

Adaptatiestrategie voor een klimaatbestendige natuur

Beleidsstudies

Adaptatiestrategie voor een klimaatbestendige natuur

M. Vonk, C.C. Vos, D.C.J. van der Hoek



Planbureau voor de Leefomgeving

Adaptatiestrategie voor een klimaatbestendige natuur

© Planbureau voor de Leefomgeving (PBL)

Den Haag/Bilthoven, 2010

ISBN: 978-90-78645-44-3

PBL-publicatienummer: 500078002

Contact: marijke.vonk@pbl.nl

U kunt de publicatie downloaden of bestellen via de website www.pbl.nl, of opvragen via reports@pbl.nl onder vermelding van het ISBN-nummer en uw postadres.

Delen uit deze publicatie mogen worden overgenomen op voorwaarde van bronvermelding:

Planbureau voor de Leefomgeving, de titel van de publicatie en het jaartal.

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 voor alles beleidsgericht. Het verricht zijn onderzoek gevraagd en ongevraagd, onafhankelijk en altijd wetenschappelijk gefundeerd.

Planbureau voor de Leefomgeving

Vestiging Den Haag

Postbus 30314

2500 GH Den Haag

T 070 3288700

F 070 3288799

E: info@pbl.nl

www.pbl.nl

Vestiging Bilthoven

Postbus 303

3720 AH Bilthoven

T 030-2742745

F 030-2744479

Inhoud

Bevindingen 7

- [Adaptatiestrategie voor een klimaatbestendige natuur](#) 9
 - Samenvatting 9
 - Inleiding 11
 - Invloed klimaatverandering op de natuur 11
 - Natuur klimaatbestendig door groter adaptief vermogen 14
 - Natuur niet klimaatbestendig bij huidig natuurbeleid 16
 - Adaptatiestrategie voor klimaatbestendige natuur 17
 - Internationale adaptatiestrategie voor duin, kust en moeras 18
 - Nationale adaptatiestrategie voor heide en bos 19
 - Regionale adaptatiestrategie voor kleinschalige natuurgebieden 20
 - Consequenties voor het natuurbeleid 21

Verdieping 27

- [1 Klimaatverandering in Nederland](#) 27
 - 1.1 Waargenomen veranderingen 27
 - 1.2 Waargenomen trends zullen zich voortzetten, omvang en snelheid blijven onzeker 28
- [2 Effecten van klimaatverandering](#) 31
 - 2.1 Effecten op soorten: fysiologie, fenologie en genetica 31
 - 2.2 Effecten op soorten: geografische verspreiding en aantalf fluctuaties 33
 - 2.3 Effecten op standplaatscondities 41
- [3 Adaptatiestrategie](#) 47
 - 3.1 Risico's voor het functioneren van ecosystemen 47
 - 3.2 Adaptatiestrategie gericht op het adaptief vermogen 48
 - 3.3 Invulling van de adaptatiestrategie 50
- [4 Internationale adaptatiestrategie](#) 55
 - 4.1 Methode 55
 - 4.2 Internationale klimaatcorridor moeras 57
 - 4.3 Internationale klimaatcorridor duin en kust 64
- [5 Nationale adaptatiestrategie](#) 71
 - 5.1 Clusters van heidegebieden 71
 - 5.2 Zijtakken Europese klimaatcorridor bos 78
- [6 Regionale adaptatiestrategie](#) 83
 - 6.1 Winst door combinatie van water- en natuuradaptatie: Groningen 83
 - 6.2 Meekoppelen met het bestrijden van bodemdaling: westelijke veenweiden 87
 - 6.3 Multifunctionele adaptatie: beeksystemen en Noord-Brabant 88
- [7 Consequenties voor natuurbeleid](#) 95
 - 7.1 Klimaatbestendigheid van het natuurbeleid 95
 - 7.2 Adaptatiestrategie voor natuur en opgaven voor beleid 97
 - 7.3 Vervolgstappen voor implementatie 100
- [Literatuur](#) 107

Bevindingen



Adaptatiestrategie voor een klimaatbestendige natuur

Samenvatting

Klimaat in Nederland verandert

- Nederland is de afgelopen decennia warmer en natter geworden, met meer extreme buien. Klimaat-scenario's geven aan dat deze trends zich zullen voortzetten, maar de omvang en het tempo van klimaatverandering blijven onzeker.
- Natuur is dynamisch, continu volgen verschillende ontwikkelingsstadia elkaar op. Klimaatverandering voegt daar nog extra dynamiek aan toe, want ook de natuur zal worden blootgesteld aan verstoringen, zoals extreme neerslag en droge periodes die in frequentie en intensiteit zullen toenemen. De effecten op de natuur zijn al zichtbaar en de verwachting is dat deze zullen toenemen. Sommige soorten zullen in aantal achteruitgaan of mogelijk zelfs uit Nederland verdwijnen. Andere soorten krijgen echter de kans zich hier te vestigen. De natuur zal te maken krijgen met continue veranderingen in soortensamenstelling en condities in het leefgebied. Dit betekent risico's voor de biodiversiteit in Nederland. Bij een veranderend klimaat kan de biodiversiteit op peil blijven, mits de natuur voldoende in staat is zich aan te passen aan de veranderingen.

Klimaatbestendigheid is speerpunt kabinetsbeleid

- Het vergroten van de klimaatbestendigheid van Nederland is een van de speerpunten van het kabinetsbeleid. Bij het formuleren van het huidige natuurbeleid is echter niet expliciet rekening gehouden met het opvangen van de effecten van klimaatverandering of het benutten van de kansen die klimaatverandering biedt.
- In deze verkenning is geanalyseerd welke strategie de overheid zou kunnen volgen om de natuur klimaatbestendig te maken. Uitgangspunten hierbij zijn de ambities van de overheid voor de natuur, zoals behoud en ontwikkeling van biodiversiteit, het prioriteit geven aan typen natuur die kenmerkend zijn voor Nederland en waarvoor Nederland een grote internationale verantwoordelijkheid heeft, en het ruimte geven aan natuurlijke processen, zoals sedimentatie en erosie.
- Belangrijke keuzes voor de overheid zijn daarbij het omgaan met onzekerheden en risico's op de lange termijn, en het meer of minder op zoek gaan naar synergie van het natuurbeleid met beleidsvelden als veiligheid tegen overstromen, agrarische productie, landschap, recreatie, en wonen.

Natuur niet klimaatbestendig bij huidig natuurbeleid

- De biodiversiteit staat ook met het huidige natuurbeleid in Nederland onder druk. In veel ecosystemen neemt de biodiversiteit af. Bij klimaatverandering krijgt de natuur te maken met een toenemend aantal weersextremen, en om die op te vangen, zijn grotere gebieden en grotere populaties nodig. Veel gebieden zijn te klein, ook na uitvoering van de ecologische hoofdstructuur (EHS).
- Geschikte klimaatzones van soorten kunnen verschuiven door temperatuurstijging en verandering van neerslagpatronen. De Nederlandse natuur is versnipperd, waardoor een deel van de soorten knelpunten ondervindt bij de migratie naar nieuw geschikt leefgebied. Ook de internationale aansluiting van gebieden is gering, zodat soorten niet over grote afstand kunnen migreren tussen de huidige en toekomstige geschikte klimaatzones, die honderden kilometers uit elkaar kunnen liggen.
- De milieudruk op natuur neemt de laatste decennia af. Ondanks deze afname blijven verdroging, vermessing en verzuring een belasting voor de natuur. Klimaatverandering kan deze knelpunten mogelijk versterken.
- Dankzij het huidige beleid neemt het adaptief vermogen van de natuur in Nederland toe. De natuur blijft bij uitvoering van het huidige beleid kwetsbaar voor de gevolgen van klimaatverandering. Daarom heeft het PBL een adaptatiestrategie ontwikkeld om het risico van biodiversiteitsverlies te verkleinen.

Adaptatiemaatregelen noodzakelijk

- Om de effecten van klimaatverandering op te kunnen vangen, zijn adaptatiemaatregelen nodig. We stellen in deze studie een adaptatiestrategie voor om het adaptief vermogen van de natuur te vergroten en daarmee de natuur klimaatbestendig te maken. Met adaptief vermogen bedoelen we het vermogen van een ecosysteem om ondanks verstoringen te blijven functioneren. Omdat nog veel onzeker is over de mate en het tempo van klimaatverandering en de effecten hiervan op ecosystemen en soorten, is het van belang dat de strategie voldoet aan de volgende criteria:
 - het tempo en de omvang van de strategie zijn ‘opschaalbaar’ naar het tempo van klimaatverandering;
 - de strategie is in staat om verschillende verstoringen op te vangen, zoals droge en natte extremen;
 - de strategie is toepasbaar in het beleid en moet ruimte bieden aan het beleid om aanpassingen door te voeren op basis van voortschrijdende kennis.
- Een strategie die is bedoeld om het adaptief vermogen van ecosystemen en soorten te versterken, voldoet aan bovengenoemde criteria. Bovendien beschermt deze strategie de natuur niet alleen tegen klimaatverandering, maar ook tegen al bestaande verstoringen, zoals vermessing en verdroging. We noemen dit daarom een *no regret*-strategie: mocht het tempo of de omvang van klimaatverandering ‘meevallen’, dan vormt de strategie geen desinvestering.
- Het adaptief vermogen kan worden versterkt door het natuurbeleid op onderdelen aan te passen. Deze onderdelen zijn: het (internationaal) verbinden en vergroten van natuurgebieden, het vergroten van de heterogeniteit in leefgebied en landschap, en het creëren van betere milieu- en watercondities en daarbij het meer ruimte geven aan natuurlijke processen.
- Wanneer en hoeveel het beleid moet worden aangepast, hangt af van het tempo van klimaatverandering, van de manier waarop het Rijk wil omgaan met de risico’s voor de natuur en van de mate van aansluiting bij andere doelen in de beleidsuitvoering.

Beleidsopgaven op de korte termijn

- Klimaatverandering speelt nu al, maar vooral ook op de lange termijn. Het Rijk kan echter al op korte termijn inspanningen leveren en het natuurbeleid aanpassen, om zo in te spelen op mogelijke effecten van klimaatverandering. We gaan hier kort in op de stappen die de overheid kan zetten binnen de ecologische hoofdstructuur (EHS) en de Vogel- en habitatrichtlijn (VHR), en op de manier waarop zij natuurdoelen met andere doelen kan combineren.
- *EHS en VHR*: Een klimaatbestendig natuurbeleid vraagt om aanpassing van het nationale en Europese natuurbeleid. Dat nieuwe beleid zou meer moeten zijn gericht op het functioneren van ecosystemen en het vergroten van het adaptief vermogen van de natuur, en minder dan nu het geval is, op het laten voortbestaan van specifieke soorten op specifieke plaatsen. Een klimaatbestendige natuur vraagt om een hoge biodiversiteit, het vergroten en verbinden van gebieden, ruimte voor natuurlijke processen, heterogeniteit en gradiënten en het verbeteren van standplaatscondities.
- *EHS en VHR*: De klimaatbestendigheid van de natuur kan worden vergroot door maatregelen te concentreren in de in deze studie gepresenteerde corridors en clusters van gebieden. Voor duin, kust en moeras stellen we een internationale klimaatcorridor voor. Voor heide en bos stellen we een nationale strategie voor die bestaat uit clusters van heidegebieden en zijtakken van de Europese klimaatcorridor bos. Voor kleinschalige natuurgebieden gaat het om een regionale adaptatiestrategie. We bevelen aan om de EHS aan te passen. Het tegengaan van de versnippering van natuurgebieden blijft van belang, maar de nog aan te kopen of in te richten EHS-hectares liggen bij voorkeur binnen de voorgestelde corridors en clusters van gebieden.
- *EU*: De klimaatbestendigheid van de VHR kan worden vergroot door op EU-niveau klimaatcorridors te ontwikkelen, met daarbinnen een samenhangend Natura 2000-netwerk. Belangrijk daarbij is de uitwerking van het concept ‘groene infrastructuur’. Dit is een in het EU-beleid nieuw begrip waarin verschillende aspecten van het biodiversiteitsbeleid bij elkaar komen, ook met betrekking tot het verbinden van natuurgebieden. Dat krijgt hoogstwaarschijnlijk een rol in het biodiversiteitsbeleid van na 2010. Eind 2010 zal de Europese Commissie een biodiversiteitsactieplan presenteren om haar biodiversiteitsdoelstelling te behalen.
- Het beleid voor een klimaatbestendige natuur kan worden gekoppeld aan ander beleid voor verschillende functies en doelen. Deze kans ligt onder andere bij de ontwikkeling en uitvoering van het Deltaprogramma, het programma Ruimte voor de Rivier en de aansluiting bij vergelijkbare programma’s in de buurlanden. Deze kans moet de komende jaren al worden verzilverd, want besluiten in deze programma’s leiden tot (onomkeerbare) langetermijnontwikkelingen. Sommige ruimtelijke ontwikkelingen op de lange termijn staan juist op gespannen voet met de voorgestelde strategie, zoals de door de Deltacommissie voorgestelde peilverhoging van het IJsselmeer en de plannen voor de bouw van woningen langs de IJssel bij Zutphen. Klimaatbestendige natuurontwikkeling valt ook goed te rijmen met andere maatschappelijke belangen in het landelijk gebied, zoals het beschermen van Nederland tegen wateroverlast en de verbreding van landbouwbedrijven naar landschapsdiensten.

Inleiding

Klimaatverandering brengt risico's en kansen voor de natuur met zich mee, en heeft ook consequenties voor het natuurbeleid en zijn doelen. In de Strategische Verkenning 2009-2019 (LNV 2009) geeft het ministerie van LNV aan dat de overheid haar natuurbeleid zal moeten aanpassen aan veranderingen in het klimaat, en vraagt het zich af of het huidige beleid voldoende adaptief is. Om deze vraag te beantwoorden heeft het Rijk meerdere trajecten uitgezet.

Het ministerie van VROM heeft in 2008 het Planbureau voor de Leefomgeving (PBL) verzocht onderzoek te doen naar een klimaatbestendige inrichting van Nederland. Uit dit onderzoek zou moeten blijken welke mogelijkheden Nederland heeft voor een robuuste strategie voor de ruimtelijke ontwikkeling op de lange termijn. De rapportage *Wegen naar een klimaatbestendig Nederland* (PBL 2009c) geeft de eerste resultaten. De PBL-verkenning 'Klimaatbestendig Nederland' (KBNL), die in het najaar van 2010 zal verschijnen, is hierop het vervolg. Daarnaast vragen VROM en LNV aan het PBL expliciet om een 'thematisch assessment klimaatverandering, natuur en ruimte'.

In de voorliggende rapportage presenteert het PBL een voorstel voor een langetermijnadaptatiestrategie voor een klimaatbestendige natuur en een klimaatbestendig natuurbeleid. Deels gelijktijdig met dit onderzoek, heeft het PBL samen met Wageningen Universiteit en Researchcentrum (WUR) met een inhoudelijke notitie (Opdam & Wieringa 2010) bijgedragen aan een studie van de werkgroep Natuur van het Interdepartementaal Beleidsonderzoek (IBO). Deze werkgroep zocht een antwoord op de vraag hoe de biodiversiteit in Nederland zo doeltreffend en efficiënt mogelijk kan worden veiliggesteld (IBO 2010). Ook in het kader van het project 'Natuurverkenningen' (NVK) ontwikkelt het PBL langetermijnvisies voor het natuur(beleid) in Nederland. De adaptatiestrategie die we in het voorliggende rapport voorstellen, ligt in lijn met de studie voor het IBO en geeft voeding aan de KBNL-studie en de NVK-varianten. De adaptatieopties in deze rapportage worden meegenomen in de langetermijnvisies en verder uitgewerkt in het kader van de NKV. De resultaten van de NVK zullen in 2011 verschijnen.

Deze studie over klimaatbestendige natuur is vooral verkenkend en agenderend van aard. We hebben geanalyseerd welke strategie de nationale overheid zou kunnen volgen op basis van inschattingen van wat nodig is (met het oog op de natuurdoelstellingen) en van wat mogelijk is (gezien de veranderingen in het klimaat). We zijn daarbij uitgegaan van de ambities die de overheid heeft op het gebied van natuur: behoud en ontwikkeling van biodiversiteit, speciale aandacht voor die natuur waarvoor Nederland een grote internationale verantwoordelijkheid heeft en die kenmerkend voor Nederland is, en aansluiting bij natuurlijke processen. Deze drie uitgangspunten zijn al verwoord in het *Natuurbeleidsplan* (LNV 1990) en voortgezet in de nota *Natuur voor mensen, mensen voor Natuur* (LNV 2000). Om die ambities waar te kunnen maken, is het voor de overheid belangrijk te weten hoe zij het beste kan omgaan met onzekerheden en risico's van de klimaatverandering op de lange termijn, en in welke mate zij gebruik kan maken van synergie van het natuurbeleid met

beleidsvelden als veiligheid tegen overstromen, agrarische productie, landschap, recreatie en wonen.

Leeswijzer

In de Bevindingen presenteren we de strategie die de overheid zou kunnen volgen om de natuur in Nederland klimaatbestendig te maken. Eerst gaan we in op de redenen voor, de invulling en de uitwerking van de adaptatiestrategie. Daarna geven we aan wat de adaptatiestrategie betekent voor het beleid en welke vervolgstappen de overheid kan nemen bij de implementatie.

In de Verdieping geven we antwoord op de volgende specifieke vragen:

- Met welke klimaatverandering krijgt Nederland te maken? (hoofdstuk 1)
- Welke effecten van klimaatverandering op de Nederlandse natuur zijn bekend en worden verwacht? Welke kansen en bedreigingen biedt klimaatverandering? (hoofdstuk 2)
- Hoe kan Nederland omgaan met de onzekerheden die klimaatverandering met zich meebrengt op de lange termijn? Waaruit bestaat de adaptatiestrategie voor een klimaatbestendige natuur? (hoofdstuk 3)
- Hoe ziet de adaptatiestrategie voor verschillende typen natuur eruit? Waar kunnen welke adaptatiemaatregelen worden getroffen? Waar ligt de synergie met gebruiksfuncties als veiligheid, agrarische productie, landschap en recreatie? (hoofdstuk 4, 5 en 6)
- Wat is de klimaatbestendigheid van het natuurbeleid? Wat betekent de adaptatiestrategie voor de beleidsopgaven? Welke vervolgstappen kan de overheid nemen bij de implementatie? (hoofdstuk 7)

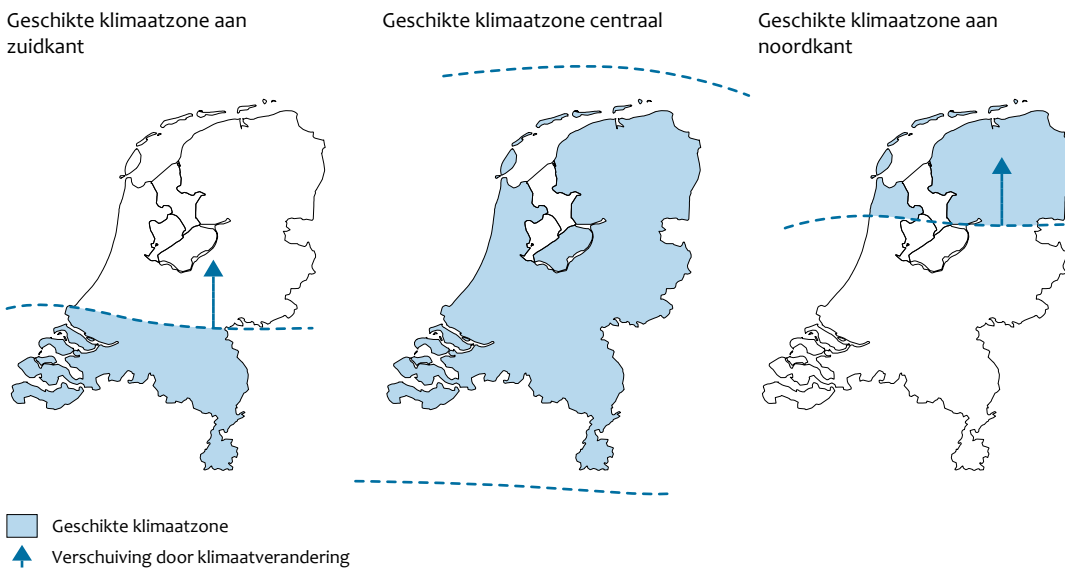
Verder onderzoek

Adaptatiemaatregelen voor natuur in de Noordzee en natuur in de stad zijn, op enkele voorbeelden na, in deze studie niet genoemd. Een langetermijnvisie op de natuur in de Noordzee wordt uitgewerkt in de NVK. Meer integrale ruimtelijke strategieën, met bijvoorbeeld veel aandacht voor de relatie tussen stad en landelijk gebied, worden uitgewerkt in de KBNL-verkenning waarvan het eindrapport in het najaar van 2010 zal verschijnen.

Invloed klimaatverandering op de natuur

Fenologische veranderingen

De temperatuur speelt een belangrijke rol bij de timing van fenologische processen in de jaarcyclus van plantensoorten, zoals de startdatum van het vegetatie seizoen, de vruchtzetting en dergelijke. Voor veel soorten begint het groeiseizoen eerder en duurt het langer, en de bloei van voorjaarsplanten zoals speenkruid en fluitenkruid is in de laatste 150 jaar met twee tot drie weken vervoegd (Van Vliet 2008). Ook insecten en amfibieën laten duidelijke verschuivingen naar voren in het seizoen zien (EEA 2008). Bij trekvogels is het beeld gemengd, waarbij soorten die normaal laat in het seizoen arriveren hun aankomstdatum minder lijken te vervoegen dan soorten die vroeg aankomen (Leysen & Herremans 2004). Door deze wijziging in de jaarcyclus van organismen kunnen mismatches ontstaan bij de interacties tussen soorten, bijvoorbeeld in de relaties tussen prooi en predator of tussen planten en hun



Geschikte klimaatzones in Nederland verschuiven. Voor soorten waarvan de geschikte klimaatzone zich aan de zuidkant van Nederland bevindt, zal het leefgebied zich uitbreiden, voor soorten waarvan de geschikte klimaatzone zich aan de noordkant van Nederland bevindt, zal het leefgebied krimpen.

bestuivers; daardoor kunnen ecosystemen structureel anders gaan functioneren (EEA 2008; Schweiger et al. 2008).

Veranderingen in geografische verspreiding en populatieomvang

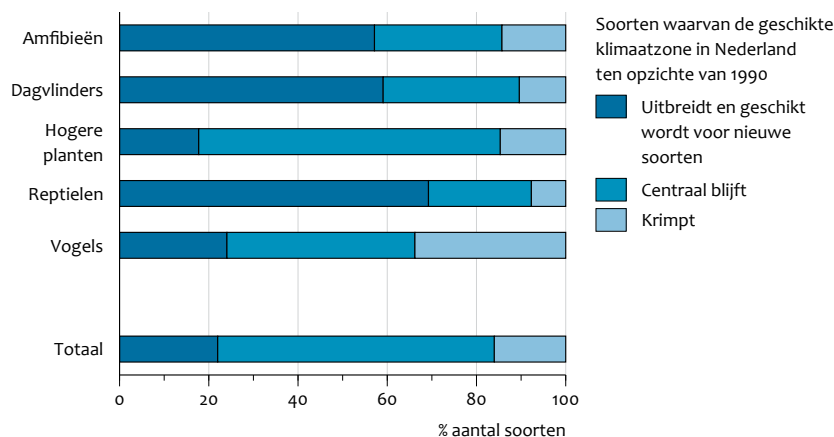
De Nederlandse natuur is aan het veranderen. Geschikte klimaatzones van soorten kunnen verschuiven door temperatuurstijging en verandering van neerslagpatronen (figuur 1). Vooral de zachtere winters hebben ertoe geleid dat het verspreidingsgebied van soorten zich verplaatst naar het noorden en naar hoger gelegen gebieden (EEA 2008). Maar ook langere periodes van droogte in de zomer zijn niet voor alle soorten even geschikt. Soorten gaan achteruit aan de zuidkant van hun verspreidingsgebied, terwijl aan de noordkant juist een uitbreiding kan plaatsvinden. Uitbreiding van het areaal richting Noordpool (of Zuidpool op het zuidelijk halfrond) en bergopwaarts is inmiddels waargenomen voor veel soortgroepen zoals planten (Van der Staaij & Ozinga 2008; Tamis et al. 2005), dagvlinders (Warren et al. 2001) en vogels (Julliard et al. 2004).

Voor 7 procent van de huidige soorten is het klimaat in Nederland nu al minder geschikt geworden. Dit aantal neemt in 2100 toe tot ruim 15 procent van de soorten. Daar staat tegenover dat nu ruim 15 procent en in 2100 ruim 20 procent van de soorten profiteert van klimaatverandering (figuur 2). Dit betekent dat in 2100 bijna 40 procent van de huidige soorten ‘in beweging’ zal zijn vanwege klimaatcondities en dat een verschuiving in de soortensamenstelling van de natuur is te verwachten. Er zijn wel verschillen tussen soortgroepen. Het aantal soorten waarvoor het klimaat in Nederland in 2100 geschikt wordt, neemt volgens de modellen toe voor amfibieën, dagvlinders en reptielen (Van der Veen et al. 2010). Voor hogere planten blijft de verdeling vrijwel gelijk, terwijl voor vogels de fractie waarvoor het klimaat in Nederland ongeschikt wordt relatief groot is.

De vraag is of soorten het tempo van de verschuiving van geschikte klimaatzones kunnen bijhouden. Wanneer de verschuiving van verspreidingsgebieden langzamer verloopt dan de verschuiving van het klimaat, zullen verspreidingsgebieden krimpen; als de klimaatverandering niet op tijd tot stilstand komt, zullen er soorten uitsterven. Of soorten werkelijk in staat zijn hun leefgebied uit te breiden, hangt ook af van de beschikbaarheid van geschikt leefgebied op bereikbare afstand.

Parmesan en Yohe (2003) komen op basis van de verspreidingsgegevens van 99 soorten tot de conclusie dat de areaalgrens elke tien jaar gemiddeld 6,1 kilometer opschuift in noordelijke richting. Uit een analyse van populatietrends blijkt dat de broedvogelgemeenschap in Frankrijk in de laatste twintig jaar ruim 90 kilometer noordwaarts is opgeschoven (Devictor et al. 2008). De temperatuur is in dezelfde periode echter ruim 270 kilometer opgeschoven, waarmee de vogelgemeenschap inmiddels ruim 180 kilometer achterloopt op de opwarming. Deze resultaten laten zien dat vogels, ondanks hun relatief goed verspreidingsvermogen, moeite hebben om de opwarming van het klimaat bij te houden. Mogelijk komt dit door het ontbreken van geschikt leefgebied. Versnippering versterkt het effect van klimaatverandering op de geografische verspreiding van soorten (Ozinga et al. 2007; Vos et al. 2008; Warren et al. 2001).

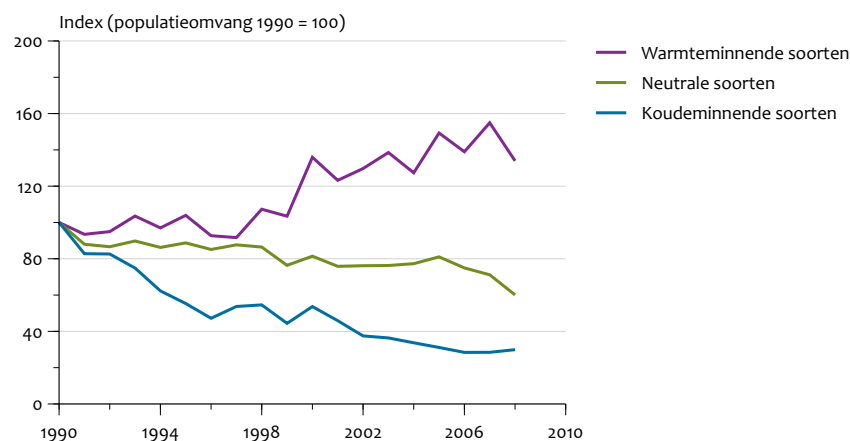
Het is nu al zichtbaar dat koudeminnende soorten in Nederland in aantal achteruitgaan; voorbeelden zijn de velduil en heikikker. Warmteminnende soorten, zoals de koninginpage en de nachtzwaluw, zijn echter in aantal vooruitgegaan (figuur 3). Voor de Nederlandse planten gelden dezelfde trends (Tamis et al. 2005). Daarnaast hebben en zullen nieuwe soorten Nederland koloniseren, zoals de mul in de Noordzee, maar ook ‘plagsoorten’, zoals de eikenprocessierups.



Bron: Van der Veen et al. (2010); bewerking PBL (gebaseerd op verschillende klimaatscenario's en empirische data) Het aantal soorten waarvoor het klimaat in Nederland in 2100 geschikt wordt, neemt volgens de modellen toe voor amfibieën, dagvlinders en reptielen. Voor hogere planten blijft de verdeling vrijwel gelijk, terwijl voor vogels de fractie waarvoor het klimaat in Nederland ongeschikt wordt relatief groot is.

Invloed klimaatverandering op soorten

Figuur 3



Bron: CBS, NEM

Koudeminnende soorten waarvan de geschikte klimaatzone volgens modelvoorspellingen in Nederland krimpt, gaan de laatste jaren sterk in aantal achteruit. Warmteminnende soorten waarvan het klimaat in Nederland door uitbreiding van de geschikte klimaatzone of door de zachtere winters geschikter wordt, nemen in aantal toe. Neutrale soorten waarvan het klimaat in Nederland geschikt blijft, blijven min of meer stabiel.

Ook weersextremen hebben naar verwachting invloed op de natuur. Over de grootte van de effecten door weersextremen is nog relatief weinig bekend. Door weersextremen en een grilliger weerspatroon gaat de populatieomvang meer fluctueren, waardoor kleine populaties meer kans lopen uit te sterven (Piessens et al. 2008; Verboom et al. 2001; Vos et al. 2007). Ook duurt het herstel van populaties na een extreme gebeurtenis langer in een versnipperd leefgebied (Foppen et al. 1999).

Effecten op milieu- en watercondities

Ook de kwaliteit van het leefgebied van soorten kan veranderen. Bij een hogere temperatuur en CO₂-concentratie

neemt de decompositie toe en komen meer voedingsstoffen beschikbaar. De plantenproductie neemt hierdoor toe, vooral in nutriëntarme ecosystemen als heide. In heidesystemen heeft dit naar verwachting een verdere vervanging van heide door grassen tot gevolg (Heijmans & Berendse 2009).

Afhankelijk van de omvang en de richting van de klimaatverandering zal de verandering in de waterhuishouding zowel positieve als negatieve effecten hebben op de standplaatscondities. Klimaatverandering zal vooral gevolgen hebben voor vegetaties die voor hun watervoorziening geheel zijn aangewezen op de atmosfeer (Witte et al. 2009a,b). Grondwateronafhankelijke vegetaties als droge heide, droge



Het Nederlandse klimaat wordt door de opwarming geschikt voor veel soorten waarvoor het voorheen te koud was. Nieuwe soorten uit warmere streken kunnen zich in potentie vestigen, zoals de Provençaalse grasmus (foto: Daniele Occhiato/Buiten-beeld) en de esculaaplang (foto: Rob Bugter).

duingraslanden en droge bossen op de hogere zandgronden zullen te maken krijgen met een groter vochttekort in het groeiseizoen. Voor droge heide is deze ontwikkeling mogelijk gunstig, doordat de vegetatie een opener, structuurrijker karakter krijgt.

Ook in natte en alleen door regenwater gevoede ecosystemen kunnen grote veranderingen optreden. Door een toenemende vochtdynamiek en temperatuur zullen karakteristieke vegetaties van hoogvenen, vennen en natte heiden het naar verwachting moeilijker krijgen. De ontwikkeling van levend hoogveen in Nederland wordt onder het warmste en droogste scenario voor Nederland (W+-scenario, KNMI 2006), waarschijnlijk zelfs kritiek. Mits het infiltratiegebied groot genoeg is, kan een toename van kwel plaatsvinden naar lage gebieden als beekdalen en duinvaleien, wat juist gunstig is voor de typen natuur die afhankelijk zijn van kwelwater.

De waterkwaliteit van sloten en meren zal vermoedelijk achteruitgaan, doordat in de zomer de watertemperatuur stijgt en het risico op droogval, verzilting en de invloed van sulfaatrijk water uit de grote rivieren toeneemt. Door hogere watertemperaturen zullen probleemverschijnselen als blauwalgen en botulisme toenemen (Van de Bund & Van Donk 2004; Mooij et al. 2005; Wanink et al. 2008).

In de open zeearmen zullen bij een stijgende zeespiegel de arealen droogvallende platen en ondiepe zones afnemen. Maar in de Waddenzee wordt de verwachte zeespiegelstijging van 35 tot 85 centimeter in deze eeuw (KNMI 2006) waarschijnlijk voldoende gecompenseerd door de natuurlijke ophoging met zand en slib (Van Dobben & Slim 2005). De droogvallende platen in de Waddenzee zullen daardoor naar verwachting blijven bestaan.

Gevolgen voor de biodiversiteit en het functioneren van ecosystemen

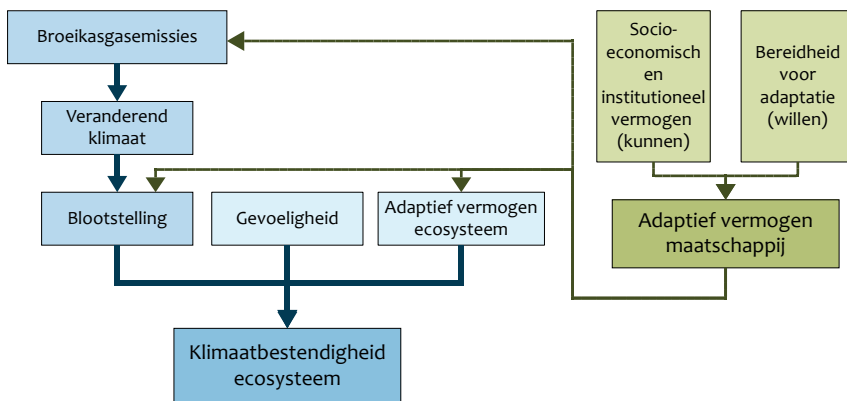
Als klimaatverandering doorzet, zullen ecosystemen de komende eeuw dus te maken krijgen met continue veranderingen in soortensamenstelling en standplaatscondities. Ze zullen worden blootgesteld aan

verstoringen die in frequentie en intensiteit zullen toenemen. Niet alle soorten reageren hetzelfde op klimaatverandering. Hierdoor kunnen bestaande relaties tussen soorten binnen leefgemeenschappen gedeeltelijk uit elkaar vallen en zullen er mogelijk 'gaten' in het functioneren van ecosystemen ontstaan (Schweiger et al. 2008). In hoeverre ecosystemen anders gaan functioneren als de soortensamenstelling verandert of de biodiversiteit afneemt, hangt af van de rol die verdwenen soorten binnen het ecosysteem vervulden (Kramer & Geijzenborffer 2009). Als soorten sterk structuurbepalend waren of een sleutelrol vervulden in het systeem, dan zal het verdwijnen ervan een groter effect hebben. Ook de komst van nieuwe soorten kan een grote invloed hebben op het functioneren van ecosystemen. Klimaatverandering heeft dus gevolgen voor de biodiversiteit en daarmee voor het strategische doel van het natuurbeleid (behoud en ontwikkeling van biodiversiteit).

De veranderingen in standplaatscondities zijn complex en nog gedeeltelijk onverklaard. Ze lijken zowel gunstige als ongunstige effecten te hebben voor de biodiversiteit, en zijn deels afhankelijk van de locatie. Er is ook sprake van interacties tussen de verschillende effecten, waardoor het moeilijk wordt het totaaleffect op ecosystemen te voorspellen. Zo treedt de hardere groei van de vegetatie als gevolg van temperatuurstijging en CO₂-toename bijvoorbeeld niet op bij extreme droogte. Natuurlijke successie in bossen kan bufferend werken voor koudeminnende soorten; in de hellingbossen van Zuid-Limburg zijn deze soorten de afgelopen twintig jaar hierdoor zelfs vooruitgegaan (Van der Staaij & Ozinga 2008).

Natuur klimaatbestendig door groter adaptief vermogen

De onzekerheden over de omvang en het tempo van klimaatverandering, de maatschappelijke reactie hierop, de effecten hiervan op ecosystemen en de interacties met andere belastende factoren als vermessing en versnippering, maken het gewenst dat een strategie is gebaseerd op *adaptive management*. Dit betekent dat het tempo en de omvang van de strategie 'opschaalbaar' zijn naar het tempo van klimaatver-



De klimaatbestendigheid van ecosystemen hangt niet alleen af van de blootstelling, de gevoeligheid en het adaptief vermogen van die ecosystemen, maar ook van het adaptief vermogen van de maatschappij.

andering en dat ze in staat is om verschillende verstoringen op te vangen, zoals droge en natte extremen. Ook is het van belang dat de strategie toepasbaar is in het beleid en dat ze kan worden aangepast op basis van voortschrijdende kennis. Een strategie die aan deze criteria voldoet, is een strategie die is bedoeld om het adaptief vermogen van ecosystemen te versterken (figuur 4). Met adaptief vermogen bedoelen we het vermogen van een ecosysteem om ondanks verstoringen te blijven functioneren.

Of er daadwerkelijk maatregelen worden genomen, hangt allereerst af van het adaptief vermogen van de maatschappij zelf. Dit is het maatschappelijk vermogen en de maatschappelijke wil om in een veranderende omgeving aanpassingen te plegen die nodig zijn om voort te bestaan. De maatschappij is zich inmiddels bewust van de risico's die klimaatverandering met zich meebrengt. Er zijn al allerlei acties in gang gezet, zoals het (inter) nationale klimaatbeleid om de emissie van broeikasgassen te beperken (PBL 2009b) en het Deltaprogramma bedoeld om Nederland klimaatbestendig te maken. De Europese Commissie heeft een witboek uitgebracht over kwetsbaarheid en klimaatadaptatie (COM 2009) en enkele maatschappelijke organisaties zijn het project 'Natuurlijke klimaatbuffers' gestart (Andriess et al. 2007), een initiatief om in het natuurbeheer en -beleid met klimaatverandering om te gaan. Daarnaast heeft de IBO-werkgroep Natuur onderzocht hoe de biodiversiteit zo doeltreffend en efficiënt mogelijk kan worden veiliggesteld, rekening houdend met klimaatverandering (IBO 2010).

Groter adaptief vermogen door meer biodiversiteit

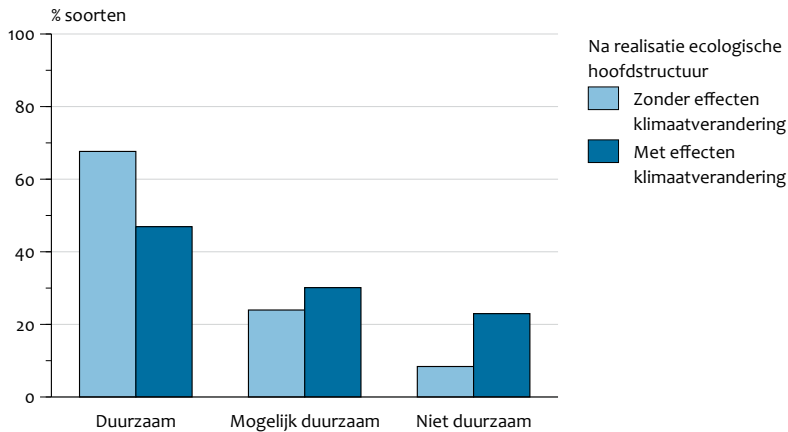
Biodiversiteit is een belangrijke component van het adaptief vermogen van een ecosysteem, omdat een hoge biodiversiteit risicospreiding geeft (zie ook Kramer & Geijzenorffer 2009). Een ecosysteem bestaat uit relaties tussen soorten in diverse functionele groepen. Een functionele groep bestaat uit soorten die ongeveer dezelfde functie in een ecosysteem vervullen, zoals bestuivers, strooiselafbrekers, herbivoren of insectenetters. Het risico bestaat dat veel vertegenwoordigers van functionele groepen of zelfs gehele functionele groepen lokaal verdwijnen door weersextremen, zoals overstromin-

gen of droogte, waardoor het ecosysteem slechter gaat functioneren. Een grote functionele biodiversiteit betekent dus risicospreiding, er is dan immers meer variatie in de functionele kenmerken van soorten. Kan de soort met de ene kenmerken niet overleven, dan kan de soort met de andere kenmerken dat wel.

Daarnaast is de responsdiversiteit van de soorten, dus hoe de soorten verschillend van elkaar reageren binnen een functionele soortengroep, van essentieel belang voor het adaptief vermogen van het ecosysteem. Het adaptief vermogen neemt ook toe als soorten binnen een functionele groep zich bewegen over verschillende schalen in ruimte en tijd. Bijvoorbeeld, als een insectensoort die zich bij gunstige omstandigheden tot een plaag kan ontwikkelen slechts wordt gegeten door één specialistische roofkever met een levensduur van een jaar en een verspreidingsvermogen van enkele tientallen meters, dan kan de plaagsoort gemakkelijk ontsnappen aan zijn predator en zich tot plaag ontwikkelen (Tschardt et al. 2005). Wordt de plaagsoort echter ook gegeten door insectensoorten die meerdere jaren leven en zich over honderden meters verspreiden, dan is de kans op een uitbraak al kleiner. Zijn er bovendien vogels die de plaagsoort eten en over vele kilometers hun voedsel verzamelen, dan neemt de kans op een plaag nog verder af.

Groter adaptief vermogen door meer interne heterogeniteit en natuurlijke dynamiek

Variatie in standplaatscondities is ook een belangrijke component van het adaptief vermogen van het ecosysteem. De interne heterogeniteit van condities in een gebied speelt een centrale rol in het herstel van de populaties in dat gebied na een verstoring (Den Boer 1986; Piha et al. 2007). Interne heterogeniteit of gradiënten ontstaan in gebieden waar ruimte is voor overgangen van nat naar droog, voor open en dichte vegetatie, voor hoogteverschillen, enzovoort. Herstel treedt op vanuit die delen van het gebied die niet zijn getroffen en van waaruit het getroffen deel opnieuw kan worden gekoloniseerd. Natuurlijke landschapsvormende processen zijn eveneens belangrijk voor het adaptief vermogen. Als natuurlijke dynamiek de ruimte krijgt, kan er een nieuwe



De omvang van natuurgebieden is na een voltooide EHS voldoende voor ongeveer twee derde van de faunadoelsoorten. Wanneer rekening wordt gehouden met de effecten van klimaatverandering geldt dit nog maar voor de helft. In deze analyse hebben we de aanname verkend dat sleutelgebieden voor populaties tweemaal zo groot moeten zijn, willen de populaties weersextremen kunnen opvangen.

leefgemeenschap ontstaan die beter is aangepast aan het veranderde klimaat.

Groter adaptief vermogen door omvangrijke populaties in ecologische netwerken

Populaties vertonen grotere aantalschommelingen wanneer er weersextremen optreden, zoals perioden van langdurige droogte of extreme neerslag. De kans op uitsterven neemt daardoor toe. Grotere populaties kunnen schommelingen in de aantallen, door bijvoorbeeld een jaar met mislukte reproductie of grotere sterfte, beter opvangen dan kleinere populaties (Verboom et al. 2001). Ook het herstelvermogen na een verstoring verloopt sneller in grote populaties. Daarnaast zijn grotere populaties sneller in staat nieuwe leefgebieden te koloniseren, zodat soorten de klimaatverandering beter kunnen bijhouden. Soorten hebben dus grotere populaties en daarmee grotere gebieden nodig om bij toenemende kans op weersextremen te kunnen overleven.

Veel natuurgebieden in Nederland zijn zo klein dat ze als geheel kunnen worden getroffen door bijvoorbeeld langdurige droogte, waardoor hele functionele groepen kunnen verdwijnen. Herstel is dan alleen mogelijk vanuit natuurgebieden in de omgeving. Ecologische netwerken van ecosystemen zijn daarom van cruciaal belang voor het herstelvermogen, omdat lokaal herstel kan optreden door hervestiging vanuit andere delen van het netwerk (Opdam & Wiens 2002). Binnen het netwerk is het belangrijk dat alle successiestadia aanwezig zijn om de soortenrijkdom en het lokale ecosysteem van het getroffen gebied weer op te bouwen.

Natuur niet klimaatbestendig bij huidig natuurbeleid

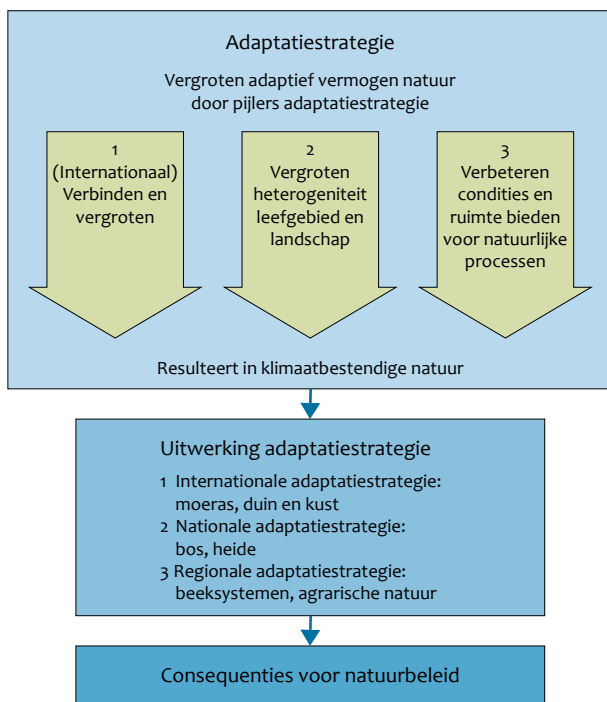
Een groot adaptief vermogen is belangrijk voor klimaatbestendigheid van de natuur. De vraag is daarom of eigenschappen die het adaptief vermogen bepalen – biodiversiteit, omvang, kwaliteit van condities, heterogeniteit, dynamiek

en ruimtelijke samenhang van gebieden – voldoende sterk zijn ontwikkeld om de gewenste klimaatbestendigheid te garanderen.

De biodiversiteit staat in Nederland onder druk (PBL 2009a). In veel ecosystemen neemt de biodiversiteit af. Veel gebieden zijn te klein en versnipperd, ook na uitvoering van de ecologische hoofdstructuur (EHS). Bij optimale standplaatscondities zullen natuurgebieden groot genoeg zijn voor naar schatting twee derde van faunadoelsoorten (figuur 5). Wanneer echter rekening wordt gehouden met de effecten van klimaatverandering, dan geldt dit nog maar voor de helft van de soorten. Bij klimaatverandering krijgt de natuur immers te maken met een toenemend aantal weersextremen, en om die op te vangen zijn grotere gebieden en grotere populaties nodig. Daarnaast bieden grotere gebieden meer ruimte voor interne heterogeniteit, wat een dempende werking heeft op extremen.

Weersextremen hebben dus in theorie een grote invloed op de effectiviteit van het huidige natuurbeleid. De omvang van de weersextremen in de toekomst is echter onzeker, en over de effecten op het overleven van soorten is relatief weinig bekend.

De omvang van de gebieden is niet het enige ruimtelijke knelpunt. De afstanden tussen de natuurgebieden moeten voor dieren en planten zijn te overbruggen, zodat ze een nieuw leefgebied kunnen bereiken. Uit een steekproef blijkt dat in Nederland 40 procent van de diersoorten een of meerdere locaties heeft waar de gebieden te ver uit elkaar liggen om migratie mogelijk te maken. Sommige soorten, zoals de roerdomp, hebben één groot netwerk binnen Nederland, terwijl weinig mobiele soorten met een kleine oppervlaktebehoefte, zoals de kamsalamander, zeer veel kleine netwerkjes hebben die onderling niet verbonden zijn. Daarnaast moet de internationale aansluiting van gebieden worden verbeterd, zodat soorten over grote afstand kunnen



Structuur van voorgestelde adaptatiestrategie, gericht op een klimaatbestendige natuur.

migreren tussen de huidige en toekomstige geschikte klimaatzones, die honderden kilometers uit elkaar kunnen liggen.

De milieudruk op natuur neemt de laatste decennia af (PBL 2009a). Ondanks deze afname blijven verdroging, vermessing en verzuring een belasting voor de natuur. Klimaatverandering kan deze knelpunten mogelijk versterken. Afhankelijk van de omvang en de richting van de klimaatverandering zal dit zowel positieve als negatieve effecten hebben op de standplaatscondities (zie ‘Invloed klimaatverandering op natuur’).

Dankzij het huidige beleid neemt het adaptief vermogen van de natuur in Nederland toe, door verbetering van de ruimtelijke samenhang en milieu- en watercondities van natuurgebieden. De natuur blijft bij uitvoering van het huidige beleid kwetsbaar voor de gevolgen van klimaatverandering. Daarom heeft het PBL een adaptatiestrategie ontwikkeld om het risico van biodiversiteitsverlies te verkleinen.

Adaptatiestrategie voor klimaatbestendige natuur

De adaptatiestrategie voor natuur is opgebouwd uit drie pijlers, die in combinatie het adaptief vermogen van ecosystemen en soorten vergroten en daarmee bijdragen aan de klimaatbestendigheid van de Nederlandse natuur (figuur 6).

Pijler 1: Natuurgebieden (internationaal) met elkaar verbinden om het verschuiven van soorten mogelijk te maken. Natuurgebieden vergroten zodat ze beter bestand zijn tegen weersextremen.

Pijler 2: De heterogeniteit en gradiënten vergroten in natuurgebieden en omliggend landschap, zodat de gebieden beter bestand zijn tegen weersextremen.

Pijler 3: De standplaatscondities in natuurgebieden verbeteren en daarbij zo veel mogelijk gebruikmaken van natuurlijke landschapsvormende processen.

De maatregelen uit de drie pijlers zijn bedoeld om knelpunten weg te nemen die door klimaatverandering kunnen ontstaan en om kansen aan te grijpen die klimaatverandering voor natuur kan bieden. De maatregelen kunnen deel uitmaken van een geïntegreerde adaptatiestrategie, waarbij natuurdoelen worden gekoppeld aan andere doelstellingen zoals, veiligheid of recreatie. Ze kunnen zowel binnen als buiten natuurgebieden worden toegepast om de relatie met het omliggende landschap te versterken.

Uitgangspunten voor de strategie zijn de strategische natuurdoelen van LNV, dat wil zeggen: *behoud en ontwikkeling van biodiversiteit in Nederland* (LNV 2007). Ook de huidige ligging van natuurgebieden heeft als vertrekpunt voor de strategie gefungeerd. De huidige natuurdoelen liggen daarbij echter niet op voorhand vast, omdat deze als gevolg van klimaatverandering of door de adaptatiestrategie zelf kunnen veranderen. Dit betekent dat de uitvoering van de adaptatiestrategie consequenties heeft voor het natuurbeleid.

Doordat typen natuur verschillen in internationale betekenis, kwetsbaarheid voor klimaatverandering en kansen die klimaatverandering mogelijk biedt, is de strategie voor verschillende typen natuur afzonderlijk beschreven: een strategie voor duin, kust, moeras, heide en bos, en een strategie voor kleinschalige natuurgebieden. Inherent aan deze keuze is dat

de landschapsecologische relaties tussen verschillende typen ecosystemen minder goed uit de verf komen. Bij verdere uitwerking en regionale implementatie van de voorgestelde adaptatiestrategie is het belangrijk om wel met deze relaties rekening te houden.

Als we de Nederlandse natuur in de Europese context bekijken, dan draagt Nederland een relatief grote internationale verantwoordelijkheid voor ecosystemen die typerend zijn voor een laaglanddelta: duinen, kwelders en schorren, en moeras. Voor deze ecosystemen ligt het voor de hand dat in Nederland een *internationale adaptatiestrategie* wordt toegepast. Voor heide en bos stellen we een *nationale strategie* voor. De heiderestanten zijn zo versnipperd dat een internationale adaptatie geen realistische optie is. Voor bossen geldt dat de Veluwe een van de grootste natuurgebieden in ons deel van Europa is; dit geeft het gebied een grote waarde. Vanuit Europees perspectief gezien ligt het echter meer voor de hand om de uitgestrekte bosgebieden in Centraal- en Noord-Europa als concentratiegebied voor Europese adaptatie aan te wijzen. Als derde categorie is een *regionale adaptatiestrategie* ontwikkeld voor kleinschalige natuurgebieden. Het gaat hier veelal om een mozaïek van verschillende typen natuur in multifunctionele landschappen, vaak met een grote cultuurhistorische waarde. Een regionale, multifunctionele adaptatiestrategie waarbij natuur een van de functies is, biedt goede kansen. Beeksystemen kunnen bijvoorbeeld een belangrijke rol spelen bij het versterken van de regionale klimaatbestendigheid, doordat ze water opvangen en vasthouden.

Voor alle uitwerkingen van de adaptatiestrategie geldt dat het accent ligt op het omgaan met veranderingen en onzekerheden en op de strategische doelen van het natuurbeleid.

Internationale adaptatiestrategie voor duin, kust en moeras

Internationale klimaatcorridor duin en kust en herstel van natuurlijke processen

Nederland vormt een belangrijk onderdeel van een internationaal duin- en kustecosysteem. De ruimtelijke samenhang van het ecosysteem kan de migratie van soorten naar het noorden ondersteunen. Een groot deel van de duin- en kustgebieden is groot genoeg om effecten van klimaatverandering op te vangen. Alleen de gebieden langs Zeeuwse kust en delen van de Noord- en Zuid-Hollandse kust zijn versnipperd en vergen dan ook een grotere ruimtelijke aanpassing.

