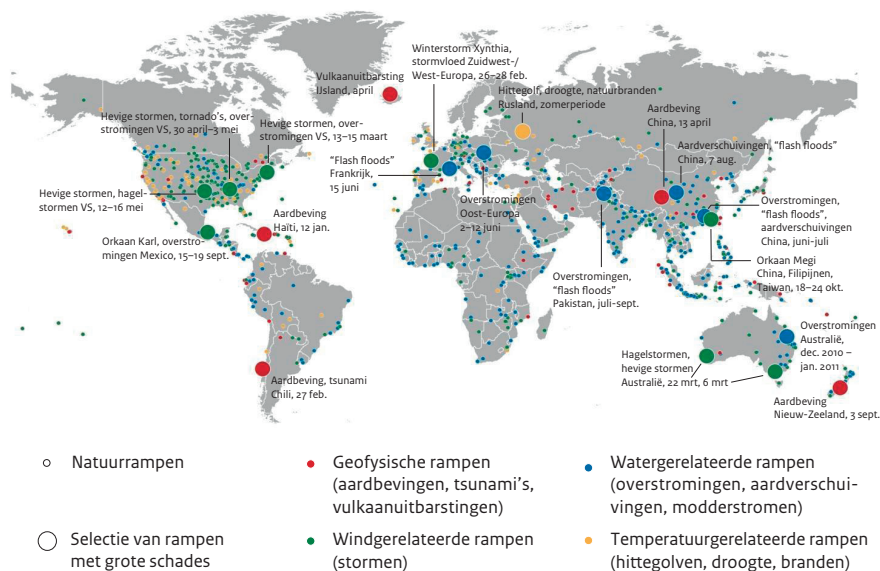
Het ministerie van Infrastructuur en Milieu heeft het Planbureau voor de Leefomgeving daarom verzocht inzichtelijk te maken wat de gevolgen voor Nederland kunnen zijn van klimaatverandering elders in de wereld. Het gaat in deze eerste verkenning niet alleen om de

risico's, maar ook om de mogelijk positieve effecten van klimaatverandering, en om adaptatieopties om deze risico's te verkleinen of kansen te benutten. Het rapport is daarmee één van de bouwstenen voor het PBL-rapport 'Aanpassen aan klimaatverandering, kwetsbaarheden zien, kansen grijpen' (PBL 2015a) en voor de Nationale Adaptatie Strategie die in 2016 gereed zal zijn (IenM). In deze nationale strategie zal aandacht worden besteed aan alle sectoren die met klimaatverandering te maken kunnen krijgen en aan de internationale aspecten. De Europese Commissie vraagt om zo'n brede benadering en heeft alle lidstaten verzocht uiterlijk in 2017 een adaptatiestrategie gereed te hebben (EC 2013b). Voor de verwachtingen over het klimaat is samengewerkt met het KNMI. De bevindingen over buitenlands beleid zijn grotendeels gebaseerd op een voor dit rapport uitgevoerde studie van Instituut Clingendael (Schaik et al. 2015).

### Leeswijzer

Voor de analyse van dit rapport zijn verschillende stappen doorlopen. Het is van belang eerst te inventariseren met

Figuur 1.2  
Natuurrampen, 2010



Bron: NatCat database, Munich Re 2011

Het aantal natuurrampen in de wereld is groot. Alleen al in 2010 werden 960 rampen gerapporteerd; een groot deel daarvan betreft overstromingsrampen en stormen.

welke landen Nederland op wat voor manier is verbonden en welke klimaateffecten er in die gebieden kunnen optreden. Hierbij kijken we niet alleen naar de gebeurtenis zelf, maar bijvoorbeeld ook naar de sociaaleconomische en bestuurlijke situatie, en het vermogen van die samenleving om klappen op te vangen (hoofdstuk 2). Het derde hoofdstuk beschrijft de typen risico's en kansen en resultaten op hoofdlijnen. Daarna gaan we per voor Nederland belangrijk thema – gezondheid, voedselvoorziening, energievoorziening, ICT-voorziening, water, biodiversiteit, economie en handel, en buitenlands beleid – in op de risico's en kansen, en op de opties voor Nederland om zich aan te passen aan de effecten die mondiale klimaatgevolgen hier kunnen hebben. In het laatste hoofdstuk geven we enkele aangrijpingspunten voor de Nationale Adaptatie Strategie (hoofdstuk 4). De analyse is gebaseerd op bestaande publicaties en datasets.

In deze publicatie leest u de conclusies uit het PBL-onderzoek. Een uitgebreide verdieping, achtergronden en context vindt u in het digitale deel van deze publicatie. Deze is te downloaden op [www.pbl.nl](http://www.pbl.nl).

### Noot

- 1 De drie Nederlandse gemeenten en de drie landen van de Nederlandse Antillen worden hier niet expliciet besproken.



# Internationale relaties en klimaateffecten

De effecten van klimaatverandering in andere landen kunnen van invloed zijn op Nederland. Het is daarom van belang eerst de internationale relaties te inventariseren; met welke landen is Nederland op wat voor manier verbonden? Vervolgens kijken we welke klimaateffecten er in die gebieden optreden.

## Welke buitenlandse relaties heeft Nederland, en hoe sterk zijn ze?

Langs verschillende paden hebben de effecten van klimaatverandering elders in de wereld invloed op Nederland. Nederland heeft immers allerlei soorten banden met het buitenland (figuur 2.1). We onderscheiden voor de internationale relaties de thema's:

- Bevolking: gezondheid, familiebanden en menselijk verkeer.
- Vitale sectoren: voedsel, energie, ICT.
- Fysieke stromen: water en natuur.
- Economie: handel, transport, investeringen en diensten.
- Buitenlands beleid: internationale veiligheid, hulp, handelsbetrekkingen, ontwikkelingssamenwerking.

## Sterke banden met Europese landen

Nederland heeft de sterkste sociale, fysieke, economische en politiekbestuurlijke banden met zijn buurlanden, met de overige Europese landen en in mindere mate met de Verenigde Staten (figuur 2.2). Zo blijft 90 procent van de Nederlanders die met vakantie naar het buitenland gaan binnen Europa, vindt 70 procent van de Nederlandse import en export binnen Europa plaats, is het Nederlandse elektriciteitsnetwerk verbonden met de

buurlanden en is 70 procent van het dataverkeer binnen Europa.

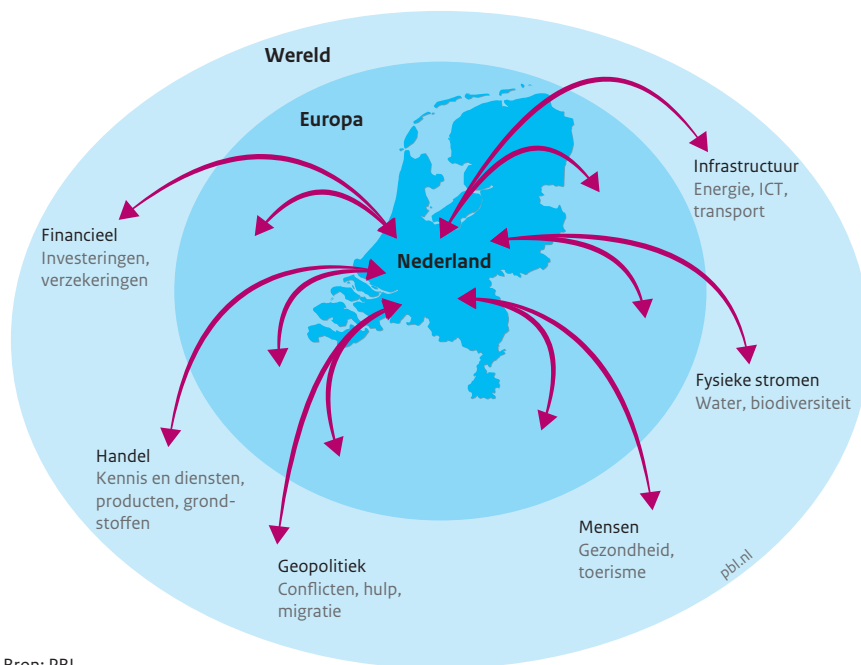
Voor Nederland liggen de investeringen in het buitenland en de internationale outsourcing van diensten voor ongeveer 30 procent buiten Europa. De landen in Azië (China, India, Maleisië) en Amerika (Verenigde Staten, Brazilië) zijn voor Nederland belangrijke partners. De partnerlanden op het gebied van ontwikkelings-samenwerking liggen voornamelijk in Afrika.

## Wat zijn de effecten van klimaatverandering in de landen en regio's waar Nederland banden mee heeft?

Wereldwijd is het klimaat aan het veranderen zoals blijkt uit de waargenomen temperatuursverandering over de afgelopen eeuw. In de afgelopen 130 jaar is het mondiaal jaargemiddeld 0,9°C warmer geworden, maar in sommige gebieden bedraagt de stijging 1,5 tot 2,5 °C (IPCC 2013). De IPCC studies laten zien dat de veranderingen de komende eeuwen zullen doorzetten.

In deze studie zijn de effecten van klimaatverandering geïnventariseerd voor alle landen en regio's waar Nederland nauw mee verbonden is. We kijken vooruit tot het jaar 2050 en geven in sommige gevallen een doorkijk tot 2100. Vaak is de onzekerheid over de toekomst groot; zo ook het tempo en de omvang van de klimaatveranderingen. We beschrijven de mogelijke risico's en kansen dan op basis van de bestaande kennis over de richting van de veranderingen, zoals een grotere kans op hittegolven. Voor de klimaatkennis en

Figuur 2.1  
Internationale relaties van Nederland



Bron: PBL

Mondiale klimaatverandering kan van invloed zijn op Nederland: door verstoring in de handelsketens of aanvoer van grondstoffen, door schade aan Nederlandse investeringen en bedrijven in het buitenland, door schade aan vitale diensten zoals de elektriciteits- of ICT-voorziening, via mensen die reizen naar landen met hogere risico's voor de gezondheid en via de geopolitieke route door conflicten of vluchtelingenstromen na een natuurramp.

klimaat effecten is gebruik gemaakt van verschillende IPCC-rapporten (IPCC 2012, IPCC 2013, IPCC 2014) en kennis van het KNMI (KNMI en PBL 2015, zie ook hoofdstuk 3 en 4 in de Achtergrondstudie PBL 2015c).

Ten aanzien van de mondiale (effecten van) klimaatverandering kan een onderscheid worden gemaakt in drie typen veranderingen:

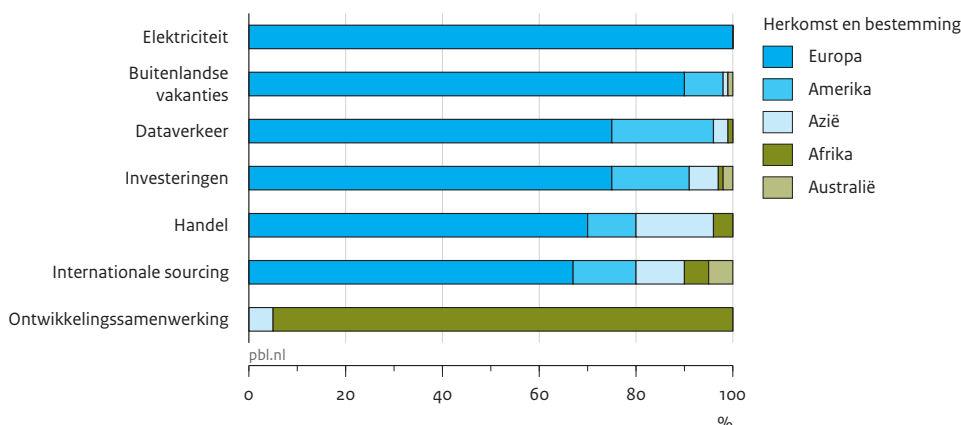
- Systeemveranderingen, waarbij het gaat om een mogelijke plotselinge systeemverandering op mondiale schaal zoals het versneld afsmelten van de ijskappen en een extreme zeespiegelstijging, het veranderen van de golfstromen, of een omslag in klimaatsystemen.
- Geleidelijke veranderingen, zoals de temperatuurstijging, zeespiegelstijging, opwarmen van oceanen, het verdwijnen van zee-ijs en gletsjers en verschuiving van neerslagpatronen.
- Veranderingen in de frequentie en intensiteit van weersextremen, zoals stormen en cyclonen, extreme neerslag, hitte en droogte.

Over de richting waarin het klimaat verandert, zijn wetenschappers het over het algemeen eens, maar de omvang en snelheid van de veranderingen en hoe deze uitpakken op een regionale schaal zijn nog zeer onzeker.

De omvang en snelheid hangen af van de mate waarin de oorzaken van de mondiale klimaatverandering door de wereldbevolking met mitigatiemaatregelen worden aangepakt. Het IPCC en het KNMI rekenen dan ook scenario's door met zowel een sterke afname van de uitstoot van broeikasgassen (met een beperking van de mondiale opwarming tot 2 graden in 2100) als een scenario met hoge emissiepaden (4 graden mondiale temperatuurstijging in 2100). In dit rapport concentreren we ons op adaptatie en niet op de mitigatie van klimaatverandering. Maar de wereldwijde mitigatiemaatregelen bepalen in grote mate de omvang en effecten van klimaatverandering, en daarmee de gevolgen voor Nederland. De gevolgen zullen immers veel beter beheersbaar zijn bij het 2 graden dan het 4 gradenscenario (World Bank 2013).

In dit onderzoek richten we ons op de risico's en kansen van de laatste twee typen veranderingen en effecten; de geleidelijke verandering en de veranderingen in weersextremen. We nemen bij deze risico- en kansanalyse niet de risico's mee van een mondiale temperatuurstijging van meer dan 4 graden of die van systeemveranderingen in het klimaat, zoals het tot stilstand komen van de warme Golfstroom. De risico's en

Figuur 2.2  
Internationale relaties van Nederland



Bron: CBS; UN Comtrade; OECD; TeleGeography; Ministerie van Buitenlandse Zaken

Nederland heeft de sterkste relaties met Europese landen, en in mindere mate met Noord-Amerika en Azië. De partnerlanden van ontwikkelingssamenwerking liggen voor het overgrote deel in Afrika.

kansen van deze veranderingen zijn op grond van de huidige kennis niet in te schatten.

### Wereldwijde klimaateffecten

Wereldwijd zijn gevolgen van klimaatverandering nu al zichtbaar: het wordt warmer, er zijn meer hittegolven, gletsjers trekken zich terug en het ijs bij de Noordpool is aan het smelten (figuur 2.3). Het warmere zeewater maakt dat tropische orkanen heviger zullen worden. In veel gebieden waar het nu al droog is, zoals in delen van de tropen en in delen van Zuid-Europa, wordt minder neerslag verwacht, terwijl landen in de natte tropen en in bijvoorbeeld Noord-Europa juist meer neerslag te verwachten krijgen. Waarschijnlijk zullen de gewasopbrengsten in verschillende delen van de wereld deze eeuw gaan veranderen door de klimaatverandering, met naar verwachting toenames op hoge breedten (zoals Noord-Europa) en afnames dicht bij de evenaar. Als landen hun kustverdediging niet tijdig aanpassen, leidt de stijgende zeespiegel tot toenemende overstromingsrisico's, vooral in delta's waarin veel grote steden liggen.

### Weergereleerde natuurrampen in landen waar Nederland relaties mee heeft

In het eerste decennium van de 21e eeuw (2001-2010) hebben zich 3500 natuurrampen voorgedaan, waarvan meer dan 3000 veroorzaakt door weersextremen. Daarbij zijn bijna 400.000 doden gevallen, het merendeel door stormen en cyclonen in Azië en door hitte in Europa en Rusland. De totale schade in die periode bedroeg ruim

800 miljard dollar, vooral als gevolg van cyclonen in de Verenigde Staten en rampen met diverse oorzaken in China en Europa (Visser et al. 2012). Dit gebeurde ook in regio's waar Nederland sterke relaties mee heeft op het gebied van handel, infrastructuur of hulp (figuur 2.4, tabel 2.1).

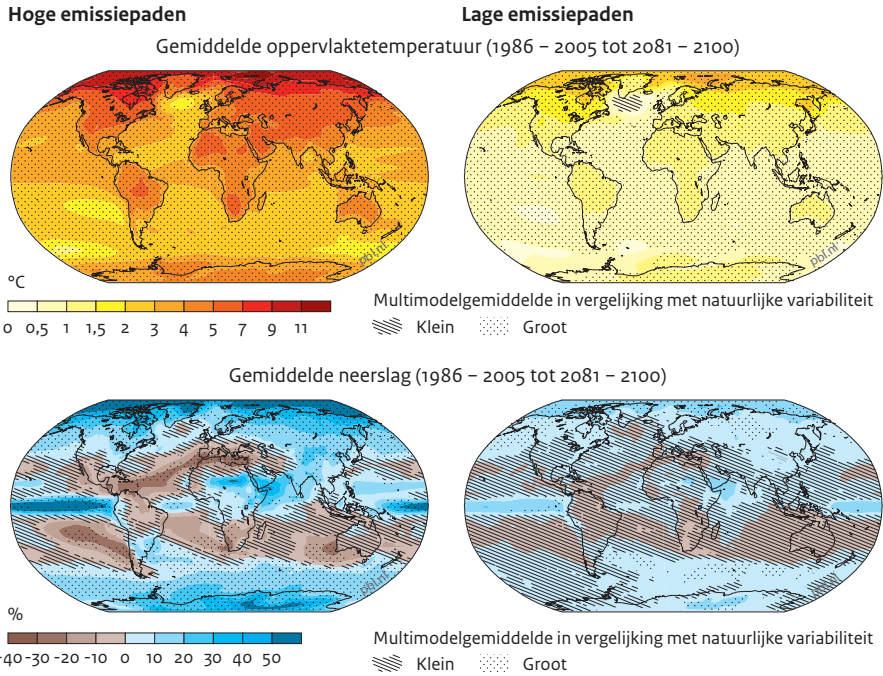
De aantallen natuurrampen kunnen van jaar tot jaar sterk verschillen (zie o.a. Visser et al. 2012). In 2010 zijn er bijvoorbeeld wereldwijd 960 substantiële natuurrampen gerapporteerd, en ook daarvan is een groot aantal water- en weergereleerd, zoals overstromingen door hevige neerslag, hagelstormen, orkanen, hitte en droogte (figuur 1.2). Nederlandse bedrijven en Nederlanders die in het buitenland werken, hebben daarmee een grotere kans om getroffen te worden door een grote ramp en de nasleep daarvan, dan in Nederland. Dit geldt ook voor Europa, waar in de periode 2001-2010 circa 480 water- en weergereleerde rampen zijn geteld. In Europa traden in deze periode, naast overstromingen en stormen, ook vele periodes van droogte en hittegolven op (zie kader 1). Wat al deze rampen buiten Nederland voor Nederland hebben betekend is moeilijk kwantitatief te schatten.

