



Planbureau voor de Leefomgeving

ACHTERGRONDEN BIJ WERELDWIJDE KLIMAATEFFECTEN RISICO'S EN KANSEN VOOR NEDERLAND

Achtergrondrapport

Marijke Vonk, Arno Bouwman, Rob van Dorland, Hans Eerens

29 april 2015

PBL
2015

Inhoud

1	Inleiding	6
1.1	Aanleiding en doel	6
1.2	Opbouw van het rapport	7
2	Analyse	8
	Stap 1: Internationale relaties en klimaateffecten	9
	Stap 2: Risico's en kansen	11
	Stap 3: Invloed van sociaaleconomische ontwikkelingen en veerkracht	12
	Stap 4: Adaptatieopties	12
	Stap 5: Aangrijpingspunten voor de Nationale Adaptatiestrategie	13
3	Klimaatverandering wereldwijd	14
3.1	Opgetreden klimaatveranderingen	14
	Mondiale opwarming en verandering van neerslagpatronen	14
	Temperatuurontwikkeling in Europa	15
	Stormen en tropische cyclonen	15
	IJskappen en zeespiegel	15
	Extreem weer	16
3.2	Klimaatverandering in de eenentwintigste eeuw	17
	Mondiale zeespiegelstijging 2100	20
	Europa	20
4	Mondiale effecten klimaatverandering	22
	Overstromingsrisico's	22
	Wateroverlast in het stedelijk gebied	24
	Droogte en zoetwatervoorziening	24
	Natuur en biodiversiteit	25
	Voedselvoorziening	26
	Energievoorziening	28
	Gezondheid	29
	Infrastructuur en transport	29
	Gewelddadige conflicten	29
5	Bevolking: internationale relaties	30
5.1	Gezondheid	30
	Gezondheidsrisico's door klimaatverandering	30
	Adaptatieopties	33
5.2	Sociale banden van Nederlanders met het buitenland	34
6	Vitale sectoren	36
6.1	Voedsel	36
	Adaptatieopties	39

6.2	Energie	39
	6.2.1 De Nederlandse en Europese energievoorziening	40
	6.2.2 Kwetsbaarheid van het energiesysteem voor klimaatverandering elders	43
	6.2.3 Gevolgen van klimaatverandering voor het elektriciteitssysteem in transitie	46
	6.2.4 Sociaaleconomische en technologische ontwikkelingen	48
	6.2.5 Adaptatieopties	54
6.3	ICT	55
	Adaptatieopties	59
7	Water en biodiversiteit	60
7.1	Water	60
	Adaptatieopties	62
7.2	Biodiversiteit	63
	Adaptatieopties	66
8	Economische relaties	68
8.1	Inleiding	68
8.2	Buitenlandse handel	69
8.3	Agri & Food-sector	77
8.4	Internationale investeringen en sourcing	80
8.5	Kansen voor de Nederlandse economie	82
8.6	Adaptatieopties	84
9	Buitenlands beleid	86
9.1	Internationale veiligheid	86
9.2	Ontwikkelingssamenwerking	90
9.3	Buitenlandse economische betrekkingen	92
9.4	Adaptatieopties	94
10	Risico's en kansen samengevat	96
	Literatuur	98
	Bijlage I	106
	Bijlage II	107

1 Inleiding

Deze digitale publicatie is een achtergrondstudie bij het gelijknamige hoofdrapport *Wereldwijde klimaateffecten, risico's en kansen* voor Nederland (PBL 2015).

In het hoofdrapport staan de belangrijkste beleidsconclusies van het PBL-onderzoek. Het hoofdrapport is te downloaden via <http://www.pbl.nl/publicaties/> Wereldwijde klimaateffecten risico's en kansen voor Nederland. In deze achtergrondstudie gaan we vooral in op de methode van de studie en de risico's en kansen van de onderzochte thema's.

1.1 Aanleiding en doel

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 is met veel andere landen verbonden en 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 geografische locatie is Nederland een transporthub 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.

Mondiale klimaatverandering is echter voor velen in Nederland nog 'ver van hun bed'. Wel maken burgers zich zorgen om hun veiligheid, gezondheid en welzijn; denk aan de voedselbeschikbaarheid, uitbraken van infectieziekten of de beschikbaarheid en prijzen van goederen en diensten. Ook de mogelijke uitval van stroom en van ICT- en transportverbindingen heeft de aandacht van veel Nederlanders.

Verkenning van de internationale dimensie van klimaatverandering

Door onderzoek dat is uitgevoerd in het kader van het Deltaprogramma en 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 (Algemene Rekenkamer 2012; PBL 2013a).

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 daarbij niet alleen om risico's, maar ook om kansen en opties voor adaptatie. Dit achtergrondrapport geeft achtergronden van deze analyse behorende bij het hoofdrapport '*Wereldwijde klimaateffecten, risico's en kansen voor Nederland*' (PBL 2015b). Deze studie is daarmee een van de bouwstenen voor het PBL rap-

port *Aanpassen aan klimaatverandering, kwetsbaarheden zien, kansen grijpen* (PBL 2015a). Deze studie kan gebruikt worden bij de ontwikkeling van de Nationale Adaptatiestrategie (NAS) onder leiding van het ministerie van Infrastructuur en Milieu. Deze NAS zal gereed zijn in 2016 en worden gebruikt bij de *EU Adaptation Strategy* (EC 2013b). Voor de inschatting van de klimaatverandering is samengewerkt met het KNMI (zie o.a. hoofdstuk 3). De bevindingen over buitenlands beleid (Hoofdstuk 9) zijn merendeels gebaseerd op een voor dit rapport uitgevoerde studie van Instituut Clingendael (Schaik et al. 2015).

Aanvullend heeft het PBL een rapport uitgebracht *'Van risicobeoordeling naar adaptatiestrategie'* met achtergrondinformatie over onder andere de toegepaste methode bij risicovergelijking en strategiekeuzes (PBL 2015c). Verder heeft het PBL een rapport uitgebracht over een raamwerk voor een adaptatiemonitor (PBL 2015d). Veel kennis over klimaatverandering en klimaatadaptatie is ook ontsloten via het kennisportaal Ruimtelijke Adaptatie (www.ruimtelijkeadaptatie.nl) en de website van Kennis voor Klimaat (www.kennisvoorklimaat.nl).

1.2 Opbouw van het rapport

In deze digitale achtergrondpublicatie beschrijven we de analysestappen die we voor de inventarisatie van risico's en kansen gevolgd hebben (Hoofdstuk 2). Daarna volgen een hoofdstuk over wereldwijde klimaatverandering (hoofdstuk 3) en de mondiale effecten (hoofdstuk 4). Deze bevatten de hoofdlijnen van de recente IPCC-rapporten over de klimaatverandering (zie ook PBL & KNMI 2015). In hoofdstuk 3 wordt gekeken naar observaties over de afgelopen decennia en naar projecties voor de toekomst, zowel op Europese als op mondiale schaal. In hoofdstuk 4 wordt ingegaan op de effecten van klimaatverandering op het waterbeheer (overstromingen, wateroverlast, zoetwatervoorziening), de natuur, de voedselvoorziening, de energie, de infrastructuur, het transport en de gezondheid.

In de hoofdstukken daarna volgt een analyse van de impact van klimaatverandering elders in de wereld voor de thema's bevolking (hoofdstuk 5), vitale sectoren (hoofdstuk 6), water en biodiversiteit (hoofdstuk 7), economische relaties (hoofdstuk 8) en het buitenlands beleid (hoofdstuk 9). Hoofdstuk 9 is grotendeels gebaseerd op een studie van Instituut Clingendael dat in opdracht van het PBL is geschreven (Schaik et al. 2015). Hoofdstuk 10 vat de risico's en kansen kort samen.

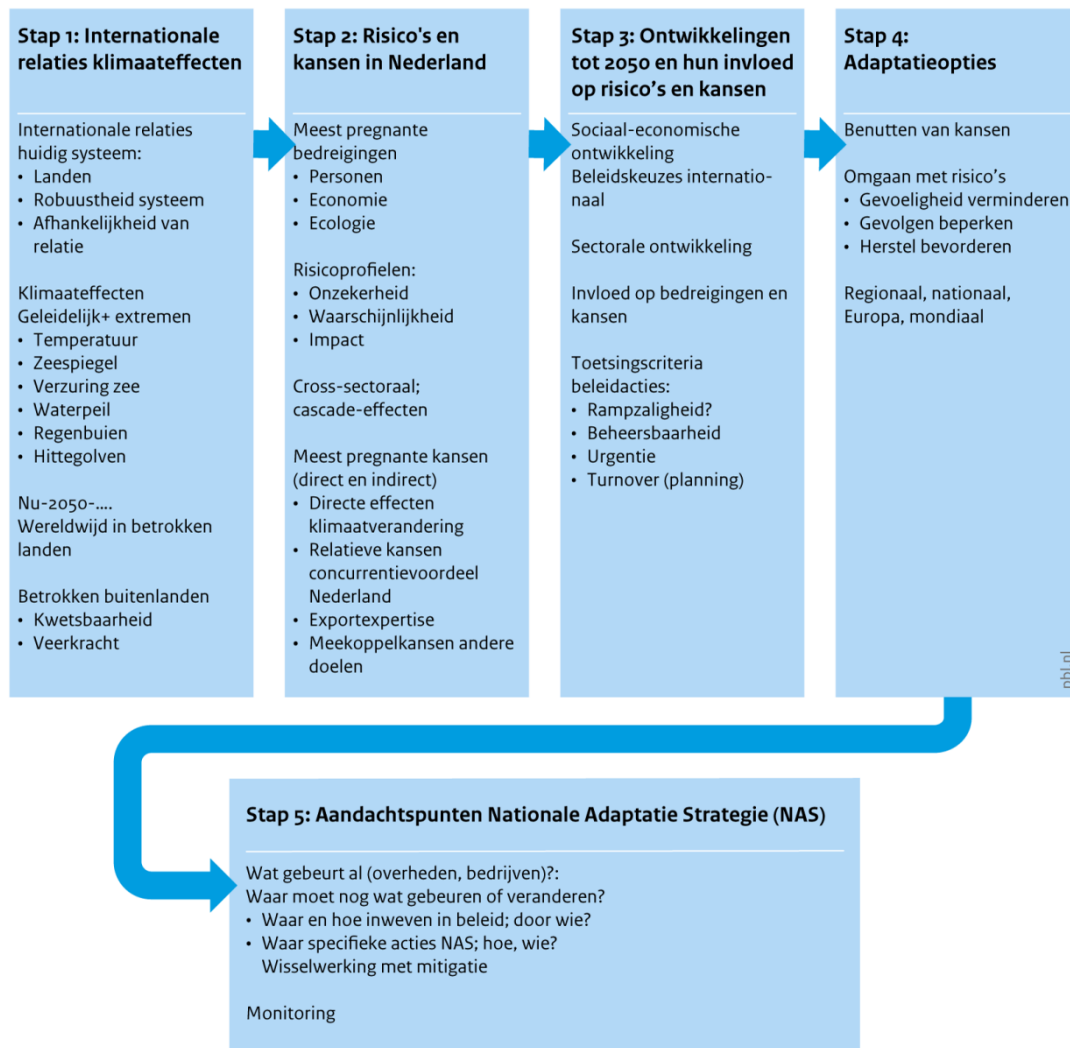
Voor de verschillende thema's worden de risico's en kansen benoemd. Naast deze risico's en kansen beschrijven we ook hoe door een domino- of cascade-effect de ene sector, door bijvoorbeeld een uitval bij een extreme weersomstandigheid, de andere sector beïnvloedt. De verschillende thema's zijn geïllustreerd met casestudies. Elk hoofdstuk eindigt met adaptie-opties.

2 Analyse

Het doel van dit rapport is om inzichtelijk te maken wat voor Nederland de gevolgen kunnen zijn van klimaatverandering elders in de wereld. We verkennen daarbij ook de mogelijkheden voor klimaatadaptatie, opties die enerzijds de risico's verminderen en anderzijds de mogelijkheid om kansen te benutten vergroot. Voor deze analyse, die is gebaseerd op bestaande publicaties, zijn verschillende stappen doorlopen (figuur 2.1). We werken deze stappen hierna verder uit.

Figuur 2.1

Analysestappen van internationale klimaateffecten naar adaptatiebeleid



Bron: PBL

Stap 1: 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.

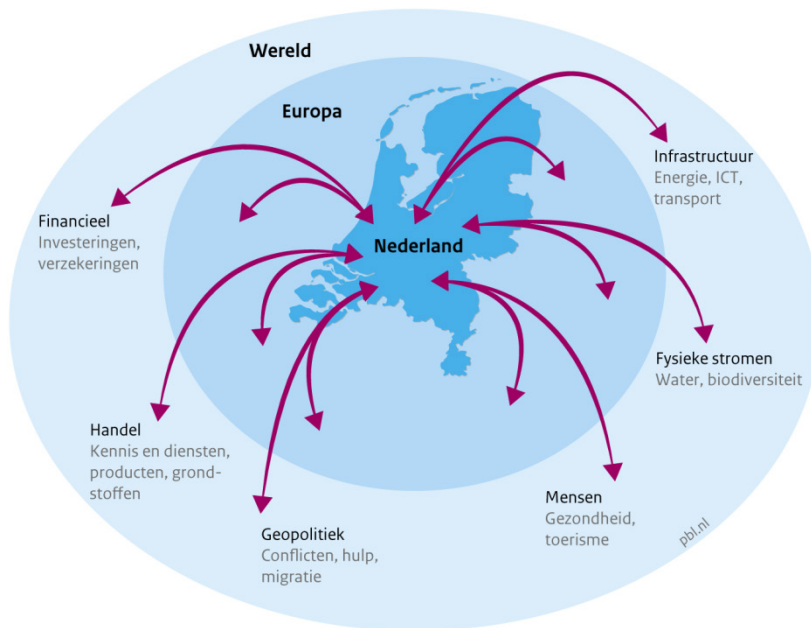
Klimaatverandering elders heeft langs vele routes invloed op Nederland

Het dagelijks leven van Nederlanders en de Nederlandse economie staan onder invloed van de wereldwijde klimaatverandering (figuur 2.2):

- *Via persoonlijke relaties en menselijk verkeer.* Nederland telt 3,5 miljoen inwoners die zelf in het buitenland zijn geboren of van wie ten minste een van de ouders in het buitenland is geboren. Wanneer landen waarmee Nederlanders sterke persoonlijke banden hebben worden getroffen door (de gevolgen van) klimaatverandering, zal dat van invloed zijn op de Nederlandse samenleving. Nederlanders verblijven meer en meer in het buitenland. Daardoor worden ze blootgesteld aan gezondheidsrisico's door (de gevolgen van) klimaatverandering (overstromingen, orkanen, vectorziekten).
- *Via infrastructuur.* De infrastructuur van vitale sectoren als energie, ICT en transport zijn ingebed in een Europees of mondiaal netwerk. Een tijdelijk falen van deze infrastructuur zal Nederland raken.
- *Via fysieke stromen zoals wateren biodiversiteit.* Overstromingen net buiten de grenzen van Nederland kunnen ook tot overstromingen op Nederlands grondgebied leiden, met slachtoffers en economische schade tot gevolg. Planten en dieren zullen zoveel mogelijk proberen mee te bewegen met de verschuivende klimaatzones.
- *Via economische relaties.* Nederland is onderdeel van een mondiaal verbonden economisch systeem. Bij een verstoring van de wereldeconomie door extreme weersomstandigheden zal de Nederlandse economie worden geraakt. Klimaatverandering elders heeft direct invloed op de Nederlandse economie, bijvoorbeeld via handelsketens of de ontwrichting van Nederlandse afzetgebieden.
- *Via internationale veiligheid en buitenlands beleid.* Klimaateffecten elders kunnen ook een extra bedreiging vormen voor de internationale veiligheid, zeker waar nu al sprake is van conflicthaarden. De verhouding zal veranderen tussen de rijke landen, die de gevolgen wel kunnen opvangen, en de arme landen, die lijden onder de gevolgen van de klimaatverandering omdat zij niet bij machte zijn die op te vangen. Sluimerende conflicten in die landen kunnen door weersextremen als droogte en daaraan gerelateerde voedselschaarste worden aangewakkerd.

Figuur 2.2

Internationale relaties van Nederland



Bron: PBL

Nederland kan langs verschillende paden worden beïnvloed door (de gevolgen van) mondiale klimaatverandering: door verstoring in de handelsketens of aanvoer van grondstoffen, financieel door schade aan Nederlandse bedrijven in het buitenland, door schade aan vitale sectoren zoals energie of ICT, via mensen door reizen naar landen met hogere risico's voor de gezondheid. Of zelfs via de geopolitieke route door conflicten of migratie.

Wereldwijde klimaatverandering

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 klimaateffecten is gebruik gemaakt van verschillende IPCC-rapporten (IPCC 2012, IPCC 2013, IPCC 2014) en kennis van het KNMI (KNMI en PBL 2015). 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 graden-scenario (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 kansenanalyse 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 kansen van deze veranderingen zijn op grond van de huidige kennis niet in te schatten.

Stap 2: Risico's en kansen

Op grond van de analyses in stap 1 zijn risicoprofielen uitgewerkt voor de volgende thema's: gezondheid, voedsel, energie, ICT, water, biodiversiteit, economie en buitenlands beleid (zie figuur 2.1). De verschillende risicokarakteristieken (de waarschijnlijkheid, de omvang van de gevolgen en het herstelvermogen) zijn apart benoemd. Sommige risico's zijn groot, omdat de frequentie van de calamiteit (zoals overstromingen en hittegolven) gaat toenemen. Dit heeft lokaal grote versturende gevolgen, maar leidt niet tot 'systeemfalen' of ontwrichting van de Nederlandse samenleving. Op bedrijfsniveau en op persoonlijk niveau kunnen de gevolgen wel ingrijpend zijn. Gebeurtenissen die vaak optreden maar voor Nederland niet ontwrichtend zijn, kunnen bij elkaar opgeteld op jaarbasis voor Nederland net zoveel schade veroorzaken als een gebeurtenis die wel ontwrichtend is maar slechts heel zelden optreedt. Daarbij is het belangrijk wie er wordt getroffen (of wie er baat bij heeft): mensen, het milieu, de economie, of de samenleving (RLI 2014).

De impactcriteria voor deze analyse zijn het aantal slachtoffers (het aantal gewonden en doden), economische schade en eventuele milieuschade. Een kwantitatieve inschatting van de impact en waarschijnlijkheid is, gezien de grote onzekerheden, niet mogelijk gebleken. Daarom is een indeling in klassen gebruikt.

Voor de inschatting van de risico's voor Nederland van klimaatverandering in andere landen is het belangrijk te weten in hoeverre bepaalde sectoren in Nederland onder druk komen te staan als relaties met andere landen uitvallen en of zij in staat zijn de klappen op te vangen (*coping capacity*). Hoe flexibel en redundant zijn specifieke relaties? Hebben sectoren een internationale achilleshiel?

Bij de inventarisatie van de kansen voor Nederland door klimaatverandering gaat het om de volgende mogelijkheden:

- directe kansen: de mogelijkheden voor het Nederlandse bedrijfsleven om, bijvoorbeeld, pompen, verzekeringen of kennis op het gebied van watermanagement te verkopen;
- relatieve voordelen: bijvoorbeeld de potentiële voordelen voor de Nederlandse havens vanwege transportroutes in het poolgebied die toegankelijk worden;
- kansen voor de Nederlandse overheid en samenleving om bepaalde doelen op het gebied van ontwikkelingssamenwerking versneld te realiseren of om adaptatie te verbinden aan andere doelen zoals duurzame ontwikkeling en integrale oplossingen voor waterveiligheidsvraagstukken.

Of de potentiële kansen ook worden benut, is zeer onzeker. De kansen zijn dan ook niet ingeschat op omvang en waarschijnlijkheid.

Stap 3: Invloed van sociaaleconomische ontwikkelingen en veerkracht

De kwetsbaarheid van een land hangt niet alleen af van de klimaateffecten, maar ook van de sociaaleconomische, technologische, bestuurlijke en (geo)politieke ontwikkelingen, en het vermogen van die samenleving om klappen op te vangen en adaptatiemaatregelen te implementeren. Veel van deze ontwikkelingen spelen een dominantere rol dan de klimaateffecten op zich. Vaak zal een combinatie van ontwikkelingen de drijvende kracht zijn die de kwetsbaarheid van een samenleving bepaalt. De al bestaande risico's kunnen wijzigen door veranderingen in het klimaat; zo kan een grotere waarschijnlijkheid van langdurige droogte in het buitenland leiden tot een verstoring in de beschikbaarheid van producten voor het Nederlandse bedrijfsleven en tot stijgende prijzen voor consumenten. Ook kunnen sociaaleconomische ontwikkelingen, zoals de internationalisering van de elektriciteitsmarkt, -productie en -infrastructuur, ertoe leiden dat het klimaat in het buitenland meer invloed krijgt op de risico's voor Nederland, zoals uitval van de elektriciteitsvoorziening, bijvoorbeeld door lange windstille periodes in grote delen van Noordwest-Europa.

Voor een inschatting van de kwetsbaarheid van landen in de wereld gebruiken we de Notre Dame Global Adaptation Index (ND-GAIN) (zie tekstkader 2.1 en figuur 2.3). 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 dan 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 (on)gelijkheid onder de bevolking belangrijke indicatoren. Voor de biodiversiteit is de ecologische veerkracht een belangrijke factor.

Omdat sociaaleconomische en technische ontwikkelingen invloed hebben op de blootstelling aan en gevoeligheid van een land of sector voor klimaatverandering, zijn deze voor zover bekend in de analyse voor de risicobeoordeling voor 2050 meegenomen. De onzekerheden hierin zijn natuurlijk groot. Hoe zal de circulaire economie de import-exportstromen van Nederland beïnvloeden? Zal de trend van internationale outsourcing doorzetten? Wat zullen de technologische ontwikkelingen op het gebied van grootschalige energieopslag kunnen betekenen voor de risico's van de energiemix van 2050?

2.1 ND-GAIN

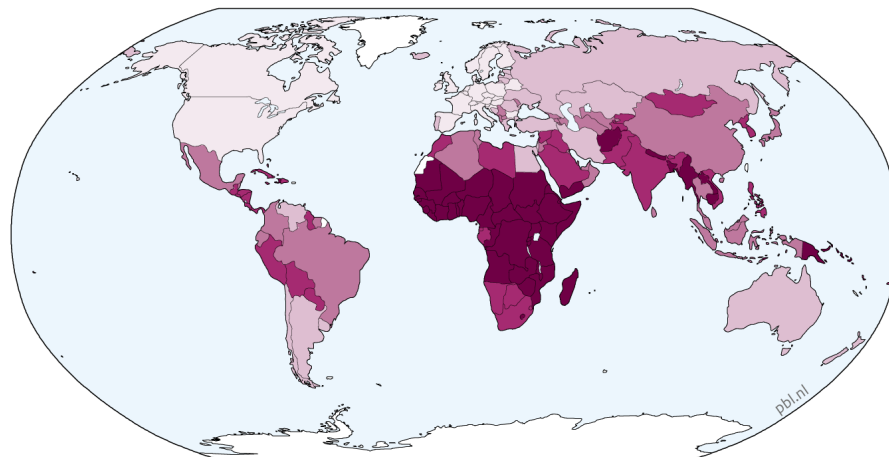
ND-GAIN is een project van de Universiteit van Notre Dame (ND) uit Indiana in de Verenigde Staten. Het project publiceert jaarlijks per land een Global Adaptation Index (GAIN). De ND-GAIN geeft een overzicht van de kwetsbaarheid van een land voor klimaatverandering en de mogelijkheden om daarmee om te 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. Dit zijn de sectoren: 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://www3.nd.edu/~nchawla/methodology.pdf>; zie ook bijlage 1.

Stap 4: Adaptatieopties

Na de identificatie van risico's volgt de stap naar adaptatieopties om met de geïdentificeerde risico's te kunnen omgaan of kansen te kunnen benutten. Hierbij speelt de onzekerheid over de waarschijnlijkheid en impact van een bepaald risico een belangrijke rol, naast aspecten als urgentie, beheersbaarheid en verwijtbaarheid. De combinatie van eigenschappen van het risico bepaalt welke strategie of maatregel het beste kan worden ingezet (PBL 2015c). Maatregelen kunnen effecten voorkómen, de gevolgen beperken of het herstel bevorderen. De voorbereiding van maatregelen kan urgent zijn omdat het klimaat snel verandert of omdat investeringsbeslissingen en beleidskeuzes voor de lange termijn nu aan de orde zijn vanwege sociaaleconomische ontwikkelingen, zoals de energietransitie.

Figuur 2.3

Kwetsbaarheid voor klimaatverandering, 2012



Bron: ND-GAIN

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

Stap 5: Aangrijpingspunten voor de Nationale Adaptatiestrategie

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 Adaptatiestrategie moet 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.

Deze laatste stap komt in dit achtergrondrapport niet aan de orde, wel in het hoofdrapport van deze studie (PBL 2015a; PBL 2015b). Daar sluiten we 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.

3 Klimaatverandering wereldwijd

In de afgelopen 130 jaar is het mondiaal jaargemiddeld 0,9°C warmer geworden. De temperatuurstijging zal doorzetten, maar in welke mate is afhankelijk van de mondiale emissies van broeikasgassen. 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.

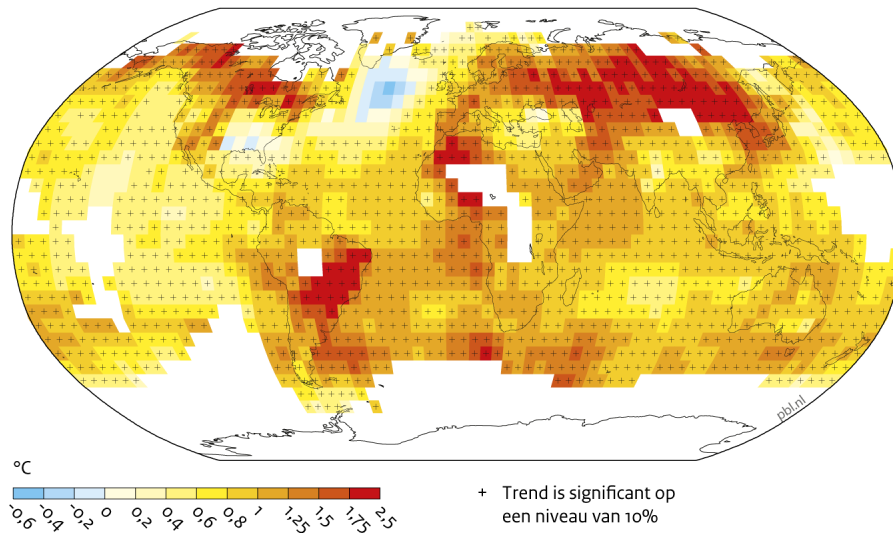
3.1 Opgetreden klimaatveranderingen

Het klimaat warmt op en veel van de sinds de jaren vijftig waargenomen veranderingen in het klimaatsysteem zijn de afgelopen honderden tot duizenden jaren niet eerder voorgekomen. De concentratie van broeikasgassen is toegenomen, de atmosfeer en de oceaan zijn opgewarmd, de hoeveelheid sneeuw en ijs is afgenomen en de zeespiegel is gestegen. Het is uiterst waarschijnlijk (meer dan 95 procent kans) dat de mens de belangrijkste oorzaak is van de waargenomen opwarming sinds het midden van de twintigste eeuw (IPCC 2013). De concentraties in de atmosfeer van kooldioxide (CO₂), methaan en lachgas zijn toegenomen tot waarden die in ten minste de afgelopen 800.000 jaar niet eerder zijn voorgekomen. De CO₂-concentratie is sinds het pre-industriële tijdperk toegenomen met 40 procent, vooral door de verbranding van fossiele brandstoffen, de productie van cement en door veranderingen in het landgebruik. De oceaan heeft ongeveer 30 procent van de door de mens uitgestoten CO₂ geabsorbeerd, met verzuring van de oceaan als gevolg.

Mondiale opwarming en verandering van neerslagpatronen

In de afgelopen 130 jaar is het mondiaal jaargemiddeld 0,9°C warmer geworden (figuur 3.1). Gedurende de jaren tachtig en negentig van de vorige eeuw en 2000-2009 werd het steeds warmer: deze drie decennia waren warmer dan alle voorgaande decennia sinds 1850. Deze temperatuurstijging is niet gelijk over de wereld verdeeld: grote landmassa's en de poolgebieden zijn sneller opgewarmd, de oceanen en tropen minder snel. De opwarming van de aarde gaat evenmin in een constant tempo, maar is aan schommelingen onderhevig. Na een versnelling aan het einde van de vorige eeuw, verliep de opwarming in de afgelopen vijftien jaar langzamer. Zo'n tempowisseling in het waargenomen temperatuurverloop is niet uniek en kan goed worden verklaard met natuurlijke fluctuaties. Sinds 1901 is de gemiddelde hoeveelheid neerslag boven land op de gematigde breedten van het noordelijk halfrond toegenomen. Waarschijnlijk heeft de mens bijgedragen aan deze toename sinds 1950. Mondiaal is de hoeveelheid waterdamp in de lucht sinds de jaren zeventig toegenomen, doordat warmere lucht meer vocht kan bevatten. De neerslagveranderingen vertonen echter sterke regionale verschillen. Zo is de hoeveelheid neerslag duidelijk afgenomen in Noord-Afrika en West-Afrika (inclusief de westelijke helft van de Sahel). Er is ook duidelijk meer regen gevallen in de zomer in zuidelijk Zuid-Amerika en in Noordwest-Australië.

Figuur 3.1
Waargenomen temperatuurverandering, 1901 – 2012



Bron: IPCC WGI 2013

In de afgelopen 130 jaar is het mondiaal jaargemiddeld 0,9°C warmer geworden. Deze stijging is niet gelijk over de wereld verdeeld: grote landmassa's en de poolgebieden zijn sneller opgewarmd, de oceanen en tropen minder snel.

Temperatuurontwikkeling in Europa

Op basis van waarnemingen is de jaargemiddelde temperatuur in Europa voor 2014 uitgekomen op 11,2°C; dat is bijna 0,2°C hoger dan het vorige record uit 2007 (figuur 3.2). In de top tien van warmste jaren in Europa zijn er nu negen uit het begin van de eenentwintigste eeuw, met 1989 als enige uitzondering (op de zesde plaats). Een groot aantal Europese landen heeft met 2014 een warmterecord te pakken.

Volgens berekeningen van het KNMI, de universiteit van Oxford, de universiteit van Melbourne en de Australian National University is de kans op een gemiddelde jaartemperatuur voor Europa zoals in 2014 gemeten met ten minste een factor 35 toegenomen. De kans hierop was aan het begin van de twintigste eeuw nog miniem, namelijk minder dan 1 op 10.000. Dezelfde bronnen stellen ook dat de hoge gemiddelde temperatuur van 2014 in Europa veel waarschijnlijker is geworden door de wereldwijde opwarming (KNMI 2015).

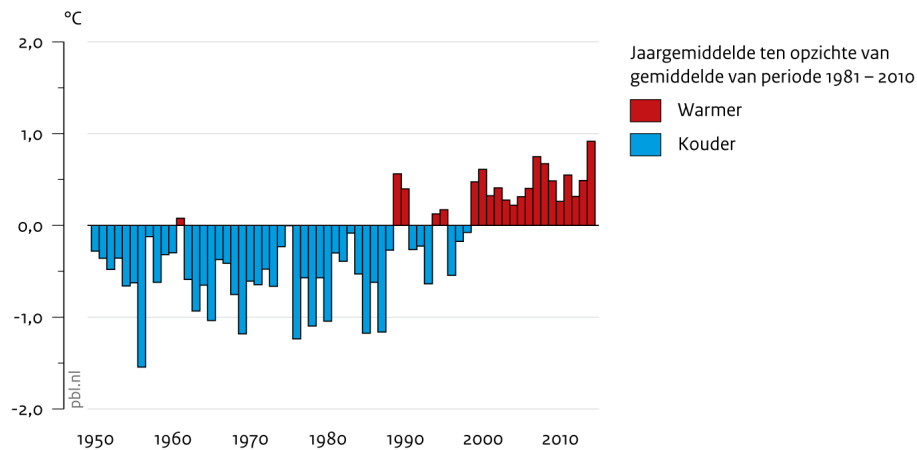
Stormen en tropische cyclonen

In de jaren 1950-1990 is op de gematigde breedten van het noordelijk halfrond de sterkte van de westenwinden toegenomen. Deze toename is grotendeels tenietgedaan door recente afnamen. De banen, waarlangs stormen zich ontwikkelen en voortbewegen, zijn sinds de jaren zeventig naar het noorden verschoven. De jaar-tot-jaarvariaties zijn echter groot. Trends in tropische cycloonactiviteit zijn lastig te bepalen door de enorme variabiliteit en door verandering in detectiemethodes. De frequentie en intensiteit van de sterkste tropische cyclonen in het Atlantisch gebied ten noorden van de evenaar zijn sinds 1970 echter hoogstwaarschijnlijk toegenomen.

IJskappen en zeespiegel

In de afgelopen twee decennia zijn de ijskappen van Groenland en Antarctica kleiner geworden. Bovendien zijn de gletsjers wereldwijd verder gekrompen, en is in de zomer het oppervlak van zee-ijs in het Noordpoolgebied verder afgenomen, en in de lente het oppervlak van sneeuw op het noordelijk halfrond.

Figuur 3.2
Europese temperatuur



Bron: ECA&D; bewerking KNMI

De Europese jaargemiddelde temperaturen in de voorbije jaren van de 21^{ste} eeuw liggen hoger dan het 1981-2010 gemiddelde. Het jaar 2014 was in Europa het warmste jaar sinds het begin van de metingen.

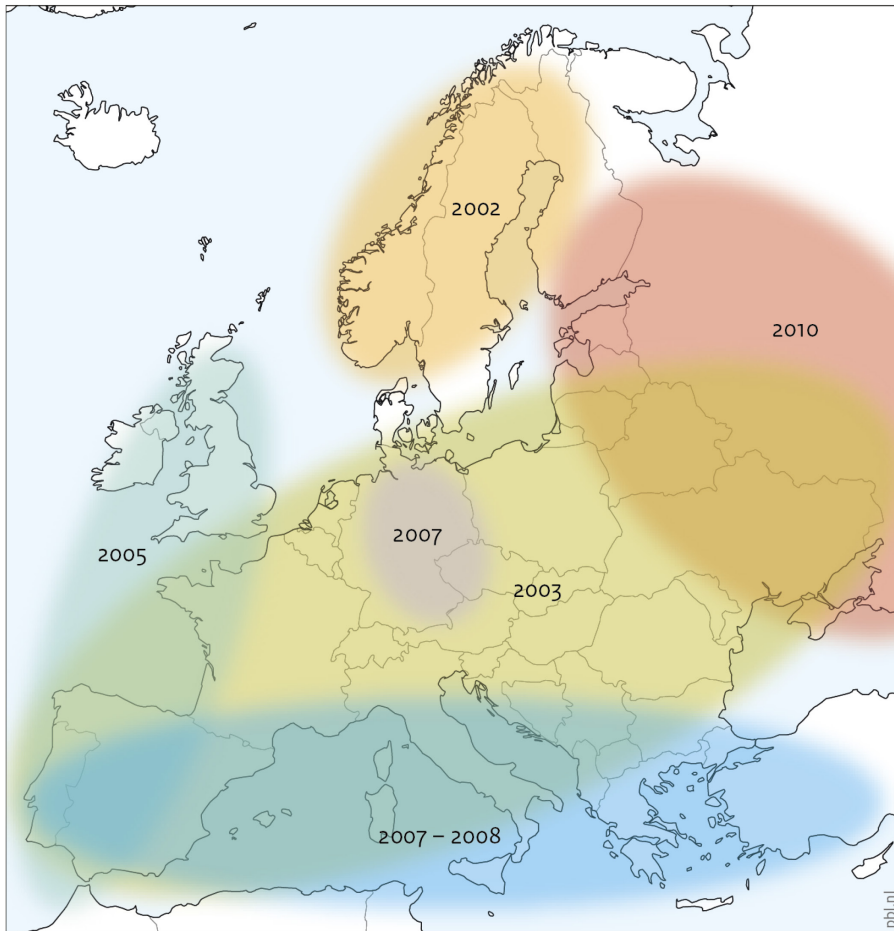
Het tempo van de zeespiegelstijging is sinds het midden van de negentiende eeuw hoger dan gemiddeld in de afgelopen 2.000 jaar. Mondiaal is de zeespiegel tussen 1901 en 2010 gestegen met 17 tot 21 centimeter. Het gemiddelde tempo van de zeespiegelstijging over die periode bedroeg 1,5 tot 1,9 millimeter per jaar. De zeespiegel stijgt de laatste jaren sneller: satellietmetingen laten tussen 1993 en 2010 een wereldgemiddelde zeespiegelstijging zien van 2,8 tot 3,6 millimeter per jaar. Deze periode is relatief kort. Omdat er ook natuurlijke schommelingen in het zeeniveau optreden, is niet met zekerheid vast te stellen of het hier om een aanhoudende versnelling gaat.

Extreem weer

Er zijn veranderingen in extreem weer sinds 1950 waargenomen. Zo is op mondiale schaal zeer waarschijnlijk het aantal koude dagen en nachten afgenomen, en het aantal warme dagen en nachten toegenomen. Hiermee samenhangend is in grote delen van Europa, Azië en Australië de frequentie van hittegolven toegenomen. Extreme neerslag boven land is in meer regio's toe- dan afgenomen, bijvoorbeeld in Noord-Amerika en Europa. Het blijft lastig om vast te stellen of er sinds het midden van de twintigste eeuw mondiale trends in droogte zijn. Er zijn wel grote regionale verschillen: zo is de frequentie van droogteperiodes in het Middellandse Zeegebied, West-Afrika, het midden van Noord-Amerika en in Noordwest-Australië waarschijnlijk toegenomen. Ook langetermijntrends in tropische cycloonactiviteit zijn onduidelijk; duidelijk is wel dat de intensiteit van de sterke cyclonen boven de Noord-Atlantische Oceaan sinds de jaren zeventig is toegenomen.

De hittegolf en de bijbehorende droogte die een groot deel van Europa in 2003 trof, was bijzonder. De frequentie van optreden van zo'n gebeurtenis is afhankelijk van de locatie, de hoogte van de temperatuur en de duur ervan. Als in deze eeuw geen maatregelen worden genomen om de uitstoot van broeikasgassen terug te dringen, kunnen hete zomers als die van 2003 om het jaar voorkomen. In het kader van risicoanalyses voor agrarische producten en energie is het van belang dat men zich realiseert dat langdurige hitte en droogte gekoppeld zijn. Dit weertype wordt namelijk gekarakteriseerd door een (standvastig) krachtig hogedrukgebied, waarin neerslagvorming onderdrukt wordt. Zowel de hoge temperaturen als de kleinere neerslaghoeveelheden werken droogte en lagere rivierstanden in de hand. Voorts kan de schaal waarop dit fenomeen zich voordoet een groot deel van Europa beslaan. Dit is een gevolg van de afmetingen van blokkerende hogedrukgebieden.

Figuur 3.3
Belangrijkste droogtes in Europa, 2000 – 2010



Bron: SOER 2010; Barriopedro et al. 2011

In het eerste decennium van de 21^{ste} eeuw waren er in Europa een paar grootschalige droogtes. Door klimaatverandering neemt in de toekomst de kans op grootschalige droogte toe.