Op basis van deze inzichten is gekozen voor een strategie waarbij Nederland een belangrijke schakel vormt binnen de Europese klimaatadaptatie; deze strategie omvat het ontwikkelen van een internationale klimaatcorridor voor duin en kust (figuur 7). Deze klimaatcorridor functioneert als zoekgebied waarbinnen maatregelen kunnen worden genomen om het adaptief vermogen van het duin- en kustecosysteem te vergroten.

De belangrijkste maatregelen binnen de klimaatcorridor zijn bedoeld om de natuurlijke, landschapsvormende processen te herstellen, zoals sedimentatie en erosie (figuur 4, pijler 3).

Deze natuurlijke processen bevorderen de heterogeniteit binnen het systeem (pijler 2). Ook is het binnen de klimaatcorridor nodig om duingebieden te vergroten en barrières weg te nemen voor migrerende soorten (pijler 1).

In het verleden zijn maatregelen voor de kustveiligheid ten koste gegaan van de natuurlijke dynamiek en natuurlijke processen, waardoor veel heterogeniteit van het systeem verloren is gegaan. Hierbij gaat het vooral om zoet-zoutgradiënten en vroege successiestadia van de vegetatie.

Volgens de huidige inzichten kunnen natuurlijke processen juist bijdragen aan de kustverdediging (Deltacommissie 2008). Het is dan ook van belang om deze natuurlijke processen te herstellen, bijvoorbeeld door zandsuppletie. Hiervoor kan een zandeiland worden aangelegd voor de kust, een zogenaamde zandmotor (VenW 2008).

Het Waddengebied vormt één geheel met Duitsland en Denemarken. Langs de Belgische kust zijn de duinen sterk versnipperd geraakt, maar zijn er wel mogelijkheden voor duinontwikkeling. Mogelijk is de aanleg van een eiland voor de kust als zandmotor ook een oplossing voor België om de kust te beschermen tegen zeespiegelstijging. Dit kan ook de ruimtelijke samenhang van het duinsysteem verbeteren.

Internationale klimaatcorridor moeras als zoekgebied voor het nemen van maatregelen

In de adaptatiestrategie gaat het om moerassen in laag Nederland en langs rivieren, zoals rietland en ruigte, natte schraalgraslanden, stroomdalgraslanden en struweel, en grienden op laagveen.

Als gevolg van klimaatverandering komt het duurzaam voorkomen van moeras sterker onder druk te staan. Omdat Nederland als laaglanddelta een relatief grote Europese verantwoordelijkheid heeft voor moerasnatuur, is gekozen voor een internationale strategie: het ontwikkelen van een internationale klimaatcorridor moeras waar Nederland deel van uitmaakt en waarbinnen het bijdraagt aan de Europese klimaatadaptatie voor moeras (figuur 5). De klimaatcorridor moeras verbindt de Nederlandse moerasbolwerken onderling en met moerassen elders in Europa. De strategie van een klimaatcorridor houdt in dat adaptatiemaatregelen vrij geconcentreerd worden toegepast. Ze worden kosteneffectiever, omdat ze op de beste locaties worden ingezet en omdat ruimtelijk geconcentreerde maatregelen elkaar versterken.

De klimaatcorridor functioneert als zoekgebied waarbinnen maatregelen worden genomen om het adaptief vermogen van moerasnatuur te vergroten. De eerste pijler is de ontwikkeling van een internationaal netwerk van moerasesystemen van voldoende omvang en samenhang (figuur 4, pijler 1). Daarnaast worden maatregelen genomen om de heterogeniteit en gradiënten binnen natuurgebieden en het omringende landschap te vergroten (pijler 2). Ten slotte draagt het verbeteren van de standplaatscondities bij aan het adaptief vermogen, bij voorkeur door meer ruimte te geven aan landschapsvormende processen, bijvoorbeeld in het rivierengebied (pijler 3). De maatregelen vergroten het adaptief vermogen van het ecosysteem ter plaatse en bieden soorten



De ontwikkeling van een internationale corridor duin, kust en moeras, en andere maatregelen, zoals de aanleg van een 'zandmotor', vergroten het adaptief vermogen van het ecosysteem.

tegelijkertijd de mogelijkheid om te migreren naar gunstige klimaatzones, wanneer het klimaat ongeschikt wordt.

Wanneer er maatregelen worden getroffen voor de waterveiligheid kan tegelijkertijd worden gewerkt aan de realisatie van de klimaatcorridor moeras. Vooral langs de grote rivieren maar ook in laag Nederland zijn er kansen om moerasnatuur te realiseren en de natuurlijke dynamiek te bevorderen. Voor laag Nederland is het aanwijzen van overstromingsgebieden in diepgelegen polders hier een goed voorbeeld van (Woestenburg 2009). Het aansluiten bij maatregelen om het rivierengebied beter te beschermen tegen overstromingen (programma Ruimte voor de Rivier) biedt kansen voor natuur.

Voor de aansluiting van de nationale klimaatcorridor moeras op een Europese corridor bestaan verschillende mogelijkheden. Een verbinding naar het zuiden via het stroomgebied van de Schelde biedt grote kansen doordat de standplaatscondities daar goed zijn; bovendien bestaan er al concrete plannen voor dit gebied. De stroomgebieden van Rijn, Vecht, Reest en Ems verbinden de Nederlandse klimaatcorridor moeras met Duitsland.

Nationale adaptatiestrategie voor heide en bos

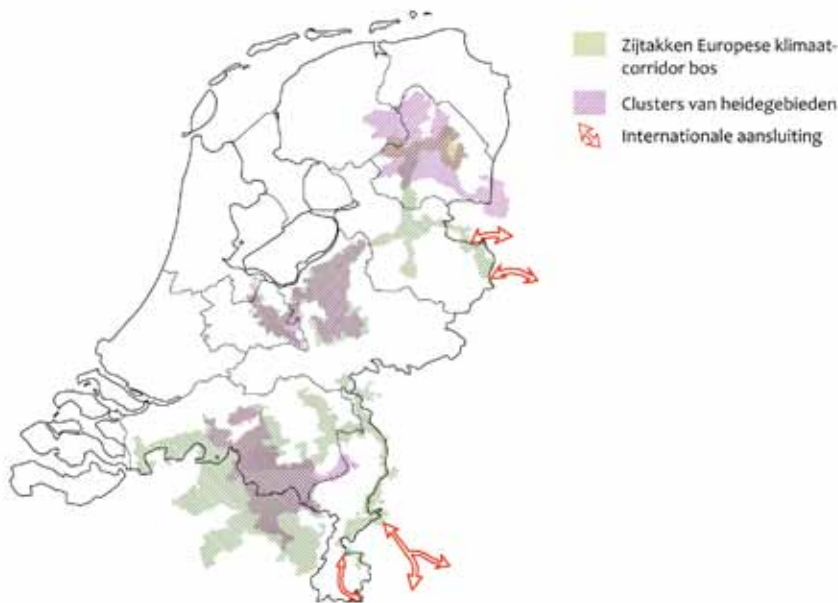
Adaptatiemaatregelen concentreren binnen een viertal clusters van heidegebieden

In Nederland zijn de heidegebieden sterk versnipperd, op enkele clusters na. Dit geldt ook voor de omliggende landen. Het verbeteren van de ruimtelijke samenhang op internationale schaal is daarom geen realistische optie. De verwachte veranderingen in standplaatscondities en

soortensamenstelling als gevolg van klimaatverandering zijn bovendien relatief groot en lijken ongunstig voor hoogveen en gunstig voor droge heide.

Er is daarom gekozen voor een nationale strategie, met als centrale doelstelling het versterken van het adaptief vermogen in de vier Nederlandse clusters met een hoge dichtheid aan grote heidegebieden (zie figuur 8). Deze clusters dragen sterk bij aan het kunnen voortbestaan van heidesoorten in Nederland. In de clusters kunnen maatregelen worden genomen om het adaptief vermogen van het heide-ecosysteem te vergroten. De belangrijkste pijler van de adaptatiestrategie voor heide is het ontwikkelen van een grotere heterogeniteit, door natte heide, hoogveen en droge heide te beheren als mozaïeken met geleidelijke overgangen (figuur 4, pijler 2). Een ander aandachtspunt is het verbeteren van de ruimtelijke samenhang binnen de clusters, door gebieden te vergroten en met elkaar te verbinden (pijler 1). Ook worden maatregelen voorgesteld om de standplaatscondities te verbeteren (pijler 3).

Een maatregel als het vergroten van de ruimtelijke samenhang tussen de heidegebieden is deels grensoverschrijdend uitvoerbaar. De heideterreinen in België kunnen bijvoorbeeld noordwaarts worden uitgebreid, in de richting van de heidegebieden in Nederland. Aanhaken bij de heidegebieden in Midden- en Zuidwest-Europa is moeilijker; deze heidegebieden liggen sterk geïsoleerd ten opzichte van de heidegebieden in de rest van Europa. Daarvoor zal grootschalige heideontwikkeling in Frankrijk en België of actieve verspreiding van zaden met schaapskuddes of maaisel nodig zijn.



De nationale strategie voor bos en heide kent twee opgaven: de adaptatiemaatregelen voor heide concentreren binnen (grensoverschrijdende) clusters van ‘mozaïekgebieden’, en Nederlandse bossen ontwikkelen tot zijtakken van een Europese klimaatcorridor bos.

Nederlandse bossen als zijtakken van de Europese klimaatcorridor bos

De duurzaamheid van de Nederlandse bossen gaat achteruit doordat gebieden mogelijk te klein zijn om weersextremen op te vangen en ruimtelijke knelpunten het migreren van soorten verhinderen. De veranderingen in standplaatscondities lijken niet ingrijpend te zijn. De adaptatiestrategie voor de Nederlandse bossen richt zich vooral op het vergroten van de ruimtelijke samenhang (pijl 1). Oostelijk van Nederland liggen grote aaneengesloten bosgebieden, maar die grenzen niet aan de Nederlandse bossen. Het ligt daarom niet voor de hand dat Nederland deel zal uitmaken van een Europese klimaatcorridor voor bossen. Voor de klimaatbestendigheid en het adaptief vermogen van de Nederlandse bossen is het echter wel belangrijk om aan te sluiten op de internationale klimaatcorridor. Soorten waarvoor het klimaat ongeschikt wordt, zullen op termijn uit Nederland verdwijnen. Via de internationale klimaatcorridor kunnen ‘nieuwe soorten’ waarvoor het klimaat geschikt wordt, de Nederlandse bossen koloniseren, waardoor de functionele biodiversiteit op peil zou kunnen blijven.

Als adaptatiestrategie wordt daarom voorgesteld om de Nederlandse bossen te ontwikkelen als zijtakken van een Europese klimaatcorridor bos. De zijtakken worden begrensd door gebieden die relatief veel bijdragen aan het duurzaam voorkomen van bossoorten, zoals de Veluwe, het Drents-Friese Wold en de Brabantse Wal. De aansluiting op de grotere Europese bosgebieden vraagt nog een flinke inspanning. De meest kansrijke routes lopen door Limburg richting België en door Overijssel richting Duitsland.

Regionale adaptatiestrategie voor kleinschalige natuurgebieden

Kleinschalige natuurgebieden vormen samen een soort mozaïek van verschillende typen natuur in multifunctionele landschappen. Vaak hebben ze een grote cultuurhistorische waarde, zoals de Achterhoek en Twente. Een regionale, multifunctionele adaptatiestrategie ligt dan voor de hand, waarbij ‘natuur’ één van de functies is. Hierbij gaat het erom naar een synergie te streven tussen natuur en andere functies, zoals landbouw, waterregulatie, recreatie en landschap. Natuuradaptatiemaatregelen hoeven dan niet per definitie te leiden tot aankoop van meer natuur en een uitbreiding van het natuurareaal. Zo gaat in Groningen aanpassing van de waterregulatie samen met aanpassing van de natuurfunctie. De klimaatverandering noopt waarschijnlijk tot een grotere opgave voor de waterberging. Het waterschap kan ruim 10 procent van de extra wateropgave voor klimaatverandering realiseren door een klimaatcorridor voor moeras en nat schaalgrasland aan te leggen via de voor natuur optimale routes (Roggema et al. 2009; Van Rooij et al. 2009). Ook in de westelijke veenweidegebieden kan een combinatie van water- en natuuradaptatiemaatregelen leiden tot synergie. Het ontwikkelen van moerasnatuur in de gebieden die het meest kwetsbaar zijn voor bodemdaling kan helpen om zowel bodemdaling tegen te gaan als een klimaatbestendige moerasnatuur te ontwikkelen (Woestenburg 2009). Tot slot ligt de ‘natuur-watercombinatie’ voor de hand bij beeksystemen. Beeksystemen spelen een sleutelrol bij een regionale multifunctionele klimaatadaptatie van de hogere zandgronden (Verdonschot 2010). Beeksystemen bestaan uit een beek met omliggende typen natuur en vormen een fijnmazig netwerk van natuurlijke groen-blauwe dooradering. Ze zijn bijvoorbeeld belangrijk voor het reguleren van de regionale water-

huishouding (Agricola et al. 2010). Het herstel van natuurlijke en stromende beeklopen kan bijdragen aan het opvangen van wateroverlast bij piekafvoeren. Een groter watervasthoudend vermogen in de bovenlopen van beeksystemen komt de regionale waterhuishouding ten goede: er zullen dan minder watertekorten ontstaan gedurende droge periodes in de zomer. Dit voorkomt droogteschade in de landbouw en biedt bovenstrooms kansen voor natuurontwikkeling (Stuijzand et al. 2008).

Ook maatregelen in de omgeving van en tussen natuurgebieden in multifunctionele zones kunnen effectief zijn. Maatregelen in de waterhuishouding en nutriëntenhuishouding van zogenoemde beïnvloedingsgebieden (gebieden die invloed hebben op natuurgebieden, zie Kuijpers-Linde et al. 2007) kunnen sterk bijdragen aan de condities in de natuurgebieden zelf. Het rendement van het natuurbeleid zal door deze ingrepen toenemen, evenals de cultuurhistorische waarden van het landschap in de beïnvloedingszones.

Consequenties voor het natuurbeleid

De voorgestelde adaptatiestrategie vormt geen trendbreuk met de doelen van de EHS (inclusief de robuuste verbindingen) en Natura 2000: beschermen, vergroten, verbinden, verbeteren van standplaatscondities en waar nodig beheren. De invulling, prioritering en evaluatie van deze doelen zijn in de voorgestelde strategie echter wel anders dan in het huidige beleid. Zo verschuift de focus van het beleid van soorten naar adaptief vermogen van ecosystemen. Ook noopt klimaatverandering tot keuzes in internationale context. We stellen daarom voor in te zetten op internationale verbindingen en de doelen en de strategie voor biodiversiteit te differentiëren over drie schaalniveaus. Wat betekenen deze voorstellen voor het rijksnatuurbeleid?

Klimaatverandering speelt nu al, maar vooral ook op de lange termijn. Het Rijk kan echter al op korte termijn inspanningen leveren en het natuurbeleid aanpassen, om zo in te spelen op mogelijke effecten van klimaatverandering. We gaan hier kort in op de stappen die de overheid kan zetten binnen de EHS en de Vogel- en habitatrichtlijn (VHR), en op de manier waarop zij natuurdoelen met andere doelen kan combineren.

Streven naar duurzaam functionerende natuur met groot adaptief vermogen

Natuur is dynamisch, continu volgen verschillende stadia van successie elkaar op. Klimaatverandering voegt daar nog extra dynamiek aan toe: oplopende temperaturen, zeespiegelstijging en frequentere en heftigere weersextremen qua neerslag en temperatuur. Als gevolg hiervan zullen ook soorten vaker gaan schommelen in aantal en zullen nieuwe soorten verschijnen en oude verdwijnen. Het is dus niet realistisch om in het natuurbeleid te sturen op het duurzaam voortbestaan van specifieke soorten op specifieke plaatsen.

Klimaatverandering vraagt dan ook om een aangepast natuurbeleid. In dat beleid moeten, meer dan nu het geval is, randvoorwaarden worden gecreëerd waaronder het ecosysteem of ecologische netwerk als geheel, duurzaam kan functioneren. Ook zullen met het beleid de risico's van klimaatverande-

ring kleiner moeten worden door het adaptief vermogen van de natuur te vergroten.

Deze aanpassing van doelen en instrumenten geldt niet alleen voor het nationale beleid. Ook de doelen van Natura 2000 zouden zich niet meer moeten richten op het duurzaam voortbestaan van specifieke soorten op specifieke plaatsen. Verder is het belangrijk dat voor typen natuur of soorten waarvoor de huidige beschermde gebieden op termijn ongeschikt worden, bereikbaar leefgebied aanwezig is in de nieuwe geschikte gebieden ergens anders in Europa.

Maatregelen concentreren in clusters van gebieden en corridors

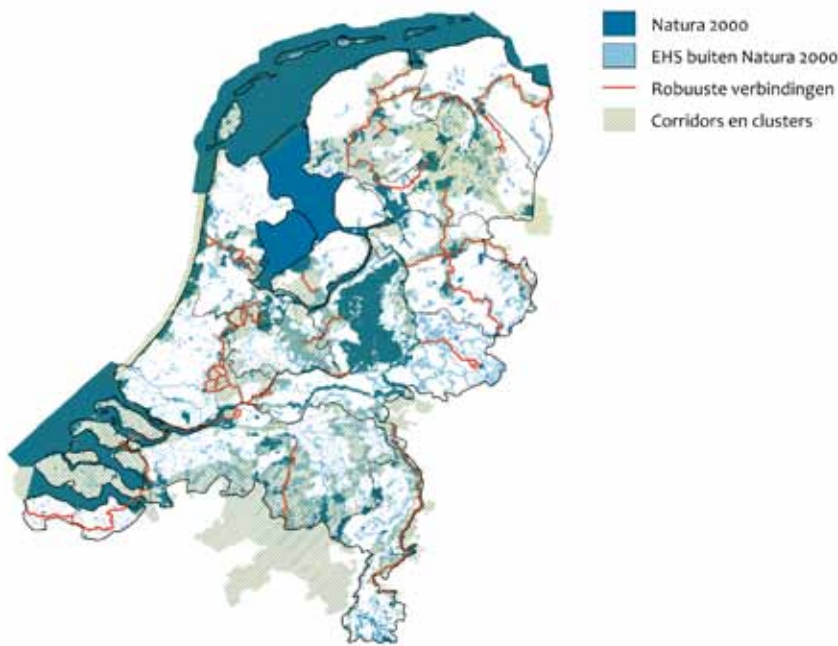
De strategie houdt in dat adaptatiemaatregelen geconcentreerd worden toegepast binnen corridors en clusters. Ze worden (kosten)effectiever, omdat ze op de beste locaties worden ingezet en omdat ruimtelijk geconcentreerde maatregelen elkaar versterken. Daarnaast biedt een corridor of cluster ook planologische duidelijkheid.

De ruimtelijke prioritering zoals die in de strategie is voorgesteld, wijkt af van de huidige ruimtelijke prioritering. Dit betekent dat ook de nog aan te kopen of in te richten EHS-hectares bij voorkeur in deze corridors en clusters van gebieden zouden moeten komen te liggen. Sommige van de huidige EHS-gebieden, (delen van) robuuste verbindingen en enkele Natura 2000-gebieden vallen buiten de corridors en clusters van de adaptatiestrategie (figuur 9). Voor deze gebieden zou de rijksoverheid dus ook niet vanzelfsprekend doelen op het gebied van biodiversiteit hoeven te formuleren. Wel kunnen er andere nationale doelen worden geformuleerd waar de biodiversiteit profijt van heeft, zoals het tot stand brengen van een recreatielandschap. Er zijn in deze gebieden echter ook regionale doelen en regionaal beleid om de regio klimaatbestendig te maken. Als deze gebieden aansluiten op de klimaatcorridors en clusters zal ook de regionale natuur klimaatbestendiger worden.

Natuur (internationaal) verbinden en vergroten in corridors en clusters

Klimaatverandering is een extra argument om natuurgebieden te vergroten en met elkaar te verbinden, wat al een doel was van het nationale (EHS) en internationale natuurbeleid (VHR). Afhankelijk van het tempo waarin klimaatverandering zich voltrekt, voorspellen modellen een verschuiving van geschikte klimaatzones met enkele honderden kilometers tot 2100 (EEA 2008). Een deel van de soorten zal daarom moeten migreren. Om een succesvolle migratie mogelijk te maken, is dus samenhang over grote afstanden nodig. De sturing van het natuurbeleid moet daarom worden uitgebreid van nationaal naar Noordwest-Europees niveau. Concreet betekent dit dat het voor het slagen van het EU-natuurbeleid belangrijk is dat er voor de verschillende typen natuur EU-klimaatcorridors komen, met daarbinnen een samenhangend Natura 2000-netwerk.

In haar *Witboek Klimaatadaptatie* (COM 2009) geeft de EU aan dat 'bij het beheer van Natura 2000 met de klimaatverandering rekening moet worden gehouden om de verscheidenheid van en de verbinding tussen natuurgebieden te waarborgen en soorten in staat te stellen bij klimaatveranderingen te



De meeste Natura 2000-gebieden, EHS-gebieden en robuuste verbindingen vallen binnen de corridors en clusters waarop de (inter)nationale strategie van toepassing is. Gebieden met een regionale strategie omvatten kleinschalige natuurgebieden die een rol kunnen spelen in de biodiversiteit van multifunctionele landschappen (deze zijn in de figuur niet weergegeven).

migreren en te overleven. In de toekomst moet misschien worden overwogen een permeabel landschap te creëren om de onderlinge bereikbaarheid van natuurgebieden voor dieren en planten te vergroten'. In het bijbehorende actieplan wordt onderzoek genoemd naar de hiervoor benodigde beleidsaanpassingen. Ook maakt de EU beleidsmatig de balans op over de toestand van de biodiversiteit op aarde en de effectiviteit van het biodiversiteitsbeleid. Eind 2010 zal de Europese Commissie een biodiversiteitsactieplan presenteren om haar biodiversiteitsdoelstellingen te behalen. In het 'post-2010-denken' van de Commissie spelen Natura 2000 en de achterliggende VHR onverminderd een belangrijke rol. In aanvulling daarop staat het concept 'groene infrastructuur' centraal. Dit is een complex en in het EU-beleid nieuw begrip waarin verschillende aspecten van het biodiversiteitsbeleid bij elkaar komen en dat hoogstwaarschijnlijk een rol krijgt in het biodiversiteitsbeleid na 2010.

De strategie om de ruimtelijke samenhang te vergroten, wordt ondersteund in een internationaal overzicht van adaptatiemaatregelen. Hierin komen het verbinden en vergroten van natuurgebieden naar voren als de maatregelen die het meest worden aanbevolen (Heller & Zavaleta 2009).

Ruimte bieden aan natuurlijke processen, heterogeniteit en verbeteren condities

Natuurlijke landschapsvormende processen, zoals erosie, sedimentatie en verstuiving, zijn belangrijk voor de ontwikkeling van het adaptief vermogen van de natuur. Dit biedt soorten beter de gelegenheid in nieuwe combinaties voor te

komen. Die nieuwe combinaties leveren een nieuwe leefgemeenschap op die mogelijk beter is aangepast aan nieuwe omstandigheden van klimaatverandering.

Daarnaast speelt de interne heterogeniteit van een gebied een centrale rol bij het herstel van de natuur na een verstoring. Herstel treedt op vanuit die delen van het gebied die niet zijn getroffen en van waaruit het getroffen deel opnieuw kan worden gekoloniseerd. Interne heterogeniteit of gradiënten ontstaan in gebieden waar ruimte is voor overgangen van nat naar droog, voor open en dichte vegetatie, voor hoogteverschillen, enzovoort.

In de strategie wordt voorgesteld om het milieu- en waterbeleid in de corridors en clusters voort te zetten. Om ervoor te zorgen dat de natuur zich goed kan aanpassen aan de gevolgen van de klimaatverandering, moet vermessing en in veel gevallen ook verdroging worden teruggedrongen. Het waterbeleid zou meer dan nu het geval is, gericht moeten zijn op een natuurlijke waterhuishouding binnen grotere samenhangende hydrologische eenheden. De vermessingsdoelen zijn wellicht lastiger te behalen met klimaatverandering dan zonder klimaatverandering, sommige doelen van het waterbeleid misschien juist gemakkelijker. Deze milieu- en waterdoelen en het beheer van een gebied zullen minder specifiek op bepaalde soorten gericht worden gericht, en meer op het gehele ecosysteem.

Volgens de huidige wetenschappelijke inzichten is de ontwikkeling van levend hoogveen in Nederland onder het

warmste en droogste scenario (W+-scenario, KNMI 2006) waarschijnlijk niet mogelijk (Witte et al. 2009a,b). Onduidelijk is echter met welke snelheid en in welke richting de klimaatverandering zich zal voltrekken en hoe het hoogveen zich zal ontwikkelen. In de adaptatiestrategie adviseren wij voornamelijk niet te stoppen met maatregelen die zijn bedoeld om de condities voor hoogveen te verbeteren. Wel is het raadzaam om droge heide, natte heide en hoogveensystemen meer dan nu als aaneengesloten eenheden te beheren, zodat geleidelijke overgangen kunnen ontstaan. De verwachting is dan dat bij een geleidelijke verdroging van hoogveen en natte heide, droge heidesoorten vanuit het ene systeem het andere systeem gemakkelijker kunnen koloniseren. Op deze wijze wordt het verdwijnen van soorten waarvoor het klimaat niet langer geschikt is, enigszins gecompenseerd door de komst van nieuwe soorten en blijft de functionele biodiversiteit beter op peil. In het ecosysteem hoogveen zal dan gaandeweg een verschuiving plaatsvinden naar een nieuwe combinatie van soorten en condities.

Natuurdoelstellingen combineren met andere doelen

Klimaatverandering heeft niet alleen gevolgen voor de ruimtelijke aspecten van het natuurbeleid, ze beïnvloedt al het ruimtelijk beleid en zijn doelen. De kosten-batenbalans van natuurmaatregelen zal afhangen van de mogelijkheden om natuurdoelstellingen te combineren met andere doelen: de investeringskosten kunnen dan worden gedeeld en de maatschappelijke baten zullen stijgen, omdat de maatregelen niet alleen ten goede komen aan natuur, maar ook aan andere landgebruikfuncties. Het Rijk streeft dan ook naar synergie van doelen.

Plannen voor klimaatadaptatie voor veiligheid en zoetwatervoorziening worden ingevuld in het Deltaprogramma en het programma Ruimte voor de Rivier. Of er ook synergie wordt bereikt tussen deze doelen en de doelen voor natuuradaptatie, zal afhangen van de invulling van deze programma's. De programma's kunnen zeker oplossingen bieden die een meerwaarde hebben voor het adaptief vermogen van de natuur. Dit zijn oplossingen als het creëren van ruimte voor het ontstaan van zoet-zoutgradiënten en voor natuurlijke processen als sedimentatie en erosie, en het verbinden en vergroten door natuurontwikkeling in het rivierengebied.

Ook in het landelijk gebied is veel synergie mogelijk. Een belangrijk aspect van de strategie is het vergroten en met elkaar verbinden van leefgebieden. Dat kan worden bereikt door aankoop van gebieden met uitsluitend natuurfuncties, maar ook door multifunctionele landschappen rondom gebieden. Hierbij gaat het om een combinatie van functies, zoals een oplossing voor de wateropgave, mogelijkheden voor landbouw en recreatie of het tegengaan van bodemdaling. Maatregelen om natuurgebieden klimaatbestendig te maken, hoeven daarom niet per definitie tot aankoop van meer natuur en een uitbreiding van het natuurareaal te leiden. Ook maatregelen in de omgeving van en tussen natuurgebieden in multifunctionele zones kunnen effectief zijn.

Verdieping



Klimaatverandering in Nederland



Is het klimaat in Nederland in de laatste decennia veranderd? Zal het klimaat in Nederland in de toekomst veranderen? Wat is de omvang en snelheid van de verandering? Veel is onbekend en onzeker. In dit hoofdstuk geven we antwoord op deze vragen, op basis van de laatste stand van kennis.

In paragraaf 1.1 bespreken we de waargenomen trends in de omgevingstemperatuur, watertemperatuur, neerslag, zeespiegelstijging en rivierafvoer. In paragraaf 1.2 gaan we in op de toekomst volgens de KNMI-scenario's.

1.1 Waargenomen veranderingen

- *Nederland is gemiddeld 1,7°C opgewarmd sinds 1900, en deze opwarming verloopt de laatste jaren sneller dan verwacht.*
- *In dezelfde periode (1900-2007) is de gemiddelde neerslag met 18 procent toegenomen en zijn de piekbuien frequenter en intenser geworden. De zeespiegel is met 20 centimeter gestegen.*

1.1.1 Nederland is warmer geworden

In Nederland is het klimaat duidelijk veranderd (KNMI 2008). Sinds 1900 is de gemiddelde temperatuur met 1,7°C gestegen (figuur 1.1); wereldwijd was dat 0,8°C (Van Dorland et al. 2009). Daarbij gaat de opwarming de laatste jaren sneller dan verwacht. De gemiddelde temperaturen in de jaren 2006 en 2007 waren ongeveer net zo hoog als die aan het eind van de twintigste eeuw in Midden-Frankrijk (KNMI 2008). Het eerste decennium van de eenentwintigste eeuw is het warmste tijdvak van tien jaar sinds het begin van de temperatuurmetingen. De gemiddelde temperatuur was tussen 2000 en 2010 bijna 0,2 graden hoger dan het gemiddelde van de jaren negentig (Van Dorland et al. 2010). De opwarming in Nederland is merkbaar in alle seizoenen, maar is niet gelijkmatig over de seizoenen verdeeld. Verder gaat de opwarming in ons land gepaard met een toename van het aantal warme extremen en een afname van het aantal koude extremen (KNMI 2008).

Ook de watertemperatuur is gestegen. In de vennen is de temperatuur in de afgelopen 25 jaar significant gestegen, met bijna 2°C (Van Dam & Mertens 2007). Vennen zijn meestal van ander oppervlaktewater geïsoleerd, waardoor de temperatuurstijging in vennen aan klimaatverandering kan worden

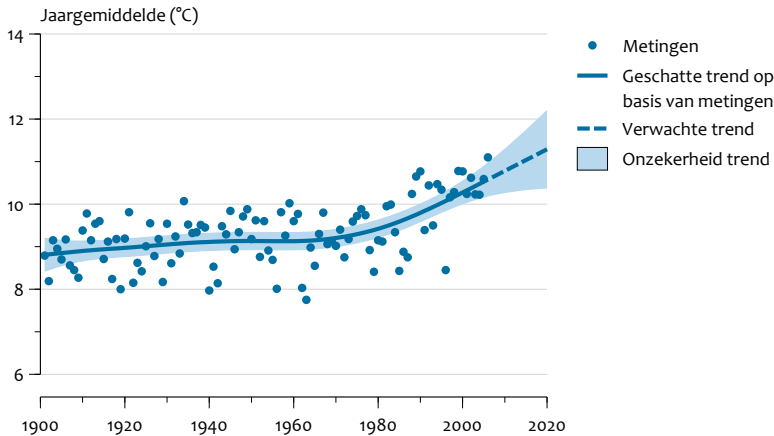
toegeschreven. Ook de watertemperatuur in de grote rivieren is de afgelopen jaren toegenomen. Zo is de temperatuur van de Rijn in de afgelopen eeuw gestegen met 3°C (figuur 1.2), waarvan 2°C kon worden toegeschreven aan de lozing van koelwater (VenW 2004). De gemiddelde oppervlaktetemperatuur van de Noordzee lijkt te stijgen (KNMI 2008; Lenderink et al. 2008; Ligtoet & Beugelink 2006; Van Leeuwen 2008; Philippart 2007). Volgens data van het Meteorological Office Hadley Centre, het officiële centrum voor klimaatveranderingsonderzoek van het Verenigd Koninkrijk, is de oppervlaktetemperatuur van de Noordzee sinds de jaren vijftig van de vorige eeuw met ongeveer 1°C gestegen (Lenderink et al. 2008). Data van het International Council for the Exploration of the Sea (ICES) laten ten opzichte van het einde van de jaren tachtig van de vorige eeuw in de winters een stijging van ongeveer 1,5°C zien van het water op de bodem van de noordelijke Noordzee (onderste 25 procent van de waterkolom) (Hiddink & Ter Hofstede 2008).

1.1.2 Nederland is natter geworden, met meer extreme buien

In de periode 1906-2005 is de gemiddelde neerslag in Nederland met 18 procent gestegen, vooral in de winter (+26 procent), het voorjaar (+21 procent) en de herfst (+26 procent). In de zomer is de neerslag nauwelijks veranderd (KNMI 2006). De toename komt door een verandering in specifieke luchtstromen langs de kust en door de opwarming van het zeewater. Vooral de kustregio's zijn natter geworden (KNMI 2008). Daarnaast zijn de frequentie en de intensiteit van piekbuien toegenomen, vooral in de winter. Zo is de hoogste tiendaagse neerslagsom in de winter sinds 1906 met 29 procent gestegen (KNMI 2006). Net als voor de gemiddelde neerslag geldt ook voor de extreme neerslag dat deze in de kustregio's groter is dan in de rest van het land. Door de regionaal gedifferentieerde neerslagpatronen verschilt ook de droogte per regio. De Nederlandse kustzone is in het voorjaar en de vroege zomer relatief droog ten opzichte van de rest van het land. In de late zomer en het najaar is de situatie precies omgekeerd (KNMI 2008).

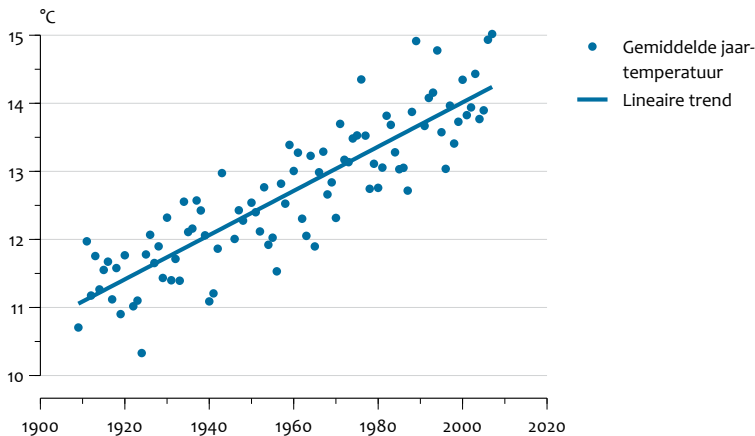
1.1.3 De zeespiegel is gestegen, geringe verandering in rivierafvoeren

De zeespiegel voor de Nederlandse kust is in de twintigste eeuw met 20 centimeter gestegen. De laatste jaren is een versnelde stijging waargenomen (3 millimeter per jaar in plaats van 2 millimeter per jaar) (KNMI 2006). Het is nog onduidelijk



Bron: KNMI (2008); bewerking PBL

De jaargemiddelde temperatuur in Nederland is sinds 1900 met 1,7°C gestegen, wereldgemiddeld met 0,8°C.



Bron: VenW (2004)

De watertemperatuur in de grote rivieren is in de afgelopen jaren toegenomen. Zo is de temperatuur van de Rijn in de afgelopen eeuw met 3°C gestegen, waarvan 2°C kan worden toegeschreven aan de lozing van koelwater.

of deze stijging zal doorzetten of dat deze slechts tijdelijk van aard is.

De jaargemiddelde rivierafvoeren van zowel Rijn als Maas laten nauwelijks een verandering zien gedurende de laatste decennia. Op maandbasis zijn er wel veranderingen waargenomen in gemiddelde afvoeren, met een verschuiving naar hogere waarden in de winter en lagere in de zomer. Verder zijn er nog geen trends zichtbaar in de piekafvoeren en in het verschil tussen neerslag en verdamping (ofwel in het neerslagtekort) van beide rivieren.

1.2 Waargenomen trends zullen zich voortzetten, omvang en snelheid blijven onzeker

- De verwachting is dat de waargenomen trends zich zullen voortzetten. Hoe groot de klimaatverandering in de toekomst

zal zijn en met welke snelheid zij zich zal voltrekken, is echter niet met zekerheid te stellen; ook is er weinig zekerheid over lokale en extreme veranderingen.

- Het KNMI heeft vier scenario's voor de klimaatontwikkeling opgesteld: G, G+, W en W+. Deze scenario's verschillen onderling wat betreft wereldwijde temperatuurstijging en ontwikkeling van de overheersende windrichting in West-Europa.
- Recente onderzoeksresultaten brengen meer tekening in welke scenario's meer waarschijnlijk zijn. Met de snelle opwarming in Nederland en West-Europa wordt het beste rekening gehouden in de W/W+-scenario's, die een temperatuurstijging voorspellen van 1,8 à 2,6°C in 2050 tot 5,1°C in 2100 (vanaf 1990). De toenemende intensiteit van zware buien is goed weergegeven in de G/W-scenario's.

1.2.1 De vier klimaatscenario's van het KNMI

Om een consistent beeld van een mogelijk toekomstig klimaat in Nederland te schetsen, heeft het KNMI vier

2050		G	G+	W	W+
Wereldwijde temperatuurstijging		+1°C	+1°C	+2°C	+2°C
Verandering in luchtcirculatie		Nee	Ja	Nee	Ja
<i>Jaar-gemiddelde</i>	Gemiddelde temperatuur	+0,9°C	+1,2°C	+1,8°C	+2,6°C
	Gemiddelde jaarlijkse neerslag	+3,2%	-1,1%	+6,4%	-2,1%
	Hoogste daggemiddelde windsnelheid	+0%	+2%	+1%	+4%
	Potentiële verdamping	+2%	+5%	+5%	+9%
<i>Winter</i>	Rivierafvoer Rijn	+3%	-3%	+7%	-5%
	Gemiddelde temperatuur	+0,9°C	+1,1°C	+1,8°C	+2,3°C
	Koudste winterdag	+1,0°C	+1,5°C	+2,1°C	+2,9°C
	Gemiddelde neerslaghoeveelheid	+4%	+7%	+7%	+14%
	Aantal natte dagen (>0,1 mm)	+0%	+1%	+0%	+2%
	Tiendaagse neerslagsom die eens in de tien jaar wordt overschreden	+4%	+6%	+8%	+12%
<i>Zomer</i>	Hoogste daggemiddelde windsnelheid per jaar	0%	+2%	-1%	+4%
	Gemiddelde temperatuur	+0,9°C	+1,4°C	+1,7°C	+2,8°C
	Warmste zomerdag	+1,0°C	+1,9°C	+2,1°C	+3,8°C
	Gemiddelde neerslag	+3%	-10%	+6%	-19%
	Aantal natte dagen (>0,1 mm)	-2%	-10%	+3%	-19%
	Tiendaagse neerslagsom die eens in de tien jaar wordt overschreden	+13%	+5%	+27%	+10%
<i>Zeespiegel</i>	Potentiële verdamping	+3%	+8%	+7%	+15%
	Absolute stijging	15-25 cm	15-25 cm	20-35 cm	20-35 cm

Bron: KNMI (2006); berekening jaarcijfers PBL

2100		G	G+	W	W+
Wereldwijde temperatuurstijging		+1°C	+1°C	+2°C	+2°C
Verandering in luchtcirculatie		Nee	Ja	Nee	Ja
<i>Jaar-gemiddelde</i>	Gemiddelde temperatuur	+1,8°C	+2,5°C	+3,5°C	+5,1°C
	Gemiddelde jaarlijkse neerslag	+6%	-2%	+13%	-4%
	Potentiële verdamping	+6%	+12%	+12%	+24%
<i>Winter</i>	Gemiddelde temperatuur	+1,8°C	+2,3°C	+3,6°C	+4,6°C
	Koudste winterdag per jaar	+2,1°C	+2,9°C	+4,2°C	+5,8°C
	Gemiddelde neerslaghoeveelheid	+7%	+14%	+14%	+28%
	Aantal natte dagen (>0,1 mm)	0%	+2%	0%	+4%
	Tiendaagse neerslagsom die eens in de tien jaar wordt overschreden	+8%	+12%	+16%	+24%
	Hoogste daggemiddelde windsnelheid per jaar	-1%	+4%	-2%	+8%
<i>Zomer</i>	Gemiddelde temperatuur	+1,7°C	+2,8°C	+3,4°C	+5,6°C
	Warmste zomerdag	+2,1°C	+3,8°C	+4,2°C	+7,6°C
	Gemiddelde neerslaghoeveelheid	+6%	-19%	+12%	-38%
	Aantal natte dagen (>0,1 mm)	-3%	-19%	-6%	-38%
	Tiendaagse neerslagsom die eens in de tien jaar wordt overschreden	+27%	+10%	+54%	+20%
	Potentiële verdamping	+7%	+15%	+14%	+30%
<i>Zeespiegel</i>	Absolute stijging	35-60 cm	35-60 cm-	40-85 cm	40-85 cm

Bron: KNMI (2006); berekening jaarcijfers PBL

klimaatscenario's ontwikkeld voor de eenentwintigste eeuw (tabel 1.1) (KNMI 2006). Deze scenario's verschillen onderling wat betreft wereldwijde temperatuurstijging en ontwikkeling van de overheersende windrichting in West-Europa.

Het KNMI verwacht dat de gemiddelde temperatuur in Nederland in 2050 met 1 à 2,6°C zal zijn gestegen ten opzichte van 1990. In 2100 zal de temperatuur naar verwachting zijn toegenomen met 1,8 à 5,1°C (tabel 1.2). In grote lijnen laten de scenario's een consistente trend zien in de richting van de

klimaatontwikkeling van Nederland, behalve voor neerslag in de zomer.

Hoe de neerslag zal veranderen in de eenentwintigste eeuw, zal afhangen van de luchtcirculatie (KNMI 2006). Als die ongeveer gelijk blijft (G en W scenario), zal de jaarlijkse neerslag tot 2050 naar verwachting met 3 tot 6 procent toenemen, en tot 2100 met 6 tot 12 procent. Vindt er echter een omslag plaats in de luchtcirculatie (de + scenario's), dan is de verwachting dat de neerslag juist zal dalen: 1 à 2 procent

tot 2050 en 2 à 4 procent tot 2100. Dit effect van een wel of niet veranderende luchtcirculatie is vooral zichtbaar in de verwachte zomerneerslag (tabel 1.1). De gemiddelde winterneerslag volgens de vier scenario's loopt minder sterk uiteen. In alle scenario's is er in alle seizoenen een stijging in frequentie en hevigheid van zware buien, ook in de zomer. Verder wordt in alle scenario's een toenemend neerslagtekort in de zomer verwacht. Die verandering in neerslagtekort ten opzichte van het huidige gemiddelde (144 millimeter) varieert van een paar procent extra in 2050, tot ongeveer anderhalf keer zoveel, een toename tot 220 millimeter.

1.2.2 Recente onderzoeksresultaten

Het KNMI voorspelt veranderingen in het klimaat, maar de omvang en snelheid waarmee die veranderingen zich voltrekken, zijn onzeker. Volgens recente onderzoeksresultaten vallen de veranderingen grotendeels binnen de vier KNMI-scenario's. De resultaten brengen wel meer tekening in welke scenario's meer waarschijnlijk zijn. De temperaturen die in de afgelopen jaren zijn gemeten, liggen aan de bovenkant van de bandbreedte van de vier scenario's. Met de snelle opwarming in Nederland en West-Europa wordt daarom het beste rekening gehouden in de W/W+-scenario's, die een temperatuurstijging voorspellen van 3,5 à 5,1°C tot 2100 (vanaf 1990). De toenemende intensiteit van zware buien is goed weergegeven in de G/W-scenario's. Naast mogelijke langdurige periodes met droogte zoals in de G+/W+-scenario's, zullen vooral in de kustzone waarschijnlijk periodes met natter weer, zoals in de G/W-scenario's, vaker voorkomen (Klein Tank & Lenderink 2009).

Recent onderzoek maakt ook de bestaande onzekerheden meer transparant. Zo zijn er aanwijzingen dat klimaatverandering sneller kan verlopen dan voorzien. Verder zijn de projecties gebaseerd op langjarige gemiddelden. Het is dus bijvoorbeeld niet uit te sluiten dat er in de komende decennia ook een periode is van gematigde temperatuurverandering. Ten slotte is veelal nog niet aan te geven hoe de veranderingen van bijvoorbeeld temperatuur, neerslag en hittegolven zullen variëren binnen Nederland. Dit komt vooral door de relatief grove resolutie (en dus het lage detailniveau) van de klimaatmodellen.

De toekomstige zeespiegelstijging is niet met zekerheid te voorspellen door kennisleemtes in het klimaatsysteem, onzekerheden over het afsmelten van de ijskappen op Groenland en West-Antarctica en over de toekomstige uitstoot van broeikasgassen. Het KNMI voorziet in de vier scenario's dat de zeespiegel voor de Nederlandse kust in 2100 ten opzichte van 1990 met 35 tot 85 centimeter zal zijn gestegen. Andere studies komen met aanvullende, mogelijk *worstcase*-verwachtingen en gaan uit van een meer extreme uitzetting van oceaankwater en afsmelting van ijskappen. Zo presenteerde de Deltacommissie (2008) een zeespiegelstijging van 65 à 120 centimeter tot 2100 en van 200 à 400 centimeter tot 2200. Hierbij is geen rekening gehouden met bodemdaling en gravitatie-effect. De eerste zou het netto-effect van de zeespiegelstijging versterken, al is gezien de grote geografische variatie een netto-effect voor Nederland moeilijk te geven. Verandering in gravitatie zal de zeespiegelstijging voor de Nederlandse kust (sterk) verlagen, vooral echter op de hele lange termijn (na 2100).

Deltares (2008) laat op basis van de KNMI-scenario's van 2006 een toename zien in de piekafvoeren van rivieren in de winter en het voorjaar. Hoe de zomerafvoer zich in de toekomst ontwikkelt, blijft echter onzeker. Deze kan min of meer gelijk blijven, maar ook sterk afnemen, afhankelijk van de scenario's en de daaraan gekoppelde temperatuur- en neerslagpatronen. Al met al is de verwachting dat de Rijn steeds meer het karakter krijgt van een regenrivier, met 's winters hogere en 's zomers lagere afvoeren.

2

Effecten van klimaatverandering

Nederland wordt warmer en natter en er zullen vaker weers-extremen optreden. Klimaatverandering beïnvloedt de natuur op verschillende wijzen. Deze biedt kansen, maar kan ook een bedreiging vormen voor de natuur. Klimaatveranderingen kunnen doorwerken op de soorten, hetzij direct – bijvoorbeeld als geschikte klimaatzones verschuiven – hetzij indirect, doordat de standplaatscondities veranderen (figuur 2.1).

Behalve de klimaatverandering zelf zullen ook de maatregelen die Nederland neemt vanwege klimaatadaptatie en mitigatie invloed hebben op het functioneren van ecosystemen. In dit hoofdstuk beschrijven we de belangrijkste effecten aan de hand van reeds waargenomen veranderingen en voorspellingen op basis van modellen voor verschillende klimaatscenario's.

2.1 Effecten op soorten: fysiologie, fenologie en genetica

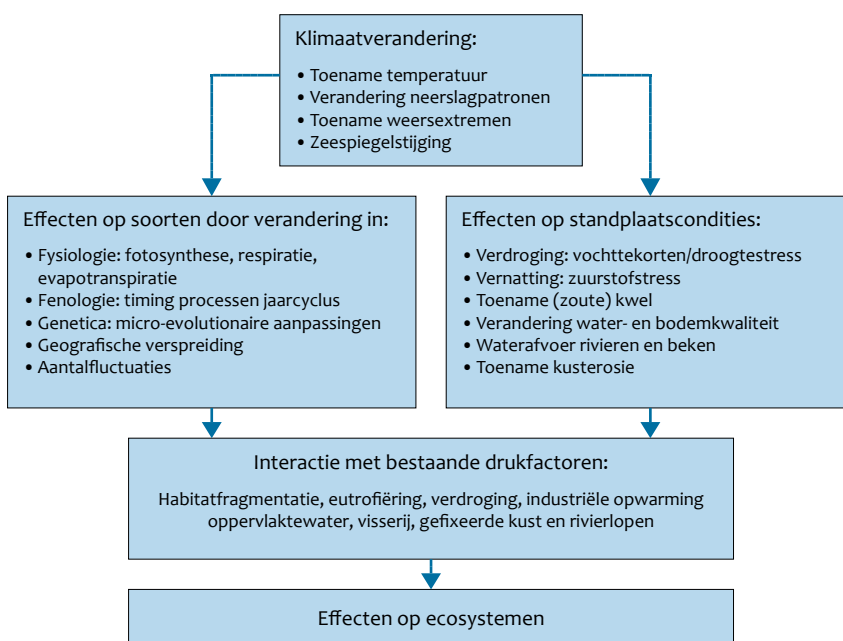
- Door klimaatverandering neemt de groei van soorten toe, dit kan verschuivingen in de competitie tussen soorten veroorzaken.
- Fenologische processen zoals bloei en vruchtzetting vinden eerder plaats. De bloei van voorjaarsplanten is in de afgelopen 150 jaar met twee tot drie weken vervoegd.
- Door verschillen in de fenologische respons tussen soorten kunnen relaties in de voedselketen worden verstoord, waardoor er bijvoorbeeld onvoldoende voedsel voor de jongen aanwezig is.

2.1.1 Fysiologische effecten

Temperatuurstijging en een verhoogde CO₂-concentratie hebben een stimulerend effect op de groei van planten. Door de temperatuurverhoging neemt de decompositie en daarmee de beschikbaarheid van voedingsstoffen toe. In

Effecten van klimaatverandering op natuur

Figuur 2.1



Ecosystemen zijn gevoelig voor een combinatie van klimaatverandering en bestaande drukfactoren, zoals habitatfragmentatie.

combinatie met een langer groeiseizoen leidt dit tot een hogere productie van de vegetatie, waar vooral soorten met een hoge groeicapaciteit van profiteren. Deze processen beïnvloeden dus de concurrentieverhoudingen tussen soorten en daarmee de samenstelling van plantengemeenschappen.

Daarnaast verhoogt de temperatuurstijging de evapotranspiratie in de zomer: bij de KNMI-scenario's G+ en W+ zal die in 2050 zijn toegenomen met 8 tot 15 procent (Van den Hurk 2006). Hier staat tegenover dat een verhoging van de

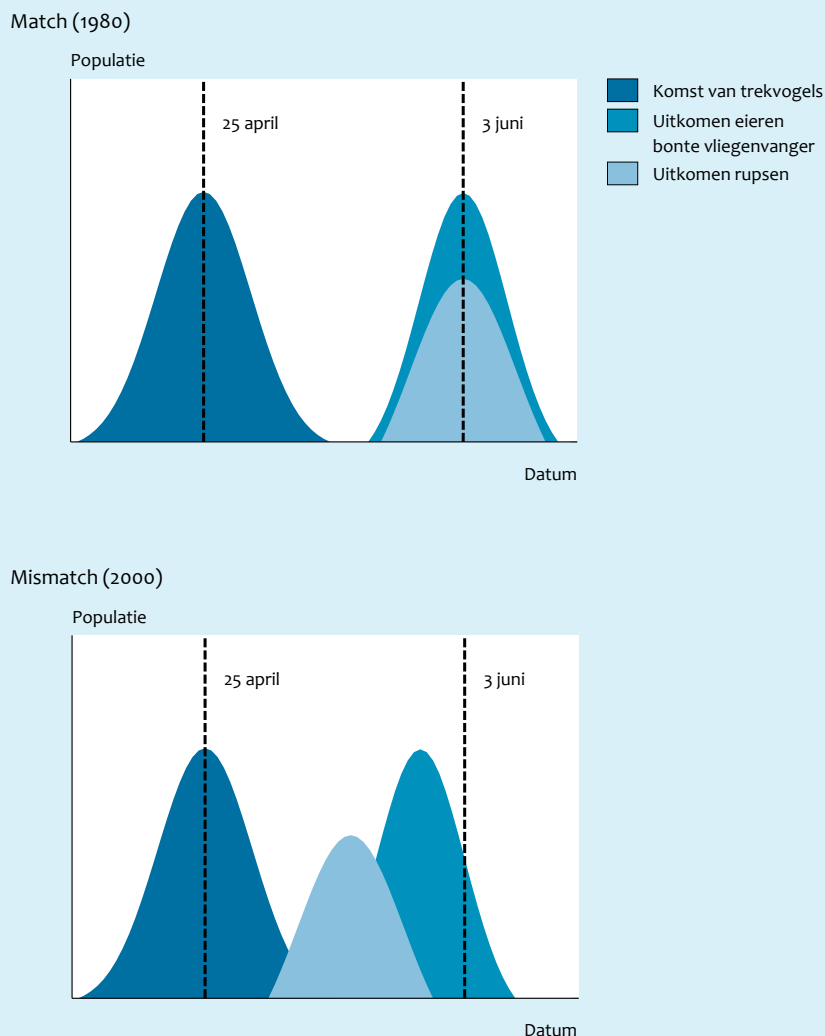
Verstoorde voedselketens

Verschillen in de fenologische respons tussen soorten kunnen ertoe leiden dat bepaalde verschijnselen die voorheen samenvielen, minder goed op elkaar aansluiten in de tijd. Jongen worden op een ander moment geboren dan dat er een piekaanbod in voedsel aanwezig is. Zo is de bloeitijd van planten veel sterker vervroegd dan de terugkeerdatum van trekvogels. De bonte vliegenvanger (een langeafstandstrekker) heeft zijn legtijd onvoldoende vervroegd om het verschijnen van de jongen samen te laten vallen met de piek in het

rupsenaanbod (SOVON 2007; zie figuur 2.2). Ondanks de ontregeling van het broedgedrag zijn de aantallen van de bonte vliegenvanger in ons land stabiel. Ook onderzoek naar de zomereik, wintervlinder en koolmees illustreert hoe verschillen in de fenologische reacties op klimaatverandering leiden tot complexe mismatches in de voedselketen (Both & Visser 2001; Durant et al. 2007; Visser et al. 2004). De wintervlinder komt al uit het ei voordat de bladeren van de zomereik zich hebben ontwikkeld.