Voorbeelden van effecten zijn dat vanwege droogte in Europa en Rusland de graanprijzen in die periodes gestegen zijn en dat door de overstromingen na de orkaan Katrina (2005) in de Verenigde Staten en na de hevige regenval in Engeland in 2013 de vraag naar de kennis, kunde en handel van het Nederlandse watermanagement is toegenomen. Door de orkaan Sandy (2012) werd het financiële centrum Wall Street



Figuur 2.3

**Verandering klimaatsysteem volgens twee scenario's**



Bron: IPCC WGI 2013

Aan het einde van de eenentwintigste eeuw zullen de mondiale temperaturen zijn gestegen en neerslagpatronen veranderd. In het scenario met hoge emissies wordt voor het einde van deze eeuw een temperatuurtoename van 3,2 tot 5,4°C verwacht ten opzichte van de periode 1850-1900. Voor het laagste emissiescenario is dit 0,9 tot 3,3°C. De consequentie is een zeespiegelstijging met 26 tot 82 centimeter in de periode 2081-2100 ten opzichte van de periode 1986-2005, en een mondiale toename van de hoeveelheid neerslag. Deze verandering in neerslag is niet uniform: grosso modo neemt het contrast tussen natte en droge gebieden en tussen natte en droge seizoenen toe.

Tabel 2.1

**Aantal weegerelateerde natuurrampen in gebieden met sterke internationale relaties met Nederland (2001-2010)**

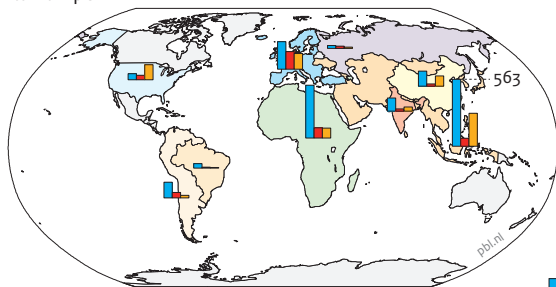
Regio	Overstromingen	Hittegolven en droogtes	Stormen en cyclonen	Totaal
Afrika	446	87	84	617
Rusland	24	19	11	54
Europa	231	148	133	512
Brazilië	37	8	5	50
Verenigde Staten	52	38	127	217
Azië exclusief China	563	66	277	906
Amerika	131	45	20	196
China	128	20	88	236
India	110	18	33	161

Bron: Cred-Database

Figuur 2.4

Weergelateerde natuurrampen in gebieden met sterke internationale relaties 2001 – 2010

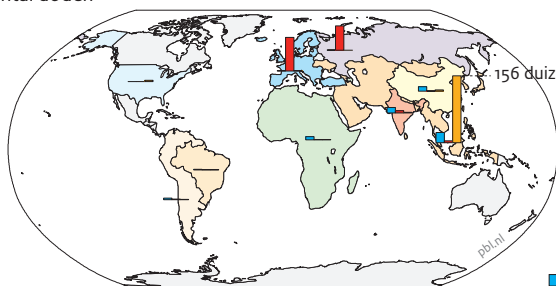
Aantal rampen



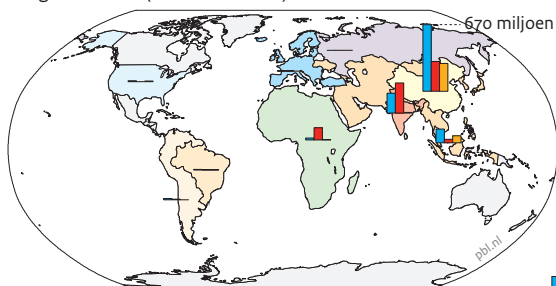
- Overstromingen
- Hittegolven en droogtes
- Stormen en cyclonen

- Regio
- Verenigde Staten
  - Brazilië
  - Overig Zuid-Amerika
  - Europa
  - Afrika
  - Rusland
  - China
  - India
  - Overig Azië en Oceanië
  - Gebieden zonder sterke internationale relaties met Nederland

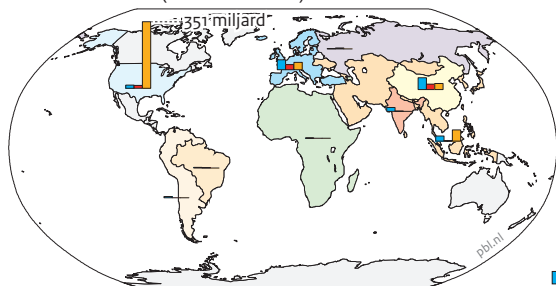
Aantal doden



Aantal getroffen (inclusief doden)



Economische schade (US dollars 2010)



Bron: CRED-database EMDAT

In het eerste decennium van de 21e eeuw (2001-2010) hebben zich wereldwijd meer dan 3500 weergelateerde natuurrampen voorgedaan. Daarbij zijn bijna 400.000 doden gevallen. De totale schade in die periode bedroeg ruim 800 miljard dollar, in Azië viel het grootste aantal doden en slachtoffers door cyclonen. In China vielen de meeste slachtoffers door overstromingen en hittegolven, en in Europa, zij het in mindere mate, door hitte. In Noord-Amerika vielen nauwelijks doden en waren er weinig getroffen; wel was er veel schade door cyclonen en droogte. In Afrika zijn er wel doden door overstromingen te betreuren, maar vooral getroffen voor droogte en hitte.

## 2 Kwetsbaarheid voor klimaatverandering ND-GAIN

De ND-GAIN is een project van de Universiteit van Notre Dame (ND) uit Indiana in de Verenigde Staten. Het project publiceert jaarlijks per land een Global Adaptation INdex (GAIN). De ND-GAIN geeft een overzicht van de kwetsbaarheid van een land voor klimaatverandering en de mogelijkheden om daar mee om te gaan. De kwetsbaarheid van een land voor (de gevolgen van) klimaatverandering bestaat uit a) de blootstelling hieraan, b) de gevoeligheid hiervoor en c) het adaptief vermogen om met (de gevolgen van) klimaatverandering te kunnen omgaan. Verschillende sectoren worden met indicatoren op deze drie begrippen gescoord: voedsel, water, gezondheid, ecosystemen, sociale leefomgeving en infrastructuur. Een complete lijst van de gebruikte indicatoren is te vinden op [http://index.nd-gain.org:8080/documents/methodology\\_2014.pdf](http://index.nd-gain.org:8080/documents/methodology_2014.pdf)  
<http://www3.nd.edu/~nchawla/methodology.pdf>

enkele dagen gesloten, en na de cycloon Haiyan in Azië (2013) was er een tijdelijke schaarste aan palmolie en heeft Nederland hulp, publiek en privaat geld geboden.

### Invloed van maatschappelijke ontwikkelingen en veerkracht op risico's en kansen

De kwetsbaarheid van een land hangt niet alleen af van de klimaateffecten maar ook van de sociaaleconomische, technologische, bestuurlijke en (geo)politieke ontwikkelingen. Ook het vermogen van die samenleving om klappen op te vangen en het vermogen om adaptatiemaatregelen te implementeren is van invloed op risico's en de kwetsbaarheid. Veel van deze ontwikkelingen spelen een dominantere rol dan klimaatverandering. Vaak zal een combinatie van ontwikkelingen de drijvende kracht zijn die de kwetsbaarheid van een samenleving verandert. De al bestaande risico's voor Nederland kunnen wijzigen door veranderingen in het klimaat; door langdurige droogte in het buitenland kan de beschikbaarheid van grondstoffen en producten afnemen, wat kan leiden tot stijgende prijzen voor consumenten. Ook kunnen sociaaleconomische ontwikkelingen zoals de internationalisering van de elektriciteitsmarkt, -productie en -infrastructuur ervoor zorgen dat het klimaat in het buitenland meer invloed krijgt op de risico's voor Nederland. Zo kunnen lange droogteperiodes in grote delen van Noordwest-Europa leiden tot schaarste of uitval van de elektriciteitsvoorziening.

Omdat sociaaleconomische en technische ontwikkelingen invloed hebben op de mate waarin een land of sector kwetsbaar is voor klimaateffecten, zijn deze voor zover bekend meegenomen in de analyse voor de risicobeoordeling voor 2050. De onzekerheden hierin zijn groot. Wat zullen de technologische ontwikkelingen op het gebied van grootschalige energieopslag kunnen betekenen voor de risico's van de energiemix van 2050? Zal de trend van internationale outsourcing doorzetten? Voor een inschatting van de kwetsbaarheid van landen in de wereld gebruiken we de NDGAIN-index (zie tekstkader 2).

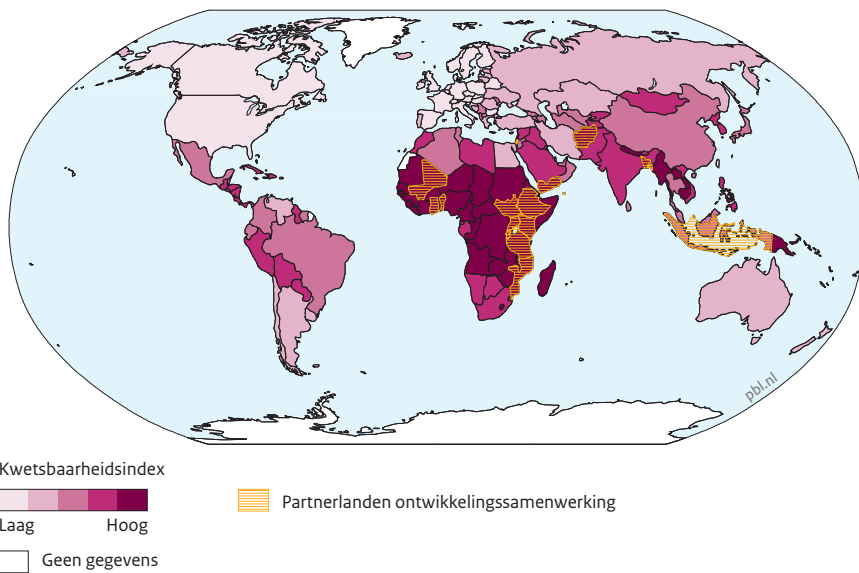
Om de impact van klimaatverandering in een land in te schatten is, naast de kwetsbaarheid, ook de veerkracht van het land van belang op economisch, bestuurlijk en maatschappelijk gebied. Het gaat om de mogelijkheid van een land om investeringen te benutten en om te zetten naar acties ten behoeve van klimaatadaptatie. Hiervoor zijn onder andere politieke stabiliteit, corruptie, opleidingsniveau en sociale gelijkheid bij de bevolking belangrijke indicatoren. Voor de biodiversiteit is de ecologische veerkracht een belangrijke factor.

### Landen waarmee Nederland relaties onderhoudt, verschillen in kwetsbaarheid

Klimaatverandering in landen waar Nederland mee handelt, kan invloed hebben op Nederlanders, Nederlandse bedrijven, de Nederlandse economie en, in het geval van partnerlanden voor ontwikkelingssamenwerking, op het doelbereik van het Nederlandse beleid. Natuurlijk zijn er binnen grote landen zoals China en de Verenigde Staten ook grote verschillen in kwetsbaarheid en veerkracht.

Europese landen en Noord-Amerika zijn relatief weinig tot matig kwetsbaar voor (de gevolgen van) klimaatverandering (figuur 2.5) en hebben een grote veerkracht om hier op de lange termijn mee om te gaan. Nederland heeft ook te maken met de effecten van klimaatverandering in landen die kwetsbaarder zijn en vooralsnog een kleinere veerkracht hebben, zoals China, India en Brazilië. Dit zijn landen waarmee Nederland in toenemende mate handel drijft en andere relaties onderhoudt. Vergeleken met deze handelspartners zijn de partnerlanden voor ontwikkelingssamenwerking zeer kwetsbaar voor klimaatverandering en weinig voorbereid op de gevolgen hiervan. Dit zijn voornamelijk landen in Afrika.

Figuur 2.5  
**Kwetsbaarheid voor klimaatverandering, 2012**



Bron: ND-GAIN

In Afrika en deels in Azië en Zuid-Amerika liggen de landen die het kwetsbaarst zijn voor klimaatverandering. De kwetsbaarheid van de partnerlanden van Nederlandse ontwikkelingssamenwerking is groot.



# Risico's en kansen

## 3.1 Inleiding

### Risico's voor Nederland

Klimaat effecten kunnen gepaard gaan met de nodige risico's. Belangrijk daarbij is: hoe waarschijnlijk het is dat een gebeurtenis zich voordoet; hoe groot de gevolgen ervan zijn; en in hoeverre de gevolgen hersteld kunnen worden. We onderscheiden 'effecten op systeemniveau': gebeurtenissen met een geringe waarschijnlijkheid, maar een zeer grote impact, en 'verstoringen': gebeurtenissen met een grote waarschijnlijkheid maar een kleine impact op de Nederlandse samenleving per keer.

Overstromingen en hittegolven zullen bijvoorbeeld relatief vaak voorkomen ergens op de wereld. Dit heeft lokaal grote verstoringen, maar leidt in Nederland niet tot grote effecten of ontwrichting van de maatschappij of macro-economie in Nederland. Op afzonderlijk bedrijfsniveau en op individueel persoonlijk niveau kunnen de gevolgen wel ingrijpend zijn. Het cumulatieve effect van gebeurtenissen die vaak optreden maar voor Nederland niet ontwrichtend zijn kan toch groot zijn. Daarbij zijn de zogenoemde impactcriteria van belang: het aantal getroffen (aantal gewonden en doden), de economische schade en milieuschade. Een kwantitatieve inschatting van impact en waarschijnlijkheid bleek, gezien de grote onzekerheden, niet mogelijk. Daarom is een indeling in klassen gebruikt.

Risico's van gebeurtenissen met een grote impact én een grote waarschijnlijkheid zijn niet uit ons onderzoek naar voren gekomen. Wel zijn er risico's in de klassen

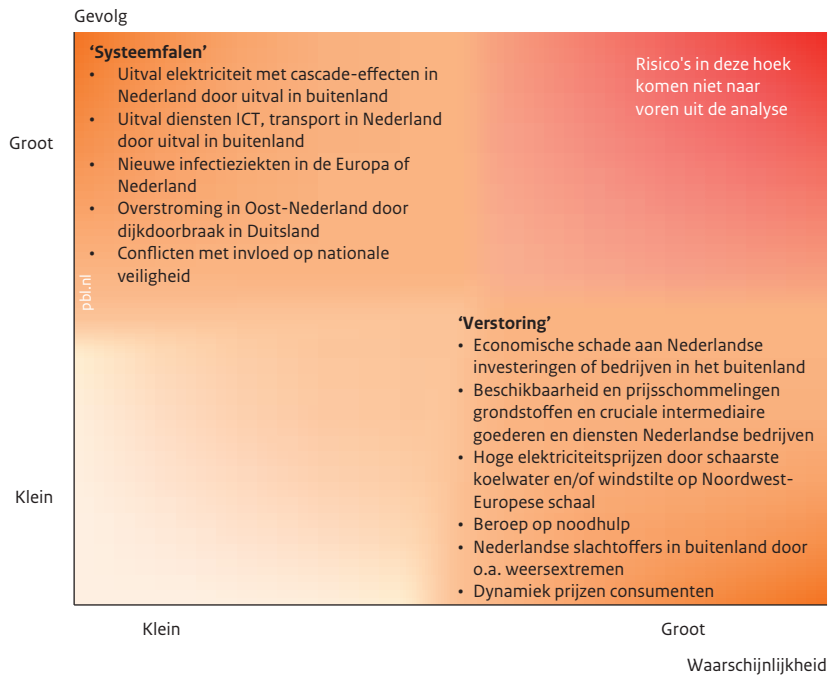
'systeemeffecten' en 'verstoringen' geïdentificeerd (figuur 3.1). De risico's worden in de volgende paragrafen per sector toegelicht, hier worden ook enkele risico's besproken met een kleine waarschijnlijkheid en kleine impact. Daarnaast hebben we voor de afzonderlijke onderwerpen enkele adaptatieopties voor Nederland op een rij gezet.

Uit onze inventarisatie komt naar voren dat vooral het optreden van weersextremen elders nu en in de toekomst risico's voor Nederland met zich meebrengt. Geleidelijke veranderingen zoals het verschuiven van klimaatzones en daarmee productieomstandigheden voor belangrijke gewassen en het verschuiven van de visbestanden door de opwarming van de oceanen hebben op langere termijn uiteraard ook gevolgen voor Nederland. De geleidelijke veranderingen bieden de tijd om tijdig in te spelen op de veranderingen. De waarschijnlijkheid dat dit de komende decennia al tot mogelijk grote effecten voor Nederland zal leiden, wordt daarom vooralsnog laag ingeschat.

### Typen kansen voor Nederland

Hoewel klimaat effecten meestal in een adem worden genoemd met risico's en bedreigingen, kunnen die klimaat effecten in het buitenland ook kansen bieden voor Nederland. We bedoelen niet kans als statistische maat voor de waarschijnlijkheid, of in het Engels likelyhood, maar kans in de zin van gelegenheid, of zoals de Engelsen zeggen opportunity.

Figuur 3.1  
Belangrijkste risico's voor Nederland door klimaateffecten elders



Bron: PBL

Nederland loopt risico's van het type 'systeemfalen' met een kleine waarschijnlijkheid, maar grote gevolgen voor personen, economie en samenleving.

Ook is er sprake van belangrijke risico's van het type 'verstoring'. Deze gebeurtenissen zullen vaak voorkomen (eens per 1-10 jaar), met per keer geringe gevolgen voor personen, economie en samenleving.

We onderscheiden drie typen kansen:

- directe kansen: bijvoorbeeld de mogelijkheden voor het Nederlandse bedrijfsleven om kennis of goederen die in Nederland zijn ontwikkeld of geproduceerd, in het buitenland te exploiteren. Voorbeelden zijn waterpompen, verzekeringen of kennis op het gebied van watermanagement.
- Kansen die ontstaan doordat klimaatverandering in het buitenland het Nederlandse bedrijfsleven een concurrentievoordeel biedt. Dit geldt bijvoorbeeld voor de Nederlandse landbouw: in Zuid-Europa zijn naar verwachting de negatieve effecten van klimaatverandering (hitte en droogte) veel sterker dan in Nederland. Daarmee kan een relatief concurrentievoordeel ontstaan voor de Nederlandse landbouw. Een ander voorbeeld zijn de voordelen voor het vestigingsklimaat voor bedrijven van het vergeleken bij andere landen relatief milde klimaat en klimaatverandering in Nederland.
- kansen voor de Nederlandse overheid en samenleving om bepaalde doelen, bijvoorbeeld die op het gebied van ontwikkelingssamenwerking versneld te realiseren of om adaptatie te verbinden aan andere doelen zoals duurzame ontwikkeling en integrale oplossingen voor waterveiligheidsvraagstukken.

De realisatie van de potentiële kansen is zeer onzeker. De kansen zijn dan ook niet ingeschat op omvang en waarschijnlijkheid.

### 3.2 Gezondheid

Verspreidingsgebieden van sommige infectieziekten en hun vectoren, zoals muggen en teken, kunnen door het wereldwijd veranderende klimaat verschuiven. Voor Europa wordt verwacht dat het risico van door teken overgebrachte hersenvliesontsteking, TBE en Lyme, en het door muggen overgedragen Chikungunya- en Dengue-virus zal toenemen in delen van Europa waar deze ziektes nu al voorkomen en zich zal manifesteren in delen waar deze ziektes 'nieuw' zijn (figuur 3.2).