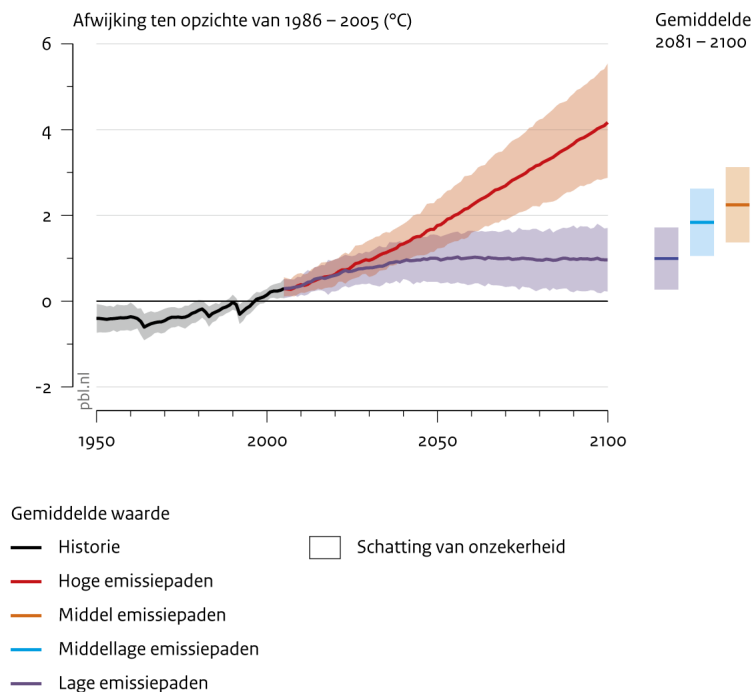
3.2 Klimaatverandering in de eenentwintigste eeuw

De mate van de klimaatverandering in de toekomst is onzeker. Dit hangt samen met de onzekerheid over de toename van broeikasgassen en onzekerheid over de reactie van het klimaatsysteem op deze toename (de zogenoemde klimaatgevoeligheid). Op een termijn van jaren tot decennia zorgen natuurlijke variaties voor onzekerheid. Voor een schatting van de toename in broeikasgassen en overige menselijk invloeden maakt het IPCC gebruik van vier emissiescenario's, die beleidsopties bevatten voor het terugdringen van broeikasgassen: van helemaal geen beleid (scenario met hoge emissiepaden) tot ambitieus emissiereductie beleid (scenario met lage emissiepaden).

Door de grote warmtecapaciteit van de oceanen duurt het enkele decennia tot eeuwen voordat de temperatuurstijging door toegenomen concentraties broeikasgassen volledig is doorgevoerd. Het IPCC schat dat de wereldgemiddelde jaartemperatuur rond 2025 0,3 tot 0,7°C hoger is dan aan het einde van de twintigste eeuw. Ten opzichte van het gemiddelde over het tijdvak 1850-1900 is dit een stijging met 0,9 tot 1,3°C. Deze verwachting is nagenoeg onafhankelijk van de emissiepaden, omdat deze pas na langere tijd verschillen vertonen. Bovendien wordt een aanzienlijk deel van de opwarming bepaald door de al uitgestoten broeikasgassen.

Figuur 3.4

Verandering in mondiale oppervlaktetemperatuur



Bron: IPCC WGI 2013

Aan het einde van deze eeuw is in het hoogste emissiescenario de aarde tussen de 3,2 en 5,4°C warmer ten opzichte van de periode 1850-1900. In het laagste emissiescenario is de aarde aan het einde van deze eeuw 0,9 tot 2,3°C warmer.

In het hoogste emissiescenario blijft de uitstoot onverminderd stijgen. Hierdoor is het aan het einde van deze eeuw op aarde tussen de 3,2 en 5,4°C warmer ten opzichte van de periode 1850-1900 (figuur 3.4). In het laagste scenario stabiliseert de CO₂-uitstoot in de komende tien jaar door ambitieus beleid, om vervolgens drastisch af te nemen door mondiale maatregelen. In dit scenario is de aarde aan het einde van deze eeuw 0,9 tot 2,3°C warmer. Voor alle scenario's geldt dat – op tijdschalen van jaren tot decennia – de opwarming fluctuaties zal blijven vertonen door variabiliteit en van gebied tot gebied zal verschillen.

Door de verwachte toename van de gemiddelde temperaturen zullen vaker extreem hoge temperaturen optreden. Zowel de duur als de frequentie van hittegolven zal toenemen. En hoewel de kans op extreem koude periodes in de winter blijft bestaan, zullen het aantal en de duur ervan afnemen.

De opwarming van de aarde veroorzaakt mondiale veranderingen in de waterkringloop, maar deze veranderingen verschillen van gebied tot gebied. Natte gebieden worden natter, droge worden droger, en het verschil tussen natte en droge seizoenen zal toenemen, hoewel er regionale uitzonderingen kunnen zijn (figuur 3.5).

In de loop van de eenentwintigste eeuw zullen moessongebieden waarschijnlijk overal ter wereld een groter gebied beslaan. Terwijl de winden van de moesson naar verwachting zwakker worden, wordt de neerslag van de moesson waarschijnlijk sterker door de toename van de hoeveelheid vocht in de atmosfeer. Het begin van de moesson zal waarschijnlijk eerder komen of niet veel veranderen. Het einde van de moesson verschuift vermoedelijk naar achteren, waardoor in veel gebieden de moesson langer zal duren.

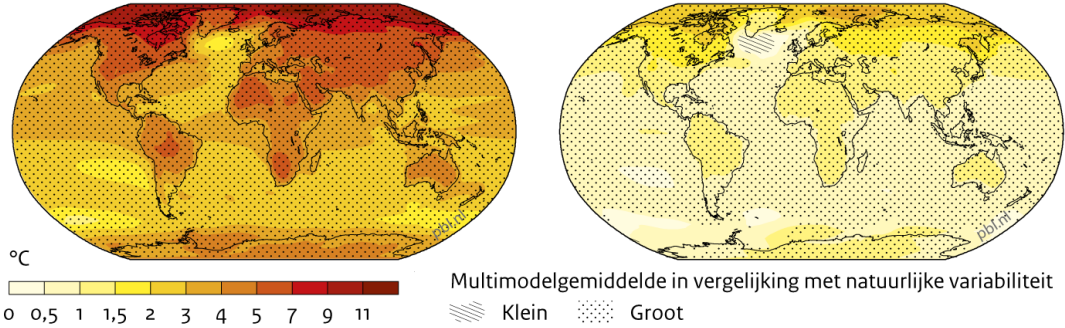
Figuur 3.5

Verandering klimaatsysteem onder twee scenario's

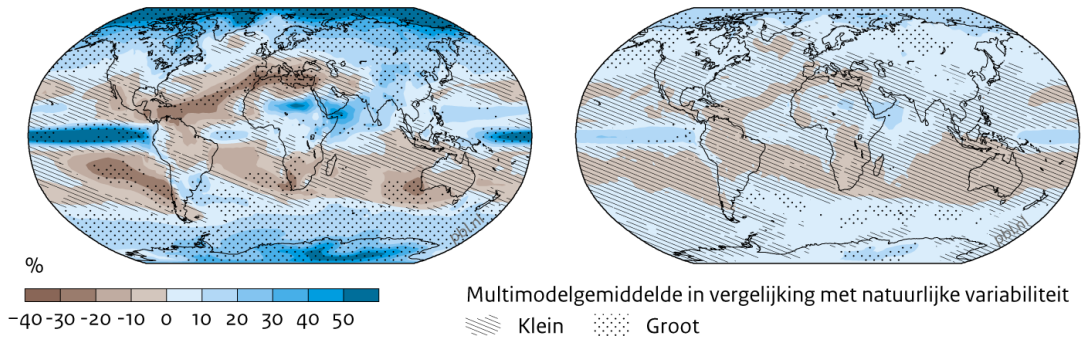
Hoge emissiepaden

Lage emissiepaden

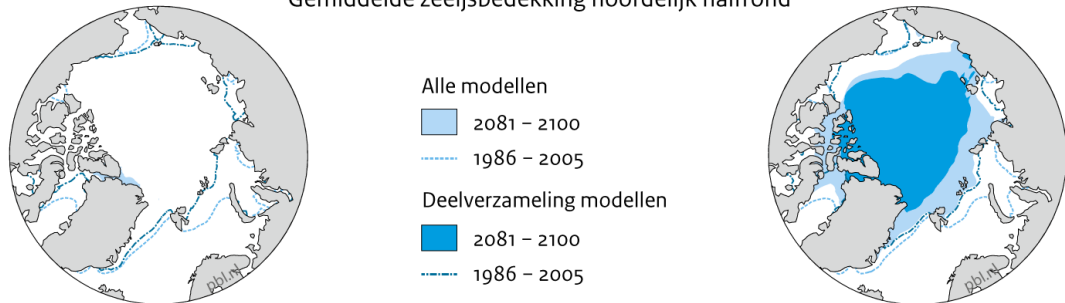
Gemiddelde oppervlaktetemperatuur (1986 – 2005 tot 2081 – 2100)



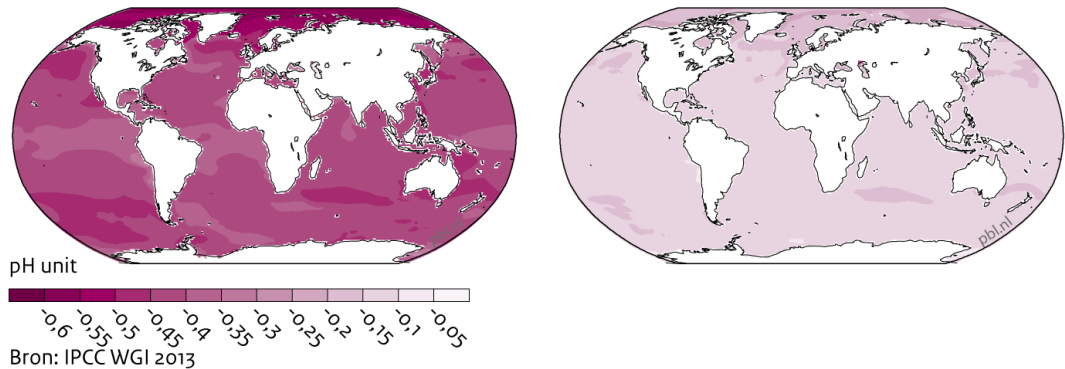
Gemiddelde neerslag (1986 – 2005 tot 2081 – 2100)



Gemiddelde zeeijsbedekking noordelijk halfrond



Zuurgraad oppervlaktewater oceanen (1986 – 2005 tot 2081 – 2100)



Veranderingen in de temperatuur, de neerslag en de zee-ijsbedekking in het Arctische gebied en in de zuurgraad van de oceanen aan het einde van de eenentwintigste eeuw ten opzichte van 1986-2005 volgens het scenario met hoge emissiepaden en het scenario met lage emissiepaden.

Ook de oceaan zal in de eenentwintigste eeuw mondiaal verder opwarmen. Er zal transport van warmte plaatsvinden van het oppervlak naar de diepe oceanen en dit zal de stromingen in de oceanen beïnvloeden. Door de voortgaande opname van CO₂ zal de zuurgraad van de oceanen verder toenemen. Klimaatmodellen laten in de komende decennia, afhankelijk van het scenario, een afzwakking zien van de warme Golfstroom, maar het is onduidelijk hoe sterk dit effect zal zijn. Een afzwakking heeft tot gevolg dat het klimaat in Noordwest-Europa minder snel opwarmt. Er zijn echter geen tekenen dat Noordwest-Europa te maken krijgt met een kouder klimaat.

Door de stijging van de mondiaal gemiddelde temperatuur zullen het oppervlak en de dikte van het zee-ijs in het Noordpoolgebied verder afnemen. Bij een scenario met hoge emissiepaden wordt verwacht dat de Arctische Oceaan vóór het midden van deze eeuw in september vrijwel ijsvrij zal zijn. Op het noordelijk halfrond zal de sneeuwbedekking in de lente verder afnemen. Het totale volume van gletsjers in de wereld zal verder slinken.

Voor de Noord-Atlantische regio en het noordwestelijk deel van de Stille Oceaan is een toename in de frequentie en intensiteit van de sterkste stormen meer waarschijnlijk dan niet. Het aantal tropische cyclonen neemt waarschijnlijk af of blijft onveranderd. De specifieke karakteristieken in de verandering van de cycloonactiviteit zijn echter nog niet goed gekwantificeerd. De maximum windsnelheid en neerslaghoeveelheden nemen waarschijnlijk toe, maar dit zal van regio tot regio verschillen.

Mondiale zeespiegelstijging 2100

In de eenentwintigste eeuw zal de mondiaal gemiddelde zeespiegel verder stijgen. In alle onderzochte scenario's zal het tempo van de zeespiegelstijging zeer waarschijnlijk hoger zijn dan het tempo dat in de periode 1971-2010 is waargenomen. Deze versnelling heeft te maken met de toename in de opwarming van de oceanen en de toename van massaverlies door gletsjers en ijskappen.

Tegen het einde van de eenentwintigste eeuw wordt een stijging verwacht van 26 tot 82 centimeter ten opzichte van het gemiddelde in de periode 1986-2005, afhankelijk van het emissiescenario en de klimaatgevoeligheid. De bovengrens is 20 centimeter hoger dan het IPCC in zijn vorige rapport inschatte (IPCC 2007), omdat de kennis over ijskappen sterk is verbeterd. De huidige zeespiegelstijging van ongeveer 3 millimeter per jaar is goed te verklaren op basis van de uitzetting van het zeewater, het smelten van de gletsjers, het afkalven van de ijskappen, de veranderingen in grondwaterstanden, het gebruik van water voor irrigatie en het opstuwten van water achter dammen.

Veranderingen in de koolstofcyclus door de klimaatverandering zullen de toename van CO₂ in de atmosfeer vergroten. Naarmate de oceanen meer koolstof opnemen, zullen deze verder verzuren.

Europa

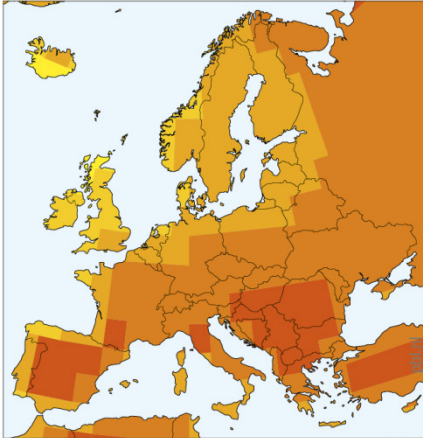
Het IPCC (2013) verwacht voor de drie subregio's binnen Europa (Noord-Europa, Midden-Europa en het Middellandse Zeegebied) hogere temperaturen in alle seizoenen. Noord-Europa krijgt in de winter te maken met de grootste temperatuurstijging, terwijl in de zomer de grootste verandering in het Middellandse Zeegebied zal plaatsvinden. In heel Europa zullen de frequentie, duur en intensiteit van hittegolven toenemen.

De neerslagprojecties zijn echter afhankelijk van de sub regio en het seizoen. Voor het winterhalfjaar (oktober tot maart) wordt voor Noord- en Midden-Europa een toename van de gemiddelde neerslag verwacht, terwijl voor het Middellandse Zeegebied weinig verandering tot een lichte afname wordt verwacht. Voor het zomerhalfjaar (april tot september) lijken de veranderingen in de gemiddelde neerslag voor Noord- en Midden-Europa klein, terwijl de neerslaghoeveelheden in het Middellandse Zeegebied waarschijnlijk zullen afnemen (figuur 3.6).

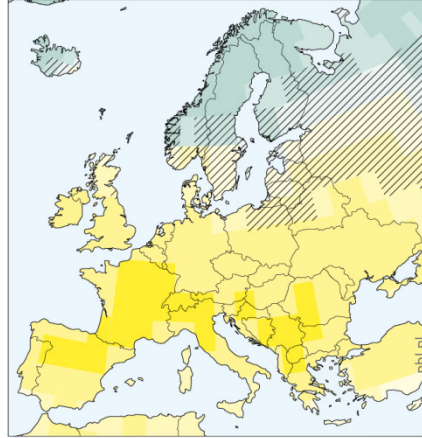
Figuur 3.6

Vershil neerslag en temperatuur tussen 2005 en 2100 in zomer- en winterperiode

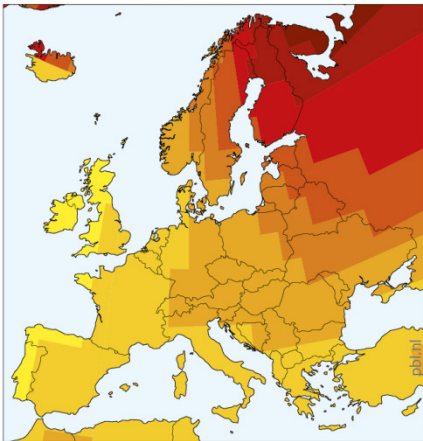
Temperatuur zomerperiode



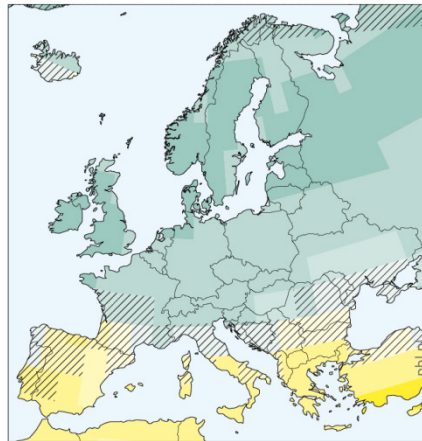
Neerslag zomerperiode



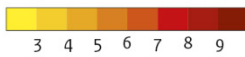
Temperatuur winterperiode



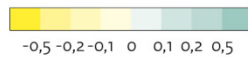
Neerslag winterperiode



Temperatuurverandering (°C)



Neerslagverandering (mm/dag)



/// Verandering neerslag binnen natuurlijke variabiliteit

Bron: KNMI

In heel Europa zal de temperatuur toenemen, vooral in de winter in Noord-Europa (scenario hoge emissiepaden). Noord-Europa wordt naar het eind van deze eeuw natter en in Zuid-Europa zal minder neerslag vallen.

4 Mondiale effecten klimaatverandering

De gevolgen van klimaatverandering zijn wereldwijd al zichtbaar:

- *Naar verwachting zet het risico van overstromingen vanuit zee, rivieren en grote meren in de loop van deze eeuw verder door. De toename van extreme regenval in veel gebieden speelt hierbij een belangrijke rol. 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.*
- *Het ijs bij de Noordpool is aan het smelten. Gletsjers nemen in omvang af en het smelten van sneeuw en ijs, evenals veranderingen in de hoeveelheid neerslag en de verdeling daarvan over het jaar beïnvloeden op veel plaatsen de beschikbare hoeveelheid en kwaliteit van zoet water. Door het steeds warmere zeewater worden tropische orkanen naar verwachting heviger.*
- *Op het land en in de oceanen verschuiven de verspreidingsgebieden van plant- en diersoorten. Wereldwijd is, mede door klimaatverandering, een vijfde van het koraal afgestorven.*
- *De landbouwsector en de voedselproductie ondervinden zowel negatieve als positieve gevolgen van klimaatverandering. De negatieve gevolgen manifesteren zich vooral in de zuidelijke regio's, de positieve gevolgen vooral in gebieden op de hogere breedtegraden.*
- *Wereldwijd bezien lijken de gevolgen voor de gezondheid van de mens nog beperkt. Maar mede door de intensivering van internationale transporten kunnen de verspreidingspatronen van ziektedragers en plaagorganismen veranderen.*

Dit hoofdstuk gaat in op de mondiale effecten van klimaatverandering. Het is gebaseerd op Hoofdstuk 2 van 'IPCC-Werkgroep II: Effecten van klimaatverandering en mogelijkheden voor adaptatie' Samenvatting van het vijfde IPCC-Assessment en een vertaling naar Nederland (KNMI & PBL 2015). In de volgende hoofdstukken (5-9) worden per thema de gevolgen op een rijtje gezet.

Overstromingsrisico's

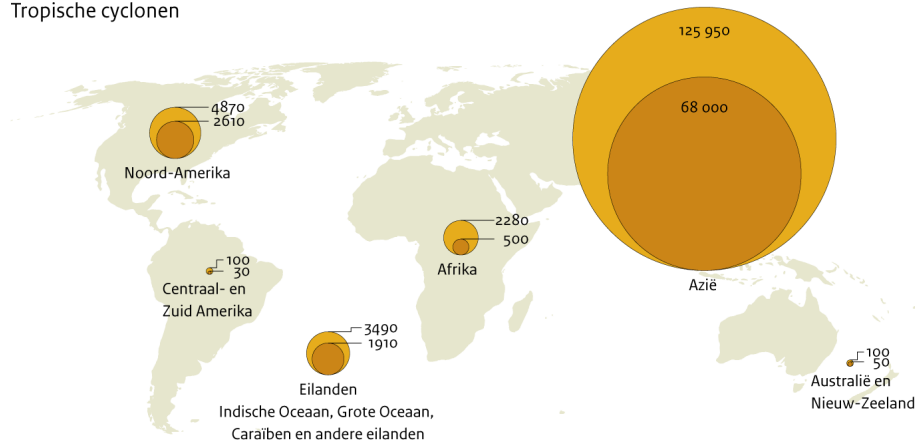
Naar verwachting zet het risico van overstromingen vanuit zee, rivieren en grote meren in de loop van deze eeuw verder door. De toename van extreme regenval in veel gebieden speelt hierbij een belangrijke rol.

Ten opzichte van de periode 1986-2005 zal de zeespiegel in de periode 2081-2100 wereldwijd naar verwachting met 26 tot 82 centimeter zijn gestegen. Deze bandbreedte geeft de onder- en bovengrens aan van de gangbare scenario's voor de uitstoot van broeikasgassen waarmee wereldwijd wordt gerekend. Als aanvulling op deze scenario's kan ook met meer of minder extreme scenario's worden gerekend. Volgens een meer extreem scenario zou de zeespiegel tot 2100 wereldwijd gemiddeld met 55 tot 115 centimeter kunnen stijgen. De verwachte zeespiegelstijging kan daarmee een forse extra investeringsopgave inhouden voor de komende eeuw om de bescherming van gebieden tegen overstromingen op een voldoende niveau te krijgen en te houden.

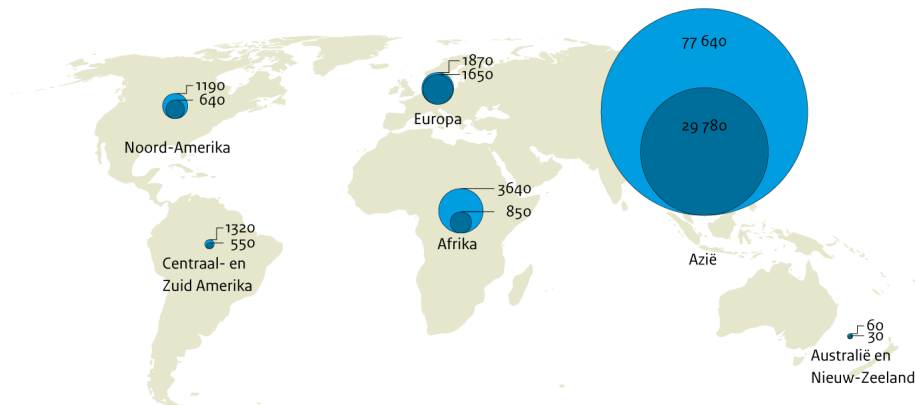
Figuur 4.1

Blootstelling van bevolking aan tropische cyclonen en overstromingen

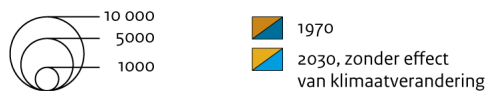
Tropische cyclonen



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 1970- 2030 fors toe, vooral in Azië. Deze toename is primair het gevolg van bevolkingsgroei. Hoewel er een significante toename van de activiteit van cyclonen is gemeten in de Noord-Atlantische oceaan, is dit niet het geval voor tropische cyclonen. Tot 2030 wordt een toename door klimaatverandering onwaarschijnlijk geacht. Na 2030 wordt er wel een toename verwacht.

De ontwikkeling van de overstromingsrisico's in kustzones en riviergebieden wordt in belangrijke mate bepaald door de bevolkingsgroei, de toename van de economische waarde en de bodemdaling die in gebieden optreedt door grondwaterwinning en inklinking van de bodem. Figuur 4.1 laat zien dat alleen al de bevolkingsgroei in kustgebieden zal leiden tot een sterke toename van de risico's, gerelateerd aan het optreden van cyclonen en overstromingen. In deze figuur is aangenomen dat er in de periode tot aan het jaar 2030 geen significante veranderingen plaatsvinden in de frequentie en intensiteit van stormen en overstromingen, een aanname die overeenkomt met de uitkomsten van de klimaatmodellen voor die periode.

De bodem van het merendeel van de delta's in de wereld daalt sterk doordat er grondwater aan wordt onttrokken, de bodem inklinkt en de aanvoer van sediment naar de kustzone sterk is verminderd door de dammen die in de twintigste eeuw zijn aangelegd. De bodemdaling

verloopt op dit moment aanzienlijk sneller dan de zeespiegelstijging. In de afgelopen honderd jaar daalde de bodem onder een aantal grote steden in Azië snel: het oosten van Tokyo daalde bijvoorbeeld 4,4 meter, Shanghai 2,6 meter en Bangkok 1,6 meter. In Europa is vooral de Podelta snel gedaald: ongeveer 3 meter in de afgelopen honderd jaar.

Door de toename van het kapitaal achter de waterkeringen zal, ook wanneer wordt uitgegaan van gelijkblijvende overstromingskansen, de jaarlijkse schadeverwachting in de 136 grootste kuststeden ter wereld in de periode tot 2050 naar verwachting negenmaal zo hoog zijn als in 2005. Net als bij de bevolking nemen de economische schaderisico's vooral toe in Azië.

Als de Europese Unie zich niet zou aanpassen aan de verwachte zeespiegelstijging, zou het aantal mensen in EU-landen dat jaarlijks te maken krijgt met een kustoverstroming, tussen nu en 2080 toenemen met 0,8 tot 5,5 miljoen. De verwachte jaarlijkse schade voor de Europese Unie zou in die periode tot 17 miljard euro kunnen stijgen (IPCC 2014).

Wateroverlast in het stedelijk gebied

Naar verwachting neemt extreme regenval in 2100 toe met 10 tot 60 procent ten opzichte van de periode 1961-1990. Als gevolg hiervan nemen de kans op en de volumes van wateroverlast in het stedelijk gebied sterk toe (met een bovengrens van 400 procent). Dit komt onder meer door overstromingen vanuit het overbelaste rioolsysteem. De wateroverlast kan sterker toenemen dan de neerslagintensiteiten, omdat juist de zwaarste buien de capaciteit van de stedelijke drainage overschrijden en een toename van de intensiteit van die buien vrijwel meteen tot wateroverlast leidt. In veel steden is de capaciteit van de drainage en riolering nu al vaak onvoldoende. Schades kunnen in de miljarden lopen, zoals blijkt uit de gevolgen van de intensieve neerslag waarmee de bevolking van Kopenhagen en het Verenigd Koninkrijk recent te maken hadden.

Droogte en zoetwatervoorziening

Voor de toekomst wordt een toename verwacht van de intensiteit van droogte in grote delen van de wereld, zoals het noordoosten van Brazilië, Midden-Amerika, het zuiden en midden van de Verenigde Staten en het zuiden van Afrika. Dit geldt ook voor het zuidelijke en het centrale deel van Europa.

Als de temperatuur wereldwijd stijgt met 1°C ten opzichte van die aan het einde van de vorige eeuw, zal voor ongeveer 8 procent van de wereldbevolking de zoetwatervoorziening sterk afnemen. Bij een stijging van 2 tot 3°C is dit 14 respectievelijk 17 procent, al is de spreiding in de resultaten van de verschillende rekenmodellen groot. Niet alleen zullen veel mensen te maken krijgen met een afname van de rivierafvoeren, ook zal op veel plaatsen in de wereld de verdeling van de rivierafvoer over het jaar veranderen. Doordat in de bergen minder sneeuw valt en deze sneeuw eerder smelt, zal de piek in de afvoer vanuit de bergen eerder optreden en dus in het voorjaar afnemen. Doordat in de winter meer neerslag valt in de vorm van regen, zullen de afvoeren in de winter toenemen. In de zomer nemen de afvoeren juist af.

In een aantal gebieden in de wereld, waaronder het noorden van Europa, zullen de rivierafvoeren op jaarbasis in eerste instantie toenemen. Doordat de gletsjers smelten, zullen de rivieren die (deels) door het smeltwater van deze gletsjers worden gevoed, jaargemiddeld meer water afvoeren. Nadat een maximum is bereikt, zal de jaargemiddelde afvoer weer gaan dalen. Voor Europa (Alpen, Noorwegen, IJsland) zal de piek van het smeltwater waarschijnlijk in de eerste helft van deze eeuw worden bereikt.

Tegenover een afname van de waterbeschikbaarheid staat in veel delen van de wereld een toename van de watervraag. Vooral de vraag naar water voor irrigatie in de landbouw zal fors toenemen, tot meer dan 40 procent in de loop van deze eeuw voor Europa, de Verenigde Staten en delen van Azië. Wellicht zal het stijgende CO₂-gehalte van de atmosfeer ertoe

leiden dat planten minder water verdampen en dus minder nodig hebben (doordat de huidmondjes van bladeren bij een hoger CO₂-gehalte minder ver openstaan). Maar zelfs als wordt aangenomen dat dit effect heel groot is, zal de vraag naar water voor irrigatie in een aantal gebieden, waaronder Zuid-Europa, deze eeuw nog steeds met meer dan 20 procent toenemen. Op veel plekken in de wereld zal de vraag naar water voor irrigatie groter worden dan de hoeveelheid water die daarvoor beschikbaar is.

Overigens heeft een reeks van factoren invloed op de watervraag. Denk aan: (1) de verwachte bevolkingsgroei, (2) meer welvaart, (3) een trend naar een eiwitrijker dieet, en (4) het verbouwen van steeds meer biofuels. De invloed van deze factoren op de watervraag is naar verwachting groter dan het effect van klimaatverandering.

Natuur en biodiversiteit

Seizoensgebonden activiteiten van verschillende planten- en diersoorten zijn aan het verschuiven. Ook de migratie van soorten naar andere gebieden is al waargenomen. Beide trends zullen zich wereldwijd doorzetten. Zo zal de samenstelling van planten- en diergemeenschappen in de tweede helft van deze eeuw zeer waarschijnlijk gaan veranderen doordat in een bepaald gebied sommige soorten wegtrekken terwijl andere zich er juist vestigen. Ook de interactie tussen soorten zal verstoord raken doordat hun activiteiten niet gelijk in het jaar verschuiven. Denk aan de beschikbaarheid van voedsel versus de timing van de migratie en het broeden van vogels. Als gevolg van deze veranderingen zullen ecosystemen anders gaan functioneren. Volgens de huidige inzichten zal in de eerste helft van deze eeuw de invloed van directe menselijke ingrepen op ecosystemen, via het land- en watergebruik en de vervuiling, groter zijn dan de invloed van klimaatverandering, maar de onzekerheden zijn groot.

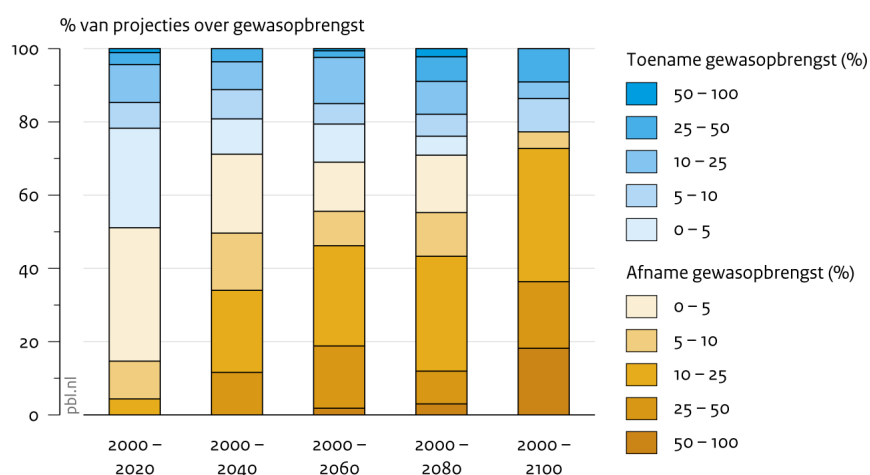
Veranderingen binnen ecosystemen kunnen doorwerken in de diensten die deze systemen leveren. Voorbeelden van ecosysteemdiensten die door klimaatverandering kunnen worden bedreigd, zijn: waterzuivering door wetlands, het vastleggen van CO₂ door bossen, kustbescherming door mangroves en koraalriffen, de beheersing van ziekten en plagen, en de recycling van nutriënten.

Planten en dieren zullen zoveel mogelijk proberen mee te bewegen met de verschuivende klimaatzones. Blijft de klimaatverandering beperkt, dan kunnen de meeste soorten tot het eind van deze eeuw de effecten daarvan waarschijnlijk wel volgen. Soorten die dat niet kunnen, zullen (sterk) in aantal afnemen. Is klimaatverandering echter sterk, dan zullen veel soorten de veranderingen niet kunnen bijbenen. Daar komt bij dat de migratie van soorten wordt belemmerd doordat hun habitat is versnipperd, dammen in rivieren en steden hen de weg versperren, en concurrerende soorten de 'nieuwe' geschikte gebieden al bezetten. Het risico op uitsterving neemt voor veel land- en zoetwatersoorten toe. Niet alleen door klimaatverandering (en de daaraan verbonden gevolgen als droogte, stormen, natuurbranden en de uitbraak van ziekten), maar vooral door de combinatie met andere stressfactoren, zoals de verandering van habitat, overexploitatie, vervuiling en van elders binnendringende soorten.

Doordat het zeewater verder zal opwarmen en verzuren, komen koralen en organismen met kalkskeletten verder onder druk te staan. De migratie van soorten naar hogere breedtegraden zal zich verder voortzetten.

Figuur 4.2

Verdeling van projecties naar effect van klimaatverandering op mondiale gewasopbrengst



Bron: IPCC WGII 2014

De verdeling van de projecties voor het percentage gewasopbrengst laat voor de komende decennia een verschuiving zien van een toename van de opbrengsten naar een afname.

Voedselvoorziening

Naar verwachting zullen de opbrengsten van de belangrijkste gewassen, bij gelijkblijvende techniek in de loop van deze eeuw (verder) afnemen als gevolg van klimaatverandering. Dit gebeurt in zowel de tropen als de gematigde streken. Het effect zal in eerste instantie, bij een beperkte opwarming, nog gering zijn maar in de loop van deze eeuw verder toenemen. Ongeveer evenveel wetenschappelijke studies verwachten voor de eerstkomende jaren een toename dan wel een afname van de opbrengsten, in de loop van deze eeuw verschuift deze verhouding steeds meer in de richting van een afname van de opbrengsten (figuur 4.2). Blijven maatregelen gericht op het bestrijden van de klimaatrisico's uit, dan zullen de oogsten in de loop van deze eeuw wereldwijd afnemen met 15 tot 18 procent.

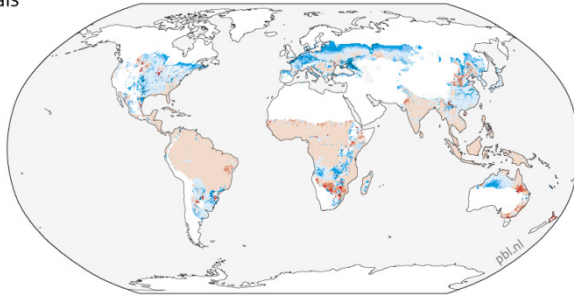
Ook in het zuiden van Europa zullen de graanopbrengsten waarschijnlijk verder afnemen. In West-Europa kan de toename van hittestress tijdens het bloeien van tarwe tot een aanmerkelijk verlies aan opbrengsten leiden. Voor het noorden van Europa is er sprake van een optelsom van negatieve en positieve effecten: de toename van de variabiliteit van het klimaat en het oprukken van insectenplagen en ziekten zijn risico's voor de graanoogsten. Maar klimaatverandering betekent ook dat een groter areaal aan voor het verbouwen van graan geschikte gebieden beschikbaar komt. Waarschijnlijk zal het netto-effect voor Noord-Europa een toename zijn van de opbrengst van de graanoogsten.

In de loop van deze eeuw zal klimaatverandering in de tropen naar verwachting meer negatieve gevolgen hebben voor de opbrengsten van de voor de voedselvoorziening belangrijkste gewassen dan in de gematigde streken (figuur 4.3). Niet alleen vanwege de effecten op de gewassen, maar ook vanwege de beperkte financiële en organisatorische capaciteiten in die gebieden. Het ziet er in de komende tientallen jaren (vooral nog) echter niet naar uit dat de opbrengsten van de belangrijkste gewassen voor de voedselvoorziening voor de wereld als geheel zullen afnemen. Die afname wordt pas verwacht in de tweede helft van deze eeuw. Het hogere CO₂-gehalte in de atmosfeer heeft immers ook een positief effect op de groei van gewassen. Zolang de opwarming nog beperkt is, compenseert dit positieve effect voor een deel het negatieve effect van de opwarming. Op de lange termijn zullen de negatieve effecten van de opwarming zoals droogte en hittestress gaan overheersen.

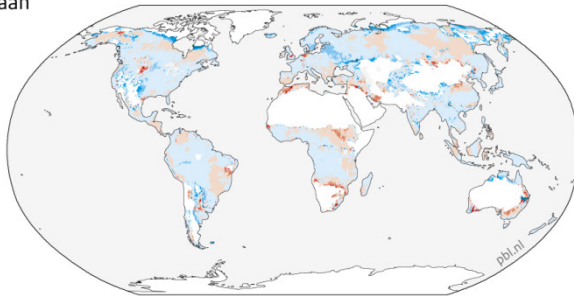
Figuur 4.3

Vershil in potentiële gewasopbrengst, 2010 – 2100

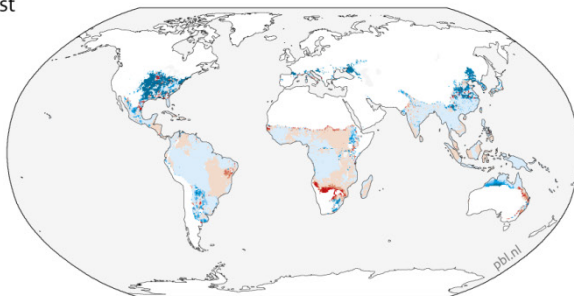
Mais



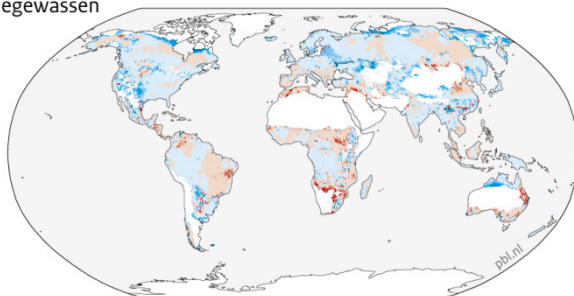
Graan



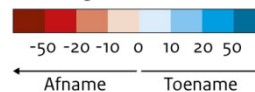
Rijst



Oliegewassen



Percentage



□ Geen verandering / geen gewasopbrengst

Bron: PBL, IMAGE 3.0

*In het RCP 6.0 scenario (Vuuren et al. 2011) zullen de potentiële opbrengsten van oliege-
wassen, rijst, mais en vooral graan in de periode 2010-2100 rond de evenaar afnemen. Op
hogere breedten zullen deze door klimaatverandering juist toenemen. De kaarten tonen het
potentiële effect van klimaatverandering zonder respons via management.*

Naast klimaatverandering hebben ook sociaaleconomische ontwikkelingen veel invloed op de ontwikkelingen binnen de land- en tuinbouwsector. Veranderingen in het beleid en economische ontwikkelingen zijn voor de landbouw relatief belangrijker dan klimaatverandering. Hoe beide aspecten zich tot 2050 ontwikkelen, is hoogst onzeker.

De migratie van vissoorten in de wereldzeeën naar de polen zal er halverwege de eenentwintigste eeuw toe hebben geleid dat de soortenrijkdom in het zeewater van, onder meer,

Noordwest-Europa is toegenomen en in het zeewater van de tropen is afgenomen. Op hogere breedtegraden kunnen de visvangsten dan met 30 tot 70 procent (ten opzichte van 2005) zijn toegenomen, terwijl deze in de tropen tot 40 procent zijn afgenomen. Toch kunnen de effecten voor de visserij ook voor Noordwest-Europa negatief zijn: doordat het lichaamsgewicht van vissen (en zoöplankton, hun voedsel) naar verwachting afneemt, heeft klimaatverandering, in combinatie met intensieve visserij, gevolgen voor de duurzaamheid van deze sector.