Effecten klimaatverandering op voedselketen bonte vliegenvanger

Figuur 2.2



Bron: SOVON (2007)

De bonte vliegenvanger (een langeafstandstrekker) heeft zijn legtijd onvoldoende vervroegd om het verschijnen van de jongen te laten samenvallen met de piek in het rupsenaanbod.

CO₂-concentratie leidt tot minder waterverbruik van planten (Kruijt et al. 2008).

Klimaatverandering kan ook de concurrentieverhoudingen beïnvloeden tussen plantensoorten met een verschillend fotosynthesemechanisme. De combinatie van droogte met hogere temperaturen en veel inkomende straling geeft C₄-planten, zoals straatliefdegras (*Eragrostis pilosa*), kransnaalbaar (*Setaria verticillata*) en draadgiert (*Panicum capillare*) een kans tot uitbreiding. Waarnemingen tussen 1988 en 2006 laten zien dat de dichtheden van C₄-planten in akkerranden zijn toegenomen of gelijk gebleven, terwijl bij de C₃-planten ongeveer 40 procent van de soorten is afgenomen (Van der Staij & Ozinga 2008).

2.1.2 Fenologische effecten

De temperatuur speelt een belangrijke rol bij de timing van fenologische processen in de jaarcyclus van plantensoorten, zoals de startdatum van het vegetatieseizoen, de vruchtzetting en dergelijke. Voor veel soorten begint het groeiseizoen eerder en duurt het langer, en de bloei van voorjaarsplanten zoals speenkruid en fluitenkruid is in de laatste 150 jaar met twee tot drie weken vervroegd (Van Vliet 2008). Ook insecten en amfibieën laten duidelijke verschuivingen naar voren in het seizoen zien (EEA 2008). Bij trekvogels is het beeld gemengd, waarbij soorten die normaal laat in het seizoen arriveren hun aankomstdatum minder lijken te vervroegen dan soorten die vroeg aankomen (Leysen & Herremans 2004). Door deze wijziging in de jaarcyclus van organismen kunnen mismatches ontstaan bij de interacties tussen soorten, bijvoorbeeld in de relaties tussen prooi en predator of tussen planten en hun bestuivers; daardoor kunnen ecosystemen structureel anders gaan functioneren (EEA 2008; Schweiger et al. 2008; zie ook 'Verstoorde voedselketens' voor een uitgewerkt voorbeeld van zo'n mismatch). Informatie over fenologische veranderingen is beschikbaar via de Natuurkalender (www.natuurkalender.nl).

2.1.3 Genetische aanpassingen

Met genetische aanpassingen worden micro-evolutionaire genetische aanpassingen aan de veranderde plaatselijke klimatologische omstandigheden bedoeld. Een systematische verandering van de fysieke omgeving, zoals bij klimaatverandering, verandert de selectiedruk en leidt dus tot genetische adaptatie. Micro-evolutionaire aanpassingen door klimaatgestuurde selectie lijken aannemelijk, maar zijn vooralsnog nog nauwelijks empirisch aangetoond (Gienapp et al. 2008). Er zijn aanwijzingen dat de fenologische aanpassing aan warmere voorjaarstemperaturen die zich de afgelopen 25 jaar bij de mug (*Wyeomyia smithii*) heeft voorgedaan, door selectie tot stand is gekomen (Bradshaw & Holzapfel 2001). Thomas et al. (2001) hebben aangetoond dat het dispersievermogen van de greppelsprinkhaan aan de rand van het verspreidingsgebied toeneemt. In recent gekoloniseerde populaties was de fractie greppelsprinkhanen (*Metrioptera roeselii*) met lange vleugels relatief groot ten opzichte van de fractie kortvleugeligen, die niet kunnen vliegen.

2.2 Effecten op soorten: geografische verspreiding en aantalf fluctuaties

- *De Nederlandse natuur verandert door klimaatverandering. Koudeminnende soorten gaan de laatste jaren sterk in aantal achteruit. Warmteminnende soorten nemen in aantal toe. Neutrale soorten blijven min of meer stabiel. Deze gegevens zijn gebaseerd op een steekproef van 60 soorten vogels, vlinders en amfibieën.*
- *Volgens modelvoorspellingen neemt het aantal soorten waarvoor het klimaat ongeschikt wordt toe van 7 procent in de huidige situatie naar 16 procent in 2100. Daarnaast zal in dezelfde periode 22 procent van de soorten juist profiteren van klimaatverandering. Dit kan een aanzienlijke verandering van de soortensamenstelling van de natuur in Nederland tot gevolg hebben.*
- *Het Nederlandse klimaat wordt geschikt voor nieuwe soorten, mits ze in staat zijn Nederland te bereiken. Versnippering van leefgebieden houdt dit mogelijk tegen.*
- *Soorten lijken het huidige tempo van klimaatverandering niet bij te kunnen houden, zelfs mobiele soorten als vogels niet. Migratiepatronen van trekvogels veranderen eveneens.*
- *Toename van weersextremen leidt tot grotere fluctuaties van populaties, waardoor kleine populaties de kans lopen uit te sterven.*

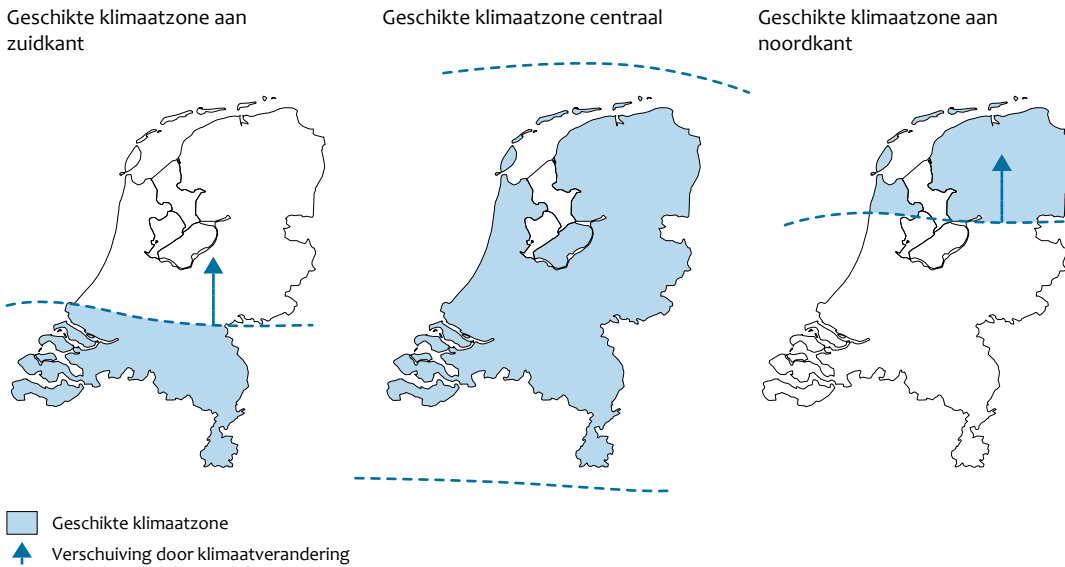
2.2.1 Veranderingen in geografische verspreiding en populatieomvang

Geschiedte klimaatzones van bepaalde soorten kunnen verschuiven door temperatuurstijging en verandering in neerslagpatronen (figuur 2.3). Vooral de zachtere winters hebben ertoe geleid dat het verspreidingsgebied van soorten zich verplaatst naar het noorden en naar hoger gelegen gebieden (EEA 2008). Maar ook langere periodes van droogte in de zomer zijn niet voor alle soorten even geschikt. Soorten gaan achteruit aan de zuidkant van hun verspreidingsgebied, terwijl aan de noordkant juist een uitbreiding kan plaatsvinden. Uitbreiding van het areaal richting Noordpool (of Zuidpool op het zuidelijk halfrond) en bergopwaarts is inmiddels waargenomen voor veel soortgroepen zoals planten (Van der Staij & Ozinga 2008; Tamis et al. 2005), dagvlinders (Warren et al. 2001) en vogels (Julliard et al. 2004).

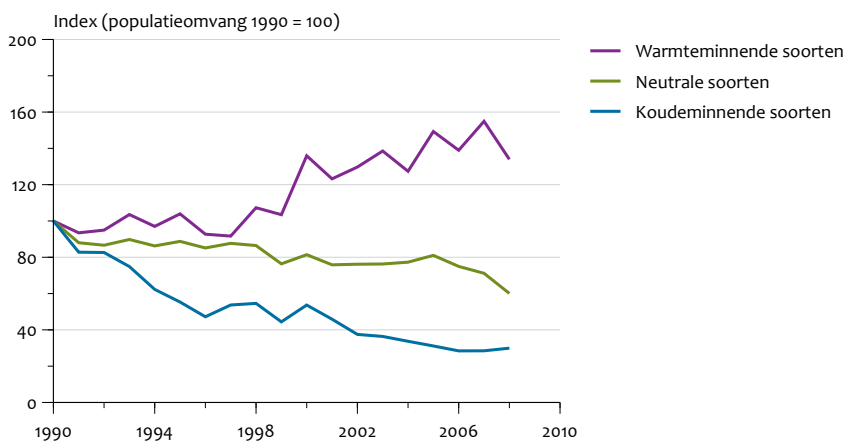
Voor warmteminnende soorten worden de omstandigheden steeds gunstiger, waardoor ze in aantal toe kunnen nemen. Voor koudeminnende soorten worden de leefomstandigheden ongunstiger, waardoor ze in aantal zullen achteruitgaan. Deze trends zijn al waargenomen voor een aantal Nederlandse soorten (Nijhof et al. 2007; zie figuur 2.4). Voor de Nederlandse planten gelden dezelfde trends in populatieomvang (Tamis et al. 2005).

2.2.2 Verschuiving soortensamenstelling

Ruim 7 procent van de doelsoorten in Nederland behoort in de huidige situatie tot de groep waarvan de geschikte klimaatzone in Nederland krimpt. Van 16 procent breidt de geschikte zone zich juist uit. Afhankelijk van het tempo waarmee de klimaatverandering zich voltrekt, voorspellen modellen een verschuiving van de geschikte klimaatzones met enkele honderden kilometers tot 2100 (EEA 2008). Als we deze voorspellingen op Nederland projecteren, dan is in 2100 bijna 40 procent van de huidige doelsoorten 'in bewe-



Geschikte klimaatzones in Nederland verschuiven. Voor soorten waarvan de geschikte klimaatzone zich aan de zuidkant van Nederland bevindt, zal het leefgebied zich uitbreiden, voor soorten waarvan de geschikte klimaatzone zich aan de noordkant van Nederland bevindt, zal het leefgebied krimpen.



Bron: CBS, NEM

Koudeminnende soorten gaan de laatste jaren sterk in aantal achteruit. Warmteminnende soorten nemen in aantal toe. Neutrale soorten blijven min of meer stabiel. Deze gegevens zijn gebaseerd op een steekproef van 60 soorten vogels, vlinders en amfibieën.

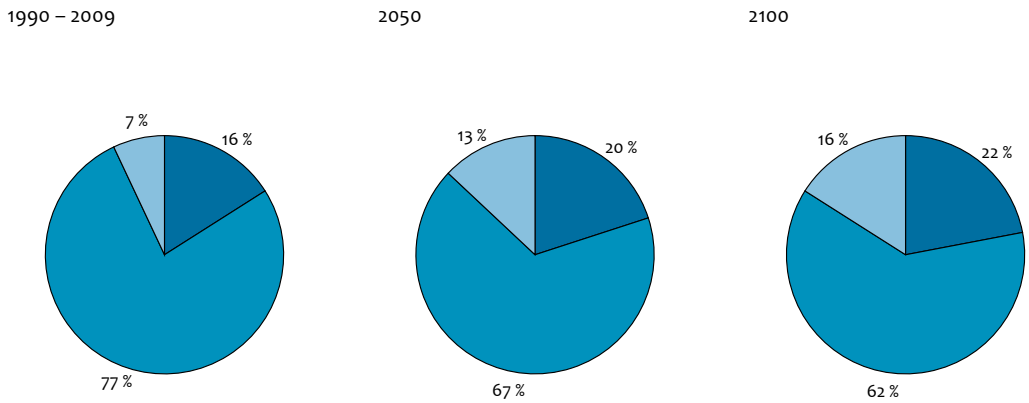
ging' (Geertsema et al. 2009). Daarnaast komen ook nieuwe soorten naar Nederland toe. Dit betekent dat een verschuiving in de soortensamenstelling van de natuur in Nederland is te verwachten (zie figuur 2.5).

De verdeling van soorten waarvan de klimaatzone krimpt of uitbreidt, verschilt sterk per type habitat. Typen met een grote fractie soorten waarvan het geschikte leefgebied in Nederland krimpt, zijn natte heide en hoogveen, terwijl droge heide relatief veel uitbreidende soorten bevat. Deze verdeling verschilt eveneens tussen soortgroepen. Wanneer de Europese voorspellingen van verschuivingen van geschikte

klimaatzones op Nederland worden geprojecteerd, dan betekent dit voor amfibieën, reptielen en dagvlinders een potentiële toename van het aantal soorten tot 2100. Voor hogere planten is het aantal uitbreidende en krimpende soorten ongeveer gelijk, terwijl voor vogels een afname van het aantal soorten in Nederland wordt voorspeld (Van der Veen et al. 2010; zie figuur 2.6).

2.2.3 Toename nieuwe soorten

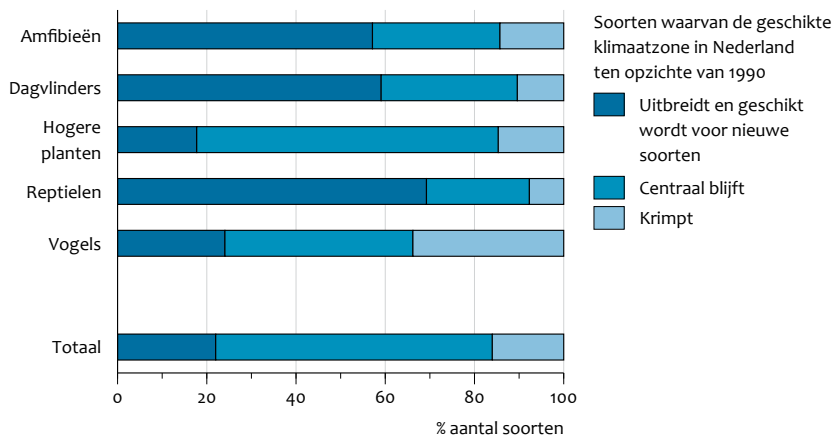
Het Nederlandse klimaat wordt door de opwarming geschikt voor veel soorten waarvoor het voorheen te koud was. Nieuwe soorten uit warmere streken kunnen zich in potentie



Soorten die voorkomen in Nederland in de periode 1990 – 2009 en waarvan de geschikte klimaatzone in Nederland

- Uitbreidt
- Centraal blijft
- Krimpt

Bron: Van der Veen et al. (2010) ; bewerking PBL (gebaseerd op verschillende klimaatscenario's en empirische data)
In 2100 is een kleine 40 procent van de doelsoorten 'in beweging'. Dit betekent dat we een aanzienlijke verandering in de soortensamenstelling van de natuur in Nederland kunnen verwachten.



Bron: Van der Veen et al. (2010) ; bewerking PBL (gebaseerd op verschillende klimaatscenario's en empirische data)
Het aantal soorten waarvoor het klimaat in Nederland in 2100 geschikt wordt, neemt volgens de modellen toe voor amfibieën, dagvlinders en reptielen. Voor hogere planten blijft de verdeling vrijwel gelijk, terwijl voor vogels de fractie waarvoor het klimaat in Nederland ongeschikt wordt relatief groter is. In de fractie uitbreidende soorten gaat het zowel om soorten die nu al in Nederland voorkomen als om nieuwe soorten, waarvan de geschikte klimaatzone zich over Nederland uitbreidt.

vestigen en handhaven, zoals cetti's zanger, de Provençaalse grasmus en de marmersalamander. Randvoorwaarden zijn dat er geschikt leefgebied aanwezig is op bereikbare afstand. Ook bepalen soortinteracties zoals competitie en de aanwezigheid van prooidieren of soorten zich daadwerkelijk vestigen. Sommige van de nieuwe soorten kunnen invasief zijn en zich snel uitbreiden ten koste van inheemse soorten. Het ontbreken van natuurlijke vijanden, doordat deze zich

niet snel verspreiden, kan hieraan bijdragen (Van Grunsven et al. 2007).

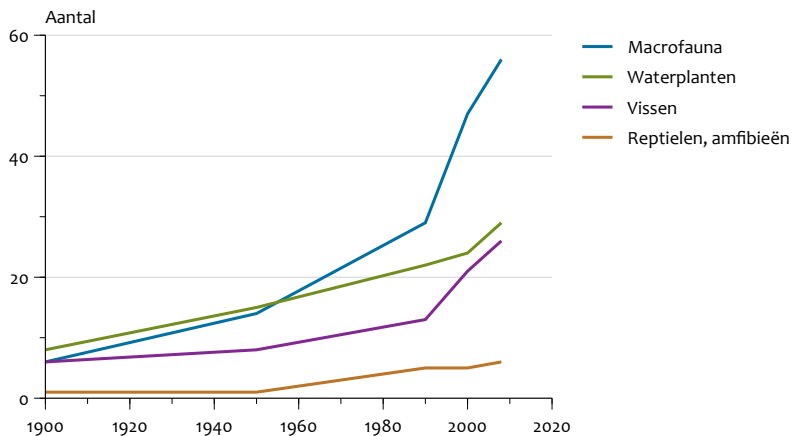
In het zoete water hebben zich veel nieuwe soorten gevestigd. De toename is de laatste decennia duidelijk sterker dan voorheen (Puijtenbroek et al. 2009; zie figuur 2.7). Vrijwel alle nieuwe soorten komen uit zuidelijke gebieden of uit gebieden met een vergelijkbaar klimaat. In hoeverre klimaatverande-



Het is nu al zichtbaar dat koudeminnende soorten als de heikikker in aantal achteruitgaan. Warmteminnende soorten, zoals de vlindersoort koninginnepage, zijn in aantal vooruitgegaan (foto's: Mark van Veen).

Aantal uitheemse soorten in zoet water

Figuur 2.7



Bron: Puijenbroek et al. (2009)

Het aantal uitheemse soorten in het zoete water van Nederland neemt de laatste decennia sterk toe.

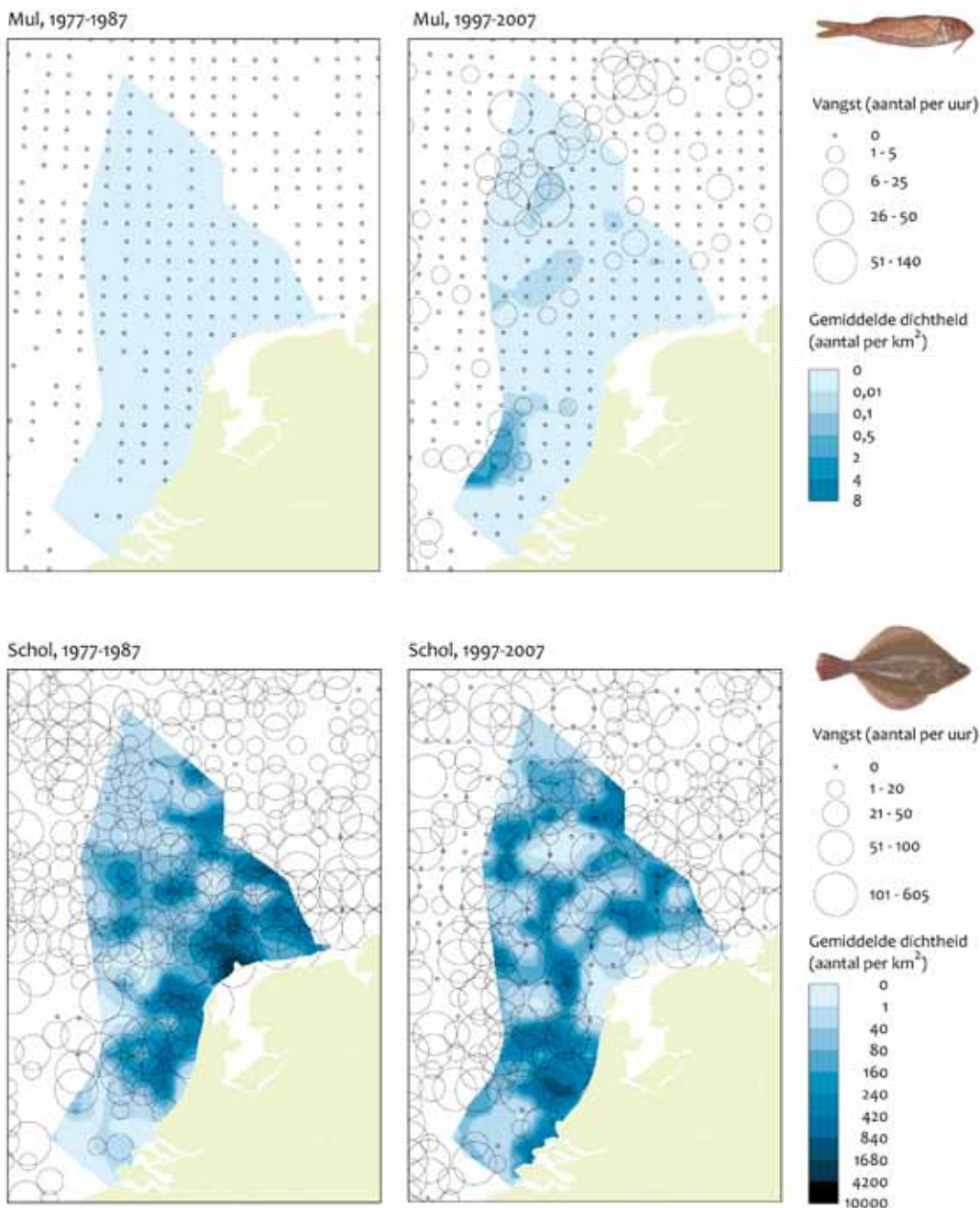
ring deze vestigingen bevordert, is niet bekend. De meeste soorten zijn hier namelijk gekomen door menselijk handelen, hetzij direct, hetzij indirect door de aanleg van kanalen. Het Rijn-Donaukanaal heeft de kolonisatie van veel nieuwe soorten uit het stroomgebied van de Donau in het stroomgebied van de Rijn mogelijk gemaakt.

2.2.4 Verschuivingen van vispopulaties in de Noordzee

De laatste decennia zijn er in de Noordzee verschuivingen in de vispopulaties waargenomen, bijvoorbeeld bij de mul en schol (ICES 2009; zie figuur 2.8). De trends lijken een relatie te hebben met het warmer worden van het zeewater. Mul is een zuidelijke soort die in de jaren 1977-1987 niet in de visbestandsopnamen (International Bottom Trawl Survey (IBTS)) in het Nederlandse deel van de Noordzee voorkwam. Ook in het Engelse, Duitse en Deense deel van de Noordzee tussen 51° en 57° noorderbreedte werd deze vis niet gevonden. Tussen 1997 en 2007 blijkt de mul echter zeer veelvuldig in de bestands-

opnamen door het gehele gebied voor te komen en is er zelfs visserij op deze ongequoteerde soort ontstaan.

De schol is een soort die tussen 1977 en 1987 in de gehele Noordzee tussen 51° en 57° noorderbreedte in grote aantallen werd gevangen. Hieronder valt ook de kustzone voor de Nederlandse Waddeneilanden. In de jaren 1997-2007 blijkt in dat kustgebied de schol vrijwel volledig uit de IBTS-opnamen te zijn verdwenen. Van Keeken et al. (2007) schrijven de verandering toe aan de hogere watertemperaturen. Zij beschrijven hoe na de instelling van de scholbox, een maatregel om jonge schol te beschermen, de jonge schol uit de kustzone, en dus uit de scholbox, wegtrok en zich nu in de veel zwaarder beviste delen van de Noordzee bevindt. Een directe relatie met visserij is daarom minder waarschijnlijk. Hoewel de waargenomen temperatuurstijging de meest waarschijnlijke oorzaak is, geven van Keeken et al. aan dat ook afgenomen predatie verder uit de kust, of toegenomen predatie in het kustgebied door zeehonden en aalscholvers



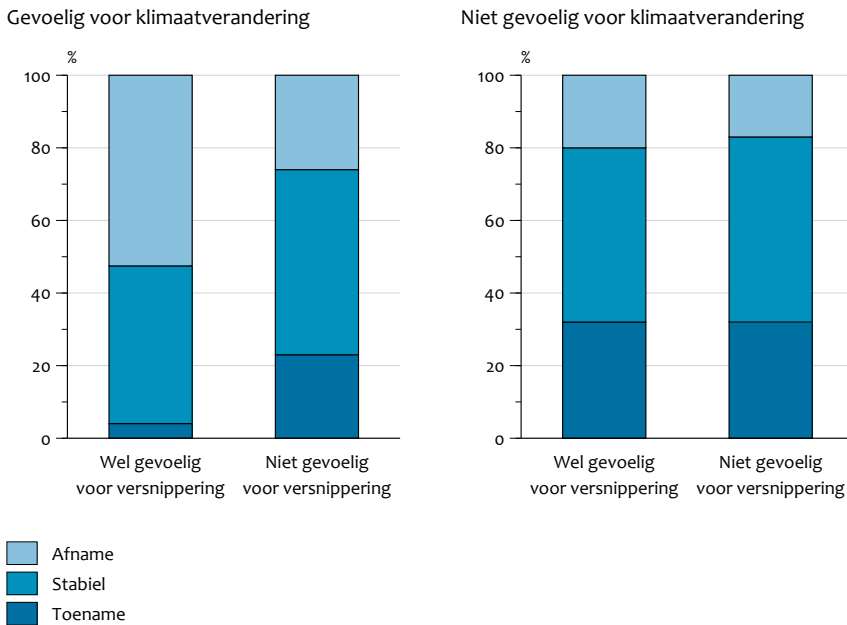
Bron: ICES (2009)

Waargenomen verandering in vangst van de mul en de schol laat een geografische verschuiving van het verspreidingsgebied zien. De mul is in de periode 1997-2007 in de Noordzee verschenen, terwijl de schol in deze periode in aantal achteruit is gegaan.

een rol kan hebben gespeeld. Wat opvalt, is dat zij de jaren negentig van de vorige eeuw noemen als periode waarin de schol verdwijnt.

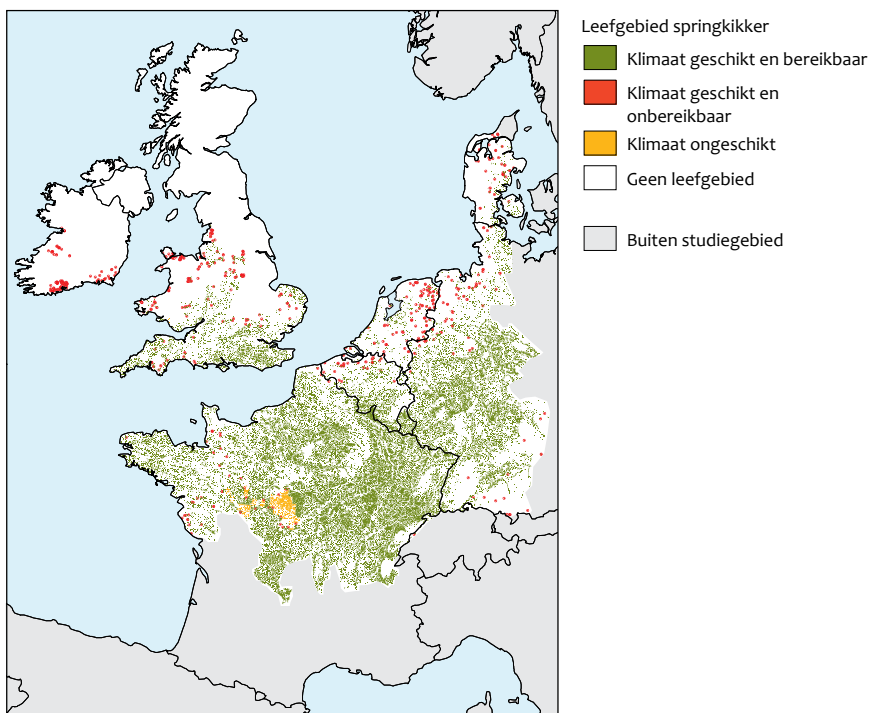
1988 was het jaar van een grote regimeverschuiving in de Noordzee en Waddenzee (Weijerman et al. 2005). In deze periode werden grote veranderingen in het voorkomen van vele organismen vastgesteld. Zo kwamen dwergtong, schurftvis, kleine pieterman en zeebaars vanaf 1988 in veel grotere

aantallen in het kustgebied voor, terwijl andere platvissoorten uit het Nederlandse deel van de Waddenzee verdwenen. Weijerman et al. vonden daarbij een correlatie met gestegen watertemperaturen. De veranderingen in de zee kunnen zeer snel gaan. Binnen tien jaar had de mul zich over grote delen van de Noordzee verspreid, terwijl de schol binnen een paar jaar uit de noordelijke kustzone was verdwenen. Dit wijst erop dat verdere temperatuurstijgingen ook in de toekomst tot veranderingen in de visbestanden zal kunnen leiden.



Bron: Ozinga et al. (2007)

De helft van de Nederlandse plantensoorten die gevoelig zijn voor versnippering én voor klimaatverandering, vertoont een negatieve trend. Bij soorten die alleen gevoelig zijn voor versnippering is dit 20 procent.



Bron: Europees BRANCH-project (www.branchproject.org)

Het leefgebied van de springkikker, de geschiktheid van het leefgebied na klimaatverandering en de bereikbaarheid van het leefgebied zijn weergegeven op basis van het klimaatscenario A2 (IPCC 2001) in 2050.

2.2.5 Versnippering van leefgebieden

Of soorten werkelijk in staat zijn hun areaal uit te breiden, hangt af van de beschikbaarheid van geschikt leefgebied

op bereikbare afstand. Dit hangt dus samen met de habitat-behoefte en dispersiekenmerken van soorten. Uit onderzoek naar dagvlinders blijkt bijvoorbeeld dat alleen soorten met

een goed verspreidingsvermogen of soorten met een brede habitatkeuze in staat zijn hun areaal naar het noorden uit te breiden (Warren et al. 2001).

Dat de effecten van klimaatverandering en versnippering elkaar kunnen versterken, blijkt ook uit een trendanalyse van de Nederlandse planten. De helft van de Nederlandse plantensoorten die zowel gevoelig zijn voor versnippering als voor klimaatverandering, vertoont een negatieve trend, terwijl dit bij soorten die alleen gevoelig zijn voor versnippering, 20 procent is (Ozinga et al. 2007; figuur 2.9).

Modellsimulaties helpen om locaties in kaart te brengen waar te grote onderbrekingen tussen de leefgebieden de verschuiving van soorten kunnen tegenhouden (Vos et al. 2008). In figuur 2.10 is te zien welk deel van het leefgebied van de springkikker in 2050 met klimaatverandering een geschikt klimaat heeft en bereikt kan worden (groene gebieden) en welk deel van het leefgebied weliswaar in een geschikte klimaatzone ligt, maar te geïsoleerd is om gekoloniseerd te worden (rode gebieden; Europees BRANCH-project, zie www.branchproject.org). De springkikker heeft een dicht netwerk van leefgebieden nodig, zonder tussengelegen barrières.

2.2.6 Kunnen soorten klimaatverandering bijhouden?

Uit een analyse van populatietrends van vogelgemeenschappen in Frankrijk blijkt dat er een snelle noordwaartse verschuiving plaatsvindt van vogelsoorten met een zuidelijke verspreiding, terwijl soorten met een relatief noordelijke verspreiding zijn achteruitgegaan (Devictor et al. 2008). Het onderzoek van de populatietrends wijst uit dat de broedvogelgemeenschap in Frankrijk in de laatste twintig jaar ruim 90 kilometer noordwaarts is opgeschoven. De temperatuur is in dezelfde periode echter ruim 270 kilometer opgeschoven, waarmee de vogelgemeenschap inmiddels ruim 180 kilometer achterloopt op de opwarming. Deze resultaten laten zien dat ook vogels, een groep met een relatief goed verspreidingsvermogen, moeite hebben om de opwarming van het klimaat bij te houden

Parmesan en Yohe (2003) komen op basis van de verspreidingsgegevens van 99 soorten tot de conclusie dat de areaalgrens elke tien jaar gemiddeld 6,1 kilometer opschuift in noordelijke richting. Deze resultaten hebben betrekking op verschillende taxa en diverse geografische regio's en de spreiding tussen soorten is groot. In het Verenigd Koninkrijk zijn vogels in de periode 1970-1990 18,9 kilometer noordwaarts opgeschoven (Thomas & Lennon 1999), wat neerkomt op 0,95 kilometer per jaar. De noordgrens van 22 zich uitbreidende Europese dagvlinders verschoof de afgelopen eeuw met 35 tot 240 kilometer (Parmesan et al. 1999). Dit komt neer op 0,35 tot 2,4 kilometer per jaar.

De verschuiving van verspreidingsgebieden verloopt dus langzamer dan de verschuiving van het klimaat. Wanneer de achteruitgang van soorten waar het klimaat ongeschikt wordt inderdaad harder gaat dan de uitbreiding, dan zal dit tot een krimp van verspreidingsgebieden leiden. Dit wordt geïllustreerd door modelsimulaties van het opschuiven van een specht. Meer leefgebied verhoogt echter het tempo van verschuiven en vergroot de kans op overleving (zie ook

'Snelle klimaatverandering leidt tot sneller uitsterven, meer leefgebied helpt').

2.2.7 Migratiepatronen van trekvogels veranderen

Nederland wordt door zijn strategische ligging en goede mogelijkheden om te foerageren en te rusten, gebruikt door grote aantallen winter- en trekvogels. Vooral op en rond de *wetlands*: de Waddenzee, het IJsselmeer, de Deltawateren en het rivierengebied. Klimaatverandering heeft hier ook invloed op. Migratiepatronen van trekvogels veranderen door een samenspel van wijzigingen in het weer in de noordelijke streken (broedgebieden) en de zuidelijker gelegen overwinteringsgebieden. 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). Als reactie op de hogere wintertemperaturen schoof het centrum van de winter-verspreiding van steltlopers geleidelijk op in (voornamelijk) noordoostelijke richting, bij de zilverplevier zelfs met 115 kilometer (Maclean et al. 2008). In warmere winters bleven veel trekvogels (vooral korteaftandstrekkingen) dicht bij huis dan in koude winters (Visser et al. 2009).

2.2.8 Aantalfluctuaties door weersextremen

Klimaatverandering uit zich behalve in temperatuurstijging ook in een toename van weersextremen. Het weer wordt grilliger van aard. Voor het Nederlandse klimaat worden weersextremen gekarakteriseerd door bijvoorbeeld langere periodes van droogte en hoge temperaturen in de zomer en door onregelmatige neerslagpatronen, waarbij vaker zeer zware buien zullen voorkomen (KNMI 2006). Deze extremen leiden tot grotere schommelingen in populatiegrootte, waardoor met name kleine populaties de kans lopen uit te sterven (Verboom et al. 2001; Vos et al. 2007). Dit blijkt bijvoorbeeld uit onderzoek naar de dagvlinder dwerg blauwtje (*Cupido minimus*), waarbij de hittegolf van 2003 vooral in kleine populaties tot uitsterven heeft geleid (Piessens et al. 2008; zie voor meer informatie over vlinders 'Hebben vlinders te lijden van toename in weersextremen?'). Ook het herstel na een verstoring verloopt trager in versnipperde leefgebieden, zo blijkt uit onderzoek naar de rietzanger (*Acrocephalus schoenobaenus*) (Foppen et al. 1999). Weersextremen, zoals extreme droogte, hevige neerslag en hittegolven, hebben effect op de soortensamenstelling van de vegetaties (Jentsch & Beierkuhnlein 2008).

Over de grootte van de effecten door weersextremen is nog relatief weinig bekend.

Een belangrijke oorzaak hiervan is dat extreme weersomstandigheden zeldzame gebeurtenissen zijn, waardoor het moeilijk is een empirisch verband met de aantalfluctuaties aan te tonen. Een uitzondering is de extreem droge zomer van 2003: die had een aantoonbare invloed op het voorkomen van vogels in Frankrijk (Julliard et al. 2004). Vogels met een zuidelijke verspreiding hadden een hoge reproductie en noordelijke vogels hadden juist een laag reproductiesucces.

Snelle klimaatverandering leidt tot sneller uitsterven, meer leefgebied helpt

Uit modelsimulaties blijkt dat het tempo van klimaatverandering grote invloed heeft op de overlevingskans van soorten. Als de geschikte klimaatzone te snel opschuift, kunnen soorten het tempo niet bijhouden en sterven ze uiteindelijk uit.

Het tempo van de klimaatverandering, de grootte van het verspreidingsgebied en de snelheid waarmee een soort in staat is geschikt geraakte gebieden te koloniseren, bepalen de kans op overleving. Een goede ruimtelijke samenhang van leefgebieden draagt bij aan de kolonisatiesnelheid. Nog belangrijker is echter

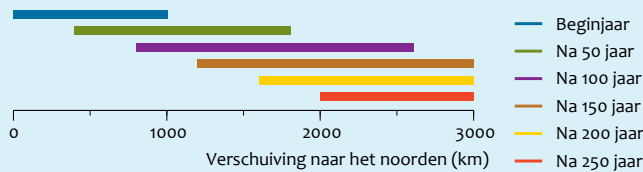
dat het tempo van de opwarming afneemt (Schippers et al. te verschijnen).

Meer leefgebied helpt (figuur 2.11). Bij een snelle klimaatverandering (temperatuurstijging met 4°C per 100 jaar) kan de 'bosspecht', een modelsoort, in een landschap met 5 procent habitat nog 125 jaar overleven. In een landschap met 10 procent habitat is de overlevingstijd nog 200 jaar. Dit geeft meer tijd om het klimaat te stabiliseren.

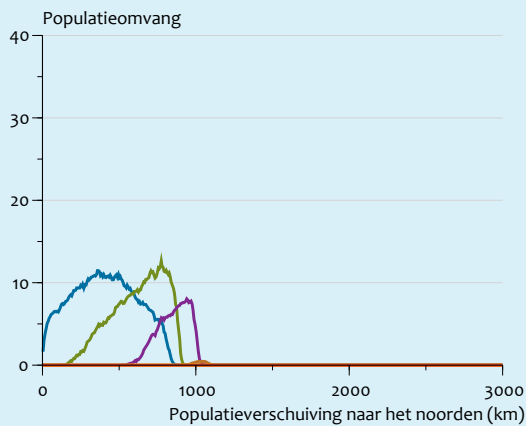
Figuur 2.11

Overlevingstijd 'bosspecht'

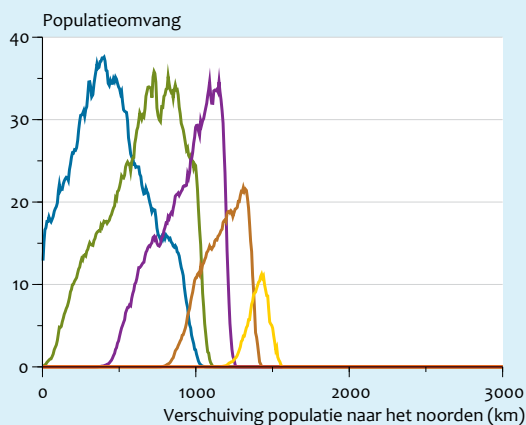
Geschikte leefgebied



Landschap met 5% leefgebied



Landschap met 10% leefgebied



Bron: Schippers et al. (te verschijnen)

Bij een snelle klimaatverandering (temperatuurstijging met 4°C per 100 jaar) kan de 'bosspecht', een modelsoort, in een landschap met 5 procent habitat nog 125 jaar overleven. In een landschap met 10 procent habitat is de overlevingstijd 200 jaar.

2.3 Effecten op standplaatscondities

- Grondwateronafhankelijke vegetaties op de hogere zandgronden zullen te maken krijgen met een groter vochttekort in het groeiseizoen, wat tot een opener vegetatie kan leiden. De ontwikkeling van levend hoogveen in Nederland wordt onder het W+-scenario waarschijnlijk kritiek door een toenemende vochtdynamiek en temperatuur. Mits het infiltratiegebied groot genoeg is, kan een toename van kwel plaatsvinden, wat gunstig is voor verschillende typen natuur.
- Door hogere watertemperaturen nemen probleemverschijnselen als blauwalgen en botulisme toe.
- In de open zeearmen zullen bij een stijgende zeespiegel de arealen droogvallende platen en ondiepe zones afnemen. Dit geldt ook voor de ondiepe zones van het IJsselmeergebied als ervoor wordt gekozen het waterpeil te laten meestijgen met de zeespiegelstijging. In de Waddenzee wordt de zeespiegelstijging,

volgens de KNMI-scenario's, waarschijnlijk voldoende gecompenseerd door ophoging met zand en slib.

2.3.1 Toename beschikbare voedingsstoffen

Bij een hogere temperatuur en CO₂-concentratie neemt de decompositie toe en komen meer voedingsstoffen beschikbaar. De plantenproductie neemt hierdoor toe, vooral in nutriëntarme ecosystemen zoals heide. In heidesystemen heeft dit naar verwachting een verdere vervanging van heide door grassen tot gevolg (Heijmans & Berendse 2009). Deze versnelde plantengroei treedt echter niet op tijdens periodes van grote droogte, zoals de zomer van 2003. Volgens de plusscenario's van het KNMI (zie hoofdstuk 1) zullen dit soort periodes steeds frequenter voorkomen.

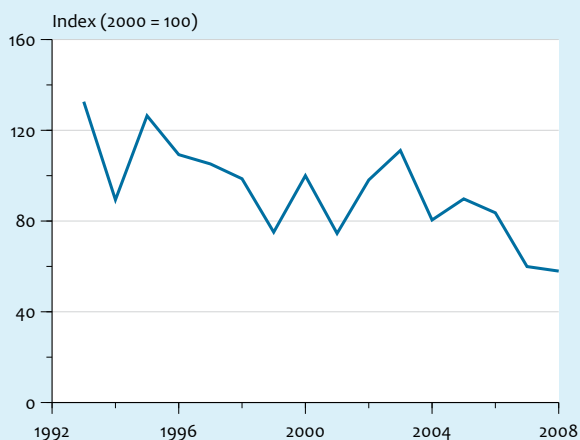
Hebben vlinders te lijden van toename in weersextremen?

Vlinders zijn koudbloedige dieren met een korte generatietijd. Dit maakt ze extra gevoelig voor weersschommelingen. Als door klimaatverandering de grilligheid van het weer toeneemt, is dit extra ongunstig voor de aantallen. In kleine geïsoleerde populaties kan dit tot uitsterven leiden. Bij het frequenter optreden van ongunstige jaren is er minder tijd voor herstel. Daarnaast speelt afname van de kwaliteit en hoeveelheid van leefgebieden een rol in een algemene neerwaartse populatietrend sinds het begin van de vorige eeuw.

Volgens de tellingen was 2008 het slechtste vlinderjaar sinds 1990, het startjaar van het vlindermeetnet (figuur 2.12). Vanaf 1990 werden per route gemiddeld 674 vlinders per jaar geteld, in 2008 waren dat er maar 479. Niet alleen zeldzame soorten als de zilveren maan hebben het moeilijk, maar ook veel algemene soorten gaan achteruit.

Er zijn twee weegerelateerde verklaringen voor de lage aantallen (persoonlijke mededeling Michiel Wallis de Vries, Vlinderstichting). Het voorjaar van 2007 was extreem droog en warm (april was warmer dan juni), waardoor de eiafzet in droogtegevoelige gebieden in 2007 faalde en er in 2008 dus weinig vlinders waren. Deze verklaring wordt ondersteund door het feit dat het vooral de voorjaarssoorten zijn die in aantallen achteruit zijn gegaan, terwijl het bij de zomersoorten meeviel. Daarnaast waren zowel in 2007 als in 2008 de zomers erg nat. In Engeland is ook een extreme achteruitgang van de vlinderstand geconstateerd, die in verband wordt gebracht met de extreem natte zomer van 2007. Vlinders vliegen niet wanneer het regent, waardoor ze geen voedsel kunnen vinden en zich niet kunnen voortplanten. Bovendien stonden op veel plaatsen in natte heiden en beekdalen de leefgebieden tijdelijk onder water. De aantallen vlinders waren de laagste in 25 jaar. Bij sommige soorten zijn de aantallen nog nooit zo laag geweest.

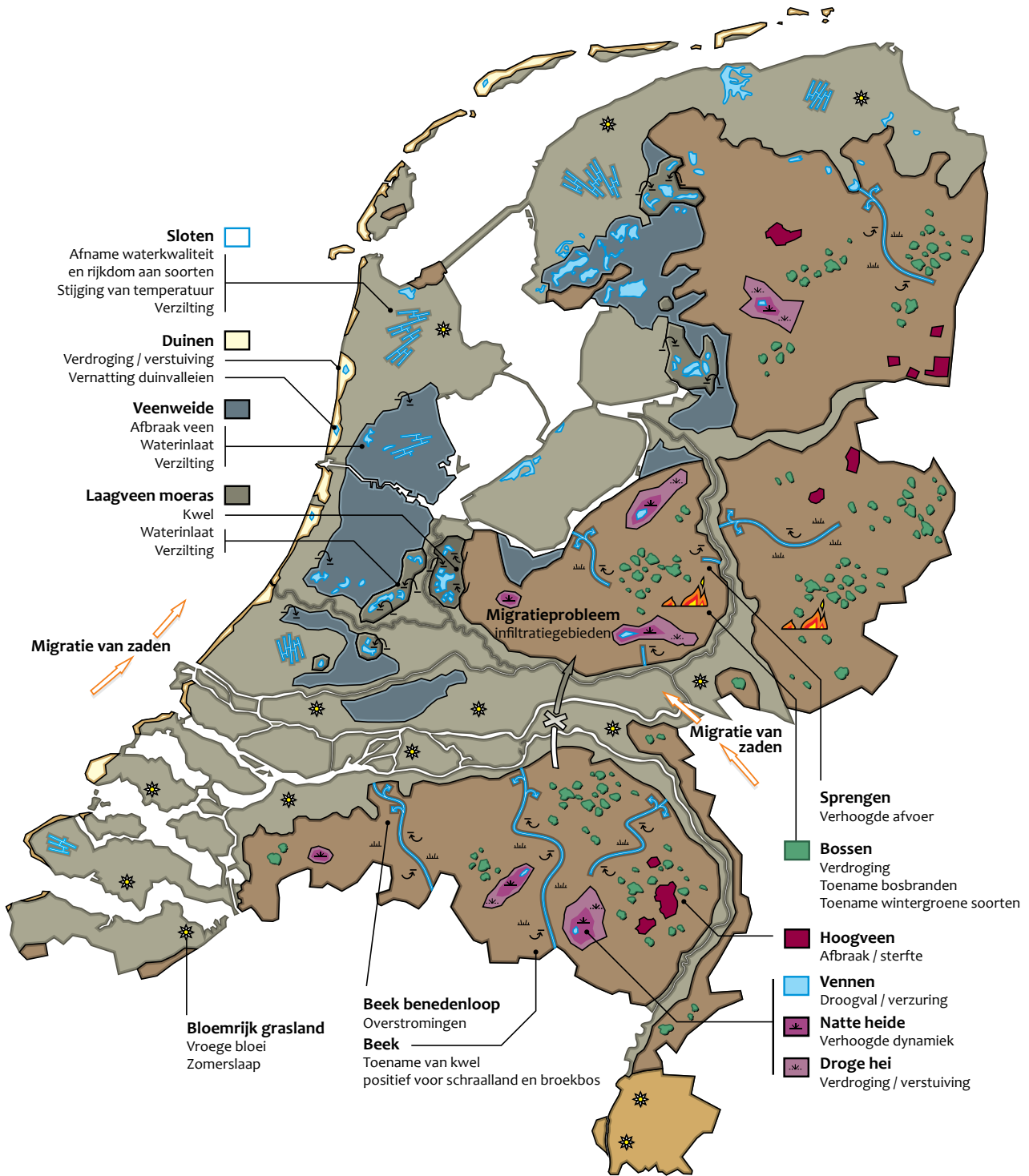
Aantal dagvlinders



Figuur 2.12

Bron: Landelijk Meetnet Vlinders (zie www.vlinderstichting.nl)

Volgens de tellingen was 2008 het slechtste vlinderjaar sinds 1990, het startjaar van het vlindermeetnet.



Bron: Witte et al. (2009a, b)

2.3.2 Veranderingen in waterhuishouding

Veranderingen in neerslagpatronen leiden tot veranderingen in de waterhuishouding in Nederland. Veel hangt af van hoe waterbeheerders omgaan met de veranderende beschikbaarheid van water en van de keuzes die zij daarbij maken voor de verschillende gebruiksfuncties. Qua jaarlijks neerslagoverschot zijn de klimaatscenario's W en W+ respectievelijk het

natste en het droogste scenario (zie hoofdstuk 1). Ze hebben met elkaar gemeen dat de winters natter worden en dat de verschillen tussen de jaren toenemen. Onder scenario W+ wordt de zomer echter veel droger, waardoor over het jaar genomen minder regen valt. De zomerdroogte blijft onder scenario W gelijk of neemt licht toe, afhankelijk van de locatie in Nederland. Afhankelijk van hoe de klimaatverandering



De ontwikkeling van levend hoogveen in Nederland, zoals in het Bargerveen, is onder het warmste en droogste scenario voor Nederland (W+-scenario) waarschijnlijk niet meer mogelijk (foto: Mark van Veen).

uitpakt, zal dit zowel positieve als negatieve gevolgen hebben voor de condities voor natuur.

Hoewel de huidige hydrologische modellen nog een aantal beperkingen hebben, kunnen met redelijke zekerheid enkele trends in de waterhuishouding worden vastgesteld voor de scenario's W en W+ (Witte et al. 2009a,b). In gebieden waar de grondwaterstand 's zomers een eind beneden maaiveld ligt, zal het vochttekort in de zomer onder beide scenario's toenemen. Onder het W+-scenario is de toename aanzienlijk. De gemiddelde grondwateraanvulling neemt onder het W-scenario echter toe en mogelijk ook onder het W+-scenario. Die aanvulling is mede mogelijk door terugkoppelingen van de vegetatie op het klimaat. Zo daalt het waterverbruik bij een toename van het CO₂-gehalte (Kruijt et al. 2008) en neemt bij extreme droogte het aandeel kale grond op hogere zandgronden toe waardoor minder verdamping plaatsvindt (Witte et al. 2008). De kwel naar lager gelegen gebieden zal door de toename in grondwateraanvulling gelijk blijven of mogelijk iets toenemen. In beide scenario's zal de grondwaterstand in winter en voorjaar licht stijgen. De zomerse grondwaterstand zal onder het W-scenario min of meer gelijk blijven en onder W+ dalen. Door de drogere zomers zal onder W+ meer gebiedsvreemd water moeten worden aangevoerd naar de peilbeheerste gebieden van laag Nederland. Verder zal de dynamiek in de waterhuishouding toenemen door intensievere neerslagbuien, nattere winters en drogere zomers.

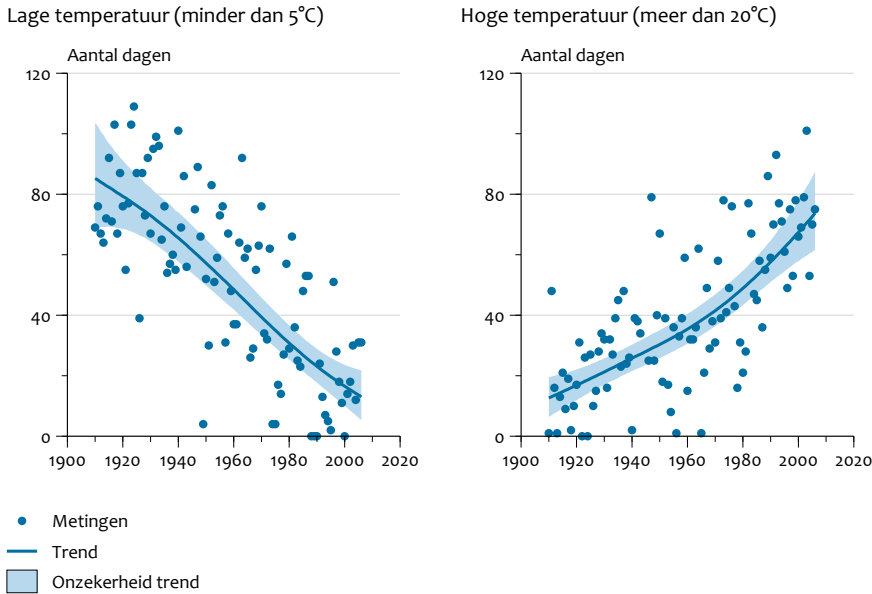
Klimaatverandering zal vooral gevolgen hebben voor vegetaties die voor hun watervoorziening geheel zijn aangewezen op de atmosfeer (figuur 2.13) (Witte et al. 2009a,b). Op hogere zandgronden, zoals stuwwallen, duinen en hogere dekzandruggen, zullen grondwateronafhankelijke vegetaties (droge heide, droge duingraslanden en droge bossen) te maken krijgen met een groter vochttekort in het groeiseizoen. Onder scenario W+ is de toename van dat tekort

aanzienlijk, wat zal leiden tot een opener vegetatie en een toename van het aandeel vroege bloeiers en soorten die in zomerslaap gaan. Vele naaldbomen zullen de grotere droogte niet overleven (Van Mantgem et al. 2009). In beide scenario's zal het aantal wintergroene soorten als hulst en taxus in de bossen naar verwachting toenemen en zal sprake zijn van een verhoogd risico op bosbranden. De veranderingen leiden tot meer dynamiek in droge bossen, wat ook kansen biedt voor variatie in vegetatiestructuur en voor biodiversiteit.