Vestiging in Nederland van een nieuwe ziekte is niet onmogelijk, maar de waarschijnlijkheid wordt gering geacht, onder meer door de al bestaande monitoring en goede zorg. De kans op vestiging van nieuwe ziektes als gevolg van klimaatverandering is groter in Zuid-Europa, al is de onzekerheid van dat risico groot. Het vaak genoemde risico van malaria in Nederland of Europa door

Figuur 3.2  
Invloed van klimaatverandering op infectieziekten in Europa

		Gevolg voor de samenleving		
		Zwak	Midden	Sterk
Groot			<b>Knokkelkoorts (dengue)</b> <b>Frühsummer-Meningoencephalitis*</b>	<b>Ziekte van Lyme*</b>
Midden	Cholera (01 en 0139) Legionellose Meningokokken infectie		Buikgriep (Campylobacteriosis) <b>Chikungunya-virus*</b> Cryptosporidiosis Giardiasis Hantavirus	<b>Riftdalkoorts</b> Salmonellose Shigella dysenteriae VTEC West-Nijlvirus
Klein	Miltvuur (antrax) Botulisme Listeria monocytogenes Malaria Q-koorts Tetanus Toxoplasmosose		Krim-Congo-hemorragische koorts Hepatitis A Ziekte van Weil	Tularemie Gele koorts Yersinia enterocolitica
				<b>Vibrio soorten (behalve V.cholerae 01 en 0139)</b> <b>Viscerale leishmaniase</b>

pbl.nl

Relatie met klimaatverandering in Europa

**Paars** : Nieuwe ziekten om te monitoren

**\*** : Ziekten die momenteel een meldingsplicht kennen in sommige EU-lidstaten

Bron: Lindgren et al. 2012

Klimaatverandering kan gevolgen hebben voor de gezondheid in Europa. Zo veranderen door warmere langere zomers, warmere winters en meer regenval de verspreidingsgebieden van teken, die Lyme en TBE overdragen, muggen, die Chikungunya en Dengue kunnen overbrengen, en zandvlooien, die mensen met viscerale leishmaniasis kunnen besmetten naar gebieden waar zij eerder niet voorkwamen. Hogere temperaturen zorgen voor een toename van voedsel overdraagbare ziekten als Salmonella en van water overdraagbare ziekten als Cryptosporidium in drinkwater en Vibrio bacteria in badwater.

klimaatverandering is zeer klein. De muggen die malaria overbrengen kunnen weliswaar in Europa voorkomen, maar de verwachting is dat de ziekteverwekker (parasiet) ook bij verdere klimaatverandering niet in Europa zal gedijen (RIVM 2014a). De waarschijnlijkheid dat een nieuwe ziekte zich in Nederland vestigt, vloeit vooral voort uit het intensieve internationale verkeer van mensen, dieren, planten en goederen.

Door klimaatverandering neemt de kans toe dat Nederlanders in het buitenland (infectie)ziekten oplopen. Door hogere temperaturen of een lagere waterstand wordt het bijvoorbeeld waarschijnlijker dat water verontreinigd of voedsel bedorven is (ECDC 2010). Vakantiegangers en emigranten zullen vaker dan nu in het buitenland geconfronteerd worden met extreem weer zoals hittegolven, droogte, extreme neerslag en de gevolgen daarvan, zoals bosbranden, overstromingen en aardverschuivingen. Hittestress versterkt ademhalingsproblemen als gevolg van slechte luchtkwaliteit (RIVM 2014a; NCA 2014).

Omdat het overgrote deel van het buitenlandse verblijf van Nederlanders binnen weinig kwetsbare gebieden zoals Europa en de Verenigde Staten blijft, blijven de gezondheidsrisico's voor personen klein, maar ze zijn wel aanwezig (figuur 2.2). Ook binnen Europa zullen de risico's

toenemen van vectorziekten, verontreinigd water of bedorven voedsel (figuur 3.2) (ECDC 2010; ECDC 2012). Volgens modelberekeningen zal een hittegolf zoals in 2003 in de periode 2020-2049 in West-Europa gemiddeld eens in de 10 jaar kunnen voorkomen (Barriopedro et al. 2011). Op de Antillen, waar ook veel Nederlanders verblijven, zijn besmettingen van Chikungunya gesignaleerd (RIVM 2014b).

Huidige sociaaleconomische trends wijzen erop dat Nederlanders, op hogere leeftijd, vaker in het buitenland, steeds verder weg en buiten Europa verblijven. Deze trends versterken de gezondheidsrisico's door klimaatverandering, bijvoorbeeld van hittestress en voedselvergiftiging bij ouderen.

### Adaptatieopties

- Continueer en waar nodig versterk de al bestaande Europese en mondiale monitoring, voorlichting, vaccinatie en surveillance naar aanleiding van inschattingen van klimaatrisico's van vectoren en ziekteverwekkers. Het is belangrijk dat dit in Nederland en wereldwijd gebeurt maar vooral in de omliggende landen en landen waar veel Nederlanders verblijven (Europa, Verenigde Staten, Antillen). De kans op een nieuwe vectorziekte in Nederland is klein, maar de impact kan groot zijn.



- In het licht van klimaatverandering en het nog steeds toenemende internationale verkeer van mensen en goederen is het regelmatig uitvoeren van een stresstest van het gezondheidszorgsysteem wenselijk. Dit geeft inzicht in hoeverre Nederland om kan gaan met onverwacht opduikende ziekten

### 3.3 Voedsel

Een derde deel van wat Nederlanders eten komt uit het buitenland. Nederlanders zijn voor een deel van hun menu afhankelijk van de landbouwproductie en visserij, en daarmee van de weersomstandigheden, elders in de wereld. De voedselzekerheid van Nederland komt niet snel in gevaar omdat Nederland zelf veel voedsel produceert en er bij wereldwijde schaarste veel alternatieven zijn van andere producten of productiegebieden.

De voedselproductie in de Europese Unie en Nederland wordt beïnvloed door klimaatverandering. Op dit moment komen calamiteiten die leiden tot grootschalige productiedaling in de landbouw, zoals grootschalige epidemieën van besmettelijke dierziekten of een langdurige droogte in de Europese Unie, niet vaak voor. Door klimaatverandering nemen deze risico's toe: zo zal een grootschalige droogte in Europa als in 2003, als niet wordt voldaan aan het scenario met lage emissiepaden, in 2050 om het jaar kunnen voorkomen. Monitoring van de voedselveiligheid door Nederland en de Europese Unie blijft dan ook van groot belang.

Door de toenemende variabiliteit van het klimaat, met extreem droge of juist extreem natte perioden, zullen ook de opbrengsten in het buitenland van jaar op jaar sterker gaan verschillen, wat invloed heeft op de prijzen van producten waar de Nederlanders mee geconfronteerd worden. Protectionisme van de productielanden kan de prijzen nog verder opdrijven. Een voorbeeld is het verlies van 30 procent van de graanoogsten in Rusland in 2010 als gevolg van de extreem hete en droge zomer, waarop de Russische regering besloot de export van graan stil te leggen. Rusland is het vierde graanproducerende land ter wereld. Dergelijke verstoringen kunnen in de toekomst vaker voorkomen, met per keer beperkte gevolgen voor de bevolking, een beperkt deel van de Nederlandse economie en samenleving.

De achilleshiel van Europa en Nederland ten slotte is het deels wegvallen van de import van soja door misoogsten overzee of door geopolitiek. De kans hierop is niet erg groot, echter door zijn relatief grote soja-import is Nederland hier van alle EU-lidstaten het meest kwetsbaar voor. Omdat de soja vooral gebruikt wordt als veevoer

kan dit vooral de vlessector raken. Als de import van soja als grondstof voor veevoer door bijvoorbeeld droogte voor een groot deel wegvalt, zal Europa reageren door minder graan uit te voeren en meer graan in te voeren. Dit drijft de prijs van graan op de wereldmarkt op.

De overheid heeft een rol om de risico's van klimaatverandering voor de voedselzekerheid in beeld te brengen. Samen met het bedrijfsleven kan de overheid de risico's beperken door adaptatieopties uit te voeren. Hieronder worden enkele beschreven:

#### Adaptatieopties

- Voer regelmatig stresstesten uit op Europees schaalniveau om zwakke punten in het Europese landbouw- en voedselsysteem in kaart te brengen. Daartoe is een regelmatige update van een risicoanalyse van ontwikkelingen in de sector, voedselconsumptie en klimaatverandering van belang.
- Continueer en waar nodig versterk de al bestaande Europese monitoring van ziekten en plagen.

### 3.4 Energie

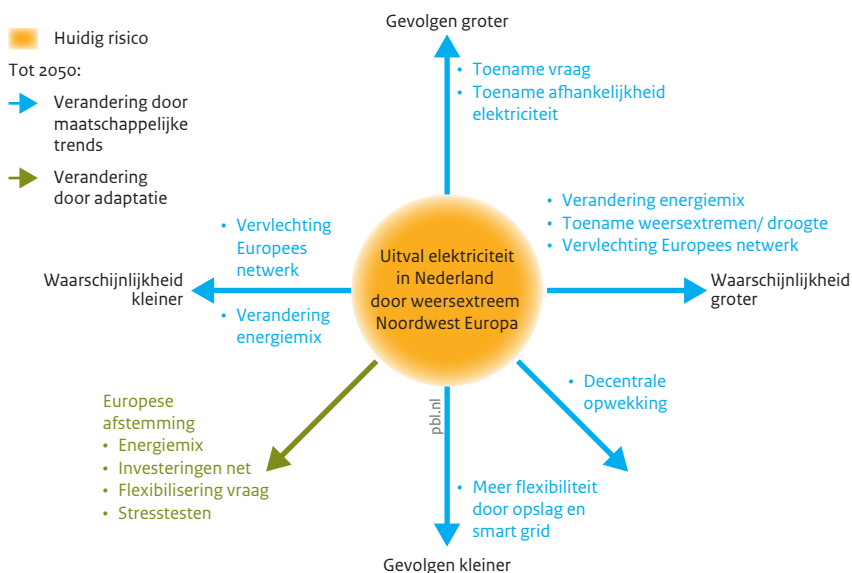
De energiesector is sterk internationaal gericht. Olie en steenkool haalt Nederland van ver, zoals uit Rusland en Colombia. Via het elektriciteitsnetwerk is Nederland verbonden met de buurlanden en deels met de rest van Europa. Ook de elektriciteitsproductie en -markt zijn Europees. Klimaatverandering buiten de Nederlandse grenzen heeft geen grote invloed op de aanvoer van grondstoffen als olie en steenkool voor de energievoorziening in Nederland. In de toekomst neemt de Nederlandse gasproductie weliswaar af en zal Nederland voor gas, steenkool en olie op het buitenland zijn aangewezen, maar mochten zich ergens ter wereld calamiteiten voordoen met gevolgen voor de winning hiervan, dan zijn er veel alternatieve bronnen. Ook heeft Nederland buffers in de vorm van voorraden. Daarnaast zal in heel Noordwest-Europa de vraag naar aardgas afnemen doordat hogere (winter)temperaturen tot een verminderde vraag naar aardgas voor ruimteverwarming leidt.

#### Waarschijnlijkheid van uitval elektriciteitsvoorziening klein, gevolgen zeer groot

De huidige elektriciteitsinfrastructuur en -productie in Nederland en Europa zijn kwetsbaar voor klimaatverandering en de daarbij horende verandering in frequentie en intensiteit van weersextremen, zoals stormen, hittegolven, periodes van droogte en overstromingen. Een langdurige periode van droogte en lage rivierafvoeren kunnen bijvoorbeeld leiden tot gebrek aan koelwater voor elektriciteitscentrales.

Figuur 3.3

## Krachtenveld risico van en adaptatie op elektriciteitsuitval tussen nu en 2050



Bron: PBL

Toekomstige veranderingen hebben uiteenlopende gevolgen voor een mogelijke uitval van elektriciteit door weersuextremen in Noordwest Europa. Klimaatverandering maakt de waarschijnlijkheid van uitval van elektriciteit groter. En maatschappelijke ontwikkelingen, zoals een toenemende afhankelijkheid van elektriciteit, vergroten de gevolgen van een stroomuitval. De elektriciteitsnetwerken in Europese landen worden meer met elkaar en met andere netwerken verbonden. Enerzijds zorgt dat voor meer redundantie en flexibiliteit, anderzijds kan uitval van het elektriciteitsnetwerk in het buitenland ook consequenties hebben voor Nederland. Technologische ontwikkelingen rond bijvoorbeeld opslag en decentrale opwekking kunnen de gevolgen verkleinen. Adaptatieopties zoals Europese afstemming verkleinen de kans en gevolgen van uitval.

Een grootschalige uitval van de elektriciteitsvoorziening is voor Nederland een van de grootste risico's, zowel wat betreft potentiële economische schade als het verstoren van het dagelijks leven met mogelijk slachtoffers als gevolg. De kans dat dit gebeurt is klein, maar het is niet geheel uitgesloten (Vogel et al. 2014), vooral bij een hittegolf in combinatie met een lage waterstand in de rivieren en een grote vraag naar elektriciteit, voor bijvoorbeeld koeling. Zo'n situatie kan de keuze noodzakelijk maken om elektriciteitscentrales die hun koelwater uit rivieren halen, af te schakelen. Zo moesten tijdens hittegolven in 2003, 2006 en 2009 verscheidene elektriciteitscentrales de productie beperken wegens tekort aan koelwater (Forster & Lilliestam 2011). De hittegolf in 2006 vond plaats in heel Noordwest Europa. Nederland kon daardoor minder elektriciteit importeren. Om te voorkomen dat bij het uitschakelen van enkele centrales het totale systeem zou uitvallen, verleende het ministerie van Verkeer en Waterstaat ontheffing voor de inname van (te warm) koelwater. De voortgaande lozing van koelwater leidt in deze situaties tot een verdere verhoging van de watertemperatuur en vormt daarmee een bedreiging voor de waterkwaliteit, volksgezondheid en natuur.

Bij een verminderde elektriciteitsproductie door uitval of afschakelen van productie-eenheden in Noordwest-Europa zullen de prijzen van elektriciteit op de spotmarkt (een beurs waar elektriciteit wordt verhandeld in uurprijzen) stijgen; dit heeft vooral een economische impact op de industrie, maar remt de vraag en bevordert daarmee een nieuw evenwicht tussen vraag en aanbod. Ook kunnen grote pieken en dalen in de Noordwest Europese elektriciteitsproductie door wind- en/of zonne-energie een onbalans in het stroomnet veroorzaken met risico's van uitval tot gevolg.

Het Noordwest-Europese elektriciteitsnetwerk is vrij stabiel. Het is dan ook niet waarschijnlijk dat de elektriciteitsvoorziening uitvalt, maar als dat gebeurt zijn de gevolgen wel zeer groot (figuur 3.1). De energievoorziening is een zogenoemde vitale infrastructuur. Bij een grootschalige uitval ontstaat er het risico van ontwrichting van de maatschappij (Vogel et al. 2014). Huishoudens en belangrijke gebruikers, waaronder ziekenhuizen, worden getroffen. Veel zal afhangen van de duur, het tijdstip en de schaal van de uitval en de beschikbaarheid en werking van noodvoorzieningen. In de zogenoemde Nationale Risicobeoordeling zijn de gevolgen ingeschat van een

scenario waarbij landelijk de elektriciteit uitvalt. Hierbij is geen expliciete oorzaak benoemd, maar de NRB ziet uitval in Nederland via het netwerk door uitval in het buitenland als reële oorzaak (BZK 2009). Door het uitvallen van elektriciteit kan cascade-uitval optreden in de ICT- en transportinfrastructuur en het betalingsverkeer (Vogel et al. 2014). Ook als deze cascade-effecten alleen in het buitenland optreden, bijvoorbeeld uitval van ICT bij de spoorwegen in een buurland, kan dat gevolgen hebben voor Nederland.

### **Elektriciteitsvoorziening kwetsbaarder door klimaatverandering en maatschappelijke ontwikkelingen**

Het risico in de toekomst op een verstoring van de elektriciteitsvoorziening wordt groter. Deze toename wordt veroorzaakt door de combinatie van een toename in de frequentie en intensiteit van weersextremen en gelijktijdig optredende maatschappelijke ontwikkelingen (figuur 3.3). Hieronder worden deze factoren toegelicht:

#### **Toename weersextremen/droogte**

Hoewel de hoeveelheid zonnestraling en wind nauwelijks zullen veranderen door klimaatverandering wordt het risico in de toekomst op een verstoring van de elektriciteitsvoorziening toch groter. Weersextremen zoals droge periodes met lage rivierafvoeren zullen vaker optreden. Bovendien treden weersextremen, zoals droogtes of windstille situaties onder hoge-drukgebieden, op het schaalniveau van enkele duizenden kilometers (bijvoorbeeld een regio ter grootte van Noordwest-Europa). Hierdoor versterken pieken en dalen in de hernieuwbare elektriciteitsproductie en in de elektriciteitsvraag in buurlanden elkaar.

#### **Vervlechting Europees netwerk**

De internationalisering van elektriciteitsinfrastructuur, -productie en -markt is een belangrijke ontwikkeling die de kwetsbaarheid van de elektriciteitsvoorziening beïnvloed. De internationale vervlechting heeft het voordeel dat de redundantie in het netwerk toeneemt (zie tekstkader 3) en het risico op uitval afneemt. Een nadeel is dat uitval van het netwerk in het buitenland ook problemen kan opleveren in Nederland (figuur 3.3).

De waarschijnlijkheid dat de elektriciteitsvoorziening in (Noordwest-)Europa in zijn geheel uitvalt, is laag. Het is desondanks niet uitgesloten. De Europese netbeheerders zijn hier in 2006 al eens tegenaan gelopen (ENTSOE 2014b). Een hoogspanningsleiding was buiten gebruik juist toen er een grote piek optrad in de stroomproductie van Duitsland, door het opwekken van windenergie. De hoge bezettingsgraad en de complexiteit van het beheer van het Europese elektriciteitsnet (door 42 verschillende netwerkbeheerders) leidde er toen toe dat een deel van het Europese elektriciteitsnet uitviel. Er zaten meer dan 15 miljoen mensen ruim 2 uur zonder elektriciteit. Tijdens dit incident was er grote bezorgdheid dat dit kon leiden tot een totale uitval van het Europese hoogspanningsnet. Bij een complete uitval is het weer opstarten van het net een complexe aangelegenheid die meerdere weken kan duren. Bij de evaluatie van het incident wezen de Europese netwerkbeheerders op het feit dat het systeem steeds meer op zijn maximale capaciteit werkt, omdat de internationale handel in elektriciteit een steeds grotere vlucht heeft genomen. In de afgelopen 50 jaar is het Noordwest-Europese elektriciteitssysteem ontwikkeld als een back-up voor het geval in een land de elektriciteit uitvalt – zo'n uitval kon dan worden gecompenseerd door productie in andere landen. Vandaag de dag is het echter geen reservesysteem meer, maar een intensief gebruikte infrastructuur, waar gedreven door prijsfluctuaties grote energiestromen, binnen een uur, van de ene naar de andere kant worden gestuurd. Het oorspronkelijk ontwerp heeft hier echter niet in voorzien. Doordat er een sterke toename van de onderlinge elektriciteitsstromen tussen landen plaatsvindt, is het noodzakelijk de vraagstukken van leveringszekerheid in Noordwest-Europese context te bezien. Daarom hebben de ministers van de Noordzeelanden de gezamenlijke netwerkbeheerders gevraagd om gezamenlijk een analyse te doen en met voorstellen te komen. Eind 2014 werden de eerste resultaten van dit project gepubliceerd. Ongeveer negentien interconnecties zouden voor een besparing van 1 tot 4,1 miljard euro per jaar kunnen zorgen tegen een investering van 17-22 miljard (ENTSOE 2014a).