Energievoorziening

Klimaatverandering heeft effect op zowel de vraag naar als het aanbod van energie (als mix van verschillende bronnen). De vraag naar energie wordt door klimaatverandering beïnvloed doordat er bijvoorbeeld minder energie nodig zal zijn om in de winter gebouwen te verwarmen en meer om in de zomer gebouwen te koelen. Veranderingen in de vraag naar energie worden echter voor een groot deel bepaald door andere factoren dan klimaatverandering, zoals economische ontwikkelingen, technologische innovaties en de geopolitieke situatie. Laatstgenoemde effecten zijn in de eerstkomende tientallen jaren zeer waarschijnlijk belangrijker dan klimaatverandering.

Ook het aanbod aan energie, ofwel de mix van de verschillende bronnen waarmee elektriciteit wordt opgewekt, zal in de loop van deze eeuw veranderen. Wereldwijd (en in Europa) zal de hoeveelheid energie die met zonnepanelen wordt opgewekt, toenemen. Dat geldt ook voor windenergie, door de aanleg van nieuwe windmolenparken. Hoewel de potentiële hoeveelheid windenergie in Europa tot 2050 niet significant zal veranderen, zal die hoeveelheid na 2050 in het noordelijke, centrale en Atlantische deel van Europa in het winterhalfjaar mogelijk toenemen en in het zomerhalfjaar afnemen. Alleen voor het grootste deel van Zuid-Europa wordt na 2050 voor het hele jaar een afname verwacht.

De wereldwijde elektriciteitsproductie bij stuwmeren zal halverwege deze eeuw iets hoger liggen dan nu, zo is de verwachting (bij gelijkblijvende capaciteit). In Europa zal deze vorm van energieaanbod gemiddeld iets afnemen, al zal dit regionaal aanzienlijk verschillen. Zo zal het aanbod in Scandinavië toenemen met 5 tot 14 procent aan het eind van deze eeuw (vergeleken met nu), en voor het continentale deel van Europa en de Alpen afnemen met 6 tot 36 procent.

Elektriciteitscentrales die voor hun koelwater afhankelijk zijn van rivieren, zullen in de zomer vaker te maken krijgen met beperkingen in de capaciteit die mag worden benut. Dit om te voorkomen dat het rivierwater te warm wordt voor het leven in die rivieren. Wereldwijd zal een opwarming van de luchttemperatuur met 2°C, 4°C dan wel 6°C de jaargemiddelde temperatuur van het rivierwater doen stijgen met naar verwachting 1,3°C, 2,6°C respectievelijk 3,8°C. Voor Europa is geschat dat de capaciteit van de elektriciteitscentrales in de zomers van 2031-2060 hierdoor met 6 tot 19 procent zal afnemen vergeleken met de capaciteit in de periode 1971-2000.

De beperking van de capaciteit van elektriciteitscentrales in het geval van te warm rivierwater kan de elektriciteitsprijs in West-Europa op jaarbasis tussen nu en 2030 met ongeveer 1 procent doen stijgen. Het effect tijdens een hete, droge zomer is echter veel hoger: een stijging met 11 tot 24 procent (beperking koelwaterlozingen) of zelfs 50 procent (geen koelwaterlozingen) wanneer zich een hittegolf voordoet zoals die van 2006.

De gevolgen van klimaatverandering (meer extreem weer, zeespiegelstijging) kunnen de betrouwbaarheid van de elektriciteitsnetwerken en pijpleidingen beïnvloeden. Het is denkbaar dat de ontwerpnormen hiervoor moeten worden aangepast.

Gezondheid

De toename van het aantal hittegolven en de toename van het extreme karakter hiervan hebben gevolgen voor de volksgezondheid. Ouderen en mensen met een korte levensverwachting zullen door de hitte eerder komen te overlijden. Vooral mensen in (grote) steden zijn kwetsbaar vanwege het stedelijk hitte-eilandeffect.

Tegenover een hoger sterftecijfer door hitte in de zomer staat een afnemend sterftecijfer door minder (periodes met) extreme kou in de winter. Volgens het IPCC is het negatieve effect van de toenemende hitte in een aantal regio's groter dan het positieve effect van de minder vaak voorkomende extreem koude periodes, maar de verhouding tussen de twee op wereldschaal is vooralsnog onduidelijk.

Wereldwijd zal het risico van ziekten door verontreinigd voedsel en water vrijwel zeker toenemen. Voor Noordwest-Europa zal dit risico echter zeer beperkt blijven omdat de kwaliteit van de infrastructuur voor afvalwaterbehandeling en drinkwaterbereiding hier hoog is. Wel kunnen de zomeromstandigheden (warm water, lage afvoer) in Noordwest-Europa vaker leiden tot de bloei van (toxische) algen en, door de lage afvoer en dus geringe verdunning, sterker verontreinigd oppervlaktewater.

Ook het risico van ziekten die worden overgebracht door zogenoemde vectoren als teken en muggen, neemt waarschijnlijk toe, al zal dit van regio tot regio verschillen. Er zijn op dit moment geen aanwijzingen dat malaria weer op grote schaal in Europa gaat voorkomen. Voor Noordwest-Europa is dit zelfs onwaarschijnlijk, gezien het hoge niveau van de gezondheidszorg. Dit geldt ook voor andere ziekten die muggen kunnen overbrengen, zoals dengue. Voor ziekten die worden overgebracht door teken, zoals de ziekte van Lyme, zijn er aanwijzingen dat de verspreiding hiervan naar het noorden van Europa en Amerika (deels) te wijten is aan de opwarming van de aarde. Al komt het ruimtelijk beeld van de (verdere) verspreiding van teken overeen met dat van de opwarming, het is (nog) niet aangetoond dat daarmee ook het patroon van ziektegevallen bij mensen verandert.

Wereldwijd zal klimaatverandering leiden tot veranderingen in de luchtkwaliteit, die op haar beurt de gezondheid van mensen beïnvloedt. Belangrijke veranderingen in de luchtkwaliteit zijn hogere gehalten fijnstof door bosbranden, hogere gehalten aan ozon tijdens hittegolven en verschuivingen binnen het jaar van het vrijkomen van pollen. Extreem hoge fijnstofgehalten zijn bijvoorbeeld gemeten in Moskou tijdens de bosbranden van 2010.

Infrastructuur en transport

Wereldwijd zal de kwetsbaarheid van rail- en weginfrastructuur, havens en industriële complexen toenemen. Dit komt doordat de zeespiegel stijgt, piekafvoeren van rivieren extremer en buien en stormen zwaarder worden (al zullen deze factoren van plaats tot plaats verschillen). Dat wil zeggen: tenzij de juiste adaptatiemaatregelen worden genomen. Die maatregelen zijn in het bijzonder van belang voor de zogenoemde 'kritische (vitale) infrastructuur': die infrastructuur die 'essentieel is voor de continuïteit van de diensten waar een land op vertrouwt en waarbij de verstoring hiervan tot grote economische of maatschappelijke gevolgen, of het verlies aan mensenlevens zou leiden' (definitie IPCC).

De effecten van klimaatverandering op de infrastructuur voor drinkwatervoorziening en rioleering zullen in de meeste landen negatief zijn.

Gewelddadige conflicten

Klimaatverandering kan het risico op gewelddadige conflicten vergroten doordat zij ook effect heeft op armoede, de verplaatsing van bevolkingsgroepen en politieke ontwrichting. Doordat een groot aantal factoren een rol speelt bij het ontstaan van conflicten, is de rol van klimaatverandering hierbij nog moeilijk te kwantificeren. Binnen de Europese Unie en de Verenigde Naties is klimaatverandering erkend als 'dreigingsvermenigvuldiger' (EU 2008, 2011; EEAS & EC 2011).

5 Bevolking: internationale relaties

In dit hoofdstuk beschrijven we de mogelijke effecten van klimaatverandering elders in de wereld op de Nederlandse bevolking. Het gaat hierbij vooral om gezondheidsrisico's als gevolg van weersextremen of de verspreiding van infectieziekten (paragraaf 5.1) en de impact van klimaatgerelateerde rampen in het buitenland op de Nederlandse samenleving (paragraaf 5.2). De economische risico's voor de Nederlandse bevolking, zoals bij investeringen in het buitenland, verstoringen in de aanvoer van consumptiegoederen of schommelingen in consumentenprijzen, komen in hoofdstuk 8 aan bod.

5.1 Gezondheid

- *De kans is klein dat zich door klimaatverandering in (de buurt van) Nederland een nieuwe infectieziekte zal voordoen maar als het gebeurt zijn de gevolgen groot. In Zuid-Europa is die kans groter. De bestaande Europese monitoring helpt nieuwe risico's tijdig te signaleren.*
- *Wereldwijd neemt de kans op infectieziekten door waterverontreiniging en voedselvergiftiging toe, evenals de kans op overstromingen en weersextremen zoals hittegolven. Dit kan ook gevolgen hebben voor Nederlanders wanneer zij naar het buitenland reizen. De meeste Nederlanders reizen binnen Europa, alwaar gezondheidsrisico's wel aanwezig, maar zeer beperkt zijn. Maar Nederlanders reizen ook steeds vaker en verder en werken over de hele wereld.*
- *Adaptatieopties:*
 - *het actualiseren van internationale monitoring van ziekten en ziekteverwekkers en het uitwisselen van kennis in Europees verband.*
 - *het geven van adequate voorlichting aan en het vaccineren van Nederlandse reizigers naar risicogebieden.*
 - *internationaal beleid gericht op een verbetering van de luchtkwaliteit kan de gezondheidsrisico's als gevolg van hittegolven wereldwijd verminderen.*

Gezondheidsrisico's door klimaatverandering

Nederlanders die wereldwijd reizen of zich elders in de wereld vestigen, hebben nu al met risico's te maken die aan het klimaat zijn gerelateerd. De verwachte wereldwijde klimaatverandering vergroot die risico's. Extreme weersomstandigheden zoals stormen en hittegolven, met onder andere overstromingen en bosbranden als gevolg, kunnen slachtoffers maken en leiden tot het uitvallen van overheidsdiensten zoals de gezondheidszorg, transportverbindingen en andere vitale infrastructuur.

De verwachte klimaatverandering vergroot de kans op hittestress, versterkt ademhalingsproblemen als gevolg van een slechte luchtkwaliteit (RIVM 2014a; NCA 2014) en vergroot het risico op infectieziekten die via vectoren, water en voedsel kunnen worden overgedragen.

De meeste Nederlanders reizen en emigreren binnen Europa, waar de gezondheidsrisico's klein zijn

Ruim twee derde van de lange vakanties van Nederlanders hebben het buitenland als bestemming. Zo gaan alle Nederlanders samen jaarlijks 18 miljoen keer naar het buitenland voor vakantie. De meeste reizen (90 procent) zijn reizen binnen Europa. In de zomer betreft dit vooral Frankrijk (18 procent), Duitsland (14 procent) en de landen rond de Middellandse Zee (32 procent). De Verenigde Staten zijn de meest populaire vakantiebestemming buiten Europa (CBS 2013b).

Ook bij emigratie zijn Nederlanders voornamelijk op Europa georiënteerd: bijna 70 procent van de emigranten kiest voor een Europese bestemming, vooral België en Duitsland. Verder zijn ook de Verenigde Staten en Australië populair. De Nederlandse Antillen en Aruba staan ook in de top 10 van emigratielanden (Van Dalen & Henkes 2008).

De huidige sociaaleconomische trends wijzen erop dat Nederlanders op hogere leeftijd en vaker in het buitenland op vakantie gaan, en steeds verder weg en buiten Europa reizen. Deze trends versterken voor ouderen de gezondheidsrisico's door klimaatverandering, bijvoorbeeld van hittestress en voedselvergiftiging.

Vakantiegevers en emigranten zullen door klimaatverandering vaker dan nu worden geconfronteerd met extreem weer, zoals hittegolven, droogte, extreme neerslag en de gevolgen daarvan, zoals bosbranden, overstromingen en aardverschuivingen. 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 klein, maar zijn ze wel aanwezig. Zo zou volgens modelberekeningen een hittegolf zoals die zich in 2003 voordeed, in de periode 2020-2049 in West-Europa gemiddeld eens in de tien jaar kunnen voorkomen (Barriopedro et al. 2011), en is op de Antillen Chikungunya gesignaleerd, een door muggen verspreide subtropische virusziekte (RIVM 2014b).

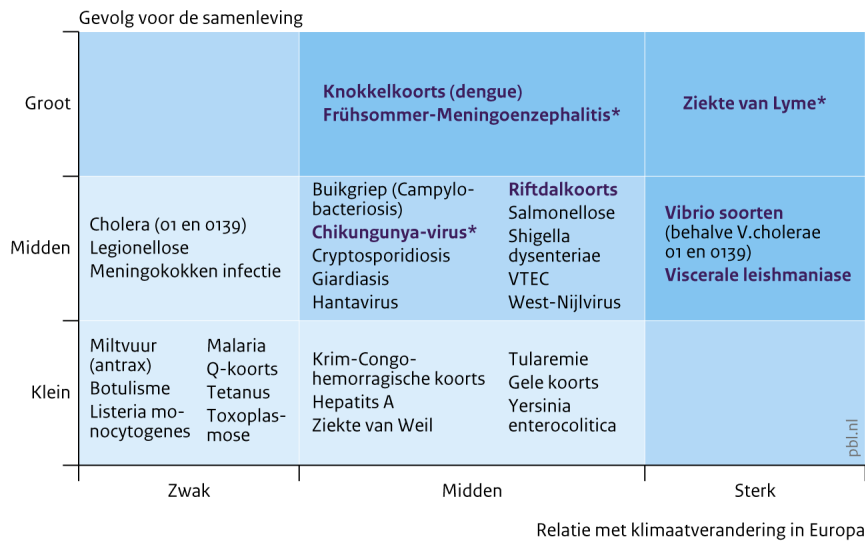
Mogelijke uitbreiding van huidige en vestiging van nieuwe infectieziekten in de Europese Unie

De verspreidingsgebieden van sommige infectieziekten en hun vectoren kunnen door het wereldwijd veranderende klimaat verschuiven. Dit kunnen verschuivingen zijn binnen, bijvoorbeeld Azië, maar ook dichterbij huis, binnen Europa. De kennis over hoe en waar dat zal gebeuren is beperkt (IPCC 2014).

Het risico op ziekten die worden overgebracht door teken en muggen neemt waarschijnlijk toe, al zal dit van regio tot regio verschillen. Voor Europa is een inschatting gemaakt van infectieziekten die als gevolg van klimaatverandering het grootste risico vormen voor de gezondheid (Lindgren et al. 2012; figuur 5.1). Voor ziekten die worden overgebracht door teken, zoals de ziekte van Lyme, zijn er aanwijzingen dat de verspreiding hiervan naar het noorden van Europa en Amerika voor een deel aan de opwarming is te wijten; het ruimtelijk beeld van de (verdere) verspreiding van teken komt overeen met het beeld van de opwarming, maar het is (nog) niet aangetoond dat daarmee ook het patroon van ziektegevallen bij mensen verandert (IPCC WGII 2014). De verwachting is dat er door de toename in temperatuur meer geïnfecteerde teken zullen voorkomen in een groter verspreidingsgebied, gedurende een langere periode in het jaar. Dit betekent een groter risico op de ziekte van Lyme en de door teken overgebrachte hersenvliesontsteking Frühsommer-Meningoenzephalitis of TBE. Verwacht wordt dat deze laatste ziekte zich in de Europese Unie zal uitbreiden, behalve in Zuid-Europa vanwege de verwachte droogte (ECDC 2010).

Figuur 5.1

Invloed van klimaatverandering op infectieziekten in Europa



Paars : Nieuwe ziekten om te monitoren

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

Bron: Lindgren et al. 2012

Klimaatverandering heeft gevolgen voor de gezondheid in Europa. Zo verschuiven door warmere langere zomers, warmere winters en meer regenval de verspreidingsgebieden van tekenen, die Lyme en TBE overdragen, van muggen, die Chikungunya en dengue kunnen overdragen, en van zandvlooien, die mensen met visceraal leishmaniasis kunnen besmetten naar gebieden waar deze ziekten eerder niet voorkwamen. Hogere temperaturen kunnen ook leiden tot een toename van door voedsel overdraagbare ziekten als salmonella en door water overdraagbare ziekten als cryptosporidium en vibrio-infecties.

Van de door muggen overdraagbare ziekten zullen zich door klimaatverandering vooral het chikungunyavirus (tijgermug) en het denguevirus in Zuid-Europa kunnen vestigen. De tijgermug is, vooral als gevolg van de internationale handel, al aanwezig in de Europese Unie; er was een uitbraak van het virus in Italië in 2007. Verdere verspreiding van het denguevirus wordt pas verwacht bij lange periodes met hoge temperatuur. Deze nieuwe infectieziekten kunnen zich in Zuid-Europa of dicht bij Nederland vestigen. Dit kan grote gevolgen hebben voor Nederland. Echter een verspreiding op grote schaal in Noordwest-Europa is vanwege de goede gezondheidszorg onwaarschijnlijk.

In dit verband wordt ook vaak malaria genoemd, maar dat risico is klein. De muggen die malaria overbrengen kunnen weliswaar in Europa voorkomen, maar de verwachting is dat de ziekteverwekker (parasiet) ook bij klimaatverandering niet in Europa zal gedijen. Er zijn daarom op dit moment geen aanwijzingen dat malaria weer op grote schaal in Europa kan voorkomen; zeker niet in Noordwest-Europa gezien het hoge niveau van de gezondheidszorg. Door het terugdringen van de vector door inpoldering (minder oppervlak aan stilstaand water), de verbeterde gezondheidszorg en het uitroeien van de parasiet eind jaren vijftig is malaria in Europa uitgeroeid (Braks & De Roda Husman 2013).

Bepaalde gezondheidsrisico's voor Nederlanders door klimaatverandering elders

Hoewel Nederlanders vaker te maken gaan krijgen met extreme weersomstandigheden en andere gevolgen van klimaatverandering, kunnen de gevolgen voor de gezondheid beperkt blijven. Bij verblijf in het buitenland zijn een goede voorbereiding, voorlichting, vaccinaties, (reis)verzekeringen, goede waarschuwingssystemen en weersvoorspellingen voor extreem weer ter plaatse van toenemend belang. Goede kennis en monitoring van 'nieuwe' ziekten is

nodig. Er vindt al veel monitoring van infectieziekten plaats. Toch is de Europese capaciteit voor de analyse, voorspelling en reactie op deze verschuivende ziektepatronen volgens het Europees Centrum voor ziektepreventie en -bestrijding (ECDC 2014) nog onvoldoende uitgewerkt en onvoldoende met elkaar verbonden. Het is hierbij zaak niet alleen gericht te zijn op meldingsplichtige infectieziekten, maar juist ook op infectieziekten waarbij milieufactoren veel invloed hebben op het voorkomen en de verspreiding ervan. Voor veel van dergelijke infectieziekten bestaat nog geen surveillance en zijn gegevens over het huidige voorkomen ervan nog onbekend of fragmentarisch, bijvoorbeeld het aantal vibrio-infecties door contact met oppervlaktewater. In relatie tot water- en vectoroverdraagbare infectieziekten dient hierbij ook rekening te worden gehouden met trends zoals duurzaamheidsinitiatieven (bijvoorbeeld het hergebruik van (afval)water, de opvang en het gebruik van regenwater) en de aanleg van meer stedelijk water en hoe deze zich verhouden tot klimaatverandering (RIVM 2014a).

Om dit aan te pakken, verkent het ECDC (2014) de ontwikkeling van een European Environment and Epidemiology Network. Dit netwerk heeft als doel een vroege detectie van, en snelle respons op verschuivende infectieziekten, vooral die ziekten die nu nog alleen met de tropen worden geassocieerd. De monitoring geeft inzicht in (toekomstige) verschuivingen van ziekten door klimaatverandering. Dit maakt het mogelijk de Europese bevolking hierop voor te bereiden, en zo het aantal slachtoffers en de kosten te beperken. In Nederland is de laatste jaren grote vooruitgang geboekt in de monitoring van vectoren. In 2009 is het Centrum Monitoring Vectoren (CMV) opgericht, als onderdeel van de Nederlandse Voedsel- en Warenautoriteit (NVWA). Het CMV is deelnemer van het Signaleringsoverleg Zoönosen, waarin experts in het veterinaire en humane domein maandelijks overleggen over signalen uit binnen- en buitenland van infectieziekten die van dieren op mensen kunnen worden overgebracht. Het vakgebied gericht op de integratie van de surveillance van dierlijke en menselijke ziekten is nieuw, maar breidt zich snel uit (RIVM 2014).

Adaptatieopties

- Het versterken en waar nodig actualiseren van de internationale monitoring, voorlichting, vaccinatie en surveillance naar aanleiding van de inschatting van klimaatrisico's van vectoren en ziekteverwekkers. Dit zou in Nederland en wereldwijd moeten gebeuren, maar vooral in omliggende landen en landen waar veel Nederlanders verblijven (de Europese Unie, de Verenigde Staten en de Antillen). Samenwerking in Europees verband is hierbij van groot belang. Door het effectief inzetten (en uitbreiden) van surveillance kan een vinger aan de pols worden gehouden en kunnen dreigende ziekte-uitbraken mogelijk tijdig worden gesignaleerd.
- 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.
- Zet bestaand internationaal beleid om wereldwijd de luchtkwaliteit te verbeteren onverminderd voort om zo gezondheidsrisico's door hittegolven te verminderen, voor lokale bevolking en (Nederlandse) toeristen.

5.2 Sociale banden van Nederlanders met het buitenland

Wanneer landen waarmee Nederlanders sociale banden hebben door negatieve gevolgen van klimaatverandering worden getroffen, zal dat van invloed zijn op de Nederlandse samenleving. Nederland telt 3,5 miljoen mensen die of zelf in het buitenland zijn geboren of van wie ten minste een van de ouders in het buitenland is geboren. Grofweg een derde van hen is afkomstig uit Europa (vooral Duitsland en België) en bijna een kwart uit Azië. Marokkanen, Turken en Surinamers maken elk ongeveer 10 procent uit van het aantal allochtone Nederlanders (CBS). Zo herbergt Amsterdam mensen van 178 verschillende nationaliteiten. Wanneer zich elders in de wereld natuurrampen voordoen, zal een deel van de Nederlandse bevolking in actie komen en worden mogelijk ook van de Nederlandse overheid acties verwacht, in de vorm van financiering, medische hulp of andere directe hulpverlening. Een voorbeeld daarvan zijn de hulpacties georganiseerd door de media en in Nederland wonende Filippijnen na de tyfoon Haiyan op de Filippijnen (zie tekstkader 5.1). Door klimaatverandering zal dit vaker voorkomen.

5.1 Hulp uit Nederland voor de Filippijnen na tyfoon Haiyan

'Filipijnse gemeenschap zoekt wanhopig contact thuisfront

De ruim 10.000 leden van de Filipijnse gemeenschap in Nederland trachten wanhopig contact te zoeken met het thuisfront. De gebrekkige communicatie met de door de tyfoon Haiyan getroffen gebieden maakt het vrijwel onmogelijk uitsluitsel te krijgen over het lot van familieleden en bekenden.'

<http://www.volkskrant.nl/dossier-tyfoon-haiyan/filipijnse-gemeenschap-zoekt-wanhopig-contact-thuisfront~a3542805/>

'Opbrengst Filippijnen ruim 18 miljoen

De nationale actie voor de Filippijnen heeft tot nog toe 18,5 miljoen euro opgebracht. Dat bleek toen aan het slot van de televisie-uitzending de eindstand van de actie bekend werd gemaakt. De hele dag hebben de Samenwerkende Hulporganisaties, de Publieke Omroep, RTL en SBS geld opgehaald voor de slachtoffers van de orkaan. Voor het doel is giro 555 opengesteld. Het sluitstuk van de actie was een televisie-uitzending op de publieke en commerciële zenders. Mensen kwamen naar het gebouw van Beeld en Geluid in Hilversum, waar ze in contanten of met een cheque doneerden voor de Filippijnen. Toen de tv-actie 's ochtends begon, stond de teller op bijna 8 miljoen euro. Gedurende de dag werd dat bedrag meer dan verdubbeld. Minister Ploumen heeft bekendgemaakt dat de regering nog eens 4 miljoen euro beschikbaar stelt voor de hulpverlening op de Filippijnen. Kort na de ramp trok de regering al 2 miljoen uit. Actievoorzitter van de Samenwerkende Hulporganisaties Henri van Eeghen is tevreden met de opbrengst. "Ik ben hier erg dankbaar voor. Het is overweldigend dat zoveel mensen in Nederland een gift hebben gedaan en in actie zijn gekomen voor de mensen op de Filippijnen.'

<http://nos.nl/artikel/576692-opbrengst-filippijnen-ruim-18-miljoen.html>

6 Vitale sectoren

De voedsel-, energie- en ICT-sector zijn van cruciaal belang voor het functioneren van de maatschappij. Het (deels) uitvallen van deze zogenoemde vitale sectoren¹ kan grote economische schade, slachtoffers onder de bevolking en maatschappelijke ontwrichting tot gevolg hebben. Nederland is wat betreft deze sectoren voor een deel afhankelijk van het buitenland, bijvoorbeeld vanwege de import en productie van voedsel en energie en het gebruik van het internationale data- en telecommunicatieverkeer. Daarmee is Nederland ook kwetsbaar voor de invloed van het klimaat elders in de wereld op deze vitale sectoren.

In dit hoofdstuk wordt de afhankelijkheid van deze drie vitale sectoren van het buitenland en de invloed van klimaatverandering elders beschreven. In paragraaf 6.1 staat de voedselvoorziening centraal, in paragraaf 6.2 de energiesector en in paragraaf 6.3 de ICT-sector. We bespreken voor deze drie sectoren ook telkens de mogelijkheden voor overheid en bedrijfsleven van aanpassing aan de gevolgen van klimaatverandering elders.

6.1 Voedsel

- *Een derde deel van wat Nederlanders eten komt uit het buitenland. Toch is de voedselzekerheid van Nederland en de Europese Unie niet in gevaar, omdat Nederland en de overige EU-lidstaten zelf relatief veel voedsel produceren en er bij schaarste in bepaalde gebieden veel alternatieven zijn in de vorm van andere producten of productiegebieden.*
- *De voedselvoorziening van de Europese Unie kan op drie manieren worden bedreigd:*
 - *door het wegvallen van de import van soja(schroot) door misoogsten overzee of door geopolitieke spanningen;*
 - *door een langdurige droogte in de Europese Unie met een grootschalige productiedaling in de landbouw;*
 - *door een grootschalige epidemie van een besmettelijke dier- of gewasziekte.*
- *In frequentie en intensiteit toenemende extreem droge of juist extreem natte periodes in het buitenland leiden via wisselende opbrengsten tot meer schommelingen in de voedselprijzen. De waarschijnlijkheid dat dit vaker gebeurt is groot, de gevolgen zijn per keer klein.*

Klimaatverandering heeft over de hele wereld invloed op de productie – en daarmee ook op de prijzen – van voedsel en grondstoffen voor de agrarische sector en de voedselverwerkende industrie. In de komende tientallen jaren nemen de opbrengsten van de belangrijkste gewassen voor de voedselvoorziening voor de wereld als geheel naar verwachting niet af. Een afname wordt pas in de tweede helft van deze eeuw verwacht, met wereldwijd een mogelijke afname van de oogsten met 15 tot 18 procent (zie ook hoofdstuk 4). Wat dit betekent voor de economische relaties van Nederland wordt beschreven in hoofdstuk 8. Hoofdstuk 9 gaat in op wat deze afname van de voedselvoorziening betekent voor het Nederlandse buitenlandse beleid op het gebied van hulp, veiligheid en handel. Deze paragraaf gaat in wat klimaatverandering betekent voor de voedselzekerheid van Nederland en Europa.

¹ De sectoren zijn ingedeeld conform de gegevens van het programma Vitaal uit 2009. Dit programma werd in 2014 herijkt; de resultaten van deze herijking worden naar verwachting in maart 2015 vastgesteld.

Voedselzekerheid van Nederland niet in gevaar

Nederland is voor een deel van zijn voedselconsumptie afhankelijk van andere landen: een derde deel van deze consumptie is afkomstig uit het buitenland. Tegelijkertijd wordt veel in Nederland geproduceerd voedsel geëxporteerd (PBL 2013c). De import betreft niet alleen (sub)tropische producten, zoals koffie, thee en fruit maar ook granen (voor brood en pasta), vlees, zuivel en groenten komen voor een aanzienlijk deel uit andere Europese landen. De Nederlandse productie van varkensvlees, gevogelte en in zekere mate rundvlees is gebaseerd op een grote hoeveelheid ingrediënten voor krachtvoer dat wordt geïmporteerd uit andere landen. Dat is voornamelijk soja uit Argentinië en Brazilië. De meeste vis die in Nederland op tafel komt, wordt in het buitenland gekweekt of gevangen. Het gaat om pangasius uit Vietnam, zalm uit Noorwegen en tonijn uit Zuid-Europa en Zuidoost-Azië (Rijnsdorp et al. 2014).

Nederlanders zijn dus voor een deel van hun menu afhankelijk van de landbouwproductie en visserij, en daarmee van de weersomstandigheden, elders in de wereld. Met de import van grondstoffen kunnen ziekten en plagen worden geïmporteerd. Door klimaatverandering kunnen elders op de wereld agrarische ziekten en plagen toenemen. De (lucht)havens zijn belangrijke poorten om ziekten en plagen te weren. Monitoring van de voedselveiligheid door Nederland en de Europese Unie blijft van groot belang.

Nederland is relatief weinig kwetsbaar voor voedselschaarste (Prins 2011). De voedselzekerheid, in de zin dat Nederlanders genoeg te eten hebben, is niet in gevaar door klimaatverandering elders in de wereld. Dit hangt samen met de relatief hoge voedselproductie in eigen land en met de vrije en competitieve markt waarin Nederland opereert, waarmee er elders alternatieven kunnen worden gevonden als de voedselproductie door klimaatverandering afneemt. Het zelfregulerende vermogen van de markt is groot (PLIS 2011).

Eventuele bedreigingen van klimaatverandering voor de Nederlandse visserij op de bestaande soorten hebben naar verwachting weinig gevolgen voor de Nederlandse visconsumptie, omdat de meeste vis die op tafel staat wordt gekweekt in het buitenland. (Rijnsdorp et al. 2014).

Voedselzekerheid in de EU niet in gevaar; twee uitzonderingen.

De Europese Unie is eveneens weinig kwetsbaar voor (voedsel)calamiteiten buiten Europa, omdat zij in belangrijke mate zelfvoorzienend is. Er zijn echter twee agrarische grondstoffen die hier een uitzondering op vormen: soja en plantaardige olie (PLIS 2011; zie ook tekstkader 8.3).

Plantaardige olie is een belangrijke grondstof voor veel voedingsmiddelen. Palmolie heeft een hoge opbrengst olie per hectare en is daarom goedkoop in vergelijking met andere oliehoudende gewassen. Een vervangende teelt in Europa zou vier keer zo veel oppervlakte vergen als de plantages in Maleisië en Indonesië. Vijfenzestig procent van de palmolie die Nederland importeert komt uit Maleisië en Indonesië.

Het wegvallen van de import van soja(schroot), door misoogsten overzee, veranderingen in mondiale handelsrelaties of protectionisme – kan grote schade berokkenen aan de veeteelt- en vleessector (PLIS 2011). De prijzen van vlees kunnen sterk stijgen en tot maatschappelijke onvrede leiden. Door zijn relatief grote soja-import is Nederland, van alle EU-lidstaten, misschien wel het meest kwetsbaar. De handel speelt echter heel snel in op de marktontwikkelingen; bij een (dreigende) verstoring van de markt zal de veeteeltsector snel elders alternatieven voor zijn grondstoffen vinden.

De Europese Unie is daarnaast ook kwetsbaar voor calamiteiten binnen Europa, vooral door:

- een grootschalige productiedaling in de landbouw (inclusief grasland) door langdurige droogte; dit zou vooral de rundveehouderij treffen;
- een grootschalige epidemie van een besmettelijke dierziekte of gewasziekte.

Op het eerste punt is Nederland minder, op het tweede meer kwetsbaar dan andere EU-lidstaten. Langdurige droogte is in een groot deel van Europa in de eenentwintigste eeuw al meerdere malen voorgekomen (zie ook figuur 3.3); de verwachting is dat dit vaker zal gebeuren: tot eens per twee jaar in 2100 in het scenario met hoge emissiepaden (zie hoofdstuk 3).

Extra schadelijk zou een dubbele calamiteit zijn, vooral als een invoerstop van soja zou samenvallen met een langdurige droogte in de Europese Unie. De kans daarop is niet groot, maar de gevolgen zijn dat des te meer. Een langdurige droogte binnen Europa treft vooral de rundveesector omdat de voorraden ruwvoer op den duur opraken. Het effect van een langdurige droogte is mogelijk pas na negen jaar uitgewerkt (PLIS 2011). De pluimvee- en varkenssector wordt vooral getroffen door een invoerstop van soja. De vlees- en zuivelsector zijn daarmee de meest kwetsbare sectoren binnen de Europese voedselvoorziening.

Omdat Nederland een hogere veedichtheid dan andere landen in Europa heeft, is het extra kwetsbaar voor een epidemische uitbraak van een dierziekte. Daarbij is de sector in Nederland meer dan andere Europese landen gericht op export. Bij een epidemie zullen landen hun grenzen sluiten voor producten uit Nederland. Mogelijk zullen veel bedrijven het economisch niet meer kunnen bolwerken (PLIS 2011).

Bij geen van de calamiteiten komt de voedselzekerheid van de Europese Unie ernstig in gevaar. Dat is het gevolg van de aanwezige buffers, ook zullen meer plantaardige producten van buiten Europa worden geïmporteerd dan gebruikelijk. Bij verstoringen van de markt door (de gevolgen van) klimaatverandering blijft er in principe ruim voldoende vlees en zuivel beschikbaar voor alle EU-burgers, maar de prijzen van vlees en zuivel zullen wel stijgen.

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. Vooral de arme bevolkingsgroepen in voedsel importerende ontwikkelingslanden zullen hieronder lijden (PLIS 2011) (zie ook hoofdstuk 9). Maar ook binnen de Europese Unie, bijvoorbeeld in Roemenië, bestaat de mogelijkheid dat door misoogsten de voedselprijs te hoog wordt voor dat deel van de bevolking dat tegen de armoedegrens aan leeft.

Meer dynamiek in de voedselprijzen

Het vaker optreden van (grotere) weersextremen in het buitenland zal vaker tot wisselende opbrengsten leiden en daarmee in Nederland invloed hebben op de prijzen van producten. Mislukte oogsten door extreem droge of juist extreem natte periodes veroorzaken schaarste op de markt en drijven zo de prijzen op. Protectionisme van de productielanden kan de prijzen nog verder opdrijven. Een voorbeeld is het verlies van 30 procent van de graanoogst in Rusland in 2010 als gevolg van de extreem hete en droge zomer. De Russische regering besloot daarop de export van graan stil te leggen; Rusland is het vierde graan producerende land ter wereld (Coumou & Rahmstorf 2012; Licker et al. 2013). Uiteindelijk merkt de consument dit in de portemonnee (zie tekstkader 6.1).

De voedselprijs hangt wereldwijd deels samen met de prijs van graan. Door in frequentie en intensiteit toenemende extreme weersomstandigheden in andere delen van de wereld zal, door wisselende oogstresultaten, het aanbod meer gaan fluctueren. Dat betekent dat ook de graanprijs vaker zal gaan schommelen. Omdat graan een spilfunctie vervult voor andere agrarische producten, zullen producten waarin granen zijn verwerkt vaker tijdelijk duurder in de schappen liggen, of zelfs moeilijk verkrijgbaar zijn.

Daarmee is het voor de continuïteit in de voedselvoorziening in Nederland van belang om vooral de wereldproductie van graan zeker te stellen. Dit belang reikt verder dan dat van Nederland: het zekerstellen van de wereldproductie van graan is van groot belang voor de hongerbestrijding in ontwikkelingslanden en de politieke stabiliteit in regio's waar het toch al rommelt.

6.1 'Prijs van olijfolie schiet omhoog'

18-12-14 08:11 uur - Bron: ANP

Door een oplopend tekort aan olijven schiet de prijs van olijfolie in de winkel omhoog. Consumenten betalen 30 tot 40 procent meer voor een literfles, blijkt uit een rondgang door De Telegraaf bij olijfoliehandelaren.

De gemiddelde prijs voor de eerste kwaliteit olijfolie, extra vierge, was lange tijd vijf euro. Die prijs kan snel naar een tientje gaan. Slechte oogsten in Italië, Spanje en Frankrijk zorgen voor een oplopend tekort aan goede olijven voor olie.

<http://www.parool.nl/parool/nl/224/BINNENLAND/article/detail/3813850/2014/12/18/Prijs-van-olijfolie-schiet-omhoog.dhtml>

Adaptatieopties

- Het uitvoeren van 'stresstesten' voor het in kaart brengen van de zwakke punten in het Europese landbouw- en voedselsysteem. Daarvoor is een regelmatige actualisering van een risicoanalyse van ontwikkelingen in de sector, de voedselconsumptie en klimaatverandering van belang.
- Het op orde houden van de kennisinfrastructuur van agrarische productie. Dit is tevens een sterk exportproduct, bijvoorbeeld de kennis over risicomangement in de landbouw (met betrekking tot klimaatrisico's), waaronder verzekeringen tegen oogstverlies.

6.2 Energie

- *De energievoorziening is een vitale infrastructuur, omdat uitval kan leiden tot maatschappelijke ontwrichting en cascade-effecten teweeg kan brengen in andere vitale infrastructuren.*
- *Nederland heeft anno 2015 een energieprofiel dat het duidelijk minder kwetsbaar maakt dan de rest van Europa. Nederland schuift richting 2050 echter wel steeds meer op in de richting van de gemiddelde (kwetsbaarder) Europese situatie, vooral doordat de eigen Nederlandse gasproductie afneemt.*
- *Binnen de energievoorziening zijn de elektriciteitsproductie en -transmissie het meest kwetsbaar. Het aandeel van elektriciteit in het Nederlandse energiesysteem neemt toe, evenals het aandeel van weersgevoelige elektriciteitsproductie.*
- *De grootste risico's in het gebruik en de productie van elektriciteit doen zich voor in de toename van warme, windstille, zomerse dagen met een gebrek aan koud koelwater voor elektriciteitscentrales.*
- *De import van kolen, olie en gas neemt toe (van 31 procent in 2010 naar 47 procent in 2030), maar de risico's door klimaatverandering voor de winning hiervan zijn beperkt.*
- *Adaptatieopties:*
 - *Het van overheidswege aansturen op behoud van een gevarieerd en robuust energiesysteem op Europese schaal. Het op Europese schaal werken aan geharmoniseerde standaarden en keuzes voor ontheffingen voor het gebruik van koelwater en het beheersen van risico's van overstroming van centrales. Daarbij is het belangrijk om aan te geven voor welke centrales, bij ontheffing, de grootste ecologische effecten worden verwacht.*
 - *Het benutten van de vele investeringsmomenten bij de energietransitie. Op deze momenten kunnen maatregelen zó worden ingevuld dat wordt geanticipeerd op verandering van het klimaat.*
 - *Het op EU-niveau uitvoeren van stresstesten. Dit zijn risicoanalyses voor worst-case situaties om de gevolgen van klimaatverandering voor het hoogspanningsnet en de toename van weersgevoelige elektriciteitsproductie in kaart te brengen, en de mogelijkheden te onderzoeken voor coördinatie en actie tijdens calamiteiten om de gevolgen voor mens en milieu te beperken.*

In deze paragraaf worden de risico's en kansen beschreven van de energievoorziening in Nederland door klimaatverandering en extreme weersomstandigheden elders. De paragraaf start met een beschrijving van de productie en (ontwikkeling van) import van energie door Nederland en de Europese unie, en de mogelijke effecten van klimaat(verandering) op het energiesysteem. We bespreken daarbij ook het kwetsbaarste gedeelte van de energievoorziening: de productie en transmissie van elektriciteit. Ook komen de verwachte veranderingen in het elektriciteitsaanbod en -gebruik tot 2030 aan de orde, en welke effecten die kunnen hebben op de klimaatrisico's. Tot slot gaan we in op de adaptatie-opties om de risico's voor de energievoorziening te beperken. De risico's en kansen voor Nederlandse belangen in het buitenland van de energievoorziening in het buitenland door de gevolgen van klimaatverandering worden in hoofdstuk 8 beschreven.