Behalve met een toenemend vochttekort zullen vegetaties te maken krijgen met een grotere variatie in vochtcondities. Periodes met vochttekort en periodes met zuurstofstress door een teveel aan water zullen elkaar afwisselen. Onder deze meer extreme omstandigheden lopen zeldzame plantensoorten het risico uit te sterven (Bartholomeus 2009).

Ook in natte en alleen door regenwater gevoede ecosystemen kunnen grote veranderingen optreden. Door een toenemende vochtdynamiek, temperatuur en – wat daarmee samenhangt – mineralisatie zullen karakteristieke vegetaties van hoogvenen, vennen en natte heiden het moeilijker krijgen. De ontwikkeling van levend hoogveen in Nederland is onder scenario W+ waarschijnlijk niet meer mogelijk.

De kwel naar lage gebieden als beekdalen, duinvalleien en randen van grote infiltratiegebieden zal mogelijk toenemen onder het relatief natte scenario W en misschien ook onder het droge scenario W+. Hoe de kwelstromen zich ontwikkelen hangt sterk af van veranderingen in evapotranspiratie, een belangrijke onzekere factor in hydrologische modellen. De kweltoename is gunstig voor de biodiversiteit van sprengen, beken, natte duinvalleien en door kwelwater gevoede schraallanden, zoals die voorkomen in het laagveenmoeras aan de westelijke voet van de Utrechtse Heuvelrug. De mogelijke toename in het W+-scenario wordt verklaard door het feit dat de bodem in hoger gelegen infiltratiegebieden in dit scenario



Bron: Puijenbroek et al. (2009)

Sinds 1910 neemt het aantal dagen met hoge watertemperatuur in de Rijn bij Lobith sterk toe en neemt het aantal dagen met lage temperatuur sterk af.

's zomers zo sterk uitdroogt dat de werkelijke verdamping door de vegetatie sterk wordt gereduceerd en dientengevolge de jaarlijkse grondwateraanvulling stijgt. Daar staat bij scenario W+ een ongunstige verandering tegenover, namelijk dat als de kweltoename onvoldoende is, de grondwaterstand in de loop van een drogere zomer sterker kan dalen (onder scenario W verandert de laagste grondwaterstand nauwelijks). Voor een dergelijke kweltoename moet het infiltratiegebied voldoende groot zijn.

Laagveenmoerassen, zoals de Nieuwkoopse Plassen en de Weerribben, waaruit veel water wegzijgt naar een diep ontwaterde omgeving, zullen zonder aanvullende maatregelen (denk aan een ander peilbeheer) in de zomer met meer oppervlaktewater moeten worden aangevuld. De slechtere kwaliteit van dit oppervlaktewater zal een achteruitgang van de biodiversiteit tot gevolg hebben. Dat geldt ook voor het veenweidegebied, waar een lagere grondwaterstand en een hogere temperatuur in de zomer bovendien zullen leiden tot een versnelde afbraak van het veen.

De waterkwaliteit van sloten en meren zal vermoedelijk achteruitgaan, doordat in de zomer de watertemperatuur stijgt en het risico op droogval, verzilting en de invloed van sulfaatrijk water uit de grote rivieren toeneemt.

2.3.3 Watertemperatuur neemt toe

De temperatuur van het oppervlaktewater wordt steeds hoger (zie hoofdstuk 1) door het lozen van koelwater en de hogere luchttemperatuur, maar kan ook het effect zijn van stuwning van rivieren zoals bij de Maas. Bij een lage waterafvoer in de zomer blijft het water in de stuwpannen stilstaan en stilstaand water warmt sneller op.

In de Friese Meren zijn de periodes met hoge algencentraties door de temperatuurstijging na 1995 langer geworden. In het voorjaar wordt het maximum van diatomeeën eerder bereikt door hogere watertemperaturen en relatief hoge nutriëntenconcentraties. Het maximum van de chlorofylconcentratie treedt later in het jaar op door een langer groeiseizoen voor blauwalgen, die het fytoplankton domineren bij hogere temperaturen (Wanink et al. 2008). In aquatische systemen leidt opwarming tot een verhoogde kans op blauwalgen en botulisme (Mooij et al. 2005). De kans dat door waterplanten gedomineerde meren veranderen in door algen gedomineerde systemen neemt al toe bij een temperatuurstijging van 2 à 3°C (Van de Bund & Van Donk 2004).

Behalve de gemiddelde watertemperatuur is het aantal warme en koude dagen van belang voor ecosystemen. In figuur 2.14 is te zien dat het aantal dagen met een hoge watertemperatuur in de Rijn bij Lobith sinds 1910 sterk toeneemt en dat het aantal dagen met een lage watertemperatuur sterk afneemt. Bij hogere temperaturen wordt het zuurstofgehalte van het water lager. De belangrijke grens van 25°C is sinds 1990 meerdere malen overschreden, bijvoorbeeld in 2003. Dit kan een probleem vormen voor de zalm en vlagzalm: deze vissoorten kunnen sterven bij een temperatuur tussen de 23 en 26°C (Sportvisserij Nederland 2007; Sportvisserij Nederland 2008). De stroomopwaartse migratie van Atlantische zalm stopt bij temperaturen boven de 20°C.

2.3.4 Veranderingen in waterafvoer rivieren en beken

Het afvoerpatroon van rivieren verandert door wijzigingen in het klimaat. Winterafvoeren nemen bij alle KNMI-scenario's toe en zomerafvoeren nemen (in de plusscenario's) af. De overstromingsduur zal veranderen en dit heeft gevolgen voor enkele karakteristieke vegetatietypen in het rivierengebied (Haasnoot & Van der Molen 2005). Vegetatietypen die vooral

voorkomen in drogere of juist nattere omstandigheden (zoals hardhoutoobos respectievelijk stroomdalgrasland) zullen in areaal afnemen. Het verspreidingsgebied van vegetatietypen met een gemiddelde overstromingsduur zal daarentegen toenemen.

Door een meer frequente en langdurige inundatie van natuur in uiterwaarden én laaggelegen gebieden komen veel extra nutriënten beschikbaar. Dit is ongunstig voor voedselarme ecosystemen (Heijmans & Berendse 2009). Voedselrijke moerasbossen, zoals zachthout- en hardhoutoobossen en elzenbroekbossen, zijn hiervoor echter wel tolerant (Hommel et al. 2005). Ook zal, afhankelijk van de tolerantie van soorten voor langdurige inundatie, een verschuiving in de soorten-samenstelling plaatsvinden. Veel soorten hebben een tolerantie voor inundatie gedurende de winter maar zijn gevoelig voor overstroming in de zomer (Van Eck et al. 2006).

In de rivieren treden mogelijk nadelige effecten op bij lage afvoer. De verwachting is dat (extreem) lage afvoeren in de Rijn vaker zullen voorkomen. Bij de huidige zoutvracht op de Rijn is de kans klein maar niet afwezig dat de drinkwaternorm voor chloride bij Lobith in de toekomst wordt overschreden. Als de trend richting lagere afvoeren zich doorzet, zal er dus extra goed moeten worden opgelet of het Rijnwater bruikbaar is voor drinkwaterbereiding (Bonte & Zwolsman 2009).

Ook de waterafvoer van beken zal veranderen. Sprengbeken langs de Veluwe kunnen mogelijk profiteren van het veranderende klimaat, omdat de grondwateraanvulling op de Veluwe toeneemt. Er zullen minder beektrajecten droogvallen en de afvoeren zullen toenemen. Wat lager gelegen beektrajecten zoals de Dommel krijgen hoogstwaarschijnlijk steeds vaker te maken met een hogere afvoer en extreme piekafvoeren in de winter. Midden- en benedenlopen van beken zullen door de vergrootte afvoer vaker overstromen. Aangezien het oppervlaktewater en het meegevoerde slib verrijkt dan wel vervuild zijn met nutriënten en zware metalen, kan dit leiden tot een uitbreiding van natte, tamelijk voedselrijke en hoogproductieve beekdalecosystemen (grote zeggen, ruigtes en broekbos) ten koste van waardevolle schraalgraslanden.

Beektrajecten met een beperkte afvoer zijn vooral kwetsbaar voor droogte. Door de afname van de afvoer in de zomer zullen bovenlopen vaker droogvallen. Dit heeft negatieve gevolgen voor een groot deel van de aquatische organismen (Verdonschot et al. 2005).

2.3.5 Zeespiegelstijging

In de open zeearmen zullen bij een stijgende zeespiegel de arealen van droogvallende platen afnemen. Een voorzichtige schatting is dat de Waddenzee een stijging van 3 tot 6 millimeter per jaar zou aankunnen, en mogelijk zelfs 8 millimeter per jaar (RWS & Deltares 2008). Het KNMI voorziet een zeespiegelstijging van 35 tot 85 centimeter in deze eeuw. Als die aanname klopt, dan blijft de Waddenzee voorlopig behouden.

De natuur in het IJsselmeergebied is sterk afhankelijk van de waterdiepte. Andere factoren zijn temperatuur, nutriënten en slibgehalte (dit laatste is vooral in het Markermeer van belang). De waardevolle gebieden liggen vooral in de ondiepe zones. Als het huidige waterpeilregime niet meer kan worden

gehandhaafd en ervoor wordt gekozen het peil mee te laten stijgen met de zeespiegelstijging (conform het huidige beleid van Rijkswaterstaat en in overeenstemming met het advies van de Deltacommissie), zal dit belangrijke gevolgen hebben voor de natuur. Zonder aanvullende maatregelen zullen ondiepe zones verdwijnen door verdrinking. Bovendien komt voedsel voor schelpdieretende vogels, dat aanwezig is op de bodem, steeds dieper te liggen, waardoor het areaal met bereikbaar voedsel voor deze vogels steeds kleiner wordt. In een natuurlijke situatie zouden zones kunnen opschuiven, maar in het IJsselmeergebied zijn de meeste oevers begrensd door dijken.

2.3.6 Toename verzilting

Ook zonder klimaatverandering neemt de verzilting in Nederland toe, maar door klimaatverandering gaat het verziltingsproces harder. Verzilting doet zich momenteel voor in grote delen van laag Nederland met als belangrijkste aandachtsgebieden de Zuidwestelijke Delta, de droogmakerijen en veengebieden. Verzilting treedt op doordat zout vanuit de zee terecht komt in de rivieren of doordat zout via de bodem en het grondwater de regionale watersystemen binnendringt. Als door klimaatverandering de zeespiegel stijgt, zal de verzilting extra toenemen. De combinatie van zeespiegelstijging met lage waterafvoeren en lage grondwaterstanden zal de verzilting verder versterken. Tegelijkertijd zal de mogelijkheid voor doorspoeling, waarmee de verzilting kan worden tegengegaan, kleiner zijn door verminderde beschikbaarheid van zoet water.

Adaptatiestrategie

3

Wat betreft de uitkomst van de toekomstige klimaatverandering zijn de onzekerheden nog groot, maar de richting van de verandering is voor de meeste factoren duidelijk. Er is vooral onzekerheid over de omvang en snelheid waarmee de veranderingen zich voltrekken, over de hoeveelheid neerslag in de zomer, en over de lokale en extreme veranderingen. De effecten van klimaatverandering op de natuur zijn complex en gedeeltelijk onvoorspelbaar. Door de interactie met bestaande drukfactoren zoals versnippering en eutrofiëring, worden de effecten van klimaatverandering sterker.

In hoofdstuk 2 hebben we aangegeven hoe klimaatverandering de soorten en abiotische condities beïnvloedt. In dit hoofdstuk beschrijven we wat ze betekent voor ecosystemen (paragraaf 3.1) en voor de te kiezen adaptatiestrategie (paragraaf 3.2). In paragraaf 3.3 wordt de adaptatiestrategie verder ingevuld.

3.1 Risico's voor het functioneren van ecosystemen

- *Ecosystemen krijgen de komende eeuw te maken met continue veranderingen in soortensamenstelling en standplaatscondities en worden blootgesteld aan verstoringen, die in frequentie en intensiteit zullen toenemen. Doordat soorten verschillend op klimaatverandering reageren, kunnen bestaande relaties tussen soorten binnen leefgemeenschappen uit elkaar vallen, en zullen er mogelijk 'gaten' in het functioneren van ecosystemen ontstaan. Daarnaast zullen ook nieuwe relaties tussen soorten tot stand komen.*
- *Interacties tussen effecten zoals vermessing en klimaatverandering, en indirecte effecten zoals onze aanpassingen van het waterbeheer, maken een voorspelling van effecten op ecosystemen onzekerder.*

3.1.1 Klimaatverandering geeft risico's voor biodiversiteit

Ecosystemen zullen de komende eeuw te maken krijgen met continue veranderingen in soortensamenstelling en standplaatscondities. Daarnaast zullen ze worden blootgesteld aan verstoringen, zoals extreem droge en extreem natte periodes, die in frequentie en intensiteit zullen toenemen.

Doordat soorten verschillend op klimaatverandering reageren, kunnen bestaande relaties tussen soorten binnen leefgemeenschappen gedeeltelijk uit elkaar vallen en zullen er mogelijk 'gaten' in het functioneren van ecosystemen ontstaan. Uitbreidende soorten met een zuidelijke verspreiding zullen profiteren van de opwarming en daarmee hun concurr-

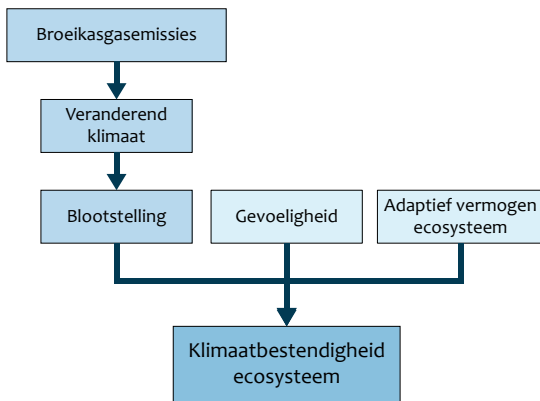
rentiepositie ten opzichte van andere soorten verbeteren. Terugtrekkende soorten met een noordelijke verspreiding zullen in toenemende mate moeite hebben zich te handhaven en zullen op termijn verdwijnen. Daarnaast verschijnen nieuwe soorten waarvoor de klimatologische condities in Nederland geschikt zijn. Relaties in voedselketens raken verstoord door verschillen in fenologische respons, waardoor jongen niet meer worden geboren op het moment waarop er een piek in het voedselaanbod aanwezig is. Ook kunnen relaties in de voedselketen uit elkaar vallen doordat de overlap in geschikte klimaatzones verdwijnt, bijvoorbeeld de relatie tussen vlinder en waardplant (Schweiger et al. 2008).

De toename van weersextremen en de grotere grilligheid van het weer hebben grotere aantalfrequenties tot gevolg, die tot regionaal uitsterven van soorten kunnen leiden. Verschuivingen in de soortensamenstelling kunnen direct als gevolg van weersextremen optreden, wanneer door droogtestress in extreem droge en warme zomers of door zuurstofstress bij overstromingen kritische grenzen worden overschreden.

De effecten van klimaatverandering worden versterkt door versnippering van de natuurgebieden. Als nieuwe soorten geschikt geraakte gebieden niet kunnen bereiken, terwijl bestaande soorten uit die gebieden verdwijnen doordat het klimaat voor hen ongeschikt is geworden, dan neemt de biodiversiteit af. Ook herstel na weersextremen verloopt langzamer door versnippering.

Afname biodiversiteit is risico voor functioneren van ecosystemen

In hoeverre ecosystemen anders gaan functioneren als de soortensamenstelling verandert of de biodiversiteit afneemt, hangt af van de rol die verdwenen soorten binnen het ecosysteem vervulden (Kramer & Geijzenoff 2009). Als dit sterk structuurbepalende soorten waren of soorten die een sleutelrol vervulden in het systeem, dan zal het verlies ervan diepe sporen achterlaten. Het functioneren wordt echter ook beïnvloed door de nieuwe soorten die erbij komen. Welk effect er precies uitgaat van het verdwijnen van bestaande soorten en welk van het verschijnen van nieuwe soorten, hangt ervan af hoe de soorten elkaar overlappen in hun functie binnen het ecosysteem. Naarmate de biodiversiteit verder afneemt, komt het functioneren van ecosystemen meer in gevaar.



Klimaatbestendige ecosystemen zijn een optelsom van de blootstelling aan veranderingen, en de gevoeligheid en het adaptief vermogen (of veerkracht) van het ecosysteem.

3.1.2 Klimaatverandering leidt tot veranderingen in standplaatscondities

De toename van beschikbare nutriënten als gevolg van klimaatverandering is ongunstig voor voedselarme ecosystemen. Eutrofiëring is nu al een zeer belangrijke drukfactor, die vooral de biodiversiteit van voedselarme systemen bedreigt. Klimaatverandering versterkt dit effect.

De veranderingen in de waterhuishouding zijn complex en nog gedeeltelijk onverklaard. Ze lijken zowel gunstige als ongunstige effecten te hebben voor de biodiversiteit, en zijn deels afhankelijk van de locatie. Zo neemt de kwel in sommige delen van het land toe, terwijl hij elders afneemt. Bij de effecten op de waterhuishouding zal het veel uitmaken of Nederland met +-scenario's te maken krijgt of niet, omdat droge zomers een relatief grote invloed hebben op de vegetatie. Aanpassingen van het waterbeheer, zoals het al dan niet toelaten van gebiedsvreemd water, maken het nog lastiger om effecten op ecosystemen te voorspellen. De toenemende fluctuaties van de grondwaterstand zal in combinatie met de temperatuurstijging extra ongunstig zijn voor kwetsbare natte ecosystemen zoals hoogveen, vennen en natte heide.

Er zijn ook interacties tussen de verschillende effecten, waardoor het moeilijk wordt het totale effect op ecosystemen te voorspellen. Zo treedt de hardere groei van de vegetatie als gevolg van temperatuurstijging en CO₂-toename bijvoorbeeld niet op bij extreme droogte. Natuurlijke successie in bossen kan bufferend werken voor koudeminnende soorten; in de hellingbossen van Zuid-Limburg zijn deze soorten de afgelopen twintig jaar hierdoor zelfs vooruitgegaan (Van der Staaï & Ozinga 2008). De hardere groei van de duinvegetatie, waarschijnlijk veroorzaakt door een combinatie van eutrofiëring, temperatuur- en CO₂-toename, en een terugval in de konijnenpopulatie, is voor vlindersoorten echter ongunstig, doordat het microklimaat achteruitgaat (Wallis de Vries & Van Swaay 2006).

Zeespiegelstijging leidt vooral bij een gefixeerde kustlijnverdediging tot het verdrinken van ondiepe ecosystemen. Daarnaast hebben de kustverdediging uit het verleden en de nog

te verwachten beschermingsmaatregelen tegen de huidige zeespiegelstijging grote invloed op de natuurwaarden van kustecosystemen. Hier geldt dat bij het vergroten van de kustveiligheid zich ook kansen voordoen voor natuurherstel en natuurontwikkeling, mits gebruik wordt gemaakt van natuurlijke processen (conform het advies van de Deltacommissie).

3.2 Adaptatiestrategie gericht op het adaptief vermogen

- *Het doel van de voorgestelde adaptatiestrategie voor een klimaatbestendige natuur is om het adaptief vermogen (of veerkracht) van ecosystemen te vergroten.*
- *De adaptatiestrategie omvat het ontwikkelen van grote heterogene natuurgebieden met een goede ruimtelijke samenhang en goede standplaatscondities, en daarbij gebruikmaken van natuurlijke dynamiek. Hiermee wordt ruimte geboden aan een hoge (functionele) biodiversiteit.*

3.2.1 Adaptief vermogen van ecosystemen

Een belangrijk doel van het Nederlandse natuurbeleid is behoud en ontwikkeling van biodiversiteit (LNV 2007). De biodiversiteit wordt echter bedreigd door veranderingen in het klimaat en daarmee loopt ook deze beleidsdoelstelling gevaar. Hoe de klimaatverandering doorwerkt op ecosystemen, wordt in de eerste plaats bepaald door de klimaatverandering zelf, de zogenoemde blootstelling (zie figuur 3.1). Het afremmen van klimaatverandering door mitigerende maatregelen is belangrijk, omdat dit niet alleen de blootstelling vermindert maar ook de snelheid van klimaatverandering kan verlagen. Dit geeft de natuur meer tijd zich aan te passen aan veranderingen. Naast mitigatie zijn ook adaptatiemaatregelen nodig, al was het maar om de nu al ingezette veranderingen in het klimaat op te kunnen vangen.

In de tweede plaats speelt de gevoeligheid van het systeem voor verstoringen een bepalende rol bij het doorwerken van klimaatveranderingen. Zo is een ecosysteem met een hoge zouttolerantie minder gevoelig voor verzilting dan een systeem met een lage tolerantie. De gevoeligheid is een intrin-

sieke eigenschap van het systeem en biedt geen aangrijpingspunten voor adaptatie.

Een derde factor is het adaptief vermogen van het ecosysteem, dat in belangrijke mate de uiteindelijke klimaatbestendigheid bepaalt. Met adaptief vermogen wordt hier bedoeld het vermogen van ecosystemen om ondanks veranderingen te kunnen blijven functioneren. Het adaptief vermogen wordt ook wel veerkracht genoemd (zie ook Kramer & Geijzendorffer (2009) en Dessai & Van der Sluis (2007). Hierna worden enkele eigenschappen van adaptief vermogen toegelicht.

3.2.2 Eigenschappen van het adaptief vermogen

Een hoge biodiversiteit leidt tot risicospreiding

Biodiversiteit is een belangrijke component van het adaptief vermogen van een ecosysteem, omdat een hoge biodiversiteit risicospreiding geeft. Worm et al. (2006) hebben bijvoorbeeld voor mariene ecosystemen aangetoond dat door verlies van biodiversiteit het adaptief vermogen afneemt.

Een ecosysteem bestaat uit relaties tussen soorten in diverse functionele groepen. Een functionele groep bestaat uit soorten die ongeveer dezelfde functie in een ecosysteem vervullen, zoals bestuivers, strooiselafbrekers, herbivoren of insectenetters. Het risico bestaat dat veel vertegenwoordigers van functionele groepen of zelfs gehele groepen lokaal verdwijnen door weersextremen, zoals overstromingen of droogte, waardoor het ecosysteem slechter gaat functioneren. Een grote functionele biodiversiteit betekent dus risicospreiding; er is dan immers meer variatie in de functionele kenmerken van soorten. Kan de soort met de ene kenmerken niet overleven, dan kan de soort met de andere kenmerken dat wel.

Daarnaast is responsdiversiteit van de soorten, dus hoe de soorten verschillend van elkaar reageren binnen een functionele soortengroep, van essentieel belang voor het adaptief vermogen van het ecosysteem. Zijn er bijvoorbeeld van alle lokale bestuivers een paar die positief reageren op een erg nat voorjaar terwijl de rest het niet redt, dan blijft die functie voor het lokale ecosysteem overeind. Bij een geringe responsdiversiteit reageren de soorten van een functionele groep mogelijk op dezelfde manier op weersextremen. Dat geeft het risico dat de hele functionele groep op een zeker moment verdwijnt en soorten van elders zich moeten vestigen, wil de functie zich kunnen herstellen. Lukt dat niet, dan verdwijnen na enige tijd de niet meer bestoven plantensoorten en neemt de biodiversiteit verder af.

Het adaptief vermogen neemt ook toe als soorten binnen een functionele groep zich bewegen over verschillende schalen in ruimte en tijd. Bijvoorbeeld, als een insectensoort die zich bij gunstige omstandigheden tot een plaag kan ontwikkelen, slechts wordt gegeten door één specialistische roofkever met een levensduur van een jaar en een verspreidingsvermogen van enkele tientallen meters, dan kan de plaagsoort makkelijk ontsnappen aan zijn predator en zich tot plaag ontwikkelen (Tscharnkte et al. 2005). Wordt de plaagsoort echter ook gegeten door insectensoorten die meerdere jaren leven en zich over honderden meters verspreiden, dan is de kans op

een uitbraak al een stuk minder. Zijn er bovendien vogels die de plaagsoort eten en over vele kilometers hun voedsel verzamelen, dan neemt de kans op een plaag nog verder af (Kramer & Geijzendorffer 2009). In onderzoek in gras- en heidesystemen is ook aangetoond dat een hoge biodiversiteit de kans op het voorkomen van invasieve soorten vermindert. De effecten van klimaatverandering op de gevoeligheid voor invasieve soorten waren wisselend. Extreme neerslag bleek de kans op invasieve soorten te vergroten, terwijl extreme droogte die kans juist verminderde (Kreyling et al. 2008).

Herstelvermogen door interne heterogeniteit

De interne heterogeniteit van een gebied speelt een centrale rol in het herstel van de populatie in dat gebied na een verstoring. Interne heterogeniteit of gradiënten ontstaan in gebieden waar ruimte is voor overgangen van nat naar droog, voor open en dichte vegetatie, voor hoogteverschillen, enzovoort. Herstel treedt op vanuit die delen van het gebied die niet zijn getroffen en van waaruit het getroffen deel opnieuw kan worden gekoloniseerd. Maar het herstelvermogen wordt ook bepaald door zaden in de zaadbank, wortelstokken, boomstobben die weer uit kunnen lopen, en dieren die zich in de bodem hebben verstopt of als ei de verstoring hebben doorstaan.

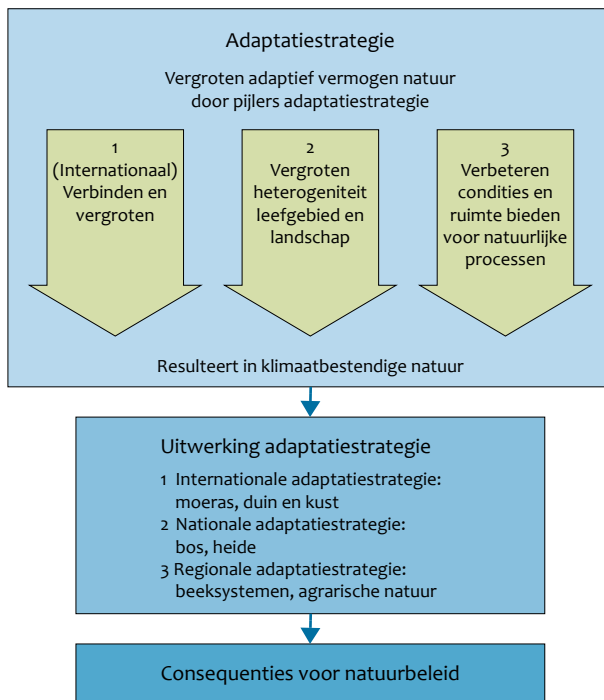
Ruimte voor natuurlijke dynamiek, processen

Voldoende ruimte voor spontane ontwikkelingen als gevolg van natuurlijke dynamiek is belangrijk voor het adaptief vermogen, omdat die soorten de gelegenheid biedt in steeds nieuwe combinaties voor te komen. Die soortcombinaties leveren vervolgens een nieuwe leefgemeenschap op, die beter is aangepast aan nieuwe omstandigheden van klimaatverandering.

Herstelvermogen door ecologische netwerken

Populaties vertonen grotere aantalschommelingen wanneer er weersextremen optreden, zoals perioden van langdurige droogte of extreme neerslag. De kans op uitsterven neemt daardoor toe. Grotere populaties kunnen schommelingen in de aantallen, door bijvoorbeeld een jaar met mislukte reproductie of grotere sterfte, beter opvangen dan kleinere populaties (Verboom et al. 2001). Ook het herstelvermogen na een verstoring verloopt sneller in grotere populaties. Daarnaast zijn grotere populaties sneller in staat nieuwe leefgebieden te koloniseren, zodat soorten de klimaatverandering beter kunnen bijhouden. Soorten hebben dus grotere populaties en daarmee grotere gebieden nodig om bij toenemende kans op weersextremen te kunnen overleven.

Veel natuurgebieden in Nederland zijn zo klein dat ze als geheel getroffen kunnen worden door bijvoorbeeld langdurige droogte, waardoor hele functionele groepen kunnen verdwijnen. Herstel is dan alleen mogelijk vanuit het omringende landschap. Ecologische netwerken van ecosystemen zijn een belangrijke voorwaarde voor het herstelvermogen, omdat lokaal herstel kan optreden door hervestiging vanuit andere delen van het netwerk (Opdam & Wiens 2002). Binnen het netwerk is het belangrijk dat alle successiestadia aanwezig zijn om de soortenrijkdom en het lokale ecosysteem van het getroffen gebied weer op te bouwen.



De drie pijlers van de adaptatiestrategie en uitwerkingen per ecosysteemtype.

3.3 Invulling van de adaptatiestrategie

- De voorgestelde adaptatiestrategie is opgebouwd uit drie pijlers, die in combinatie het adaptief vermogen van ecosystemen en soorten vergroten en daarmee bijdragen aan de klimaatbestendigheid:
 - Pijler 1: De ruimtelijke samenhang vergroten door het (internationaal) verbinden en vergroten van natuurgebieden.
 - Pijler 2: De heterogeniteit en gradiënten vergroten in natuurgebieden en omringend landschap.
 - Pijler 3: De standplaatscondities in natuurgebieden zo veel mogelijk verbeteren met gebruik van natuurlijke landschapsvormende processen.
- De adaptatiemaatregelen zijn zowel gericht op het oplossen van knelpunten die door klimaatverandering zijn ontstaan, als op het aanpakken van nieuwe kansen voor de natuur.
- De adaptatiemaatregelen kunnen zowel binnen als buiten natuurgebieden plaatsvinden.

Het doel van de adaptatiestrategie is: *het ontwikkelen van grote heterogene natuurgebieden, ingebed in landschappen, met een optimale ruimtelijke samenhang en optimale condities, gebruikmakend van natuurlijke dynamiek en hiermee ruimte biedend aan een hoge functionele (bio)diversiteit.* De adaptatiestrategie is opgebouwd uit drie pijlers, die in combinatie het adaptief vermogen van ecosystemen en soorten vergroten, en daarmee bijdragen aan de klimaatbestendigheid (zie figuur 3.2).

3.3.1 Pijler 1: De ruimtelijke samenhang vergroten door het (internationaal) verbinden en vergroten van natuurgebieden

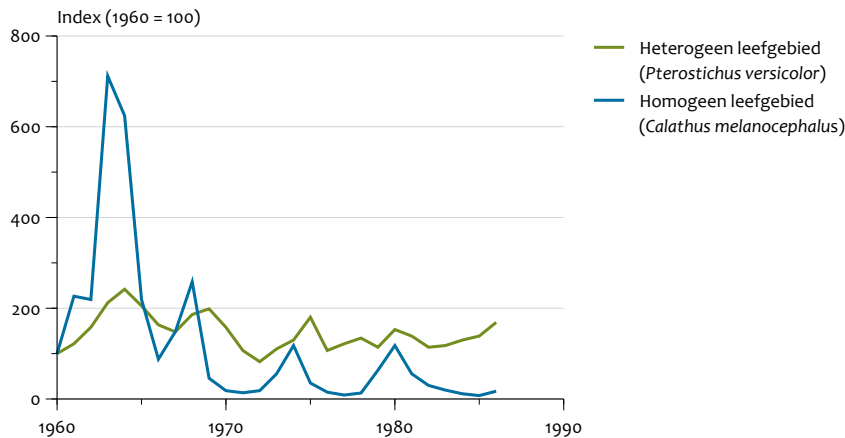
Gebieden met elkaar verbinden zodat soorten hun nieuwe leefgebied kunnen bereiken

Klimaatverandering vraagt om het (internationaal) koppelen van ecosystemennetwerken, zodat soorten zich op grote schaal kunnen verplaatsen. Door voldoende ruimtelijke samenhang te creëren, kunnen ook de soorten met een geringer dispersievermogen hun areaal aanpassen aan het veranderende klimaat. Dit betekent dat netwerken van ecosystemen tussen de huidige en de toekomstige klimaatzone van soorten met elkaar verbonden moeten worden (Vos et al. 2008).

Gebieden vergroten om weersextremen op te vangen

Om het duurzaam voorkomen van soorten veilig te stellen, is het belangrijk dat hun leefgebieden voldoende groot zijn en onderdeel uitmaken van een ecologisch netwerk, waarbinnen uitwisseling plaatsvindt tussen de afzonderlijke gebieden (Opdam & Wiens 2002). Populaties vertonen grotere aantalschommelingen als gevolg van weers-extremen, zoals langdurige droogte of extreme neerslag. De kans op uitsterven neemt daardoor toe. Soorten hebben dus grotere gebieden nodig om bij toenemende kans op weers-extremen te kunnen overleven.

Grotere populaties kunnen schommelingen in de aantallen (bijvoorbeeld door een jaar met mislukte reproductie of grotere sterfte) beter opvangen dan kleinere populaties. Hun kans op uitsterven is daardoor kleiner. Daarnaast zijn grotere popu-



Bron: Den Boer (1986)

Populaties van loopkevers in een heterogeen leefgebied vertonen minder grote fluctuaties dan loopkevers in een homogeen leefgebied. De effecten van weersextremen zijn sterker in homogene leefgebieden.

laties in staat hun areaal sneller uit te breiden, zodat soorten de klimaatverandering beter bij kunnen houden (zie 'Snelle klimaatverandering leidt tot sneller uitsterven, meer leefgebied helpt' in hoofdstuk 2). Juist de grote populaties vormen een belangrijke bron van individuen voor de kolonisatie van nieuwe gebieden. Ten slotte zijn grotere gebieden nodig om meer kansen te bieden voor ruimtelijke heterogeniteit, wat het effect van weersextremen kan dempen (zie pijler 2).

De strategie om de ruimtelijke samenhang te vergroten, wordt ondersteund in een internationaal overzicht van adaptatiemaatregelen. Hierin komt het verbinden en vergroten van natuurgebieden naar voren als de maatregel die het meest wordt aanbevolen (Heller & Zavaleta 2009).

3.3.2 Pijler 2: De heterogeniteit en gradiënten vergroten in natuurgebieden en omliggend landschap

Heterogeniteit in natuurgebieden (lokaal niveau) dempt het effect van weersextremen

Grote natuurgebieden met interne heterogeniteit geven een risicospreiding wanneer door klimaatverandering weersextremen vaker en heviger optreden. Hierdoor komen weersextremen minder hard aan en verloopt het herstel van soorten na een verstoring sneller. Voorbeelden van heterogeniteit zijn: relatief natte en droge plekken, variatie in de vegetatiestructuur, noord- en zuidhellingen, en gradiënten in bijvoorbeeld zoet-zout of voedselarm-voedselrijk. In natte jaren kunnen de relatief droge delen van een gebied als *refugium* dienen, in relatief warme jaren zijn juist beschaduwde plekken of noordhellingen gunstiger voor de overleving of reproductie. Den Boer (1986) heeft in een 25 jaar durend onderzoek naar loopkevers op heideterreinen aangetoond dat heterogeniteit binnen natuurgebieden een dempende werking heeft op de aantalschommelingen (zie figuur 3.3). De lokale populaties van de loopkever *Pterostichus versicolor* leven in een heterogeen gebied en fluctueren onafhankelijk van elkaar, ieder onder invloed van lokale milieuomstandig-

heden. *Pterostichus* deed het in relatief natte jaren beter in de droge delen van de heide en in droge jaren beter in de natte delen. Een andere loopkeversoort, *Calathus melanocephalus*, heeft te maken met homogene omstandigheden. In sommige jaren zijn de omstandigheden gunstig en zijn de populatie-aantallen hoog. In ongunstige jaren zijn de aantallen echter overall laag. De homogene omstandigheden vergroten de fluctuaties tussen jaren, wat ongunstig is voor de overleving van de populatie. In heterogene heideterreinen worden al te grote aantalfunctuaties voorkomen. Zo kunnen gradiënten en verschillen in vegetatiestructuur de veerkracht van systemen vergroten.

Ook heterogene landschappen (regionaal niveau) dempen het effect van weersextremen

Heterogeniteit is belangrijk op verschillende schaalniveaus: het verbetert de veerkracht van ecosystemen netwerken niet alleen op lokaal niveau (binnen natuurgebieden) maar ook op regionaal niveau (binnen landschappen). Heterogene landschappen dempen het effect van weersextremen en verlagen hiermee het risico op regionaal uitsterven onder extreme weersomstandigheden. Dit blijkt uit een studie naar de effecten van de extreem droge zomer van 2003 op de populatiedynamiek van de bruine kikker (Piha et al. 2007). In 2003 was de reproductie maar 20 procent vergeleken met die in 2002. Deze terugval was echter minder in gebieden met een hogere regionale grondwaterstand en in gebieden met een grotere landschappelijke heterogeniteit.

Een hoge mate van heterogeniteit biedt ook ruimte aan meer soorten, omdat bij competitie tussen soorten de kans toeneemt dat iedere soort een eigen optimum vindt, met andere woorden: voor elk wat wils. Een hoge biodiversiteit draagt weer bij aan risicospreiding als relaties in de voedselketen wegvallen (Hooper et al. 2005).

3.3.3 Pijler 3: De standplaatscondities in natuurgebieden zo veel mogelijk verbeteren met gebruik van natuurlijke landschapsvormende processen

Klimaatverandering versterkt de effecten van al bestaande drukfactoren zoals eutrofiëring en verdroging. Vooral de extra eutrofiëring is een probleem, omdat dit nu al een belangrijke oorzaak is van het verlies van biodiversiteit in voedselarme ecosystemen. De grotere schommelingen in de waterhuishouding en de uitdroging in de zomer die in het W+-scenario zijn voorzien, vragen om extra maatregelen in de waterhuishouding. Veranderingen in de waterhuishouding en de zeespiegelstijging bieden ook kansen voor de natuur, bijvoorbeeld het herstel van zoet-zoutgradiënten langs de kust en het toenemen van de kweldruk in beekdalen.

Gebruikmaken van natuurlijke dynamiek

Hoe is het mogelijk te sturen op processen die ruimtelijke heterogeniteit in het landschap bevorderen? Herstel van natuurlijke, landschapsvormende processen is essentieel om heterogeniteit in natuurgebieden te creëren. Bij het handhaven van de huidige vast omschreven natuurdoelen zijn verstoringen vaak ongewenste gebeurtenissen, omdat doelsoorten lokaal verloren kunnen gaan. Verstoringen zijn echter

juist ook een voorwaarde om veranderingen aan te brengen in de biodiversiteit en vormen de basis voor adaptatie van ecosystemen aan veranderende omstandigheden. Kansen voor vernieuwing van ecosystemen worden gemist wanneer we verstoringen als ongewenste gebeurtenissen beschouwen (Kramer & Geijzendorffer 2009). Omdat verstoringen door grotere weersextremen nog onbekende verschijnselen zijn voor onze ecosystemen, is het nog onduidelijk hoe groot gebieden moeten zijn om dit soort extra dynamiek op te kunnen vangen. Ook de frequentie en omvang van verstoringen heeft invloed op de benodigde omvang van (netwerken van) ecosystemen. Risicospreiding is alleen effectief wanneer niet het gehele systeem in gelijke mate wordt beïnvloed door een bepaalde verstoring. Mogelijk bieden referentiegebieden in het buitenland, bijvoorbeeld in Frankrijk waar naar verwachting nu al onze toekomstige klimatologische omstandigheden heersen, aanknopingspunten voor de benodigde omvang.

Dit roept de vraag op waar zich de beste standplaatscondities voor grote natuurgebieden bevinden en waar natuurlijke processen meer de ruimte kunnen krijgen, rekening houdend met klimaatverandering. Door mee te bewegen met klimaatveran-

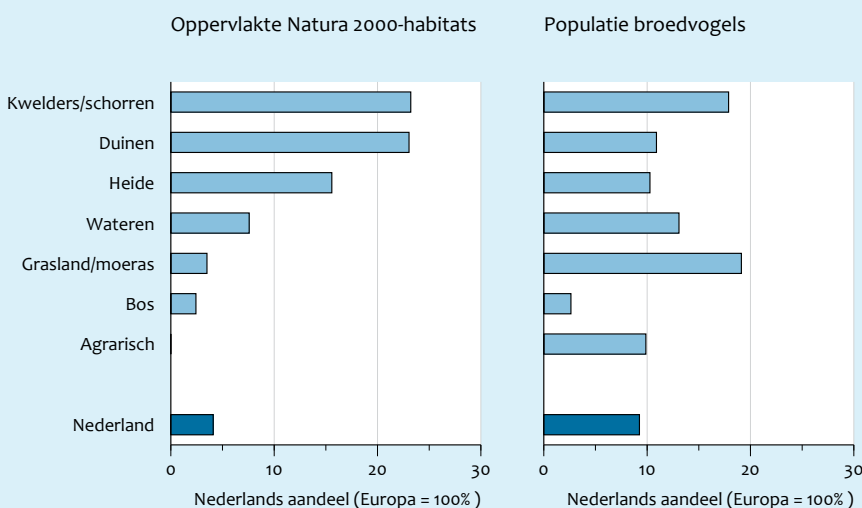
Nederlandse natuur in internationale context

De natuur in Nederland is in de Europese context bijzonder te noemen. Er komen maar liefst 51 van de ruim 200 in Europa beschermde Natura 2000-habitattypen voor in Nederland. Meer dan de helft van deze 51 typen komt bovengemiddeld veel in Nederland voor. Nederland heeft in het bijzonder een grote internationale verantwoordelijkheid voor het behoud van duinen, heiden, kwelders/schorren en enkele watertypen,

waaronder de Waddenzee. Veel van deze natuur is karakteristiek voor Nederland als delta van Europa. De Nederlandse natte ecosystemen – kwelders, schorren, wateren, moerassen en graslanden – zijn internationaal van groot belang voor broedvogels (figuur 3.4). Een relatief groot deel van de (Noord-Atlantisch) Europese populatie broedt in Nederland.

Internationaal belang van Nederlandse natuur, 2000

Figuur 3.4



Bron: PBL (2009a)

Van de 51 Natura-2000-habitats die in Nederland voorkomen heeft Nederland op Europees niveau een grote verantwoordelijkheid voor behoud, herstel en ontwikkeling van Natura 2000-habitats in duinen, heiden, kwelders en een aantal watertypen. Ook van de in Nederland voorkomende broedvogels broedt een relatief groot deel van de (Noord-Atlantisch) Europese populatie in Nederland.

dering en de voorgenomen adaptatiemaatregelen te nemen, wordt de dynamiek in natuurgebieden groter. Een dynamisch kustbeheer biedt ruimte aan verstuing en aan periodieke doorbraken van de zee op plekken waar ze geen bedreiging vormen voor de kustveiligheid. Dit voorkomt dat soorten die aangepast zijn aan een hoge mate van dynamiek, uit het kustlandschap verdwijnen. De plannen van de Deltacommissie voor klimaatadaptatie en dynamisch kustbeheer bieden goede kansen voor natuurlijke dynamiek (zie hoofdstuk 4). Ook de adaptatiemaatregelen om de veiligheid in het rivierengebied te vergroten, bieden mogelijkheden hiertoe.

3.3.4 Uitgangspunten en uitwerkingen van de adaptatiestrategie

In de volgende hoofdstukken is de adaptatiestrategie per natuurtype verder uitgewerkt. De adaptatiestrategie is bedoeld om het adaptief vermogen van de natuur te vergroten, zodat extra risico's als gevolg van klimaatverandering beter kunnen worden opgevangen. Adaptatiemaatregelen worden genomen om knelpunten als gevolg van klimaatverandering op te lossen én om nieuwe kansen voor de natuur aan te pakken.

De drie pijlers uit figuur 3.2 staan centraal bij de uitwerking van de strategie. Uitgangspunten voor de strategie zijn de strategische natuurdoelen van LNV, dat wil zeggen: *behoud en ontwikkeling van biodiversiteit in Nederland* (LNV 2007). Ook de huidige ligging van natuurgebieden heeft als vertrekpunt voor de strategie gefungeerd. De huidige natuurdoelen liggen daarbij echter niet op voorhand vast, omdat deze als gevolg van klimaatverandering of door de adaptatiestrategie zelf kunnen veranderen. Dit betekent dat de uitvoering van de adaptatiestrategie consequenties heeft voor het natuurbeleid (zie hoofdstuk 7).

Doordat typen natuur verschillen in internationale betekenis, kwetsbaarheid voor klimaatverandering, en kansen die klimaatverandering mogelijk biedt, is de strategie voor verschillende typen natuur afzonderlijk beschreven.

Inherent aan deze keuze is dat de ecosysteemoverschrijdende landschapsecologische relaties minder goed uit de verf komen. Het gaat hier onder meer om geleidelijke overgangen tussen systemen, waardoor het naast elkaar voorkomen van ecosystemen een meerwaarde oplevert, zoals geleidelijke overgangen tussen bos en hei. Maar ook het beschermen van inziingsgebieden om kwelzones in stand te houden, blijft bij deze aanpak onderbelicht. Bij verdere uitwerking en regionale implementatie van de voorgestelde adaptatiestrategie is het belangrijk om met deze ecosysteemoverschrijdende relaties rekening te houden.

Internationale adaptatiestrategie

Een belangrijk uitgangspunt bij het bepalen van een adaptatiestrategie vormt de Nederlandse natuur in internationale context (zie kader). Europa staat voor de opgave om de biodiversiteit op Europese schaal klimaatbestendig te maken (COM 2009). Doordat geschikte klimaatzones in de komende eeuw honderden kilometers zullen opschuiven, vraagt een effectieve adaptatiestrategie om grensoverschrijdende maatregelen. Waar liggen de belangrijkste routes door

Europa waarlangs soorten kunnen verschuiven, en hoe kan de EHS daaraan bijdragen? Als we de Nederlandse natuur in de Europese context bekijken, dan draagt Nederland een relatief grote verantwoordelijkheid voor ecosystemen die typerend zijn voor een laaglanddelta: duinen, kwelders en schorren, en moeras (zie het kader Nederlandse natuur in internationale context). Voor deze ecosystemen ligt het voor de hand dat in Nederland een internationale Europese adaptatiestrategie wordt toegepast (zie hoofdstuk 4).

Nationale adaptatiestrategie

Dit betekent zeker niet dat in de andere ecosystemen in Nederland geen hoge en unieke natuurwaarden aanwezig zijn. Van de nog resterende Atlantische heidegebieden bevinden zich enkele grotere in Nederland, zoals de Dwingeloossche heide. De heiderestanten zijn echter zo versnipperd dat internationale adaptatie geen realistische optie is. Voor bossen geldt dat de Veluwe een van de grootste natuurgebieden in ons deel van Europa is; dit geeft het gebied een grote waarde. Vanuit Europees perspectief gezien ligt het echter meer voor de hand om de uitgestrekte bosgebieden in Centraal- en Noord-Europa als concentratiegebied voor Europese adaptatie aan te wijzen. Het is voor de klimaatbestendigheid van de Nederlandse bosccosystemen echter wel belangrijk om daarbij aan te sluiten (zie hoofdstuk 5).

Regionale adaptatiestrategie

Als derde categorie is een adaptatiestrategie ontwikkeld voor kleinschalige natuurgebieden. Het gaat hier veelal om een mozaïek van verschillende typen natuur in multifunctionele landschappen, vaak met een grote cultuurhistorische waarde. Een multifunctionele regionale adaptatiestrategie biedt goede kansen. Beeksystemen hebben door hun lijnvormige karakter nauwe relaties met het omliggende landschap. Beekdalen kunnen bijvoorbeeld een belangrijke rol spelen bij het versterken van de regionale klimaatbestendigheid, doordat ze water opvangen en vasthouden (zie hoofdstuk 6).

3.3.5 Adaptatiemaatregelen binnen en buiten natuurgebieden

Binnen natuurgebieden zijn maatregelen denkbaar als het vergroten van deelgebieden en het ontwikkelen van nieuwe natuur. Daarnaast kan via beheer en inrichting van natuurgebieden worden ingespeeld op veranderingen in de nutriëntenhuishouding en waterhuishouding. Bijvoorbeeld door een grotere dynamiek in de waterhuishouding toe te laten, waarbij zowel grotere droogte als overstromingen vaker zullen optreden. Of door het watervasthoudend vermogen van natuurgebieden te bevorderen.

Buiten natuurgebieden hebben adaptatiemaatregelen veelal een multifunctioneel karakter. Een voorbeeld van multifunctionele adaptatie is een zone rondom natuurgebieden, die de klimaatbestendigheid van deze gebieden helpt versterken (Agricola et al. 2010; Vos et al. 2006). De zone bestaat uit multifunctioneel cultuurlandschap met een geïntegreerde gebiedsgerichte aanpassing aan klimaatverandering, waar zowel de natuur als de landbouw, het waterbeheer en de recreatie van profiteren. Ook biedt deze zone ruimte om in de toekomst beter om te gaan met nu nog onvoorziene effecten van klimaatverandering. Adaptatiemaatregelen

zijn bedoeld om de ruimtelijke samenhang van de natuur te versterken, zoals een sterke groen-blauwe dooradering van het landschap. Deze dooradering verzwakt de gevolgen van klimaatgebonden ziekten en plagen, draagt bij aan het watervasthoudende en waterbergende vermogen van het landschap, versterkt de cultuurhistorische identiteit en verhoogt de recreatieve draagkracht en de kwaliteit van het landschap. Ook aangepast waterbeheer draagt bij aan waterconservering en helpt droogteschade voorkomen.

3.3.6 Natuur biedt adaptatie voor andere functies

Maatregelen in natuurgebieden kunnen helpen de effecten van klimaatverandering op andere ruimtelijke gebruiksfuncties en op de leefomgeving van de mens op te vangen. Er zijn zeer diverse maatregelen mogelijk, zoals een flexibele kustverdediging waarbij natuurlijke processen worden ingeschakeld (zie hoofdstuk 4); andere voorbeelden zijn het beheersen van waterdynamiek in stroomgebieden door het inzetten van (nieuwe) natuurgebieden, natuurlijke beeksystemen en landschapselementen (zie hoofdstuk 6).

Internationale adaptatiestrategie

4

In de hoofdstukken 4 en 5 wordt de adaptatiestrategie verder uitgewerkt voor de ecosysteemtypen moeras, duin en kust (hoofdstuk 4), en heide en bos (hoofdstuk 5). Per ecosysteemtype is aan de hand van mogelijke risico's en kansen in beeld gebracht hoe kwetsbaar het is voor klimaatverandering. De volgende vragen dienen daarbij als leidraad:

- Waar bevinden zich de natuurgebieden die groot genoeg zijn om de extra aantalfuctuaties van populaties door weersextremen op te vangen? Welke gebieden zijn mogelijk te klein?
- Welk aandeel van de kenmerkende soorten breidt zich uit en welk deel zal zich op termijn uit Nederland terugtrekken?
- Waar bevinden zich onderbrekingen in het netwerk die de migratie van soorten tegenhouden, waardoor soorten hun verspreiding niet kunnen aanpassen aan de verschuiving van hun klimaatzone?
- Waar bevinden zich gunstige standplaatscondities voor natuur(ontwikkeling)? Hoe zullen deze veranderen door wijzigingen in het klimaat, waar doen zich kansen voor en waar gaan de condities achteruit?
- Waar bevinden zich de beste locaties voor de internationale aansluiting van natuurgebieden en welke potenties voor natuurontwikkeling zijn er in de ons omringende landen?

Aan de hand van deze vragen hebben we per ecosysteemtype een diagnose gesteld over de klimaatbestendigheid. Op basis van deze diagnose is vervolgens voor ieder ecosysteemtype de adaptatiestrategie specifiek uitgewerkt. Hierbij zijn de mogelijkheden verkend om natuur mee te koppelen met adaptatiestrategieën van andere sectoren. Meekoppeling kan een belangrijke sturende factor zijn bij het bepalen en implementeren van een adaptatiestrategie.

4.1 Methode

4.1.1 Duurzaamheid neemt af bij groeiend aantal weersextremen

Er is nog betrekkelijk weinig bekend over hoe groot de extra populatieschommelingen als gevolg van klimaatverandering zullen zijn en hoeveel groter populaties móeten zijn om deze schommelingen op te kunnen vangen. In deze analyse hebben we de aanname verkend dat sleutelgebieden voor populaties tweemaal zo groot moeten zijn, willen de populaties weers-

extremen op kunnen vangen. Met deze 'klimaatnorm' is vervolgens verkend waar gebieden mogelijk te klein worden om een sleutelpopulatie te herbergen (zie ook Vos et al. 2008; Wolfert et al. 2008).