Figuur 3.4  
Internationale verbindingen elektriciteitsnetwerk Nederland, 2015



Bron: Structuurvisie Infrastructuur en Ruimte (SVIR); TenneT

Het Nederlandse elektriciteitsnetwerk is sterk verbonden met andere Noordwest-Europese landen. Het Europees hoogspanningsnet (380/400 kV), met een lengte van 220.000 km, verbindt 23 Europese landen of 450 miljoen Europeanen met elkaar. De 42 Europese netwerkbeheerders, of TSO's (Transmission System Operators), werken hierin samen via ENTSOE-E.

### 3 Toename internationale verbindingen elektriciteitsnetwerk

De afgelopen jaren hebben internationaal opererende beheerders van elektriciteitsnetwerken, zoals TenneT, verbindingen aangelegd tussen landelijke netwerken. Nederland heeft een 400 megawattverbinding met Noorwegen en een 1000 megawattkabel met het Verenigd Koninkrijk. In tijden van stroomoverschot in het ene land en stroomtekort in het andere, kan via de kabels stroom worden uitgewisseld. Dit heeft positieve effecten op de stroomprijzen en zorgt voor verdere integratie van de Europese elektriciteitsmarkt.

Een specifiek doel van de verbinding met Noorwegen is een optimale uitwisseling van duurzame energie tussen Nederland (windenergie) en Noorwegen (waterkracht). Als er een overschot is aan duurzame elektriciteitsproductie in Nederland kan dat getransporteerd worden naar Noorwegen. De waterreservoirs in Noorwegen fungeren dan als een natuurlijke opslag voor windstroom door het water in de reservoirs te houden. Andersom kan Nederland op momenten van grote vraag de voordelige, Noorse, duurzame waterkrachtstroom importeren.

### Verandering energiemix

Een andere belangrijke ontwikkeling is verandering van de energiemix in Europa. De weers- en klimaatinvloed op de energievoorziening wordt in de toekomst groter door een groter aandeel van zonne- en windenergie, waterkracht en biomassa in de Noordwest-Europese elektriciteitsvoorziening (figuur 3.5). Verstoringen in de elektriciteitsvoorziening worden daarmee waarschijnlijker (figuur 3.3).

Een van de karakteristieken van de productie van elektriciteit uit wind- en zonnenergie is dat die energie voor een groot deel van de opgestelde capaciteit tegelijkertijd plaatsvindt. Als het waait, dan waait het vaak in het merendeel van het land, en bovendien is er ook nog een sterke correlatie met de wind in naburige landen. Dit geldt deels ook voor de elektriciteitsproductie met zonnepanelen, zij het in iets mindere mate dan bij wind. De zon en de wind zijn intermitterende bronnen die, anders dan centrales, niet kunnen worden ‘aangezet’ als de vraag groot is (Verzijlbergh et al. 2014). Met andere woorden, de geproduceerde hoeveelheid windenergie is variabel, waardoor de levering niet altijd even betrouwbaar is. De Nederlands-Duitse beheerder TenneT moest in 2011 al duizendmaal ingrijpen en overschakelen naar elektriciteitsproductie uit andere bronnen tegenover slechts tweemaal in 2003. Marktpartijen hebben wel programmaveantwoordelijkheid, maar betrouwbaarheid is een publiek goed (Boot 2014).

Daar komt bij dat weersextremen zoals hittegolven en windstilte door blokkades van hogedrukgebieden voorkomen op het schaalniveau van Noordwest-Europa en langdurig kunnen zijn. Het is daarom van belang rekening te houden met het feit dat Nederland en zijn buurlanden op hetzelfde moment veel of juist weinig elektriciteit met wind kunnen opwekken. De vraag is of de buffercapaciteit van de waterkracht en de verbindingen met Scandinavië voldoende zijn om langdurige windstille periodes op te vangen. De grootste zorg is een periode van bewolkte, windstille dagen in de winter, waarin de vraag naar elektriciteit groot is en er beperkt extra gas voor elektriciteit beschikbaar is door de grote vraag naar gas voor verwarming.

### Toename vraag en afhankelijkheid elektriciteit

De gevolgen van schaarste en uitval van elektriciteit nemen toe naarmate de vraag naar en de afhankelijkheid van elektriciteit toenemen (figuur 3.3). De vraag naar diensten en producten die veel elektriciteit gebruiken neemt toe; voorbeelden zijn het elektrisch rijden en de ICT-sector. Daarnaast zal de koeling van gebouwen in de zomers meer elektriciteit vragen, zeker bij hittegolven. Tegelijkertijd wordt de toenemende vraag naar elektriciteit juist weer beperkt door de ontwikkeling van

energiezuinige apparatuur. Gecombineerd is er sprake van een gematigde toename van de vraag naar elektriciteit (Hekkenberg & Verdonk 2014). Ook zal elektriciteit steeds meer andere energiebronnen vervangen, bijvoorbeeld het elektrisch koken dat koken op gas vervangt. Door het ontbreken van alternatieve energiebronnen bij een calamiteit zoals het ontbreken van een gasinfrastructuur in huishoudens om eten te koken worden de gevolgen van stroomuitval voor de samenleving groter.

### Flexibiliteit door opslag en ontwikkeling van een smart grid

De kans op schaarste en uitval neemt af door opslag van elektriciteit. Naast energieopslagopties, waardoor de kosten voor het elektriciteitsnet toenemen, zijn er ook mogelijkheden om de vraag naar elektriciteit te verkleinen op momenten dat de elektriciteitsproductie gering is (figuur 3.3). Dit zuinig en slim omgaan met energie kan verder gestimuleerd worden door de slimme elektriciteitsmeter te introduceren in combinatie met het aanbieden van variabele uurtarieven voor elektriciteit voor de kleinverbruiker.

Een ‘slim elektriciteitsnet’ (smart grid) heeft als functie de vraag naar en het aanbod van elektriciteit te reguleren en in balans te houden, om op die manier enerzijds overbelasting van het net en anderzijds tekorten te voorkomen. Door een smart grid wordt de kans op een verstoring kleiner. Het risico op cascade-effecten bij verstoringen in de ICT-voorziening wordt echter groter. Binnen de Europese Unie vinden verschillende proefprojecten plaats om dit concept te testen; naar verwachting wordt dit concept de komende jaren verder ontwikkeld (Lund 2014).

### Decentrale opwekking

Warmte en elektriciteit worden niet meer alleen in grote energiecentrales opgewekt, maar ook op kleine schaal en verspreid over een groot gebied. Aan de ene kant wordt daarmee het risico op uitval door bijvoorbeeld weersextremen kleiner, omdat mogelijk een kleiner deel van de productie wordt geraakt. Anderzijds wordt het risico groter, omdat de balans in het net lastiger is te beheren en de herstelduur bij uitval mogelijk langer is.

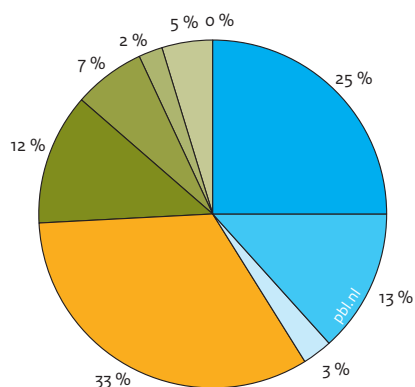
### Adaptatieopties

Het aanpassen van de energiesector aan de gevolgen van klimaatverandering is een urgente zaak. Niet zozeer door de klimaatverandering zelf, maar doordat er nú ontwikkelingen gaande zijn waarop kan worden ingespeeld. De energiesector werkt momenteel aan een energietransitie. Op korte termijn zijn grote investeringen in netten en productie-eenheden nodig. De beslissingen daaromtrent worden nu genomen en investeringen nu

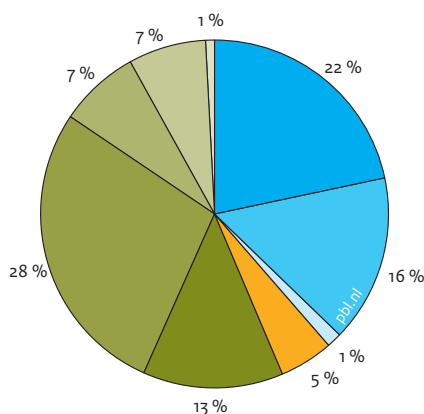
Figuur 3.5

## Bronnen voor elektriciteitsproductie in Noordwest-Europa

2013



Raming, 2030



Bron: ECN/Eurelectric

Het aandeel van bronnen die gevoelig zijn voor weersextremen in de productie van elektriciteit (biomassa, waterkracht, zon en wind) in Noordwest-Europa zal mogelijk toenemen van een kwart in 2013 tot ruim de helft in 2030. Vooral de stroomproductie uit wind zal kunnen toenemen van 7 procent naar 28 procent. Onder Noordwest-Europa verstaan we: Nederland, Verenigd Koninkrijk, Duitsland, Denemarken, Noorwegen, België en Frankrijk.

gedaan. Op die momenten kunnen maatregelen zo worden ingevuld dat wordt geanticipeerd op de verandering van het klimaat. Daarbij kan rekening worden gehouden met de risico's van klimaatverandering en de afhankelijkheid van internationale diensten en netwerken.

Opties voor de Nederlandse overheid en energiesector zijn:

- Stem de energievisie af met andere Noordwest-Europese landen en stuur als overheid aan op het behoud van een gevarieerde en (klimaat)bestendige energievoorziening, met voldoende buffercapaciteit.
- Stimuleer technische ontwikkelingen voor bijvoorbeeld opslag van elektriciteit of voor meer flexibiliteit in het systeem voor vraag en aanbod van elektriciteit bijvoorbeeld door de introductie van de slimme elektriciteitsmeter, in combinatie met de mogelijkheid van variabele uurtarieven voor kleinverbruikers van elektriciteit.
- Bouw bij investeringen prikkels in om te testen of de robuustheid/diversiteit van het energiesysteem gebaat is met de (nieuwe) investering bijvoorbeeld randvoorwaarden voor opslag en reservecapaciteit.
- Stel voor investeringen minimale criteria op Europees niveau op om mogelijke uitval door de gevolgen van klimaatverandering te minimaliseren, bijvoorbeeld via

normalisatie of het aanpassen van de regulatievoorschriften van toezichthouders. Dit kan bijvoorbeeld door eisen te stellen bij de keuze van de bouwlocatie of ten aanzien van het gebruik van koelwater en het beperken van het overstromingsrisico bij de bouw van een elektriciteitscentrale.

- Ontwikkel en voer stresstesten uit op de klimaatgevoeligheid van de Noordwest-Europese energiemix ten behoeve van risicospreiding. Doordenk op deze wijze de risico's van klimaatverandering en de afhankelijkheid van internationale diensten en netwerken expliciet op (Noordwest-)Europese schaal. Wat gebeurt er bijvoorbeeld bij langdurige periodes van windstilte en gebrek aan koelwater wanneer gelijktijdig een grote vraag is naar elektriciteit in een grote Noordwest Europese regio.
- Werk op Europese schaal aan geharmoniseerde standaarden en keuzes voor ontheffingen voor het gebruik van koelwater, het beheersen van risico's van overstrooming van centrales en het ontzien van ecologisch kwetsbare locaties. Versterken van de coördinatie op Europees niveau kan de klimaatbestendigheid van de energiesector vergroten. Bij calamiteiten (van vooral het hoogspanningsnet) kunnen hierdoor de gevolgen voor mens en milieu worden beperkt.

### 3.5 ICT

De ICT is net als de energiesector een vitale sector: uitval van ICT-diensten kan leiden tot maatschappelijke ontwrichting. Vanwege de verwevenheid van energie, ICT en transport is er een kans op cascade-effecten zoals uitval in andere vitale sectoren zoals het betalingsverkeer of gezondheidssector.

De ICT-sector is sterk internationaal gericht en de ICT-infrastructuur is onderdeel van een wereldwijde, 'hyperverbonden' ICT-infrastructuur (cyberspace) (figuur 3.6). Het internationale data- en telecommunicatieverkeer gaat over internationale zogenoemde backbones, bestaande uit trans-Atlantische zeekebels, satellietverbindingen en hogesnelheids-glasvezelbundels op het land die transportdiensten leveren. Het internationale telecommunicatieverkeer gaat voor 99 procent via zeekebels.

Verbonden aan deze internationale backbones zijn de internet exchanges, netwerken van vele datacenters, waar gegevens worden opgeslagen en van waaruit applicatie- en clouddiensten en andere internetgerelateerde internationale diensten worden aangeboden. Storingen in datacenters en operators kunnen bedrijven wereldwijd raken. Maar ook de onderliggende, door derde partijen geleverde diensten, die het 'smeermiddel' vormen voor de zichtbare ICT-infrastructuurdiensten, worden door partijen buiten Nederland geleverd. Dit betreft bijvoorbeeld het beheer van de adresserings- en domeinnamen. Ook een fout in de internationale routingstabellen of bij wereldwijd werkende Internet Serviceproviders kan leiden tot onderbreking van diensten (Luijff & Oort 2014). Dit internationale karakter van de sector maakt dat de Nederlandse ICT-sector kwetsbaar is voor (de gevolgen van) klimaatverandering elders in de wereld en daarbij horende weersextremen, zoals stormen, hittegolven en overstromingen (Carter et al. 2009). De sector heeft de sterkste relaties met Europese landen (figuur 2.2). Echter, voor het functioneren van veel ICT-diensten zijn ook de vele verbindingen in delen van de wereld die kwetsbaarder zijn voor de gevolgen van klimaatverandering en/of die vergeleken met Nederland een kleiner adaptief vermogen hebben om daarmee om te gaan belangrijk.

De impact van een verstoring van de ICT-voorziening op Nederland is groot; de kans dat dit gebeurt door (de gevolgen van) klimaatverandering in het buitenland is zeer klein, maar niet onvoorstelbaar (zie figuur 3.1). Uit een onderzoek in 18 Europese landen, bleek in 2011 dat 12 procent van de ICT-uitval met een duur langer dan 24 uur (tot zelfs enkele weken) een directe natuurlijke oorzaak had, zoals een storm, overstroming of hevige

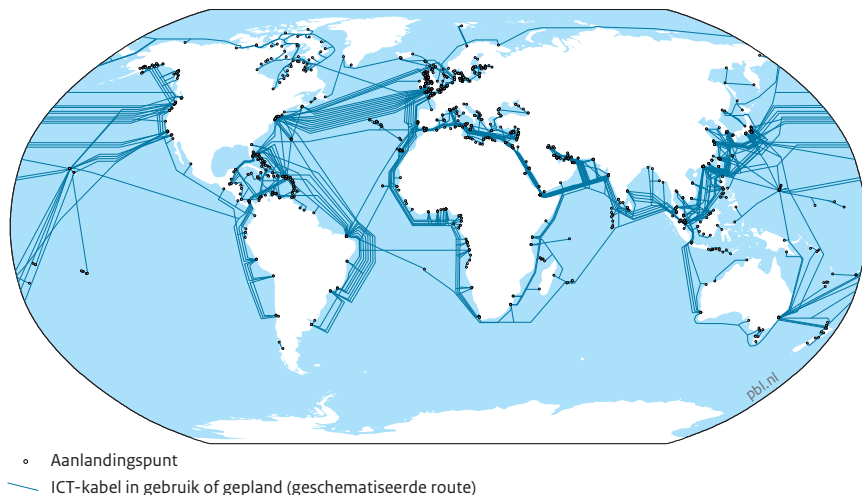
sneeuwval (ENISA 2012). Naast directe uitval van ICT door weegerelateerde rampen was een nog groter deel van de ICT-uitval een gevolg van het uitvallen van de elektriciteitsvoorziening. Aan deze uitval van elektriciteitsvoorziening lagen ook deels weegerelateerde rampen ten grondslag (ENISA 2012). Zo kan het falen van een internationaal verbindende zeekebel na een storm leiden tot een verstoring van de communicatie met een grote regio als het Verre Oosten of Australië of een aantal landen tegelijk in Afrika. Reparatie kan soms weken duren, en in veel gevallen is er onvol-doende back-upcapaciteit via andere kabels en satellieten.

Ook datacenters en andere infrastructuur kunnen uitvallen door weersextremen als overstromingen, stormen of blikseminslagen en daaruit voortvloeiende branden. Datacenters produceren veel warmte en moeten in veel regio's worden gekoeld. Bij hittegolven kan de koeling van datacenters uitvallen door oververhitting (zie tekstkader 4). In sommige regio's gebruiken datacenters koelwater waaraan in periodes van droogte een tekort kan zijn. Bij uitval van delen van het netwerk of knooppunten (datacenters) kan het dataverkeer worden omgeleid of vanuit back-updiensten worden geleverd. Omleidingen leveren meestal wel congestie op, wat in sommige gevallen leidt tot een forse afname van de kwaliteit van de geleverde diensten. In sommige gevallen kunnen er data verloren gaan als de back-up op dezelfde locatie is geregeld.

Dit internationale karakter van de ICT-sector maakt dat de Nederlandse afhankelijkheid van ICT door klimaatverandering over de gehele wereld kan worden beïnvloed. De sector heeft verbindingen in delen van de wereld die kwetsbaarder zijn voor de gevolgen van klimaatverandering en/of een kleiner adaptief vermogen hebben om ermee om te gaan dan Nederland. De impact van verstoring van de ICT-voorziening op Nederland is groot voor de bevolking, economie en samenleving; er is dan sprake van systeemfalen. Het risico dat dit gebeurt door (de gevolgen van) klimaatverandering in het buitenland is zeer klein maar niet onvoorstelbaar. Overstromingen in India, de Verenigde Staten of het Verenigd Koninkrijk kunnen gevolgen hebben voor ICT-diensten in Nederland. Bij een derde van de Nederlandse bedrijven die diensten uitbesteden aan landen elders in de wereld (internationale sourcing) gaat het om administratieve en ICT-diensten, bijvoorbeeld in India. Verder kunnen Nederlandse belangen in het buitenland worden geschaad door uitval van ICT elders wanneer daardoor, bijvoorbeeld, de productie of het transport van goederen of grondstoffen wordt verstoord.

Deze risico's nemen toe door de grotere kans op weersextremen wereldwijd in combinatie met trends in

Figuur 3.6  
Internationale zeekabels ICT, 2015



Bron: TeleGeography ([www.submarinecablemap.com](http://www.submarinecablemap.com), 2 februari 2015)

Nederland is met veel zeekabels internationaal verbonden. Ook zeekabels zijn kwetsbaar voor klimaatverandering, bijvoorbeeld voor aardverschuivingen na stormen.

#### 4 Uit de media

##### 5.4 Het internet plat door extreme hitte

'Australië heeft te kampen met een hittegolf en dat heeft gevolgen voor internet. Een ISP in de stad Perth zag zich genoodzaakt zijn servers geheel uit te schakelen', meldt de BBC [in januari 2015] op zijn website.