6.2.1 De Nederlandse en Europese energievoorziening

Het Nederlandse energiesysteem is voor een groot deel afhankelijk van olie en gas. Nederland is ook een belangrijk doorvoerland van fossiele brandstoffen: olie, gas en kolen. Vrijwel alle olie (circa 100 miljard kilo per jaar) wordt geïmporteerd; grote leveranciers zijn Rusland, Saudi-Arabië en Noorwegen. Circa 45 procent van de ingevoerde olie wordt weer geëxporteerd, vooral als bunkerbrandstof voor schepen en vliegtuigen en als olieproduct naar België, Duitsland en de Verenigde Staten.

Nederland is een grote exporteur van aardgas, de vijfde ter wereld. Ongeveer 75 procent van het aardgas wordt in Nederland zelf gewonnen, de rest wordt geïmporteerd, vooral uit Noorwegen en Rusland. Circa 40 tot 45 procent van het Nederlandse gas is voor eigen gebruik (voor verwarming en elektriciteitsproductie en als grondstof voor de industrie). Steenkolen komen uit Colombia (circa 50 procent in 2013), de Verenigde Staten, Rusland, Zuid-Afrika en Indonesië.

Olie en gas worden binnen Nederland omgezet in elektriciteit, warmte, beweging en diverse producten, zoals plastics en kunstmest. Biomassa (waaronder vooral uit de Verenigde Staten geïmporteerde houtsnippers) en wind- en zonne-energie voorzien in 4 procent van de energiebehoefte (figuur 6.1). Tussen Nederland en de buurlanden wordt stroom verhandeld, onder meer via verbindingen met Noorwegen en het Verenigd Koninkrijk (figuur 6.3) (IEA 2014).

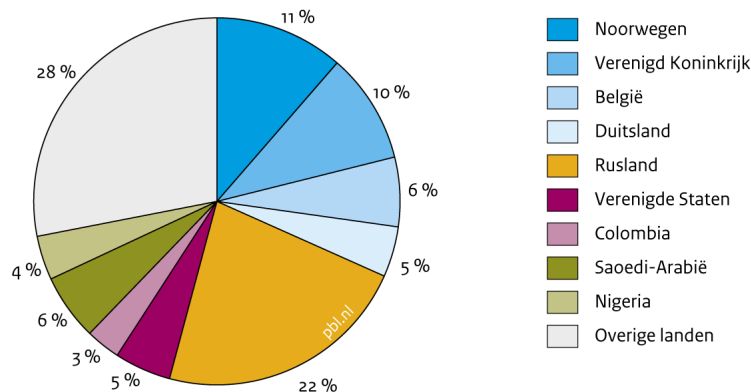
Van alle zogenoemde energiedragers (alle grondstoffen die een bron van energie zijn, zoals olie, gas, steenkool) samen is de invoer uit Rusland het meest dominant: in de periode 2011-2013 kwam 22 procent van alle import daar vandaan. De top drie van herkomstlanden, goed voor ruim 40 procent van de import, wordt volgemaakt met Noorwegen (11 procent) en het Verenigd Koninkrijk (10 procent). De zeven daaropvolgende landen zijn goed voor 3 tot 6 procent van de import.

De diversiteit van de energie-import wordt vaak weergegeven met de SWi of Shannon-Wiener-index² (Fronde & Smidt 2013); een SWi-waarde van minder dan 1 geeft aan dat de import sterk afhankelijk is van een paar landen. Een SWi van meer dan 2 geeft aan dat de import sterk gevarieerd is. Voor Nederland, gebaseerd op figuur 6.1, wordt een SWi-waarde van 2,7 gemeten. Nederland heeft dus een sterk gevarieerde import van energie. Nederland scoort binnen Europa uitstekend als het gaat om energiezekerheid gezien de grote importdiversificatie van energiebronnen en de mate waarin energiegebruik door eigen productie wordt gedekt (zie figuur 6.2). Deze hoge score is te danken aan een grote mate van zelfvoorziening van gas en de beschikbaarheid van vele alternatieve wingebieden voor olie en steenkool (zie figuur 6.1) en een betrouwbaar distributienet.

² In oudere literatuur wordt gebruikgemaakt van een vergelijkbare Hirschmann-Herfindahl Index. Een interessante uitbreiding is de Shannon-Wiener-Neumann-index waarbij tevens de politieke stabiliteit van een land wordt betrokken.

Figuur 6.1

Herkomst van Nederlandse import van energie, 2011 – 2013



Bron: UNcomtrade 2014; CBS 2014; ECN 2014

Van alle zogenoemde energiedragers (alle grondstoffen die een bron van energie zijn) samen kwam in de periode 2011-2013 een derde deel uit onze 'buurlanden' en kwam ruim 20 procent van alle import uit Rusland.

Richting 2030 neemt die zelfvoorzieningszekerheid echter af, vooral doordat de eigen gasproductie afneemt. Tevens neemt de productiezuiverheid wat af, omdat het aandeel klimaatgevoelige productie (bijvoorbeeld zonne- en windenergie) toeneemt. Deze trend geldt ook voor de andere EU-landen, met als gevolg dat de Europese Unie afhankelijker wordt van het buitenland en de productie minder zeker wordt. Door de steeds grotere verwevenheid van het elektriciteitssysteem binnen de Europese Unie worden kwetsbaarheden in andere EU-landen ook steeds meer kwetsbaarheden voor Nederland.

Figuur 6.2

Diversiteit van import en zelfvoorziening van Nederlandse energiebronnen, 2010



Bron: DECC 2011

De energiezuiverheid van Nederland is groot vergeleken met vele andere Europese landen. Nederland importeert energiebronnen uit vele diverse landen en kent een hoge mate waarin energiegebruik door eigen productie wordt gedekt.

Figuur 6.3
Internationale verbindingen elektriciteitsnetwerk Nederland, 2015



Bron: Structuurvisie Infrastructuur en Ruimte (SVIR); TenneT

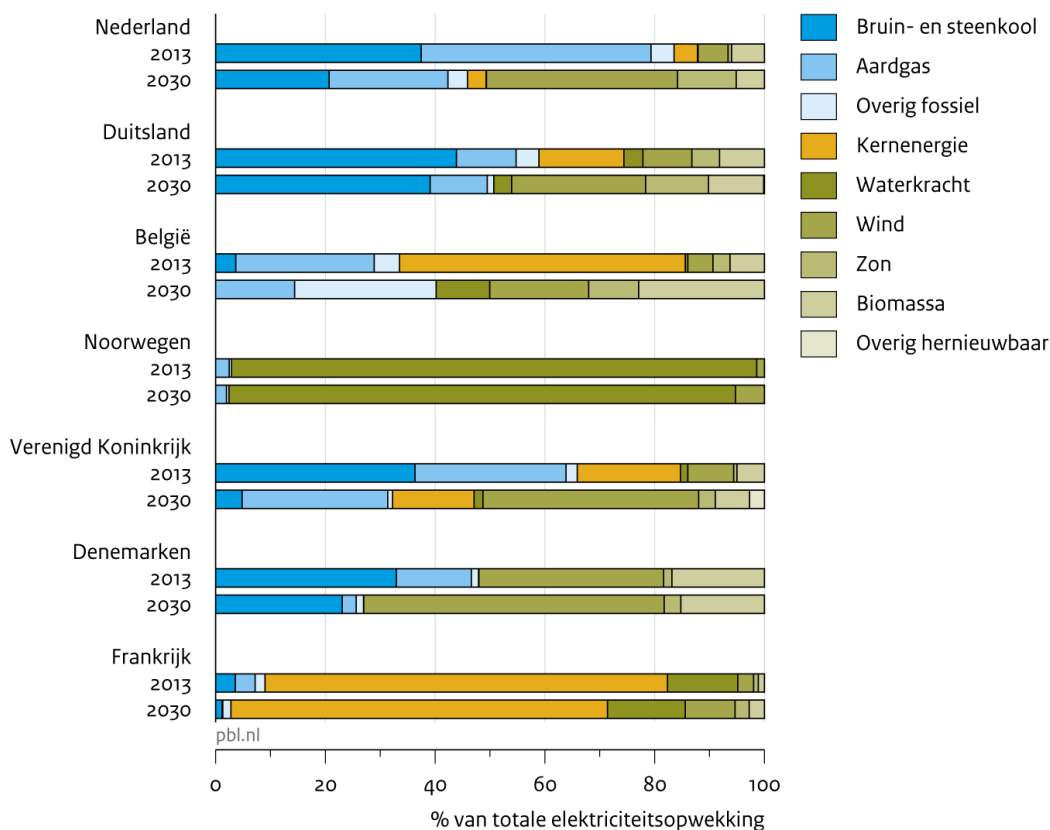
Het Nederlandse elektriciteitsnetwerk is sterk verbonden met andere Noordwest-Europese landen. Het Europese hoogspanningsnet (380/400 kilovolt), met een lengte van 220.000 kilometer, verbindt 23 Europese landen of 450 miljoen Europeanen met elkaar. De 42 Europese netwerkbeheerders (Transmission System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

Energie in Europa

De import van energiedragers van de Europese Unie bedraagt iets meer dan de helft van de totale EU-energievraag. Dit aandeel neemt richting 2030 nog iets toe, tot 55 procent. Het betreft circa 60 procent van zowel gas als steenkool, 90 procent van de olie en een klein deel van de biomassa. Het gas wordt voornamelijk uit Rusland, Noorwegen en in mindere mate uit Noord-Afrika geïmporteerd. In toenemende mate vindt import plaats via vloeibaar aardgas (LNG) (23 procent), voornamelijk uit Qatar, Algerije en Nigeria (Eurostat 2014). De samenstelling de elektriciteitsproductie verschilt in de Noordwest-Europese landen (figuur 6.4). Landen als Frankrijk en België hebben gekozen voor kernenergie. Noorwegen en Frankrijk hebben waterkracht. Nederland, Duitsland en het Verenigd Koninkrijk beschikken over eigen voorraden fossiele brandstoffen.

Figuur 6.4

Brandstofmix voor elektriciteitsopwekking



Bron: ECN/Eurelectric

De samenstelling de elektriciteitsproductie verschilt in de Noordwest-Europese landen. Landen als Frankrijk en België hebben gekozen voor kernenergie. Noorwegen heeft waterkracht. Nederland, Duitsland en het Verenigd Koninkrijk beschikken over eigen voorraden fossiele brandstoffen.

Bij de productie van elektriciteit, waar de voornaamste risico's van de gevolgen van klimaatverandering liggen, neemt het aandeel van (klimaatgevoelige) hernieuwbare elektriciteit toe, vooral de productie door windenergie. De productie door steenkool en aardgas neemt richting 2030 juist af.

6.2.2 Kwetsbaarheid van het energiesysteem voor klimaatverandering elders

Klimaatverandering buiten de Nederlandse grenzen heeft geen grote invloed op de aanvoer van grondstoffen 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 brongebieden. 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.

Weersomstandigheden in het buitenland hebben invloed op de elektriciteitsproductie aldaar; via het verbonden netwerk en de markt hebben ze daarmee ook effect op de elektriciteitsvoorziening, de prijzen en de buffercapaciteit van het netwerk in Nederland. Het betreft hier de effecten op de elektriciteitsinfrastructuur (het netwerk en de productie) door overstromingen vanuit rivieren of vanuit zee door zeespiegelstijging, een toename van (extreem hoge) temperaturen, langdurige droogte, - extreme windomstandigheden en intensere regenbuien; deze verschijnselen kunnen ook in combinatie met elkaar optreden. Het gelijktijdig voorkomen van verschillende typen weersextremen (co-incidentie, bijvoorbeeld storm in combinatie met hevige neerslag) gebeurt in het huidige klimaat ook al en is niet zo zeer afhankelijk van een bepaald scenario. Omdat co-incidentie grote gevolgen kan hebben voor de vitale infrastructuur, is dat een bijzonder aandachtspunt voor het bepalen van de risico's. De effecten worden hieronder kort toegelicht. In tabel 6.1 zijn de voornaamste klimaatrisico's voor elektriciteitsvoorziening samengevat.

Globaal zijn de klimaateffecten zoals beschreven in de recente IPCC-rapportage (IPCC 2014 en KNMI&PBL 2015) gebruikt voor het beschrijven van de effecten op het globale energiesysteem (zie ook hoofdstuk 3 en 4). Voor Noordwest-Europa is een meer gedetailleerde versie hiervan gebruikt.

Tabel 6.1 De klimaatgevoeligheid van de productie, transmissie en de vraag naar/het aanbod van elektriciteit

Technologie	Overstroming	Watertemperatuur	Hevige neerslag	Luchttemperatuur	Windsnelheid	Storm
Klimaatverandering	+	++	+	++	+/-	0
Nucleair	3	2		1		
Waterkracht	3		2			1
Windenergie op zee					1	1
Windenergie op land					1	1
Biomassa	3	2		1		
Gas	3	2		1		
Steenkool	3	2		1		
Olie	3	2		1		
Netwerk	1			3		3

Bron: Ecorys 2011

3=grote impact, 2 = medium impact, 1= kleine impact

+ toename waarschijnlijkheid, - afname, 0 onveranderd

De effecten zijn groot bij een overstroming of een gebrek aan koelwater (droogte/hittegolf)

Voor de verschillende vormen van opwekking van elektriciteit zijn de verwachte klimaateffecten als volgt samen te vatten:

- *Overstroming.* Vanwege de noodzaak van koelwater staan elektriciteitscentrales vaak langs rivieren of dicht bij zee. Veel centrales zijn dan ook gevoelig voor overstromin-

gen. Dit geldt voor alle typen technologie (nucleair, kolen, olie, gas en biomassa). Naast productie-uitval kan dit ook betekenen dat de grondstoffen, zoals steenkool, niet meer kunnen worden aangevoerd vanwege het hoge water. De kans op overstromingen neemt door klimaatverandering toe; of dit gebeurt, hangt af van hoe de bescherming van deze vitale infrastructuur in de verschillende landen wordt ingevuld. Een overstroming zal in eerste instantie voornamelijk lokaal (dus in het buitenland) tot uitval leiden. Wanneer de uitval optreedt in een groter gebied (bijvoorbeeld meerdere gebieden langs de Rijn) zal dit leiden tot daadwerkelijke schaarste van elektriciteit en mogelijk ook hogere prijzen, wat gunstig kan zijn voor de overige elektriciteitsproducenten, maar niet voor consumenten.

- *Watertemperatuur.* Elektriciteitscentrales die voor hun koelwater afhankelijk zijn van rivieren, zullen in de zomer vaker te maken krijgen met beperkingen in de capaciteit die mag worden benut, omdat het rivierwater anders te warm wordt voor het leven in die rivieren (zie ook tekstkader 6.2). Van Vliet et al. (2012) toonden aan dat dit probleem in de toekomst sterk kan toenemen. Volgens deze onderzoekers daalt richting 2040 in ruim drie kwart van de elektriciteitscentrales in Europa zonder hergebruik van koelwater en in ruim 40 procent van de centrales met hergebruik van koelwater de elektriciteitsproductie gemiddeld met 16 procent respectievelijk 7 procent als gevolg van beperkingen op het gebruik van koelwater. Voor Europa is geschat dat de capaciteit van elektriciteitscentrales in de zomerperiodes van 2031-2060 daardoor met 6 tot 19 procent afneemt ten opzichte van de capaciteit in de periode 1971-2000. De beperking van de capaciteit van elektriciteitscentrales bij warm rivierwater kan de elektriciteitsprijs in West-Europa op jaarbasis tussen nu en 2030 met ongeveer 1 procent doen stijgen. Het effect tijdens een hete, droge zomer is echter veel hoger: een stijging met 11 tot 24 procent (bij een beperking van de lozingen) of zelfs 50 procent (bij geen lozingen) bij een herhaling van de hittegolf zoals die in Duitsland in 2006 (ENTSOE 2011). Als door klimaatbeleid de centrales worden uitgerust met installaties voor koude- en warmteopslag van CO₂ (CCS) kunnen de gevolgen zelfs groter worden door de verminderde effectiviteit van opwekking (circa 30 procent, waardoor voor eenzelfde productie aan elektriciteit meer koelwater nodig zal zijn).
- *Wind.* De potentiële hoeveelheid windenergie zal in Europa tot 2050 niet significant veranderen. Na 2050 neemt die hoeveelheid in het noordelijke, centrale en Atlantische deel van Europa mogelijk toe in het winterhalfjaar en af in het zomerhalfjaar; voor het grootste deel van Zuid-Europa wordt na 2050 een afname voor het hele jaar verwacht. Het aantal stormdepressies verandert hooguit enkele procenten (IPCC 2013). De kans op schade aan een windmolen door storm blijft klein, maar door de toename van het aantal windmolens kan er wel vaker schade optreden. Ook periodes met relatief weinig wind (met minder dan 5 meter per seconde) veranderen waarschijnlijk niet significant (KNMI 2014).
- *Zon.* In scenario's met meer oostenwind in de zomer is sprake van een kleine maar beduidende afname van de bewolking, met meer zon tot gevolg.
- *Biomassa.* Door de verwachte uitbreiding van het groeiseizoen en een groter hergebruik van landbouwafval stijgt de productie van biomassa voor elektriciteit, gas en transportbrandstof. De bedrijfsmatige landbouwproductie van biomassa kan in Noordwest-Europa zelfs oplopen tot twee oogsten per jaar (wanneer maximalisatie van biomassa het uitgangspunt is en niet het afrijpen van zaden). De productie van biomassa (en daarmee ook het gebruik en de prijs ervan) is echter afhankelijk van de weersomstandigheden van jaar tot jaar.
- *Waterkracht.* Voor Europa wordt in totaal een geringe afname van de elektriciteitsproductie bij stuwmeren verwacht. Binnen Europa zijn de verwachte verschillen wel groot: een toename van 5-14 procent aan het einde van deze eeuw (vergeleken met nu) in Scandinavië, en een afname voor de rest van Europa (bijvoorbeeld een afna-

me van 6-36 procent aan het einde van deze eeuw voor het continentale deel van Europa en de Alpen).

- *Leidingen en netwerken.* De gevolgen van klimaatverandering (meer extreem weer, zeespiegelstijging) kunnen de betrouwbaarheid van elektriciteitsnetwerken en pijpleidingen beïnvloeden; wellicht moeten de ontwerpnormen hiervoor worden aangepast.

6.2.3 Gevolgen van klimaatverandering voor het elektriciteitssysteem in transitie

De internationale klimaatrisico's voor de energievoorziening in Nederland schuilen vooral in langdurige schaarste of uitval van de elektriciteitsvoorziening door uitval van productie in het buitenland. Nederland is immers via het hoofdspanningsnet verbonden met de buurlanden en er is steeds meer sprake van een Europese markt met internationale producenten. Wat er in het buitenland gebeurt op het gebied van energiebeleid, investeringen in verschillende vormen of locaties van energieproductie en in de infrastructuur, heeft invloed op de kwetsbaarheid voor klimaatverandering en daarmee ook op de kwetsbaarheid van de Nederlandse elektriciteitsvoorziening. Bovendien treden weersextremen, zoals droogtes (zie figuur 3) of windstille situaties onder hogedrukgebieden met hittegolven in de zomer 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 vraag in buurlanden elkaar.

De belangrijkste kwetsbaarheden voor het elektriciteitssysteem in Europa zijn:

- 1 De elektriciteitsproductie in het buitenland kan verminderen door een gebrek aan koelwater bij langdurige droge periodes met lage rivierafvoeren (zie ook tekstkader 6.2), door overstromingen en/of afschaling van productiecentrales.
- 2 Een groot aandeel van weersgevoelige elektriciteitsproductie in de totale energiemix kan snelle pieken en dalen veroorzaken (zie ook tekstkader 6.3), met risico's van uitval.
- 3 Bij een verminderde elektriciteitsproductie door uitval of afschakelen van productie-eenheden in Noordwest-Europa zullen de prijzen van elektriciteit op de spotmarkt stijgen; dit heeft vooral een economische impact op de industrie.
- 4 De transmissie van elektriciteit neemt substantieel af bij hoge temperaturen (tabel 6.1; Vogel et al. 2014).
- 5 Om koelwaterproblemen te voorkomen, worden nieuwe centrales steeds vaker aan de kust gebouwd. Kustlocaties zijn echter niet vrij van klimaateffecten, en vooral effecten die gelijktijdig bij verschillende kustcentrales kunnen optreden kunnen hierbij voor problemen in het Europese energiesysteem zorgen:
 - a. Een periode van harde, droge wind aan of nabij zee kan leiden tot een verhoogde depositie van droge, zoute aërosolen op hoogspanningsisolatoren (Vogel et al. 2014). Bij mist of zachte regenval kan dat doorslag over de isolatoren veroorzaken, waardoor de hoogspanning uitvalt. Met een toenemende kans op en frequentie van periodes van langdurige hitte neemt de kans op deze condities aan zee toe, en daarmee het risico op isolatordoorslag.
 - b. Een stijging van de gemiddelde zeewatertemperatuur in combinatie met specifieke lokale condities vergroot de kans dat organismen, zoals kwallen en zeewier, de productie van energiecentrales negatief beïnvloeden (Vogel et al. 2014). Omdat centrales afhankelijk zijn van grote hoeveelheden koelwater, is het productieproces gevoelig voor ongeregelde heden met de inlaat hiervan. Er zijn voorbeelden in de Verenigde Staten, Japan en Schotland waar een overmaat aan kwallen of zeewier een negatief effect had op het productieproces. Ook in Nederland kan dit voorkomen, bijvoorbeeld bij de Eemshaven of Borsele.

6.2 Een tekort aan koud koelwater

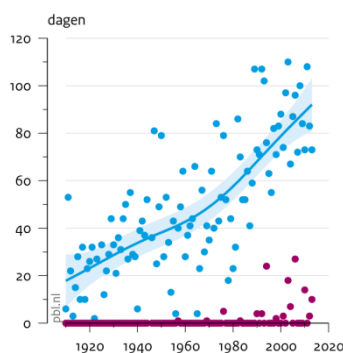
Fossiele elektriciteitsopwekking is de grootste gebruiker van oppervlaktewater in Europa (121 kubieke kilometer per jaar). Dit is 43 procent van de oppervlaktewateronttrekking, voor Nederland zelfs 80 tot 90 procent (Vliet et al. 2012). In Europa worden elektriciteitscentrales sterk gereguleerd en zijn er voorwaarden verbonden aan de hoeveelheid en temperatuur van het oppervlaktewater dat mag worden gebruikt en weer geloosd. Vooral wanneer er sprake is van een hittegolf – met lage rivierstanden en hoge temperatuur van het oppervlaktewater – kan er een afweging nodig zijn tussen het beschermen van de visstand (zo stopt de zalm met migreren boven de 22 graden) en de economische en sociale gevolgen als de elektriciteitsproductie wordt beperkt. Milieustandaarden schrijven voor dat wanneer de rivierwatertemperatuur boven de 23 graden komt, de inname van rivierwater moet worden beperkt (EEA 2008).

Tijdens drie recente hittegolven moesten verscheidene elektriciteitscentrales de productie beperken wegens een tekort aan koelwater (Forster & Lilliestam 2011). De Nederlandse overheid kondigde in juli 2006 gedurende een aantal dagen code rood/fase 2 af wegens de hoge watertemperatuur in de Rijn. Volgens afspraak moeten de elektriciteitscentrales dan de inname van koelwater beperken en daarmee hun productie. De hittegolf vond echter plaats in heel Noordwest-Europa; zo moest ook Frankrijk de productie van elektriciteit (uit kerncentrales) beperken. Nederland kon dus geen extra elektriciteit importeren, en kreeg zelfs te maken met een verminderde import. Voor het op peil houden van de stroom in het elektriciteitsnet is een minimum hoeveelheid productie nodig, anders kan het hele elektriciteitsnet uitvallen. Dit risico dwong het ministerie van Verkeer en Waterstaat om ontheffing voor de inname van (te warm) koelwater te verlenen. In augustus 2003 was al een vergelijkbare situatie opgetreden. De beperking van de elektriciteitsproductie had tevens tot gevolg dat op de spotmarkt recordprijzen voor elektriciteit werden betaald. Dit laatste droeg tevens bij aan de oplossing, omdat hierdoor de vraag naar elektriciteit (wat) afnam

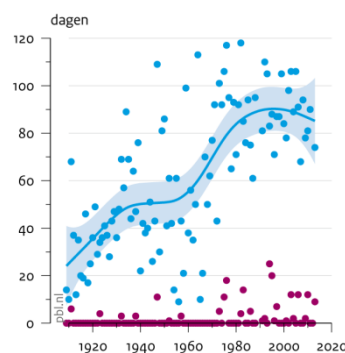
Figuur 6.5

Aantal dagen met hoge watertemperatuur

Rijn bij Lobith



Maas bij Eijsden en Borgharen



Warmer dan 20 °C Warmer dan 25 °C
● Per jaar ● Per jaar
— Geschatte trend
□ Onzekerheid trend

Bron: RWS, bewerking PBL

Sinds 1910 is de gemiddelde watertemperatuur in de Rijn met 2,9 graden gestegen en in de Maas met 2,4 graden. Met deze stijging neemt ook het aantal dagen dat de temperatuur boven de 20 graden is, sterk toe, van ongeveer 20 naar ruim 80 nu. Ook komt nu de temperatuur al regelmatig boven de 25 graden.

De kans op uitval van de elektriciteitsvoorziening is klein, maar áls dat gebeurt, zijn de gevolgen zeer groot

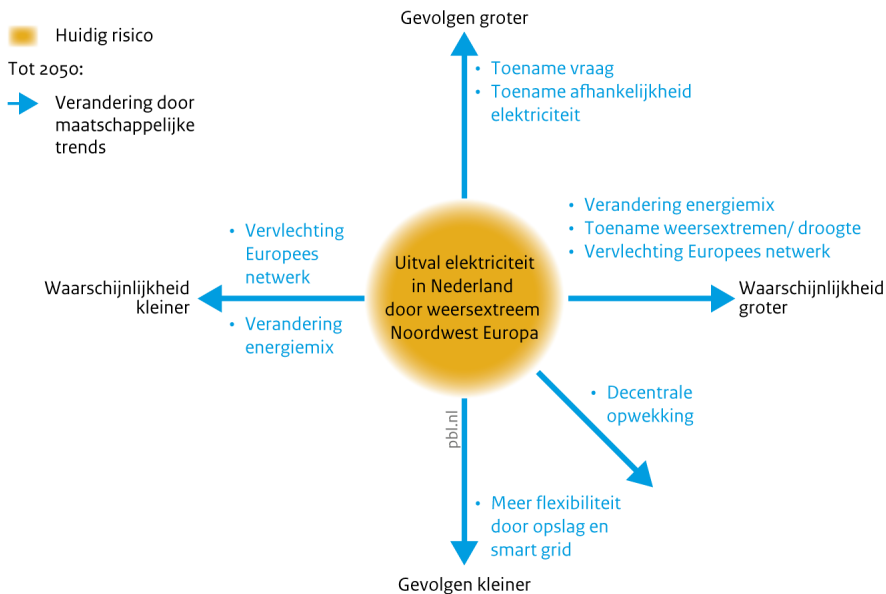
De kans op uitval in Nederland door schaarste aan elektriciteit in Noordwest-Europa of een disbalans in het Noordwest-Europese netwerk is klein, maar de gevolgen zijn zeer groot áls dat gebeurt. Bij (langdurige) uitval van de elektriciteitsvoorziening in Nederland kunnen de (economische) gevolgen flink toenemen, dus ook zonder dat er in Nederland fysieke schade optreedt. Veel zal afhangen van de duur, het tijdstip en de schaal van de uitval en de beschikbaarheid en werking van noodvoorzieningen. In de Nationale Risicobeoordeling (NRB) zijn de gevolgen ingeschat van een scenario van landelijke uitval van elektriciteit. Hierbij is geen expliciete oorzaak benoemd, maar de NRB ziet spillover uit het buitenland als reële oorzaak (BZK 2009). De waarschijnlijkheid van uitval (door allerlei mogelijke oorzaken) wordt op eens per 50 jaar ingeschat. De kans dat dit in de huidige situatie vanwege weer- of klimaateffecten in het buitenland gebeurt is kleiner, maar kan in de toekomst toenemen. Ook wordt verwacht dat 10 procent van de noodvoorzieningen niet werkt en de telecommunicatie van het mobiele net grotendeels wegvalt, waardoor er functionele uitval zal zijn. Het internet zal blijven werken voor wie een noodvoorziening heeft. De financiële sector blijft wel draaiende, maar betalingen kunnen alleen cash. Treinen rijden niet meer omdat de verkeerssignalering uitvalt, en er is geen drinkwater beschikbaar voor wie hoger dan op de tweede verdieping woont vanwege de uitval van pompen (Nationale veiligheid 2009). De economische schade bij grootschalige en langdurige uitval in Nederland is zo groot vanwege de sterke afhankelijkheid van andere sectoren van energie. Bij een grootschalige uitval ontstaat een direct gevaar voor ontwrichting van de maatschappij (Vogel et al. 2014). Huishoudens en andere vitale infrastructuur (waaronder ziekenhuizen) worden ook getroffen. Er kan dus veel cascade-uitval optreden in de ICT- en transportinfrastructuur (Vogel et al. 2014). Ook als deze cascade-effecten alleen in het buitenland optreden, kan dat gevolgen hebben voor Nederland.

6.2.4 Sociaaleconomische en technologische ontwikkelingen

Naast klimaatverandering zijn er veel sociaaleconomische en technologische ontwikkelingen die invloed hebben op het risico van schaarste en uitval van de elektriciteitsvoorziening. Sommige ontwikkelingen vergroten of verkleinen de kans op schaarste of uitval, andere ontwikkelingen vergroten of verkleinen juist de gevolgen wanneer die kans zich voordoet (figuur 6.6). We vatten hierna de belangrijkste ontwikkelingen samen.

Figuur 6.6

Krachtenveld risico van elektriciteitsuitval tussen nu en 2050



Bron: PBL

Toekomstige veranderingen hebben uiteenlopende gevolgen voor een mogelijke uitval van elektriciteit door weersextremen in Noordwest Europa. Klimaatverandering maakt waarschijnlijkheid van uitval groter (pijl naar rechts). Maatschappelijke ontwikkelingen, zoals een toenemende afhankelijkheid van elektriciteit, vergroten de gevolgen van een stroomuitval (pijl naar boven). De elektriciteitsnetwerken in Europa worden meer en onderling verbonden. Enerzijds zorgt dat voor meer redundantie en flexibiliteit (pijl naar links), anderzijds kan uitval van het elektriciteitsnetwerk in het buitenland ook consequenties hebben voor Nederland (pijl naar rechts). Technologische ontwikkelingen rond bijvoorbeeld opslag en decentrale opwekking kunnen de gevolgen verkleinen.

Vervlechting Europees netwerk

De Nederlandse energievoorziening valt niet los te bezien van ontwikkelingen in omliggende landen. Zo zijn de elektriciteitsmarkten in Noordwest-Europa relatief sterk met elkaar verbonden via infrastructuur en handel (ECN & PBL 2014). De infrastructuur voor elektriciteit wordt, net als die voor gas, steeds internationaler. Op termijn moet het hele Europese marktgebied door een samenhangend netwerk worden bediend (ENTSOE 2014).

Ook de producenten zijn meestal internationaal: de Nederlandse energiemarkt is binnen Europa het meest verregaand geliberaliseerd. Van de grote Europese energieconcerns zijn RWE (eigenaar van Essent), Vattenfall (eigenaar van Nuon), Eon, GDF en DONG als producent actief. Eneco en Delta zijn energieconcerns in handen van Nederlandse decentrale overheden (gemeenten en provincies) (ECN 2014).

Door de liberalisering van de energiemarkt is een groothandelsmarkt voor zowel gas als elektriciteit ontstaan. Op de groothandelsmarkt zijn internationale producenten, handelaren, leveranciers, brokers en grootverbruikers van energie actief (ECN 2014). Deze geïntegreerde handelsmarkt voor elektriciteit krijgt binnen Europa steeds meer vorm. Voor de Nederlandse energiehuishouding zijn de ontwikkelingen rond de integratie van de Europese energiemarkten van groot belang. Vooral in Noordwest-Europa vindt er een verdere integratie van de elektriciteitsmarkt plaats. Begin 2014 is er een belangrijke stap gezet naar een interne elektriciteitsmarkt door de marktkoppeling tussen 14 lidstaten (waaronder Nederland) in Centraal- en West-Europa en Noorwegen. Binnen dit gebied worden alle vraag naar en al het aanbod van elektriciteit gecombineerd op de zogenoemde *day-ahead*-markt (de markt die 24

uur voor levering sluit), waardoor er in deze landen één geïntegreerde markt is gecreëerd voor elektriciteit (Hekkenberg & Verdonk 2014). In 2030 wordt een verdere integratie van de Noordwest-Europese elektriciteitsmarkt verwacht.

Door de toenemende interconnectie met onder andere het Verenigd Koninkrijk, Duitsland, België en Denemarken neemt de totale handel (import en export) van Nederland met omliggende landen toe. Met de verwachte toename van de productie van kolencentrales en hernieuwbare energie (vanaf 2020) neemt de export naar verwachting toe en de import af. Daarbij krijgt Nederland deels een functie als doorvoerland, met import uit Duitsland en Noorwegen en uitvoer naar België en het Verenigde Koninkrijk. Door de toenemende integratie zijn er ook meer fluctuaties in de handel, waarbij import en export tussen bijvoorbeeld Nederland en Duitsland of Nederland en Noorwegen elkaar afwisselen (zo wordt er bij een overschot aan windenergie en daarom lage prijzen op de spotmarkt elektriciteit naar Noorwegen getransporteerd, bij windstil weer en hoge prijzen op de spotmarkt wordt waterkracht uit Noorwegen geïmporteerd (Hekkenberg & Verdonk 2014).

Ook de uitbouw van de fysieke verbindingen tussen landen draagt bij aan de integratie van de elektriciteitsmarkt. In de periode voor 2030 worden twee belangrijke nieuwe interconnecties in het elektriciteitsnetwerk voorzien. Ten eerste wordt in 2016 de verbinding Doetinchem–Wesel aangelegd. Hierdoor neemt de capaciteit van het netwerk met Duitsland met 60 procent toe. Daarnaast is momenteel de aanleg van een verbinding tussen Nederland en Denemarken in voorbereiding, de COBRA-kabel moet er in 2023 liggen. De praktijk leert dat er, onder andere vanwege de lange duur van vergunningverlening, bij de realisatie van interconnecties vaak vertragingen optreden (Hekkenberg & Verdonk 2014).

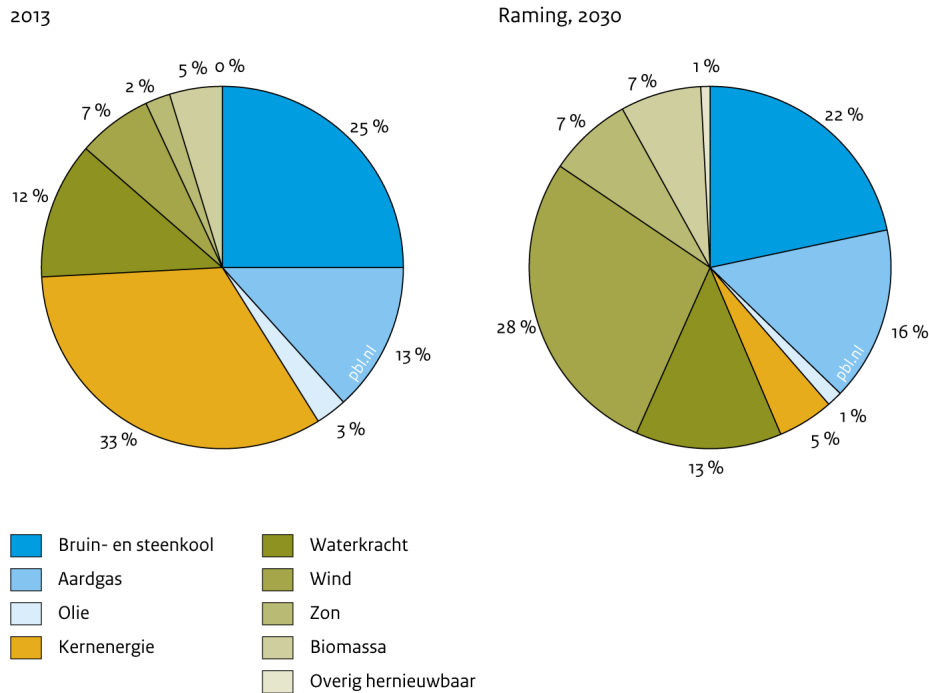
Het risico op uitval neemt zowel af als toe bij meer internationale verbindingen

Door een toename van de verbindingen neemt de kans op uitval in Nederland door uitval in het buitenland zowel toe als af. Zo is de voorzieningszekerheid op een geïntegreerde Europese markt vergeleken met nationale energiemarkten groter, omdat de capaciteit (zoals opslag voor gas of elektriciteitscentrales) ook beschikbaar is voor andere landen. De kans op uitval neemt dus af. Bovendien zullen de kosten van energie lager zijn als er één Europese markt is waarop energieaanbieders uit verschillende landen onderling concurreren. Het Europese systeem werkt steeds meer op het maximum van zijn capaciteit, doordat de internationale handel in elektriciteit een steeds grotere vlucht is gaan nemen. In de afgelopen 50 jaar is het systeem ontwikkeld als een back-up voor het geval er uitval in een land optreedt. Vandaag de dag is het echter geen reservesysteem meer, maar een druk gebruikte infrastructuur, waar prijsfluctuaties grote stromen, binnen een uur, van de ene naar de andere kant sturen. Het oorspronkelijk systeemontwerp heeft hier echter niet in voorzien. De Europese *Transmission System Operators* (TSO's) kunnen ingrijpen wanneer productie en gebruik sterk gaan veranderen door extra capaciteit te contracteren of het gebruik af te schakelen. Omdat er steeds meer internationale verbindingen en meer marktpartijen komen, wordt deze taak ingewikkelder, maar de mogelijkheden om te stabiliseren worden ook groter. Op het elektriciteitsnet wordt in de toekomst meer wisselende hoeveelheden wind- en zonne-energie geplaatst. Deze fluctuaties kunnen echter wel over een groter gebied worden verspreid. Door deze complexiteit van beheer en ontbreken van reservesysteem neemt de kans op uitval toe.

Omdat de Nederlandse energievoorziening wordt blootgesteld aan (weers)calamiteiten in het buitenland, neemt de kans op uitval toe. Het is belangrijk deze toename zo klein mogelijk te houden door afstemming tussen Europese TSO's over risico's en coördinatie bij calamiteiten.

Figuur 6.7

Bronnen voor elektriciteitsproductie in Noordwest-Europa



Bron: ECN/Eurelectric

Het aandeel in de Noordwest-Europese elektriciteitsproductie van bronnen die gevoelig zijn voor klimaatverandering en weersextremen (biomassa, waterkracht, zon en wind) zal toenemen, van een kwart in 2013 tot ruim de helft in 2030. Vooral de stroomproductie uit wind-energie zal toenemen, van 7 procent naar 28 procent. (NB. Noordwest-Europa = Nederland, Verenigd Koninkrijk, Duitsland, Denemarken, Noorwegen, België en Frankrijk.)

Verandering Energiemix

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. De kans op verstoringen van de elektriciteitsvoorziening neemt daarmee eveneens toe. Op basis van de projecties zal het aandeel van zonne- en windenergie in de Noordwest-Europese energiemix sterk toenemen. De verwachting is dat vooral het aandeel zonne-energie stijgt, van een opgesteld vermogen van 1.100 megawatt in 2014 naar meer dan 15.000 megawatt in 2030 (figuur 6.7).

Een van de karakteristieken van de productie van elektriciteit uit wind en zon is dat deze voor een groot deel van de opgestelde capaciteit in een land 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 hoog is (Verzijlbergh et al. 2014). De geproduceerde hoeveelheid windenergie is variabel, waardoor de betrouwbaarheid van het systeem in gevaar komt. TenneT moest in 2011 al duizendmaal ingrijpen, tegenover slechts tweemaal in 2003. Marktpartijen hebben wel programmaverantwoordelijkheid, maar betrouwbaarheid is een publiek goed (Boot 2014).