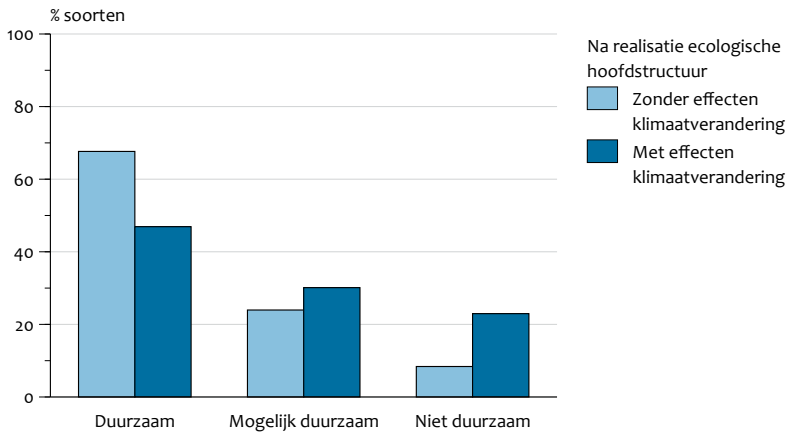
Landelijk zullen door klimaatverandering steeds minder faunadoelsoorten duurzaam voorkomen. Als het klimaat niet verandert, zijn de natuurgebieden na het realiseren van de ecologische hoofdstructuur (EHS) en bij optimale condities groot genoeg voor twee derde van de faunadoelsoorten (figuur 4.1). Wanneer echter rekening gehouden wordt met de effecten van klimaatverandering, waaronder de op te vangen weersextremen, dan geldt dit nog maar voor bijna de helft van de soorten.

4.1.2 Verspreidingsgebied verschuift als gevolg van klimaatverandering

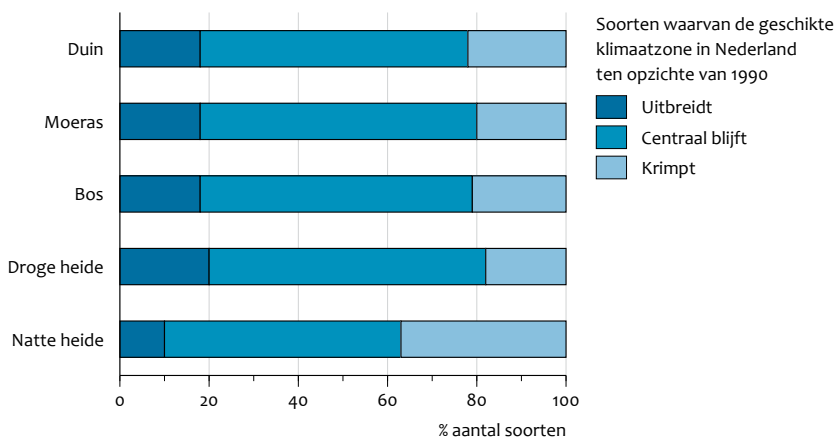
Met behulp van klimaatvelopmodellen is voorspeld dat het klimaat in Nederland op de lange duur ongeschikt wordt voor een deel van de huidige doelsoorten (Geertsema et al. 2009). Tot 2100 blijft Nederland in deze berekeningen voor 60 procent van de doelsoorten centraal in het verspreidingsgebied gelegen (zie figuur 2.5 in hoofdstuk 2). Bijna 20 procent van de soorten trekt zich gefaseerd uit Nederland terug omdat de condities voor hen niet langer geschikt zijn, en voor ruim 20 procent van de huidige doelsoorten worden de klimatologische condities juist gunstiger. Kortom, 40 procent van de huidige soorten is 'in beweging'. Daarnaast zijn er nog nieuwe soorten te verwachten waarvoor het klimaat in Nederland geschikt wordt. Dit betekent dat een grote verschuiving in de soorten-samenstelling van de natuur zal plaatsvinden. De verdeling van soorten waarvan de klimaatzone krimpt of uitbreidt, verschilt sterk per type natuur (figuur 4.2). Een type met een grote fractie soorten waarvan het geschikte leefgebied in Nederland krimpt, is natte heide (inclusief hoogveen); droge heide daarentegen is een type dat relatief veel uitbreidende soorten bevat.

4.1.3 Knelpunten voor verschuivingen

Een randvoorwaarde voor de migratie van soorten naar geschikt geraakte klimaatzones is dat de afstanden tussen natuurgebieden overbrugbaar zijn. Daarom is onderzocht waar zich ruimtelijke knelpunten bevinden in het netwerk van de EHS. Een ruimtelijk knelpunt ontstaat wanneer het leefgebied van een soort is verdeeld in meerdere van elkaar gescheiden netwerken. Deze netwerken liggen los van elkaar, omdat



De omvang van natuurgebieden is voldoende voor twee derde van de faunadoelsoorten. Wanneer rekening gehouden wordt met de effecten van klimaatverandering geldt dit nog maar voor de helft van de soorten.



Bron: Van Veen et al. (2010); bewerking PBL (gebaseerd op verschillende klimaatscenario's en empirische data)
 De verdeling van soorten waarvan de klimaatzone krimpt of uitbreidt, verschilt sterk per type natuur. Een type met een grote fractie soorten waarvan het geschikte leefgebied in Nederland krimpt, is natte heide (inclusief hoogveen).

de afstand voor de soort te groot is om te overbruggen. Per ecosysteemtype zijn voor een steekproef van soorten die variëren in verbreidingsvermogen de ruimtelijke knelpunten in kaart gebracht. Voor iedere soort is voor de losliggende netwerken de positie van het dichtstbijzijnde netwerk geïdentificeerd. Deze locaties geven de zoekgebieden aan waar extra leefgebied nodig zou zijn voor de koppeling van de netwerken. Deze ruimtelijke knelpunten zijn vervolgens in vakken van 5x5 kilometer gesommeerd. Voor meer informatie over de methode wordt verwezen naar Vos et al. (2008).

4.1.4 Standplaatscondities veranderen en hebben gevolgen voor vegetatie

Veranderingen in neerslagpatronen leiden tot veranderingen in de waterhuishouding in Nederland. Veel hangt af van hoe

waterbeheerders omgaan met de veranderende beschikbaarheid van water en van de keuzes die zij daarbij maken voor de verschillende gebruiksfuncties. Qua jaarlijks neerslagoverschot zijn de klimaatscenario's W en W+ respectievelijk het natste en het droogste scenario (zie hoofdstuk 1). Ze hebben met elkaar gemeen dat de winters natter worden en dat de verschillen tussen de jaren toenemen. Onder scenario W+ wordt de zomer echter veel droger, waardoor over het jaar genomen minder regen valt. De zomerdroogte blijft onder scenario W gelijk of neemt licht toe, afhankelijk van de locatie in Nederland. Afhankelijk van hoe de klimaatverandering uitpakt, zal dit zowel positieve als negatieve gevolgen hebben voor de condities voor natuur.

Om een beeld te schetsen van de gevolgen van klimaatverandering voor de natuur is gebruikgemaakt van uitkomsten van hydrologische modellen, literatuurgegevens en proceskennis (Witte et al. 2009a,b). Klimaatverandering zal vooral gevolgen hebben voor vegetaties die voor hun watervoorziening geheel zijn aangewezen op de atmosfeer. Maar ook in oppervlaktewateren en door kwelwater of oppervlaktewater gevoede ecosystemen kunnen grote veranderingen optreden (zie hoofdstuk 2, 4 en 5).

4.2 Internationale klimaatcorridor moeras

- *De Nederlandse moerasnatuur is binnen Europa van groot belang. De klimaatbestendigheid staat onder druk omdat het aantal ruimtelijke knelpunten toeneemt en de standplaatscondities veranderen als gevolg van klimaatverandering.*
- *De ontwikkeling van een klimaatcorridor moeras biedt een oplossing. Deze corridor functioneert als zoekgebied waarbinnen maatregelen worden genomen die het adaptief vermogen van het ecosysteem ter plaatse vergroten. Tegelijkertijd biedt de corridor soorten de mogelijkheid om te migreren naar geschikte klimaatzones.*
- *De klimaatcorridor omvat regio's waar de ruimtelijke opgave relatief klein is, maar ook een aantal zwakke schakels die om grotere inspanningen vragen.*
- *De Nederlandse klimaatcorridor moeras vormt een belangrijk bolwerk binnen Noordwest-Europa. Internationale aansluiting van de nationale klimaatcorridor op een Europese klimaatcorridor moeras is nodig.*

In de uitwerking van de adaptatiestrategie geldt een brede definitie van moeras als uitgangspunt. Hierbij gaat het om rietland en ruigte, natte schraalgraslanden, stroomdalgraslanden en struweel, en grienden op laagveen.

De Nederlandse moerasnatuur is internationaal van groot belang (zie 'Nederlandse natuur in internationale context' op pagina 52). Dit geldt vooral voor de broedvogels. De huidige natuurkwaliteit van moeras is matig, maar de neergaande trend van de biodiversiteit zwakt langzaam af (PBL 2009a). Dit duidt op een voorzichtig herstel van de ecosysteemkwaliteit.

4.2.1 Diagnose klimaatbestendigheid moeras

Klimaatverandering vraagt om het oplossen van ruimtelijke knelpunten

Nederland heeft een groot aantal moerasgebieden die groot genoeg zijn om de extra populatieschommelingen als gevolg van weersextremen op te vangen (figuur 4.3). Meer dan de helft van de soorten kan hier ook na klimaatverandering duurzaam voorkomen. Denk aan gebieden als de Oostvaardersplassen, de Oostelijke Vechtplassen, de Biesbosch, de Wieden, de Weerribben, de Gelderse Poort en het Drentse Aa-gebied. Er zijn echter ook veel gebieden die te klein zijn om klimaat-effecten het hoofd te bieden.

Landelijk zullen door klimaatverandering steeds minder moerassoorten duurzaam voorkomen. Als het klimaat niet verandert, zijn de moerasgebieden na het realiseren van de

ecologische hoofdstructuur (EHS) en bij optimale condities groot genoeg voor 72 procent van de faunadoelsoorten. Wanneer echter rekening gehouden wordt met de effecten van klimaatverandering, dan geldt dit nog maar voor 55 procent van de soorten.

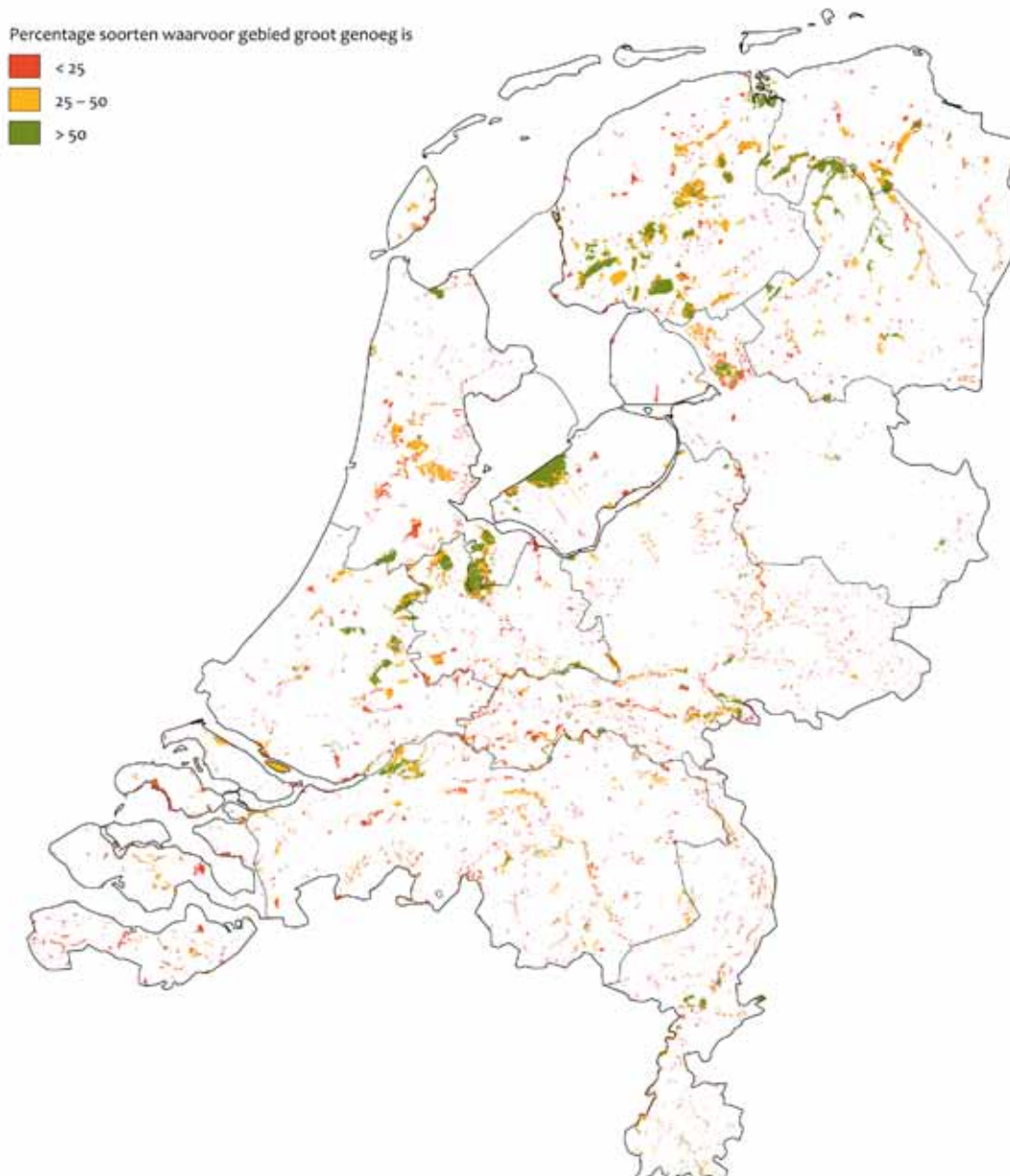
De omvang van de moerasgebieden is niet het enige ruimtelijke knelpunt. Om nieuwe leefgebieden te bereiken, moeten de afstanden tussen de natuurgebieden overbrugbaar zijn. Uit een steekproef op basis van 42 doelsoorten voor moeras, blijkt dat 40 procent van de soorten een of meerdere locaties heeft waar de moerasgebieden te ver uit elkaar liggen om migratie mogelijk te maken (figuur 4.4). Sommige soorten, zoals de roerdomp, hebben één groot netwerk binnen Nederland, terwijl weinig mobiele soorten met kleine oppervlaktebehoefte, zoals de kamsalamander, zeer veel kleine netwerkjes hebben. Vooral deze soorten hebben vaak last van onderbrekingen, die het meebewegen met klimaatverandering bemoeilijken. Maar ook mobielere soorten als de snor en de grote vuurvlieder hebben last van onderbrekingen in hun netwerk.

De geschikte klimaatzones van moerassoorten zullen verschuiven. Volgens voorspellingen op basis van klimaat-envelopmodellen blijft Nederland in ieder geval tot 2100 voor ruim 60 procent van de doelsoorten centraal in het verspreidingsgebied gelegen, ook als het klimaat verandert. Van 20 procent van de moerassoorten trekt het verspreidingsgebied zich uit Nederland terug, omdat de condities voor deze soorten niet langer geschikt zijn. Voor bijna 20 procent van de soorten worden de klimatologische condities juist gunstiger. Daarnaast zijn er ook nieuwe moerassoorten te verwachten, waarvoor het klimaat in Nederland geschikt wordt. Hierbij gaat het bijvoorbeeld om een vogelsoort als cetti's zanger, de marmersalamander en de plantensoort kogelbies.

Klimaatverandering beïnvloedt condities in zowel positieve als negatieve zin

De effecten van klimaatverandering op de condities van laagveenmoerassen zijn zowel positief als negatief. Voor gebieden die gevoed worden door kwelwater, pakt klimaatverandering naar verwachting gunstig uit. Denk hierbij aan de door kwelwater gevoede schraallanden, zoals die voorkomen in het laagveenmoeras net aan de westelijke voet van de Utrechtse heuvelrug. Deze gunstige ontwikkeling geldt als de kwelstroom, zoals voorspeld, inderdaad gaat toenemen. Een voorwaarde hiervoor is dat de kweltoename het toegenomen verdampingsoverschot in het laagveenmoeras overtreft en het infiltratiegebied dus groot genoeg is. Vooral in het warmste en droogste W+-klimaatscenario is het nog onzeker in welke mate en op welke locaties dat gaat gebeuren.

In gebieden die sterk afhankelijk zijn van de aanvoer van oppervlaktewater, verslechtert de waterkwaliteit. Dit komt doordat vooral in uitzonderlijk droge jaren een grote hoeveelheid oppervlaktewater van slechte kwaliteit zal worden toegelaten. Laagveenmoerassen, zoals de Nieuwkoopse Plassen en de Weerribben, waaruit veel water wegzijgt naar een diep ontwaterde omgeving, zullen zonder aanvullende maatregelen (denk aan een ander peilbeheer) in de zomer met meer oppervlaktewater moeten worden aangevuld.



Nederland heeft een groot aantal moerasgebieden die groot genoeg zijn om effecten van klimaatverandering op te vangen; meer dan de helft van de soorten kan hier ook na klimaatverandering duurzaam voorkomen. Er zijn echter ook veel gebieden die te klein zijn om klimateffecten het hoofd te bieden.

Sommige laagveenmoerassen, zoals de Botshol en de Nieuwkoopse Plassen, zullen waarschijnlijk meer onder invloed komen te staan van brak water, omdat rivierafvoeren afnemen en meer brakke kwel optreedt door de hogere zeespiegel. Dit gebeurt ook omdat de afgelopen eeuwen een toestroom van brak en zout grondwater naar de diepe polders en droogmakerijen plaatsvond (Kooiman et al. 2005).

Bij hogere temperaturen neemt het zuurstofgehalte van het water af. In combinatie met versterkte microbiële afbraakpro-

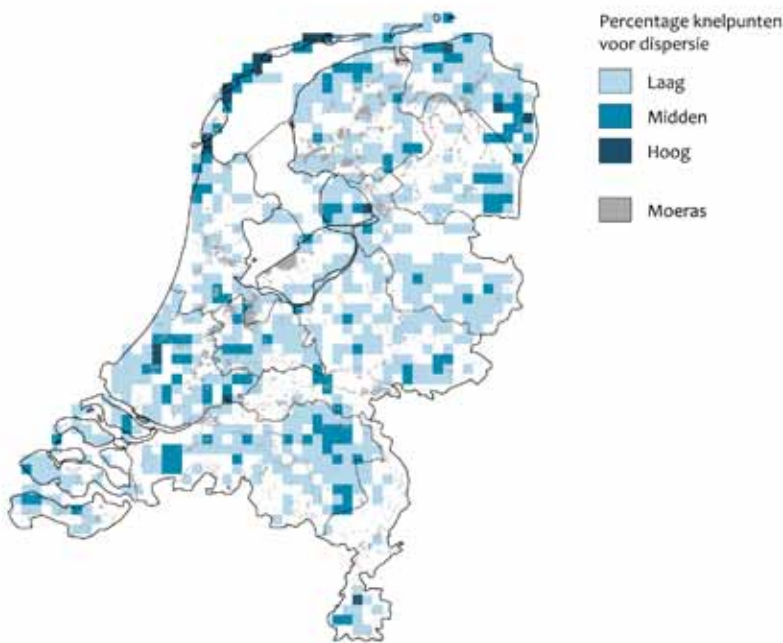
cessen kan dit leiden tot zuurstofloosheid en vissterfte (Mooij et al. 2005). Door de hogere temperatuur wordt het oppervlaktewater gevoeliger voor voedingstoffen en daarmee samenhangende algengroei. Het water zal bij eenzelfde gehalte aan voedingstoffen sneller troebel worden, doordat algen sneller groeien naarmate de temperatuur toeneemt. Een vervroegde bloei van diatomeeën ten gevolge van een hogere watertemperatuur en relatief hoge nutriëntenconcentraties in het vroege voorjaar is al waargenomen in de Friese meren (Wanink et al. 2008).



Sommige soorten hebben een groot netwerk binnen Nederland, terwijl weinig mobiele soorten met kleine oppervlaktebehoefte, zoals de kamsalamander, zeer veel kleine netwerken hebben (foto: Fabrice Ottburg).

Ruimtelijke knelpunten voor dispersie van moerassoorten bij klimaatverandering

Figuur 4.4



Veertig procent van de moerassoorten heeft een of meerdere locaties waar de moerasgebieden te ver uit elkaar liggen om dispersie mogelijk te maken.

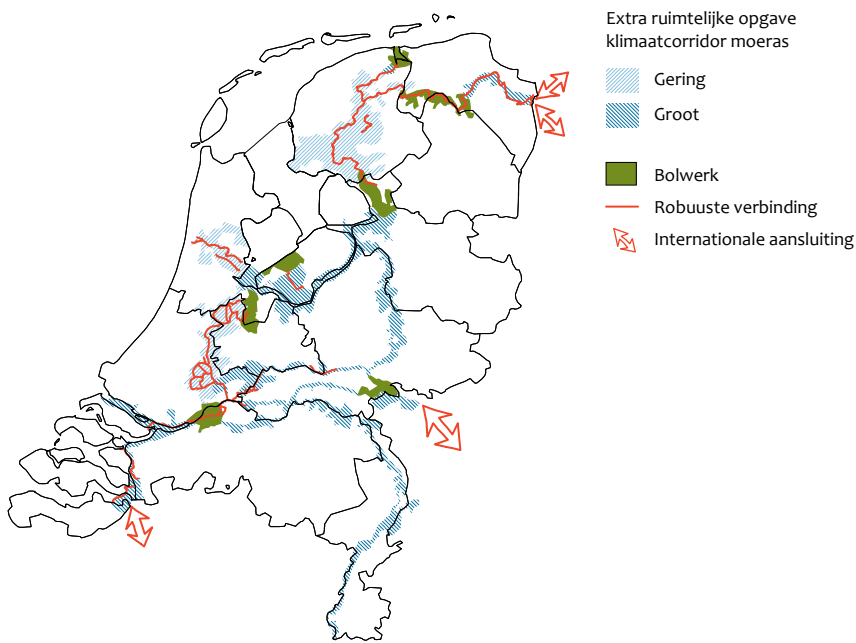
4.2.2 Adaptatiestrategie moeras

Internationale klimaatcorridor moeras

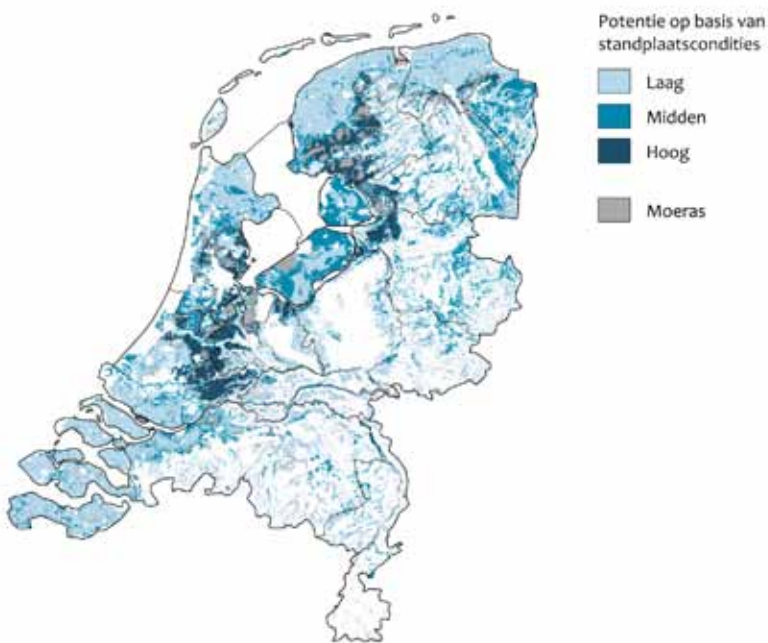
Concluderend: de klimaatbestendigheid van moeras is beperkt. Als gevolg van klimaatverandering komt het duurzaam voorkomen van moeras sterker onder druk te staan. Omdat Nederland als laaglanddelta een relatief grote Europese verantwoordelijkheid heeft voor moerasnatuur, is gekozen voor een internationale strategie: het ontwikkelen van een internationale klimaatcorridor moeras waar Nederland deel van uitmaakt en waarbinnen het bijdraagt aan de Europese klimaatadaptatie voor moeras (figuur 4.5). De klimaatcorridor moeras verbindt de Nederlandse moeras-

bolwerken onderling en met moerassen elders in Europa. De strategie van een klimaatcorridor houdt in dat adaptatiemaatregelen vrij geconcentreerd worden toegepast. Ze worden kosteneffectiever, omdat ze op de beste locaties worden ingezet en omdat ruimtelijk geconcentreerde maatregelen elkaar versterken.

De klimaatcorridor functioneert als zoekgebied waarbinnen maatregelen worden genomen om het adaptief vermogen van moerasnatuur te vergroten. De eerste pijler is de ontwikkeling van een internationaal netwerk van moerasesystemen van voldoende omvang en samenhang (figuur 3.2, pijler 1). Daarnaast worden maatregelen genomen om



De ontwikkeling van een internationale klimaatcorridor moeras vergroot het adaptief vermogen van het ecosysteem ter plaatse en biedt soorten tegelijkertijd de mogelijkheid om te migreren naar geschikte klimaatzones. De internationale klimaatcorridor moeras verbindt de Nederlandse moerasbolwerken onderling en met moerassen elders in Europa.



Bron: Runhaar et al. (2005); bewerking PBL
 Potentie voor moerasontwikkeling op basis van huidige standplaatscondities. Deze indicaties kunnen lokaal zijn onderschat of overschat.

de heterogeniteit en gradiënten binnen natuurgebieden en het omringende landschap te vergroten (pijler 2). Ten slotte draagt het verbeteren van de standplaatscondities bij aan het adaptief vermogen, bij voorkeur door meer ruimte te geven aan landschapsvormende processen, bijvoorbeeld in het rivierengebied (pijler 3). De maatregelen vergroten het adaptief vermogen van het ecosysteem ter plaatse en bieden soorten tegelijkertijd de mogelijkheid om te migreren naar gunstige klimaatzones, wanneer het klimaat ongeschikt wordt.

Bolwerken vormen de bouwstenen van de klimaatcorridor moeras

De ligging van de klimaatcorridor wordt in de eerste plaats bepaald door de belangrijkste bolwerken voor moeras. Dit zijn gebieden die groot genoeg zijn om effecten van klimaatverandering op te vangen of waar dit gezien de gunstige omstandigheden mogelijk zou kunnen zijn (figuur 4.3). De bolwerken dragen in grote mate bij aan het landelijk duurzaam voorkomen van moerassoorten. Bolwerken zijn Lauwersmeer, Zuidlaardermeer, Oostvaardersplassen, Oostelijke Vechtplassen, Biesbosch, Wieden-Weerribben en Gelderse Poort.

In de tweede plaats zijn deze bolwerken ingebed in een ruimtelijk samenhangend netwerk van moerasgebieden. De klimaatcorridor omvat regio's met een hoge dichtheid van bestaande moerasgebieden en gunstige huidige en potentiële condities voor moeras (zie figuur 4.6). In deze regio's is de ruimtelijke opgave voor het ontwikkelen van de klimaatcorridor relatief gering. Er zijn echter enkele regio's binnen de klimaatcorridor die veel aandacht vragen omdat de dichtheid aan natuurgebieden daar relatief laag is, waardoor het zwakke schakels zijn in de klimaatcorridor. Zwakke schakels zijn onder andere de regio ten zuiden van het Lauwersmeer, de Veluwe Randmeren, het Zwarte Water en het noorden van de Eemvallei. Ook het gebied van Rijn, IJssel en Maas bevat relatief weinig grote natuurgebieden.

In de derde plaats hebben de kansen voor meekoppeling bij de afbakening een rol gespeeld, zoals maatregelen voor wateropvang in het stroomgebied van de Rijn en IJssel.

Adaptatiemaatregelen binnen de klimaatcorridor moeras

Adaptatiemaatregelen worden binnen de klimaatcorridor geconcentreerd. Het gaat hierbij om verschillende typen maatregelen, die zowel binnen als buiten natuurgebieden worden genomen. Een daarvan is het vergroten van gebieden. Hierdoor neemt het aantal soorten toe dat als gevolg van klimaatverandering duurzaam voor zal kunnen komen. Soorten als kleine zilverreiger, watersnip, kwak, baardman, klaverblauwtje, moerasparelmoervlinder en grote vuurvlinder zullen hiervan profiteren.

Voor het functioneren van de klimaatcorridor moeras is het belangrijk dat de ruimtelijke knelpunten binnen de corridor worden opgelost en dat wordt voorkomen dat nieuwe knelpunten ontstaan. Het oplossen van ruimtelijke knelpunten zodat soorten kunnen migreren, vraagt om een verdichting van het netwerk van moerasgebieden. Dit kan door het aanleggen van relatief kleine moerasgebieden en door het plaatsen van faunavoorzieningen bij barrières. Maar ook groen-blauwe dooradering in het landschap tussen de

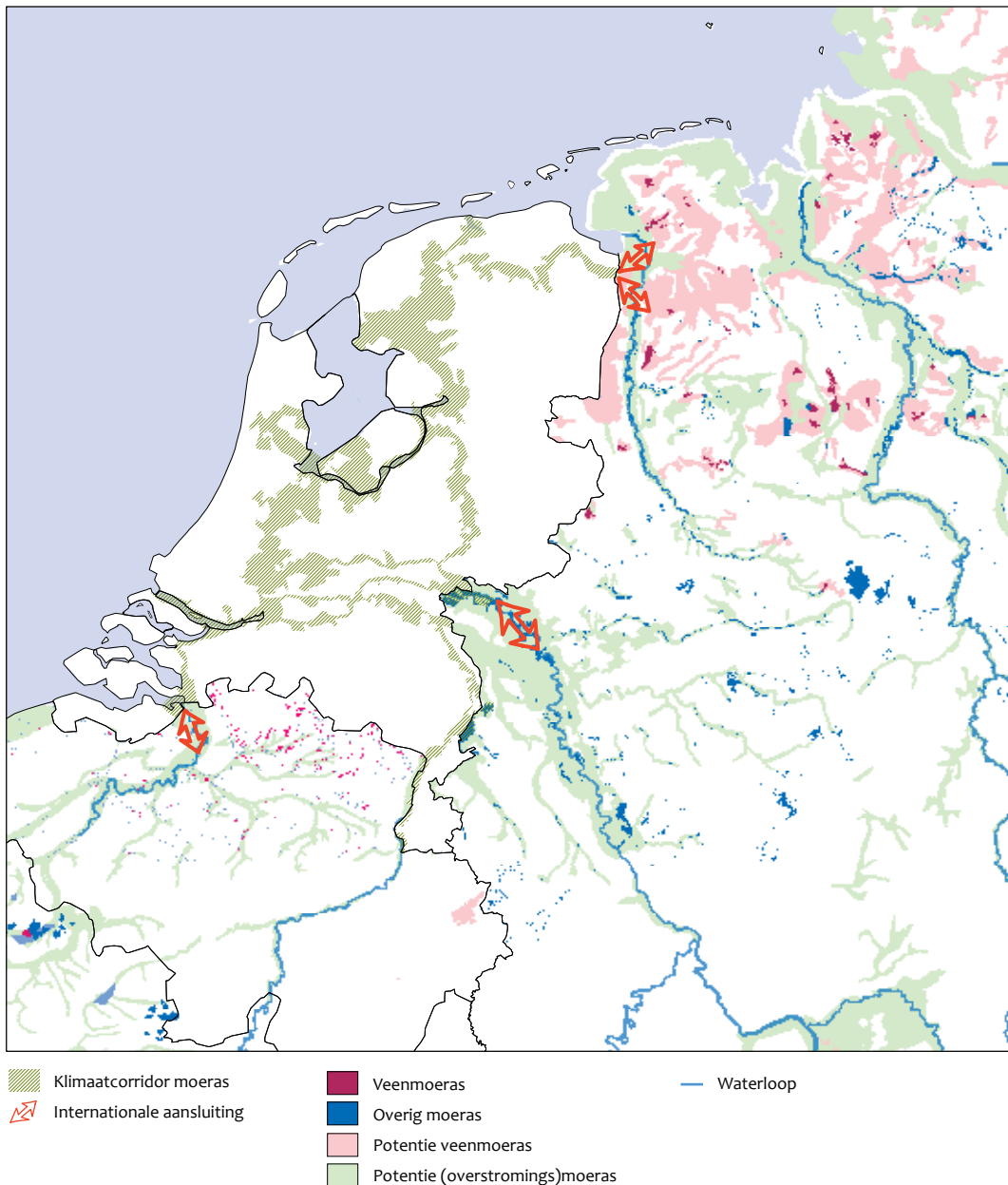
natuurgebieden kan de samenhang van het netwerk helpen versterken. De geplande robuuste verbindingen zullen een aanzienlijk deel van de ruimtelijke knelpunten kunnen oplossen in delen van West-Nederland en Noord-Nederland. Zo wordt een hoofdroute door Nederland gecreëerd, waarlangs soorten het opschuiven van hun geschikte klimaatzones kunnen bijhouden.

Een andere maatregel is het verbeteren van de condities. Binnen de klimaatcorridor zijn de huidige condities voor moeras relatief gunstig (figuur 4.6). Naar verwachting zullen de condities een deels positieve en deels negatieve ontwikkeling doormaken als gevolg van klimaatverandering. Het is nog onduidelijk welk klimaatscenario uiteindelijk werkelijkheid zal worden. Wel kan alvast op de mogelijke negatieve gevolgen van klimaatverandering worden geanticipeerd door een aantal maatregelen te nemen. In peilbeheerste gebieden, zoals laagvenen, kan een flexibeler peilbeheer aanzienlijk helpen om de behoefte aan aanvoer van oppervlaktewater van slechte kwaliteit te verminderen (Mooij et al. 2005). De inlaatbehoefte van laagvenen kan voorts worden verminderd door de wegzijging te reduceren, bijvoorbeeld door aangrenzende diepe polders onder water te zetten, grondwaterwinningen te verplaatsen en grondwateraanvulling in infiltratiegebieden zoals de Utrechtse Heuvelrug te bevorderen.

Kansen voor meekoppelen

Bij het realiseren van de klimaatcorridor moeras kan worden meekoppeld met adaptatiemogelijkheden voor waterveiligheid. Vooral langs de grote rivieren maar ook in laag Nederland, het deel van Nederland dat bij elke vloed zou overstromen als er geen dammen, dijken en duinen zouden zijn, zijn er kansen om moerasnatuur te realiseren en natuurlijke dynamiek te bevorderen. Voor laag Nederland is het aanwijzen van overstromingsgebieden in diepgelegen polders hier een goed voorbeeld van (Woestenburg 2009). Voedselrijke moerasbossen, zoals elzenbroekbossen, en oobossen zijn tolerant voor voedselrijk water (Hommel et al. 2005). Deze synergie geldt echter niet voor alle typen natuur en ook niet voor alle periodes van het jaar. Voedselarme ecosystemen zoals vochtig schraalgrasland verdragen geen langdurige inundatie met voedselrijk water (Heijmans & Berendse 2009). Daarnaast hebben veel soorten een tolerantie voor inundatie gedurende de winter, maar zijn ze gevoelig voor overstroming in de zomer (Van Eck et al. 2006).

Ook in het rivierengebied zijn er meekoppelingsmogelijkheden. De maatregelen die binnen het project Ruimte voor de Rivier worden genomen, maken de ontwikkeling van nieuwe natuur in het winterbed mogelijk. Dankzij deze maatregelen neemt de doorstroomcapaciteit van de Rijntakken toe van 15.000 tot 16.000 kubieke meter per seconde. Voor de verdere toekomst wordt verwacht dat er een doorstroomcapaciteit van 18.000 kubieke meter per seconde nodig is in 2100, om hetzelfde veiligheidsniveau te kunnen handhaven (Vellinga et al. 2008). De doorstromingsdoelstellingen in verband met veiligheid en scheepvaart staan echter op gespannen voet met natuurontwikkeling (Wolfert et al. 2008). Wanneer de doorstroom wordt vergroot door het verbreden van het winterbed of het gebruikmaken van de komgronden biedt dit kansen voor natuurontwikkeling en



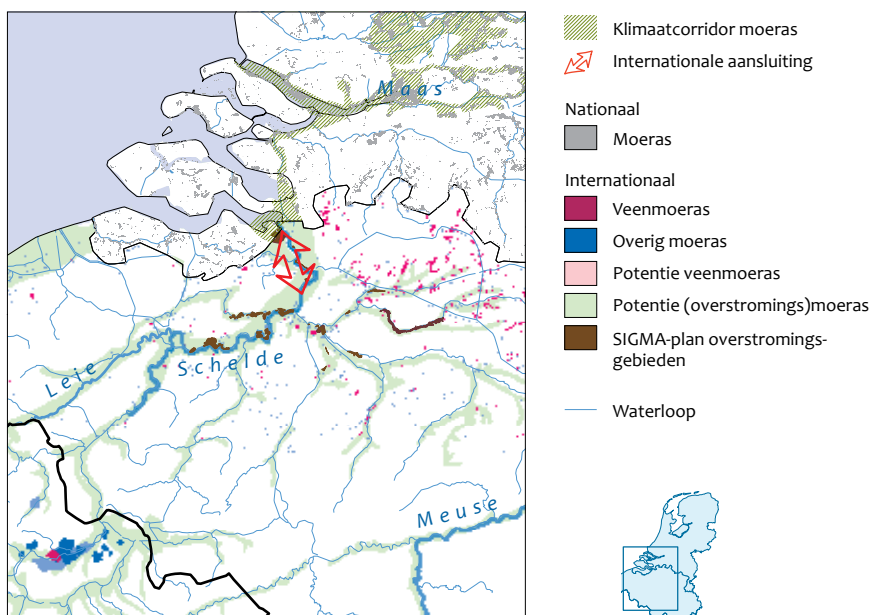
De Nederlandse klimaatcorridor moeras vormt een belangrijk bolwerk binnen Noordwest-Europa. Internationale aansluiting van de nationale klimaatcorridor op een Europese klimaatcorridor moeras is nodig. In de buurlanden van Nederland liggen moerasgebieden en potenties voor moerasontwikkeling.

daarmee voor het realiseren van de klimaatcorridor voor moeras. Wanneer echter de grotere doorstroom grotendeels zou worden gerealiseerd door de weerstand in het winterbed te verminderen, dan slaat deze kans om in een rem voor verdere natuurontwikkeling en vormt die zelfs een bedreiging voor bestaande natuur.

4.2.3 Internationale aansluiting klimaatcorridor moeras

De Nederlandse klimaatcorridor moeras vormt een belangrijk bolwerk binnen Noordwest-Europa (zie figuur 4.7). Overstromingsmoerassen en geïsoleerde moerassen liggen vooral in

de gebieden die van nature regelmatig overstroomd, in de rivierdalen en in laaggelegen gebieden. Laagveenmoeras kenmerkt zich door een venige bodem. Dit bodemtype strekt zich uit van Calais tot aan de Deense kust. In Nederland heeft het zich gevormd achter de strandwallen voor de kust. Ook ontstaat er laagveen in stagnerende delen van de bovenloop van beken, zoals in de Belgische Kempen en in de Duitse Westfälische Tieflandsbucht is gebeurd. Ook in Nederlandse beekdalen zijn nog resten van veenbodems te vinden (Bohn et al. 2000, 2003).



De (toekomstige) overstromingsgebieden van de Zeeschelde, Schelde en Leie bieden mogelijkheden voor een internationale aansluiting van de klimaatcorridor moeras op zuidelijker gelegen moerasgebieden in België.

Er zijn verschillende manieren om de nationale klimaatcorridor moeras aan te laten sluiten op een Europese klimaatcorridor (Geertsema et al. 2009). Enkele mogelijke verbindingen komen in deze paragraaf aan de orde.

Verbinding naar het zuiden via de stroomgebieden van Rijn, Maas en Schelde

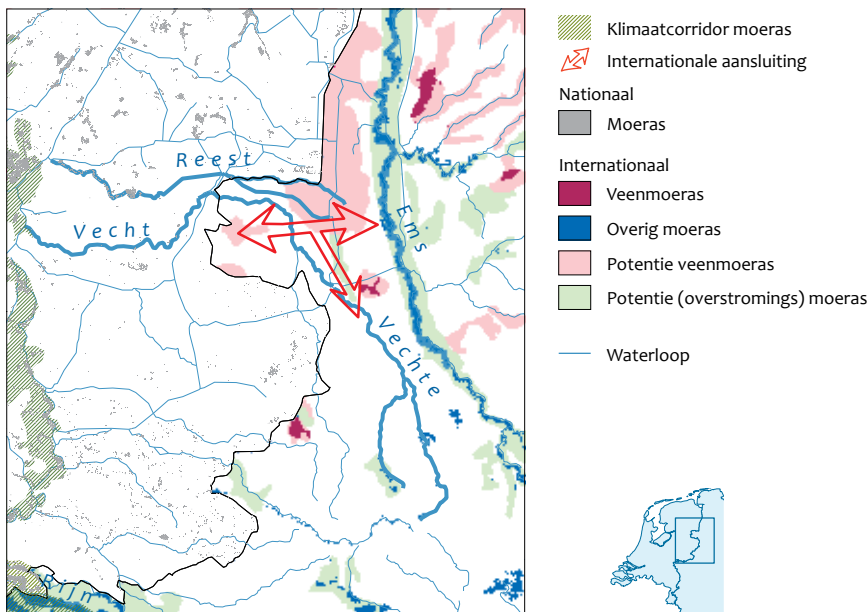
Het Rijndal heeft potentie voor een internationaal goed verbonden netwerk van oibossen en overstromingsgraslanden. De Internationale Commissie ter Bescherming van de Rijn heeft de ambitie om de komende decennia een dergelijk netwerk langs de gehele Rijn te ontwikkelen. Voor een netwerk van rietmoeras van bron tot monding heeft het Rijndal echter geen potentie. Circa 75 kilometer stroomopwaarts van de Nederlandse grens is er over een lang traject namelijk geen rietmoeras aanwezig en ontbreekt door verstedelijking en geomorfologie van het rivierdal de mogelijkheid om dit te ontwikkelen. De doelstelling voor het aquatische deel van de Rijn is vooral kwalitatief ingevuld. Afgesproken is om voor eind 2009 een Masterplan Trekvissen Rijn op te stellen, om de Rijn weer geschikt te maken voor trekvissen.

De mogelijkheden van een verbinding langs de Maas zijn om dezelfde redenen beperkt. Natuurlijke overstromingsgebieden zijn stroomopwaarts van Maastricht tot Namen zo goed als afwezig. Er is in dit gebied ook geen grootschalige moerasontwikkeling mogelijk als gevolg van geomorfologie, verstedelijking en menselijke aanpassingen van het riviersysteem.

Langs de Schelde liggen wel aanzienlijke oppervlakten (potentieel) overstromingsmoeras en binnendijkse geïsoleerde rietmoerassen. Langs de Zeeschelde en haar zijrivieren liggen momenteel al aanzienlijke oppervlakten moeras. In de toe-

komst wordt dit oppervlak fors uitgebreid door de aanleg van gecontroleerde overstromingsgebieden in het kader van het Sigmaplan (www.sigmaplan.be). In dit veiligheidsplan wordt het buitendijkse gebied van de Zeeschelde en haar zijrivieren sterk vergroot; een deel van deze gebieden komt onder invloed van brak getijdewater, het grootste gedeelte wordt echter een zoetwatergetijdengebied (zie figuur 4.8).

Stroomopwaarts, ten zuiden van Gent, stroomt de Leie in de Schelde. In het dal van deze zijrivier wordt het komende decennium een multifunctioneel natuurgebied ontwikkeld over een lengte van ongeveer 40 kilometer. Dit moet het habitatverlies compenseren dat tot 2016 zal ontstaan door het verbeteren van de scheepvaartverbinding tussen Schelde en Seine. Nog verder stroomopwaarts sluit de Leie ofwel Lys in Frankrijk aan op diverse natuurlijke en kunstmatige waterlopen, zoals het Canal de la Sensée en de Scarpe. Langs deze waterlopen bevinden zich aanzienlijke oppervlakten moerasnatuur. Deze waterlopen staan ook in contact met moerasrijke rivierdal van de Somme (Frankrijk). Momenteel is de waterkwaliteit van de Schelde echter slecht, hoewel er de laatste decennia wel een verbetering te zien is. Er is ook een vergroting van de ecologische kwaliteit van de zijrivieren van de Schelde te verwachten. De Vlaamse overheid heeft zich tot doel gesteld om vóór 2010 de vrije migratie van alle vissoorten in alle Vlaamse stroomgebieden mogelijk te maken en natuurlijke watersystemen te behouden en te herstellen. Ondanks de problemen met de waterkwaliteit in de Schelde lijkt dit riviersysteem, zeker in de toekomst, de beste mogelijkheden te bieden om te fungeren als ecologische verbinding van zuidelijker gelegen moerassen met de klimaatcorridor moeras in Nederland.



Verbinding Twente met deelstaat Niedersachsen in Duitsland is mogelijk via de stroomgebieden van Vecht en Reest.

Verbinding naar het noordoosten via de stroomgebieden van Ems, Vecht en Reest

De klimaatcorridor moeras loopt naar het noorden door tot Groningen, en zou vandaar moeten aansluiten op oostelijker gelegen moeras- of riviergebieden in Duitsland. De deelstaat Niedersachsen biedt relatief grote oppervlakten met potentie voor laagveenmoeras. De rivieren in Duitsland lopen echter van zuid naar noord, een rivierdal volgen als verbinding in oostelijke richting is dus niet mogelijk. Een eerste oostelijke stap kan worden gemaakt door Nederlandse moerasgebieden te verbinden met het rivierdal van de Ems. Grote delen van dit rivierdal zijn aangewezen als Natura 2000-gebieden en ook zijn er in dit rivierdal maatregelen gepland om het hoogwater te beschermen, met natuurontwikkeling als neven doelstelling.

Vanuit het Emsdal zou een verbinding oostwaarts moeten worden gezocht tot aan de Elbe. Een mogelijkheid zou zijn om een klimaatcorridor moeras te ontwikkelen binnen een zone waarin afwisselend veen- en overstromingsmoerassen en geïsoleerde moerassen voorkomen. Een andere mogelijkheid is om een klimaatcorridor moeras langs het Mittellandkanaal te ontwikkelen. Dit kanaal loopt, in een relatief laaggelegen gebied, dwars door Duitsland naar Magdenburg en sluit aan op de Elbe.

Een alternatieve verbinding met Duitsland loopt via de het dal van de Overijsselse Vecht, die overgaat in de Duitse Vechte (figuur 4.9). Deze nadert het Ems-rivierdal op circa 10 kilometer. Het tussenliggende gebied is onbebouwd en heeft goede potenties voor moerasontwikkeling. Het Vechtdal heeft grote potentie voor een natuurlijke rivierdalontwikkeling, met name

door het ontbreken van scheepvaart. Ook het Reestdal biedt mogelijkheden als moerascorridor richting de Ems.

4.3 Internationale klimaatcorridor duin en kust

- *Nederland vormt een belangrijk bolwerk binnen een internationale duin- en kustcorridor. Een groot deel van de duin- en kustgebieden is groot genoeg om effecten van klimaatverandering op te vangen. Alleen de Zeeuwse kust en delen van de Noord- en Zuid-Hollandse kust staan voor een grotere ruimtelijke opgave.*
- *Natuurlijke landschapsvormende processen als sedimentatie, kwelderontwikkeling en zoet-zoutgradiënten vergroten het adaptief vermogen van het ecosysteem en dragen bij aan de kustverdediging. Het is van belang om deze natuurlijke processen te herstellen.*
- *Het Waddengebied vormt één geheel met Duitsland en Denemarken. Langs de Belgische kust zijn de duinen sterk versnipperd geraakt, maar in dit gebied zijn er wel mogelijkheden voor duinontwikkeling.*

Voor duin en kust geldt in de uitwerking een brede definitie als uitgangspunt. Schorren en kwelders, vochtige duinvalleien, en open duin vallen onder het type duin en kust.

De Nederlandse duinen, kwelders, schorren en estuaria zijn internationaal van grote betekenis (Jansen & Schaminée 2003). De Waddenzee is onlangs geplaatst op de Unesco-lijst van Werelderfgoed. De Nederlandse oppervlakte van Natura 2000-habitats voor duinen, kwelders en schorren bedraagt meer dan 20 procent van het Europese totaal zie 'Nederlandse natuur in internationale context' op pagina 52. De



De Nederlandse duinen, kwelders schorren en estuaria zijn internationaal van grote betekenis. De Waddenzee is onlangs geplaatst op de Unesco-lijst van Werelderfgoed (foto: Karel Thomei).

duin- en kustecosystemen zijn ook voor broedvogels en voor overwinterende vogels van zeer groot belang. De huidige kwaliteit van het duinsysteem is redelijk goed, maar sinds 1994 neemt de natuurkwaliteit sterk af (PBL 2009a).

4.3.1 Diagnose klimaatbestendigheid duin en kust

Klimaatbestendigheid duin en kust staat in de toekomst onder druk

De duin- en kusthabitats hebben, ook wanneer rekening wordt gehouden met de extra aantalschommelingen als gevolg van weersextremen, in grote delen van de kust een goede ruimtelijke kwaliteit (figuur 4.10). Toch neemt het duurzaam voorkomen van duin- en kustsoorten in Nederland als gevolg van klimaatverandering af met 15 procent (een afname van 72 naar 57 procent).

De duin- en kustecosystemen vormen een nagenoeg aaneengesloten ecosysteem in Nederland, waardoor migratie van soorten mogelijk is. Er bevinden zijn echter wel enige onderbrekingen in de duinzone, bijvoorbeeld bij Scheveningen en bij de Hondsbossche Zeewering. Dit zijn tevens zwakke schakels in de kustverdediging (zie figuur 4.11)

De huidige doelsoorten van open duin bestaan voor 17 procent uit soorten waarvoor volgens de modelvoorspellingen het klimaat in Nederland geschikter wordt. Voor 22 procent van de duinsoorten wordt het klimaat in Nederland op termijn (2100) ongeschikt en trekt het verspreidingsgebied zich uit Nederland terug. Daarnaast kunnen er nieuwe soorten naar Nederland komen, waarvoor het klimaat geschikt wordt. Hierbij gaat om soorten als griel, bijeneter en een plantensoort als *Trifolium glomeratum*.

Conditie sterk beïnvloed door kustverdediging

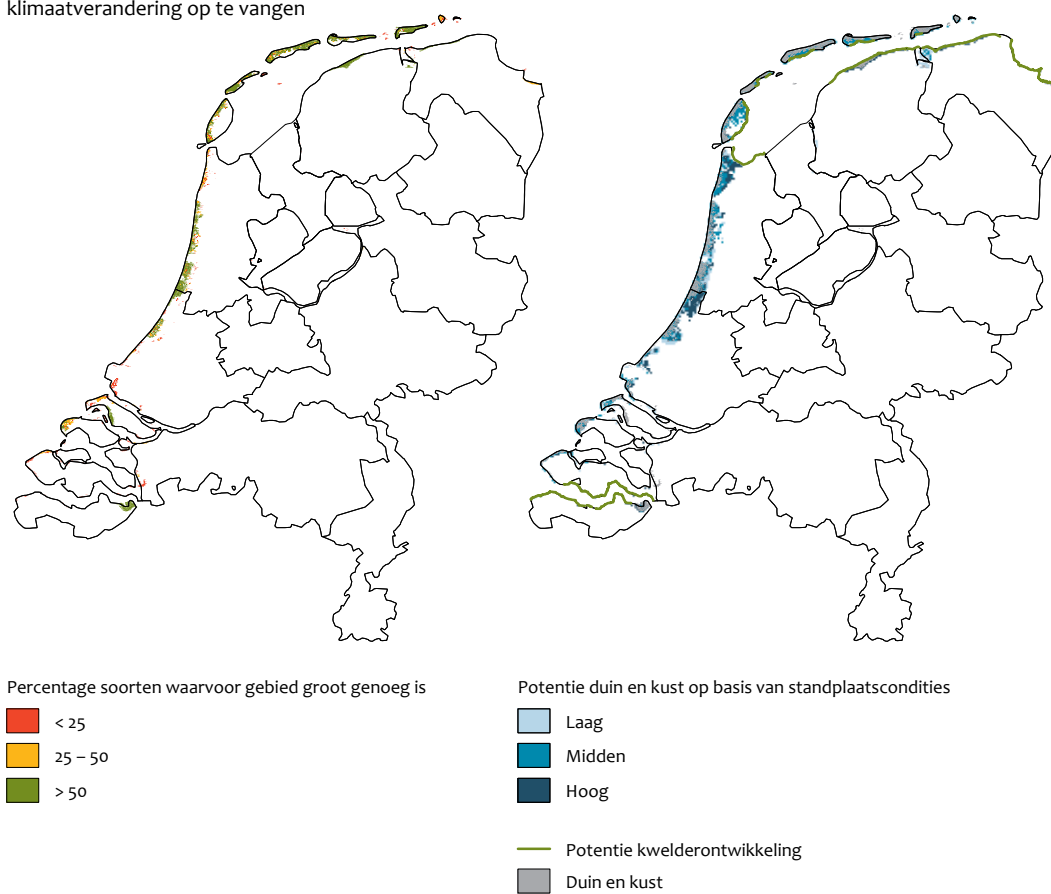
Dat kustecosystemen een bijzondere natuurwaarde hebben, komt voor een belangrijk deel door de natuurlijke dynamiek. Doordat landschapsvormende processen als sedimentatie en erosie – door zowel water als wind – elkaar afwisselen, kunnen alle successiestadia op korte afstand van elkaar aanwezig zijn. Op jong sediment treden pionierstadia op, bestaande uit gespecialiseerde soorten die bestand zijn tegen regelmatige overstroming met zout water. Als vegetatie zich eenmaal heeft gevestigd, stimuleert dit het sedimentatieproces; de ophoging wordt sterker en de invloed van de zee neemt geleidelijk af. Wanneer overstromingen minder frequent worden en de invloed van zout kleiner, kunnen zich meer soorten vestigen. Door deze processen zijn altijd sterke gradiënten aanwezig: van zout naar zoet, van nat naar droog, van klei naar zand (en soms veen) en van voedselrijk naar voedselarm. Zulke gradiënten geven meestal aanleiding tot soortenrijke situaties. Omdat erosie en sedimentatie elkaar afwisselen, kunnen deze gradiënten in een niet door de mens beïnvloede situatie langdurig aanwezig blijven, waarbij zij steeds op andere plaatsen optreden.