Het gaat om iiNet, de op een na grootste internetaanbieder in Australië. Met een buitentemperatuur van meer dan 44 graden kwam de koeling van de servers in gevaar, zo meldt de ISP. Het uitschakelen van de servers was een 'voorzorgsmaatregel'. Het uitschakelen van het hele datacentrum zorgde voor zwarte schermen. Grote groepen gebruikers in de omgeving van Perth konden ruim 6 uur geen gebruik maken van internet.

Normaliter kan iiNet wel doorwerken als het buiten extreem heet is, alleen had het bedrijf nu te kampen met een dubbele storing. 'De hoofd-airconditioner hield er mee op en ook het back-upstelsel vertoonde mankementen. In zo'n geval is het beter om op zeker te spelen en de apparatuur uit te zetten', aldus chieft technology officer Mark Dioguardi van iiNet.

Zie <http://www.automatiseringgids.nl/nieuws/2015/02/internet-plat-door-extreme-hitte>



de sector en samenleving, zoals een toenemende afhankelijkheid van vitale infrastructuren en ICT, de explosieve groei van dataverkeer in relatie tot de capaciteit van het netwerk. Een andere trend die de kwetsbaarheid van Nederland voor klimaatverandering elders vergroot, is die waarbij steeds meer offshorediensten worden gebruikt en data ‘in de cloud’ worden opgeslagen. Data en applicaties die voor Nederland van cruciaal belang zijn, worden in toenemende mate buiten Nederland geplaatst.

### Vestigingsklimaat ICT is een kans voor Nederland

Nederland heeft een relatief aantrekkelijk vestigingsklimaat voor de ICT-sector, mede dankzij het relatief milde klimaat in Nederland (ook in de toekomst), de relatief grote waterveiligheid door de Nederlandse investeringen in klimaatadaptatie, de grote energiezeekerheid (productie bij koelwater aan de kust, ondergrondse netwerken), de ICT-zekerheid (koele datacenters, redundantie in het netwerk) en de centrale locatie in Europa. Zo is, naast de Rotterdamse haven en de luchthaven Schiphol, in Nederland een derde mainport van groot economisch belang: de ‘digitale haven’ van internetknooppunten, hostingbedrijven en datacenters. In 2013 steeg bijvoorbeeld het dataverkeer over de Amsterdam Internet Exchange (AMS-IX) met 30 procent. Ter vergelijking: de overslag in de Rotterdamse haven nam met 1 procent toe, en de passagiersgroei op Schiphol was 4,6 procent. Door de exorbitante groei wordt op het Amsterdamse ‘internetknooppunt’ op piektijden 3,2 terabyte per seconde uitgewisseld. Dat is meer dan 3.000 gigabyte (Deloitte 2014).

### Adaptatieopties

De ICT-sector maakt een zeer explosieve groei door, wat soms om grote investeringen vraagt. De urgentie om maatregelen te nemen is daarom, net als bij de energie-sector, niet zo groot vanwege klimaatverandering, maar vooral omdat er op korte termijn investeringen moeten worden gedaan voor de lange termijn, vooral in het netwerk en in datacenters. Door langetermijn-investeringen in het internationale netwerk en datacenters kan op de gevolgen van klimaatverandering worden ingespeeld.

Het adaptief vermogen van deze sector is door de grote dynamiek groot, het bewustzijn van risico's van klimaatverandering klein. Er bestaat al regelgeving die de zorgplicht van ICT-diensten regelt, deze geldt nog niet voor datacenters (Runhaar et al. 2014).

De Rijksoverheid heeft een belangrijke rol in de verantwoordelijkheid voor het functioneren van vitale infrastructuren. Dat betekent niet dat de uitvoering van de adaptatiemaatregelen ook door de Rijksoverheid

moeten gebeuren. Integendeel, andere partijen zijn daar beter voor toegerust. Klimaatadaptatie van de ICT-sector vraagt dan om een internationale aanpak van overheden en bedrijfsleven samen.

Belangrijke aangrijpingspunten zijn:

- Breng de risico's van klimaatverandering in kaart voor de totale internationale keten van ICT-voorziening en -diensten van de Nederlandse gebruikers: overheid, bedrijfsleven en burgers.
- Geef inzicht in de rol van ICT in vitale sectoren, zoals de energie-, transport-, financiële-, voedsel- en gezondheidssector. Met dit inzicht kan de kans op cascade-effecten bij uitval worden ingeschat.
- Voer regelmatig internationale stresstesten uit: doordenk de risico's van klimaatverandering op basis van EU-risicoanalyses. Wat betekent bijvoorbeeld een overstrooming van datacentra in het Rijnstroomgebied voor Nederland, of wat betekent een grootschalige Europese hittegolf voor de elektriciteitsvraag van datacentra, bedrijven en huishoudens? Dit kan binnen de bestaande Europese structuren voor de ICT-sector die bijvoorbeeld al de risico's van cybercrime in kaart brengen.
- Maak internationale afspraken over de verantwoordelijkheidsverdeling in de hele keten, ten minste op EU-niveau. De Rijksoverheid zorgt voor de randvoorwaarden, onder meer via wet- en regelgeving, en het stellen van normen. Wat betreft de ICT-wereld kan dat goed functioneren als de continuïteitsplannen in de praktijk ook werken en de regelgeving die de zorgplicht van ICT-diensten regelt, is uitgebreid naar datacenters (Runhaar et al. 2014).

## 3.6 Waterveiligheid en watervoorziening

Het rivierwater stroomt via de Rijn, Maas, Eems en Schelde de Nederlandse delta binnen. Wat er met dat water in Duitsland en België gebeurt, heeft invloed op het water dat door deze rivieren stroomt. Het waterbeheer in Duitsland en België is dus van belang voor Nederland. Dat geldt zowel voor waterveiligheid als de zoetwatervoorziening.

De waarschijnlijkheid van een overstrooming van rivieren wordt, zonder maatregelen, groter door klimaatverandering. Niet alleen het risico op overstrooming in Nederland moet in de gaten worden gehouden, maar ook dat in de buurlanden. Een dijkdoorbraak in Duitsland of België kan namelijk zorgen voor een overstrooming in Nederland. Als bijvoorbeeld aan de Duitse kant van de grens in het stroomgebied van de Rijn een dijk doorbreekt, kan het oosten van Nederland

tot aan Zwolle deels onder water komen te staan (Ten Brinke et al. 2010). Dat zou tot veel dodelijke slachtoffers en vele miljarden euro's schade kunnen leiden.

De betrokken partijen in Nederland en Duitsland hebben het risico onderkend en er wordt over adaptatieopties gesproken in het kader van Deltaprogramma. In de Europese Hoogwaterrichtlijn worden landen binnen rivierstroomgebieden verplicht in onderling overleg en in samenhang afspraken te maken over de beheersing van extreem hoge rivierafvoeren.

Door de ontwikkelingen in het klimaat, de veranderde neerslagpatronen en hogere temperaturen, wordt ook de kans op lagere rivierafvoeren groter. Daardoor kan de zoetwatervoorziening in gevaar komen, en bij een extreem lage waterstand kan de scheepvaart in problemen raken. Internationale afstemming over het watergebruik en de minimale afvoer van de Rijn wordt dan steeds belangrijker. In het stroomgebied van de Maas zijn door de Nederlandse en Belgische overheid afspraken gemaakt over de wateraanvoer van de Maas in droge jaren. Voor de Rijn (en de Waal) zijn er geen harde afspraken met de buurlanden gemaakt. Wel zijn er streefwaarden benoemd voor een minimale diepte, maar in 2003 konden Duitsland en Nederland hier bijvoorbeeld niet aan voldoen.

Hogere luchttemperaturen zorgen verder ook voor hogere watertemperaturen, wat gevolgen kan hebben voor de planten en dieren in het water. Voor het Rijnstroomgebied is hier in het kader van de Internationale Rijnstroom-commissie veel onderzoek naar gedaan (ICBR 2015). Zo bleek bijvoorbeeld uit simulaties tot 2050 dat het aantal dagen met watertemperaturen boven 25 °C zal toenemen door klimaatverandering; bij lage afvoeren kan er sprake zijn van een verdubbeling. Rond 2100 zal het aantal dagen waarop de temperatuur de waarde van 28 °C overschrijdt fors toenemen. Jaren zonder overschrijding van een watertemperatuur van 25 °C worden in de verre toekomst echter een zeldzaamheid. Naast de maximumtemperatuur is vooral de duur van hete periodes bepalend voor het overleven van waterorganismen. In de zomer van 2003 was de temperatuur in de hoofdstroom van de Rijn bijvoorbeeld 41 dagen lang hoger dan 25°C, waardoor schelpdieren en alen in groten getale bezweken. In 2006 duurde de hitte 31 dagen en toen was er geen sprake van massale sterfte (ICBR 2015).

### Adaptatieopties

- Neem, zoals reeds gepland in het Deltaprogramma, grensoverschrijdende risico's expliciet mee in de monitoring, uitvoering en evaluatie van waterveiligheidsmaatregelen en van risicoanalyses in het kader van de Europese Hoogwaterrichtlijn.

- Maak voor de watervoorziening vanuit de Rijn internationale afspraken over het watergebruik en de minimale afvoer van de Rijn.

## 3.7 Biodiversiteit

Mondiale effecten van klimaatverandering zijn van invloed op de natuur en het natuurbeleid in Nederland. Door temperatuurveranderingen verschuiven de klimaatzones; ook in Europa zijn er duidelijke verschuivingen zichtbaar van planten- en diersoorten: koudeminnende soorten verschuiven naar het noorden, nieuwe soorten uit het zuiden breiden hun leefgebied in noordelijke richting uit. In zee veranderen de verspreidingspatronen van diverse vissen, ook die van soorten die bevestigd worden. Wanneer het in West-Afrika warmer en droger wordt, veranderen bijvoorbeeld ook de omstandigheden op de route van 'Nederlandse' trekvogels. Ook de omstandigheden op de route van trekvissen kunnen veranderen door een hogere watertemperatuur. Daardoor passen zij waarschijnlijk hun migratiepatronen aan. Hierdoor zal zeer waarschijnlijk de samenstelling van dier- en plantengemeenschappen veranderen in de tweede helft van deze eeuw. Opwarming en verzuring van het zeewater zetten door, wat negatieve gevolgen heeft voor koralen en organismen met kalkskeletten (IPCC 2014).

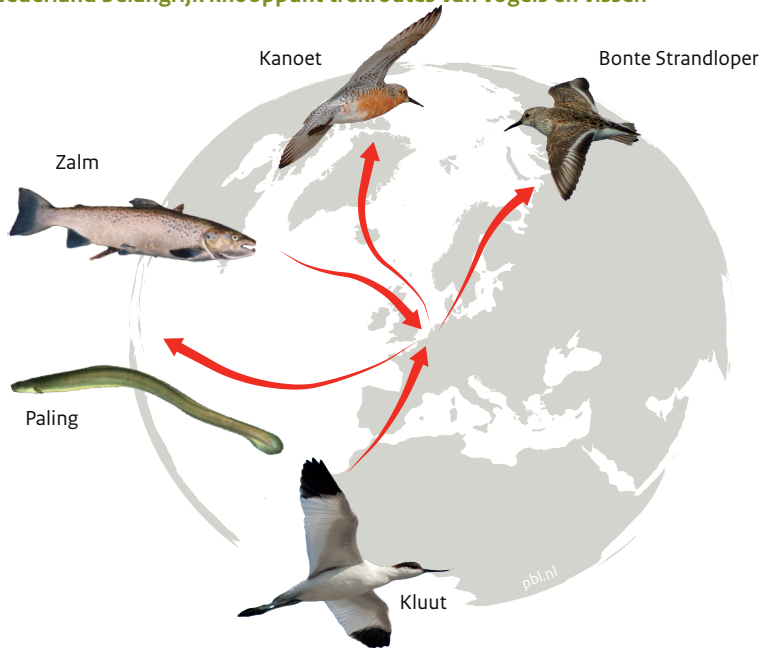
De wereldwijde klimaatverandering heeft invloed op de mondiale biodiversiteit en daarmee op de door Nederland onderschreven doelen en maatregelen ter bescherming hiervan; die zijn onder andere vastgelegd in het Biodiversiteitsverdrag (CBD 2010).

Klimaatverandering gaat in de komende decennia een steeds belangrijkere rol spelen in het verlies aan natuur. Tegengaan van klimaatverandering is dus nodig om ook op lange termijn de in het Biodiversiteitsverdrag afgesproken doelen te kunnen halen en het verlies aan biodiversiteit tegen te gaan (Kok et al. 2014).

### Adaptatieopties

- Grijp momenten van verandering aan, zoals investeringen in andere sectoren dan natuur, en koppel waar mogelijk verschillende doelen aan elkaar. Zo kunnen bijvoorbeeld maatregelen in het rivierengebied die moeten beschermen tegen overstromingen samengaan met maatregelen die de riviernatuur versterken of herstellen. Deze kans doet zich de komende jaren voor, want besluiten in deze programma's van waterveiligheid leiden tot (onomkeerbare) langetermijntwikkelingen. Werk hierbij samen met de buurlanden en de rest van de Europese Unie.

Figuur 3.7

**Nederland belangrijk knooppunt trekroutes van vogels en vissen**

Bron: PBL; Imares

Nederland is met de Waddenzee, Eemsdelta en de Zuidwestelijke Delta een belangrijk knooppunt op de trekroute van veel watervogels en vissen. Meer dan 10 procent van de Europese duinen-, getijdenwateren- en schorrenhabitats ligt in Nederland.

- Maak ook op mondiale schaal gebruik van de relaties tussen natuur en andere sectoren. Er is binnen andere sectoren een grote potentie voor 'nature-based solutions'. Mangrovebossen kunnen bijvoorbeeld dienen als kustbescherming, en groenvoorzieningen kunnen in steden hittestress beter verdraagzaam maken.

Vergroot de klimaatbestendigheid van de Europese natuur door op EU-niveau zogenoemde klimaatcorridors te ontwikkelen, met daarbinnen een samenhangend Natura 2000-netwerk zodat soorten met hun klimaatzones kunnen verschuiven. Belangrijk daarbij is de uitwerking van het concept 'groene infrastructuur', ook met betrekking tot het verbinden van natuurgebieden. Neem klimaateffecten in alle gebieden langs de trekroute van vogels en vissen integraal mee in (mondiaal) natuurbeleid ter bescherming van biodiversiteit.

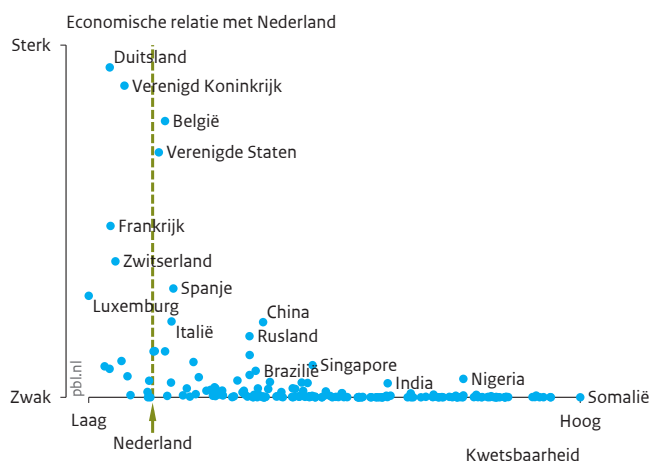
### 3.8 Economische relaties

Nederland heeft een open, op export georiënteerde economie en handelsrelaties met vele landen. Het is de zevende importeur en de vijfde exporteur in de wereld (BZ 2013). Nederland is op wereldschaal de tweede exporteur van Agri & Food-producten. Nederland heeft een gunstige ligging als knooppunt en doorvoerland van

goederenstromen. Veel van deze handel gaat via de Rotterdamse en Amsterdamse haven. Nederland is voor zijn economie meer dan andere EU-landen afhankelijk van de export en doorvoer van goederen. In 2012 was Nederland van alle EU-landen de vierde grootste investeerder in het buitenland, met ruim 4 procent van alle investeringen wereldwijd (CBS 2013c). Hierdoor kan de Nederlandse economie risico lopen door een combinatie van klimaatverandering en sociaaleconomische en politieke ontwikkelingen elders in de wereld.

Het gaat om risico's bij schade aan Nederlandse investeringen en productieverlies van Nederlandse bedrijven in het buitenland, bijvoorbeeld na een overstroming. Maar er zijn ook risico's voor bedrijven en consumenten in Nederland wanneer de aanvoerketens van grondstoffen, halffabricaten, producten en diensten verstoord raken. Zo kunnen de door Nederlandse bedrijven uitbestede ICT-diensten in de knel komen wanneer door droogte waterkrachtcentrales in het buitenland uitvallen. In 2011 legde een overstroming in Thailand bijvoorbeeld een aantal fabrieken stil die producten leveren aan onder meer Nederlandse bedrijven en consumenten. Risico's kunnen ook ontstaan tijdens het transport, wanneer havens of spoorlijnen overstromen.

Figuur 3.8

**Kwetsbaarheid en economische relaties, 2012**

Bron: UN Comtrade; OECD; ND-GAIN

Nederland heeft de sterkste economische relaties met de buurlanden, andere EU-landen en de Verenigde Staten. De kwetsbaarheid van deze landen voor klimaatverandering is relatief klein. In de toekomst zal het aandeel van de EU aan de Nederlandse handelsbelangen afnemen ten gunste van vooral de BRIC-landen, maar ook de rest van de wereld.

Door de zeespiegelstijging is het mogelijk dat havens minder goed bereikbaar zijn (Becker et al. 2013). Bij langdurige uitval van transportmogelijkheden van en naar deze havens kunnen er tekorten of juist te grote voorraden ontstaan in de Nederlandse havens. Via de havens van Rotterdam en Amsterdam vinden goederen hun weg naar het achterland, waaronder Duitsland. Een groot deel wordt vervoerd door de binnenvaart. Door lage waterstanden in Duitsland kan de binnenvaart en haar klanten schade ondervinden omdat er per keer minder lading wordt meegenomen. De lage waterstand wordt vooral bepaald door een tekort aan neerslag in de bovenstroomse gebieden van de Rijn. De kans op een aanvaring bij lage waterstanden is groter. Door een stremming van de binnenvaart na een aanvaring komen afnemers van de vervoerde producten al snel in de problemen. De schade wordt op de consument verhaald (Maas et al. 2014).

De gevolgen van een overstroming of ander klimaateffect kunnen zo verstrekkend zijn doordat het productieproces de afgelopen decennia is gedecentraliseerd. Een steeds groter deel van de wereldhandel bestaat uit halffabricaten. Delen van een eindproduct worden op verschillende locaties op de wereld gemaakt, veelal in landen met goedkope arbeidskrachten. De grondstoffen en halffabricaten worden over de hele wereld vervoerd. Vooral voor voedsel worden de grondstoffen vanuit vele landen geïmporteerd om vervolgens te worden verwerkt tot de producten die op tafel staan.

Weersextremen en daaruit voortvloeiende natuurrampen vinden nu al veelvuldig plaats (figuur 1.2 en figuur 2.3). Door klimaatverandering zoals een toename aan weersextremen en een stijgende zeespiegel zullen de economische risico's van Nederland toenemen. Ook maatschappelijke ontwikkelingen spelen een rol in de toename.