Toename van de vraag naar en afhankelijkheid van elektriciteit

De gevolgen van schaarste en uitval van elektriciteit nemen toe naarmate de vraag naar en de afhankelijkheid van deze vorm van energievoorziening toenemen. 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 door het elektrisch rijden en elektrisch koken. Door het ontbreken van alternatieve energiebronnen bij een calamiteit zoals bijvoorbeeld 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

Door technologische ontwikkelingen in de mogelijkheden voor opslag van elektriciteit zullen pieken, dalen en schaarste beter kunnen worden opgevangen. Uitval en schaarste hebben daarmee minder gevolgen.

De productie en het gebruik van elektriciteit worden steeds flexibeler; er is een ontwikkeling gaande van een bulkmarkt naar een flexibiliteitsmarkt. Dit wordt verder gestimuleerd door de introductie van de slimme elektriciteitsmeter, in combinatie met de mogelijkheid voor variabele uurtarieven voor elektriciteit voor de kleinverbruiker. Ook zijn er ontwikkelingen aan de vraagkant die een flexibeler gebruik van elektriciteit mogelijk maken – zoals een hoge energie-efficiëntie in gebouwen zodat permanente energietoevoer niet nodig is, smart schakelbare loads in bijvoorbeeld steden en industriële productie, een toenemend aandeel snoerloze/draagbare energie, en koelsystemen die tijdelijk kunnen worden uitgeschakeld. 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 richting 2030 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.

6.3 Door het oog van de naald: uitval van het hoogspanningsnet in Europa

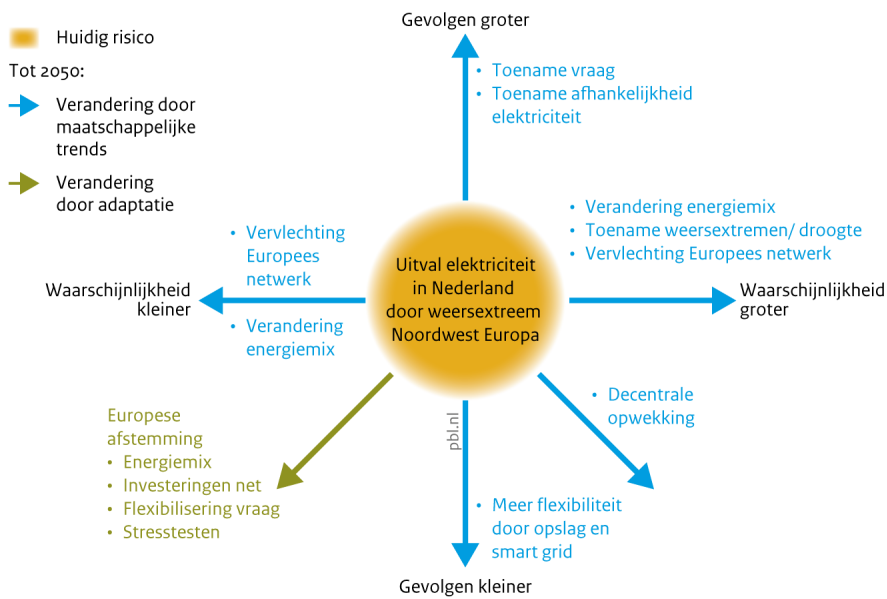
Op zaterdag 4 november 2006 was er een grote stroomuitval in Europa en zaten meer dan 15 miljoen mensen ruim 2 uur zonder elektriciteit. Tijdens dit incident was er grote bezorgdheid dat dit kon leiden tot een totale uitval van een groot deel van het Europese hoogspanningsnet. Bij een complete uitval is het weer opstarten van het net een complexe aangelegenheid die meerdere weken kan duren, een tijd waarin een groot deel van de Europese bevolking geen toegang tot elektriciteit zou hebben. Later onderzoek (ENTSOE 2014) wees uit dat het begon met het uit bedrijf nemen van een Duitse hoogspanningslijn zodat er een schip onderdoor kon varen. Als gevolg hiervan werden (wind)energiestromen uit Noord-Duitsland omgeleid en ontstonden er fluctuaties waardoor niet meer werd voldaan aan de veiligheidsvoorwaarden. Deze situatie ontstond mede omdat TSO's pas zeer kort van tevoren op de hoogte waren gesteld van het tijdstip waarop de hoogspanningslijn uit bedrijf zou worden genomen. De eerste 30 minuten na het afschakelen begonnen de ongeplande elektriciteitsstromen andere hoogspanningsleidingen in Europa te beïnvloeden. Ongecoördineerde omleidingspogingen van de diverse TSO's resulteerden in een drievoudige overbelasting van een belangrijke hoogspanningslijn, en 28 seconden daarna viel de elektriciteit op verschillende plaatsen in Europa uit. Het cascade-effect reikte van Polen naar de Benelux, naar Frankrijk en vervolgens Spanje, Portugal, Marokko, Griekenland en de Balkan. Gedurende deze periode viel een aantal elektriciteitscentrales uit omdat de wisselstroomfrequentie niet langer kon worden gehandhaafd. In West- en Zuidoost-Europa zakte de frequentie, terwijl die in Noordoost-Europa steeg door de toevoer van ongeplande elektriciteitsstromen. Doordat de TSO's geen online toegang hadden tot elkaars data, was er geen Europees overzicht van de situatie. Vooral in Noordoost-Europa verslechterde de situatie verder doordat de uitgevallen elektriciteitscentrales (ongecoördineerd) probeerden de productie op te starten.

In West- en Zuidoost-Europa was er voldoende reservecapaciteit beschikbaar, waardoor de frequentie na 20 minuten weer was hersteld. Na 38 minuten was dat overal het geval, en na 2 uur was de situatie weer normaal.

In de evaluatie wezen de TSO's 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 systeem ontwikkeld als een back-up voor het geval er uitval in een land optreedt – dat dan kon worden gecompenseerd door productie in andere landen. Vandaag de dag is het echter geen reservesysteem meer, maar een intensief gebruikte infrastructuur, waar prijsfluctuaties grote energiestromen, binnen een uur, van de ene naar de andere kant sturen. Het oorspronkelijk ontwerp heeft hier echter niet in voorzien.

Figuur 6.8

Krachtenveld risico van en adaptatie op elektriciteitsuitval tussen nu en 2050



Bron: PBL

Verskillende trends beïnvloeden het risico van uitval van elektriciteitsvoorzieningen in Nederland. Zo wordt uitval waarschijnlijker door de toename van weersextremen door klimaatverandering en worden de gevolgen groter door een toename van de afhankelijkheid van de Nederlandse samenleving van elektriciteit. Adaptatie-opties, zoals Europese afstemming verkleinen de kans en gevolgen van uitval.

6.2.5 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 sector werkt aan een energietransitie en op korte termijn nopen het netwerk en productie-eenheden tot grote investeringen. De beslissingen daaromtrent worden nu genomen en investeringen worden nu gedaan. Op die momenten kunnen maatregelen zo worden ingevuld dat wordt geanticipeerd op de verandering van het klimaat. Daarbij moet rekening worden gehouden met de risico's van klimaatverandering en de afhankelijkheid van internationale diensten en netwerken.

Voor het verminderen van de risico's zijn op Noordwest-Europese schaal de volgende opties van belang.

- *Het benutten van de vele investeringsmomenten bij de energietransitie: adaptieve investeringen.* Door de energietransitie zijn er vele investeringsmomenten die adaptief kunnen worden ingevuld. Het gaat daarbij om investeren in een uitgebreid en dicht Europees elektriciteitsnetwerk, met voldoende redundantie voor het opvangen van pieken en dalen. Bij geplande of al geïnstalleerde elektriciteitscentrales is het noodzakelijk dat er klimaatrisicoanalyses worden overwogen en uitgevoerd, waarvoor een verandering in het bewustzijn een voorwaarde is (Ecorys 2011). Om de energielevering betrouwbaar te houden, moeten kosten worden gemaakt. Het grootste deel van die kosten zit in de netwerken of netwerkverzwaringen die nodig zijn, een ander deel in de back-upcapaciteit die aanwezig moet zijn als de weersomstandigheden het laten afweten (bijvoorbeeld omdat er onvoldoende wind is of de zon niet schijnt). Aandachtspunten bij de benodigde investeringen hiervoor zijn de rolverdeling van overheid en markt, en de beloning van investeringen die relatief hoog zijn, maar die de betrouwbaarheid vergroten en tegelijkertijd bijdragen aan emissiedoelen en internationale balancerings van de elektriciteitsproductie en trans-

missie. Die balancerings neemt door het toenemende aandeel van wind- en zonne-energie steeds meer aan belang toe (Boot 2014; CIEP & PBL 2014).

De kwetsbaarheid van de elektriciteitsproductie kan verminderen door bij investeringen:

1. prikkels in te bouwen om te testen of de robuustheid/diversiteit van het energiesysteem gebaat is met de (nieuwe) investering;
2. prikkels in te bouwen om opslag- en reservecapaciteit te creëren en/of minimaal randvoorwaarden hiervoor te stellen;
3. minimale criteria op EU-niveau op te stellen, bijvoorbeeld via normalisatie of het aanpassen van de regulatievoorschriften van toezichthouders, om mogelijke uitval door de gevolgen van klimaatverandering – zoals een tekort aan koelwater en overstromingsrisico's – te minimaliseren, bijvoorbeeld aan de hand van de keuze van bouwlocaties en het opstellen van bouweisen.

Daarnaast zijn er ook investeringsmogelijkheden bij de gebruiker voor het (tijdelijk) verminderen van de vraag naar elektriciteit. Dit kan verder worden gestimuleerd door de introductie van de slimme elektriciteitsmeter, in combinatie met de mogelijkheid van variabele uurtarieven voor kleinverbruikers van elektriciteit.

- *Het uitvoeren van risicoanalyses op de klimaatgevoeligheid van de Noordwest-Europese energiemix ten behoeve van risicospreiding.* De toekomstige energiemix zal klimaatgevoeliger zijn dan de huidige vanwege een groter aandeel hernieuwbare bronnen, zoals zon, wind, waterkracht en biomassa. Het betreft een 'stresstest' van het adaptieve vermogen van de Noordwest-Europese elektriciteitsvoorziening op extreme weersomstandigheden. Bijvoorbeeld: Kan de elektriciteitsvoorziening doorgaan als twee droge, hete periodes met weinig wind op elkaar volgen? Wat is de capaciteit als door een storm een groot deel van de windenergie uitvalt en een deel van de centrales in onderhoud is? Is capaciteit van de verbindingen met de waterkrachtproductie uit Scandinavië voldoende om grote delen van Noordwest Europa te voorzien in geval van bewolkte, windstille periodes? Door op Noordwest Europees niveau risicoanalyses uit te voeren om gevolgen van klimaatverandering voor het hoogspanningsnet en toename weersgevoelige elektriciteitsproductie expliciet te doordenken en mogelijkheden te onderzoeken voor coördinatie en actie tijdens calamiteiten om de gevolgen voor mens en milieu te beperken.

6.3 ICT

- *De ICT-voorziening is een vitale infrastructuur, omdat uitval kan leiden tot maatschappelijke ontwrichting en cascade-effecten teweeg kan brengen in andere vitale infrastructuren.*
- *De ICT-sector is sterk internationaal gericht. Het internationale data- en telecommunicatieverkeer gaat over internationale backbones van een wereldwijde, 'hyperverbonden' ICT-infrastructuur. ICT-actoren zijn internationale spelers.*
- *De ICT-infrastructuur, zoals kabels en datacenters, en ICT-diensten zijn kwetsbaar voor (de gevolgen van) klimaatverandering en de daarbij horende weersextremen, zoals stormen, hittegolven en overstromingen.*
- *De Nederlandse economie kan worden geraakt wanneer (1) uitval in het buitenland leidt tot ICT-uitval in Nederland, met eventuele cascade effecten; (2) weersextremen elders zorgen voor productie-uitval of schade aan Nederlandse belangen in het buitenland, met, bijvoorbeeld, cascade effecten in (bijvoorbeeld) de transportsector. Het eerste heeft een zeer kleine kans maar groot effect het tweede een grote kans, maar per keer een klein effect op Nederland.*

- *Het risico op uitval wordt door klimaatverandering groter vanwege de toenemende kans op weersextremen, in combinatie met trends in de sector en samenleving, zoals een toenemende afhankelijkheid van ICT, de explosieve groei van het dataverkeer en de toename van de internationale connectiviteit.*
- *Door zijn dynamiek is het adaptieve vermogen van de ICT-sector groot; het bewustzijn van de risico's van klimaatverandering in de gehele keten is echter beperkt. Een belangrijk aangrijpingspunt voor adaptatie is het op EU-niveau doordenken van de risico's van klimaatverandering voor internationale ICT-diensten en netwerken.*
- *Kans: Nederland heeft en behoudt, ook bij klimaatverandering, een robuust vestiging en investeringsklimaat.*

Een wereld zonder ICT is tegenwoordig ondenkbaar: zonder ICT ligt de wereld plat, ook Nederland. We gaan in deze paragraaf eerst in op het internationale karakter en de kwetsbaarheid van de ICT-voorziening in Nederland voor klimaatverandering elders. Daarbij besteden we aandacht aan de risico's en cascade-effecten bij uitval van elektriciteit en ICT. Vervolgens bespreken we enkele trends binnen de ICT-sector die de kwetsbaarheid voor klimaatverandering versterken. De paragraaf besluit wederom met adaptatieopties.

ICT is vitale infrastructuur

Naast de energievoorziening is ook de ICT-voorziening van vitaal belang voor de huidige Nederlandse samenleving. Dagelijks wordt uitgebreid gebruikgemaakt van ICT, in de zorg, het onderwijs, via sociale media, in financiële diensten (zowel nationaal als wereldwijd), en in de procesbesturing van energie-, drinkwater-, waterbeheersings-, voedselproductie- en transportsystemen. ICT is daarmee diep doorgedrongen in de samenleving en in alle vitale infrastructuren. Bij een ICT-storing kunnen veel vitale functies (grotendeels) uitvallen, en bij 'kinken in de kabel' zijn de gevolgen voor samenleving en economie groot. Het uitvallen van de ICT-voorziening kan daarmee leiden tot maatschappelijke ontwrichting (zie ook Luijff & Oort 2014).

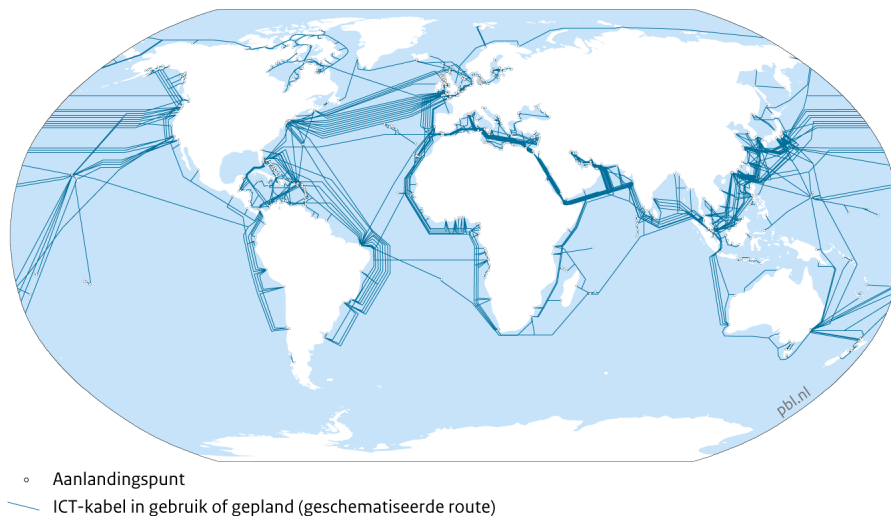
De dynamiek van de ICT-sector in netwerken en technologieën is groter dan die van de infrastructuren van, bijvoorbeeld, energie en transport. De sector is ook internationaler, want afstanden tellen niet en het is het netwerk dat als geheel de dienst levert, meer dan losse onderdelen daarin (Horrocks et al. 2010).

De kwetsbaarheid van ICT-infrastructuur en –diensten voor klimaatverandering elders

De ICT-sector is sterk internationaal gericht en de ICT-infrastructuur is onderdeel van een wereldwijde, 'hyperverbonden' ICT-infrastructuur (*cyberspace*) (figuur 6.9). Het internationale data- en telecommunicatieverkeer gaat over internationale backbones bestaande uit trans-Atlantische zeekabels, satellietverbindingen en hogesnelheidsglasvezelbundels op het land die transportdiensten leveren. Het internationale telecommunicatieverkeer gaat voor 99 procent via zeekabels. Verbonden aan deze internationale backbones zijn de internet exchanges, netwerken van vele datacenters, waar gegevens worden opgeslagen en 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 Service providers kan leiden tot onderbreking van diensten (Luijff & Oort 2014).

Figuur 6.9

Internationale zeekabels ICT, 2015



Bron: TeleGeography (www.submarinecablemap.com, 2 februari 2015)

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

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. De sector heeft 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. 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.

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. ICT is sterk afhankelijk van de elektriciteitsvoorziening. Als de elektriciteit uitvalt, kan de ICT ook uitvallen. Naast directe uitval van ICT door weergelateerde rampen was een nog groter deel van de uitval van ICT een cascade-gevolg van het uitvallen van de elektriciteitsvoorziening. Aan deze uitval van elektriciteitsvoorziening lagen ook deels weergelateerde rampen ten grondslag (ENISA 2012). Zo kan het falen van een internationaal verbindende zeekabel 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 onvoldoende 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 6.4). 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 indien de back-up op dezelfde locatie is geregeld.

6.4 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 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 chief technology officer Mark Dioguardi van iiNet."

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

Het adaptieve vermogen van de ICT-sector

De kwetsbaarheid van de ICT-sector neemt niet alleen toe als gevolg van klimaatverandering, maar ook door trends binnen de sector zelf. Belangrijk zijn de toenemende afhankelijkheid van ICT in de hele samenleving en een toename van de verwevenheid van ICT met andere vitale sectoren. Dat geldt niet alleen voor de transport- en logistiek systemen (internet of things; maakt ook nu al bijvoorbeeld zeer lage voorraden mogelijk), maar ook voor de volksgezondheid (domotica en patiëntinformatie), bemaling van polders, toepassing van GPS in de landbouw en het functioneren van nooddiensten. Ook voor veel productie- en bedrijfsprocessen en in handelsketens zijn ICT-diensten nodig. Het beschrijven van langetermijntoewikkelingen is voor deze sector extreem lastig; welke functies ICT in 2050 zal vervullen is nu nog onvoorstelbaar en die functies zullen waarschijnlijk worden uitgevoerd door bedrijven die nu nog niet bestaan. De groei aan datatransport en -opslag zal explosief zijn. Het aantal apparaten dat is aangesloten op het internet zal ook explosief stijgen.

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.

De ICT-technologie kent korte levenscycli, met snelle ontwikkelingen en steeds weer nieuwe technologieën. Mede daardoor heeft de sector een groot adaptief vermogen. Bij keuzes rond de locatie van nieuwe datacenters wereldwijd kan met (de mogelijke gevolgen) van klimaatverandering (zoals het risico op overstroming en de koelwatervoorziening) eenvoudig rekening worden gehouden. De vraag is wel of de investeringen in de ICT-infrastructuur de explosief groeiende vraag naar dataverkeer kunnen bijhouden. Is dit niet het geval dan zal het internationale netwerk steeds minder redundantie vertonen en kwetsbaarder worden voor calamiteiten.

Vestigingsklimaat ICT is een kans voor Nederland

Mede dankzij het relatief milde klimaat in Nederland (ook in de toekomst), de relatief grote waterveiligheid door de Nederlandse investeringen in klimaatadaptatie, de grote energiezuikerheid (productie bij koelwater aan de kust, ondergrondse netwerken), de ICT-zekerheid (koele datacenters, redundantie in het netwerk) en de centrale locatie in Europa, kent Nederland een relatief aantrekkelijk vestigingsklimaat voor de ICT-sector. 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 aanpak van de adaptatie van de ICT-sector aan (de gevolgen van) klimaatverandering, waarbij risico's worden beheerst en kansen worden benut, moet internationaal en samen met het bedrijfsleven worden ingevuld. Het aanpassen van de ICT-sector aan de gevolgen van klimaatverandering is een urgente zaak. Niet zozeer door de klimaatverandering zelf, maar omdat de sector nú een zeer explosieve groei doormaakt, wat soms om grote investeringen vraagt. Door langetermijninvesteringen in het internationale netwerk en datacenters kan op de gevolgen van klimaatverandering worden ingespeeld.

De rijksoverheid heeft een belangrijke rol in de verantwoordelijkheid voor het functioneren van vitale infrastructuren. Dat betekent niet dat de uitvoering ook door het Rijk moet gebeuren. Integendeel, andere partijen zijn daar beter voor toegerust. Adaptatie is dan ook een zaak van overheid en bedrijfsleven samen.

Belangrijke opties zijn:

- het in kaart brengen van de risico's van klimaatverandering voor de totale internationale keten van ICT-voorzieningen en ICT-diensten voor Nederlandse gebruikers: overheid, bedrijfsleven en burgers;
- het geven van inzicht in de rol van ICT in vitale sectoren vanwege de verwevenheid van de energie-, ICT- en transportsector, en daarmee de kans op cascade-effecten;
- het uitvoeren van stresstesten (risicoanalyses) van de ICT-voorziening op Europese schaal waarbij expliciet de gevolgen van klimaatverandering worden meegenomen. Bijvoorbeeld: wat betekent een grootschalige Europese windstille hittegolf voor de elektriciteitsvraag vanuit datacentra, bedrijven en huishoudens in relatie tot het risico op uitval?
- het maken van internationale afspraken over de verantwoordelijkheidsverdeling in de hele ICT-keten, ten minste op EU-niveau. Het Rijk 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 papieren continuïteitsplannen in de praktijk ook werken en de regelgeving die de zorgplicht van ICT-diensten regelt, is uitgebreid naar datacenters (Runhaar et al, 2014).

7 Water en biodiversiteit

7.1 Water

- *Bij een dijkdoorbraak net over de grens, zou ook een deel van Nederland kunnen overstromen. De waarschijnlijkheid dat dit gebeurt is heel klein, maar als het gebeurt kunnen de gevolgen heel groot zijn. Dat zou tot veel dodelijke slachtoffers en vele miljarden euro's schade kunnen leiden. In het kader van het Deltaprogramma en de Europese Hoogwaterrichtlijn is het risico onderkend en wordt er over adaptatieopties gesproken.*
- *Lage rivierafvoeren zullen frequenter voorkomen. Zij kunnen leiden tot problemen bij de zoetwatervoorziening en scheepvaart. Internationale afstemming over het watergebruik en de minimale afvoer van rivieren wordt steeds belangrijker.*
- *Hogere luchttemperaturen zorgen ook voor hogere watertemperaturen, wat gevolgen kan hebben voor de planten en dieren in het water en de mogelijkheid om koelwater te lozen.*

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

Overstromingen over grenzen

Het bovenstroomse waterbeheer is voor Nederland van belang voor zowel de piekafvoeren als de lage rivierafvoeren. De piekafvoeren die Nederland kunnen bereiken, worden gedempt doordat er bovenstrooms in Duitsland – waar de veiligheidsniveaus lager zijn dan in Nederland – al overstromingen optreden. Een mogelijke toename van de piekafvoeren bovenstrooms, als gevolg van klimaatverandering, werkt vooral door in Duitsland. Doordat de bovenstroomse overstromingen – bij ongewijzigd waterbeheer – de piekafvoeren zullen dempen, zullen de afvoeren bij Lobith maar iets hoger zijn dan normaal (zie figuur 7.1). Als Duitsland het huidige waterbeheer handhaaft en geen extra maatregelen neemt boven op het huidige verbeteringsprogramma (de dijksituatie van 2020), is er een minimale kans dat de maatgevende afvoer van 18.000 kubieke meter per seconde – het uitgangspunt voor de geplande maatregelen en ruimtelijke reserveringen in bijvoorbeeld het programma 'Ruimte voor de Rivier' – wordt overschreden. Wel kan het water Nederland dan buiten de rivieren om bereiken, bijvoorbeeld in het geval van overstromingen vlak bij de Duits-Nederlandse grens. 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 dijken van dijkkring 48 worden deels door Nederland en deels door Duitsland beheerd. Door klimaatverandering kunnen de piekafvoeren van de Rijn in deze eeuw steeds hoger worden. In Nederland zijn daarom binnen het Deltaprogramma besluiten voorbereid om het

risico van overstromingen te verkleinen. Maar Nederland is hier ook afhankelijk van maatregelen in Duitsland.

Internationale afstemming nodig rond de beheersing van extreem hoge en lage rivierafvoeren

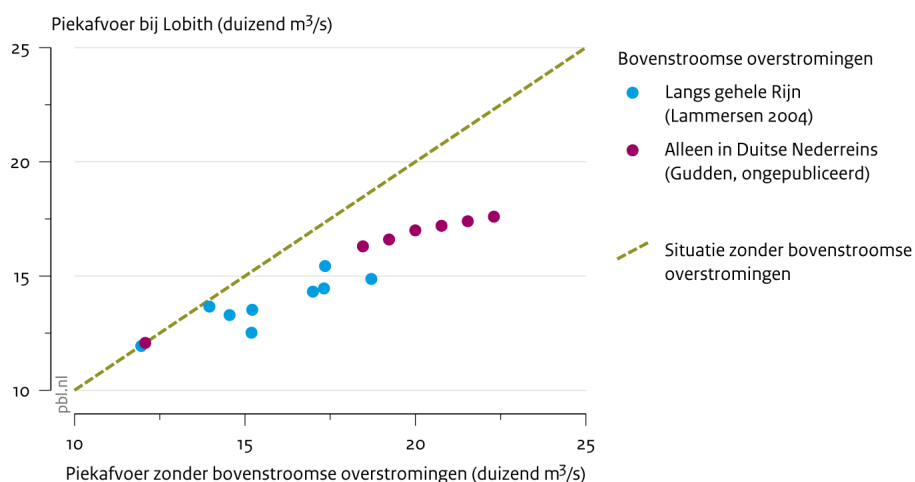
Omdat wat in Duitsland gebeurt van belang is voor Nederland, is afstemming tussen Duitse en Nederlandse waterbeheerders over hoogwaterbescherming noodzakelijk. Er is internationale afstemming nodig rond de beheersing van extreem hoge en lage rivierafvoeren. De piekafvoeren van de rivieren worden afgestemd tussen Nederland en andere landen langs de Rijn – met name Duitsland – binnen het kader van de Rijncommissie en de Europese Richtlijn Overstromingsrisico's. In dat opzicht is het voor Nederland gunstig dat in 2007 de Europese Hoogwaterrichtlijn in werking is getreden. Deze richtlijn verplicht de landen binnen rivierstroomgebieden in onderling overleg en in samenhang afspraken te maken over de beheersing van extreem hoge rivierafvoeren.

EU-lidstaten zijn gehouden om het waterbeheer rond overstromingsrisico's op stroomgebiedsniveau vorm te geven. De richtlijn is sinds 2007 formeel van kracht en zal zijn waarde in de praktijk moeten gaan bewijzen. Voor Nederland is er een formeel raamwerk waarbinnen opties voor de beheersing van overstromingsrisico's in Nederland en in landen langs de Rijn en Maas in samenhang kunnen worden beschouwd.

Voor de internationale verdeling van het Rijnwater bij lage afvoeren in extreem droge jaren bestaat geen formeel kader en zijn er nog geen afspraken gemaakt. Het watergebruik bovenstrooms zou in droge zomers, als de rivierafvoeren laag zijn, een extra aanslag kunnen betekenen op het water dat Nederland bereikt. Goede internationale afspraken zijn echter van groot belang, omdat de Rijn in de zomer verreweg de grootste zoetwaterbron is voor Nederland en de afvoeren in dit seizoen juist sterk kunnen dalen. Daarnaast is het waterpeil belangrijk voor de druk bevaren Waal. Voor het stroomgebied van de Maas hebben Nederland en België wel afspraken gemaakt over de verdeling van het Maaswater bij lage afvoeren (het Maasafvoeroverdrag) (PBL 2012d).

Figuur 7.1

Effecten van bovenstroomse overstromingen in Duitsland op piekafvoeren bij Lobith



Bron: Vellinga et al. 2008

Als de huidige veiligheidsniveau's in Duitsland gehandhaafd blijven, dan nemen de piekafvoeren die Nederland kunnen bereiken vrijwel niet toe, ook niet als klimaatverandering zou leiden tot hogere piekafvoeren in het bovenstroomse gebied.

7.1 Grensoverschrijdende adaptiestrategie voor het Rijnstroomgebied

Ook het Rijnstroomgebied heeft te maken met klimaatverandering. In het kader van de Internationale Rijnstroomcommissie is hier veel onderzoek naar gedaan. Deze commissie heeft onlangs een adaptatiestrategie ontwikkeld voor het Rijnstroomgebied (ICBR 2015).

Er zal vaker (extreem) hoog of laag water zijn; deze ontwikkeling kan in de loop van de eenentwintigste eeuw toenemen in intensiteit. Hogere luchttemperaturen zorgen verder ook voor hogere watertemperaturen. Uit de simulaties voor de nabije toekomst blijkt dat het aantal dagen met watertemperaturen boven 25°C zal toenemen ten opzichte van de referentiesituatie; bij lage afvoeren kan er sprake zijn van een verdubbeling. In de verre toekomst zal het aantal dagen waarop de temperatuur de waarde van 25°C overschrijdt fors toenemen. Dit geldt ook voor de overschrijding van de grens van 28°C in de verre toekomst. Jaren zonder overschrijding van een watertemperatuur van 25°C worden in de verre toekomst daarentegen een zeldzaamheid. Dit geldt ook voor de overschrijding van de grens van 28°C in de verre toekomst. 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.

Verder zijn er ook berekeningen uitgevoerd om het aantal dagen te bepalen waarop de watertemperatuur lager zal zijn dan 3°C, omdat deze fases een positief effect hebben op de verspreiding van macrozoöbenthossoorten die kenmerkend zijn voor de Rijn en tevens warmteminnende exoten terugdringen. In de nabije toekomst zal het aantal dagen met een watertemperatuur onder 3°C op het traject tot Worms afnemen van tien naar nul ten opzichte van de referentiesituatie zonder warmtelozingen. Op het traject tot Lobith, dat minder wordt beïnvloed door warmtelozingen, schommelt het aantal dagen waarop de watertemperatuur niet hoger is dan 3°C tussen vier en zes. In de nabije toekomst daalt dit aantal naar één à drie en in de verre toekomst naar nul à één dag.

Deze mogelijke effecten van klimaatverandering vergen een aanpassing in het waterbeheer. De desbetreffende maatregelen moeten samen worden bekeken met klimaatadaptatiemaatregelen die in andere sectoren worden genomen, zoals bescherming tegen overstromingen, en met wisselwerkingen tussen de maatregelen onderling. De gevolgen van klimaatverandering hebben effecten op verschillende gebruiksfuncties van water. Gebruikers zullen zelf (ook) (moeten) anticiperen dan wel reageren om de negatieve effecten van klimaatverandering te verminderen, beperken, compenseren of teniet te doen.

Adaptatieopties

- Neem, zoals al 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.

7.2 Biodiversiteit

- *Door temperatuurveranderingen verschuiven de klimaatzones van de leefgebieden van planten en diersoorten. In zee veranderen de verspreidingspatronen van diverse vissen, ook die van soorten die bevestigd worden. Trekvogels en trekvissen passen hun migratiepatronen aan door veranderende omstandigheden op hun routes. Hierdoor zal zeer waarschijnlijk de samenstelling van dier- en plantengemeenschappen veranderen in de tweede helft van deze eeuw.*
- *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.*
- *Het gebruik maken van de relaties tussen natuur en andere sectoren bij momenten van verandering en investeringen is een belangrijke optie. Er is binnen andere sectoren een grote potentie voor 'nature-based solutions'. Zo kunnen bijvoorbeeld maatregelen in het riviereengebied die moeten beschermen tegen overstromingen samengaan met maatregelen die de riviernatuur versterken of herstellen en groenvoorzieningen kunnen in steden hittestress beter verdraagzaam maken.*
- *De klimaatbestendigheid van de Europese natuur kan worden vergroot door op EU-niveau zogenoemde klimaatcorridors te ontwikkelen, met daarin 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.*

Effecten van klimaatverandering elders zijn van invloed op de natuur en het natuurbeleid in Nederland. De invloed van klimaatverandering buiten Nederland is bijvoorbeeld te zien bij trekvogels en trekvissen, die een deel van hun leven in Nederland verblijven en een ander deel in het buitenland, in het daar heersende klimaat. Indirect heeft wereldwijde klimaatverandering invloed op de ook door Nederland onderschreven doelen en maatregelen met betrekking tot de mondiale biodiversiteit.

In deze paragraaf beperken we ons tot het agenderen van relevante punten en enkele voorbeelden. We bespreken eerst de mondiale effecten. Daarna gaan we in op de veranderende migratie van vogels en vissen als gevolg van klimaatverandering, en beschrijven we hoe meer dynamiek in de rivierafvoer zorgt voor andere vegetatietypen.

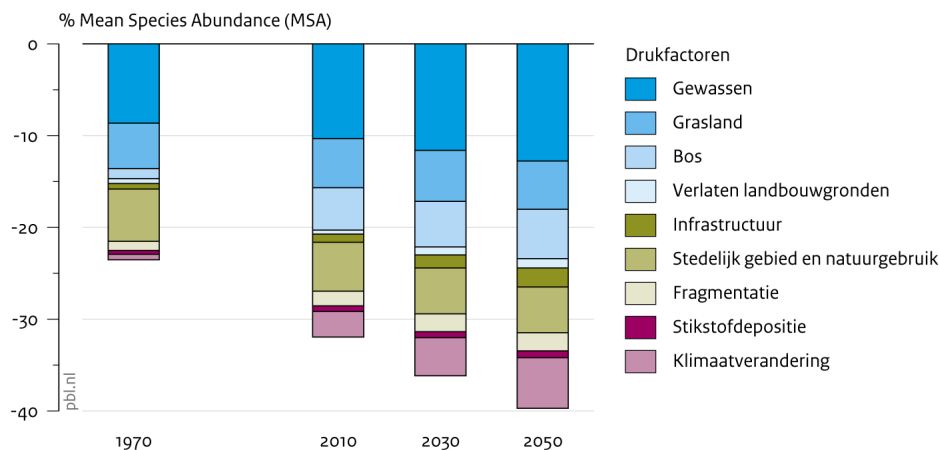
Klimaatverandering als extra stressfactor voor mondiale biodiversiteit

De al waargenomen verschuiving van seizoensgebonden activiteiten van verschillende planten- en diersoorten, en de migratie van soorten naar andere gebieden zullen zich wereldwijd verder voortzetten. De samenstelling van planten- en diergemeenschappen verandert waarschijnlijk in de tweede helft van deze eeuw doordat in een bepaald gebied soorten wegtrekken, terwijl andere zich er juist vestigen. Ook zal de interactie tussen soorten verstoord raken doordat hun activiteiten niet gelijk in het jaar verschuiven (zoals de beschikbaarheid van voedsel versus de timing van de migratie en het broeden van vogels).

Planten en dieren zullen zoveel mogelijk proberen mee te bewegen met de verschuivende klimaatzones. Als de klimaatverandering beperkt blijft, kunnen de meeste soorten tot het eind van deze eeuw de effecten ervan waarschijnlijk wel volgen. Soorten die dat niet lukt, zullen in aantal (sterk) afnemen. Voor veel soorten zal het klimaat sneller veranderen dan zij kunnen bijbenen. Daar komt bij dat de migratie van soorten wordt belemmerd doordat hun habitat versnipperd is, dammen in rivieren en steden de weg versperren, en concurrerende soorten de 'nieuwe' geschikte gebieden al bezetten. Het risico op uitsterven neemt voor veel land- en zoetwatersoorten toe, niet alleen door klimaatverandering (en daaraan verbonden gevolgen als droogte, stormen, natuurbranden en uitbraak van ziekten), maar vooral door de combinatie met andere stressfactoren, zoals verandering van habitat, overexploitatie, vervuiling en van elders binnendringende soorten.

Figuur 7.2

Oorzaken van wereldwijd biodiversiteitsverlies in Trend-scenario



Bron: PBL

Klimaatverandering gaat in de komende decennia een steeds belangrijker rol spelen in het verlies aan natuur.

De opwarming en verzuring van het zeewater zal doorzetten, waardoor koralen en organismen met kalkskeletten verder onder druk komen te staan. Ook de migratie van soorten naar hogere breedtegraden zal zich verder voortzetten (IPCC 2014).

Het resultaat van deze veranderingen zal zijn dat het functioneren van ecosystemen zal veranderen. In de eerste helft van deze eeuw zal de invloed van directe menselijke ingrepen op ecosystemen, via het land- en watergebruik en de vervuiling, echter groter zijn dan de invloed van klimaatverandering. Veranderingen van ecosystemen kunnen doorwerken in de diensten die ecosystemen aan ons leveren. Voorbeelden van ecosystemendiensten die door klimaatverandering bedreigd kunnen worden, zijn: waterzuivering door wetlands, het vastleggen van CO₂ door bossen, kustbescherming door mangroves en koraalriffen, de beheersing van ziekten en plagen, en de recycling van nutriënten.

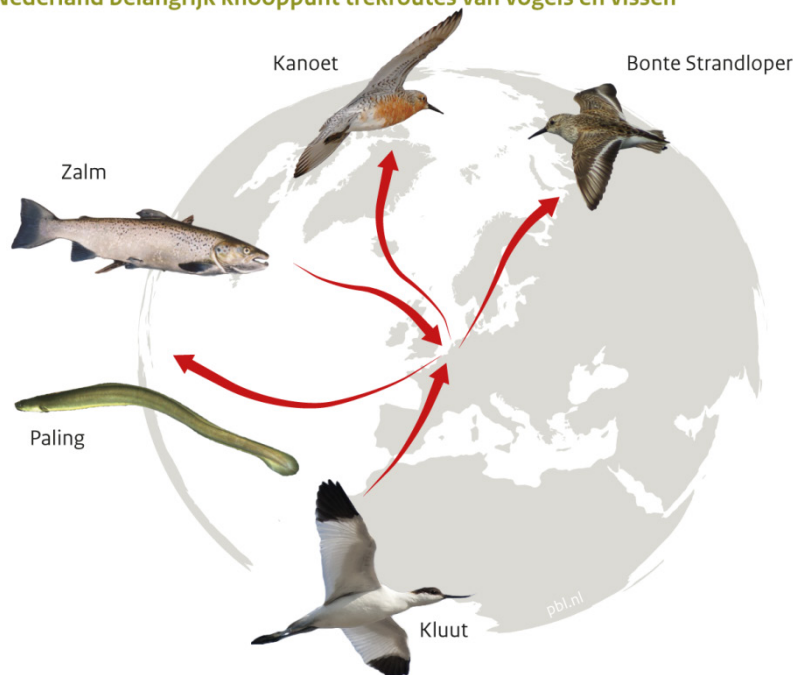
Figuur 7.2 laat zien dat klimaatverandering een steeds belangrijker oorzaak van wereldwijd biodiversiteitsverlies zal worden – uitgedrukt in *Mean Species Abundance* (MSA); een MSA van 15 procent bijvoorbeeld betekent dat de populaties van inheemse planten- en diersoorten gemiddeld een omvang hebben van 15 procent van de natuurlijke situatie. Het tegengaan van klimaatverandering is dus nodig om ook op lange termijn de in het Biodiversiteitsverdrag (CBD) afgesproken doelen te halen (*Aichi Targets*) en het verlies aan biodiversiteit te stoppen (CBD 2014; Kok et al. 2014).

Migratie van vogels en vissen verandert door klimaatverandering

Omdat Nederland een gematigd winterklimaat heeft en in een delta van grote rivieren ligt, trekt een groot aantal vogels naar Nederland om er te overwinteren. Zo is Nederland met de Waddenzee, Eemsdelta en de Zuidwestelijke Delta een belangrijk knooppunt op de trekroute van veel watervogels en vissen (figuur 7.3). Vogels die in Nederland overwinteren broeden van Noordoost-Canada tot Oost-Siberië, en vogels die in Nederland broeden trekken in de winter richting het zuiden, tot ver in Afrika. Sommige soorten tanken bij gedurende hun trektocht of brengen hun ruiperiode door in de Nederlandse delta, weer andere soorten komen daar overwinteren of broeden. Voor de meeste steltlopers zijn de Wadden en de delta van groot internationaal belang als overwinteringsgebied. Daarnaast vormen de Waddenzee en delta door hun ligging voor duin en kust een belangrijk bolwerk binnen Noordwest-Europa en zijn daarmee een belangrijke kern van een internationaal duin- en kustecosysteem (Vonk et al. 2010).