De verwachte zeespiegelstijging leidt vooral bij een gefixeerde kustlijnverdediging tot een afname van ondiepe ecosystemen, zoals schorren, kwelders en zandplaten. Maatregelen die in het verleden werden genomen om de kust te verdedigen tegen overstromingen en de nog te verwachten extra maatregelen ter bescherming tegen de huidige zeespiegelstijging, hebben grote invloed op de natuurwaarden van kustecosystemen.

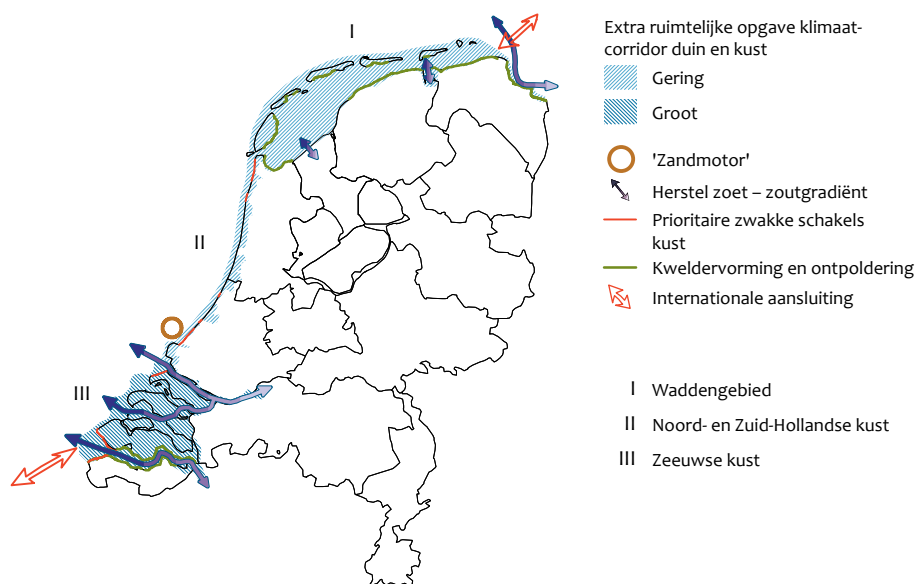
Of klimaatverandering gunstig uitpakt voor natte duinvalleivegetaties, hangt vooral af van de grootte en de dynamiek

Omvang duin- en kustgebieden: capaciteit om klimaatverandering op te vangen

Gebieden met potentie voor duin- en kustontwikkeling



Bron (rechter figuur): Runhaar et al. (2005); bewerking PBL
 Een groot deel van de duin- en kustgebieden is groot genoeg om effecten van klimaatverandering op te vangen en omvat goede potenties voor natuurontwikkeling. De indicaties kunnen lokaal zijn onderschat of overschat.



De adaptatiestrategie omvat het ontwikkelen van een internationale klimaatcorridor voor duin en kust. Nederland vormt een belangrijk bolwerk binnen deze internationale corridor.

Bodemdaling op Ameland als model voor zeespiegelstijging

In het oostelijk deel van Ameland wordt sinds 1985 gas gewonnen. Dit leidt tot bodemdaling, de vraag is hoeveel. Omdat de verwachting was dat deze daling negatieve effecten op de ecologie zou hebben (onder andere door het verdwijnen van kwelders en het 'verdrinken' van duinvalleien), werd vanaf het begin van de gaswinning een intensieve monitoring in het gebied uitgevoerd. Het blijkt dat de bodem in de 23 jaar sinds het begin van de winning op het diepste punt is gedaald met circa 35 centimeter, maar dat de bodemdaling door opslibbing wordt gecompenseerd tot netto 5 à 12 centimeter. De monitoring heeft geleerd dat weliswaar vernatting optreedt, maar dat deze niet zo groot is als in het begin werd verwacht, en dat de effecten op de biodiversiteit niet als negatief te beoordelen zijn. De daling die inmiddels is opgetreden, ligt in dezelfde orde van grootte als de 44 centimeter zeespiegelstijging die het Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) verwacht voor 2100. De bodemdaling die in de afgelopen 23 jaar op Ameland is opgetreden, kan dan ook worden gezien als een versneld model voor de in de komende tijd te verwachten zeespiegelstijging. Hierbij moet wel worden aangetekend dat de schatting van het IPCC conservatief is, en dat een grotere stijging ook tot de mogelijkheden behoort; de door de Nederlandse overheid ingestelde Deltacommissie (Veerman et al. 2008) houdt rekening met ongeveer het dubbele.

Uit het monitoringsonderzoek (Van Dobben & Slim 2005; zie www.opgewarmdnederland.nl) komen twee belangrijke conclusies naar voren:

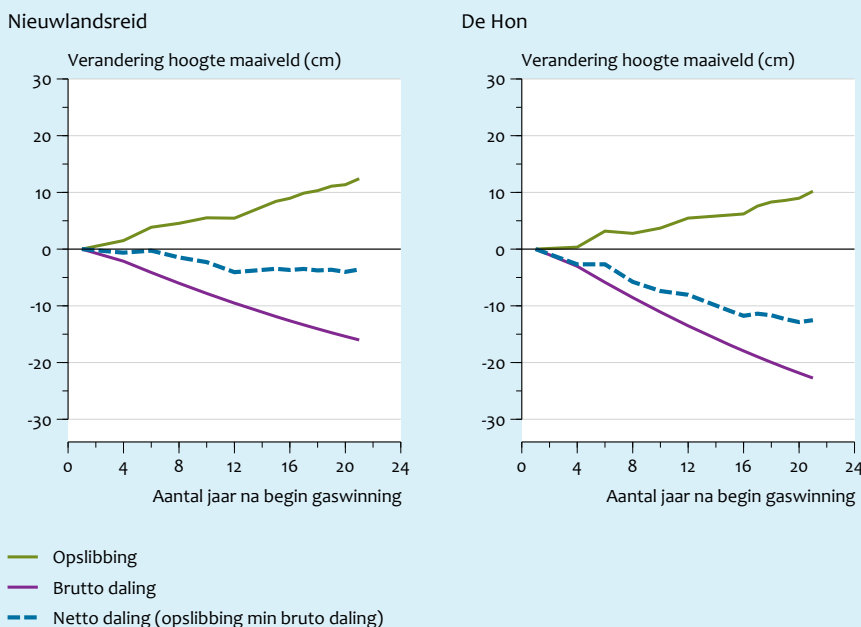
- de bodemdaling wordt voor een groot deel (maar tot nu toe niet volledig) gecompenseerd door sedimentatie (zie figuur 4.12);
- de vegetatie van de kwelder is buitengewoon stabiel.

De kans is groot dat wanneer de overvloedingsduur toeneemt, ook de sedimentatie toeneemt omdat sediment meer tijd heeft om te bezinken. Bij het dalen zal de bodem zichzelf sneller gaan ophogen, waardoor de oorspronkelijke situatie in zekere mate wordt hersteld. Deze opslibbing is het grootst dicht bij de oever, verder daarvandaan neemt de overvloedingsduur af, en ook de hoeveelheid slib die het water met zich meevoert.

Voor de invang van slib is het van belang dat de kwelder begroeid is. Deze begroeiing is te verdelen in een aantal zones: pionierzone, lage kwelder, middenkwelder en hoge kwelder. De pionierzone bestaat uit individuele planten of zoden op overigens onbegroeid slik, en wordt tweemaal per etmaal met zeewater overstroomd. De hoge kwelder bestaat uit een aaneengesloten grasmat en wordt alleen bij stormvloed overstroomd. De andere twee zones nemen intermediaire posities in. Hun ligging wordt schijnbaar bepaald door de overvloedingsfrequentie, maar het blijkt dat als die toeneemt, de zones zich bijna niet verplaatsen. De vegetatie van de pionierzone zal dus niet snel verdwijnen als de bodem daalt (of als de zeespiegel

Beweging bodem Ameland-Oost

Figuur 4.12



Bron: Dobben & Slim (2005)

Op het Nieuwlandsreid, een door koeien, paarden en schapen beweide kwelder en De Hon, een kwelder zonder menselijke invloed, wordt de bodemdaling grotendeels door opslibbing gecompenseerd. Na een aanvankelijke periode van daling stabiliseert op het Nieuwlandsreid de hoogte. Op De Hon gaat de daling wel door, hoewel ook hier in de laatste jaren stabilisatie lijkt op te treden. De lijnen in de figuur zijn gemiddelden, in het algemeen zal dicht bij de oever de opslibbing groter zijn dan hier weergegeven en verder van de oever kleiner.

stijgt) en dit is een van de factoren die de compensatie van de bodemdaling mogelijk maken. Hoewel de vegetatiezones gedurende de laatste twintig jaar op hun plaats zijn gebleven, hebben zich binnen de zones wel belangrijke veranderingen voltrokken. Maar deze veranderingen hangen waarschijnlijk niet samen met een toename van de overvloedingsfrequentie, maar met andere factoren.

In de duinvalleien is de situatie ingewikkelder dan op de kwelder, omdat de vegetatie hier niet alleen door overvloedingsduur wordt bepaald, maar ook door andere factoren, zoals bodemchemie en grondwaterstand. De veranderingen in de vegetatie zijn relatief klein, en in ongeveer gelijke mate toe te schrijven aan bodemdaling en weersinvloeden. En ook hier is er weer een sterke autonome successie, mogelijk versneld door depositie van stikstof en afname van begrazing door konijnen. De veranderingen in de vegetatie zijn overigens vanuit natuurbehoudsoptiek niet als negatief te beoordelen; zeldzame soorten hebben zich in het algemeen goed gehandhaafd of zelfs uitgebreid.

van de kwelflux en dus van de grootte van het gebied dat de vallei voedt. Als de grondwateraanvulling voldoende toeneemt, zal de kwel naar de duinvalleien gemiddeld iets gaan stijgen. Ook zal de voorjaargrondwaterstand licht stijgen met hooguit enkele decimeters tot 2050. Voor grotere systemen zal de klimaatverandering naar verwachting gunstig uitpakken, mits overtollig oppervlaktewater kan worden afgevoerd, bijvoorbeeld via duinrellen of een systeem van greppeltjes en sloten. Bij een hogere kwelflux in combinatie met een hogere potentiële verdamping neemt de invloed van basenrijk grondwater in het wortelmilieu toe. Is het systeem te klein, en de intensiteit van de kwel in de zomer te laag, dan zal het grondwater in de zomer diep kunnen wegzakken, wat fataal is voor karakteristieke plantensoorten als moeraswespenorchis en teer guichelheil.

De verwachting is dat de droge duinvegetatie gevoelig is voor droge en warme periodes gedurende de zomer volgens de scenario's W en W+. Door de voorspelde vaker optredende droogte in de zomer zal het aandeel kale grond in de vegetatie toenemen, met meer verstuiwing tot gevolg. Deze ontwikkeling zou gunstig kunnen zijn, omdat verstuiwing van zand hoort bij de karakteristieke dynamiek van het duinsysteem. Deze is door vastlegging en successie steeds schaarser geworden.

Invloed van de kustverdediging uit het verleden

Sinds de middeleeuwen heeft de mens getracht zich tegen de zee te beschermen door het bouwen van dijken. Dit heeft grote invloed gehad op het functioneren van het ecologisch systeem. Achter een dijk vindt geen opslibbing meer plaats, maar daalt de bodem juist door inklinking. In veengebieden werd deze bodemdaling versterkt door afgraven (brandstof- en zoutwinning) en ontwatering (landbouw). Dit heeft het achterland extra gevoelig gemaakt voor overstromingen.

De inspanningen om de kustlijn te fixeren kwamen ecologisch gezien vooral neer op het verlagen van de dynamiek. Omdat de natuurlijke erosie werd beperkt, vond ook geen sedimen-

ten op, deels door opslibbing bij incidentele stormvloed, en deels door inwaaien van zand en ophoping van organische stof. Maar omdat de compensatie hier veel kleiner is dan op de kwelder, treedt vernatting op en zijn grotere veranderingen te verwachten. Een simulatie van de gecumuleerde effecten van bodemdaling, zeespiegelstijging en toename van de netto neerslag en de stormfrequentie voor het jaar 2100 liet zien dat van al deze veranderingen zeespiegelstijging veruit het sterkste effect zal hebben, en dat wel verlies aan soorten kan optreden, maar dat dit niet noodzakelijkerwijs hoeft te leiden tot een verlies aan natuurwaarden. Dit komt vooral doordat zeespiegelstijging een dynamische situatie in stand houdt waarbij er ruimte blijft voor geleidelijke overgangen tussen zoet en zout, droog en nat, zand en klei. En juist in deze overgangen komen situaties voor waaraan zeldzame soorten gebonden zijn.

tatie meer plaats, wat ten koste ging van de rijkdom aan gradiënten en stadia van de vegetatiesuccessie.

Zout-zoetovergangen zijn zeldzaam geworden. Met het afsluiten van het Zuiderzee-estuarium in 1932 verdween een brakke binnenzee met veel kwelders en veel zout-zoetgradiënten (Redeke 1922; Thijsse 1972; Zuiderzee-Commissie 1929). Door de Deltawerken (1958-1997) zijn de zoetwatergetijdengebieden, zoals de Biesbosch, grotendeels verdwenen (Zonneveld 1999). Verder verdwenen veel zilte en brakke habitats in Zuidwest-Nederland bij de inpoldering van de Lauwerszee. Ecologie speelde hoegenaamd geen rol bij de Deltawerken, uitgezonderd het halfopen houden van de Oosterscheldekering in 1986.

4.3.2 Adaptatiestrategie duin en kust

Internationale klimaatcorridor duin en kust

Concluderend: Nederland vormt een belangrijke kern van een internationaal duin- en kustecosysteem. De ruimtelijke samenhang van het ecosysteem kan de migratie van soorten naar het noorden ondersteunen. Een groot deel van de duin- en kustgebieden is groot genoeg om effecten van klimaatverandering op te vangen (zie figuur 4.10). Alleen de gebieden langs de Zeeuwse kust en delen van de Noord- en Zuid-Hollandse kust staan voor een grotere ruimtelijke opgave (zie figuur 4.11).

Op basis van deze inzichten is gekozen voor een strategie waarbij Nederland een belangrijke schakel vormt binnen de Europese adaptatie; deze strategie omvat het ontwikkelen van een internationale klimaatcorridor voor duin en kust. De klimaatcorridor functioneert als zoekgebied waarbinnen maatregelen worden genomen om het adaptief vermogen van het duin- en kustecosysteem te vergroten. De belangrijkste maatregelen binnen de klimaatcorridor zijn bedoeld om de landschapsvormende processen te herstellen, door ruimte te bieden aan natuurlijke dynamiek (figuur 3.2, pijler

3). Natuurlijke processen als sedimentatie en erosie bevorderen de heterogeniteit binnen het systeem (pijl 2). Ook is het binnen de klimaatcorridor nodig om duingebieden te vergroten en knelpunten voor verschuivende soorten weg te nemen (pijl 1).

Maatregelen voor de kustveiligheid zijn in het verleden ten koste gegaan van de natuurlijke dynamiek en natuurlijke processen, waardoor veel heterogeniteit van het systeem verloren is gegaan. Hierbij gaat het vooral om zoet-zoutgradiënten en vroege successiestadia van de vegetatie. Volgens de huidige inzichten kunnen natuurlijke processen juist bijdragen aan de kustverdediging (Deltacommissie 2008).

Natuurlijke sedimentatie als tegenkracht van zeespiegelstijging

Figuur 4.10 geeft een overzicht van de huidige condities voor duinen en kwelders of schorren. In het Waddengebied zullen de natuurlijke sedimentatieprocessen naar verwachting de zeespiegelstijging voor een belangrijk deel kunnen opvangen. Voorzichtige schattingen geven aan dat de Waddenzee een stijging van 3 tot 6 millimeter per jaar aan zou kunnen, en mogelijk zelfs 8 millimeter per jaar (RWS & Deltares 2008). Het KNMI voorziet een zeespiegelstijging van 35 tot 85 centimeter in 2100 ten opzichte van 1990. Als die schattingen kloppen, dan blijft de Waddenzee waarschijnlijk behouden.

Als de zeespiegel stijgt, wordt de getijdenzone bij elk hoog water wat langer overspoeld. Sediment krijgt dan meer tijd om te bezinken, en de opslibbingsnelheid neemt hierdoor toe, althans in situaties waar de golfwerking niet te groot is zoals in kwelders. Er is dus een zekere mate van wisselwerking tussen zeespiegelstijging en sedimentatie, waardoor de nettostijging (het verschil tussen zeespiegel en maaiveld) kleiner is dan de absolute stijging van de zeespiegel. De 'verdrinking' van kwelders verloopt hierdoor minder snel dan verwacht, ook zonder maatregelen van buitenaf, of blijft zelfs in het geheel uit (zie ook 'Bodemdaling op Ameland als model voor zeespiegelstijging' hiervoor).

Zandsuppletie versterkt de zwakke schakels

Aan de Noordzeekust spelen in principe dezelfde processen een rol als aan de Waddenkust en kan de zeespiegelstijging worden opgevangen door sedimentatie. Een verschil is dat aan de Waddenkust voldoende sediment beschikbaar is, terwijl aan de Noordzeekust de hoeveelheid sediment (zand) onvoldoende is om de zeespiegelstijging bij te houden. Natuurlijke processen kunnen hier een rol spelen, maar moeten wel door de mens worden gefaciliteerd. Dit kan door extra zand aan te voeren (zandsuppletie). Hiermee wordt nu al de 'basiskustlijn' op de positie van 1990 gefixeerd. Zandsuppletie versterkt de zwakke schakels in de duinkust en wordt sinds 2007 toegepast langs de Nederlandse kust voor een aantal prioritaire zwakke schakels (zie figuur 4.11). Dit draagt niet alleen bij aan de veiligheid maar versterkt ook de ruimtelijke samenhang van de natuur, doordat een aantal knelpunten voor de migratie van soorten naar het noorden worden weggenomen.

Er kleeft een aantal nadelen aan zandsuppletie voor de natuur, die met opeenvolgende technieken kleiner zijn geworden. De nadelen waren het grootst bij suppletie van zand direct op het strand en bij de duinvoet, waarbij het strandeco-

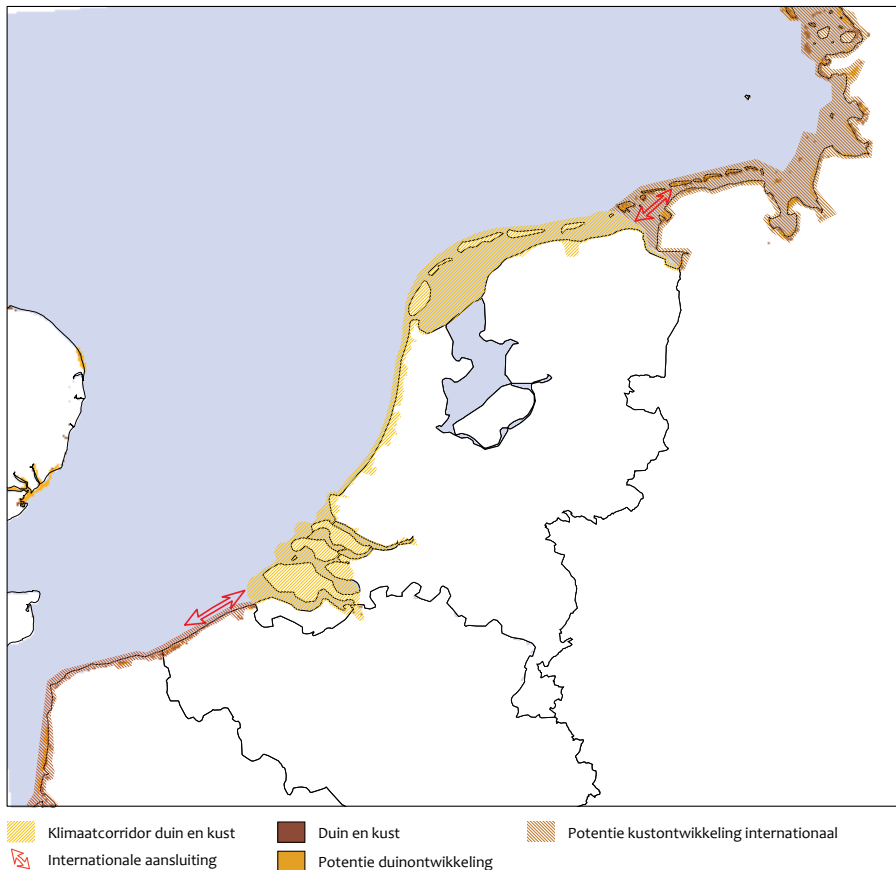
systeem verloren ging. Vervolgens werd overgegaan op vooroersuppletie. Hierbij wordt zand ver op de Noordzee opgezogen en op enkele honderden meters van de oever weer in zee gestort, waarbij het strand zich op een meer natuurlijke wijze kan ontwikkelen. Een groot nadeel van deze techniek is dat het bodemleven wordt gedood op de plekken waar het zand wordt weggezogen en gestort, zodat een natuurlijke voedselbron van kustvogels verloren gaat (Janssen 2008; Leopold 1996; Van Turnhout & Van Roomen 2005). Verder treden bij het storten van zand ook vertroebelingen op. De nieuwste techniek zou de aanleg zijn van een zandeiland voor de kust, waarmee naar verwachting zeer grote en geleidelijke zandsuppleties mogelijk zijn, een zogenoemde zandmotor (zie figuur 4.11). Door de aanleg van een zandmotor voor de kust van Zuid-Holland zullen water en wind het zand over een lange periode op de kust afzetten. Het bodemecosysteem krijgt dan meer tijd om zich te herstellen (VenW 2008).

Kwelderontwikkeling ter compensatie

Van oudsher heeft de mens de sedimentatie op de kwelders bevorderd door rijnshoutdammen en begreppeling aan te leggen. Op die manier kon periodiek, wanneer er voldoende was opgeslibd, weer een stuk zee worden ingepolderd. De inpoldering was een offensief tegen de zee, en diende vaak om eerder verloren land weer terug te winnen. De offensieve doelstelling van landaanwinning is na 1993 met de tweede planologische kernbeslissing Waddenzee verlaten. Als nieuwe doelstelling gold het in stand houden van de unieke vegetatie en (avi)fauna van de kwelder, waarbij het oude beheer op veel plaatsen (vooral in de provincie Groningen) is voortgezet. Kwelderontwikkeling kan als compensatie dienen voor kwelders die door zeespiegelstijging dreigen te verdwijnen. Kwelderontwikkeling draagt ook bij aan de kustbescherming. Als zich voor een dijk een kwelder bevindt, hebben golven immers al een deel van hun energie verloren wanneer zij tegen de dijk oplopen. Op deze wijze dragen de met de zeespiegelstijging meegroeiende kwelders bij aan de kustveiligheid en vormen zij een buffer tegen klimaatverandering. Dit wordt ook wel een 'klimaatbuffer' genoemd (Andriess et al. 2007). Kwelderontwikkeling is mogelijk in het Waddengebied en langs de Zeeuwse kust (figuur 4.11).

Ontpoldering als alternatief voor kwelderontwikkeling

Een alternatief voor kwelderontwikkeling is ontpoldering. Dit is mogelijk in het Waddengebied en aan de Zeeuwse kust (figuur 4.11). Bij ontpoldering wordt niet het wad of slik tot een kwelder (schor) ontwikkeld, maar het vasteland. De opslibbing draagt bij aan de veiligheid van het achterland, terwijl het tevens als compensatie dient voor kwelders die door zeespiegelstijging dreigen te verdwijnen. De eerste experimentele ontpoldering heeft in 2001 in Friesland plaatsgevonden in het Noaderleech. De resultaten wijzen inderdaad op een versnelde opslibbing van het gebied, die niet ten koste is gegaan van de opslibbing van de voorliggende kwelder. Het aantal zouttolerante kweldersoorten in de vegetatie is toegenomen. Verwacht wordt dat ontpolderingen in Friesland verder worden voortgezet. Het streefbeeld daarbij is een 'beweidbare kwelder' (Dijkema et al. 2007). Ook in Zeeland ligt er een besluit voor ontpoldering van onder andere de Hertogin Hedwigepolder, met als doel de estuariene natuur in de Westerschelde te herstellen (Secretariaat Commissie Natuur-



Het Waddengebied vormt één geheel met Duitsland en Denemarken. Langs de Belgische kust zijn de duinen sterk versnipperd geraakt, maar in dit gebied zijn er wel mogelijkheden voor duinontwikkeling.

herstel Westerschelde 2008). Aansluitend op het Zeelandse project wordt in België een deel van de Prosperpolder ontpolderd. Enkele kleine projecten aan de Westerschelde worden al uitgevoerd, bijvoorbeeld bij Ellewoutsdijk en Perkpolder.

Herstel zoet-zoutgradiënten heeft grote potenties voor natuur

Bij vroegere maatregelen ter verdediging van de kust zijn de meeste zeearmen afgesloten. Zoet-zoutgradiënten zijn daardoor zeer zeldzaam geworden en ook de getijdenwerking in bijvoorbeeld de Biesbosch is sterk verminderd. Herstel van getijdenwerking en geleidelijke overgangen van zout naar zoet is een adaptatiemaatregel (zie figuur 4.11). De verwachting is dat hierdoor de biodiversiteit zal toenemen. Er zullen soorten aanwezig zijn die zich hebben aangepast aan de natuurlijke dynamiek, en dit zal het adaptief vermogen van het systeem bij eventuele verstoringen of extreme gebeurtenissen ten goede komen.

Kansen voor meekoppelen

De adaptatie van het duin- en kustecosysteem kan niet los worden gezien van de adaptatie van de kust in verband met de veiligheid. In het verleden heeft kustverdediging vooral tot een achteruitgang van natuurwaarden geleid. Momenteel wordt gewerkt aan een Deltaprogramma dat de Nederlandse kust bestendig moet maken tegen de zeespiegelstijging en waarbij rekening wordt gehouden met de bodemdaling en een

grotere dynamiek van rivierafvoer (VenW et al. 2009). Er is een sterker besef ontstaan dat kustverdediging niet al te zeer ten koste mag gaan van de nog resterende natuurwaarden en dat het gebruik van natuurlijke processen ook kostenbesparend kan werken. Ook wordt nadrukkelijker dan voorheen gekeken naar mogelijkheden om kustverdediging te combineren met natuurontwikkeling. Uitgangspunten in de filosofie van de Deltacommissie zijn het gebruikmaken van natuurlijke processen als sedimentatie, het geleidelijk 'meegroeiën' met de zeespiegelstijging, het conserveren of vergroten van ecologische waarden, en het maken van klimaatdijken (Hartog et al. 2009). Een klimaatdijk laat enige golfoverslag en zelfs beperkte overstroming toe, maar biedt blijvende veiligheid.

4.3.3 Internationale aansluiting klimaatcorridor duin en kust

De internationale aansluiting van het Waddengebied richting Duitsland en Denemarken is uitstekend. Het waddensysteem loopt hier ononderbroken door (zie figuur 4.13). De aansluiting richting België is echter problematisch. In België is de duinkust veel smaller dan in Nederland. Bovendien zijn de duinen sterk versnipperd geraakt door verstedelijking. Langs de Belgische kust liggen hier en daar wel potenties voor duinontwikkeling. Mogelijk is de aanleg van een eiland voor de kust als zogenoemde zandmotor ook voor België een oplossing om de kust te beschermen tegen zeespiegelstijging en de ruimtelijke samenhang van het duinsysteem te verbeteren.

Nationale adaptatiestrategie

5

Omdat typen natuur verschillen in internationaal belang, kwetsbaarheid voor klimaatverandering en kansen die klimaatverandering mogelijk biedt, hebben we ervoor gekozen om de strategieën voor verschillende typen natuur in verschillende hoofdstukken te beschrijven. In dit hoofdstuk staat het uitwerken van een nationale adaptatiestrategie voor heide en bos centraal. De keuze voor een nationale adaptatiestrategie voor heide en bos betekent niet dat er in Nederland voor deze ecosystemen geen unieke natuurwaarden aanwezig zijn (zie 'Nederlandse natuur in internationale context' op pagina 52). Een internationale adaptatiestrategie ligt minder voor de hand, omdat de resterende natuur in Nederland sterk versnipperd is (heide) en omdat elders in Europa uitgestrekte gebieden liggen, die zich beter lenen als concentratiegebied voor Europese adaptatie (bossen).

Welke werkwijze we hanteren om de klimaatbestendigheid van verschillende natuurtypen te bepalen, staat beschreven in hoofdstuk 4 (paragraaf 4.1).

5.1 Clusters van heidegebieden

- *Klimaatverandering brengt naar verwachting grote wijzigingen in de standplaatscondities teweeg, vooral voor hoogveen zijn de gevolgen negatief.*
- *De adaptatiestrategie is om de adaptatiemaatregelen te concentreren binnen een viertal clusters van heidegebieden. Het cluster op de Veluwe is de enige regio waar de ruimtelijke opgave relatief klein is. De andere clusters vragen om grotere inspanningen.*
- *Ruimtelijke samenhang kan internationaal worden vergroot in de grensoverschrijdende clusters.*

In de uitwerking geldt een brede definitie van heide als uitgangspunt. Hierbij gaat het om droge heide, waaronder droge schraalgraslanden en open zand, en om natte heide, die naast vochtige heide ook vennen en hoogveen omvat.

Van de nog resterende Atlantische heidegebieden bevinden zich enkele grotere in Nederland, zoals de Dwingeloossche Heide. Natte heide en hoogveen zijn voornamelijk Noordwest-Europese typen, die vooral aanwezig zijn in de boreale gebieden. De huidige natuurkwaliteit van droge en natte heide is redelijk gunstig, de kwaliteit neemt echter af (PBL 2009a).

5.1.1 Diagnose klimaatbestendigheid heide

Klimaatbestendigheid heide voldoende in grote gebieden

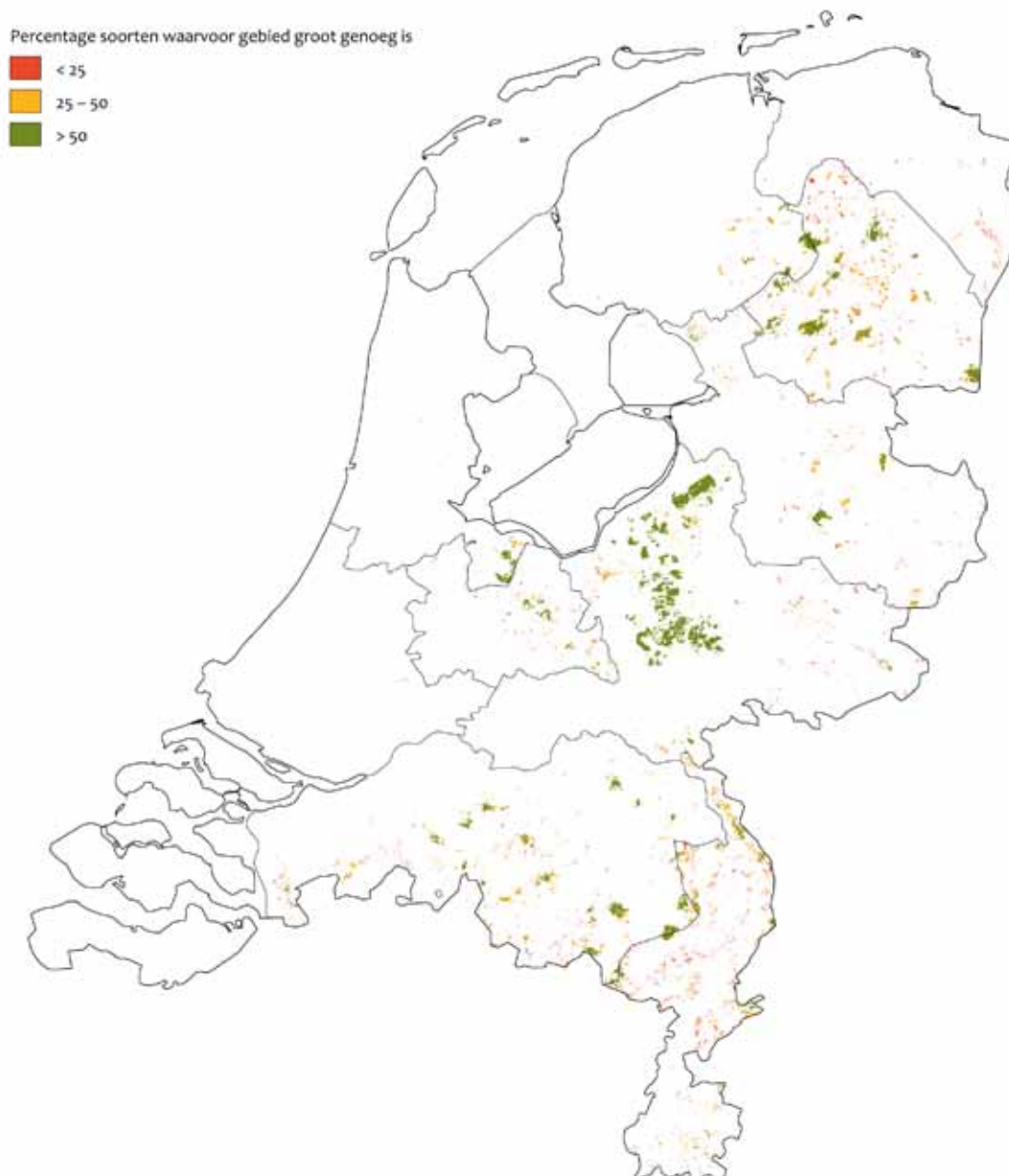
Nederland heeft een aantal grote heidegebieden die groot genoeg zijn om de extra populatieschommelingen als gevolg van een toenemend aantal weersextremen op te kunnen vangen. (zie figuur 5.1). Hierbij gaat het om gebieden als Dwingelderveld, Drents-Friese Wold, Veluwe en Weerter- en Budelerbergen. Meer dan 50 procent van de soorten kan hier een stabiele populatie vormen. Daarnaast zijn er veel kleine heiderestanten waar dit niet het geval is.

Als de aantalschommelingen van populaties als gevolg van klimaatverandering toenemen, zal het aantal duurzaam voorkomende heidesoorten landelijk achteruitgaan met 14 procent. Een grote fractie van de doelsoorten van heide zijn overigens evertelaten die geen grote oppervlaktes nodig hebben.

Voor de migratie van soorten bestaan veel ruimtelijke knelpunten. Uit een steekproef van 25 doelsoorten blijkt dat 80 procent van de soorten een of meerdere locaties heeft waar de heidegebieden te ver uit elkaar liggen om migratie mogelijk te maken (zie figuur 5.2). Soorten met een groot dispersievermogen, zoals velduil en korhoen, hebben één groot netwerk binnen Nederland, terwijl voor andere soorten de netwerken onderbroken zijn. Voorbeelden van deze soorten zijn de roodborsttapuit, gladde slang en bruine eikenpage.

De huidige doelsoorten van natte heide en hoogveen bestaan voor een relatief groot deel (17 procent) uit soorten waarvoor volgens de modelvoorspellingen het klimaat in Nederland op termijn ongeschikt wordt. In 2100 is dit deel zelfs toegenomen tot 37 procent. Deze soorten zullen het steeds moeilijker krijgen en op termijn mogelijk uit Nederland verdwijnen. Het verlies van een dergelijke grote fractie van de biodiversiteit is ongunstig voor het functioneren van het systeem. Functionele relaties tussen soorten kunnen hierbij in het gedrang komen, zoals predator-prooi-relaties of relaties tussen waardplanten en vlinders.

Droge heide heeft juist een relatief grote fractie doelsoorten (20 procent) waarvoor de opwarming van het klimaat gunstig is. Deze soorten zullen profiteren van de klimaatverandering. Ook zullen er op droge heide en schrale graslanden naar verwachting relatief veel 'nieuwe soorten' bijkomen, waarvoor



Nederland heeft een aantal clusters met heidegebieden die groot genoeg zijn om de effecten van klimaatverandering op te kunnen vangen. Meer dan de helft van de soorten kan hier een stabiele populatie vormen. Daarnaast zijn er veel kleine heiderestanten waar dit niet het geval is.

het klimaat in Nederland volgens de voorspellingen geschikt wordt. Voorbeeldsoorten zijn Provençaalse grasmus, slangarend en de grassoort *Agrostis curtisii*.

Grote veranderingen in condities, vooral voor hoogveen negatief

Klimaatverandering heeft naar verwachting grote veranderingen tot gevolg in de condities voor natte vegetaties die voor hun watervoorziening geheel afhankelijk zijn van regenwater, zoals hoogvenen, natte heiden en vennen. In door regenwa-

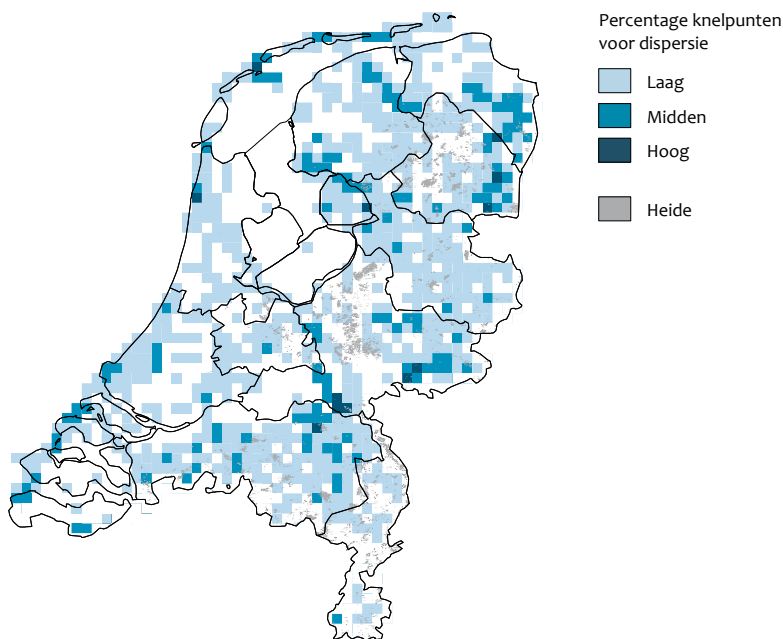
ter gevoede infiltratiegebieden is een sterke toename van de dynamiek te verwachten, waarbij het in de winter natter en in de zomer droger zal worden. Dit zal vooral voor hoogvenen nadelige consequenties kunnen hebben. Levend hoogveen is zeer verdrogingsgevoelig en komt alleen voor op standplaatsen waar het grondwater niet meer dan enkele decimeters beneden maaiveld wegzakt. Nu de verdamping in de zomer toeneemt terwijl de neerslag afneemt, is het de vraag of dit type zich in Nederland kan handhaven, vooral onder het W+-scenario. Door de toegenomen vochtdynamiek, tempera-



Door de voorspelde vaker optredende droogte in de zomer zal op de hogere zandgronden het aandeel kale grond in de vegetatie toenemen, met meer verstuiving tot gevolg. Deze veranderingen zijn positief, omdat een meer open en structuurrijkere vegetatie ontstaat (foto: Cisca Castelijns/Foto Natura).

Ruimtelijke knelpunten voor dispersie van heidesoorten bij klimaatverandering

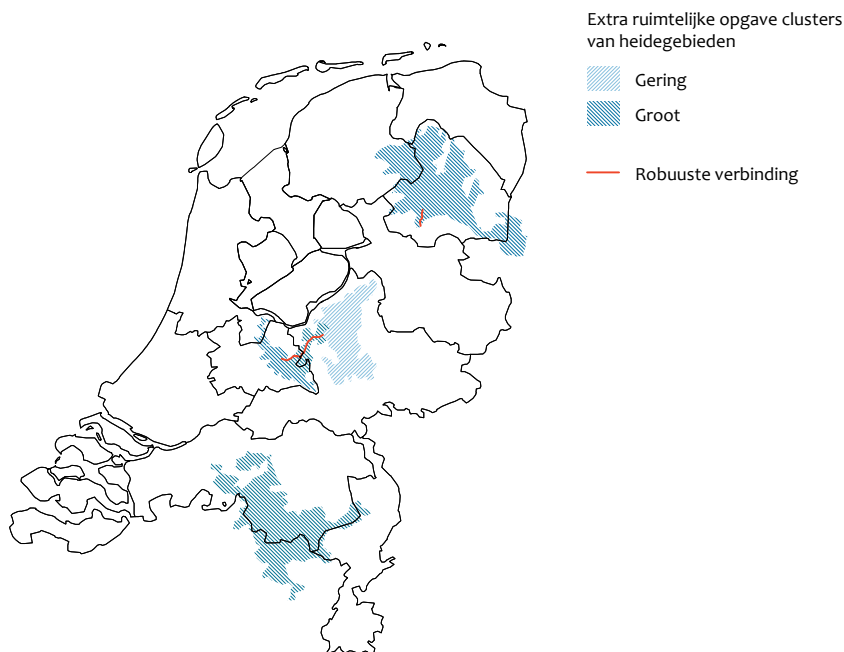
Figuur 5.2



Tachtig procent van de geselecteerde heidesoorten heeft een of meerdere locaties waar de heidegebieden te ver uit elkaar liggen om dispersie mogelijk te maken.

tuur en daarmee verhoogde mineralisatie, zullen karakteristieke vegetaties van hoogvenen, vennen en natte heiden het steeds moeilijker krijgen. De ontwikkeling van levend hoogveen in Nederland is onder scenario W+ waarschijnlijk niet meer mogelijk. Natte heideterreinen zijn beter bestand tegen

het wegzakken van het grondwater gedurende de zomer, maar ook deze ecosystemen zullen het moeilijk krijgen door de drogere zomers, vooral onder scenario W+. In combinatie met een hogere bodemtemperatuur is een verhoogde mineralisatie van de opgebouwde organische stof te verwachten.



Nederland heeft vier clusters met een hoge dichtheid aan grote heidegebieden die een belangrijke bijdrage leveren aan het duurzaam voorkomen van heidesoorten in Nederland. De adaptatiestrategie is om de maatregelen te concentreren binnen deze clusters.

De drogere zomers zullen vooral nadelige gevolgen hebben voor de veenmosrijke natte heiden, die een overgang vormen naar hoogveen.

In vennen zal de mineralisatie van in de bodem opgeslagen (zwavel)verbindingen sneller verlopen naarmate er vaker droge zomers voorkomen. Dit leidt onder andere tot verzuring. Puur door regenwater gevoede vennen zijn kwetsbaar voor extreme droogte. Door regelmatige opdroging zullen aquatische organismen op termijn uitsterven. Vennen die tevens worden gevoed door kwelwater, zullen minder kwetsbaar zijn. Vooral onder het W+-scenario zullen de meeste vennen te maken krijgen met een sterkere waterstanddynamiek en vaker droogvallen. Het verhoogde CO₂-gehalte in de atmosfeer zal vooral in niet-gebufferde vennen mogelijk leiden tot verzuring en tot een hogere voedselrijkdom.

De verwachting is dat droge heide, een grondwaterafhankelijke vegetatie die voor haar watervoorziening geheel afhankelijk is van regenwater, gevoelig is voor de klimaatveranderingen volgens de scenario's W en W+. Door de voorspelde vaker optredende droogte in de zomer zal op de hogere zandgronden het aandeel kale grond in de vegetatie toenemen, met meer verstuiving tot gevolg. Mogelijk neemt ook het aandeel mossen en korstmossen toe. Deze veranderingen zijn positief, omdat een meer open en structuurrijkere vegetatie ontstaat. Voor de te verwachten effecten is niet alleen van belang hoeveel droger het wordt, maar ook wanneer de droogte optreedt. Hoewel struikheide een soort

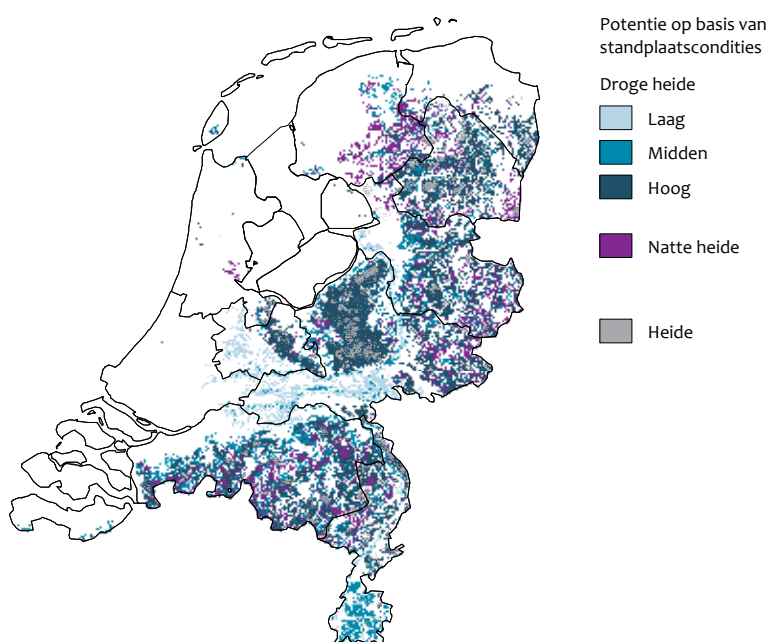
is die goed tegen droogte kan, is deze soort mogelijk wel zeer gevoelig voor droogte in het voorjaar.

5.1.2 Adaptatiestrategie heide

Vier clusters van heidegebieden

Concluderend: in Nederland zijn de heidegebieden sterk versnipperd, op enkele clusters na. Dit geldt ook voor de ons omringende landen. Het verbeteren van de ruimtelijke samenhang op (inter)nationale schaal is daarom geen realistische optie. De verwachte veranderingen in standplaatsfactoren en soortensamenstelling als gevolg van klimaatverandering zijn relatief groot en lijken ongunstig voor hoogveen en gunstig voor droge heide.

Er is daarom gekozen voor een nationale strategie, met als centrale doelstelling het versterken van het adaptief vermogen in de vier Nederlandse clusters met een hoge dichtheid aan grote heidegebieden (zie figuur 5.3). Deze clusters dragen sterk bij aan het duurzaam voorkomen van heidesoorten in Nederland en bestaan uit gebieden op het Drents Plateau als Dwingelderveld, Drents-Friese Wold en Bargerveen met aangrenzende gebieden in Duitsland (cluster 1), Veluwe (cluster 2), Utrechtse Heuvelrug (cluster 3) en gebieden in Noord-Brabant als Weerter- en Budelerbergen, Strabrechtse Heide en Kempenland met aangrenzende gebieden in België (cluster 4). De clusters functioneren als zoekgebied waarbinnen maatregelen worden genomen om het adaptief vermogen van het heide-ecosysteem te



Bron: Runhaar et al. (2005); bewerking PBL

Binnen de clusters zijn de condities in potentie geschikt voor de ontwikkeling van heide, mits bepaalde maatregelen worden genomen. De indicaties kunnen lokaal zijn onderschat of overschat.

vergroten. De belangrijkste pijler van de adaptatiestrategie voor heide is het ontwikkelen van een grotere heterogeniteit door natte heide, hoogveen en droge heide te beheren als mozaïeken met geleidelijke overgangen (figuur 3.2, pijler 2). Een ander aandachtspunt is het verbeteren van de ruimtelijke samenhang binnen de clusters, door gebieden te vergroten en met elkaar te verbinden (pijler 1). Ook worden maatregelen voorgesteld om de standplaatscondities te verbeteren (pijler 3).

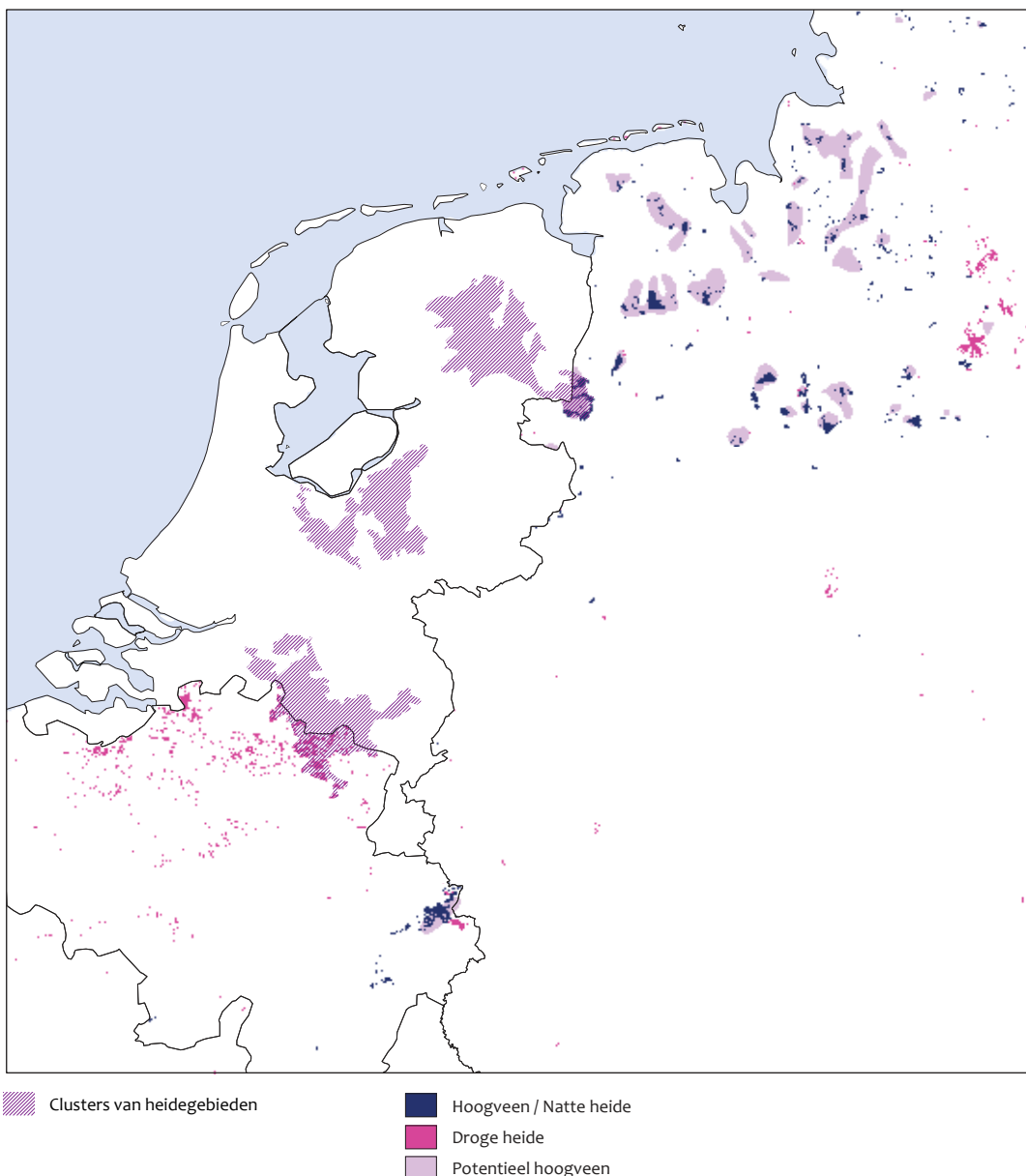
Maatregelen binnen de clusters van heidegebieden

Voor hoogveen geldt dat het klimaat in Nederland op termijn mogelijk ongeschikt wordt. Dit blijkt zowel uit het grote aantal hoogveensoorten dat zich uit Nederland terugtrekt, als uit de voorspelde ingrijpende veranderingen in de condities, waardoor hoogveengroei op termijn wellicht niet meer mogelijk is. Ook in de ons omringende landen zijn de condities voor hoogveenontwikkeling beperkt (figuur 5.5). Het is echter nog zeer onzeker welk type natuur de transitie van hoogveen onder klimaatverandering zal opleveren.

Voor droge heide zijn de vooruitzichten gunstiger. De verwachting bestaat dat een meer open en structuurrijkere vegetatie ontstaat, met meer overgangen van open naar dicht. Hierdoor neemt de heterogeniteit van de gebieden toe, wat gunstig is voor het opvangen van weersextremen zoals hitte. Door droge heide, natte heide en hoogveen-systemen in sterkere mate als aaneengesloten eenheden te beheren, zullen geleidelijke overgangen kunnen ontstaan. Dit vergroot de heterogeniteit en draagt daardoor bij aan het

adaptief vermogen (pijler 2). De verwachting is dan dat bij een geleidelijke verdroging soorten vanuit het ene systeem het andere systeem gemakkelijker kunnen koloniseren. Op deze wijze wordt het verdwijnen van soorten waarvoor het klimaat niet langer geschikt is, enigszins gecompenseerd door nieuwe soorten en blijft de functionele biodiversiteit beter op peil.