Zo wordt in de toekomst de beschikbaarheid van water mogelijk nog vaker een probleem. Door klimaatverandering kunnen er meer en langere droogteperiodes optreden. Tegelijkertijd neemt door sociaaleconomische ontwikkelingen de vraag naar water sterk toe in vooral de zich ontwikkelende landen. De bevolking groeit en wordt welvarender. Er is steeds meer water nodig voor voedsel, energie en de industrie. De toenemende schaarste van water door de toenemende vraag en afnemende beschikbaarheid leidt tot stijgende prijzen voor het water. Een ander risico vormt de politieke reactie ter plekke, wanneer zich een overstroming of extreem droge periode voordoet. Landen kunnen als gevolg daarvan overgaan op protectionisme, waardoor de aanvoer van grondstoffen of producten naar Nederland kan stokken of de prijs kan gaan stijgen.

#### **Kwetsbaarheid van import door klimaateffecten in het buitenland klein**

Het merendeel van de Nederlandse handel, investeringen en outsourcing vindt binnen Europa plaats, dus met landen die relatief beperkt kwetsbaar zijn voor de

Figuur 3.9  
Grootste importstromen naar Nederland, 2012

Binnen Europa



Buiten Europa



Importstroom (miljard dollar)



Bron: UN Comtrade

Nederland heeft vele importrelaties. In geld uitgedrukt importeerde Nederland in 2012 het meest uit Duitsland, België, China, de Verenigde Staten en het Verenigd Koninkrijk.

gevolgen van klimaatverandering (figuur 3.8). Een groot deel van de Nederlandse import komt uit een beperkt aantal landen (figuur 3.9). De landen waar Nederland in geld uitgedrukt het meest uit importeert, bevinden zich in de minst kwetsbare gebieden. Het zijn voornamelijk Europese landen, Duitsland voorop. China, Rusland en Japan behoren tot de landen waaruit Nederland ook veel invoert en die kwetsbaarder zijn. In de toekomst zal het aandeel van de Europese landen in de Nederlandse handelsbelangen waarschijnlijk enigszins afnemen ten gunste van vooral de zogenoemde BRIC-landen (Brazilië, Rusland, India en China). De klimaateffecten in andere

Europese landen vormen naar verwachting geen groot risico voor Nederland. Weliswaar kan door overstromingen of droogte tijdelijk de beschikbaarheid van grondstoffen en producten wegvallen; daar staat tegenover dat er doorgaans sprake is van een grote risicospreiding en juist mogelijkheden voor Nederlandse bedrijven om het tekort te compenseren (zie ook tekstkader 5). Op Europese schaal is de productie-efficiëntie dan echter lager. Voor de Nederlandse handelsrelaties met landen buiten Europa schuilen de risico's vooral in onderbreking van de aanvoer van grondstoffen, producten en diensten die gebruikt worden

in het productieproces, en enkele consumptiegoederen die slechts op enkele locaties worden geproduceerd. Een dergelijke onderbreking zal vooral tot prijsstijgingen leiden, maar kan ook leiden tot inefficiënties in het productieproces.

Agri & Food-sector sterk internationaal gericht  
Nederland is op wereldschaal de tweede exporteur van Agri & Food-producten, en haalt de grondstoffen daarvoor onder andere uit Zuid-Amerika en West-Afrika. Continuïteit van de aanvoer en de hoogte van de prijzen van grondstoffen zoals graan, soja, cacao en palmolie is daarvoor belangrijk. Deze continuïteit is gevoelig voor (de gevolgen van) klimaatverandering. De fluctuatie van de prijs van agrarische grondstoffen wordt groter doordat extreme weersomstandigheden in andere delen van de wereld vaker voorkomen. Ook zullen deze grondstoffen minder vaak in voldoende mate beschikbaar zijn. Dit kan gevolgen hebben voor de prijzen en dus voor de consument. Wisselende opbrengsten zullen zich vaker vertalen in een hoger prijskaartje in de schappen van de Nederlandse supermarkt. Als de optredende schaarste tot protectionisme van de productielanden leidt, kan dit de prijzen nog verder opdrijven.

De Agri & Food-sector investeert veel in kennis en innovatie. Een groot deel van de wereldwijd opererende voedsel- en drankbedrijven heeft R&D-vestigingen in Nederland. Binnen de kennisinstellingen van de Agri & Food-sector is veel aandacht voor technologie zoals het verzamelen en analyseren van satellietgegevens van het weer en de ontwikkeling van 'early warning'-systemen voor weersextremen. Daarnaast is Nederland een voorloper op het gebied van landbouwisicomangement waarbij analyses van (weergeerelateerde) risico's uit het verleden worden doorgetrokken naar de toekomst. Dit is kennis en technologie die kan worden aangewend in het buitenland.

### Risico door investeringen en outsourcing

In 2012 was Nederland van alle EU-landen de vierde grootste investeerder in het buitenland, met ruim 4 procent van alle investeringen wereldwijd (CBS 2013c). Nederlandse investeerders in het buitenland kunnen door klimaatverandering meer risico gaan lopen, omdat de frequentie en intensiteit van weersextremen toeneemt. De productie kan stilvallen door bijvoorbeeld overstromingen, maar ook omdat de energie- en ICT-voorziening falen bij droogte en gebrek aan koelwater. Het gaat hierbij zowel om private investeringen van grote internationale bedrijven zoals de Rabobank, Unilever en Heineken, als om meer publieke investeringen zoals de Nederlandse pensioenfondsen. Afhankelijk van de kwetsbaarheid voor klimaatverandering en de mogelijkheden van een land om de kwetsbaarheid te verkleinen zal de toename van

de blootstelling aan weersextremen en andere meer geleidelijke klimaatveranderingen de Nederlandse investeringen in het buitenland kunnen aantasten. De verwachting is dat de risicotename door klimaatverandering voor een 'representatieve investeringsportefolio' ongeveer 10 procent bedraagt (Mercer 2011). De mate van de toename van het risico is afhankelijk van de risicospreiding van de investeerders. De meeste investeerders zijn bekend met risicoanalyses en zullen ook deze klimaatrisico's in hun analyses betrekken en afdekken. Het merendeel wordt geïnvesteerd in landen met geringe kwetsbaarheid. Klimaatverandering en vooral de onzekerheid rond de omvang daarvan, wordt herkend als een belangrijke risicobron voor investeerders in de komende 20 jaar (Mercer 2011; Munich RE 2013, S&P 2014). Geschat wordt dat in de Verenigde Staten op dit moment ongeveer twee derde van de totale verliezen door weersextremen wordt veroorzaakt. Waarschijnlijk zal dit deel door klimaatverandering toenemen (Munich RE 2013). Volgens de kredietbeoordelaar Standard & Poor's (S&P) wordt klimaatverandering de komende jaren één van de grootste bedreigingen voor de economie en voor de kredietwaardigheid van kwetsbare landen.

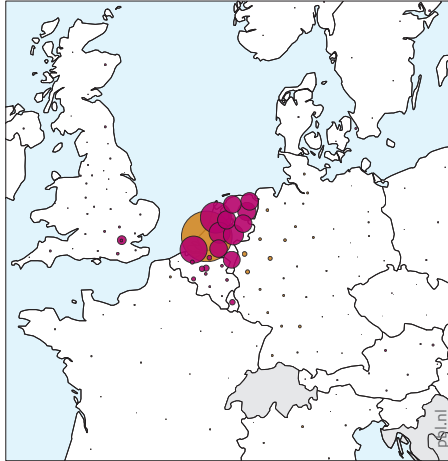
Bedrijven en consumenten lopen niet alleen risico door (de gevolgen van) klimaatverandering elders omdat grondstoffen en producten uit het buitenland komen, maar ook omdat een deel van bedrijfsactiviteiten naar het buitenland is verplaatst (internationale outsourcing). Bijna 10 procent van de Nederlandse bedrijven met meer dan 100 werknemers deed in de periode 2009-2011 aan internationale outsourcing. Ontwikkelingen in telecommunicatie en informatietechnologie beperken de noodzaak voor dienstverleners om in de directe omgeving van hun klanten te zitten. Dit heeft geleid tot een groei van internationale handel in diensten. Dit geldt bijvoorbeeld voor IT-helpdesks en call centers in Oost-Europa en India, die diensten verlenen aan bedrijven in hogelonenlanden, zoals Nederland. Na de kernactiviteiten werden ICT- en administratieve functies (allebei 30 procent van uitgeplaatste functies) het vaakst naar het buitenland verplaatst (CBS 2013d). Toch speelt nabijheid nog een belangrijke rol bij de locatiekeuze. Zo kozen de Nederlandse bedrijven die bedrijfsactiviteiten naar het buitenland verplaatsten, in twee derde van de gevallen voor Europese locaties en niet voor verre bestemmingen als China en India.

### Waarschijnlijkheid economische risico's groot, gevolgen per keer klein

De economische risico's, schade aan Nederlandse investeringen in het buitenland, verstoringen in aanvoerketens en prijsschommelingen van goederen en diensten voor bedrijven en consumenten, hebben lokaal

Figuur 3.10  
Verandering van productie na een overstroming (modelsimulaties)

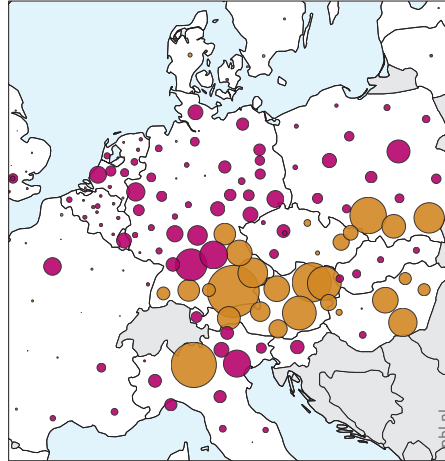
Buitendijks havengebied Rotterdam



Netto effect op productie<sup>(\*)</sup> in miljoen euro per regio



De Donau



Netto effect op productie<sup>(\*)</sup> in miljoen euro per regio



Bron: E.E. Koks & M. Thissen 2014

(\*) Figuur betreft effect op productie. Directe schade en herstelkosten zijn daarom niet in de figuur opgenomen.

Modelsimulaties laten zien dat een overstroming in een regio ook gevolgen heeft voor bedrijven in andere regio's. Voor de bedrijven in het getroffen gebied en hun directe afnemers betekent een overstroming een tijdelijk productieverlies. Niet getroffen bedrijven in dezelfde en andere regio's kunnen deze productie mogelijk overnemen en bijdragen aan herstelwerkzaamheden. In deze figuur zijn alleen veranderingen in productie weergegeven. Om de daadwerkelijke economische effecten voor een regio te bepalen moet ook rekening worden gehouden met de directe schade, de herstelkosten en de verliezen in efficiëntie. De totale economische effecten van een overstroming zijn altijd negatief. Zie ook <http://themasites.pbl.nl/eu-trade/> voor de economische handelsrelaties tussen de regio's.

## 5 Regio-overschrijdende effecten voor productie na een overstroming

Een overstroming in de ene Europese regio kan substantiële gevolgen hebben voor bedrijven in andere Europese regio's. Dit blijkt uit modelsimulaties van productie na een overstroming, waarmee het PBL in een samenwerking met de VU, het regio-overschrijdende patroon van deze gevolgen heeft verkend (Koks & Thissen 2014). In de gesimuleerde voorbeeldoverstromingen ontstaan bij bedrijven in het overstroomde gebied verliezen door het uitvallen van productie. Ook bij afnemers van de producten van deze getroffen bedrijven (in dezelfde of andere regio's) kan er productieverlies optreden, omdat zij niet tijdig, of alleen tegen hogere kosten, van elders de benodigde goederen en diensten voor hun productieproces kunnen verkrijgen. De uitval van productie in het overstroomde gebied wordt (deels) opgevangen door bedrijven in het niet-overstroomde gebied en in andere regio's. Ook kan daar de productie toenemen omdat bedrijven kunnen inspringen op de toegenomen vraag aan herstelwerkzaamheden, zoals in de bouwsector. Om de daadwerkelijke economische effecten voor een regio te bepalen, moet ook rekening worden gehouden met de directe schade, de herstelkosten en de verliezen in efficiëntie. De totale economische effecten van een overstroming zijn altijd negatief.

Vervolg op blz. 46

Om de onderlinge afhankelijkheden van de regio's in beeld te brengen, zijn verschillende overstromingen gesimuleerd, waaronder een overstroming in het buitendijks havengebied bij Rotterdam en een grootschaliger overstroming in verschillende regio's langs de Donau (zie figuur 3.10). Bij de overstroming bij Rotterdam vallen in de regio Zuid-Holland de gesimuleerde gevolgen door het tijdelijke productieverlies negatief uit. Op de korte termijn kunnen bedrijven in naburige, niet getroffen regio's, een deel van de verloren productie overnemen. Die bedrijven kunnen ook bijdragen aan de herstelwerkzaamheden. Dit overnemen van productie gaat echter altijd gepaard met inefficiëntie (kosten). Daarnaast zal de extra productie door herstelwerkzaamheden door de samenleving betaald moeten worden. Bij de voorbeeldsimulatie van een grootschalige overstroming langs de Donau treden in sterkere mate soortgelijke effecten op. Omdat meerdere gebieden naast elkaar tegelijk worden getroffen, kan daar de verloren productiecapaciteit slechts ten dele worden overgenomen door naburige regio's, en wordt er meer overgenomen door verder weg gelegen regio's.

Deze modelresultaten illustreren dat een overstroming in de ene regio kan leiden tot bedrijfseconomische gevolgen in een andere, niet-direct getroffen regio. Dit onderschrijft het belang van samenwerking tussen regio's en landen bij de ontwikkeling van adequate adaptatiestrategieën.

grote versturende gevolgen maar leiden niet tot 'systeemfalen' of ontwrichting van de maatschappij of macro-economie in Nederland. Op bedrijfsniveau en op persoonlijk niveau kunnen de gevolgen wel ingrijpend zijn. Omdat deze gebeurtenissen vaak kunnen optreden, kunnen ze bij elkaar opgeteld op jaarbasis voor Nederland toch schade veroorzaken, en vormen ze een risico (figuur 3.1).

Nederland heeft de meeste economische relaties met landen zijn die niet heel kwetsbaar zijn voor klimaatverandering. Toch kunnen ook in deze landen risico's voorkomen (figuur 2.6).

### Economische kansen voor het Nederlandse bedrijfsleven

Klimaatverandering betekent niet alleen een risico voor economische ontwikkelingen. Er liggen ook kansen voor Nederland en Nederlandse bedrijven. Door de opwarming en het smelten van ijs komen er vaarroutes beschikbaar via het Noordpoolgebied. Het zou een kans kunnen bieden voor de Nederlandse havens; de vaarroutes naar het verre oosten zijn via de Noordpool route aanzienlijk korter. Wat het betekent voor de concurrentiekracht ten opzichte van andere havens is nog onbekend. Kansen liggen verder in het aanbieden van (ingenieurs)diensten om, laaggelegen, verstedelijkte delta's tegen overstromingen te beschermen, en de opbrengsten van en oogstzekerheid/weersbestendigheid van gewassen in droge regio's te verhogen. Het vergroten van de veerkracht in andere landen op het gebied van waterveiligheid, de watervoorziening, landbouw en infrastructuur levert Nederland niet alleen geld op, het verkleint ook de kwetsbaarheid van Nederlandse bedrijven die bijvoorbeeld voor hun grondstoffen of afzetmarkt van deze landen afhankelijk zijn.

Verder heeft Nederland ook in de toekomst een relatief gunstig vestigingsklimaat voor buitenlandse bedrijven in onder andere de ICT-sector. Het klimaat is hier relatief mild, de ligging centraal, de waterveiligheid is groot door de Nederlandse investeringen in kustbescherming, en er is een relatief grote energiezekerheid en ICT-zekerheid (koele datacenters, reserves in het netwerk).

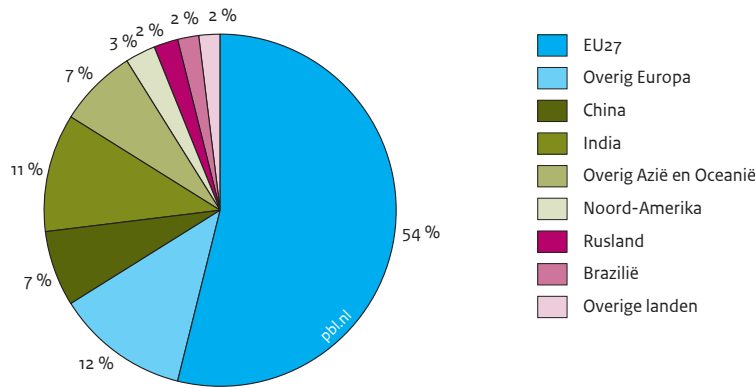
Het ingezette topsectorenbeleid biedt een belangrijk kader voor het ontwikkelen van nieuwe kennis en technologie op het gebied van waterbeheer, integrale stedelijke ontwikkeling en landbouw om daarmee kansen voor het Nederlands bedrijfsleven te genereren die kunnen voortvloeien uit klimaatverandering.

### Adaptatieopties

- Breng als bedrijf de totale aanvoerketen in kaart, met inbegrip van de kwetsbaarheden voor (de gevolgen van) klimaatverandering. Op basis daarvan kunnen de risico's worden geschat van de leveringszekerheid van grondstoffen, de afzetmarkt van producten, de afhankelijkheid van outsourcing en investeringen in het algemeen. Versterk op deze wijze het risicobeheer en vergroot waar nodig de diversiteit in herkomstlanden.
- Benoem als overheid en bedrijfsleven expliciet de risico's en kansen van klimaatverandering elders voor de economische veiligheid van Nederland. Om tijdig ongunstige ontwikkelingen of juist kansen te signaleren als gevolg van de geleidelijke langetermijnklimaatveranderingen vraagt een geregelde herijking van de klimaatrisico's. Samenwerking tussen overheid en bedrijfsleven hierbij is van belang om een gezamenlijk beeld te verkrijgen en na te kunnen gaan hoe beide partijen daarin het beste kunnen opereren. Dit kan door de risico's en kansen van klimaatverandering periodiek



Figuur 3.11

**Bestemming van internationale outsourcing, 2009 – 2011**

Bron: CBS, 2013

Het merendeel van de outsourcing van diensten voor Nederlandse bedrijven vindt plaats binnen Europa. Een deel van de outsourcing vindt naar kwetsbare landen plaats, zoals de outsourcing van ICT-diensten naar India.

te agenderen in de overleggroep Economische Veiligheid van zeven ministeries (EZ, VenJ, AZ, BZ, Fin, Def, IenM), de inlichtingendiensten en VNO/NCW.

- Speel in op kansen zoals de Nederlandse agrarische sector doet, bijvoorbeeld de 'zilte aardappelen' die nu al succesvol worden verbouwd op Texel. Verzilting van laag gelegen, dalende en verstedelijkende delta's is ook een interessant onderwerp. Ook hier biedt dit kansen voor onze innovatieve Agri & Food sector.
- Houd de kennisinfrastructuur op orde. Dit is tevens een sterk exportproduct, bijvoorbeeld de kennis over risicomanagement in de landbouw (met betrekking tot weers- en klimatarisico's) waaronder verzekeringen tegen oogstverlies.