Figuur 7.3

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.

Klimaatverandering heeft invloed op de migratiepatronen van trekvogels. Die patronen veranderen door een samenspel van wijzigingen in het weer in de noordelijke streken (broedgebieden) en de zuidelijker gelegen overwinteringsgebieden. De overwinteringsgebieden van een aantal watervogels in Europa verschuiven naar het noorden, waarschijnlijk als gevolg van de warmere winters. Hierdoor nemen in Nederland in de laatste decennia vooral de aantallen toe van soorten die traditioneel ten zuidwesten van Nederland overwinteren. Het aantal vogels vanuit het noorden dat in Nederland overwintert, neemt volgens de tellingen af, terwijl een steeds grotere fractie van de Nederlandse broedvogels in Nederland blijft en niet naar zuidelijker streken wegtrekt. Deze verschuivingen hangen waarschijnlijk samen met de mildere winters en zullen gezien de voorspelde opwarming nog toenemen (SOVON 2009). In reactie op de hogere wintertemperaturen is het centrum van de winterverspreiding van steltlopers geleidelijk opgeschoven in (voornamelijk) noordoostelijke richting, bij de zilverplevier zelfs met 115 kilometer (Maclean et al. 2008). In warmere winters blijven veel trekvogels (vooral korteaafstandstrekkingen) dicht bij huis dan in koude winters (Visser et al. 2009).

Voor veel trekvogels die in Nederland broeden en overwinteren in Afrika, zijn de gevolgen van klimaatverandering nog onduidelijk. Verschillen tussen de groepen vogels die in West-Afrika of in overig Afrika overwinteren, hebben waarschijnlijk meer te maken met de situatie in de overwinteringsgebieden zelf dan met klimaatverandering. Voor de vogels die naar West-Afrika trekken, is gemiddeld genomen voornamelijk geen achteruitgang in aantal te zien. Er zijn in deze groep zelfs meer soorten die in aantal vooruitgaan dan achteruitgaan, omdat ze hebben geprofiteerd van de hogere neerslag in de laatste vijftien jaar in de gebieden in West-Afrika ten zuiden van de Sahara (onder andere de rietzanger en grasmus). De grote karekiet, grutto, tapuit, tuinfluiter en zwarte stern uit deze groep gaan in aantal achteruit, maar dat heeft waarschijnlijk meer te maken met een verslechterde situatie in de broedgebieden dan met de verandering van het klimaat. De soorten die overwinteren in Oost-, Midden- en Zuid-Afrika zijn als groep sinds 1990 wel in aantal achteruitgegaan; voorbeelden zijn

de boerenwaluw, fluitier, huiswaluw, spotvogel en zomertortel. Maar ook bij deze groep is het niet zeker of dat het gevolg is van klimaatverandering, omdat de oorzaken van de trends bij deze soorten niet goed bekend zijn (CLO 2014).

Ook de migratiepatronen van trekvissen kunnen door klimaatverandering wijzigen. Trekvissen (migrerende vissen en vissen als zeeprik, rivierprik en fint met trekgedrag van zee naar binnenwater en vice versa (diadrome vis)) maken gebruik van het intergetijdengebied in het Nederlandse deltagebied. Dit komt door zijn zoet-brak-zoutovergangen. Vissen zoals paling, zalm, zeeforel en steur migreren via het estuarium en verblijven er korte tijd om te acclimatiseren. Door klimaatverandering kunnen gebieden ongunstig worden voor vissen, waardoor er een belemmering ontstaat in de migratieroute. Zo zijn er aanwijzingen dat de kraamkamer- en kinderkamerfunctie van ondiepe zones in de kustzone en Waddenzee door de hogere temperatuur is afgenomen en dat vissoorten zoals de schol eerder in hun leven naar dieper water trekken (Tulp et al. 2009).

Meer dynamiek in de rivierafvoer leidt tot een verandering in vegetatietypen

Het afvoerpatroon van rivieren verandert door wijzigingen in het klimaat buiten de Nederlandse grenzen. Winterafvoeren nemen gemiddeld toe en zomerafvoeren nemen gemiddeld af. Daarbinnen zal de fluctuatie echter ook toenemen, en zullen er meer periodes met een sterke afvoer komen, ondanks dat het totaal over de zomer lager is. De overstromingsduur zal veranderen en dit heeft gevolgen voor enkele karakteristieke vegetatietypen in het rivierengebied (Haasnoot & Van der Molen 2005). Vegetatietypen die vooral in drogere of juist nattere omstandigheden voorkomen (zoals hardhoutoibos of stroomdalgrasland op de relatief drogere plaatsen) zullen in areaal afnemen. Het verspreidingsgebied van vegetatietypen met een gemiddelde overstromingsduur zal echter toenemen.

In de rivieren treden mogelijk nadelige effecten op bij zeer lage afvoer tot droogvallen. De verwachting is dat dan inheemse soorten (lokaal) zullen uitsterven.

Een crosssectorale aanpak is noodzakelijk

Effectief klimaatbeleid is nodig om biodiversiteitsverlies te stoppen. Tegelijkertijd moet uit het perspectief van biodiversiteit expliciet rekening worden gehouden met de synergie en trade off tussen mitigatiemaatregelen, klimaatadaptatie en biodiversiteitsbeleid.

Zo biedt biodiversiteit de mogelijkheden om een breed scala aan duurzaamheidsdoelen te halen. Er is binnen andere sectoren een grote potentie voor *nature-based solutions*. Voor de realisatie daarvan is het belangrijk dat andere sectoren zich daarvan bewust worden en hun beleid op elkaar afstemmen.

Adaptatieopties

Op Europese schaal:

- Het Europese natuurbeleid richten op het functioneren van ecosystemen en het vergroten van het adaptieve vermogen van de natuur, en minder dan nu het geval is op het laten voortbestaan van specifieke soorten op specifieke plaatsen.
- Het aangrijpen van momenten van verandering, zoals maatregelen in het rivierengebied tegen droogte en voor veiligheid tegen overstromingen, wereldwijd en zeker met de buurlanden en rest van de Europese Unie. Deze kans moet in de komende jaren al worden verzilverd, want besluiten in deze programma's leiden tot (onomkeerbare) langetermijn ontwikkelingen.
- Een klimaatbestendige natuur vraagt om een hoge biodiversiteit, het vergroten en verbinden van gebieden, ruimte voor natuurlijke processen, heterogeniteit en gradienten en het verbeteren van standplaatscondities.

- Het op Europese schaal afstemmen van het adaptatiebeleid voor natuur en water, zoals het aansluiten en afstemmen op het Natura 2000-netwerk in de omliggende landen. De klimaatbestendigheid van de Europese natuur kan worden vergroot door klimaatcorridors te ontwikkelen, met daarbinnen een samenhangend Natura 2000-netwerk. Belangrijk daarbij is de uitwerking van het concept 'groene infrastructuur', ook met betrekking tot het verbinden van natuurgebieden.
- Het zorgen voor grensoverschrijdende afstemming (bijvoorbeeld voor het vinden van oplossingen in bovenstroomse gebieden). Denk bijvoorbeeld aan het vasthouden van water in Duitsland door natuurlijke sponzen (wetlands, veengebieden, bossen) in de middengebergten, om de fluctuaties de in rivierafvoer in Nederland te beperken.
- Het herstellen van wetlands en overstromingsgebieden *langs* de rivieren.

Op mondiale schaal:

- Het gebruikmaken van de relaties tussen natuur en andere sectoren, bijvoorbeeld mangrovebossen die helpen als kustbescherming, of groene steden zodat beter met hittestress kan worden omgegaan of agro-biodiversiteit voor *climate smart agriculture*.
- Het integraal meenemen van klimaateffecten in het mondiale natuurbeleid ter bescherming van de biodiversiteit, zoals bescherming en aandacht voor de condities in alle gebieden langs de trekroute van vogels en vissen.

8 Economische relaties

- *Op mondiale schaal hebben gevolgen van klimaatverandering, zoals overstromingen, hittegolven en droogtes, effect op Nederland en Nederlandse belangen. Dat kan zijn door directe schade aan Nederlandse bedrijven en investeringen in het buitenland, door een tijdelijk verminderde beschikbaarheid van grondstoffen, producten en diensten en door vaker optredende prijsschommelingen voor bedrijven en consumenten in Nederland. Ook protectionisme als gevolg van calamiteiten kan de aanvoer doen stokken. Deze verstoringen kunnen door klimaatverandering vaker voorkomen. 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.*
- *Het merendeel van de handel, investeringen en outsourcing van diensten voor Nederlandse bedrijven vindt plaats binnen Europa, dat wil zeggen in landen die beperkt kwetsbaar zijn voor (de gevolgen van) klimaatverandering. De klimaateffecten in Europese landen vormen naar verwachting geen groot risico voor Nederland. Door overstromingen of droogte kan de beschikbaarheid van grondstoffen en producten weliswaar tijdelijk wegvallen, maar daar staat tegenover dat er doorgaans een grote risicospreiding is en er juist mogelijkheden zijn voor Nederlandse bedrijven om het tekort te compenseren. Op Europese schaal is de productie-efficiëntie dan echter lager.*
- *Een deel van de handel, investeringen en outsourcing is echter op kwetsbare landen gericht, zoals de outsourcing van ICT-diensten naar India. Voor de Nederlandse handelsrelaties met landen buiten Europa schuilen de risico's vooral in een onderbreking van de aanvoer van grondstoffen, producten en diensten, 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.*
- *Naast risico's biedt klimaatverandering elders ook kansen voor Nederland, zoals de toename in de wereldwijde vraag naar Nederlandse kennis en kunde op het gebied van waterveiligheid, ruimtelijke ontwikkeling en Agri & Food. Ook het vrijkomen van vaarroutes naar het Verre Oosten via de poolzee biedt mogelijk een kans voor de Nederlandse havens.*

8.1 Inleiding

Nederland is een handelsnatie. Een derde van wat er wordt verdiend, komt uit het buitenland (EZ 2014). Dit hoofdstuk gaat over de invloed van de gevolgen van klimaatverandering buiten Nederland op de Nederlandse economie. Dit betreft bijvoorbeeld de effecten op de aanvoer en prijzen van grondstoffen en (tussen)producten, op de handel, waaronder de transportsector, en op Nederlandse economische belangen gevestigd in het buitenland. Deze economische relaties en belangen van Nederland met het buitenland zijn zeer divers en hebben daarom in aard en omvang een diverse invloed op verschillende aspecten van de Nederlandse economie. Zo kunnen overstromingen de productie raken van buitenlandse bedrijven waarmee Nederlandse bedrijven handelsrelaties hebben. Als de aanvoer van grondstoffen of halffabricaten voor kortere of langere tijd wegvalt, raakt dit de productie of dienstverlening in Nederland. Dit heeft mogelijk niet alleen financiële gevolgen, maar kan ook (tijdelijk) de werkgelegenheid treffen. Als een beperkte beschikbaarheid van goederen tot hoge prijzen voor Nederlandse consumenten leidt, zijn de gevolgen voor de Nederlandse economie doorgaans groter dan wanneer het slechts de doorvoer van producten betreft, omdat dan nauwelijks economische waarde wordt toegevoegd.

De Nederlandse overheid erkent dat Nederland voor een groot deel van zijn economische welvaart afhankelijk is van het buitenland. In de Internationale Veiligheidsstrategie is economische veiligheid omschreven als een van de drie strategische belangen (BZ NCTV 2014). Daarom gaan zeven ministeries (Economische Zaken, Veiligheid en Justitie, Algemene Zaken, Buitenlandse Zaken, Financiën, Defensie en Infrastructuur en Milieu), de inlichtingendiensten en VNO-NCW in kaart brengen welke afhankelijkheden en kwetsbaarheden bij economische veiligheid spelen, hoe die op dit moment worden tegengegaan en of aanvullende maatregelen noodzakelijk zijn. Het gaat daarbij om een gezamenlijke inspanning voor beleidsontwikkeling met betrekking tot economische veiligheid. Het betreft de risico's voor de nationale veiligheid van internationale economische en geopolitieke ontwikkelingen, veiligheidsvraagstukken zoals de energievoorzieningszekerheid, en schaarste van grondstoffen door de groei van opkomende economieën als die van Azië (Dierikx & Schoof 2014). Bij de afhankelijkheden kunnen ook de risico's en kansen van klimaatverandering in het buitenland in relatie tot de economische veiligheid in kaart worden gebracht.

De minister van Buitenlandse Zaken spreekt in de Beleidsbrief Internationale Veiligheid expliciet over klimaatverandering: 'De keuzes van nu moeten ook straks houdbaar zijn' (BZ 2014a). In de brief gaat het kabinet uitvoerig in op crises die Nederland op dit moment raken, bedreigingen die er aan komen en wat Nederland daartegen onderneemt. Een van de thema's waarop Nederland zich zal concentreren en waarover nu goede internationale afspraken moeten worden gemaakt om crises voor te zijn, is klimaatverandering. 'We moeten niet alleen oog hebben voor de acute crises van nu, maar ook aandacht hebben voor de crises van morgen,' aldus Koenders (BZ 2014b).

In dit hoofdstuk verkennen we het brede palet van risico's, kansen en adaptatie-opties van de economische relaties van Nederland en Nederlandse consumenten. Allereerst komen in paragraaf 8.2 de algemene handelsrelaties, de verwachte klimaatverandering en verwachte gevolgen, de verwachte sociaaleconomische ontwikkelingen en de daaruit voortvloeiende risico's en kansen aan de orde. In paragraaf 8.3 besteden we speciale aandacht aan de Agri & Food-sector, omdat deze sector een bijzondere positie in de Nederlandse economie en in de internationale voedselvoorziening inneemt. Deze sector is vanwege het agrarische karakter van de grondstoffen extra gevoelig voor de effecten van klimaatverandering. In paragraaf 8.4 geven we een beeld van de risico's en kansen van investeringen in het buitenland en van internationale sourcing van delen van het productieproces of administratieve of ICT-diensten van Nederlandse bedrijven buiten Nederland. In paragraaf 8.5 gaan we specifiek in op de kansen en in paragraaf 8.6 bespreken we de mogelijke adaptatieopties.

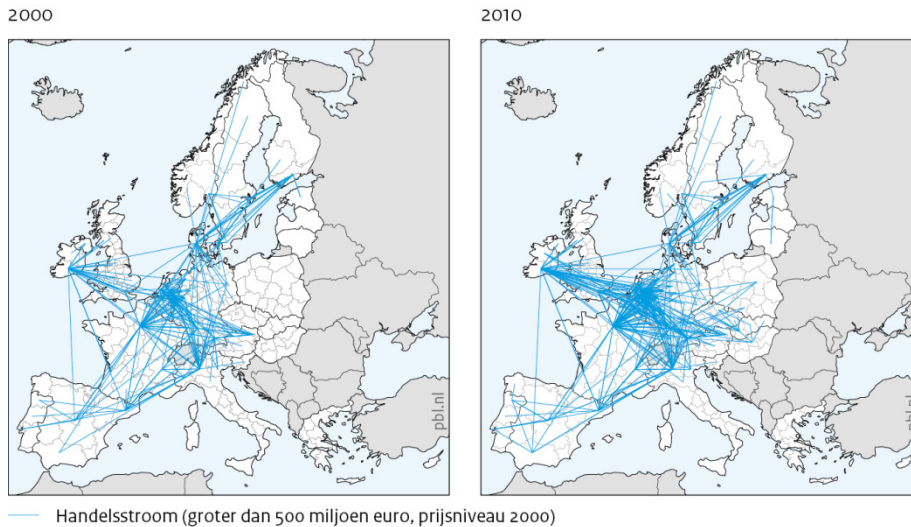
8.2 Buitenlandse handel

De internationale handel is van belang voor de Nederlandse economie

Nederland heeft een open, op export georiënteerde economie en handelsrelaties met vele landen. Het is op wereldschaal de zevende importeur en de vijfde exporteur (tweede voor agrarische producten) (BZ 2013). Bedrijven die veel exporteren zijn van strategische waarde voor de Nederlandse economie. Het gaat daarbij om 7 procent van de Nederlandse bedrijven, die zorgen voor 44 procent van de banen en 87 procent van de uitgaven aan R&D besteden (EZ 2011). 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. Dit maakt de Nederlandse economie gevoelig voor wat er in het buitenland gebeurt, waaronder klimaatverandering.

Figuur 8.1

Handelsstromen binnen Europa



Bron: PBL 2013

Europese regio's zijn sterk verbonden door handelsstromen. Concentraties zijn duidelijk te zien in regio's waar het merendeel van de stromen vandaan komt of hun bestemming heeft. De handelsstromen van en naar Oost-Europa zijn in de periode 2000-2010 toegenomen.

Sociaaleconomische en geopolitieke ontwikkelingen zijn bepalend voor de Nederlandse economie

In vergelijking met klimaatverandering hebben internationale sociaaleconomische en (geo)politieke ontwikkelingen – zoals een toenemende wereldbevolking, verschuivende zwaartepunten van economische groei, veranderende consumptiepatronen, de energietransitie en transitie naar een circulaire economie – een veel grotere invloed op de Nederlandse handel en economie.

Zo zijn tussen 2000 en 2010 de handelsstromen naar Oost-Europese landen toegenomen, mede dankzij de veranderde bestuurlijke verhoudingen binnen Europa (figuur 8.1).

Risico's door (de gevolgen van) klimaatverandering

Het productieproces is in de afgelopen decennia 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 veel landen geïmporteerd, om vervolgens te worden verwerkt tot de producten die op tafel staan (zie ook hoofdstuk 6).

Klimaatverandering of de gevolgen ervan kunnen van invloed zijn op de beschikbaarheid van grondstoffen en producten: 1) bij de productie in het buitenland, 2) bij het transport naar/van Nederland of 3) in de afzetgebieden in het buitenland.

Figuur 8.2
Grootste importstromen naar Nederland, 2012

Binnen Europa



Buiten Europa



Importstroom (miljard dollar)



Bron: UN Comtrade

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

Kwetsbaarheid voor de import door klimaateffecten in het buitenland

Veel Nederlandse bedrijven hebben handelsrelaties met het buitenland en zijn afhankelijk van grondstoffen, halffabricaten of eindproducten die van elders op de wereld komen. Door de gevolgen van in intensiteit toenemende extreme weersomstandigheden in deze landen, kan de levering tijdelijk of structureel in gevaar komen. Door klimaatverandering neemt bijvoorbeeld de kans op meer en langere droogteperiodes toe. Daarmee neemt de beschikbaarheid van water mogelijk af. Tegelijkertijd neemt door sociaaleconomische ontwikkelingen de vraag naar water in vooral de zich ontwikkelende landen sterk toe. De bevolking groeit en wordt welvarender. Er is steeds meer water nodig voor voedsel, energie en de industrie. De toenemende schaarste aan water door de toenemende vraag en afnemende beschikbaarheid leidt tot stijgende prijzen voor het water.

Nederlandse bedrijven die in het buitenland produceren, krijgen ook te maken met een toename van risico's door klimaatverandering. Zij kunnen directe schade lijden door droogte of

overstromingen, of indirect door de cascade-effecten daarvan: de uitval van vitale sectoren in het buitenland, zoals de energie-, ICT- of transportsector.

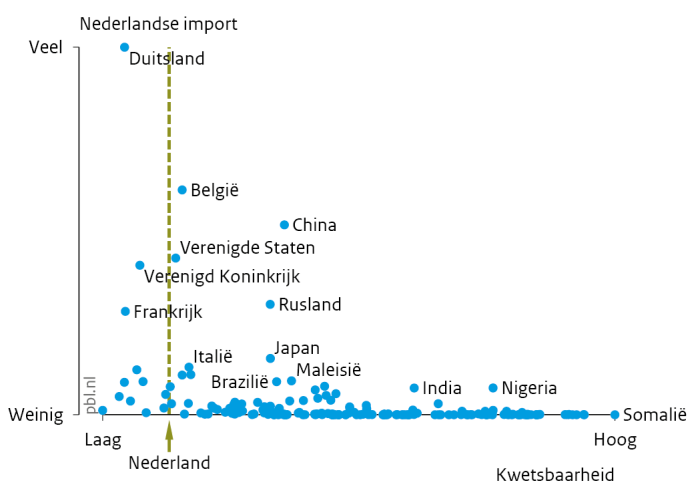
Een groot deel van de Nederlandse import komt uit een beperkt aantal landen (figuur 8.2). De landen waar Nederland in geld uitgedrukt het meest uit importeert, bevinden zich in de minst kwetsbare gebieden (figuur 8.3). Het zijn voornamelijk Europese landen, Duitsland voorop. China, Rusland en Japan behoren tot de landen waaruit Nederland ook veel invoert en die kwetsbaarder zijn.

Aardolie en aardolieproducten zijn in geld uitgedrukt de belangrijkste handelsproducten. Daarop volgend zijn dat ruwe mineralen en bouwmaterialen, chemische producten en voedingsproducten/veevoer. Verreweg het grootste deel van deze goederen komt uit Europa. De ertsen en vaste brandstoffen (kolen) komen voor het overgrote deel uit de Verenigde Staten. Tegelijkertijd met de globalisering van de handel is er mondiaal door de bevolkings- en welvaartsgroei een steeds grotere vraag naar grondstoffen. Dit heeft mogelijk gevolgen voor de beschikbaarheid van grondstoffen. Grondstoffen worden duurder, de prijzen zullen meer schommelen. Ook is het mogelijk dat grondstoffen tijdelijk niet voldoende beschikbaar of van onvoldoende kwaliteit zijn (KPMG 2014).

Voor een beperkt aantal handelsproducten is Nederland afhankelijk van slechts enkele landen. Dat betreft vooral grondstoffen voor de Agri & Food-sector, waaronder soja uit Brazilië en cacao uit enkele Afrikaanse landen. Dit maakt de Nederlandse en Europese handel in deze grondstoffen kwetsbaar voor de toevoer door abrupte onderbrekingen veroorzaakt door onder andere extreme weersomstandigheden.

Figuur 8.3

Kwetsbaarheid en Nederlandse import, 2012



Bron: UN Comtrade; ND-GAIN

Nederland heeft de sterkste importrelaties met de buurlanden, Europese landen en de Verenigde Staten. De kwetsbaarheid van deze landen voor klimaatverandering is relatief klein.

Landen binnen Europa zijn naar verwachting weinig kwetsbaar voor klimaatverandering en klimaatverandering daar heeft daarom naar verwachting een gering effect op de Nederlandse economie. Er is binnen Europa namelijk een grote mate van productiespreiding. Als in een regio de productie uitvalt, kunnen andere regio's de productie overnemen (zie ook tekstkader 8.1). Dit is een vorm van risicospreiding. Voor Nederland kan uitval van productie in andere delen van Europa dus ook een relatief voordeel bieden, omdat Nederland dan de productie en afzet kan overnemen. Tegelijkertijd is het voor de Europese economie als geheel een schadepost, omdat de overgenomen productie altijd minder efficiënt zal zijn. De chemi-

sche sector is door zijn specifieke locatie-eisen minder gespreid; het risico dat bij uitval van een locatie het aanbod voor langere tijd kleiner is, is hier groter dan voor andere sectoren. Klimaatextremen in productiegebieden elders op de wereld kunnen tot schaarste aan grondstoffen en intermediaire producten leiden. Voor de meeste producten kan bij een wegvallende aanvoer elders op de wereldmarkt worden ingekocht (zie ook tekstkader 8.1). Voor kleine veranderingen heeft dit weinig gevolgen, maar voor grote veranderingen ontstaan knelpunten in de productie, wat leidt tot een minder efficiënte productie en daarmee stijgende prijzen. Het grootste probleem voor Nederlandse bedrijven ontstaat bij producten en grondstoffen die niet snel elders op de wereldmarkt kunnen worden ingekocht, met een beperkt voorraadbeheer en met een betere toegang voor concurrenten. Voor de consument is het vooral problematisch als de prijs omhoog gaat.

Naast de gevolgen voor de beschikbaarheid van grondstoffen kan protectionisme van getroffen landen de Nederlandse handelspositie schaden. Beide betekenen stijgende prijzen die worden afgewenteld op de consument. Internationale stabiliteit is voor Nederland belangrijk om de toelevering van grondstoffen en goederen en daarmee prijsstabiliteit te garanderen.

8.1 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 herstellkosten en de verliezen in efficiëntie. De totale economische effecten van een overstroming zijn altijd negatief.

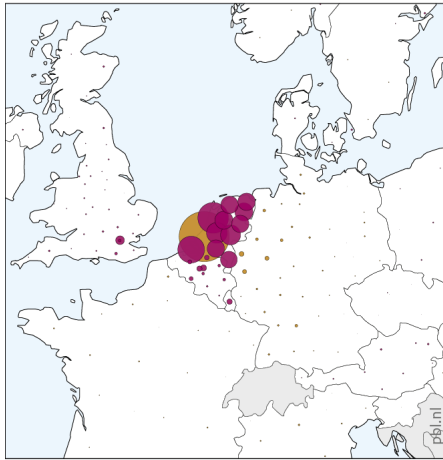
Om de onderlinge afhankelijkheden van de regio's in beeld te brengen, zijn verschillende overstromingen gesimuleerd, waaronder een overstroming in het buitendijks havengebied bij Rotterdam en een grootschaliger overstroming in verschillende regio's langs de Donau (zie figuur 8.4). Bij de overstroming 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.

Figuur 8.4

Verandering van productie na een overstroming (modellsimulaties)

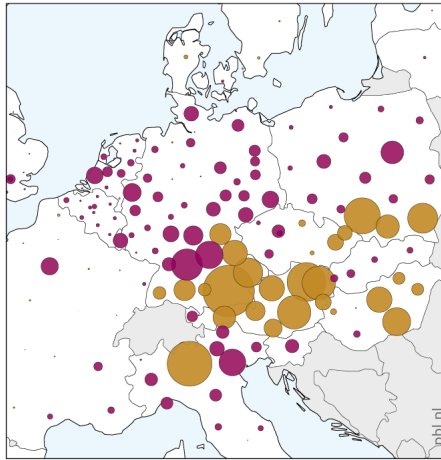
Buitendijks havengebied Rotterdam



Netto effect op productie^(*) in miljoen euro per regio



De Donau



Netto effect op productie^(*) in miljoen euro per regio



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

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

Modellsimulaties 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 herstellkosten 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.

Niet alle productiesectoren zijn even klimaatgevoelig. Veel sectoren zijn gevoelig voor waterschaarste, zoals de agrarische en energiesector. Andere zijn weer gevoeliger voor hittegolven, zoals de ICT-sector. Overstromingen, al dan niet versterkt door een stijgende zeespiegel, kunnen de productie en/of energie- en ICT-voorziening ernstig hinderen en belangrijke transportknooppunten treffen (bijvoorbeeld de Aziatische havens). Bij een uitval van belangrijke havens elders worden vrijwel alle sectoren geraakt. Bij (gedeeltelijke) uitval van grote Aziatische havens komt bijvoorbeeld de aanvoer van computers en telecommunicatieapparatuur in de knel.

De Agri & Food-sector en de winning van grondstoffen vragen veel water en zijn daarmee gevoelig voor droogte (zie ook tekstkader 8.2). Ook de productie van textiel en kleding vergt veel water en deze producten worden vaak vervaardigd in landen waar de waterstress al hoog is. Het probleem is vaak niet de waterbeschikbaarheid, maar het waterbeheer: 'Een bedrijf met een fabriek in een slecht beheerd stroomgebied of dat hier zijn producten van betreft, heeft te maken met verschillende watergerelateerde risico's zoals: absolute waterschaarste, hogere kosten, of reputatieschade veroorzaakt door watergerelateerde effecten

van zijn activiteiten' (WWF 2014). Bedrijven hebben een direct economisch belang bij een goed en duurzaam waterbeheer. Hier ligt een kans om internationale bedrijven te betrekken bij duurzame ontwikkeling en duurzame productie, een belangrijk doel van het Nederlandse en EU-beleid (zie ook hoofdstuk 9).

8.2 Uit de media:

Droogte blijkt de achilleshiel van een land in opkomst: Brazilië

In 2014 kampte Brazilië met aanhoudende droogte. In de regentijd viel er na januari nauwelijks een druppel. Dit ondermijnt niet alleen de akkerbouw en veeteelt, maar legt ook de gebrekkige waterinfrastructuur van het land bloot. In het regenseizoen viel weinig neerslag. Water en elektriciteit gingen op rantsoen. Al in februari kregen 142 Braziliaanse steden een waterrantsoen opgelegd. In São Paulo was het watertekort kritiek: het niveau in het belangrijkste watersysteem daalde tot het laagste niveau ooit. Dat systeem voorziet de helft van de agglomeratie São Paulo, een gebied van twintig miljoen mensen, van water.

Het arme noordoosten van het land, beleefde zijn droogste zomer sinds een halve eeuw. De dieprode, gebarsten aarde strekt zich in de binnenlanden steeds verder uit. In 2001 leidde een grote droogte al eens tot een landelijk rantsoen dat acht maanden duurde.

Het aanhoudende gebrek aan regen in Brazilië was van invloed op de wereldmarkten. De koffieprijs steeg sinds januari met 75 procent. Suiker en soja zijn nu ruim 8 procent duurder. En dat terwijl recordoogsten voor dit jaar waren voorspeld. Het laat de invloed en kwetsbaarheid van Brazilië op de wereldmarkt goed zien: één droog seizoen doet verwachtingen van overvloed omslaan in waarschuwingen voor tekorten van gewilde grondstoffen. Brazilië is de belangrijkste exporteur van koffie en de op een na grootste exporteur van soja ter wereld.

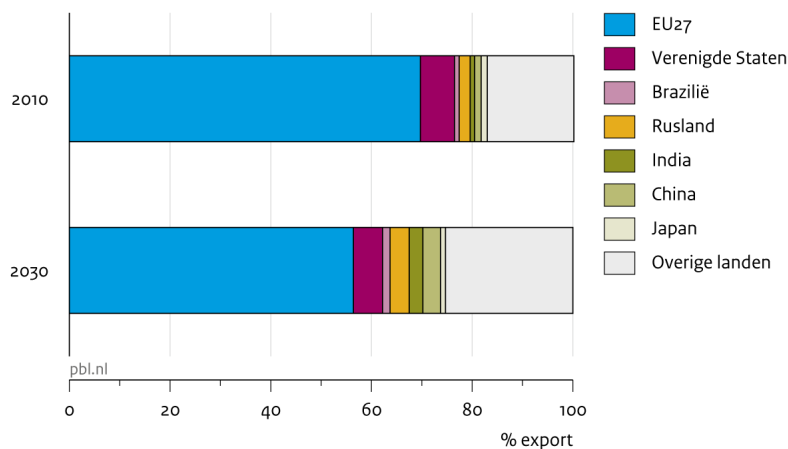
Ook de energiemarkt ondervindt grote problemen. Voor zijn energievoorziening is Brazilië voor 95 procent afhankelijk van waterkracht. Om voldoende energie te produceren, zijn grote waterreserves nodig en die drogen nu langzaam op. Normaal zijn de bassins, waarvan het merendeel in het zuidwesten van het land ligt, in april voor 80 procent gevuld. Tot het einde van de droge periode in november kan Brazilië daar dan mee vooruit. Nu staat het peil daar op amper 36 procent.

Het ingenieursbureau Arcadis Logos 'profiteert' van de droogte. Zijn enorme waterproject wint aan belang. Arcadis Logos, de Braziliaanse tak van het Nederlandse ingenieursbureau Arcadis, verlengde in februari zijn contract voor de bouw van het grootste waterinfrastructuurproject in Brazilië: ruim 700 kilometer aan kanalen om water uit de grote São Francisco rivier te vervoeren naar het droge noordoosten van het land.

<http://www.nrcreader.nl/artikel/5062/droogte-toont-hoe-kwetsbaar-brazilie-is>
Floor Boon Samenvatting van: 10-4-2014

Figuur 8.5

Bestemming van Nederlandse export



Bron: Ecorys

Het aandeel van de Nederlandse export naar landen buiten de Europese Unie zal toenemen, van 30 procent in 2010 naar 45 procent in 2030.

Verstoring van het transport naar en vanuit Nederland

De havens van Rotterdam en Amsterdam zijn belangrijke internationale knooppunten voor het internationale goederentransport; vanuit alle delen van de wereld worden goederen en grondstoffen binnengevaren. Het vervoer naar de havens kan worden verstoord door toenevende extreme weersomstandigheden onderweg (stormen), waardoor vaker moet worden omgevaren, met bijbehorende kosten en vertragingen.

Ook kan economische schade optreden omdat havens elders op de wereld last hebben van storm en de schade die daarbij ontstaat. Door de zeespiegelstijging is het mogelijk dat havens minder goed bereikbaar zijn (Becker et al. 2013). Zo liggen de havens in China en Singapore, van waaruit Nederland veel importeert, in een regio waar de kansen op overstromingen zullen toenemen (zie hoofdstuk 4). 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 kunnen de binnenvaart en zijn 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 verwachting is dat vooral in de tweede helft van deze eeuw de zomerafvoeren in de Rijn substantieel zullen zijn verminderd, wat gevolgen zal hebben voor de binnenvaart.

Verstoring in de afzetgebieden in het buitenland

Nederland zal in de toekomst met andere landen, in andere producten en andere hoeveelheden handelen. De handelsrelaties met Oost-Europa zijn bijvoorbeeld toegenomen (figuur 8.1). In het baselinescenario van Ecorys is sprake van een toenemende specialisatie van Nederland in landbouwproducten en agrarische diensten. De industrie wordt minder belangrijk wat betreft de toegevoegde waarde. Vooral de bouw, het vervoer over water en de agrarische sector (primaire sector inclusief groente en fruit) zullen in de periode 2010-2030 een economische groei laten zien (Ecorys 2014). De export binnen de Europese Unie zal mogelijk afnemen, van 70 procent in 2010 naar 56 procent in 2030, en de export naar landen die zich

snel ontwikkelen (vooral de BRIC-landen) neemt volgens dat scenario mogelijk toe (Ecorys 2014) (figuur 8.5). Dit zijn in het algemeen landen die op dit moment kwetsbaarder zijn voor (de gevolgen van) klimaatverandering dan veel Europese landen.

8.3 Agri & Food-sector

Agri & Food is sterk internationaal gericht, grondstoffen zijn gevoelig voor klimaatverandering

De Agri & Food-sector wordt sterk gedreven door de markt en heeft een groot vermogen zich aan veranderende omstandigheden aan te passen. Dat geldt in beginsel ook voor klimaatverandering. De Agri & Food-sector in Nederland opereert in een Europese en mondiale markt en is goed voor bijna 10 procent van de nationale inkomsten en werkgelegenheid (<http://topsectoren.nl/agri-food>). In Nederland zijn grote Agri & Food-bedrijven en kennisinstellingen gevestigd. Agri & Food omvat alles rond voedsel, de primaire productie, de toeleverende en verwerkende (levensmiddelen)industrie en de kennisinstellingen. Maar ook de veilingen, de handel en de detailhandel in binnen- en buitenland vallen onder deze internationaal toonaangevende topsector.

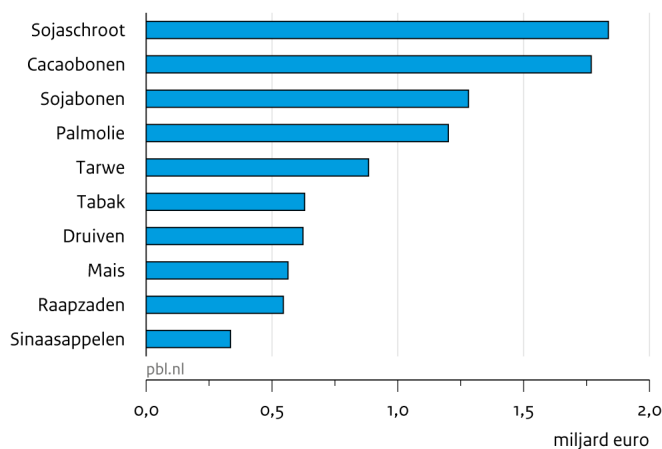
Het handelsoverschot van de agrarische sector bedroeg in 2011 24,5 miljard euro, dat is meer dan 60 procent van het totale Nederlandse handelsoverschot (<http://edepot.wur.nl/213938>). De Nederlandse agrarische sector behoort tot de top van concurrerende regio's in Europa (Raspe et al. 2012). De aanvoer en levering van agrarische grondstoffen is belangrijk voor deze sector. Soja, cacao en palmolie staan in de top 3 (naar waarde) van de import van agrarische grondstoffen en vertegenwoordigen een waarde van 6,7 miljard euro. De Agri & Food-sector is dus voor een belangrijk deel afhankelijk van grondstoffen uit het buitenland. Een deel van de geïmporteerde landbouwproducten wordt verwerkt en dan weer geëxporteerd (PBL 2012b).

De continuïteit van de aanvoer en prijzen van grondstoffen zoals graan, soja, cacao, koffie en palmolie zijn belangrijk (figuur 8.6). Deze agrarische grondstoffen zijn klimaatgevoelig. Door vaker voorkomende extreme weersomstandigheden in andere delen van de wereld gaan de prijzen van agrarische grondstoffen meer schommelen. De beschikbaarheid van deze grondstoffen zal vaker tijdelijk minder zijn. Dit heeft gevolgen voor de voedselprijzen 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.

Nederland importeert grondstoffen als soja, cacao en palmolie uit een beperkt aantal productiegebieden; deze grondstoffen stellen eisen aan klimatologische omstandigheden. De risico's van klimaatverandering voor deze agrarische grondstoffen voor de Nederlandse economie zijn echter beperkt (zie tekstkader 8.3). Zo zijn de klimaateffecten in de cacao-productiegebieden gering en zijn er voor palmolie en soja alternatieven. Door extreme weersomstandigheden, die als gevolg van klimaatverandering toenemen, kan een deel van de productie tijdelijk wegvallen. Dit betekent dat de Agri & Food-sector wordt geraakt en een deel van de export wegvalt. De agrarische handel reageert echter van oudsher heel snel en sterk op marktveranderingen en zal elders andere grondstoffen inkopen.

Figuur 8.6

Top 10 van Nederlandse import van agrarische grondstoffen, 2010



Bron: FAO 2012

Nederland importeert veel soja (schroot en bonen), cacao en palmolie.

8.3 Kwetsbaarheid van de top 3 geïmporteerde agrarische producten

Kwetsbaarheid vee­sector voor de aanvoer en prijzen van soja

De helft van het veevoer (14 miljoen ton) wordt geïmporteerd (Hajer & Dassen 2014). Een deel hiervan bestaat uit soja. De import van soja bestaat voornamelijk uit sojaschroot (5 miljoen ton) en sojabonen (3 miljoen ton) (FAOSTAT 2011). Een groot deel van de geïmporteerde soja wordt weer geëxporteerd, deels als soja (5 miljoen ton) en deels omgezet in vlees en zuivel (Hajer & Dassen 2014). Het grootste deel van de soja komt uit Zuid-Amerika en is bestemd voor het voederen van dieren en als eiwitcomponent van krachtvoer. Nederland importeert vooral soja uit Brazilië en Argentinië.

Soja is gevoelig voor schimmels veroorzaakt door vochtige omstandigheden. In de regio's waar soja wordt verbouwd zal de hoeveelheid neerslag gelijk blijven of zal het iets natter worden. De omstandigheden wat betreft vocht zullen in de productiegebieden waarschijnlijk niet veel ongunstiger worden. Veranderende klimaatomstandigheden wereldwijd kunnen wel steeds vaker voor een tijdelijke stagnatie in de aanvoer van soja voor veevoer zorgen, en zullen van invloed zijn op de prijs. Ook zal de vraag naar soja wereldwijd toenemen. Door een verstoring van de aanvoer van soja en de daarmee gepaard gaande prijsstijgingen kunnen financieel kwetsbare bedrijven in de problemen komen. Dit zijn vooral de kleinere bedrijven die geen financiële buffer hebben. Als de prijs van veevoer een grotere schommeling kent, neemt de voorspelbaarheid van de prijzen af. Dat betekent dat vooral de kwetsbaarheid van de (kleinere) vleesproducerende bedrijven toeneemt.