Het aantal faunasoorten dat ondanks klimaatverandering duurzaam zal voorkomen, zal naar verwachting afnemen door de grotere grilligheid van het weer. Dit kan worden verholpen door de heidegebieden te vergroten (pijler 1). Voorbeelden van soorten die grotere gebieden nodig hebben om de grotere grilligheid van het weer op te kunnen vangen, zijn grauwe klauwier, nachtzwaluw en boomleeuwerik. In grotere gebieden is het herstelvermogen na verstoringen groter; ook bieden ze meer ruimte voor interne heterogeniteit. Door de ruimtelijke samenhang binnen de clusters te verbeteren, zullen de vele migratieknelpunten minder worden (pijler 1). Maatregelen die aan deze verbetering kunnen bijdragen, zijn het verdichten van het netwerk met relatief kleine gebieden, het aanleggen van corridors met open schrale vegetatie om de doorlaatbaarheid van agrarische gebieden en bossen voor kritische soorten te verbeteren, en het aanleggen van fauna-voorzieningen bij barrières. De geplande robuuste verbindingen lossen een deel van de migratieknelpunten op het Drents Plateau op. Daarnaast worden twee clusters gekoppeld door de robuuste verbinding tussen de Utrechtse Heuvelrug en de Veluwe.



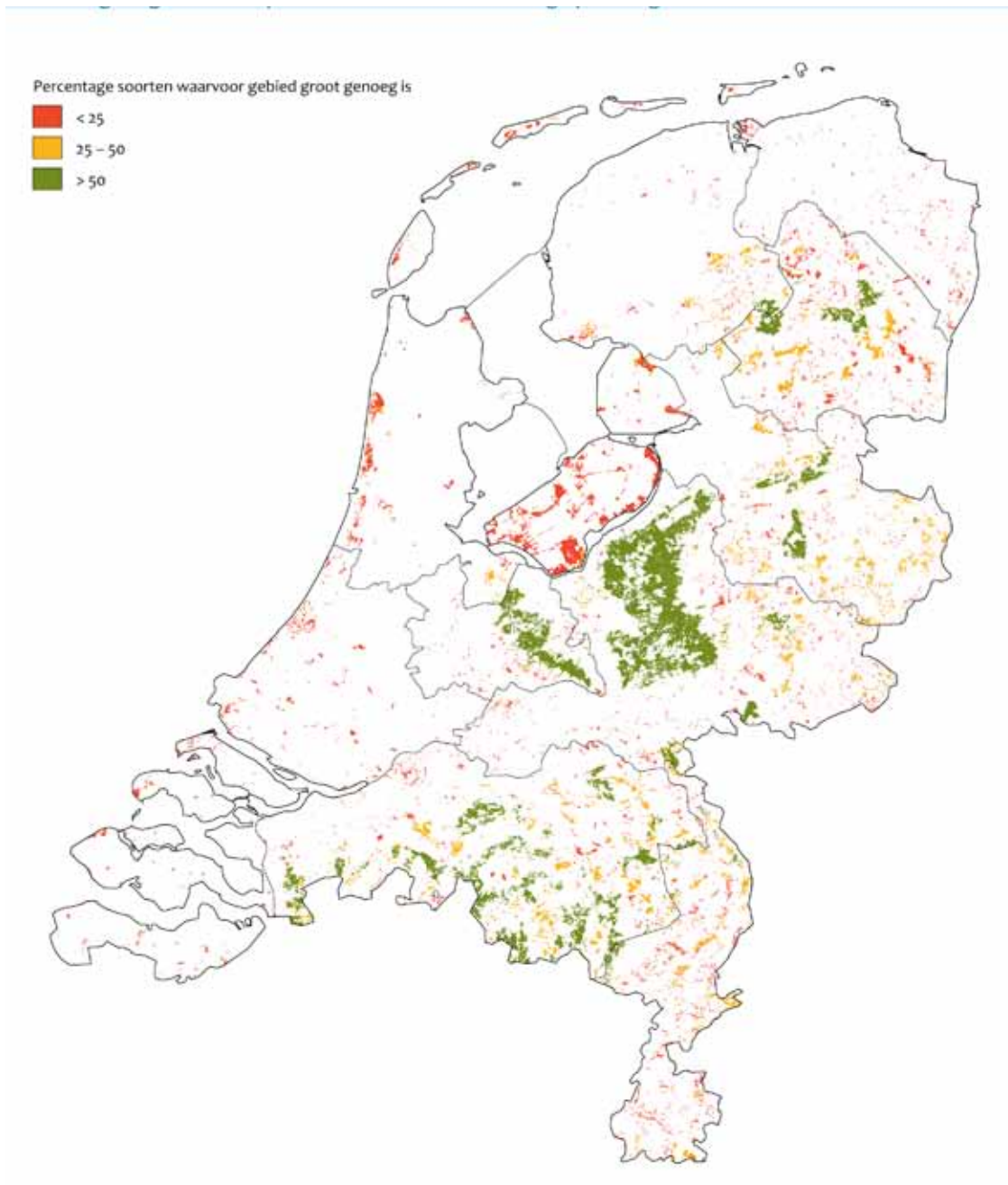
Nederland heeft een tweetal gedeeltelijk grensoverschrijdende clusters met relatief veel heidegebieden.

Binnen de clusters zijn de huidige condities in potentie geschikt voor de ontwikkeling van heide (zie figuur 5.4); voorwaarde is wel dat bepaalde maatregelen worden genomen (pijler 3). Verdroging van natte heiden en vennen kan onder andere worden bestreden door het sterk verdampend naaldhout om te zetten in loofbos, grasland of hei. Ook het afdammen van greppels voorkomt verdroging. Door aaneengesloten natuurterreinen te vergroten, wordt het eenvoudiger een hoog grond- en oppervlaktewaterpeil ten opzichte van de omgeving te handhaven. De verhoogde mineralisatie kan gedeeltelijk worden tegengegaan door beheersmaatregelen, zoals maaien en begrazing. Ook buiten de natuurgebieden zijn maatregelen mogelijk om de hydrologische condities te verbeteren, zoals het aanleggen van hydrologische buffer-

zones, het opzetten van peilen in landbouwgebieden, een beregeningsverbod in droge tijden, en het sluiten of verplaatsen van grondwaterwinningen.

Slechts enkele mogelijkheden om grensoverschrijdende clusters te versterken

Nederland heeft een tweetal gedeeltelijk grensoverschrijdende clusters met relatief veel heidegebieden (zie figuur 5.5). In de buurlanden zijn de heidegebieden echter schaars en sterk versnipperd, en de condities voor natte heide en hoogveen zijn er beperkt. Op droge zandgronden is er wel potentie voor de ontwikkeling van droge heide.



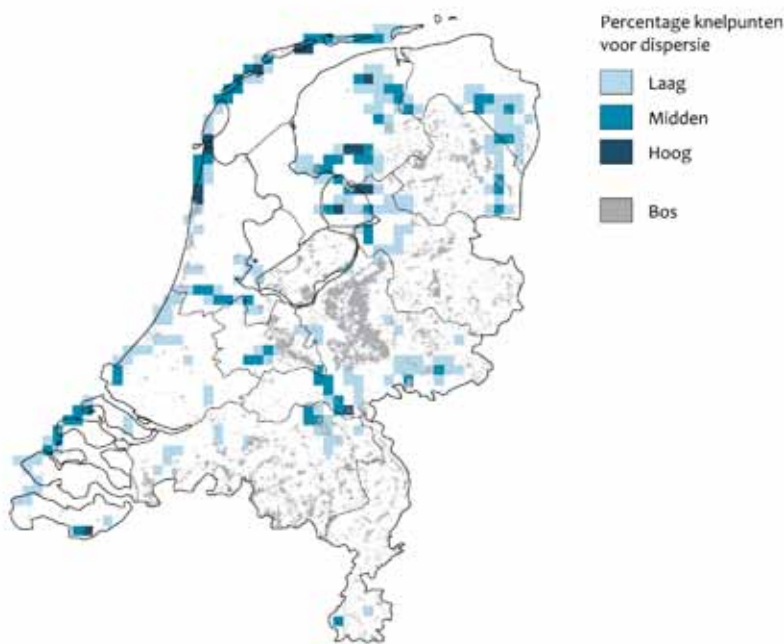
Nederland heeft een groot aantal bosgebieden die groot genoeg zijn om effecten van klimaatverandering op te vangen. Er zijn echter ook veel gebieden die te klein zijn om klimaateffecten het hoofd te bieden.

Een maatregel als het vergroten van de ruimtelijke samenhang is deels grensoverschrijdend uitvoerbaar. Bijvoorbeeld met de heideterreinen in België, waardoor enige noordwaartse uitbreiding van soorten richting Nederland mogelijk zal zijn. Grootschalige heideontwikkeling in Frankrijk en België of actieve verspreiding van zaden door schaapskuddes of maaisel zouden echter nodig zijn om migratie van soorten vanuit Midden- en Zuidwest-Europa richting Nederland mogelijk te maken. Deze heidegebieden liggen sterk geïsoleerd ten opzichte van de heidegebieden in Noord-Europa. In potentie gaat het om veel ‘nieuwe’ heide- en bremsoorten als rode

dophei, zwerfheide en wimperheide, die beter zijn aangepast aan drogere condities. Deze nieuwe soorten dragen bij aan de functionele biodiversiteit en zijn nieuwe kenmerkende structuurbepalende soorten voor heide.

Kansen voor meekoppelen

Ook landbouw op de hogere zandgronden zal volgens het W+-scenario in het groeiseizoen schade ondervinden van de droogte. Daarom is het belangrijk te zoeken naar geïntegreerde regionale oplossingen om water langer vast te houden, iets waar zowel de landbouw als de natuur van



Ongeveer 60 procent van de geselecteerde bossoorten heeft een of meerdere locaties waar de bosgebieden te ver uit elkaar liggen om dispersie mogelijk te maken.

profiteren. Gebiedsgerichte maatregelen om water beter vast te houden ten behoeve van de landbouw hebben wellicht als positief neveneffect dat de grondwaterfluctuatie in heide en hoogveen afneemt.

Een ander verband is dat tussen natuur en economie. Heide en hoogveen zijn van groot belang voor recreatie en vormen daarmee een belangrijke factor voor de regionale economie.

5.2 Zijtakken Europese klimaatcorridor bos

- De standplaatscondities voor bos blijven geschikt, maar het aantal ruimtelijke knelpunten neemt toe als gevolg van klimaatverandering.
- Nederlandse bossen vormen een tweetal zijtakken van de Europese klimaatcorridor bos. De zijtakken functioneren als zoekgebied waarbinnen adaptatiemaatregelen worden genomen. Zes bolwerken vormen de basis voor deze zijtakken. De regio's tussen de bolwerken hebben een grote ruimtelijke opgave.
- De meest kansrijke routes voor internationale aansluiting lopen door Limburg richting België en door Overijssel richting Duitsland.

Voor bos geldt in de uitwerking een brede definitie als uitgangspunt. Droge en vochtige bossen, met en zonder productiefunctie, en cultuurhistorische bossen als hakhout en park- en stinzenbos vallen onder het type bos.

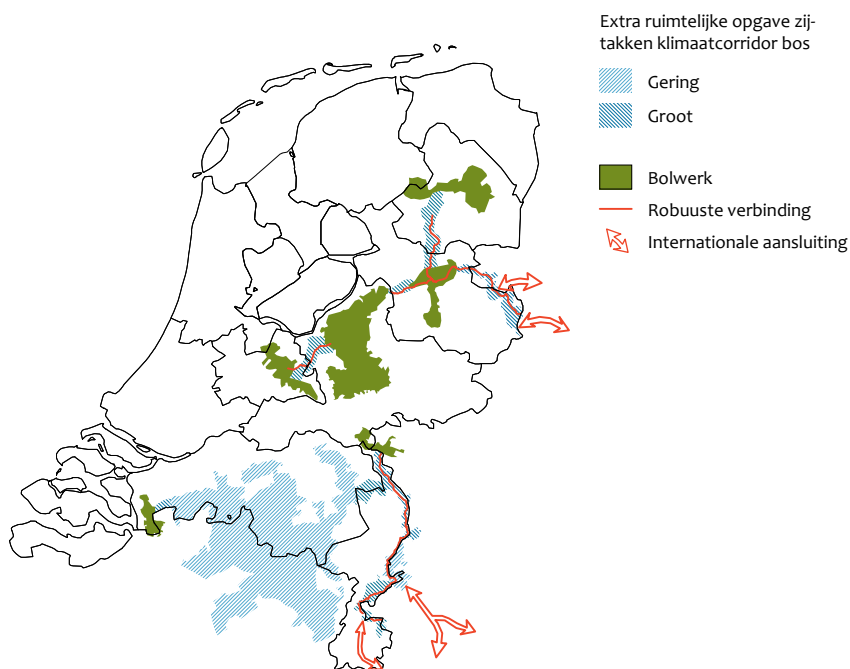
Het aandeel van de Nederlandse bossen binnen Europa is niet groot (zie 'Nederlandse natuur in internationale context' op pagina 52). Hoewel de Veluwe een van de grootste natuurgebieden is in Noordwest-Europa, liggen de Europese gebieden met grote aaneengesloten bossen ten oosten en noorden van Nederland (zie ook figuur 5.10). De kwaliteit van de Nederlandse bossen is gunstig en ook de trends zijn stabiel (PBL 2009a).

5.2.1 Diagnose klimaatbestendigheid bos

Duurzaam voorkomen bossen gaat achteruit

De Veluwe is het meest klimaatbestendige bosgebied in Nederland (zie figuur 5.6). Daarnaast zijn er enkele regio's met een relatief hoge dichtheid aan bossen, zoals de Utrechtse Heuvelrug, het bossencomplex in het zuiden van Noord-Brabant, de Sallandse Heuvelrug en het Drents Plateau. Deze gebieden zijn groot genoeg om de extra populatieschommelingen als gevolg van weerextremen op te kunnen vangen.

Landelijk zullen door klimaatverandering steeds minder bossoorten duurzaam voorkomen. De bosgebieden zijn na het realiseren van de ecologische hoofdstructuur en bij optimale condities voldoende groot voor 59 procent van de fauna-doelsoorten. Wanneer echter rekening gehouden wordt met de effecten van klimaatverandering, dan geldt dit nog maar voor 48 procent van de soorten. Het gaat om soorten met een grote oppervlaktebehoefte, zoals de zwarte specht en de boommarter, of om soorten met een zeer specifieke habitatkeuze, zoals de kleine ijsvogelvlieder.



Nederlandse bossen vormen een tweetal zijtakken van de Europese klimaatcorridor bos. Zes bolwerken vormen de basis voor deze zijtakken.

Ook zijn er veel knelpunten voor de migratie van soorten (zie figuur 5.7). Uit een steekproef van 24 bosdoelsoorten blijkt dat 63 procent een of meerdere knelpunten ondervindt. Dit geldt voor soorten als de eekhoorn, gladde slang en hazelworm.

De huidige doelsoorten bos bestaan voor 17 procent uit soorten waarvoor volgens de voorspellingen op basis van klimaatontwikkelingsmodellen het klimaat in Nederland geschikter wordt. Voor 9 procent van de soorten krimpt de klimaatzone en daarmee dus het verspreidingsgebied in Nederland. In 2100 zal het percentage soorten wat zich uit Nederland terugtrekt, zijn toegenomen tot 21 procent. Ook zijn er nieuwe soorten als bergfluitier, springkikker en stinkend nieskruid te verwachten waarvoor het klimaat in Nederland volgens de voorspellingen geschikt wordt.

Standplaatscondities blijven geschikt

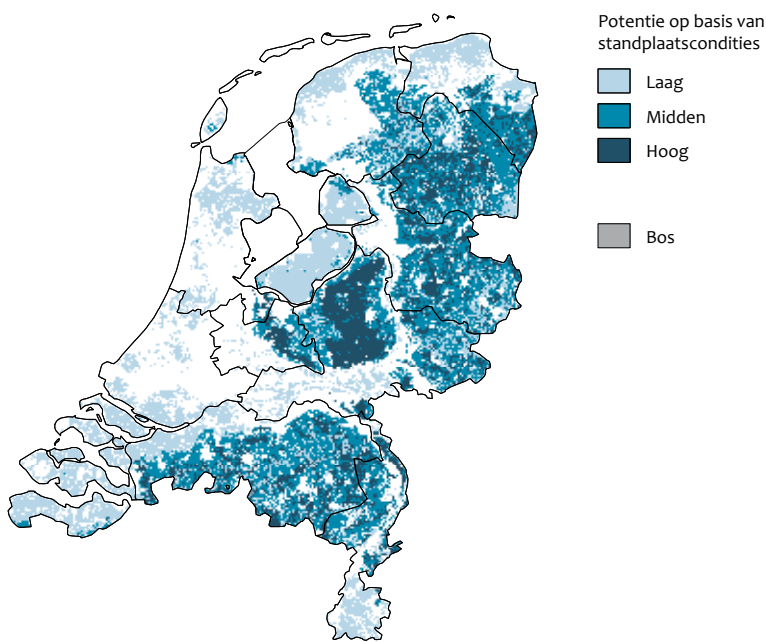
Er is een verschuiving in de soortensamenstelling van bossen te verwachten als gevolg van klimaatverandering, de condities voor bosontwikkeling blijven echter geschikt. Droge bossen op de hogere zandgronden, zoals stuwwallen, duinen en hogere dekzandruggen, zullen te maken krijgen met een groter vochttekort in het groeiseizoen. Dit geldt volgens het scenario W, maar vooral onder scenario W+. Tijdens een extreem droge zomer reageren bomen vaak met versnelde bladval. Vooral jonge aanplant is kwetsbaar, mede door een nog onderontwikkeld wortelstelsel. Vaak is herstel mogelijk in het daaropvolgende jaar, maar wanneer extreem droge zomers in een hoge frequentie gaan optreden, is verhoogde sterfte denkbaar. Vooral naaldboomsoorten zullen het dan moeilijk krijgen. Op arme kalkloze zandgronden, zoals op de

Veluwe, kunnen droogte en verzuring een fatale combinatie vormen (Olsthoorn 1998). Door klimaatverandering zal het brandrisico in de toekomst waarschijnlijk toenemen. Of er daadwerkelijk meer en grotere branden ontstaan, hangt onder andere af van de toekomstige terreinomstandigheden en van de effectiviteit waarmee branden kunnen worden voorkomen, opgespoord en bestreden (Schelhaas & Moriando 2007). Meer heftige stormen kunnen nadelig zijn voor stormgevoelige bomen, zoals de grove den en de beuk. Pioniers als berk en lijsterbes kunnen door het ontstaan van open plekken mogelijk profiteren. Door de zachtere winters zullen wintergroene soorten, zoals hulst en taxus, in aantal toenemen. Klimaatveranderingen kunnen dus gunstig zijn voor de heterogeniteit van de bossen, mits ze niet te frequent of op een te grote schaal optreden.

5.2.2 Adaptatiestrategie bos

Nederlandse bossen als zijtakken van Europese klimaatcorridor bos

Concluderend: de duurzaamheid van de Nederlandse bossen gaat achteruit doordat gebieden mogelijk te klein zijn om weersextremen op te vangen en ruimtelijke knelpunten het migreren van soorten verhinderen. De veranderingen in standplaatsfactoren lijken niet ingrijpend te zijn. De adaptatiestrategie richt zich daarom vooral op het vergroten van de ruimtelijke samenhang (figuur 3.2, pijler 1). De grote aaneengesloten bosgebieden liggen oostelijk van Nederland, maar die grenzen niet aan de Nederlandse bossen (zie figuur 5.10). Het ligt daarom niet voor de hand dat Nederland deel zal uitmaken van een Europese klimaatcorridor voor bossen. Voor de klimaatbestendigheid en het adaptief vermogen



Bron: Runhaar et al. (2005); bewerking PBL

Binnen de bolwerken en zijtakken zijn de condities in potentie geschikt voor de ontwikkeling van bos, mits bepaalde maatregelen worden genomen. De indicaties kunnen lokaal zijn onderschat of overschat.

van de Nederlandse bossen is het echter wel belangrijk om aan te sluiten op de internationale klimaatcorridor. Soorten waarvoor het klimaat ongeschikt wordt, zullen op termijn uit Nederland verdwijnen. Via de internationale klimaatcorridor kunnen 'nieuwe soorten' waarvoor het klimaat geschikt wordt, de Nederlandse bossen koloniseren, waardoor de functionele biodiversiteit op peil blijft. Adaptatiemaatregelen worden efficiënter en effectiever als ze in een klimaatcorridor worden geconcentreerd: ze komen dan terecht op de beste locaties en zullen elkaars effecten versterken.

Als adaptatiestrategie wordt daarom voorgesteld om de Nederlandse bossen te ontwikkelen als zijtakken van een Europese klimaatcorridor bos (zie figuur 5.8). Deze zijtakken functioneren als zoekgebied waarbinnen adaptatiemaatregelen worden genomen, en worden begrensd door gebieden die relatief veel bijdragen aan het duurzaam voorkomen van bossoorten. De Veluwe is het enige grote bosbolwerk van Nederland. Daarnaast zijn er enkele kleinere bolwerken met een hoge dichtheid aan bosgebieden, zoals de Sallandse Heuvelrug, het Drents-Friese Wold, de Brabantse Wal, de Utrechtse Heuvelrug en de Nijmeegse Heuvelrug, die doorloopt in het Duitse Reichswald. Omdat het rivierengebied een natuurlijke barrière vormt voor bossen, zijn de bossen ten noorden en ten zuiden van de grote rivieren als aparte zijtakken beschouwd. Het bossencomplex in het zuiden van Noord-Brabant, dat doorloopt in België, en de bossenregio in Oost-Limburg hebben een geringe ruimtelijke opgave. De andere regio's, vooral ook de trajecten tussen de bolwerken, hebben een grote ruimtelijke opgave. Ook de huidige condities voor bos (zie figuur 5.9) en de kansen voor aansluiting

op bosgebieden in de omliggende landen (zie figuur 5.10) hebben bij de begrenzing een rol gespeeld.

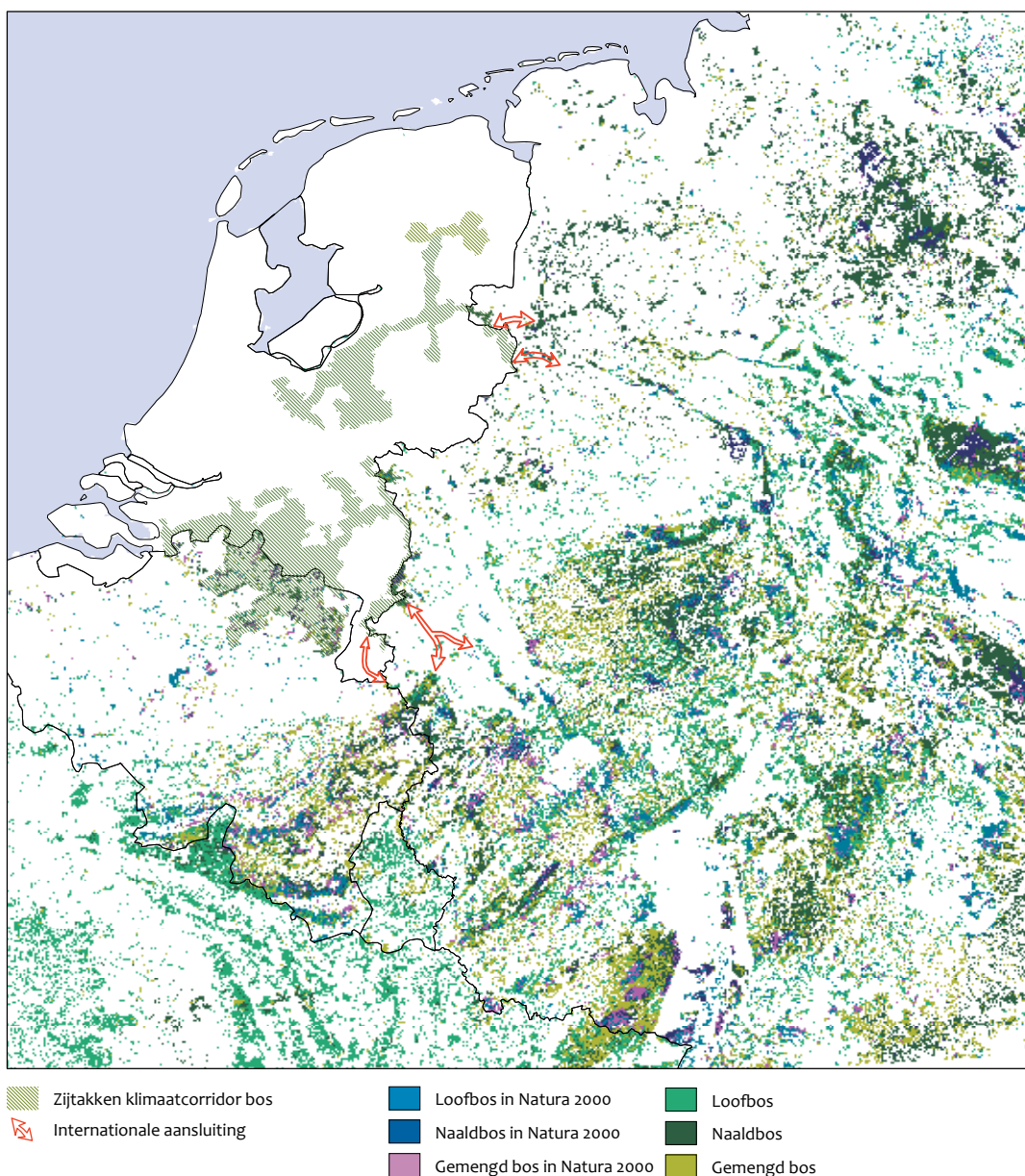
Maatregelen binnen en buiten de zijtakken

Het vergroten van gebieden in de zijtakken van de Europese klimaatcorridor bos draagt bij aan het duurzaam voorkomen van soorten bij vaker optredende weersextremen (pijler 1). Voorbeelden van bosfaunasoorten die grotere gebieden nodig hebben, zijn de zwarte specht en boommarter.

Om ruimtelijke knelpunten voor migratie weg te nemen, is het nodig het netwerk van bosgebieden met relatief kleine gebieden te verdichten, en dispersiecorridors en faunavoorzieningen bij barrières aan te leggen (pijler 1). De geplande robuuste verbindingen zullen een aanzienlijk deel van de ruimtelijke knelpunten kunnen wegnemen.

Voor het functioneren van de zijtakken binnen de Europese klimaatcorridor is het van belang dat ruimtelijke knelpunten verdwijnen, en dat wordt voorkomen dat nieuwe knelpunten ontstaan.

De effecten van klimaatverandering op de condities voor bossen zijn niet ingrijpend. De huidige condities voor bos blijven geschikt (zie figuur 5.9). Mogelijk zal de soortensamenstelling van de bomen verschuiven ten gunste van soorten die beter bestand zijn tegen droogte. Boomval als gevolg van extra stormen en bosbranden hoeft niet ongunstig te zijn. Mits dit niet op te grote schaal gebeurt, heeft boomval een positieve werking op de bosstructuur en neemt de variatie in leeftijden en microklimaat toe. Een grotere heterogeniteit is



De meest kansrijke routes voor internationale aansluiting lopen door Limburg richting België en door Overijssel richting Duitsland.

gunstig voor het opvangen van weersextremen (pijler 2). Bij het aanplanten van bomen zou gekozen kunnen worden voor soorten die afkomstig zijn uit gebieden waar nu een klimaat heerst dat in de toekomst in Nederland wordt verwacht, bijvoorbeeld uit Midden- of Zuid-Frankrijk.

De aansluiting op de grotere Europese bosgebieden vraagt nog een flinke inspanning. De meest kansrijke routes lopen door Limburg richting België en door Overijssel richting Duitsland (zie figuur 5.10).

Kansen voor meekoppelen

Bossen hebben een grote recreatieve waarde en zijn daarom een belangrijke factor voor de regionale economie. Ook is het planten van bossen een mitigerende maatregel, omdat koolstof voor een lange tijd wordt vastgelegd.

6

Regionale adaptatiestrategie

In dit hoofdstuk zijn voor de regionale adaptatiestrategie enkele voorbeelden uitgewerkt. Regionale adaptatie richt zich op het klimaatbestendig maken van kleinschalige natuurgebieden. Het gaat hier veelal om een mozaïek van verschillende typen natuur in multifunctionele landschappen, vaak met een grote cultuurhistorische waarde, zoals de Achterhoek en Twente. Een regionale adaptatiestrategie, waarbij natuur onderdeel uitmaakt van een multifunctionele adaptatie, ligt dan voor de hand. We besteden in de voorbeelden aandacht aan de synergie tussen diverse functies, waar de natuur er één van is, naast bijvoorbeeld landbouw, waterregulatie, recreatie en landschap. In de casestudies bekijken we ook hoe de regionale adaptatieplannen zouden kunnen bijdragen aan het realiseren van de regio-overschrijdende (inter)nationale adaptatiestrategie, waarin het vormen van corridors en clusters centraal staat (zie hoofdstuk 4 en 5). De uitgewerkte voorbeelden zijn gebieden met een wateropgave en een natuuropgave (paragraaf 6.1), gebieden met een agrarisch belang, die kwetsbaar zijn voor bodemdaling en daarmee potentie bieden voor natuur en recreatie (paragraaf 6.2), en gebieden waar beeksystemen een bijdrage leveren aan regionale adaptatie (paragraaf 6.3).

Monofunctionele adaptatie kan de polarisatie tussen functies vergroten en zal het functioneren van ecosystemen vaak negatief beïnvloeden. Voorbeelden uit het verleden zijn het volledig afsluiten van zeearmen, het vastleggen van duinsystemen, en het uitdiepen van rivieren achter steeds hogere dijken. In de landbouw gaat de natuurlijke plaagregulatie achteruit naarmate er meer natuurlijke elementen uit het landschap verdwijnen. Maatregelen om de omstandigheden voor het productieproces te optimaliseren, zoals ontwatering in het voorjaar en beregening in de zomer, vergroten de waterproblematiek voor zowel landbouw als natuur. Sommige adaptatiemaatregelen voor de natuur, zoals het ruimte geven aan natuurlijke processen en het vergroten van de interne heterogeniteit, hebben een positieve uitwerking op de klimaatbestendigheid van andere functies, zoals waterbeheer. Beken die weer voldoende de ruimte krijgen om grotere hoeveelheden water op te vangen, zijn beter in staat om extreme neerslag te verwerken. Meer natuurlijke beken dragen bij aan de veiligheid en voorkomen wateroverlast op landbouwgronden en in het stedelijk gebied.

Een andere manier om de frequentie van wateroverlast te verminderen, is om aanpassingen te maken in boven- en

middenlopen van watersystemen, zodat die het water beter vasthouden. Gezien de verwachte toename van periodes van droogte en hoge temperaturen in de zomer, zal het regionaal vasthouden van water steeds belangrijker worden voor zowel landbouw als natuur.

Maatregelen om natuurgebieden klimaatbestendiger te maken hoeven dus niet per definitie tot meer aankoop van natuur en een uitbreiding van het natuurareaal te leiden. Ook maatregelen in de omgeving van en tussen natuurgebieden in multifunctionele zones kunnen effectief zijn. Maatregelen in de waterhuishouding en nutriëntenhuishouding van zogenoemde beïnvloedingsgebieden (gebieden die invloed hebben op natuurgebieden, zie Kuijpers-Linde et al. 2007) kunnen sterk bijdragen aan de condities in de natuurgebieden zelf. Het rendement van het natuurbeleid zal door deze ingrepen toenemen, evenals de cultuurhistorische waarden van het landschap in de beïnvloedingszones.

6.1 Winst door combinatie van water- en natuuradaptatie: Groningen

- *Het zoeken naar synergie tussen water- en natuuradaptatie leidt tot nieuwe inzichten en vergroot zo het draagvlak voor natuuradaptatie; door nieuwe oplossingen neemt de kans op realisatie toe.*
- *In Groningen kan het waterschap ruim 10 procent van de extra wateropgave voor klimaatverandering realiseren door een klimaatcorridor voor moeras en nat schaalgrasland aan te leggen via de voor natuur optimale routes.*

De adaptatie van natuur aan klimaatverandering vraagt om ruimte. In het huidige maatschappelijke klimaat is er weinig draagvlak voor een ruimteclaim voor natuur alleen. Klimaatverandering heeft ook grote gevolgen voor het waterbeheer in Nederland. In het Nationaal Bestuursakkoord Water 2003 is aangegeven dat er ongeveer 26.000 hectare waterbergingsgebied nodig is om in 2015 het watersysteem op orde te hebben en nog eens 69.000 hectare om het tot 2050 op orde te houden. Om het landschap duurzaam te beveiligen tegen overstroming en de watervoorziening voor de toekomst veilig te stellen, zijn grote veranderingen in de inrichting en het ruimtebeslag van de nationale en regionale watersystemen nodig. In tegenstelling tot het draagvlak voor natuuradaptatie,



Regionale adaptatie is gericht op het klimaatbestendig maken van kleinschalige natuurgebieden. Het gaat hier veelal om een mozaïek van verschillende typen natuur in multifunctionele landschappen (foto: De Jong Luchtfotografie).

is het maatschappelijk draagvlak voor wateradaptatiemaatregelen groot.

Water en vooral natte natuur zijn ruimtelijk van nature nauw met elkaar verbonden. De functiecombinatie van waterbeheer en natuur wordt dan ook door vele organisaties als kansrijk gezien. Er zijn voorbeelden van waterbergingsgebieden waar landschappelijk fraaie en soortenrijke natte natuur zich ontwikkelt, zoals het gebied Woudmeer-Speketer (Van Ek et al. 2008). De combinatie van de opgave voor wateradaptatie en natuuradaptatie kan winst betekenen. Belangrijke voordelen van deze synergie zijn ruimtelijke efficiëntie en een breder draagvlak voor het uitvoeren van adaptatiemaatregelen voor natuur. Het draagvlak wordt nog groter als de synergie kan worden gerealiseerd binnen de grenzen van de ecologische hoofdstructuur (EHS). Extra winst voor natuur ontstaat wanneer natuur (adaptatie) kan meeliften op adaptatiemaatregelen voor water. Waterberging is echter niet zonder meer met natuurontwikkeling te combineren (Platteeuw & Iedema 2001; RLG 2001; Stuijzand et al. 2008). De mogelijkheden voor synergie dienen daarom per gebied te worden onderzocht.

In de provincie Groningen is geanalyseerd waar de adaptatiemaatregelen voor water en natte natuur samenkomen en elkaar potentieel kunnen versterken (Roggema et al. 2009; Van Rooij et al. 2009).

6.1.1 Opgave klimaatadaptatie voor natuur in Groningen

In Groningen wordt in de adaptatiestrategie een (internationale) klimaatcorridor voorgesteld, die de natte natuur (moeras, beekdalen en natte schraalgraslanden) in Friesland en Drenthe verbindt met soortgelijke natte natuurgebieden in

Duitsland (zie hoofdstuk 4). Met deze klimaatcorridor worden regionale doelstellingen bereikt, en wordt tegelijkertijd een bijdrage geleverd aan provincie overschrijdende doelstellingen van de (internationale) klimaatcorridor:

- het verbinden van netwerken en vergroten van gebieden binnen de provincie, waardoor het leefgebied van soorten wordt vergroot en er bij een veranderend klimaat voldoende leefruimte ontstaat voor duurzame overleving (regionaal doel).
- het verbinden van netwerken op een hoger schaalniveau. In Groningen gaat het vooral om de verbindingen met beeksystemen in Drenthe en met de moerassen in Friesland en Neder-Saksen (Duitsland), zodat soorten mee kunnen schuiven met veranderende klimaatzones en nieuwe leefgebieden kunnen bereiken ((inter)nationaal doel).

6.1.2 Kansrijke locaties voor synergie tussen water- en natuuradaptatie

De kansrijke locaties voor synergie tussen water- en natuuradaptatie zijn te verdelen in drie verschillende categorieën:

- locaties waar bestaande natuur kan profiteren van watermaatregelen en andersom (een voorbeeld is het Schildmeer);
- locaties die dankzij wateradaptatiemaatregelen zoals grootschalige waterberging, mogelijkheden bieden voor nieuwe natuur;
- locaties waar natuur- en watermaatregelen kunnen meeliften op een gebiedsontwikkelingsproces (een voorbeeld zijn de Veenkoloniën).

Tussen het Hunzedal en de Westerwoldse Aa komen vier mogelijke routes, ook wel ruimtelijke alternatieven genoemd, naar voren waarlangs de klimaatcorridor gerealiseerd kan worden (figuur 6.1). Deze routes zijn gunstig vanwege de ligging van de huidige natuurgebieden, de potentie voor natuurontwikkeling, en de verwachte gebiedsontwikkelingsprocessen. De noordelijke route (I) volgt vooral bestaande en geplande natuurgebieden en valt samen met de EHS en de (internationale) klimaatcorridor moeras (hoofdstuk 4). De middelste route (II) is de kortste verbinding en maakt

gebruik van de mogelijkheden voor natuurontwikkeling in het gebiedsontwikkelingsproject Terra Mater. De zuidelijke route (III) biedt mogelijkheden voor natuurontwikkeling dankzij een verwacht gebiedsontwikkelingsproces in de Veenkoloniën. De laatste route (IV) geeft veel kansen voor waterberging en is om die reden op de kaart gezet. Onderzocht is of waterberging kansen kan opleveren voor de ontwikkeling van natte natuur, en daarmee kansen voor een alternatieve route voor de klimaatcorridor moeras.

Schoon kwelwater vasthouden in brongebied en water bergen in natuurlijk beekdal

Een verbinding tussen de Hunze en de Westerwoldse Aa zou gerealiseerd kunnen worden via een oud beekstelsel dat via het Valtherdiep naar het Achterste Diep loopt. Dit is de bovenloop van de Hunze (route III, zie figuur 6.1). Door het Achterste Diep en de bovenloop het Valtherdiep in te richten als kwelzone, kan dit gebied weer zijn functie als brongebied vervullen, zodat beken als de Mussel Aa en de Hunze weer met schoon kwelwater worden gevoed.

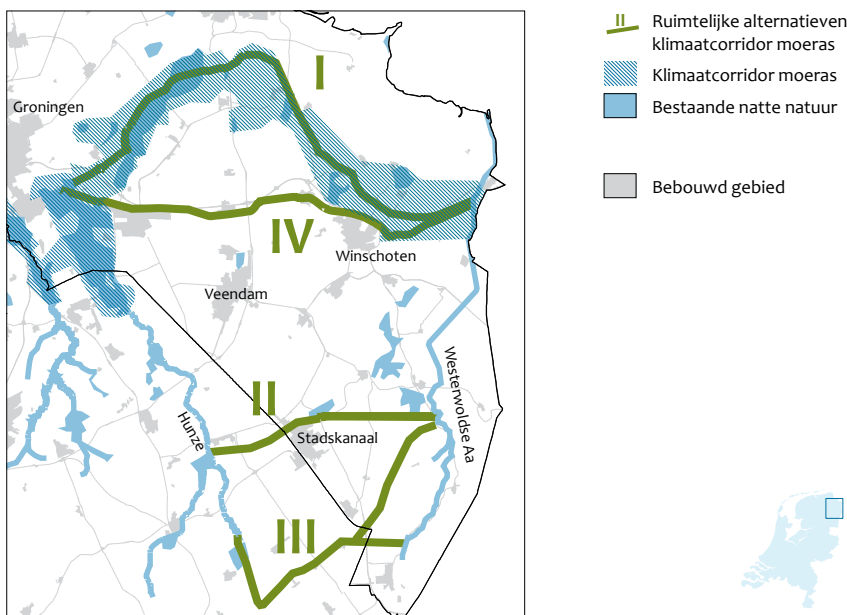
Aansluitend kan het dal van de Mussel Aa en dat van het Valtherdiep, dat ongeveer 100 tot 500 meter breed is, natuurlijker worden ingericht. Deze maatregelen hebben niet alleen een gunstige invloed op de waterkwaliteit, maar verhogen vooral ook de ecologische kwaliteit van de beek voor flora en fauna. Het waterschap kan hiermee voldoen aan de kwaliteitsverplichtingen volgens de Kaderrichtlijn Water.

In het beekdal ontstaan hiermee uitstekende abiotische condities voor een aaneengesloten lint van natte schraalgraslanden, dat kan fungeren als verbinding tussen diverse beeksystemen. De potentie van dit gebied als internationale natte verbinding wordt al geïllustreerd door de vestiging van een uit Duitsland afkomstige bever.

Momenteel is het brongebied in agrarisch gebruik. De landbouwgronden zijn hier echter van marginale kwaliteit. Daarnaast klinkt het venige gebied erg in als gevolg van oxidatie, waardoor landbouwactiviteiten hier niet duurzaam kunnen worden voortgezet. Om deze reden zijn er intenties om hier een gebiedsproces te starten met als doel een duurzamere inrichting van het gebied. Een dergelijk proces kan worden aangegrepen om ook de synergie tussen water- en natuuradaptatie te realiseren.



Beeld van de Ruiten Aa, als voorbeeld voor de mogelijke toekomst van Pagediep en Mussel Aa (foto: Ruut Wegman).



Bron: Van Rooij et al. (2009); bewerking PBL

Vier ruimtelijke alternatieven voor de realisatie van de klimaatcorridor, in het perspectief van de bestaande natte natuur en de internationale klimaatcorridor moeras.

Klimaatverandering brengt een extra wateropgave met zich mee, omdat de neerslag toeneemt en de zeespiegel stijgt. Bij zeespiegelstijging zijn de mogelijkheden voor uitslaan onder vrij verval naar zee beperkt. Mogelijke oplossingsstrategieën zijn het bouwen van gemalen bij de spuisluizen (of het vergroten van de capaciteit van al bestaande gemalen) of het aanleggen van bergingsgebieden waar water tijdelijk kan worden opgeslagen. Deze laatste strategie werd beschouwd als robuuster en meer energiebesparend (mitigatie) en is hier meegenomen als uitgangspunt bij het klimaatbestendig maken van het watersysteem.

Gezien de verschillen in de benodigde abiotische condities loopt de klimaatcorridor voor moeras (op klei) via een andere route dan de klimaatcorridor voor nat schraalgrasland (op zand). Dit betekent dat bij de uitwerking van de natuuradaptatie rekening moet worden gehouden met minimaal twee verschillende routes.

Moeras

Tussen het dal van de Hunze en dat van de Westerwoldse Aa zijn de kansrijke locaties voor moeras vooral gelegen langs route I van de klimaatcorridor. Deze route volgt het geplande tracé voor de EHS. De synergiemogelijkheden van route II bleken beperkt. Waterberging is hier wel degelijk mogelijk, maar het realiseren van de natuuropgave blijkt langs deze route bij nadere beschouwing niet mogelijk te zijn.

Nat schraalgrasland

Route III en IV zijn geschikt om een corridor van nat schraalgrasland te ontwikkelen. Route III is voor zowel natuur als waterbeheer het meest aantrekkelijke tracé. Het realiseren van een klimaatcorridor voor nat schraalgrasland via route III is voor de waterbeheerder erg waardevol (zie ‘Schoon kwelwater vasthouden in brongebied en water bergen in natuurlijk beekdal’ op pagina 84). Dankzij deze corridor zal de waterkwaliteit naar verwachting sterk verbeteren en zal het natuurlijke watersysteem zich herstellen. De waterbeheerder kan dan beter voldoen aan de opgave die in de Kaderrichtlijn Water (KRW) aan het waterschap is opgelegd. Bovendien ontstaat er meer capaciteit voor waterberging en vasthouden van water. De mogelijkheden voor waterberging alléén zouden onvoldoende zijn om herinrichting van deze route te overwegen. De bijkomende voordelen voor de natuur en het besef aan de KRW-doelstelling te kunnen voldoen, zouden doorslaggevend kunnen zijn voor het verwezenlijken van een klimaatcorridor voor nat schraalgrasland. Natuur zou in dat geval meeliften op maatregelen voor waterbeheer.

Ook via route IV kan een klimaatcorridor voor nat schraalgrasland worden gerealiseerd. Deze route loopt echter door hoger gelegen gebieden, en is daarom vanuit het oogpunt van landschapsecologie en verbinding onlogisch en geforceerd. Deze route heeft wel potentie voor een grootschalig waterbergingsgebied en zou voor een kleine 60 procent kunnen bijdragen aan het verwezenlijken van de extra wateropgave van het waterschap. De kansen die een grootschalige waterbergingszone voor natuur biedt, zijn echter marginaal

vanwege de grote onnatuurlijke dynamiek van het waterpeil die hier te verwachten is.

Door een klimaatcorridor voor moeras en nat schraalgrasland aan te leggen langs de voor natuur optimale routes (I en III), kan het waterschap ruim 10 procent van de extra wateropgave voor adaptatie aan klimaatverandering realiseren.

6.1.3 Synergie vergroot de kans op het uitvoeren van adaptatiemaatregelen

De nauwe samenwerking tussen ecologen en hydrologen levert ideeën op voor synergie tussen water- en natuuradaptatie. Men is zich bewust van de winst die met een combinatie van water- en natuurbeheer valt te behalen, en dit besef vergroot het draagvlak voor deze oplossingen en kan doorslaggevend zijn om ze te realiseren. Er is overigens alleen synergie tussen water- en natuuradaptatie als de verwachte waterkwaliteit of -dynamiek geen beperkingen oplegt aan de beoogde natuurkwaliteit.

Het blijkt dat wanneer bij de planning van adaptatiemaatregelen voor water maximaal rekening wordt gehouden met de natuuropgave, een aanzienlijk deel van de (natte) natuuropgave kan worden gerealiseerd. Andersom kan het meekoppelen van (natte) natuur met de wateropgave de kwaliteit van het watersysteem verbeteren, en kunnen de KWR-doelstellingen worden behaald, zoals het verbeteren van de waterkwaliteit en het beschaduwen van beken of open water.

6.2 Meekoppelen met het bestrijden van bodemdaling: westelijke veenweiden

- *In gebieden die het meest kwetsbaar zijn voor bodemdaling is de ontwikkeling van moeras dé manier om bodemdaling tegen te gaan.*
- *De laagstgelegen veengebieden met pure veenbodem zijn het meest kwetsbaar voor bodemdaling. Vernatting van deze gebieden is de oplossing. Dit biedt kansen voor de ontwikkeling van natte natuur, zoals moeras, en draagt zo bij aan het realiseren van de klimaatcorridor moeras.*
- *Vernatting van voormalige landbouwgronden met pure veenbodem biedt veel mogelijkheden voor moerasontwikkeling. Hierbij gaat het om voedselrijke typen die een habitat bieden aan karakteristieke vogelsoorten. Wanneer knelpunten als de voedselrijkdom en het ontbreken van zaadbank worden opgelost, kunnen zich soortenrijke vegetaties ontwikkelen.*

In deze paragraaf staat de vraag centraal waar in de westelijke veenweiden kansen liggen voor synergie tussen natuurontwikkeling en (toekomstige) wensen en functies. De hiernavolgende beschrijving is gebaseerd op de studie *Waarheen met het veen* (Woestenburg 2009). In deze studie is vooral gekeken naar de manier waarop ingrepen in het bodem- en waterbeheer zodanig kunnen worden ingepast in het landgebruik dat iedereen er op de langere termijn het maximale uithaalt.

6.2.1 Klimaatverandering leidt tot meer problemen in veenweidegebied

In de veenweiden daalt de bodem. Dat komt door de manier waarop mensen de veenweidegebieden gebruiken en beheren. Door de bodemdaling wordt het waterbeheer ingewikkelder en duurder en krijgt de landbouw het op termijn moeilijker. Er kunnen conflicten ontstaan tussen de verschillende landgebruikers over beheer en ontwikkeling. Dit leidt tot maatschappelijke kosten en verzwakt het draagvlak voor natuur.

Klimaatverandering maakt dat de bestaande problemen met bodemdaling en waterbeheer in de westelijke veenweiden zullen toenemen. De veenbodem zal daar sneller dalen naarmate de temperatuur toeneemt en de grondwaterstand daalt, omdat de oxidatie van het veen (veenafbraak) bij hogere temperaturen en lage grondwaterstanden sneller verloopt. Daardoor worden de kwetsbare gebieden in de westelijke veenweiden nog kwetsbaarder. Op de lange termijn zal ook verzilting optreden in de diep gelegen polders, doordat brak of zout grondwater naar boven komt door gebrek aan tegendruk van het oppervlaktewater. Vooral de boomteelt in Boskoop is daar gevoelig voor. Bovendien komen bij de oxidatie van het veen broeikasgassen vrij, die op hun beurt verantwoordelijk zijn voor een snellere klimaatverandering.

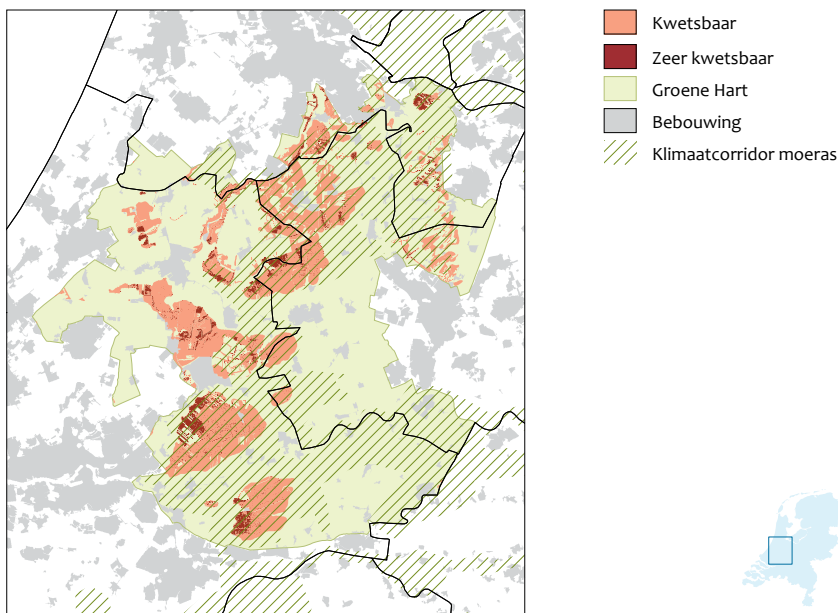
6.2.2 Vernatting vermindert de bodemdaling en uitstoot van broeikasgassen

De meest logische oplossing voor bodemdaling is vernatting, omdat de hoogte van het grondwaterpeil direct verband houdt met de oxidatie van de veenbodem. Daarbij zal echter ook rekening moeten worden gehouden met de kwetsbaarheid van de veenbodem en het veenweidelandschap. Gebieden met een pure veenbodem dalen sneller dan gebieden met een kleidek op het veen.

Veengebieden zijn een bron van broeikasgassen, maar kunnen ook als opslag fungeren. Bij het oxideren van het veen komen de broeikasgassen CO₂ en N₂O vrij. Door het veen onder water te zetten, kan die uitstoot worden verminderd, en bij veenvorming kan zelfs koolstof worden vastgelegd in het veen. Probleem is dat die natte natuur weer moerasgas produceert door de natuurlijke vergisting van het organische materiaal. Moerasgas bestaat grotendeels uit methaan, een broeikasgas met een 23 keer zo sterke werking als CO₂. De emissie van methaan is klein, maar niet verwaarloosbaar. De toename in methaan zal maar in beperkte mate de winst afroemen.

6.2.3 Vernatting: wat levert het op voor natuur en landschap?

Het bestrijden van de bodemdaling is maatwerk. Dat heeft ook gevolgen voor mogelijke meekoppeling met natuur. De meest ingrijpende maatregelen zijn daar nodig waar de bodem het meest kwetsbaar is voor oxidatie, klink en krimp (figuur 6.2) (Woestenburg 2009). Deze gebieden bevinden zich in de laagstgelegen veengebieden met pure veenbodem, en komen als eerste in aanmerking om te worden vernat. Ze zijn niet meer geschikt voor landbouw, maar wel voor natuurontwikkeling of recreatie. Als deze gebieden worden vernat, kan zich natte natuur ontwikkelen, zoals moeras. Een hoger grondwaterpeil schept ook mogelijkheden voor graslanden met weidevogelbeheer en botanisch beheer. Een deel van de



Bron: Woestenburg (2009); bewerking PBL

Natuurontwikkeling in de voor bodemdaling zeer kwetsbare gebieden draagt bij aan het vergroten en het (internationaal) verbinden van moerasgebieden en daarmee aan het adaptief vermogen van moeras.

zeer kwetsbare gebieden ligt binnen de grenzen van de (internationale) klimaatcorridor moeras (figuur 6.2 en hoofdstuk 4) en volgt het indicatieve tracé van de Groene Ruggengraat (Programmabureau Groene Hart 2008). Natuurontwikkeling op deze gronden kan eveneens een belangrijke bijdrage leveren aan het realiseren van de klimaatcorridor moeras.

Op de voormalige landbouwgronden op pure veenbodem kan door vernatting moerasontwikkeling plaatsvinden. Dit leidt tot een hoogproductieve vegetatie, zoals riet of liesgras. Ook kan zich daar pitrus ontwikkelen. Opgaand rietmoeras of moerasbos gaat beter samen met de aanwezige voedselrijkdom, maar bij een grote hoeveelheid nutriënten in combinatie met ondiep, stagnerend water kan vernatting resulteren in zomerse algenbloei. Hoewel op deze zeer voedselrijke percelen geen bijzondere plantensoorten groeien, zijn deze gebieden wel van belang voor moerasvogels, zoals de kleine karekiet of de roerdomp.

Verhoging van het waterpeil kan ook positieve gevolgen hebben voor aanwezige botanisch interessante graslanden, zoals dotterbloemhooilanden. Om dotterbloemhooilanden te ontwikkelen, een vegetatietype dat vroeger algemeen was in de westelijke veenweiden, is een hoger waterpeil nodig (geen aanvoer van oppervlaktewater met een slechte waterkwaliteit), evenals matig voedselrijke omstandigheden en voldoende zaadvoorraad. Uit het onderzoek blijkt echter dat de voormalige landbouwgronden nauwelijks zaden bevatten van de gewenste dotterbloemhooilandenv egetatie.