### 3.9 Buitenlands beleid

#### Klimaatverandering kan invloed hebben op de internationale veiligheid

Sluimerende conflicten, zoals rond de beschikbaarheid van landbouwgrond en water, kunnen door klimaatverandering worden aangewakkerd. In de Noordpoolregio smelt het ijs, waardoor de Poolzee steeds vaker gedurende een deel van het jaar ijsvrij is (figuur 3.12). Dit betekent dat niet alleen een nieuwe vaarroute, en daarmee mogelijk een kans, voor de haven van Rotterdam, maar ook dat grondstoffen gemakkelijker gewonnen kunnen worden. Dit brengt risico's met zich mee omdat meerdere landen, waaronder NAVO-partners, aanspraak maken op grondstofvoorraden. De kans op

een conflict hierover wordt zeer klein geschat, de impact zal echter groot kunnen zijn mocht dit wel gebeuren. Ook kunnen wereldwijde misoogsten als gevolg van bijvoorbeeld droogte leiden tot spanningen en hoge voedselprijzen (zie tekstkader 6, PLIS 2011). Vooral de arme bevolkingsgroepen in ontwikkelingslanden die voedsel importeren zullen hieronder lijden. Ook dit kan voor internationale veiligheidsrisico's zorgen.

Hoewel spanningen in de wereld kunnen oplopen en de economische vitaliteit van regio's beïnvloed kan worden door klimaatverandering is het onduidelijk of klimaatverandering zal leiden tot meer migratie naar Nederland. Tot nu toe zijn hier geen aanwijzingen voor. Het is waarschijnlijker dat klimaatgerelateerde migratie zal leiden tot een stijgende vraag naar opvang in andere regio's, en dat de mogelijke toename van conflicten en natuurrampen leidt tot een grotere vraag om humanitaire hulp. De verwachting is ook dat de partnerlanden voor ontwikkelingssamenwerking en de handelspartners te maken zullen krijgen met meer regionale migratie.

Hoewel veel internationale organisaties de kans op conflicten en toekomstige risico's voor de veiligheid van landen met klimaatverandering in verband brengen, is dit verband volgens wetenschappers nog onvoldoende aangetoond. Door de verwachte toename van het aantal natuurrampen zal vaker een beroep worden gedaan op noodhulp van zowel de Nederlandse overheid als de Nederlandse samenleving in middelen, goederen en deskundigen.

### Ontwikkelingssamenwerking focust op klimaatadaptatie-relevante onderwerpen

Ontwikkelingssamenwerking en klimaatverandering kennen een nauwe interactie. De partnerlanden van Nederland zijn kwetsbaar voor klimaatverandering en zijn weinig voorbereid op de gevolgen hiervan (figuur 2.6). In 2012 gaf Nederland in totaal 5,5 miljard dollar uit aan Official Development Assistance (ODA) (OECD DAC 2010). Deze financiering kan minder effectief zijn in armoedebestrijding en ontwikkeling wanneer de ontvangende landen (extra) kwetsbaar zijn voor klimaatverandering. Door de toename van de vraag naar noodhulp zal er een groter beroep worden gedaan op de schaarse ontwikkelingsbudgetten waardoor er bij gelijkblijvende budgetten minder overblijft voor structurele ontwikkeling.

In het beleid van ontwikkelingssamenwerking staat het thema klimaatverandering al op de agenda. Hoewel klimaatverandering niet als speerpunt is benoemd, krijgt het in het beleid zeker een plek. Dat geldt vooral voor de relatie met de speerpunten 'water' en 'voedselzekerheid', bijvoorbeeld via het traject van 'climate smart agriculture'.

Er is bij het Nederlandse beleid voor ontwikkelingssamenwerking redelijk veel aandacht voor de noodzaak om adaptatiebeleid te integreren in de activiteiten, wat de veerkracht voor de effecten van klimaatverandering in de partnerlanden vergroot (Schaik et al. 2015). Er blijft wel werk aan de winkel: coherentie van doelen van het ontwikkelingsbeleid en klimaatverandering zijn niet vanzelfsprekend (AIV, 2013).

### Grote vraag naar Nederlandse expertise adaptatieopgaven

Gezien de te verwachten toename van weersextremen wordt wereldwijd de kwetsbaarheid van delta's, riviergebieden en droge gebieden groter. Delta's en riviergebieden kunnen vaker overstromen en droge gebieden kunnen te maken krijgen met nog langduriger droge periodes. Hierdoor kan de aanlevering in gevaar komen van grondstoffen en goederen, kunnen er prijschommelingen ontstaan, en overstromingen zijn een bedreiging voor de plaatselijke bevolking (figuur 3.13).

Volgens de laatste berekeningen wonen op de wereld in 2050 1,3 miljard mensen in overstromingsgevoelige gebieden. Dit is ongeveer 15 procent van de wereldbevolking. Met de groei van stedelijke gebieden worden de gevolgen van een overstroming van een rivier of vanuit zee groter. Dit zal vooral in Azië het geval zijn: honderden miljarden dollars aan infrastructuur, industrie, kantoorgebouwen en woningen en miljoenen mensen worden blootgesteld aan mogelijke overstromingen.

Het veranderende klimaat betekent een toename van de wereldwijde vraag naar kennis, kunde, producten en innovaties op voor adaptatie relevante onderwerpen zoals bescherming tegen het water gekoppeld aan integrale stedelijke ontwikkeling. Dit zijn de sterke punten van Nederland en het Nederlandse bedrijfsleven. Voor de Nederlandse overheid is dit een kans internationaal de adaptatie te verbinden met andere doelen zoals integrale oplossingen voor stedelijke ontwikkeling en watervraagstukken. De Nederlandse 'ruimte voor de rivier'-aanpak is internationaal bekend en geroemd. Maar ook het waterplein Rotterdam is zo'n icoon. Door overstromingsrisico's in het ontwerp van stedelijke gebieden te integreren vermindert het risico op overstromingen terwijl tegelijkertijd de kwaliteit van de leefomgeving beter kan worden. De kosten van adequate beschermingsmaatregelen tegen overstromingen hoeven daarbij niet noodzakelijkerwijs hoog te zijn.

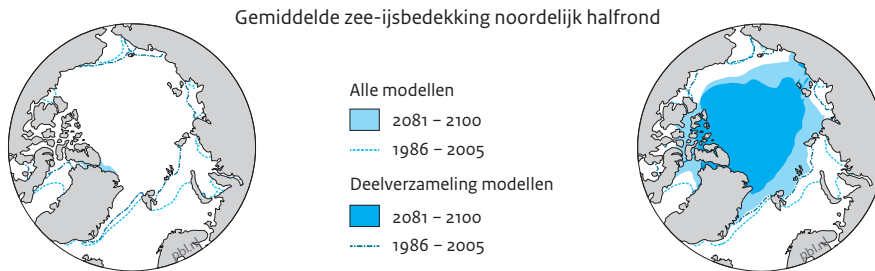
Een interessant concept dat een geïntegreerde aanpak mogelijk maakt is 'smart cities' of, in dit geval, 'smart water'. Smart water omvat zowel een technische als een ruimtelijke benadering en erkent ook sociale problemen zoals gelijke kansen en risico's voor iedereen. De verschillende, al bestaande, stedelijke netwerken zoals 'connecting delta cities' zijn belangrijke platforms om inzicht te bieden in gemeenschappelijke uitdagingen; kennis uit te wisselen; economische, ruimtelijke en sociale innovaties en goede voorbeelden te delen (PBL 2014a).

Grote Nederlandse ingenieursbureaus en stedenbouwkundig ontwerpers staan internationaal in de belangstelling. In het Deltaprogramma 2015 wordt het verbinden van water en ruimte expliciet genoemd. Aan het Deltaprogramma gekoppelde icoonprojecten kunnen hier als vliegwiel dienen. Deze bevorderen de innovatie in Nederland en dragen bij aan verbetering van onze internationale concurrentiepositie.

Nederlandse bedrijven worden nu al veel gevraagd om hun expertise aan te wenden bij adaptatieopgaven op diverse plekken ter wereld; in de toekomst kan het aantal opdrachten dat ze krijgen nog groter worden.

De bijdrage van bedrijven en kennisinstellingen aan integrale oplossingen voor waterveiligheidsvraagstukken en ruimtelijke ontwikkeling buiten Nederland kan de risico's voor het Nederlandse bedrijfsleven verminderen, en valt daarmee samen met de doelen van de Nederlandse overheid Nederland verspreid zijn expertise om de kwetsbaarheid voor overstromingen wereldwijd te verminderen. Dit gebeurt ook bij de inzet op de kaders van het komende klimaatverdrag en van de United Nations International Strategy for Disaster Reduction

Figuur 3.12

**Verandering klimaatsysteem volgens twee scenario's****Hoge emissiepaden****Lage emissiepaden**

Bron: IPCC WGI 2013

De Poolzee zal in de toekomst steeds vaker gedurende een deel van het jaar ijsvrij zijn. Hierdoor ontstaan een nieuwe vaarroute en toegang tot grondstoffen.

**6 Droogte medeoorzaak hoge voedselprijzen en spanningen**

Voedseltekorten en hoge voedselprijzen kunnen aanleiding zijn voor politieke en maatschappelijke spanningen. Een van de mogelijke oorzaken is klimaatverandering. Een periode van grote droogte leidde in de Verenigde Staten en Australië, de grote graanproducerende regio's, tot een magere oogst. Echter niet alleen deze magere oogst dreef de prijs op, maar ook een grotere vraag naar voedsel (vooral in Azië), kleinere strategische voedselvoorraden dan voorheen gebruikelijk was, een hoge olieprijs, een grote vraag naar biobrandstof, speculatie op de termijnmarkt en het opkopen van landbouwgrond door speculanten. In de periode tussen 2005 en 2008 verdubbelde de prijs van graan bijna (OECD 2008). Deze sterke prijsstijging leidde tot een voedselcrisis.

De gevolgen van deze prijsstijging waren hogere voedselprijzen en een bijdrage aan de inflatie in de ontwikkelde landen. Omdat het deel van het inkomen dat huishoudens in ontwikkelde landen aan voedsel uitgeven niet zo groot is, is een prijsstijging in die landen eenvoudig op te vangen. De gevolgen van hoge graanprijzen en de stijgende voedselprijzen troffen vooral de armsten op de wereld, vooral de stedelingen in ontwikkelingslanden. Zij waren gedwongen een groter deel van het toch al schamele inkomen uit te geven aan eten (OECD 2008). De hoge voedselprijs was in een aantal landen aanleiding voor politieke onrust. Een onrust die op de achtergrond al sluimerde. Zo worden de droogte en voedselcrisis door menigeen genoemd als de lont in het kruitvat dat in Noord-Afrikaanse landen en het Midden-Oosten al aanwezig was.

(UNISDR): het instellen van een zogenaamd disaster reduction team, bijdragen aan kennisontwikkeling over mondiale adaptatiestrategieën, en het geven van bilaterale steun aan deltaplanningsprojecten. Ook met de deelname aan kennisnetwerken als de Delta Alliance en Connecting Deltacities draagt Nederland op verschillende wijzen bij aan meer bewustwording en kennis van de kwetsbaarheid voor overstromingen. Nederlandse bedrijven worden nu al veel gevraagd om hun expertise aan te wenden bij adaptatieopgaven op diverse plekken ter wereld.

Bekende voorbeelden spelen zich af in de wereld van het watermanagement, de Agri & Food-sector (the global alliance for climate smart agriculture) en de stedenbouw.

Dit zijn niet voor niets onderdelen van het topsectorenbeleid.

**Kans voor verduurzaming van productieketens**

Voor de Nederlandse overheid en Europese Unie is het realiseren van groene groei wereldwijd een belangrijk doel. Onderdeel hiervan is een duurzaam productieproces, met minder gebruik van energie en water, en het hergebruiken en terugdringen van biomassaströmen. De noodzaak om zuinig om te gaan met water en energie wordt versterkt door de veranderingen in neerslagpatronen en de toename van de kans op, en de duur van droogteperiodes. Door klimaatverandering ondervinden bedrijven niet alleen hinder van de veranderende waterbeschikbaarheid, zij

dragen zelf ook bij aan het probleem doordat zij elders in de wereld water gebruiken in het productieproces. Tegelijkertijd kunnen zij middels innovaties de efficiëntie van dit gebruik vergroten. Omdat juist het Nederlandse bedrijfsleven binnen de voor adaptatie zeer relevante sectoren water en voedsel veel kennis en expertise heeft, biedt adaptatie dan ook kansen voor het bedrijfsleven; zeker bij een integrale en op duurzaamheid gerichte aanpak. De aandacht voor klimaatadaptatie kan gecombineerd worden met de Nederlandse doelen voor duurzame handelsketens. Het beleid op dit gebied kan worden versterkt door verduurzaming van handelsketens als onderdeel van duurzame productie expliciet te verbinden met adaptatie aan, en mitigatie van klimaatverandering.

### Adaptatieopties

De adaptatiemaatregelen zijn niet nieuw, maar bouwen veelal voort op bestaand beleid. Door klimaatverandering zijn ze noodzakelijker en urgenter geworden.

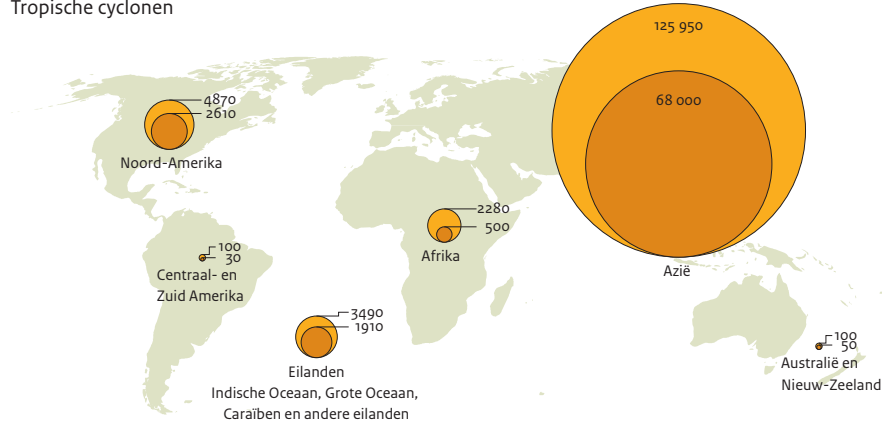
- Benut als Nederlandse overheid de kennis en financiering van Ontwikkelingssamenwerkingsbeleid en als het Nederlandse bedrijfsleven de expertise en kunde om een belangrijke bijdrage te leveren aan de toekomstbestendigheid van onder andere partnerlanden. Daarmee kan de veerkracht van samenlevingen worden vergroot en vooral de kwetsbaarheid voor (de gevolgen van) klimaatverandering verminderd.
- Behoud daarbij de focus op water en voedsel als speerpunt van internationale samenwerking en draag die internationaal uit. Verbind de doelen van het ontwikkelingsbeleid vaker expliciet aan die van klimaatadaptatie; ze kunnen elkaar aanvullen en versterken. Versterk via bilaterale en multilaterale relaties in partnerlanden de institutionele capaciteit en veerkracht op het gebied van water, landbouw, energie en gezondheid. Nederland kan via internationale organisaties en bijvoorbeeld Ngo's en ontwikkelingsbanken bijdragen aan het verminderen van klimaatgerelateerde risico's op het gebied van overstromingen en droogte.
- Geef klimaatverandering en -adaptatie een prominente plek in het buitenlandse beleid, als gezamenlijke, grensoverschrijdende opgave. Hoewel overheden en het bedrijfsleven zich steeds meer bewust zijn van de relatie tussen de internationale gevolgen van klimaatverandering en het Nederlandse en Europese buitenlandse beleid, zien zij anticipatie op de gevolgen van klimaatverandering nog niet volledig als een gezamenlijke, grensoverschrijdende uitdaging (global public goods challenge). Bij het beleid van ontwikkelingssamenwerking worden klimaat- en ontwikkelingsdoelen al wel samengenomen. Dit laat zien dat Nederland en de Europese Unie de internationale dimensie van adaptie vooral zien als een vraagstuk van ontwikkelingssamenwerking en niet als

iets wat de veiligheid of economische belangen van het eigen land beïnvloedt. De gezamenlijke, grensoverschrijdende opgave betreft in het bijzonder het versterken van de institutionele capaciteit en het vergroten van het adaptief vermogen in ontwikkelende landen op het gebied van water, voedsel, landbouw, energie, stedenbouw, gezondheid en rampenrisico-beheersing via multi- en bilaterale relaties.

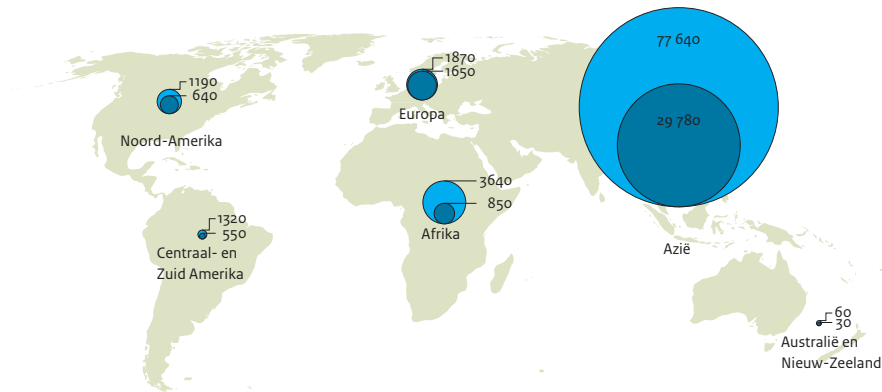
- Integreer de in Europese landen aanwezige kennis over klimaatadaptatie verder in het beleid; vooral in het Europese veiligheids-, ontwikkelingssamenwerkings- en handelsbeleid. Te denken valt hierbij aan het integreren van klimaatinzichten in het beleid gericht op humanitaire hulp, specifieke ontwikkelingssamenwerkingsfondsen voor klimaatadaptatie en het meenemen van klimaatimpacts in dreigingsanalyses op het gebied van veiligheid. De gevolgen van klimaatverandering voor goederenstromen naar Europa kunnen nadrukkelijker in beeld worden gebracht.
- Stimuleer via internationale organisaties dat naast mitigatie ook klimaatadaptatie meer aandacht krijgt; bijvoorbeeld door het bepleiten van meer adaptatiegeden voor ontwikkelingslanden in het nieuwe klimaatverdrag (Parijs 2015). Daarbij dient wel te worden aangetekend dat Nederland zelf op dit moment nog relatief weinig geld ter beschikking heeft gesteld aan het nieuw opgerichte Green Climate Fund en dat inzetten op mitigatie (het terugdringen van broeikasgassen) uiteraard belangrijk is voor het beperken van de omvang en effecten van klimaatverandering.
- Bevorder via duurzame handel het toepassen van klimaatbestendige landbouwmethoden, en duurzaam beheer van productiesystemen waar tegelijkertijd meer koolstof in opgeslagen kan worden. Met andere woorden, combineer mitigatie voor de langere termijn met adaptatie op de kortere termijn.
- Benut kansen op het gebied van stedelijke ontwikkeling voor Nederlandse stedenbouwkundigen, ingenieursbureaus en kennisinstellingen om de mogelijkheid van 'smart water'-oplossingen te realiseren. Vergroot op die manier de veerkracht op het gebied van waterveiligheid, watervoorziening en infrastructuur in gerelateerde landen.