De vervanging van soja kent twee obstakels: 1) de grote hoeveelheden die moeten worden vervangen en 2) de hogere kosten van alternatieven zoals granen en koolzaad. De hoeveelheid soja die door Nederland wordt geïmporteerd, vergt grote arealen landbouwgrond. Voor de Nederlandse consumptie is voor veevoerteelt in totaal 2,3 miljoen hectare grond nodig. Dat is gelijk aan het oppervlak van het totale huidige Nederlandse landbouwareaal (PBL 2012b). Ook binnen Europa zal door gebrek aan ruimte geen grond worden gevonden om soja in zulke grote hoeveelheden te verbouwen. Echter, door de temperatuurstijging zullen in de noordelijke regio's grotere gebieden voor landbouw geschikt worden. Ook zal de opbrengst per hectare kunnen toenemen (PWC 2011). Sojarotatie is op termijn mogelijk en is een manier voor kleine bedrijven om voor een deel in de eiwitbehoefte te voorzien (WUR 2014).

Nauwelijks klimaatrisico's voor cacao

Nederland heeft de grootste cacao verwerkende industrie ter wereld. Meer dan 80 procent van de verwerkte cacao wordt opnieuw geëxporteerd. De import van cacao-producten bedroeg in 2011 3,2 miljard euro. De export vertegenwoordigde dat jaar een waarde van 3,7 miljard euro (FAOstat 2014). Wereldwijd importeert Nederland ongeveer 25 procent van alle cacao. Het grootste deel (80 procent) wordt geïmporteerd uit West-Afrika: Ivoorkust, Ghana, Kameroen en Nigeria.

De cacaoboom stelt hoge eisen aan neerslag, temperatuur en bodemvruchtbaarheid. Veel en regelmatige neerslag is belangrijk. Langdurige droogte is funest. <http://www.icco.org/about-cocoa/growing-cocoa.html>.

Naar verwachting zal het aantal dagen met extreme neerslag in West-Afrika in de komende decennia nauwelijks veranderen of in sommige gebieden licht dalen. Ook de gemiddelde neerslag zal naar verwachting per graad temperatuurstijging nauwelijks toenemen (0 tot 3 procent per graad). De temperatuur in West-Afrika stijgt net zo hard tot anderhalve keer zo snel als het mondiale gemiddelde. Temperatuurextremen houden hiermee gelijke tred. De komende decennia zal de klimaatverandering nauwelijks invloed hebben op de productie van cacao. Een langdurige droogte kan uiteraard ook in het huidige klimaatsysteem voorkomen.

Disruptie van de palmolie-import door klimaatverandering is beperkt, wel invloed prijzen

Palmolie wordt gebruikt in allerlei voedingsmiddelen, zoals sauzen, chips, soep en koekjes. Maar de olie wordt ook gebruikt voor de productie van zeep en andere reinigingsmiddelen. In 2012 importeerde Nederland meer dan 2 miljoen ton palmolie. Daarvan wordt 1,3 miljoen ton weer als palmolie geëxporteerd (FAO 2011).

De geïmporteerde palmolie komt voornamelijk uit Maleisië en Indonesië (65 procent) (UNcomtrade 2014). Beide landen krijgen waarschijnlijk niet te maken met een hogere frequentie van tropische cyclonen. Er is onzekerheid of de maximumintensiteit in dat gebied gaat toenemen. Wel neemt de hoeveelheid neerslag bij deze weersystemen toe. Het is daarmee onzeker of de aanvoer in Nederland van palmolie uit deze gebieden (tijdelijk) zal verminderen als gevolg van klimaatverandering. Waarschijnlijk wordt Nederland dus niet direct getroffen; op wereldschaal kunnen de prijzen echter wel stijgen door tijdelijke schaarste. Zo was door de cycloon Haiyan op de Filipijnen de palmolieproductie daar voor langere tijd verstoord. Het duurt ongeveer tien jaar om palmolieplantages op te bouwen. Palmolie heeft een hoge opbrengst per hectare en is daarom goedkoop in vergelijking met andere oliehoudende gewassen. Palmolie is te vervangen door andere vetten en oliën die in Europa kunnen worden verbouwd, bijvoorbeeld zonnebloemolie en raapzaadolie. Maar om olie te verkrijgen van Europese teelt van zonnebloemen en koolzaad is ongeveer vier keer zoveel grond nodig om een gelijke hoeveelheid olie te krijgen als van palmolieplantages. Momenteel worden in Liberia palmolieplantages opgezet. Het risico van klimaatverandering voor Nederland is dus aanwezig maar klein. Het ligt vooral in hogere prijzen voor palmolie en alternatieven in tijden van schaarste.

8.4 Internationale investeringen en sourcing

Nederlandse bedrijven investeren in het buitenland (Foreign Direct Investment (FDI)). In 2012 was Nederland de vierde grootste buitenlandse investeerder van de Europese Unie, mondiaal de elfde investeerder in het buitenland en de negende ontvanger van buitenlandse investeerders in de wereld. Ruim 4 procent van het totaal aan investeringen in het buitenland in de wereld komt uit Nederland (CBS 2013). Dit zijn private investeringen van grote internationale bedrijven, zoals de Rabobank, Unilever en Heineken, maar ook investeringen van meer 'publiek' geld, zoals de Nederlandse pensioenfondsen. Klimaatverandering bedreigt de belangen van deze investeerders. Die bedreiging bestaat uit schade door overstromingen, uitval van elektriciteit, ICT of transport en verminderde arbeidsproductiviteit door hitte en gezondheidsproblemen.

Het merendeel wordt geïnvesteerd in landen met een geringe kwetsbaarheid. Echter, ook in kwetsbare landen als Nigeria wordt geïnvesteerd. De waarschijnlijkheid van weersextremen die voor Nederland en het Nederlandse bedrijfsleven risico's opleveren is aanwezig en zal toenemen. Zo zijn er in landen waar Nederland sterke relaties mee heeft, zoals Europese landen, de Verenigde Staten en Rusland, in de periode 2001-2010 meer dan 700 weerge-relateerde rampen (overstromingen, droogte, cyclonen) voorgekomen. Ook in de sterk opkomende economieën in Azië, China en India hebben zich in deze tien jaar meer dan 1.300 rampen van substantiële omvang voorgedaan. In Afrika ging het in deze periode om ruim 600 rampen als gevolg van weersextremen (figuur 8.7).

Klimaatverandering, en vooral de onzekerheid rond de omvang daarvan, wordt herkend als een belangrijke risicobron voor investeerders in de komende twintig jaar (Mercer 2011; Munich RE 2013; S&P 2014). Geschat wordt dat in de Verenigde Staten ongeveer twee derde van de totale verliezen door weersextremen wordt veroorzaakt. Waarschijnlijk zal dit deel door klimaatverandering toenemen (Munich RE 2013). Volgens kredietbeoordelaar Standard & Poor's (S&P) wordt klimaatverandering in de komende jaren een van de grootste bedreigingen voor de economie en voor de kredietwaardigheid van kwetsbare landen. De twintig meest kwetsbare landen zijn volgens S&P allemaal opkomende economieën, terwijl de twintig minst kwetsbare vooral rijkere landen zijn. De kredietbeoordelaar maakte de lijst op basis van het aantal mensen in een land dat in kustgebieden op minder dan 5 meter boven de zeespiegel leeft, de bijdrage van de agrarische sector in de hele economie, en de algehele blootstelling van een land aan de gevolgen van klimaatverandering.

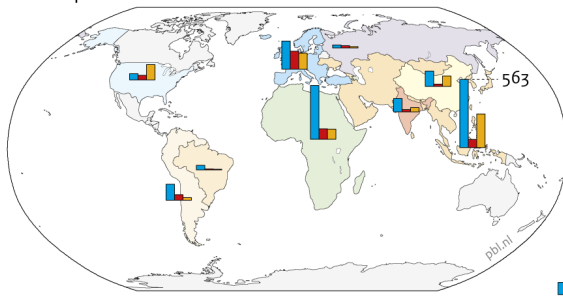
In het verleden heeft S&P nooit de kredietwaardigheid van een land afgewaardeerd vanwege een natuurramp. Gezien de toename van die rampen kan echter niet worden uitgesloten dat dit in de toekomst wel zal gebeuren. Een lagere rating van bijvoorbeeld S&P kan het voor een land duurder maken om geld te lenen op de financiële markten.

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 geleidelijk klimaatveranderingen de Nederlandse investeringen in het buitenland kunnen aantasten. De verwachting is dat klimaatverandering een risicotename van 10 procent betekent bij een representatieve investeringsportfolio (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 klimatarisico's in hun analyses betrekken en afdekken.

Figuur 8.7

Weergelateerde natuurrampen in gebieden met sterke internationale relaties 2001 – 2010

Aantal rampen



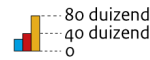
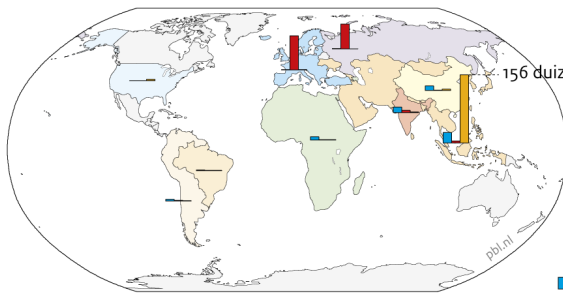
- Overstromingen
- Hittegolven en droogtes
- Stormen en cyclonen

Regio

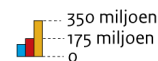
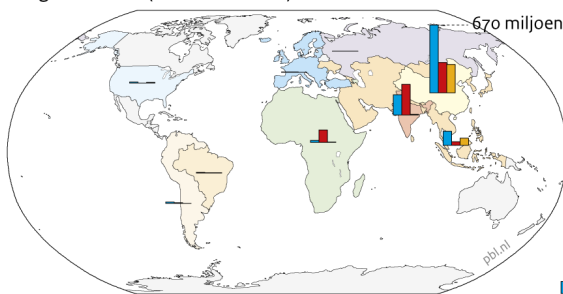
- Verenigde Staten
- Brazilië
- Overig Zuid-Amerika
- Europa
- Afrika
- Rusland
- China
- India
- Overig Azië en Oceanië
- Gebieden zonder sterke internationale relaties met Nederland



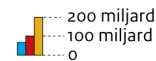
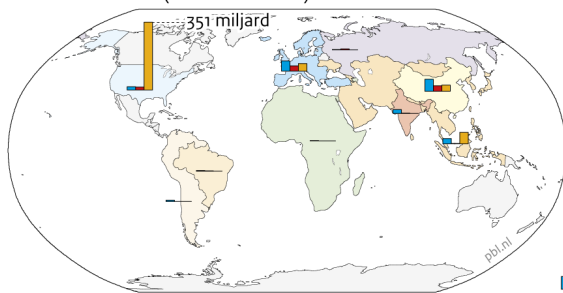
Aantal doden



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.

Risico's door het uitplaatsen van bedrijfsactiviteiten naar het buitenland

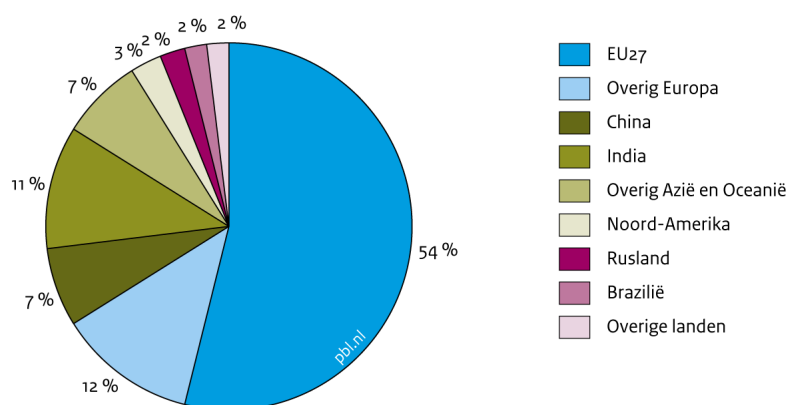
Bedrijven en consumenten lopen niet alleen risico door (de gevolgen van) klimaatverandering elders omdat grondstoffen en producten uit het buitenland komen, maar ook omdat een deel van bedrijfsactiviteiten naar het buitenland is verplaatst (internationale outsourcing). De belangrijkste reden voor internationale outsourcing is arbeidskostenbesparing. De aandacht bij internationale outsourcing wordt steeds meer verlegd van kernactiviteiten (40 procent internationale outsourcing) naar ondersteunende activiteiten (70 procent internationale outsourcing). Na de kernactiviteiten werden administratieve en ICT-functies (allebei 30 procent uitgeplaatste functies) het vaakst naar het buitenland verplaatst (CBS 2013d).

Bijna 10 procent van de bedrijven met meer dan 100 werknemers deed in de periode 2009-2011 aan internationale outsourcing. Ontwikkelingen in de telecommunicatie en informatietechnologie beperken de noodzaak voor dienstverleners om in de directe omgeving van hun klanten te zitten. Dit heeft geleid tot een toename van de internationale handel in diensten. Dit geldt bijvoorbeeld voor IT-helpdesks en callcenters in Oost-Europa en India, die diensten verlenen aan bedrijven in hogelonenlanden, zoals Nederland.

Toch speelt nabijheid nog altijd een belangrijke rol bij de locatiekeuze. Zo kozen de Nederlandse bedrijven die bedrijfsactiviteiten naar het buitenland verplaatsten, vooral voor Europese locaties (67 procent) en niet voor verre bestemmingen als China en India (figuur 8.8).

Figuur 8.8

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 is echter in kwetsbare landen terechtgekomen, zoals de outsourcing van ICT-diensten naar India.

8.5 Kansen voor de Nederlandse economie

Klimaatverandering elders op de wereld biedt ook kansen voor de Nederlandse economie. Het beschikbaar komen van vaarroutes via het Noordpoolgebied heeft gevolgen voor de haven van Rotterdam. Wat het betekent voor de concurrentiekracht ten opzichte van andere havens is nog onbekend. Het zou een kans kunnen bieden; de vaarroutes naar het Verre Oosten zijn via de Noordpoolroute immers aanzienlijk korter.

De Agri & Food-sector investeert veel in kennis en innovatie (zie ook tekstkader 8.4).

8.4 Topsectorenbeleid

Het Nederlandse topsectorenbeleid heeft tot doel de exportkansen van kennisintensieve sectoren te vergroten door samenwerking tussen bedrijven, onderzoekers en de overheid. Deze sectoren zijn gericht op export en leveren een belangrijke bijdrage aan de welvaart en werkgelegenheid in Nederland.

Een van die topsectoren is Agri & Food. Deze topsector is de op twee na grootste sector van de Nederlandse economie (<http://topsectoren.nl/agri-food/feiten-cijfers>).

Het topsectorenbeleid erkent belangrijke (mondiale) maatschappelijke doelstellingen. De maatschappelijke opgave voor duurzaam geproduceerd voedsel is daar één van. Kennis over *climate smart agriculture* gericht op de wereldwijde markt biedt kansen als exportproduct en richt zich tegelijkertijd op duurzaam geproduceerd voedsel, ook voor de arme landen. Ook expertise vanuit de kennisinstellingen, zoals risicomanagement in de landbouw, kan een bijdrage leveren aan een adaptatiestrategie en als exportproduct.

Een van de andere topsectoren is Tuinbouw en Uitgangsmaterialen. Deze sector is mondiaal marktleider in de export van plantaardige uitgangsmaterialen en groentezaden. De mondiale klimaatverandering is een van de uitdagingen die kansen biedt voor deze sector. De topsector Tuinbouw & Uitgangsmaterialen loopt nu al voorop in de ontwikkeling van gewassen die minder gevoelig zijn voor extreme weersomstandigheden.

Innovatie is nodig om de leveringszekerheid van grondstoffen te vergroten of het gebruik van alternatieve grondstoffen te ontwikkelen (KPMG 2014).

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 en de ontwikkeling van *early warning*-systemen. Daarnaast is Nederland een voorloper op het gebied van landbouwriscomanagement, waarbij analyses van (weergeerelateerde) risico's uit het verleden worden doorgetrokken naar de toekomst. Deze kennis en technologie kunnen in het buitenland worden aangewend, bijvoorbeeld bij de verzilting van laaggelegen, dalende en verstedelijkende delta's. Dat de agrarische sector nu al inspeelt op klimaatverandering is onder andere te zien op Texel, waar al succesvol zilte aardappelen worden verbouwd. 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 energie- en ICT-zekerheid (koele datacenters, redundantie in het netwerk).

Toename van de vraag naar Nederlandse kennis en kunde

Volgens de laatste berekeningen wonen 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.

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 Rivieraanpak is internationaal bekend en geroemd. Maar ook het waterplein in 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 tegelijkertijd sociale problemen, zoals gelijke kansen en risico's voor iedereen. De verschillende, reeds bestaande stedelijke netwerken, zoals *connecting delta cities*, zijn belangrijke platforms om inzicht te bieden in gemeenschappelijke uitdagingen, kennis uit te wisselen, en 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 iconprojecten kunnen hier als vliegwiel dienen. Deze bevorderen de innovatie in Nederland en dragen bij aan verbetering van de internationale concurrentiepositie.

8.6 Adaptatieopties

Economische activiteiten zijn ook nu al afhankelijk van het klimaat en de weersomstandigheden. Dat is altijd zo geweest. Naast allerlei andere ontwikkelingen elders op de wereld zullen ook veranderingen in het klimaat van invloed zijn op de Nederlandse handelsrelaties en bedrijven. Een beter begrip van de Nederlandse afhankelijkheid van grondstoffen, halffabricaten en diensten uit het buitenland is belangrijk om toekomstige leveringen van de belangrijkste materialen veilig te kunnen stellen. Daarvoor is het van belang te weten uit welke landen Nederland grondstoffen en producten importeert. De zekerheid van aanvoer daarvan is, naast politieke stabiliteit, afhankelijk van de kwetsbaarheid van landen voor (de gevolgen van) klimaatverandering. Om de continuïteit van goederenstromen naar Nederland te waarborgen, is inzicht in de totale keten nodig: waar komt wat vandaan, hoe groot is de kans dat de aanvoer stopt, zijn er andere landen die de grondstoffen kunnen leveren?

Het CBS publiceert de Monitor materiaalstromen ter ondersteuning van de Nederlandse grondstoffenstrategie. Deze monitor biedt inzicht in de afhankelijkheid van grondstoffen in relatie tot de landen waaruit Nederland die importeert of zou kunnen importeren. Voor de voorzieningszekerheid van grondstoffen moet dit naast de politieke situatie in de regio worden afgezet tegen de kwetsbaarheid voor klimaatverandering in de regio; vooral gericht op gebeurtenissen die de toevoer van grondstoffen kunnen verstoren, zoals overstromingen en orkanen.

Om de klimaatrisico's te verminderen en kansen te grijpen, kan veelal worden aangesloten bij al lopende beleidstrajecten. 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. Daarmee kunnen kansen voor het Nederlands bedrijfsleven worden gegenereerd die kunnen voortvloeiën uit klimaatverandering. Zo is bij de topsector Agri & Food veel kennis over *early warning*-systemen en landbouwriscomanagement aanwezig.

Het tijdig kunnen signaleren van ongunstige ontwikkelingen of juist kansen vereist een geregelde herijking van de klimaatrisico's. Hierbij is samenwerking tussen overheid en bedrijfsleven van belang om een gezamenlijk beeld te krijgen en na te kunnen gaan hoe beide partijen daarin het beste kunnen opereren. Naast het topsectorenbeleid kan dit ook door de risico's en kansen van klimaatverandering te agenderen in de overleggroep Economische Veiligheid; van 7 ministeries (EZ, VenJ, AZ, BZ, Fin, Def, IenM), de inlichtingendiensten en VNO/NCW. Inzicht in de mogelijkheden om de ketens van grondstoffen en het productieproces klimaatrobuuster te maken, vergroot het bewustzijn van bedrijven. Hierbij hoort ook de

bewustwording van de risico's van de (gevolgen van) klimaatverandering bij outsourcing van diensten.

Ook de speerpunten water en voedsel binnen het beleid voor ontwikkelingssamenwerking van het ministerie voor Buitenlandse Zaken bieden aanknopingspunten door in te zetten op het vergroten van de veerkracht ten aanzien van de waterveiligheid, de infrastructuur en de voedselvoorziening. De export van de aanpak van het Deltaprogramma, zoals nu in Vietnam en Bangladesh gebeurt, past hier ook in.

Ook kan de Nederlandse overheid bij de komende onderhandelingen over de vernieuwing van het klimaatverdrag bijdragen aan een voldoende groot fonds voor adaptatie in de kwetsbare landen. Dit kan een belangrijke bijdrage leveren aan het verminderen van de klimaatrisico's voor Nederlandse bedrijven. Maar bedrijven kunnen ook zelf gerichte maatregelen nemen om minder kwetsbaar te worden voor overstromingen en droogtes. Zij hebben daarvoor dan wel de juiste informatie nodig. Deze informatie wordt mede inzichtelijk gemaakt door de *Aqueduct*-tool van het World Resource Institute.

9 Buitenlands beleid

- *Klimaatverandering kan invloed hebben op de internationale veiligheid doordat klimaatextremen of de gevolgen hiervan (droogte, overstromingen, bosbranden) andere bedreigingen versterken. Sluimerende conflicten, zoals rond de beschikbaarheid van landbouwgrond en water, en spanningen rond de rechten over nieuw ontsloten grondstoffen of vaarroutes kunnen door klimaatverandering worden aangewakkerd. Hierdoor kan er vaker een beroep worden gedaan op de inzet van Nederland bij conflicten. De kans op deze conflicten is weliswaar klein, de gevolgen kunnen groot zijn.*
- *Door de verwachte toename in natuurrampen wereldwijd zal er waarschijnlijk vaker een beroep worden gedaan op noodhulp van de Nederlandse overheid en samenleving.*
- *Het beleid gericht op inclusieve groene groei kan worden versterkt door een verdere verduurzaming van handelsketens na te streven, waarbij duurzame productie (nu vooral gericht op het verminderen van lokale milieueffecten en het verbeteren van de arbeidsomstandigheden) expliciet wordt verbonden met klimaatverandering, zowel op het gebied van mitigatie als adaptatie.*

De directe effecten van klimaatverandering zijn in Nederland kleiner dan die in sommige andere EU-landen (bijvoorbeeld hitte en droogte in Zuid-Europa) en in de rest van de wereld (bijvoorbeeld de Noordpool) (zie ook hoofdstuk 3 en 4). Het vermogen om risico's te beperken is voor Nederland vele malen groter dan voor veel andere landen. Vooral arme, kwetsbare landen met weinig mogelijkheden om zich aan (de gevolgen van) klimaatverandering aan te passen, zullen direct in hun eerste levensbehoefte worden geraakt door het veranderende klimaat. Ook heeft klimaatverandering effect op de mondiale gezondheid en politieke stabiliteit, wat mogelijk leidt tot een groter beroep op noodhulp.

De groeiende wereldbevolking en de toenemende welvaart leggen een groot beslag op natuurlijke hulpbronnen en schaarse grondstoffen, waaronder water (figuur 9.1). De aanwezigheid van en de toegang tot deze hulpbronnen en grondstoffen zijn ongelijk verdeeld tussen landen en regio's. Deze ongelijke verdeling kan in toenemende mate leiden tot politieke instabiliteit en wellicht internationale conflicten (PBL & CPB 2013). Dit betekent dat ook mondiale doelen als stabiliteit en algemene mondiale doelen voor (duurzame) ontwikkeling of de millenniumdoelen in het gedrang kunnen komen. Als je hier wat aan wilt doen vraagt dit een bijdrage van Nederland aan de aanpak van de oorzaken en gevolgen van klimaatverandering wereldwijd.

In dit hoofdstuk verkennen we wat dit betekent voor het buitenlands beleid. De effecten van klimaatverandering hebben naast internationale veiligheid (paragraaf 9.1) ook invloed op het behalen van andere doelen van het Nederlandse buitenlandse beleid, zoals ontwikkelingssamenwerking (paragraaf 9.2) en het beleid op handelsbetrekkingen (paragraaf 9.3). In paragraaf 9.4 komen enkele adaptatieopties aan de orde.

9.1 Internationale veiligheid

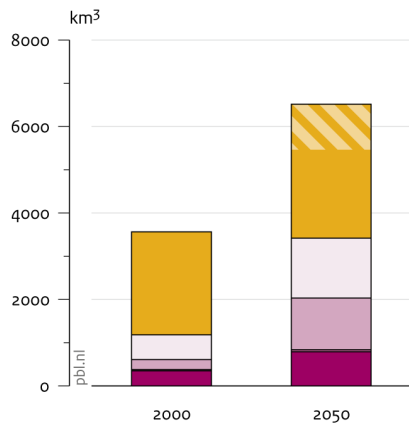
Veiligheidsrisico's voor Nederland door klimaatverandering wereldwijd

Klimaatverandering en de gevolgen ervan (droogte, overstromingen, bosbranden) kunnen invloed hebben op de internationale veiligheid. Het algemene beeld is dat het vooral gaat om het versterken van bedreigingen die andere achtergronden hebben. Sluimerende conflicten, zoals rond de beschikbaarheid van landbouwgrond en water, kunnen door klimaatverandering worden aangewakkerd. Ook kunnen wereldwijde misoogsten als gevolg van bijvoorbeeld droogte leiden tot spanningen en hoge voedselprijzen (PLIS 2011; zie ook tekstkader 9.1).

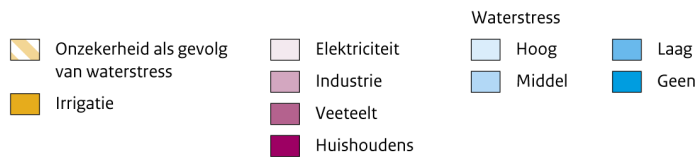
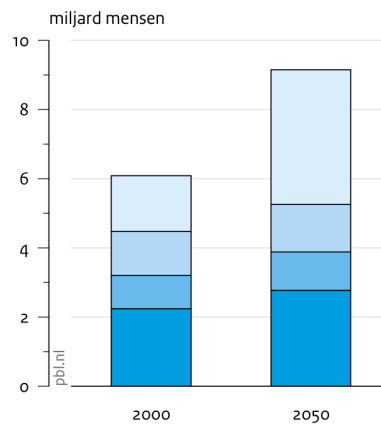
Figuur 9.1

Mondiale watervraag en waterstress in Trend-scenario

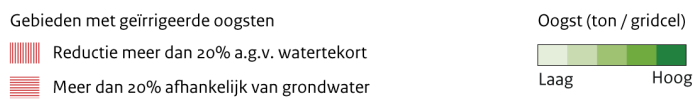
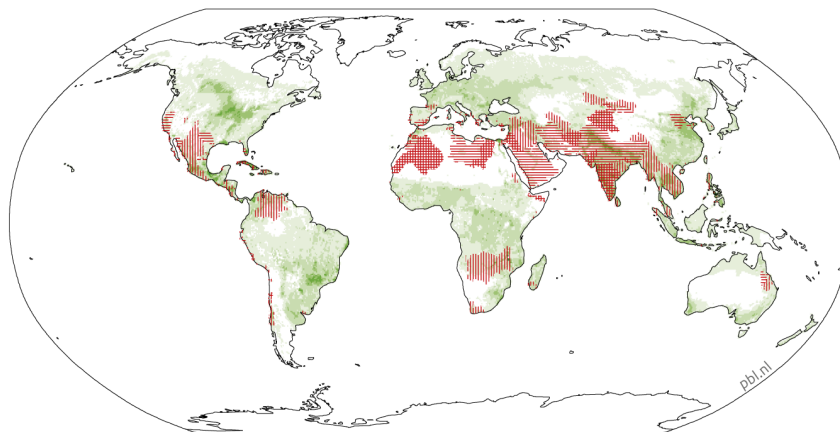
Mondiale watervraag



Bevolking in gebieden met waterstress



Regio's kwetsbaar voor oogst-verliezen als gevolg van tekort aan irrigatiewater



Bron: OECD 2013; Biemans et al. 2012

Als gevolg van de toenemende behoefte aan water door de sociaaleconomische groei en klimaatverandering, is in de toekomst voor meer mensen de beschikbaarheid van water problematisch (boven) en zouden meer regio's kunnen worden geconfronteerd met een daling van de productie van gewassen als gevolg van een tekort aan irrigatiewater.

9.1 Droogte is medeoorzaak van hoge voedselprijzen en spanningen

In de periode tussen 2005 en 2008 verdubbelde de prijs van graan bijna (OECD 2008). Deze sterke prijsstijging leidde tot een voedselcrisis. De voedselcrisis van 2008 is het gevolg van de combinatie van een aantal oorzaken. Naast een grotere vraag naar voedsel (vooral in Azië), kleinere strategische voedselvoorraden dan voorheen gebruikelijk waren, een hoge olieprijs, een grote vraag naar biobrandstof, speculatie op de termijnmarkt en het opkopen van landbouwgrond door speculanten, dreef ook de magere oogst als gevolg van droogte in enkele grote, graanproducerende regio's (Verenigde Staten en Australië) de prijs van graan op.

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 prijs voor voedsel was in een aantal landen de aanleiding voor politieke onrust. Een onrust die op de achtergrond al sluimerde. Zo wordt de droogte en voedselcrisis door menigeen genoemd als het lont in het kruitvat dat in Noord-Afrikaanse landen en het Midden-Oosten al aanwezig was.

Ook kunnen door klimaatverandering natuurrampen vaker voorkomen of grotere gevolgen hebben. Dat betekent dat een groter beroep zal worden gedaan op noodhulp van zowel de Nederlandse overheid als Nederlandse samenleving in middelen, goederen en deskundigen.

Een regio die specifieke aandacht verdient, is de Noordpoolregio. Naar verwachting is de Poolzee in 2050 gedurende een deel van het jaar ijsvrij. Dat biedt de mogelijkheid voor een nieuwe vaarroute.

Het beschikbaar komen van vaarroutes via het Noordpoolgebied heeft gevolgen voor de havens van Rotterdam en waarschijnlijk voor zijn positie ten opzichte van opkomende havens in Zuid-Europa, zoals de haven van Piraeus. Wat het precies betekent voor de concurrentiekracht ten opzichte van andere havens is nog onbekend. Voor de haven van Rotterdam kan dit grote voordelen hebben, omdat de route naar Azië dan flink korter wordt.

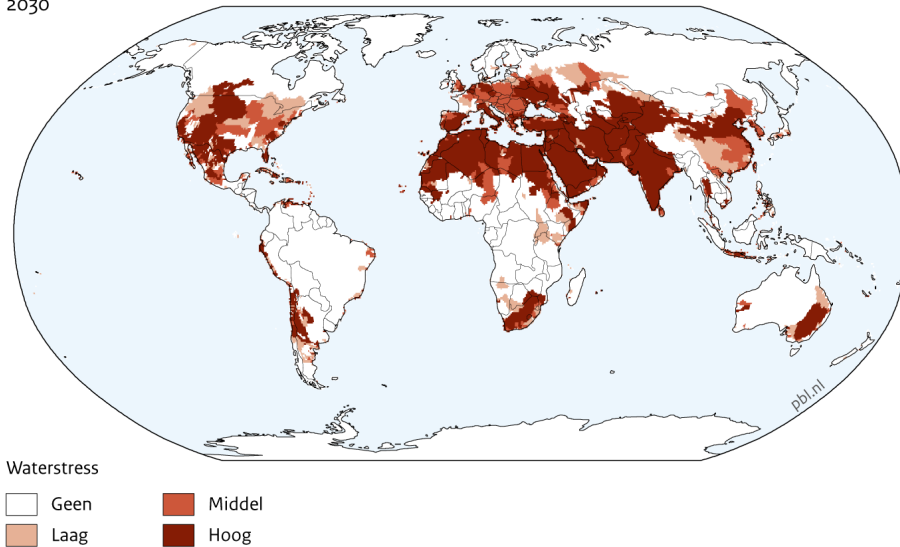
Ook kunnen gemakkelijker grondstoffen gewonnen worden. Nederland heeft een aanzienlijk onderzoeksprogramma (Netherlands Polar Program) gericht op glaciologie, klimaatverandering en zeespiegelstijging en polaire oceanen. Nederlandse bedrijven hebben al de nodige kennis en ervaring om potentieel in het poolgebied olie en gas te gaan winnen. Zij kunnen hun expertise inzetten om op een duurzame wijze die grondstoffen te exploiteren. Deze kans brengt tegelijkertijd mogelijke risico's met zich, omdat meerdere landen aanspraak maken op de grondstofvoorraden. Dit leidt nu al tot spanningen tussen vooral Canada en Rusland. Nederland zou hiermee te maken kunnen krijgen via het lidmaatschap van de NAVO.

Tot op heden zijn waterconflicten beheersbaar gebleken (MacQarrie & Wolf 2013; Barnaby 2009), maar door de toenemende bevolking en toenemende waterschaarste kan de intensiteit van de problemen en van de conflicten toenemen. Dit speelt bijvoorbeeld bij de waterverdeling van de Nijl tussen Ethiopië, Egypte en Soedan, de waterverdeling van de Mekong tussen China, Laos, Cambodja en Vietnam en de verdeling van het water van de grote rivieren tussen Pakistan, India en Bangladesh. De klimaatverandering lijkt vooral de beschikbare hoeveelheid water in rivieren nog verder onder druk te zetten (figuur 9.2). De vraag is of de internationale riviercommissies in staat zullen zijn deze toenemende spanningen op te vangen (Dinar 2009).

Figuur 9.2

Waterstress, 2030 Trend-scenario

2030



Bron: Projectgroep Schaarste en transitie, 2009

In grote delen van de wereld levert de vraag naar water in relatie tot de beschikbaarheid ervan problemen op. De kaart laat de waterstress 2030 in vier klassen zien voor de grote stroomgebieden in een basisscenario.

Toename migratie wereldwijd, naar Europa onzeker

Hoewel economische en politieke factoren de meest dominante drijfveren zijn voor migratie speelt klimaatverandering nu ook al een rol (Warner et al. 2009; Schaik et al. 2015). Door natuurrampen veroorzaakte migratie is van alle tijden. Door toename van extremen door klimaatverandering kan de migratie dan ook toenemen en dit wordt verder versterkt door sociaaleconomische en demografische trends (IOM 2013; UK GOS 2011; EC 2013). In Bangladesh bijvoorbeeld, leidt de combinatie van bevolkingsgroei, schaarste, droogte en overstromingen in kustgebieden door zeespiegelstijging tot migratie naar buurland India (IPCC 2014). In Somalië, Mexico en de Verenigde Staten was droogte een van de belangrijke redenen van mensen om te migreren (IDRRI 2011).

Er zijn echter op dit moment geen aanwijzingen dat de migranten die naar Nederland of de Europese Unie zullen komen uit regio's of landen zullen komen die extra kwetsbaar zijn voor klimaatverandering, hoewel in het Midden-Oosten wel sprake is van toegenomen waterschaarste en ook de herkomstregio Afrika kwetsbaar is voor klimaatverandering (Schaik et al. 2015). De huidige toename van migranten lijkt echter vooral veroorzaakt door de conflicten die zijn opgelaaid in de regio's rondom de Europese Unie. Hoewel klimaatverandering bijdraagt aan de instabiliteit in deze regio's ligt het niet in de lijn van verwachting dat migratie vanwege klimaat een grote directe impact op de Nederlandse samenleving zal hebben. Echter, de migratie zal waarschijnlijk wel impact hebben op de partnerlanden van ontwikkelingssamenwerking en door de mogelijke toename van conflicten ook op de toename van humanitaire hulp aan migranten en het beleid hierover.

9.2 Ontwikkelingssamenwerking

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 9.3). 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).

Nederland kan met kennis en financiering van ontwikkelingssamenwerking en het Nederlands bedrijfsleven een belangrijke bijdrage leveren aan de toekomstbestendigheid van partnerlanden, door de veerkracht van samenlevingen te vergroten en vooral door de kwetsbaarheid voor (de gevolgen van) klimaatverandering te verminderen. De focus op klimaatadaptatie sluit ook aan bij de primaire doelgroep van ontwikkelingssamenwerking, de allerarmsten. Het zijn vaak de allerarmsten die in risicovolle gebieden wonen en zich geen adaptatie kunnen veroorloven. In statistieken waarbij de schade wordt uitgedrukt in GDP komt de schade voor deze doelgroep niet tot uiting, een relatief klein bedrag kan toch vele jaarinkomens voor deze groep betekenen.

Klimaatadaptatie is van belang voor verschillende groepen. Zo ook voor een ander speerpunt van ontwikkelingssamenwerking, de positie van vrouwen. Vrouwen spelen een belangrijke rol bij de voedselproductie en -bereiding (voedselveiligheid, waterkwaliteit). Zij zouden daarmee extra geraakt kunnen worden door weersextremen. Vrouwen kunnen daarom een belangrijke rol spelen om adaptatiemaatregelen te realiseren.

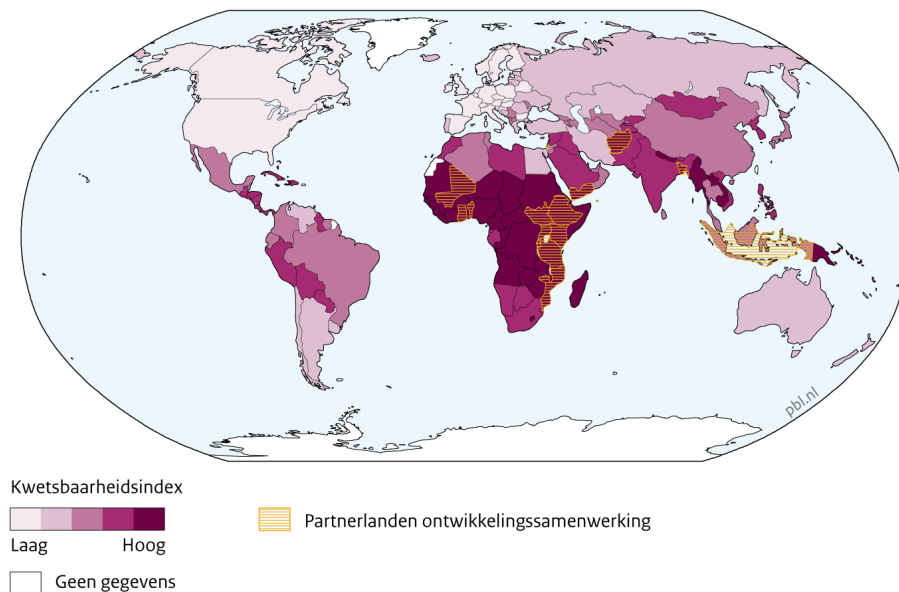
9.2 UN International Strategy Disaster Risk Reduction (DRR) – Hyogo Framework for Action

Het Verenigde Naties implementatiekader voor rampenreductie (DRR), het 'Hyogo Framework for Action 2005-2015: Building the resilience of nations and communities to disasters' (HFA) loopt af in 2015. Het kabinet heeft een zestal thema's benoemd om als uitgangspunt in te brengen voor het nieuwe Hyogo Framework for Action 2 (HFA2)*. Een van de punten is de integratie en samenhang van de diverse internationale agenda's (de Millennium Development Goals en het VN-klimaatverdrag). HFA2 zal zich gaan richten op vier prioriteiten: 1) het begrijpen van rampenrisico's, 2) het versterken van governance en instituties, 3) het investeren in economische, sociale, culturele en 'environmental resilience' en 4) het vergroten van voorbereiding voor een effectieve respons, en wederopbouw.

* TK2013-2014, 22112, nr. 1851

Figuur 9.3

Kwetsbaarheid voor klimaatverandering, 2012



Bron: ND-GAIN

De Nederlandse partnerlanden voor ontwikkelingssamenwerking behoren tot de groep landen die het meest kwetsbaar zijn voor de gevolgen van klimaatverandering.

Financiering van klimaatadaptatie, overheid en bedrijfsleven

Studies geven aan dat er tussen 2010 en 2050 wereldwijd 75-100 miljard dollar, per jaar nodig is voor adaptatie (Wereldbank 2010; PBL 2014). De OECD registreerde een groei van aan klimaatgerelateerde ontwikkelingshulp van 16 procent in de afgelopen jaren (OECD 2014). In 2012 gaf Nederland ongeveer 145 miljoen euro aan mitigatie uit en 280 miljoen aan adaptatie (OECD 2014).