Figuur 3.13  
**Blootstelling van bevolking aan tropische cyclonen en overstromingen**

Tropische cyclonen



Overstromingen



Blootstelling  
 (duizend mensen per jaar)



Bron: IPCC 2012

Het aantal mensen dat in de verschillende werelddelen is blootgesteld aan tropische cyclonen en overstromingen, neemt in de periode 2030 fors toe, vooral in Azië. Deze toename is primair het gevolg van bevolkingsgroei.

# Op weg naar een Nationale Adaptatie Strategie

De focus van deze verkennende analyse ligt op de WAT-vraag: welke risico's en kansen voor Nederland vloeien voort uit de mondiale klimaatverandering en welke adaptatieopties zijn daarvoor mogelijk? De Nationale Adaptatie Strategie moet daarnaast antwoord gaan geven op de WIE- en HOE-vragen. In hoeverre worden de adaptatieopties al meegenomen in bestaand beleid of organisaties? Wat is het schaalniveau van de maatregelen (lokaal, nationaal of internationaal)? Wie zijn de 'agents of change' (overheden, bedrijfsleven of ngo's) en wat zijn de verandermomenten? Waar moeten extra inspanningen worden geleverd om risico's te verkleinen of kansen te grijpen? We hebben geprobeerd in deze verkenning een aanzet te geven tot antwoorden op deze vragen. In de vervolgfase kan de Nationale Adaptatie Strategie hier een verdere invulling aan geven. We sluiten dit rapport af met aangrijpingspunten voor het uitwerken van de WIE- en HOE-vragen: het internationale aspect, de rol van het bedrijfsleven, en de veranderende internationale netwerken.

## Expliciete aandacht voor het internationale aspect van klimaatadaptatie bij bestaand overleg en beleid

Op veel terreinen heeft Nederland kennis en ervaring met het omgaan met risico's en het benutten van kansen van wereldwijde klimaatverandering. Zo bestaat er regelgeving die de zorgplicht van ICT-diensten regelt (Runhaar et al. 2014), zijn er calamiteitenplannen bij overheden en bedrijven, en focust het beleid van de Nederlandse ontwikkelingssamenwerking al op voedsel

en water, twee belangrijke speerpunten bij klimaatadaptatie in ontwikkelingslanden. Ook bij de Nationale Risicobeoordeling onder leiding van het ministerie van Veiligheid en Justitie worden risico's doordacht van scenario's van klimaatverandering; de doorwerking van (de gevolgen van) klimaatverandering elders in de wereld op sectoren in Nederland is daarbij tot nu toe echter beperkt in beschouwing genomen. De rol van klimaatverandering bij het internationale veiligheidsbeleid en de economische veiligheid van Nederland is recent ook onderkend. In veel gevallen zal het dus gaan om expliciete aandacht voor het internationale aspect van klimaatadaptatie bij bestaand overleg, beleid, risicoanalyses en mogelijke regelgeving.

## WIE en HOE: internationale samenwerking ook met bedrijfsleven

Effecten van klimaatverandering buiten de Nederlandse grenzen vergroten bestaande risico's voor Nederland, maar bieden ook kansen. Dit versterkt de noodzaak voor coördinatie en samenwerking op internationale schaal om zo te komen tot een groot en effectief adaptief vermogen voor allen samen. Het kan daarbij gaan om het versterken van het adaptief vermogen van het Nederlandse bedrijfsleven en andere Nederlandse organisaties die internationaal opereren, maar ook om mogelijke bijdragen aan het versterken van het adaptieve en institutionele vermogen van andere landen. Nederland heeft de sterkste economische, infrastructurele, sociale en politiek-bestuurlijke banden met Europese landen. De gevolgen van

klimaatverandering in West-Europese landen kunnen de gevolgen van klimaatverandering voor Nederland beïnvloeden en versterken omdat deze landen ongeveer hetzelfde klimaat hebben en met dezelfde veranderingen geconfronteerd zullen worden. Dit betekent voor Nederland dat vooral met de buurlanden en andere EU-landen moet worden samengewerkt om het adaptief vermogen te versterken.

Bij tal van adaptatiemaatregelen speelt een veelheid aan actoren een belangrijke rol. Daarom is een Nationale Adaptatie Strategie meer dan een overheidsstrategie.

In de wereld van handel, transport, ICT- en energievoorziening zijn het vooral internationaal opererende bedrijven die de dienst uitmaken. Dit betekent dat deze partijen niet mogen ontbreken bij het (inter)nationale klimaatadaptatieproces.

De Rijksoverheid heeft in het geval van de risico's uit de categorie 'systeemfalen' de regie; een sturende en inhoudelijke rol. In geval van risico's van 'verstoring' zijn de adaptatieopties een kwestie van maatwerk tussen overheden, bedrijven, ngo's en andere actoren. Hier heeft de Rijksoverheid een faciliterende rol.

### **WIE en HOE: slim sturen in veranderende internationale netwerken**

Met het besef dat de noodzaak van klimaatadaptatie verder rijkt dan nationale landsgrenzen, rijst ook de vraag wat gezien bestuurlijke trends adequate sturingsmechanismen zijn. In een globaliserende wereld waar landsgrenzen en nationale soevereiniteit aan betekenis verliezen (WRR 2010a), en internationale netwerken belangrijker worden, zullen deze netwerken ook een belangrijke rol spelen bij zowel het betekenis krijgen van klimaatimpacts op Nederlands grondgebied (voedselzekerheid via internationale handelsketens, migratie via internationale sociale netwerken, enzovoort) als bij het sturen van adaptatie. Klimaatverandering kan in dat opzicht een global public bad kunnen worden

genoemd: een globaal publiek gevaar, en klimaatadaptatie een global public good. Met het vervagen van landsgrenzen en een vertroebeling van soevereine sturing betekent dit dat de klimaatadaptatie minder een 'nationaal' sturingsvraagstuk is geworden, waarmee de ambities om dit global public good te waarborgen de facto alleen maar groter geworden zijn (Dijstelbloem et al. 2010; WRR 2010b).

Daarnaast zien we vooral in de westerse wereld een trend van decentralisatie en privatisering van overheidstaken en een toenemend beroep op de energie en organisatiekracht van de samenlevingen zelf (Hajer 2011; Raad voor Maatschappelijke Ontwikkeling 2013). In internationaal perspectief vragen beide ontwikkelingen om wat al enkele decennia wordt aangeduid met global governance. Door de afwezigheid van een internationale soevereine sturingsmacht en de groeiende rol van niet-statelijke actoren, zoals bedrijven, maatschappelijke organisaties, nieuwsmidia en kennisnetwerken, wordt actieve deelname in deze internationale, niet-statelijke netwerken voor nationale overheden steeds belangrijker om het collectieve actieprobleem waar klimaatverandering ons voor stelt het hoofd te bieden (Biermann et al. 2009; WRR 2010a). Het idee dat op grensoverschrijdende klimaatimpacts vanuit een soevereine cockpit kan worden geanticipeerd, is dan ook achterhaald, en overheden die expliciet dan wel impliciet de boodschap van controleerbaarheid verkondigen zullen vroeg of laat geconfronteerd worden met maatschappelijke teleurstelling en afnemend vertrouwen (Noordegraaf-Eelens et al. 2012).

De sleutel tot succesvolle sturing in deze veranderende bestuurlijke omgeving ligt in de erkenning van alle partijen dat de overheid niet de enige is die de sleutel tot klimaatadaptatie bezit. Ook zal de overheid zich door meerdere ministeries moeten laten vertegenwoordigen en strategisch opereren in verschillende internationale netwerken (WRR 2010a).

# Literatuur

- AIV (2013), *New Paths to International Environmental Cooperation*. AIV Report no. 84, Advisory Council on International Affairs, The Hague.
- Barriopedro, D., E.M Fischer, J. Luterbacher, R.M. Trigo, R. García-Herrera (2011), 'The hot summer of 2010: Redrawing the temperature record map of Europe'. *Science* 332: 220-224.
- Becker, A.H. et al. (2013), 'A note on climate change adaptation for seaports: a challenge for global ports, a challenge for global society'. *Climatic Change* 120: 683-695.
- Boot P. (2014), *Risico's klimaatverandering voor de energie-sector*. PBL interne notitie.
- Brinke Ten, W.B.M, B. Kolen, A. Dollee, H. Van Waveren, K. Wouters (2010), 'Contingency planning for large-scale floods in the Netherlands'. *Journal on Contingencies and Crisis management* 18 (1): 55-69.
- BZ (2013), *A World to Gain: A New Agenda for Development Cooperation*. Ministry of Foreign Affairs, The Hague.
- BZK (2009), *Nationale Veiligheid. Werken met scenario's., risicobeoordeling en capaciteiten in de Strategie Nationale Veiligheid*. Ministerie van Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties, Den Haag.
- Carter L., D. Burnett, S. Drew, G. Marle, L. Hagadorn, D. Bartlett-McNeil, N. Irvine (2009), *Submarine Cables and the Oceans – Connecting the World*. UNEP-WCMC Biodiversity Series No. 31. ICPC/UNEP/UNEP-WCMC. UNEP Cambridge.
- CBD (2010), *Aichi Biodiversity Targets*. <https://www.cbd.int/sp/targets/default.shtml>.
- CBS (2013a), *Internationale handel en doorvoer; een nieuwe statistiek*. Centraal bureau voor de Statistiek Den Haag.
- CBS (2013b), *Toerisme en recreatie in cijfers 2013*. Centraal bureau voor de Statistiek Den Haag.
- CBS (2013c), *Internationalisation Monitor 2013*. Centraal bureau voor de Statistiek Den Haag.
- CBS (2013d), *Monitor materiaalstromen*. Centraal bureau voor de Statistiek Den Haag.
- Ciscar, J.C, et al. (2014), *Climate Impacts in Europe. The JRC PESETA II Project*. JRC Scientific and Policy reports. Joint Research Centre Seville.
- Deloitte The Netherlands (2014), *Digital Infrastructure in the Netherlands, Driver for the online ecosystem*.
- Dijstelbloem, H., P. den Hoed, J.W. Holtslag, S. Schouten (2010), 'Het gezicht van de publieke zaak', *Openbaar bestuur onder ogen* (Vol. 23). Amsterdam University Press.
- EC (2013b), *Guidelines on developing adaptation strategies*. Commission Staff working document Brussels.
- ECDC (2010), *technical document Climate change and communicable diseases in the EU Member States, Handbook for national vulnerability, impact and adaptation assessments*. European Centre for Disease Prevention and Control Stockholm, March 2010 [www.ecdc.europa.eu](http://www.ecdc.europa.eu).
- ECDC (2012), *Assessing the potential impacts of climate change on food- and waterborne diseases in Europe*. European Centre for Disease Prevention and Control, Stockholm. <http://www.ecdc.europa.eu/en/publications/Publications/1203-TER-Potential-impacts-climate-change-food-water-borne-diseases.pdf>.
- ENISA (2012), *Annual Incident Reports 2011, Analysis of the Article 13a incident reports of 2011*. European Network and Information Security Agency.
- ENTSOE (2014a), *regional investment plan 2014 north sea final*. [https://www.entsoe.eu/Documents/TYNDP\\_procent20documents/TYNDP\\_procent202014/141031\\_procent20RgIP\\_procent20NS.pdf](https://www.entsoe.eu/Documents/TYNDP_procent20documents/TYNDP_procent202014/141031_procent20RgIP_procent20NS.pdf).
- ENTSOE (2014b), *Cooperation and the internal energy market: benefitting consumers across Europe*. <https://www.entsoe.eu/publications/system-development-reports/tyndp/Pages/default.aspx>.
- Forster, H. & Lilliestam, J. (2011), *Modeling thermoelectric power generation in view of climate change*. *Regional Environ. Change* 4, 327-338 (2011).
- Ghemawat, P. (2011), *World 3.0 global prosperity and how to achieve it*. Harvard business review press Boston Massachussets.
- Hajer, M. (2011). *De energieke samenleving. Op zoek naar een sturingsfilosofie voor een schone economie*. Planbureau voor de Leefomgeving Den Haag.
- Hekkenberg, M. en M. Verdonk (2014), *Nationale Energieverkenning 2014*. Energieonderzoek Centrum Nederland, Petten.
- ICBR (2015), *Klimaatadaptatiestrategie voor het internationaal Rijndistrict*. Internationale Commissie ter Bescherming van de Rijn (ICBR) Koblenz [www.iksr.org](http://www.iksr.org).
- INFRAS (2007), *Auswirkungen der Klimaänderung auf die Schweizer volkswirtschaft kurzfassung*. Ecoplan Bern.
- IPCC (2012), *Special Report - Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation*. A special Report of Working Groups I and II of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, USA.



- IPCC/WGI/AR5 (2013), *Climate Change 2013 The Physical Science Basis*. Working Group I Contribution to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Cambridge University Press, New York.
- IPCC/WGII/AR5 (2014), *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability*. Working Group II Contribution to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Cambridge University Press, New York.
- KNMI (2014), *KNMI '14 klimaatscenario's voor Nederland; Leidraad voor professionals in klimaatadaptatie*. KNMI, De Bilt.
- KNMI en PBL (2015), *Klimaatverandering: de natuurwetenschappelijke basis*. Samenvatting van de IPCC rapporten en de vertaling naar Nederland, KNMI De Bilt, PBL Den Haag.
- Kok M., et al. (2014), *How sectors can contribute to sustainable use and conservation of biodiversity*. Planbureau voor de Leefomgeving, Den Haag.
- Koks E.E., M. Thissen (2014), *Development of the IRIA Model. An Interregional Impact Assessment Model for disaster analysis*. IVM Report number (R-14/36), Institute for Environmental Studies, VU University Amsterdam.
- Lindgren E., Y. Andersson, J.E. Suk, B. Sudre, J.C. Semenza (2012), 'Monitoring EU emerging infectious disease risk due to climate change'. *Science* 336:418–419.
- Luijff, H.A.M., S.H. van Oort (2014), *Klimaatadaptatie en de sector Informatie- en Communicatie Technologie (ICT)*. TNO Den Haag.
- Maas, N., R. Vogel (2014), *Klimaatverandering en transport en infrastructuur. Actualisatie van de risico's en kansen voor klimaatadaptatiebeleid*. TNO Delft.
- Mercer LLC, Carbon Trust and International Finance Corporation (2011), *Climate Change Scenarios: Implications for Strategic Asset Allocation*.
- Munich RE (2013), *Natural Catastrophes 2012: Analyses, assessments, positions*. © 2013 Münchener Rückversicherungs-Gesellschaft München, Germany Order number 302-07742
- Noordegraaf-Eelens, L.H.J., M. van Eeten, M. Februari, J. Ferket. (2012), *Waarom Burgers risico's accepteren en waarom bestuurders dat niet zien*. Ministerie van Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties Den Haag.
- OECD (2008), *Rising Food Prices; causes and consequences*. OECD, Paris.
- OECD DCD/DAC (2010), *Reporting Directives for the Creditor Reporting System*. Organisation for Economic Co-operation and Development OECD, Development Co-operation Directorate, DAC Development Assistance Committee Paris.
- PBL (2013c), *De macht van het menu. Opgaven en kansen voor duurzaam en gezond voedsel*. Planbureau voor de Leefomgeving, Den Haag.
- PBL (2014a), *Towards a world of cities in 2050. An outlook on water-related challenges*. Planbureau voor de Leefomgeving Den Haag.
- PBL (2015a), *Aanpassen aan klimaatverandering. Kwetsbaarheden zien, kansen grijpen*. Planbureau voor de Leefomgeving Den Haag.
- PBL (2015b), *Van risicobeoordeling naar adaptatiestrategie; achtergrondstudie Risicobeoordeling klimaateffecten ten behoeve van de Nationale Adaptatie Strategie*. Planbureau voor de Leefomgeving Den Haag.
- PBL (2015c), *Achtergronden bij Wereldwijde klimaateffecten: risico's en kansen voor Nederland*, Den Haag: Planbureau voor de Leefomgeving.
- PLIS (2011), *De kwetsbaarheid van het Europese landbouw- en voedselsysteem voor calamiteiten en geopolitiek (2011-2020)*. Rapport en advies aan de Staatssecretaris van Economische Zaken, Landbouw en Innovatie. Platform Landbouw, Innovatie en Samenleving Culemborg.
- PWC (2013), *International threats and opportunities of climate change to the UK*.
- Raad voor Maatschappelijke Ontwikkeling (2013). *Terugreden is Vooruitzien*. Raad voor Maatschappelijke Ontwikkeling Den Haag.
- RIVM (2014a), *Effecten van klimaat op gezondheid, Actualisatie voor de Nationale Adaptatie-strategie*. RIVM Bilthoven.
- RIVM (2014b), *Uitbraak chikungunya in Caribisch gebied* [http://www.rivm.nl/Onderwerpen/C/Chikungunya/Uitbraak\\_chikungunya\\_in\\_Caribisch\\_gebied](http://www.rivm.nl/Onderwerpen/C/Chikungunya/Uitbraak_chikungunya_in_Caribisch_gebied). RIVM Bilthoven.
- Runhaar, H. et al. (2014), *Publieke en/of private verantwoordelijkheden voor klimaatadaptatie; Een juridisch-bestuurlijke analyse en eerste beoordeling*. Universiteit Utrecht.
- Schaik L. van, R. Dinissen, E. Maas, J. Vos (2015), *Beyond scares and tales: climate-proofing Dutch foreign policy*. Instituut Clingendael Den Haag.
- S&P (2014), 'Special report Credit Week Climate Change Preparing For The Long Term'. WWW. STANDARDANDPOORS.COM/RATINGSDIRECT MAY 22, 2014 1
- Verzijlbergh, R. A., L. J. De Vries, G. P. J. Dijkema, P. M. Herder (2014). *A Note on System Integration to Support a Renewable Energy System*. University of Technology Delft.
- Visser, M.E., A.C. Perdeck, J.H. van Balen, C. Both (2009), 'Climate change leads to decreasing bird migration distances', *Global Change Biology* 15:1859-1865.
- Visser, H., A. Bouwman, A. Petersen, W. Ligtoet (2012), *A statistical study of weather-related disasters. Past, present and future*. Planbureau voor de Leefomgeving Den Haag.

- Vogel, R., et al. (2014), *Klimaatadaptatie en energie-infrastructuur. Actualisatie van de risico's en kansen door klimaatverandering op de Nederlandse infrastructuur*. TNO Delft.
- World Economic Forum (2015), *The Global Risks report 2015*. Geneva Switzerland.
- World Bank (2010), *The costs to developing countries of adapting to climate change: New methods and estimates*. The World Bank Group Washington.
- World Bank (2013), *Turn Down the Heat: Climate Extremes, Regional Impacts, and the Case for Resilience*. A report for the World Bank by the Potsdam Institute for Climate Impact Research and Climate Analytics. World Bank Washington DC.
- WRR (2010a), *Aan het buitenland gehecht, over verankering en strategie van Nederlands buitenlandsbeleid*, (Vol. 85). Amsterdam University Press Amsterdam.
- WRR (2010b), *Minder pretentie, meer ambitie: ontwikkelingshulp die verschil maakt* (Vol. 84). Amsterdam University Press Amsterdam.



## Planbureau voor de Leefomgeving

Postadres  
Postbus 30314  
2500 GH Den Haag

Bezoekadres  
Oranjevuitensingel 6  
2511 VE Den Haag  
T +31 (0)70 3288700

[www.pbl.nl](http://www.pbl.nl)

Maart 2015