Ontwikkelingslanden geven de voorkeur aan financiering voor adaptatie, terwijl de Europese Unie de rol benadrukt van mitigatieprojecten om toekomstige adaptatiekosten te vermijden. Het belangrijkste financieringskanaal, Green Climate Fund (GCF), aangestuurd door UNFCCC, zal 50 procent van zijn fondsen aan adaptatie moeten besteden.

Tegelijkertijd is er een discussie gaande voor de herdefinitie van ODA en hoe andere financieringsstromen zoals FDI naar ontwikkelingslanden klimaatrobuust kunnen worden. Want of de veerkracht en het adaptieve vermogen van landen voor klimaatverandering toenemen, hangt in grote mate af van het bedrijfsleven en niet-traditionele donoren. Het idee is dat de financiële stromen beïnvloed kunnen worden door cofinanciering. Het ministerie van Buitenlandse Zaken streeft naar een belangrijke bijdrage in cofinanciering van het bedrijfsleven bij adaptatiefinanciering. Geschat wordt dat Nederland na 2020 ongeveer 1,2 miljard euro per jaar zal moeten bijdragen; bestaande uit publieke en private bronnen. Een complicerende factor is dat gegeven het 'public good karakter' niet in alle sectoren even gemakkelijk private cofinanciering kan worden gevonden (Schaik et al. 2015).

Door de toename van de vraag naar noodhulp zal er een groter beroep hiervoor worden gedaan op de ontwikkelingsbudgetten, waardoor er bij gelijkblijvende budgetten minder overblijft voor structurele ontwikkeling. De opgave wordt groter door klimaatverandering, de vraag is in hoeverre huidige budgetten toereikend zijn.

Deze analyse illustreert waarom een proactieve internationale adaptatiestrategie nodig is en financiële instrumenten een bijdrage zouden kunnen leveren aan de stabiliteit in de wereld en daarmee aan de Nederlandse veiligheids- en handelsbelangen. Dit sluit aan bij het internationale debat dat wordt gevoerd in de UNFCCC-onderhandelingen en het 'Green Climate Fund' (Schaik et al. 2015).

9.3 Buitenlandse economische betrekkingen

Hier wordt voornamelijk ingegaan op de kansen en risico's van mondiale klimaatverandering op het beleid van de buitenlandse handel. In het hoofdstuk economische relaties (hoofdstuk 8) wordt uitgebreid ingegaan op de algemene risico's en kansen voor het Nederlandse bedrijfsleven en de Nederlandse economie.

Kans voor duurzame ontwikkeling, productie en handelsketens

Voor de Nederlandse overheid is het realiseren van duurzame ontwikkeling wereldwijd een belangrijk doel. Behoud en duurzaam gebruik van natuurlijke grondstoffen zijn belangrijke onderdelen in de Nederlandse en Europese aanpak gericht op 'groene groei'. Onderdeel hiervan is duurzame productie, waaronder minder gebruik van energie en water en het hergebruiken en terugdringen van biomassaströmen.

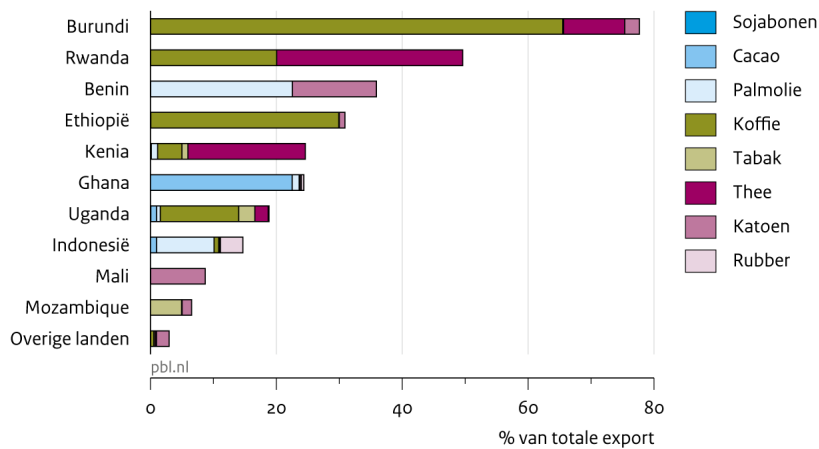
De noodzaak om zuinig om te gaan met water en energie wordt versterkt door de verwachte veranderingen in neerslagpatronen en toenames van de duur en intensiteit van droogteperiodes. Handel kan in het algemeen bijdragen aan economische groei en daarmee aan ontwikkeling. In een aantal partnerlanden maken agrarische grondstoffen een groot deel uit van de export (figuur 9.4). Verduurzaming van deze handelsketens biedt mogelijkheden om direct een bijdrage te leveren aan het realiseren van mondiale duurzaamheidsdoelstellingen, zoals inkomensverbetering en armoedebestrijding bij vooral kleine boeren, maar ook het zekerstellen van de voorziening van natuurlijke hulpbronnen voor de lokale bevolking. Dat geldt bijvoorbeeld voor koffie, cacao en palmolie (PBL 2013b).

Het beleid op dit gebied kan worden versterkt door verduurzaming van handelsketens expliciet met, zowel mitigatie als adaptatie aan (de gevolgen van) klimaatverandering, te verbinden. Bedrijven ondervinden immers niet alleen hinder van de veranderende waterbeschikbaarheid, zij dragen zelf ook bij aan klimaatproblemen doordat zij, bijvoorbeeld, in landen met waterschaarste water gebruiken voor hun productie. Het internationale bedrijfsleven kan zijn eigen kwetsbaarheid voor klimaatgerelateerde risico's beperken, bijvoorbeeld door fabrieken te bouwen op hoogwatervrije locaties in overstromingsgevoelige regio's, door verhoogd te bouwen (terpen) of door een eigen waterkering aan te leggen, en door betere productiemethoden toe te passen die, bijvoorbeeld, minder water verbruiken. Belangrijk voor duurzame ontwikkeling en handelsketens is dat deze maatregelen van het internationale bedrijfsleven ook bijdragen aan de waterveiligheid van de lokale, regionale en internationale omgeving en de watervoorziening van lokale partijen en burgers, buurlanden en toekomstige generaties.

Bedrijven kunnen ook zelf handelen. Het internationale bedrijfsleven begint zich deels bewust te worden van de impact van klimaatverandering op hun handelsketens en de lokale omgeving van hun brongebieden. Zij brengen, bijvoorbeeld, de gevolgen van waterschaarste, waterkwaliteit of overstromingen voor hun vestigingen en supplychains in beeld (WWF 2014).

Figuur 9.4

Aandeel agrarische grondstoffen in totale exportwaarde van partnerlanden ontwikkelingssamenwerking, 2007 – 2009



Bron: FAO 2012

Een aantal van de door Nederland voor het buitenlandse beleid voor ontwikkeling en samenwerking geselecteerde landen leunt voor de export op agrarische grondstoffen. Verduurzaming van de productie en handelsketens van deze grondstoffen, waaronder bijvoorbeeld waterefficiëntie voor klimaatadaptatie, geeft in deze landen kansen voor ontwikkeling.

Grote internationale bedrijven en kennisinstellingen zoals Shell, Legal & General, het World Resource Institute (WRI) hebben een website laten ontwikkelen die de water gerelateerde klimaatrisico's wereldwijd zo goed mogelijk in beeld brengt (<http://www.wri.org/our-work/project/aqueduct>). De overheid kan de bewustwording van bedrijven versterken door ze om transparantie te vragen over hun kwetsbaarheden voor klimaatrisico's en de eigen impact op kwetsbare regio's. Ook kan de overheid minimumeisen stellen aan geïmporteerde producten en grondstoffen (PBL 2013b) en kennisdeling hierover faciliteren. De prominente positie van Nederland in de mondiale agrarische markt biedt kansen om bedrijven te stimuleren om hun kwetsbaarheden op te sporen, zuiniger met water om te gaan en waterkwaliteitsproblemen te voorkomen.

Maatschappelijk verantwoord ondernemen

De Nederlandse overheid heeft geen directe rol bij productieomstandigheden in andere landen. De rol van de overheid is het voorkomen van maatschappelijke risico's en het bedrijfsleven 'aanspreken op verantwoordelijkheden' ten aanzien van productieomstandigheden elders. Hierbij kan de overheid maatregelen meer expliciet maken door deze onder te brengen in het kader voor internationaal Maatschappelijk Verantwoord Ondernemen (I-MVO), via de OECD guide Lines voor multinationals (Kamerbrief I-MVO uit juni 2013: Maatschappelijk Verantwoord Ondernemen loont). Op deze wijze kan de overheid het I-MVO-kader klimaat/waterinclusief maken, door dit kader te hanteren te koppelen aan budgets voor handel stimulansen en bij het ontwikkelen van algemene ondersteuningsprogramma's. De overheid kan dan voorwaarden hanteren gericht op het verminderen van klimaatrisico's in sourcing gebieden (bijvoorbeeld ontwikkelen integraal waterbeheer). De Nederlandse overheid kan, eventueel samen met Ngo's of andere organisaties, het toenemende publieke bewustzijn van mondiale waterproblemen aangrijpen om bedrijven te stimuleren zelf actie te ondernemen. Hierbij kan een lokale Water footprint voor bedrijven (stimuleren water stewardship) een rol spelen (PBL 2012b). Behoud en duurzaam gebruik van natuurlijke grondstoffen zijn belangrijke onderdelen in de Europese *Green Growth*-aanpak. Om duurzame productie en handel verder op te schalen, zijn op EU-niveau beleid en instrumenten nodig voor meer transparantie van de aanvoerketens van hun producten en grondstoffen, verplichte minimumeisen aan geïmporteerde producten en grondstoffen en harmonisatie van *public procurement policies*.

9.4 Adaptatieopties

- Het versterken van het bewustzijn binnen de Nederlandse samenleving dat het in het Nederlands belang is om adaptatie in het buitenland te financieren (context van de UNFCCC onderhandelingen en besluitvorming rond het Green Climate Fund). Als andere landen minder kwetsbaar worden voor (de gevolgen van) klimaatverandering is dat niet alleen goed voor de ontwikkeling van die landen, maar ook voor de Nederlandse economie en de veiligheid van Nederlanders. Stimuleer via internationale organisaties dat naast mitigatie ook klimaatadaptatie meer aandacht krijgt; bijvoorbeeld door het bepleiten van meer adaptatiegelden voor ontwikkelingslanden in het nieuwe klimaatverdrag (Parijs 2015). Daarbij dient wel te worden aangetekend dat inzetten op mitigatie (het terugdringen van broeikasgassen) belangrijk blijft voor het beperken van de omvang en effecten van klimaatverandering.
- De Nederlandse overheid kan de kennis en financiering van het ontwikkelingssamenwerkingsbeleid en de expertise en kunde het Nederlandse bedrijfsleven benutten 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 het Nederlandse bedrijfsleven, internationale organisaties en bijvoorbeeld Ngo's en ontwikkelingsbanken bijdragen aan het verminderen van klimaatgerelateerde risico's op het gebied van overstromingen en droogte.
- Binnen ontwikkelingssamenwerking kan naast de koppeling van vraagstukken op het gebied van water en voedsel ook expliciet gewerkt worden aan de koppeling tussen duurzame productie-resource-efficiency-duurzame handelsketens en adaptatiedoelen voor landen buiten Nederland. Dit in samenwerking met het internationale bedrijfsleven en bij voorkeur op EU-niveau.
- Klimaatverandering en -adaptatie een prominentere plek geven in het buitenlands 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 buitenlands 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 rampenrisicobeheersing via multi- en bilaterale relaties.
- De in Europese landen aanwezige kennis over klimaatadaptatie verder in het beleid integreren; 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.
- Het bevorderen via duurzame handel van de toepassing 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.

- Het benutten van 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.
- Het expliciet verbinden van het internationale adaptatiebeleid met kansen voor investeerders in adaptatietechnologie, diensten en goederen. Zo zouden bij de Nederlandse topsectoren Agri & Food en Water een strategisch langetermijnperspectief gebruikt kunnen worden.
- Rekening houden met een structureel hogere vraag naar noodhulp, humanitaire hulp en gelden voor opvang van regionale migranten, van zowel de Nederlandse overheid als Nederlandse samenleving in middelen, goederen en deskundigen.

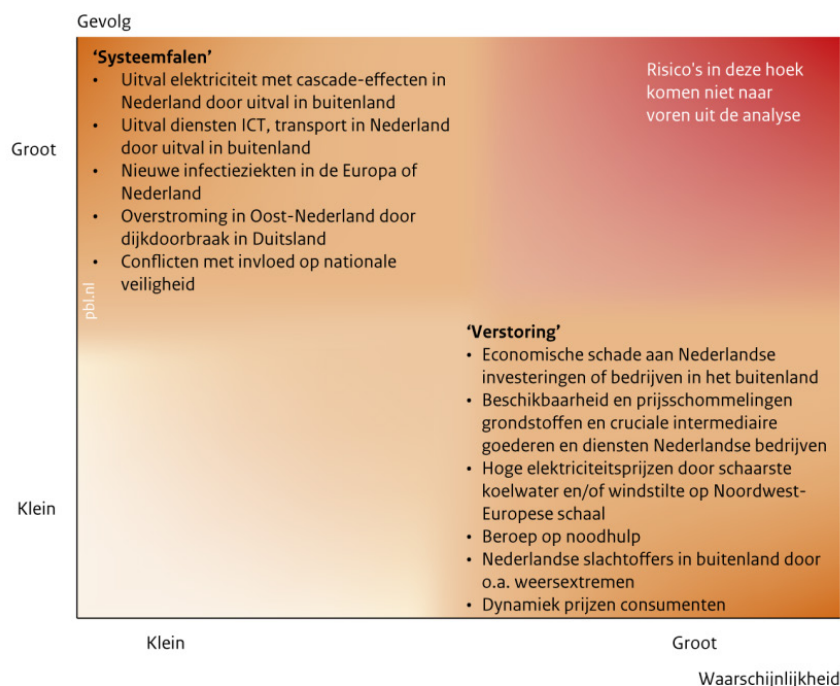
10 Risico's en kansen samengevat

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 10.1).

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.

Figuur 10.1

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.

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 bestaande gasnet, wordt ook het elektriciteitsnetwerk steeds internationaler. Zo raken netwerken onderling en internationaal sterker verknoopt. 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.

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 om 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.

Kansen voor de Nederlandse economie en het buitenlands beleid.

Naast risico's biedt klimaatverandering elders ook kansen voor Nederland. De wereldwijde vraag naar Nederlandse kennis en kunde op het gebied van waterveiligheid, ruimtelijke ontwikkeling, stedenbouw en Agri & Food wordt groter. Het vrijkomen van vaarroutes naar het Verre Oosten via de Poolzee biedt mogelijk een kans voor de Nederlandse havens. Nederland heeft en behoudt, ook bij klimaatverandering, een robuust vestiging en investeringsklimaat. Voor het buitenlands beleid biedt klimaatadaptatie een kans voor duurzame ontwikkeling en de verduurzaming van productie en handelsketens.

Literatuur

- AIV (2013), *New Paths to International Environmental Cooperation*. AIV Report no. 84, Advisory Council on International Affairs, The Hague.
- Algemene Rekenkamer (2012), *Adaptatie aan klimaatverandering: strategie en beleid*. Algemene Rekenkamer Den Haag.
- Barnaby, W. (2009), 'Do Nations Go To War Over Water?'. *Nature*, vol. 458: 282-283.
- 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.
- Biemans, H (2012), *Water constraints on future food production*. WUR, Wageningen.
- Biermann, F., P. Pattberg, H. Van Asselt, F. Zelli (2009). 'The fragmentation of global governance architectures: A framework for analysis'. *Global Environmental Politics*, vol. 9 No. 4: 14-40.
- Boot P. (2014), 'Meer wind en zonne-energie: veel moeilijkheden, maar oplossingen denkbaar'. *Energie Actueel, jaargang 17 nummer 5*.
- Boot P. (2014), *Risico's klimaatverandering voor de energiesector*. Interne notitie, Planbureau voor de Leefomgeving Den Haag.
- Braks, M.A.H., A.M. de Roda Husman (2013), *Dimensions of effects of climate change on water-transmitted infectious diseases*. Air Wat Borne Dis 2013/2: 1000109.
- 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.
- BZ (2014a), *Turbulente Tijden in een Instabiele Omgeving*. Beleidsbrief Internationale Veiligheid. Ministerie van Buitenlandse Zaken Den Haag.
- BZ (2014b), 'Kabinet scherpt internationaal veiligheidsbeleid aan'. *Magazine nationale veiligheid en crisisbeheersing 12^e jaargang nr 6*. Nationaal Coördinator Terrorismebestrijding en Veiligheid van het Ministerie van Veiligheid en Justitie Den Haag.
- 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.
- CBD (2010), *Aichi Biodiversity Targets*. <https://www.cbd.int/sp/targets/default.shtml>
- CBS (2010), 'België en Duitsland populairste emigratiebestemmingen'. *CBS Webmagazine*, <http://www.cbs.nl/nl-NL/menu/themas/bevolking/publicaties/artikelen/archief/2010/2010-3080-wm.htm>. Centraal bureau voor de Statistiek Den Haag.
- 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.
- CBS (2014), *Continu vakantie onderzoek*. Centraal bureau voor de Statistiek Den Haag.
- CIEP/PBL (2014), *Reflections on coordinating mechanisms for accommodating increasing amounts of wind and solar in the power market*. Clingendael International Energy Programme CIEP 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.
- CLO (2014), *Trekvogels naar Afrika en klimaatverandering, 1990-2012*. <http://www.compendiumvoordeleefomgeving.nl/indicatoren/nl1117-Trekvogels-naar-Afrika-en-klimaatverandering.html?i=9-55>). Planbureau voor de Leefomgeving Den Haag.
- Coumou, D., S. Rahmstorf, (2012), 'A decade of weather extremes'. *Nature Climate Change* 2: 491-496.
- CRED (2011). *Annual disaster statistical review 2010*. The numbers and trends, CRED report. http://www.cred.be/sites/default/files/ADSR_2010.pdf
- Dalen van H., K. Henkens (2008), *Weg uit Nederland; Emigratie aan het begin van de 21e eeuw*. NIDI Nederlands interdisciplinair demografisch instituut Amsterdam.
- DECC (2011), *National Statistics publication: energy trends*. Department of Energy and Climate Change London.
- Deloitte The Netherlands (2014), *Digital Infrastructure in the Netherlands, Driver for the online ecosystem*.
- Dierikx M., D. Schoof (2014), 'Economische Veiligheid vereist samenwerking van overheid en bedrijfsleven'. Magazine nationale veiligheid en crisisbeheersing nr 6 Den Haag.
- 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.
- Dinar, S. (2009), 'Scarcity and Cooperation along International Rivers'. *Global Environmental Politics*, 9: 109-135.
- EC (2013a), *Assessing the spillover effects in the EU of the adverse effects of climate change in the rest of the world, in particular the EU's Neighbourhood countries*. EC DG Clima, AMEC Environment and Infrastructure UK Limited – in partnership with Bio Intelligence Service Cambridge Econometrics and Milieu Limited.
- EC (2013b), *Guidelines on developing adaptation strategies*. Commission Staff working document Brussels.
- EC (2013c), *An EU Strategy on adaptation to climate change*, Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions, Brussels, European Commission.
- EC (2013d), *Climate change, environmental degradation and migration. An EU Strategy on adaptation to climate change*. Commission Staff Working Document, Brussels, European Commission.
- ECA&D (2014), *E-OBS daily maps*. European Climate Assessment & Dataset De Bilt.
- 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.
- 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> .
- ECDC (2014), http://www.ecdc.europa.eu/en/healthtopics/climate_change/Pages/index.aspx
- ECN (2014), 'Energie Nederland en Netbeheer Nederland'. *Energietrends* ECN Petten.

- Ecorys (2011), *Investment needs for future adaptation measures in EU nuclear power plants and other electricity generation technologies due to effects of climate change*. Ecorys Rotterdam.
- Ecorys (2014), *The Netherlands in 2030. How changes in the international context will affect the Dutch economy- a scenario study*. Ecorys Rotterdam.
- EEA (2008), *EEA Energy and Environment Report 2008*. EEA Copenhagen.
- EEA (2013), *Adaptation in Europe Addressing risks and opportunities from climate change in the context of socio-economic developments*. EEA Copenhagen.
- EEAS/EC (2011), *Towards a renewed and strengthened EU climate diplomacy*. Joint Reflection Paper, European External Action Service and European Commission Brussels.
- 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/TYNBP_procent20documents/TYNBP_procent202014/141031_procent20RqIP_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> .
- EU (2008a), *Climate Change and International Security*. Paper from the EU high representative and the European Commission to the European Council, European Commission Brussels.
- EU (2011), *Council conclusions on EU Climate Diplomacy*. Council of the European Union, Brussels.
- Eurostat (2014), *Simplified energy balances - annual data*. (online data codes: nrg_100a, nrg_101a, nrg_102a and nrg_103a). Eurostat Kirchberg Luxembourg.
- EZ (2009), *Schaarste en Transitie, Kennisvragen voor toekomstig beleid*. Ministerie van Economische Zaken Den Haag.
- EZ (2011), *Buitenlandse Markten, Nederlandse Kansen*, Tweede Kamer der Staten Generaal Den Haag.
- EZ (2014), *Buitenlandse handel in cijfers*. Ministerie van Economische Zaken Den Haag.
<http://www.rijksoverheid.nl/onderwerpen/internationaal-ondernemen/buitenlandse-handel-in-cijfers>.
- FAO (2011), *FAO Statistical Yearbook 2010*. Statistics division FAO Rome.
- FAO (2014), <http://faostat.fao.org/site/535/DesktopDefault.aspx?PageID=535anchor>). Statistics division FAO Rome.
- Forster, H., J. Lilliestam (2011), 'Modeling thermoelectric power generation in view of climate change'. *Regional Environmental Change* 4, 327-338.
- Frondel, M., C.M. Schmidt, (2013), 'A measure of a Nation's Physical Energy Supply Risk', *The Quarterly Review of Economics and Finance*. Volume 54, Issue 2 Pages 208-215.
- Ghemawat, P. (2011), *World 3.0 global prosperity and how to achieve it*. Harvard business review press Boston Massachusetts.
- Gleditsch, N.P., K. Furlong, H. Hegre, B. Lacina, T. Owen (2006), 'Conflicts over Shared Rivers: Resource Scarcity or Fuzzy Boundaries?'. *Political Geography*, 25: 361-382.
- Haasnoot, M., D.T. van der Molen (2005), 'Impact of climate change on ecotopes of the rivers Rhine and Meuse', *Archiv für Hydrobiologie*. 155/1-4: 53-61.
- Hajer, M. (2011). *De energieke samenleving. Op zoek naar een sturingsfilosofie voor een schone economie*. Planbureau voor de Leefomgeving Den Haag.
- Hajer, M., T. Dassen (2014), *Slimme steden. De opgave voor de 21^e-eeuwse stedenbouw in beeld*. Planbureau voor de Leefomgeving Den Haag.
- Hekkenberg, M. en M. Verdonk (2014), *Nationale Energieverkenning 2014*. Energieonderzoek Centrum Nederland, Petten.
- Horrocks, L. et al. (2010), *Adapting the ICT sector to the Impacts of Climate Change*. AEA group Oxfordshire.

- ICBR (2015), *Klimaatadaptatiestrategie voor het internationaal Rijndistrict*. Internationale Commissie ter Bescherming van de Rijn (ICBR) Koblenz www.iksr.org.
- IDDRI (2011), *The state of Environmental Migration 2011*. Institut du développement durable et des relations internationales Paris.
- IEA (2012), *Oil and gas security: emergency response of IEA countries,; the Netherlands*. OECD/IEA, International Energy Agency, Paris.
- IEA (2014), *Energy Policies of IEA Countries: the Netherlands*. OECD/IEA, International Energy Agency, Paris.
- I&M (2012), *Structuurvisie Infrastructuur en Ruimte*. Ministerie van Infrastructuur en Milieu Den Haag.
- I&M (2013), *Klimaatagenda: weerbaar, welvarend en groen*. Ministerie van Infrastructuur en Milieu Den Haag.
- INFRAS (2007), *Auswirkungen der klimaänderung auf die Schweizer volkswirtschaft kurzfassung*. Ecoplan Bern.
- IOM (2008), *Environment, climate change and migration, IOM's approach and activities*. International Organization for Migration Geneva.
- IOM (2013), *Demographics of global internal migration*. International Organization for Migration Geneva.
- 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 (2015), http://cib.knmi.nl/mediawiki/index.php/2014_warmest_year_on_record_in_Europe. 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.
- Kosatsky, T. (2005), 'The 2003 European heat waves'. *Eurosurveillance 10 (7) ECDC Brussels*.
- KPMG (2014), *Grip op grondstoffen: Leveringszekerheid en biodiversiteit*. In samenwerking met PBEE, CBL, FNLI, IUCN, Natuur & Milieu en VNO NCW. KPMG the Netherlands.
- Levermann, A. (2014), 'Climate Economics: Make Supply Chains Climate-smart'. *Nature 506, 27-29*.
- Licker, R., C.J. Kucharik, T. Doré, M.J. Lindeman, D. Makowski, (2013), 'Climatic impacts on winter wheat yields in Picardy, France and Rostov, Russia 1973–2010'. *Agricultural and Forest Meteorology Volume 176: pages 25– 37*.
- 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 E., A. Nieuwenhuijs, M. Klaver, M. van Beten, E. Cruz, 'Empirical findings on Critical Infrastructure Dependencies in Europe'. *Lecture Notes in Computer Science Volume 5508, 2009, pp 302-310.*
- Luijff, H.A.M., S.H. van Oort (2014), *Klimaatadaptatie en de sector Informatie- en Communicatie Technologie (ICT)*. TNO Den Haag.
- Lund, P. (2014), 'Consumer participation in power market balancing a real-life step towards smart grids'. *Europhysics News, Volume 45, Number 5-6.*
- Maas, N., R. Vogel (2014), *Klimaatverandering en transport en infrastructuur. Actualisatie van de risico's en kansen voor klimaatadaptatiebeleid*. TNO Delft.
- MacQuarrie, P., A.T. Wolf (2013), 'Understanding Water Security'. *Environmental security, Pages 169-186* London.
- MacLean, I.M.D, et al (2008), 'Climate change causes rapid changes in the distribution and site abundance of birds in winter'. *Global Change Biology 14*, pages 2489-2500.
- Macknick, J., R. Newmark, G. Heath, K.C. Hallett (2011), *Review of Operational Water Consumption and Withdrawal Factors for Electricity Generating Technologies*. National Renewable Energy Laboratory, Colorado.
- McClay, S., L. Ortman (2011), *Physical gas flows across Europe and security and diversity of gas supply in 2010*.
https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/65816/3928-physical-gas-flows-europe-2010.pdf
- Mercer LLC, Carbon Trust and International Finance Corporation (2011), *Climate Change Scenarios: Implications for Strategic Asset Allocation*.
- Metz, B., M. Kok (2008), 'Integrating development and climate policies'. *Climate Policy, volume 8, no. 2*, pp. 99-102.
- Muilwijk, H., J. Knoop (2015), *Van risicobeoordeling naar adaptatiestrategie*. Planbureau voor de Leefomgeving Den Haag
- National Climate Assessment USA (2014), 'Climate Change Impacts in the United States'
<http://nca2014.globalchange.gov/report/sectors/human-health>.
- Munich RE (2013), *Natural Catastrophes 2012: Analyses, assessments, positions*. Münchener Rückversicherungs-Gesellschaft München, Germany Order number 302-07742.
- Nationale veiligheid (2009), *Scenario's Nationale Risico beoordeling 2008/2009*. Rijksoverheid Den Haag.
- NCA (2014), *Climate Change Impacts in the United States, human health*,
<http://nca2014.globalchange.gov/report/sectors/human-health>
- 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.
- Notre Dame Global Adaptation Index (2014). ND-GAIN Index, available at:
<http://index.gain.org/>.
- OECD (2008), *Rising Food Prices; causes and consequences*. OECD, Paris.
- OECD (2012), *OECD Environmental outlook to 2050: the consequences of inaction*, 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 (2011), *Een delta in beweging. Bouwstenen voor een klimaatbestendige ontwikkeling van Nederland*. Planbureau voor de Leefomgeving Den Haag.
- PBL (2012a), *Water Footprint: Useful for sustainability policies?* Planbureau voor de Leefomgeving Den Haag.
- PBL (2012b), *Nederland verbeeld; een andere blik op vraagstukken rond de leefomgeving*. Planbureau voor de Leefomgeving Den Haag.

- PBL (2012c), *Statistical analysis of weather-related disasters: past, present and future*. Planbureau voor de Leefomgeving Den Haag.
- PBL (2012d), *Effecten van klimaatverandering in Nederland: 2012*. Planbureau voor de Leefomgeving Den Haag.
- PBL (2012e), *Roads from Rio+20; Pathways to achieve global sustainability goals by 2050*. Planbureau voor de Leefomgeving Den Haag.
- PBL (2013), *Integration and Convergence in Regional Europe: European Regional Trade Flows from 2000 to 2010*. Planbureau voor de Leefomgeving Den Haag.
- PBL (2013a), *Aanpassen met beleid. Bouwstenen voor een integrale visie op klimaatadaptatie*. Planbureau voor de Leefomgeving Den Haag.
- PBL (2013b), *verduurzaming van internationale handelsketens. Voortgang, effecten en perspectieven*. Planbureau voor de Leefomgeving Den Haag.
- PBL (2013c), *De macht van het menu. Opgaven en kansen voor duurzaam en gezond voedsel*. Planbureau voor de Leefomgeving Den Haag.
- PBL en CPB (2013), *Welvaart en Leefomgeving. Horizonscan*. Planbureau voor de Leefomgeving, Centraal Planbureau Den Haag.
- PBL (2014a), *Towards a world of cities in 2050. An outlook on water-related challenges*. Planbureau voor de Leefomgeving Den Haag.
- PBL (2014b), *Integrated assessment of global environmental change with IMAGE 3.0*. Planbureau voor de Leefomgeving Den Haag.
- PBL (2015a), *Aanpassen aan klimaatverandering. Kwetsbaarheden zien, kansen grijpen*. Planbureau voor de Leefomgeving Den Haag.
- PBL (2015b), *Wereldwijde klimaateffecten, risico's en kansen voor Nederland*. Planbureau voor de Leefomgeving Den Haag.
- PBL (2015c), *Van risicobeoordeling naar adaptatiestrategie; achtergrondstudie Risicobeoordeling klimaateffecten ten behoeve van de Nationale Adaptatie Strategie*. Planbureau voor de Leefomgeving Den Haag.
- PBL (2015d), *Ontwerp voor een Nationale Adaptatiemonitor*. Planbureau voor de Leefomgeving Den Haag.
- 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*.
- Prins A.G., S. Slingerland, A.J.G. Manders, P.L. Lucas, H.B.M. Hilderink, M.T.J. Kok (2011), *Scarcity in a Sea of Plenty? Global Resource Scarcities and Policies in the European Union and the Netherlands*. Planbureau voor de Leefomgeving Den Haag.
- Raad voor Maatschappelijke Ontwikkeling (2013). *Terugtrekken is Vooruitzien*. Raad voor Maatschappelijke Ontwikkeling Den Haag.
- Raspe, O., A. Weterings, M. Thissen (2012), *De internationale concurrentiepositie van de topsectoren*. Planbureau voor de Leefomgeving Den Haag.
- Rijnsdorp, A. D., et al. (2014), *Klimaatverandering: Risico's en Kansen voor de Nederlandse Visserij- en Aquacultuursector*. Imares Wageningen UR IJmuiden.
- RIVM (2014a), *Effecten van klimaat op gezondheid, Actualisatie voor de Nationale Adaptatiestrategie*. RIVM Bilthoven.
- RIVM (2014b), *Uitbraak chikungunya in Caribisch gebied*
http://www.rivm.nl/Onderwerpen/C/Chikungunya/Uitbraak_chikungunya_in_Caribisch_gebied. RIVM Bilthoven.
- RLI (2014), *Risico's gewaardeerd. Naar een transparant en adaptief risicobeleid*. Raad voor de leefomgeving en infrastructuur Den Haag.
- Rubbelke, D. S. Vogele (2011), 'Impacts of climate change on European critical infrastructures: The case of the power sector'. *Environmental Science & Policy* 14, pp. 53-63.

- Runhaar, H. et al. (2014), *Publieke en/of private verantwoordelijkheden voor klimaatadaptatie; Een juridisch-bestuurlijke analyse en eerste beoordeling*. Universiteit Utrecht.
- RWS (2014), Geotool.
[Http://www.rijkswaterstaat.nl/water/waterdata_waterberichtgeving/statistieken_kengetallen/waternormalen/index.aspx](http://www.rijkswaterstaat.nl/water/waterdata_waterberichtgeving/statistieken_kengetallen/waternormalen/index.aspx).
- Schaik L. van, R. Dinissen, E. Maas, J. Vos (2015), *Beyond scares and tales: climate-proofing Dutch foreign policy*. Instituut Clingendael Den Haag.
- Secretariat CBD (2014), *Fourth edition of the Global Biodiversity Outlook (GBO-4)*, Secretariat of the Convention on Biological Diversity Montreal.
- Settele, J., R. Scholes, R. Betts, S. Bunn, P. Leadley, D. Nepstad, J.T. Overpeck, M.A. Taboada (2014), 'Terrestrial and inland water systems'. *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. pp. 271-359 Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA,.
- S&P (2014), 'Special report Credit Week Climate Change Preparing For The Long Term'.
WWW.STANDARDANDPOORS.COM/RATINGSDIRECT.
- SOER (2010), *Water resources: quantity and flows*. EEA Copenhagen.
- SOVON (2009), *Vogelbalans 2009*. SOVON Vogelonderzoek Nederland Beek-Ubbergen.
- Steltman M. (2011), *Foresight International Dimensions of Climate Change; Final Project Report*. The Government Office for Science London.
- TeleGeography (2014), <https://www.telegeography.com/telecom-resources/index.html>. Washington DC.
- TenneT (2010), *TenneT Visie2030 landelijk elektriciteitstransportnet*.
http://www.tennet.eu/nl/fileadmin/downloads/News/Rapport/Rapport_Monitoring_Leveringszekerheid_2013-2029_TenneT.pdf. TenneT Arnhem.
- Thissen, M., D. Diodato, F. van Oort (2013), *Integration and Convergence in Regional Europe: European Regional Trade Flows from 2000 to 2010*, Planbureau voor de Leefomgeving den Haag.
- Topsectoren.nl (2014). <http://topsectoren.nl/>.
- Tulp, I., R. van Hal, R. ter Hofstede, A. Rijnsdorp (2009). 'Klimaatverandering in de Noordzee: gevolgen voor vis'. *De Levende Natuur, jaargang 110, nummer 6*.
- UNcomtrade (2014), *United Nations Commodity Trade Statistics Database*.
<http://comtrade.un.org/db/>, United Nations New York.
- University of Notre Dame (2014), Notre Dame Global Adaptation INdex.
<http://index.gain.org/>, Notre Dame Global Adaptation Institute South Bend.
- Vellinga, P., C. Katsman, A. Sterl, J. Beersma (2008), *Onderzoek naar bovengrensscenario's voor klimaatverandering voor overstromingsbescherming van Nederland*. Achtergrondrapport Deltacommissie. Deltacommissie Den Haag.
- 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. Ligtvoet (2012), *A statistical study of weather-related disasters. Past, present and future*. Planbureau voor de Leefomgeving Den Haag.
- Vliet van, M.T.H., J.R. Yearsley, F. Ludwig, S. Vogeles, D.P. Lettenmaier, P. Kabat (2012), 'Vulnerability of US and European electricity supply to climate change'. *Nature climate change, 3-6-2012*, pp 1-6.
- Vogel, R., et al. (2014), *Klimaatadaptatie en energie-infrastructuur. Actualisatie van de risico's en kansen door klimaatverandering op de Nederlandse infrastructuur*. TNO Delft.
- Vonk, M, C.C. Vos, D.C.J. van der Hoek (2010), *Adaptatiestrategie voor een klimaatbestendige natuur*, Planbureau voor de Leefomgeving Den Haag.

- Vuuren van, D.P., et al (2011), 'The representative concentration pathways: an overview'. *Climatic Change*, 109 (2011): 5-31.
- Wilkins, M. (2014), 'Climate Change: A Long-Term threat Nears'. *Credit week Volume 34, no.20*.
- World Economic Forum (2012), *Partnering for Cyber Resilience, Risk and Responsibility in a Hyperconnected World - Principles and Guidelines*.
- World economic forum (2012), *The Global Information Technology Report 2012 Living in a Hyperconnected World*.
- World Economic Forum (2014), *Global risks 2014*.
- 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 buitenlandbeleid*, (Vol. 85). Amsterdam University Press Amsterdam.
- WRR (2010b), *Minder pretentie, meer ambitie: ontwikkelingshulp die verschil maakt* (Vol. 84). Amsterdam University Press Amsterdam.
- WUR (2014), 'Nedersoja' komt eraan. <http://www.wageningenur.nl/nl/nieuws/Nedersoja-komt-eraan.htm> , WUR Lelystad.
- WWF Germany (2014), *The imported risk; Germany's water risks in time of globalization*. World Wildlife Fund Berlin.
- Yesilkagit, K., S. Princen. (2010), 'De internationalisering van beleid. Implicaties voor het openbaar bestuur'. *Het gezicht van de publieke zaak, openbaar bestuur onder ogen*. Amsterdam University press Amsterdam.

Bijlage I

Tekstbox 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 twee belangrijkste begrippen die ND-GAIN hanteert zijn: vulnerability (kwetsbaarheid) en readiness (veerkracht). Beide begrippen worden opgebouwd uit meerdere andere begrippen.

De kwetsbaarheid van een land bestaat uit de a) exposure (blootstelling), b) sensitivity (gevoeligheid) en c) adaptive capacity (adaptief vermogen). Verschillende sectoren worden met indicatoren op deze drie begrippen gescoord. Dit zijn de sectoren: 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.

De veerkracht van een land wordt bepaald door a) de economic readiness (economische veerkracht), b) de governance readiness (institutionele veerkracht) en c) de social readiness (maatschappelijke veerkracht). Hierbij wordt onder andere gekeken naar de 'Ease of doing business index' (van de Wereldbank), politieke stabiliteit, corruptie, opleiding en sociale gelijkheid. Voor een complete lijst zie de 'University of Notre Dame Global Adaptation Index detailed methodology report' te vinden met bovenstaande link.

Notre Dame hanteert voor kwetsbaarheid en veerkracht de volgende definities: Kwetsbaarheid: de blootstelling aan, de gevoeligheid voor negatieve effecten van klimaatverandering en het adaptief vermogen om zich aan te passen aan de negatieve effecten van klimaatverandering.

Blootstelling: De mate waarin een land naar verwachting bloot zal staan aan klimaatverandering. Het is als onderdeel van de kwetsbaarheid onafhankelijk van de sociaal economische context.

Gevoeligheid: De mate waarin een land afhankelijk is van een sector die negatief wordt beïnvloed door klimaatverandering of het percentage van de bevolking dat bijzonder vatbaar is voor klimaatverandering.

Adaptief vermogen: De beschikbaarheid van maatschappelijke middelen voor sector specifieke aanpassing.

Bijlage II

Tabel 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

Achtergronden bij wereldwijde klimaateffecten: risico's en kansen voor Nederland

© PBL Planbureau voor de Leefomgeving

Den Haag, 2015

PBL-publicatienummer: 1711

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/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 Koninkrijksrelaties) en andere leden van de interdepartementale werkgroep NAS.

Wilfried ten Brinke van Blueland.

Willem Ligtoet, 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, Jelle van Minnen, Martijn Vink van het PBL.

Redactie figuren

Beeldredactie PBL

Eindredactie en productie

Uitgeverij PBL

Delen uit deze publicatie mogen worden overgenomen op voorwaarde van bronvermelding: Vonk M. et al (2015), *Achtergronden bij wereldwijde klimaateffecten: risico's en kansen voor Nederland*. Den Haag: PBL.

Het Planbureau voor de Leefomgeving (PBL) 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 wetenschappelijk gefundeerd.