6.2.4 Strijdige belangen, maar ook kansen

Door delen van de westelijke veenweiden om te zetten in moeras, zal het unieke cultuurhistorische karakter van het veenweidelandschap deels verloren gaan. Er bestaat onder zowel de boeren als de bevolking een grote weerstand tegen de ontwikkeling van moeras in delen van veenweiden.

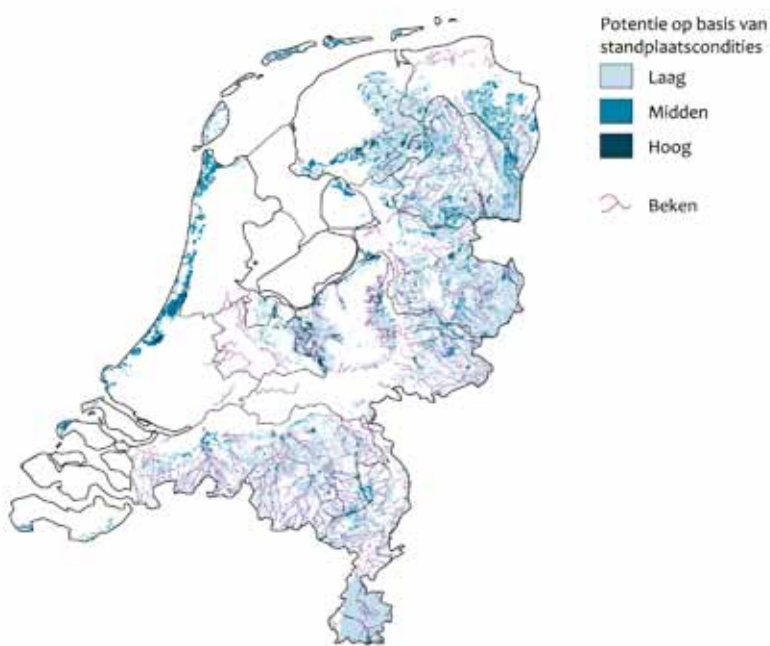
De economische drager in het grootste deel van de westelijke veenweiden, de melkveehouderij, is niet te combineren met natte natuur. Er zijn mogelijkheden om de melkveehouders in deze kwetsbare gebieden te betalen voor blauwe, groene en klimaatdiensten, zoals waterberging; dit kan bijvoorbeeld via groenfondsen en landschapsfondsen. Op de weinig kwetsbare bodems met klei op veen zal de landbouw naar verwachting de belangrijkste economische drager blijven.

6.3 Multifunctionele adaptatie: beeksystemen en Noord-Brabant

- *Beeksystemen spelen een sleutelrol bij een geïntegreerde regionale klimaatadaptatie van de hogere zandgronden.*
- *Multifunctionele adaptatie rond natuurgebieden helpt om het adaptief vermogen van de natuur te vergroten.*
- *In Noord-Brabant liggen gebieden die kansrijk zijn voor multifunctionele adaptatie.*

6.3.1 Beeksystemen zijn een belangrijke pijler voor regionale klimaatadaptatie

Beeksystemen kunnen een sleutelrol vervullen bij een geïntegreerde regionale klimaatadaptatie van de hogere zand-



Bron: Runhaar et al. (2005); bewerking PBL

Beeksystemen vormen een fijnmazig netwerk van natuurlijke groen-blauwe dooradering. De weergegeven potenties voor beekontwikkeling zijn indicaties op basis van huidige standplaatscondities en kunnen lokaal zijn onderschat of overschat.

gronden (Verdonschot 2010). Beeksystemen bestaan uit een beek met omliggende typen natuur en vormen een fijnmazig netwerk van natuurlijke groen-blauwe dooradering (figuur 6.3). Ze zijn bijvoorbeeld belangrijk voor het reguleren van de regionale waterhuishouding. Het herstel van natuurlijke en stromende beeklopen kan bijdragen aan het opvangen van wateroverlast bij piekafvoeren (voor effecten van klimaatverandering zie hoofdstuk 2). Een groter watervasthoudend vermogen in de bovenlopen van beeksystemen komt de regionale waterhuishouding ten goede: er zullen dan minder watertekorten ontstaan gedurende droge periodes in de zomer. Dit voorkomt droogteschade in de landbouw en biedt bovenstrooms kansen voor natuurontwikkeling (Stuijzand et al. 2008).

Groen-blauwe dooradering is ook op andere manieren dienstbaar aan het landschap. Het reduceert bijvoorbeeld de gevolgen van klimaatgebonden ziekten en plagen in de landbouw, doordat natuurlijke vijanden van de plaagsoorten kunnen overleven in deze structuren (Steingröver et al. 2010). Het versterkt de cultuurhistorische identiteit en verhoogt de recreatieve draagkracht en kwaliteit van het landschap. Groen-blauw dooraderde landschappen bieden bovendien kansen voor het ontwikkelen van zorgfuncties en educatieve functies.

Het herstel van beeksystemen levert ook duidelijke voordelen op voor de natuur. De beken vormen een stelsel van natuurlijke verbindingen binnen stroomgebieden en vormen daarmee een leefgebied voor aquatische organismen die in

verschillende levensfasen afhankelijk zijn van andere delen van stroomgebieden. Wanneer er langs beken meer ruimte is voor natuurlijke ontwikkeling van bijvoorbeeld graslanden, poelen en struweel, dan draagt het beekstelsel ook bij aan de verbinding van deze typen natuur.

Daarnaast draagt het herstel van beeksystemen ook bij aan het adaptief vermogen van de natuur. Als het beekstelsel meer ruimte krijgt, kunnen natuurlijke landschapsvormende processen zich herstellen, zoals het meanderen van de beek (figuur 3.2, pijler 3). De heterogeniteit in het beekstelsel neemt hierdoor toe en er ontstaan meer geleidelijke overgangen van hoge naar lage dynamiek, waarmee weersextremen beter kunnen worden opgevangen (pijler 2). Het beekstelsel draagt door zijn fijnmazige netwerk van natuurlijke elementen bij aan de ruimtelijke samenhang van de natuurgebieden. Een hoge dichtheid aan natuurlijke elementen in het cultuurlandschap zorgt ervoor dat het landschap meer doorlaatbaar wordt voor soorten. Dit helpt soorten om het verschuiven van hun geschikte klimaatzone te volgen en nieuwe gebieden te koloniseren (pijler 1).

Omdat stroomgebieden van beken vaak grensoverschrijdend zijn, heeft herstel van natuurlijke beken als gunstig neveneffect dat de ruimtelijke samenhang over de grenzen heen wordt verbeterd, bijvoorbeeld richting België en Duitsland (zie figuur 6.4).



De Tungeyroise Beek krijgt weer de kans om door het landschap te meanderen. De oude loop is nog herkenbaar aan de doorlopende, rechte begroeiing (foto: De Jong Luchtfotografie).

6.3.2 Multifunctioneel landgebruik rond natuurgebieden

De ontwikkeling van multifunctioneel landgebruik rondom natuurgebieden is een adaptatiemaatregel om de klimaatbestendigheid van de natuurgebieden te vergroten (Vos et al. 2006). Het gaat om zones die worden ontwikkeld ter versterking van de EHS, en die daarnaast andere maatschappelijke diensten leveren door in te spelen op nieuwe economische dragers voor het platteland, zoals recreatie en zorg. Deze zones dienen als buffer tegen invloeden van buitenaf, waardoor de condities in de natuurgebieden verbeteren (zogenoemde beïnvloedingsgebieden, Kuijpers-Linde et al. 2007). Daarnaast functioneren ze met hun groen-blauwe dooradering voor een deel van de soorten als aanvullend leefgebied naast de EHS (Grashof-Bokdam et al. 2009). De hoeveelheid geschikt leefgebied neemt toe, zonder dat uitbreiding van natuurgebieden nodig is. Deze extra draagkracht is gunstig voor het opvangen van weersextremen. De ontwikkeling van multifunctioneel landschap rondom de EHS is daarmee een alternatief voor aankoop.

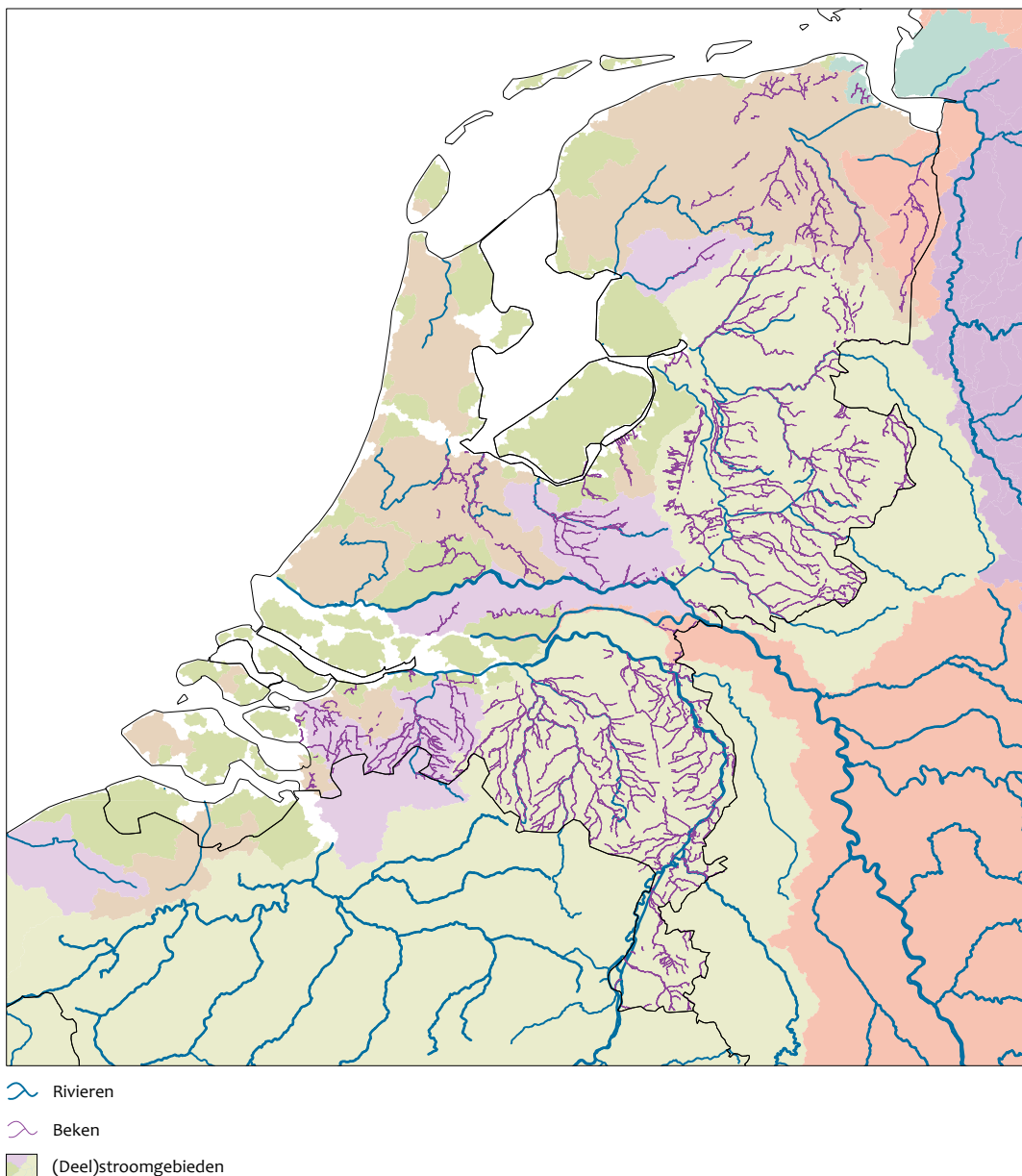
6.3.3 Kansrijke gebieden voor multifunctionele adaptatie in Noord-Brabant

In de provincie Noord-Brabant is geanalyseerd waar zich kansen voordoen voor multifunctionele adaptatie (zie Agricola et al. 2010 voor de gehanteerde methode). Multifunctionele adaptatiegebieden versterken de functionele verbinding

tussen de EHS en het omringende landschap. Ze dragen bij aan het adaptief vermogen van de natuur en bevorderen de klimaatadaptatie van de waterhuishouding. Daarnaast bieden deze zones kansen voor de ontwikkeling van nieuwe inkomstenbronnen voor het agrarische cultuurlandschap, zoals recreatie en zorgboerderijen.

De ontwikkeling van multifunctionele adaptatie vraagt om samenwerking tussen diverse grondeigenaren, bijvoorbeeld tussen een agrarische natuurvereniging, het waterschap, gemeenten en wegbeheerders. Een randvoorwaarde voor de omschakeling van reguliere agrarische bedrijven naar verbrede of multifunctionele bedrijven, is dat er een publieke vraag bestaat naar landschapsdiensten en dat een vergoedingsstelsel voor deze diensten wordt ontwikkeld, of dat er extra inkomsten worden gegenereerd via marktwerking. Behalve voedsel worden landschapsdiensten geproduceerd als watervasthouden, wateropvang, recreatieve kwaliteit, schone lucht, en zorg en diensten ten behoeve van de natuur: het verhogen van de ecologische draagkracht van de EHS en het verbeteren van de samenhang van de EHS.

In Noord-Brabant zijn veel mogelijkheden voor het ontwikkelen van multifunctionele adaptatie (figuur 6.5).



Bron: Vogt et al. (2007); bewerking PBL

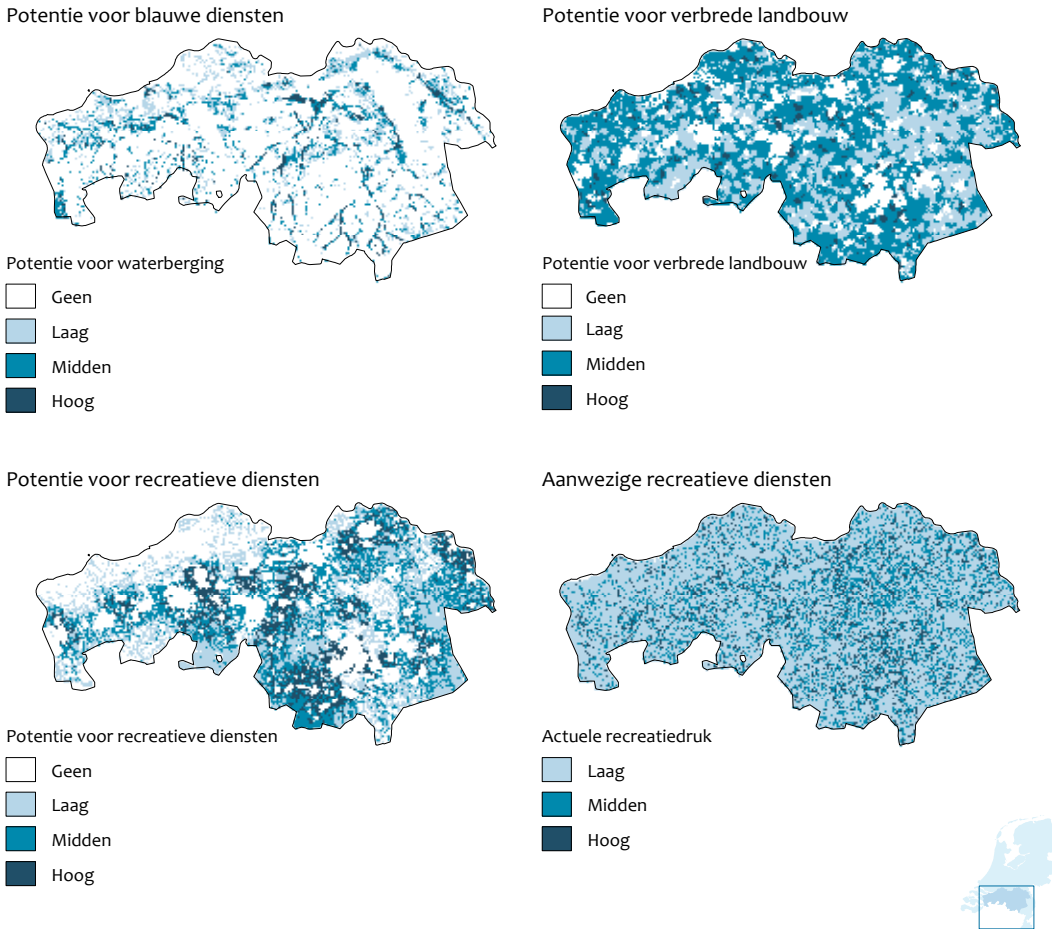
Omdat (deel)stroomgebieden vaak grensoverschrijdend zijn, biedt dit kansen voor internationale multifunctionele klimaatadaptatie.

Blauwe diensten

Er bestaat behoefte aan waterberging bij extreme neerslag. Daarnaast heeft de provincie waterretentiegebieden gereserveerd. In de bovenstroomse delen van Noord-Brabant (in het zuiden van de provincie) vormen beken de enige gebieden met bergingscapaciteit. De beeksystemen zijn dan ook duidelijk herkenbaar op de kaart (zie figuur 6.5). De verwachte wateroverlast speelt het sterkst in de laaggelegen delen, langs de noordgrens van de provincie en in het gebied tussen Den Bosch, Tilburg, Eindhoven, Helmond en Oss.

Verbrede landbouw

Kenmerkend voor de landbouw in Noord-Brabant is het relatief grote aantal intensieve bedrijven. Zowel de (glas)-tuintbouw als intensieve veehouderij neemt in de provincie een belangrijke positie in. In economisch opzicht gaat het vaak ook om grote bedrijven die uitsluitend voor de wereldmarkt produceren. In gebieden waar het aandeel intensieve bedrijven groot is, is weinig ruimte voor uitgebreide multifunctionele landbouw. Er is relatief veel potentie in gebieden met een flink aandeel kleinschalige bedrijven en bedrijven die nu al een uitgebreide bedrijfsvoering hebben (met recreatie, productverwerking, zorg, agrarisch natuurbeheer of biologische productiewijze als neventak).



Bron: Agricola et al. (2010)

Recreatieve diensten

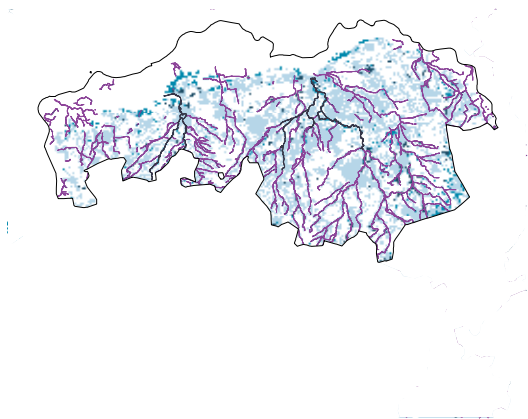
De provincie Noord-Brabant kent een sterke mate van verstedelijking en een hoog inwoneraantal. In combinatie met de aanwezigheid van veel bos- en natuurgebied levert dit een grote vraag op naar recreatieve diensten. De recreatiedruk op het buitengebied van Noord-Brabant is bepaald op basis van verblijfsrecreatie en dagrecreatie.

Een landschap met een hoge mate van groen-blauwe dooradering biedt kansen voor recreatie. De gebieden tussen Eindhoven, Tilburg en Den Bosch en de gebieden ten zuiden van Breda en Etten-Leur bieden mogelijkheden voor de ontwikkeling van recreatieve en landschappelijke diensten. Daarnaast draagt groen-blauwe dooradering bij aan een klimaatbestendige natuur. Het vergroot de ruimtelijke samenhang tussen natuurgebieden en vormt een buffer tegen de gevolgen van klimaatextremen voor biodiversiteit.

In figuur 6.6 zijn de potenties voor de verschillende diensten samengevoegd tot één potentie voor multifunctionele adaptatie. Gebieden met een hoge potentie zijn het Groene Woud en het buitengebied onder Eindhoven. De band net ten noorden van de stedenrij Bergen op Zoom-Den Bosch komt ook als kansrijk naar voren. Daarnaast lijken een aantal gebieden langs de Maas en de Merwede perspectiefrijk. Als minst kansrijk komen delen naar voren met een intensieve land- en

tuinbouw, zoals het gebied ten oosten van Uden, Veghel en het gebied ten zuiden van Breda tot aan de grens met België. In figuur 6.6 is eveneens te zien welke gebieden met potentie voor multifunctionele adaptatie binnen de zijtakken van de Europese klimaatcorridor bos en binnen de clusters van heidegebieden vallen (zie hoofdstuk 5). Dit zijn de regio's waar de multifunctionele adaptatie bij kan dragen aan de nationale adaptatiestrategie voor bos en hei, zonder dat hiervoor aankoop van nieuwe natuur nodig is. Dit levert een nadere prioritering vanuit natuuradaptatie op.

Potentie voor beekontwikkeling

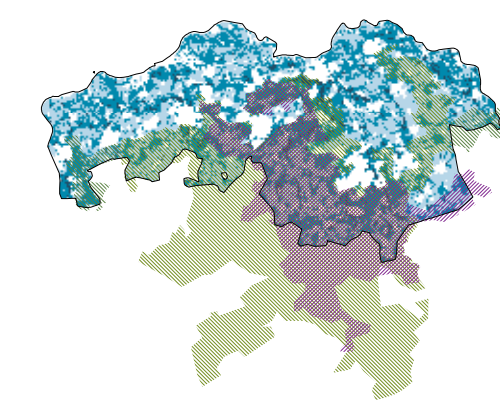


Potentie op basis van standplaatscondities

- Laag
- Midden
- Hoog
- Beken



Potentie voor multifunctionele adaptatie



Potentie voor multifunctionele adaptatie

- Laag
- Midden
- Hoog
- Zijtakken klimaatcorridor bos
- Clusters van heidegebieden



Bron: Agricola et al. (2010)

Consequenties voor natuurbeleid



Klimaatverandering heeft gevolgen voor het natuurbeleid. Enerzijds omdat bepaalde doelen op termijn misschien niet meer haalbaar zijn. Anderzijds omdat de natuur door haar grotere dynamiek minder voorspelbaar wordt en de effectiviteit van beleid dan moeilijker is te meten. Om de consequenties van klimaatverandering voor het natuurbeleid in beeld te brengen, is het relevant te weten in hoeverre het huidige natuurbeleid voldoende ruimte biedt om het adaptief vermogen van ecosystemen te vergroten.

In dit hoofdstuk staan de volgende vragen centraal:

- Wat zijn de consequenties van klimaatverandering voor het halen van de huidige doelstellingen binnen het natuurbeleid en welke aanpassingen vraagt dit ten opzichte van het huidige beleid? (paragraaf 7.1)
- Wat betekent de voorgestelde adaptatiestrategie voor het beleid? (paragraaf 7.2)
- Hoe past de adaptatiestrategie in de bredere maatschappelijke context en wat zijn vervolgstappen voor implementatie? (paragraaf 7.3)

De invloed van klimaatverandering op het functioneren van ecosystemen is complex en gedeeltelijk onvoorspelbaar, omdat er nog vele bronnen van onzekerheid zijn en door het ontbreken van kennis. Onzeker is bijvoorbeeld in welk tempo en in welke richting de klimaatverandering zich voltrekt (hoe groot is bijvoorbeeld de kans op droge zomers?) en welke omvang de weerextremen zullen aannemen. Onzeker is ook hoe de maatschappij op klimaatverandering zal reageren. Welke invloed hebben adaptatiemaatregelen, gericht op bijvoorbeeld kustverdediging of landbouw, op de natuur? Welke keuzes worden bijvoorbeeld gemaakt om het land te beschermen tegen overstromingen en wat is de invloed van die keuzes op het functioneren van kustecosystemen?

Het antwoord op deze vragen hangt niet alleen af van het adaptief vermogen van de natuur, maar zeker ook van de keuzes die politici en burgers maken. Ondanks de onzekerheden geven we in dit hoofdstuk een overzicht van mogelijke consequenties, opgaven en vervolgstappen voor het natuurbeleid. De opties worden verder uitgewerkt in de *Natuurverkenning 2011*. Meer integrale ruimtelijke strategieën worden uitgewerkt in de verkenning *Klimaatbestendig Nederland*, die in het najaar van 2010 zal verschijnen.

7.1 Klimaatbestendigheid van het natuurbeleid

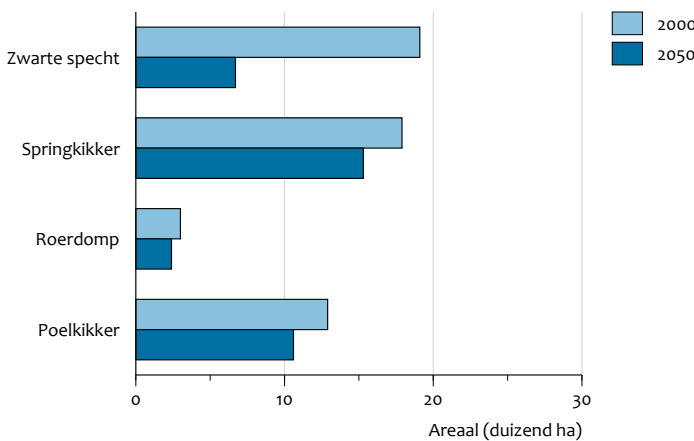
- *Klimaatverandering biedt door voortdurende veranderingen in soortensamenstelling en standplaatscondities risico's voor de algemene doelstelling: behoud en ontwikkeling van biodiversiteit.*
- *De huidige kwaliteitsdoelen voor de ecologische hoofdstructuur (EHS) en Natura 2000 zijn te statisch geformuleerd. Door de toenemende dynamiek van ecosystemen zijn specifieke doelen voor soorten en habitattypen op specifieke plaatsen niet houdbaar.*
- *Natuur is bij uitvoering van het huidige beleid niet klimaatbestendig. Gebieden zijn te klein en versnipperd, ook na uitvoering van de EHS en Natura 2000.*
- *Bestaande knelpunten in condities worden versterkt door klimaatverandering. Dit vergroot de beleidsopgaven voor het realiseren van condities voor EHS-doelen, maar ook voor doelen in het kader van de Vogel- en Habitatrichtlijnen (VHR) en de Kaderrichtlijn Water (KRW).*

7.1.1 Nederland streeft naar behoud van biodiversiteit

In het Nederlandse natuurbeleid staan voor biodiversiteit twee algemene doelen centraal (LNV 2006, 2007; VROM et al. 2006):

- biodiversiteit zeker stellen door natuur te behouden, te herstellen, te ontwikkelen en duurzaam te gebruiken;
- verdere achteruitgang van de huidige biodiversiteit te voorkomen.

In het Verdrag inzake de Biologische Diversiteit is wereldwijd afgesproken om tot 2010 het verlies aan biodiversiteit significant te verminderen (CBD 2004). Europa heeft een streefscenario waarin er geen biodiversiteitsverlies meer plaatsvindt (CEC 2006). De EU maakt in 2010 beleidsmatig de balans op over de toestand van de biodiversiteit op aarde en de effectiviteit van het biodiversiteitsbeleid. Ook worden in 2010 de toekomstige beleidslijnen geformuleerd. De EU Milieuraad heeft conclusies getrokken voor het biodiversiteitsbeleid na 2010 (CEC 2010). De Milieuraad stelt vast dat noch het Europese, noch het mondiale biodiversiteitsdoel is gehaald en dat grotere inspanningen nodig zijn. De Milieuraad formuleert als langetermijnvisie voor de EU dat de biodiversiteit en de ecosysteemdiensten die daaruit voorkomen, uiterlijk in 2050 naar behoren moeten zijn hersteld en moeten zijn beschermd en getaxeerd. De Milieuraad erkent de intrinsieke waarde van biodiversiteit en de essentiële bijdrage ervan aan het menselijk



Bron: Vos et al. (2008), Klimaatscenario HADCM3 A2 IPCC (2001)
 De hoeveelheid geschikt en bereikbaar leefgebied in Natura 2000-gebieden in Noordwest-Europa neemt af als gevolg van klimaatverandering.

welzijn en de economische voorspoed. Afgeleid van de ‘visie-2050’ formuleert de Milieuraad als hoofddoel dat het biodiversiteitsverlies en de achteruitgang van ecosystemendiensten in de EU uiterlijk in 2020 tot staan moeten zijn gebracht en, voor zover dit haalbaar is, ongedaan gemaakt. Tevens wil de Milieuraad dat de EU haar inspanning opvoert om het wereldwijde biodiversiteitsverlies te voorkomen. De Europese regeringsleiders hebben zich op 26 maart aan de biodiversiteitsvisie 2050 en het hoofddoel 2020 gecommitteerd.

De algemene doelstellingen van het Rijk zijn uitgewerkt in meerdere operationele doelen, zoals de ecologische hoofdstructuur (EHS) en de Vogel- en Habitatrichtlijnen (VHR) (PBL 2009a). Deze afrekenbare doelstellingen hebben een kwalitatieve en een kwantitatieve component. In hoeverre de doelstelling voor biodiversiteit wordt behaald, wordt afgeleid uit ontwikkelingen in de natuurkwantiteit (de oppervlakte die de natuur in beslag neemt), en uit ontwikkelingen in de natuurkwaliteit (de ecosystemen die binnen die oppervlakte aanwezig zijn en het duurzaam voorkomen van de afzonderlijke planten- en diersoorten). Dit zijn ook de drie kernindicatoren waarmee op internationaal en Europees niveau doelstellingen voor biodiversiteit worden geëvalueerd.

7.1.2 Huidige kwaliteitsdoelen EHS en Natura 2000 te statisch geformuleerd

De natuurkwaliteitsdoelen zijn voornamelijk geformuleerd voor de EHS en de Natura 2000-gebieden. In de Habitatrichtlijn zijn voor deze gebieden iets andere doelen gesteld dan in de Kaderrichtlijn Water (KRW), maar de overheid streeft wel steeds naar intacte systemen, dat wil zeggen systemen die compleet zijn. In de Habitatrichtlijn is aangegeven dat specifieke planten- en diersoorten en hun habitats niet mogen achteruitgaan qua aantal of verspreiding. Wanneer de ‘staat van instandhouding’ niet gunstig is, is ‘verbetering’ het doel. Noch voor de EHS noch voor de Natura 2000-gebieden is vastgesteld binnen welke termijn de kwaliteitsdoelen moeten worden gerealiseerd. In de Kaderrichtlijn Water wordt een

intact systeem aangeduid met de term ‘goede ecologische toestand’. Deze toestand wil de overheid in 2015 hebben bereikt voor alle natuurlijke wateren. Voor sterk veranderde en kunstmatige wateren kan de overheid met toestemming van Europa uitstel krijgen tot 2021 of 2027. Voor deze wateren geldt ook een ander kwaliteitsniveau, namelijk dat van een ‘goed ecologisch potentieel’.

De huidige natuurkwaliteitsdoelen zijn gebaseerd op statische natuurbeelden. Ze zijn toegekend aan specifieke gebieden en vaak toegespitst op een bepaald successiestadium. Dit statische systeem van natuurdoelen, waarbij de doelen in plaats en tijd worden gefixeerd, is niet klimaatbestendig. Uit analyses naar de geschiktheid van Nederland voor huidige doelsoorten is gebleken dat het Nederlandse klimaat voor 16 procent van deze soorten rond 2100 niet langer geschikt is (zie hoofdstuk 2). Daar staat tegenover dat het klimaat geschikt raakt voor veel nieuwe soorten die nu nog niet in Nederland voorkomen. Ook het effectief beschermde leefgebied van soorten zal afnemen bij veranderingen in het klimaat (figuur 7.1). Hierbij gaat het om het geschikte leefgebied van soorten waarvoor Natura 2000-gebieden zijn aangewezen in Noordwest-Europa.

Door klimaatverandering neemt de dynamiek van ecosystemen alleen maar toe en wordt het steeds moeilijker om aan gefixeerde doelen vast te houden. Het toelaten van deze ‘verstoringen’ is juist wenselijk, omdat het systeem zich dan kan aanpassen aan de nieuwe omstandigheden (zie hoofdstuk 3). Aanbevelenswaard is dan ook een natuurbeleid waarin het vergroten van het adaptief vermogen van de natuur centraal staat.

7.1.3 Gebieden te klein en versnipperd, ook na uitvoering EHS en Natura 2000

In Nederland is de natuuroppervlakte sinds 1990 toegenomen (PBL 2009a). Dit komt doordat nieuwe natuur is gerealiseerd in de EHS en doordat sommige bestaande natuur planolo-

gisch is beschermd. Helaas is dit oppervlak, ondanks deze gunstige ontwikkeling, op termijn niet groot genoeg. Rekening houdend met de effecten van klimaatverandering, is de omvang van de natuurgebieden, na het realiseren van de EHS en bij optimale condities, mogelijk slechts voldoende voor bijna 50 procent van de faunadoelsoorten. Bij klimaatverandering neemt het aantal weersextremen toe, en om die op te vangen zijn grotere gebieden en grotere populaties nodig (figuur 4.1).

De omvang van de gebieden is niet het enige ruimtelijke knelpunt. De afstanden tussen de natuurgebieden moeten overbrugbaar zijn, willen soorten nieuwe leefgebieden kunnen bereiken. Uit een steekproef blijkt dat 40 procent van de soorten een of meerdere locaties heeft waar de gebieden te ver uit elkaar liggen om migratie mogelijk te maken. Daarnaast zou de internationale aansluiting van gebieden moeten worden verbeterd, zodat soorten op grote afstand kunnen migreren naar geschikte klimaatzones die honderden kilometers kunnen gaan verschuiven.

7.1.4 Klimaatverandering vergroot beleidsopgaven standplaatscondities EHS, VHR en KRW

De Nederlandse overheid stelt naast doelen voor de natuurkwaliteit ook doelen voor standplaatscondities: 'Duurzame condities voor het voortbestaan voor alle in 1982 voorkomende soorten en populaties zijn in 2020 gerealiseerd' (LNV 2007; VROM et al. 2006). Als het Rijk de Nederlandse planten- en diersoorten wil laten voortbestaan (oftewel duurzaam in stand wil houden), moet het ervoor zorgen dat de leefgebieden van die soorten een goede kwaliteit hebben. Veel ecosystemen hebben onvoldoende milieukwaliteit voor de beoogde natuurdoelen. In de EHS wil het Rijk de gewenste milieukwaliteit in 2027 en de benodigde watercondities in 2018 gerealiseerd hebben. De milieuecondities in de Vogelrichtlijn- en Habitatrichtlijngebieden (Natura 2000-gebieden) moeten uiterlijk in 2015 op orde zijn, voor zover die condities van belang zijn om de aan deze gebieden toegekende natuurdoelen en instandhoudingsdoelstellingen te realiseren. De goede toestand zoals die is weergegeven in de Kaderrichtlijn Water (KRW) moet in 2015 op orde zijn, maar voor de meeste wateren kan uitstel worden aangevraagd tot 2027.

De milieu- en ruimtecondities in natuurgebieden gaan vooruit, maar zijn vaak nog onvoldoende voor duurzaam natuurbehoud (PBL 2009a). Hoewel de milieudruk op natuur afneemt, blijven verdroging, vermesting en verzuring belangrijke knelpunten. Klimaatverandering kan deze knelpunten mogelijk versterken (zie hoofdstuk 2). Zo kunnen vegetaties die voor hun watervoorziening geheel zijn aangewezen op de atmosfeer te maken krijgen met een groter vochttekort in het groeiseizoen. De ruimte voor natuurlijke processen is de afgelopen eeuwen afgenomen door maatregelen rond bijvoorbeeld veiligheid. Afhankelijk van hoe de klimaatverandering uitpakt, zijn ook positieve effecten op de waterhuishouding te verwachten, zoals de toename van kwel naar lage gebieden als beekdalen onder het relatief natte W-scenario.

De temperatuurstijging en de toename van neerslagintensiteit hebben op verschillende manieren invloed op de ecologische kwaliteit van het watersysteem. Wat betreft eutrofiëring

is het waarschijnlijk dat door klimaatverandering het risico van ongunstige situaties zal toenemen. De beleidsopgave om de negatieve effecten van eutrofiëring tegen te gaan zal daardoor eerder groter dan kleiner worden. Vooral in de verwachte warmere en drogere zomers zal de kans op eutrofiëring, algenbloei en lagere zuurstofgehalten toenemen door de langere verblijftijd van het water in rivieren, meren, beken, vaarten en kanalen.

7.2 Adaptatiestrategie voor natuur en opgaven voor beleid

- *Opgave internationale strategie: internationale klimaatcorridor duin en kust met internationale aansluiting, gradiënten en natuurlijke processen en een internationale klimaatcorridor moeras waarin Nederland een belangrijk bolwerk is.*
- *Opgave nationale strategie: maatregelen voor heide concentreren in (grensoverschrijdende) clusters van 'mozaïekgebieden' en Nederlandse bossen ontwikkelen tot zijtakken van een Europese klimaatcorridor bos.*
- *Voor kleinschalige natuurgebieden geldt een regionale adaptatiestrategie.*

Bij het uitvoeren van het huidige beleid is en blijft de natuur in Nederland kwetsbaar. Om het risico van biodiversiteitsverlies te verkleinen is een adaptatiestrategie nodig.

De voorgestelde adaptatiestrategie voor natuur vergroot het adaptief vermogen van ecosystemen en soorten en draagt daarmee bij aan de klimaatbestendigheid van de natuur. De adaptatiestrategie omvat het ontwikkelen van grote heterogene natuurgebieden met een goede ruimtelijke samenhang en goede condities, en het daarbij gebruikmaken van natuurlijke dynamiek. Hiermee wordt ruimte geboden aan een hoge (functionele) biodiversiteit. Voor de uitgewerkte adaptatiestrategie voor de verschillende natuurtypen (zie de hoofdstukken 3 tot en met 6) geldt dat het accent ligt op het omgaan met veranderingen en onzekerheden en op de strategische doelen van het natuurbeleid. Dit heeft duidelijk consequenties voor het huidige natuurbeleid.

In deze paragraaf geven we een meer beleidsmatige samenvatting van de strategieën, waarin de opgaven voor het beleid aan de orde komen.

7.2.1 Internationale adaptatiestrategie voor duin, kust en moeras

Opgave: internationale klimaatcorridor duin en kust en herstel van natuurlijke processen

Nederland vormt een belangrijke kern van een internationaal duin- en kustecosysteem. De ruimtelijke samenhang van het ecosysteem kan de migratie van soorten naar het noorden ondersteunen. Een groot deel van de duin- en kustgebieden is groot genoeg om effecten van klimaatverandering op te vangen. Alleen de Zeeuwse kust en delen van de Noord- en Zuid-Hollandse kust staan voor een grotere ruimtelijke opgave. Op basis van deze inzichten is gekozen voor een strategie waarbij Nederland een belangrijke schakel vormt binnen de Europese adaptatie; deze strategie omvat het ontwikkelen



De ontwikkeling van een internationale corridor duin, kust en moeras en andere maatregelen als de aanleg van een 'zandmotor' vergroten het adaptief vermogen van het ecosysteem.

van een internationale klimaatcorridor voor duin en kust (figuur 7.2). De klimaatcorridor functioneert als zoekgebied waarbinnen maatregelen worden genomen om het adaptief vermogen van het duin- en kustecosysteem te vergroten. De belangrijkste maatregelen binnen de klimaatcorridor zijn bedoeld om de landschapsvormende processen te herstellen, door ruimte te bieden aan natuurlijke dynamiek (figuur 3.2, pijler 3). Natuurlijke processen als sedimentatie en erosie bevorderen de heterogeniteit binnen het systeem (pijler 2). Ook is het binnen de klimaatcorridor nodig om duingebieden te vergroten en knelpunten voor verschuivende soorten weg te nemen (pijler 1).

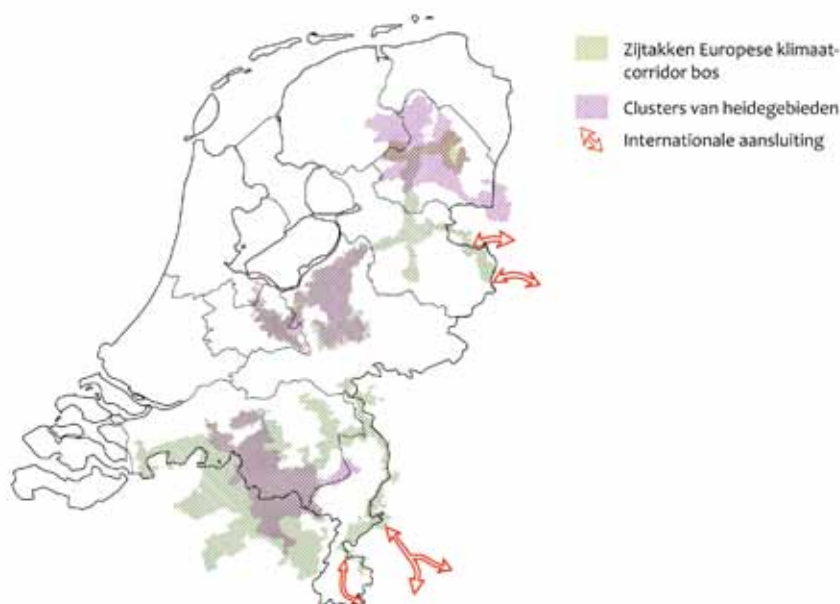
Maatregelen voor de kustveiligheid zijn in het verleden ten koste gegaan van de natuurlijke dynamiek en natuurlijke processen, waardoor veel heterogeniteit van het systeem verloren is gegaan. Hierbij gaat het vooral om zoet-zoutgradiënten en vroege successiestadia van de vegetatie. Volgens de huidige inzichten kunnen natuurlijke processen juist bijdragen aan de kustverdediging (Deltacommissie 2008). Het is van belang om deze natuurlijke processen te herstellen. Door zandsuppletie kunnen de natuurlijke processen worden gefaciliteerd. De voorgestelde techniek hiervoor is de aanleg van een zandeiland voor de kust, een zogenoemde zandmotor.

Het Waddengebied vormt één geheel met Duitsland en Denemarken. Langs de Belgische kust zijn de duinen sterk versnipperd geraakt, maar zijn er wel mogelijkheden voor duinontwikkeling. Mogelijk is de aanleg van een eiland voor de kust als zogenoemde zandmotor ook voor België een oplossing om de kust te beschermen tegen zeespiegelstijging en de ruimtelijke samenhang van het duinsysteem te verbeteren.

Opgave: internationale klimaatcorridor moeras als zoekgebied voor het nemen van adaptatiemaatregelen

De klimaatbestendigheid van moeras is beperkt. Als gevolg van klimaatverandering komt het duurzaam voorkomen van moeras sterker onder druk te staan. Omdat Nederland als laaglanddelta een relatief grote Europese verantwoordelijkheid heeft voor moerasnatuur, is gekozen voor een internationale strategie: het ontwikkelen van een internationale klimaatcorridor moeras waar Nederland deel van uitmaakt en waarbinnen het bijdraagt aan de Europese klimaatadaptatie voor moeras (figuur 7.2). De strategie van een klimaatcorridor houdt in dat adaptatiemaatregelen vrij geconcentreerd worden toegepast. Ze worden kosteneffectiever, omdat ze op de beste locaties worden ingezet en omdat ruimtelijk geconcentreerde maatregelen elkaar versterken. De klimaatcorridor moeras verbindt de Nederlandse moerasbolwerken onderling en met moerassen elders in Europa.

De klimaatcorridor functioneert als zoekgebied waarbinnen maatregelen worden genomen om het adaptief vermogen van moerasnatuur te vergroten. De eerste pijler is de ontwikkeling van een internationaal netwerk van moeras-ecosystemen van voldoende omvang en samenhang (pijler 1). Daarnaast worden maatregelen genomen om de heterogeniteit en gradiënten binnen natuurgebieden en het omringende landschap te vergroten (pijler 2). Ten slotte draagt het verbeteren van de standplaatscondities bij aan het adaptief vermogen, bij voorkeur door meer ruimte te geven aan landschapsvormende processen, bijvoorbeeld in het rivierengebied (pijler 3). De maatregelen vergroten het adaptief vermogen van het ecosysteem ter plaatse en bieden soorten tegelijkertijd



De nationale strategie voor bos en heide kent twee opgaven: de adaptatiemaatregelen voor heide concentreren binnen (grensoverschrijdende) clusters van 'mozaïekgebieden' en Nederlandse bossen ontwikkelen tot zijtakken van een Europese klimaatcorridor bos.

de mogelijkheid om te migreren naar gunstige klimaatzones, wanneer het klimaat ongeschikt wordt.

Bij het realiseren van de klimaatcorridor moeras kan worden meegekoppeld met adaptatiemogelijkheden voor waterveiligheid. Vooral langs de grote rivieren maar ook in laag Nederland zijn er kansen om moerasnatuur te realiseren en natuurlijke dynamiek te bevorderen. Het aansluiten bij maatregelen om het rivierengebied beter te beschermen tegen overstromingen (programma Ruimte voor de Rivier) biedt kansen voor natuur.

Voor de aansluiting van de nationale klimaatcorridor moeras op een Europese corridor bestaan verschillende mogelijkheden. Een verbinding naar het zuiden via het stroomgebied van de Schelde biedt grote kansen doordat de condities daar goed zijn; bovendien bestaan er al concrete plannen voor dit gebied. De stroomgebieden van de Rijn, Vecht, Reest en Ems verbinden de Nederlandse klimaatcorridor moeras met Duitsland.

7.2.2 Nationale adaptatiestrategie voor heide en bos

Opgave: adaptatiemaatregelen concentreren binnen een viertal clusters van heidegebieden

In Nederland zijn de heiderestanten sterk versnipperd, op enkele clusters na. Dit geldt ook voor de omringende landen. Het verbeteren van de ruimtelijke samenhang op (inter)nationale schaal is daarom geen realistische optie. De verwachte veranderingen in standplaatscondities en soortensamenstelling als gevolg van klimaatverandering zijn relatief groot en lijken ongunstig voor hoogveen en gunstig voor droge heide.

Er is daarom gekozen voor een nationale strategie, met als centrale doelstelling het versterken van het adaptief vermogen in de vier Nederlandse clusters met een hoge dichtheid aan grote heidegebieden (zie figuur 7.3). Deze clusters dragen sterk bij aan het duurzaam voorkomen van heidesoorten in Nederland. De clusters functioneren als zoekgebied waarbinnen maatregelen worden genomen om het adaptief vermogen van het heide-ecosysteem te vergroten. De belangrijkste pijler van de adaptatiestrategie voor heide is het ontwikkelen van een grotere heterogeniteit door natte heide, hoogveen en droge heide te beheren als mozaïeken met geleidelijke overgangen (figuur 3.2, pijler 2). Een ander aandachtspunt is het verbeteren van de ruimtelijke samenhang binnen de clusters, door gebieden te vergroten en met elkaar te verbinden (pijler 1). Ook worden maatregelen voorgesteld om de standplaatscondities te verbeteren (pijler 3).

Een maatregel als het vergroten van de ruimtelijke samenhang is deels grensoverschrijdend uitvoerbaar. Bijvoorbeeld met de heideterreinen in België, waardoor enige noordwaartse uitbreiding van soorten richting Nederland mogelijk zal zijn. Grootschalige heideontwikkeling in Frankrijk en België of actieve verspreiding met schaapskuddes of maaisel zou echter nodig zijn om migratie van soorten vanuit Midden- en Zuidwest-Europa richting Nederland mogelijk te maken. Deze heidegebieden liggen sterk geïsoleerd ten opzichte van de heidegebieden in Noord-Europa.

Opgave: Nederlandse bossen als zijtakken van Europese klimaatcorridor bos

De duurzaamheid van de Nederlandse bossen gaat achteruit doordat gebieden mogelijk te klein zijn om weersextremen op te vangen en ruimtelijke knelpunten het migreren van soorten

verhinderen. De veranderingen in standplaatscondities lijken niet ingrijpend te zijn. De adaptatiestrategie richt zich daarom vooral op het vergroten van de ruimtelijke samenhang (pijler 1). De grote aaneengesloten bosgebieden liggen ten oosten van Nederland, terwijl de hoeveelheid bos naar het westen toe steeds sterker afneemt. Het ligt daarom niet voor de hand dat Nederland deel zal uitmaken van een Europese klimaatcorridor voor bossen. Voor de klimaatbestendigheid en het adaptief vermogen van de Nederlandse bossen is het echter wel belangrijk om aan te sluiten op de internationale klimaatcorridor. Soorten waarvoor het klimaat ongeschikt wordt, zullen op termijn uit Nederland verdwijnen. Via de internationale klimaatcorridor kunnen 'nieuwe soorten' waarvoor het klimaat geschikt wordt, de Nederlandse bossen koloniseren, waardoor de functionele biodiversiteit op peil blijft. Adaptatiemaatregelen worden efficiënter en effectiever als ze in een klimaatcorridor worden geconcentreerd: ze komen dan terecht op de beste locaties en zullen elkaars effecten versterken dankzij de relatief grote nabijheid.

Als adaptatiestrategie wordt daarom voorgesteld om de Nederlandse bossen te ontwikkelen als zijtakken van een Europese klimaatcorridor bos (zie figuur 7.3). Deze zijtakken functioneren als zoekgebied waarbinnen adaptatiemaatregelen worden genomen en worden begrensd door gebieden die relatief veel bijdragen aan het duurzaam voorkomen van bossoorten. De aansluiting op de grotere Europese bosgebieden vraagt nog een flinke inspanning. De meest kansrijke routes lopen door Limburg richting België en door Overijssel richting Duitsland.

7.2.3 Regionale adaptatiestrategie voor kleinschalige natuurgebieden

Regionale adaptatie is gericht op het klimaatbestendig maken van kleinschalige natuurgebieden. Het gaat hier veelal om een mozaïek van verschillende typen natuur in multifunctionele landschappen, vaak met een grote cultuurhistorische waarde, zoals de Achterhoek en Twente. Een regionale adaptatiestrategie, waarbij natuur onderdeel uitmaakt van een multifunctionele adaptatie, ligt dan voor de hand. Hierbij gaat het om de synergie tussen diverse functies, waar de natuur er één van is, naast bijvoorbeeld landbouw, waterregulatie, recreatie en landschap. Natuuradaptatiemaatregelen hoeven daardoor niet per definitie tot meer aankoop van natuur en een uitbreiding van het natuurareaal te leiden. Zo is er in Groningen synergie tussen water- en natuuradaptatie. Het waterschap kan ruim 10 procent van de extra wateropgave voor klimaatverandering realiseren door een klimaatcorridor voor moeras en nat schaalgrasland aan te leggen via de voor natuur optimale routes (zie paragraaf 6.1). Met een combinatie van water- en natuuradaptatie valt winst te behalen, en dit besef vergroot het draagvlak voor deze oplossingen en kan doorslaggevend zijn om ze te realiseren. In de westelijke veenweidegebieden is het ontwikkelen van moerasnatuur in de gebieden die het meest kwetsbaar zijn voor bodemdaling de maatregel die helpt om zowel bodemdaling tegen te gaan als een klimaatbestendige moerasnatuur te ontwikkelen (zie paragraaf 6.2). Beeksystemen spelen een sleutelrol bij een geïntegreerde multifunctionele klimaatadaptatie van de hogere zandgronden. Beeksystemen bestaan uit een beek met omliggende typen natuur en vormen een fijnmazig

netwerk van natuurlijke groen-blauwe dooradering. Ze zijn bijvoorbeeld belangrijk voor het reguleren van de regionale waterhuishouding (zie paragraaf 6.3). Het herstel van natuurlijke en stromende beeklopen kan bijdragen aan het opvangen van wateroverlast bij piekafvoeren. Een groter watervasthoudend vermogen in de bovenlopen van beeksystemen komt de regionale waterhuishouding ten goede: er zullen dan minder watertekorten ontstaan gedurende droge periodes in de zomer. Dit voorkomt droogteschade in de landbouw en biedt bovenstrooms kansen voor natuurontwikkeling.

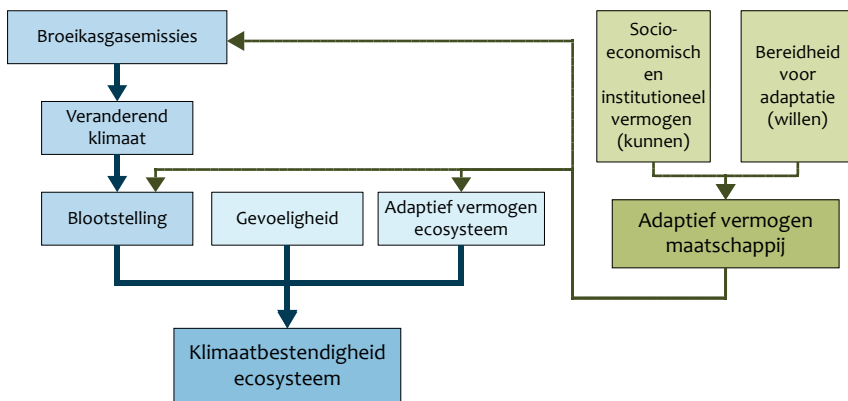
Ook maatregelen in de omgeving van en tussen natuurgebieden in multifunctionele zones kunnen effectief zijn. Maatregelen in de waterhuishouding en nutriëntenhuishouding van zogenoemde beïnvloedingsgebieden (gebieden die invloed hebben op natuurgebieden, zie Kuijpers-Linde et al. 2007) kunnen sterk bijdragen aan de condities in de natuurgebieden zelf. Het rendement van het natuurbeleid zal door deze ingrepen toenemen, evenals de cultuurhistorische waarden van het landschap in de beïnvloedingszones. Het economische rendement van recreatie, zorgboerderijen, en dergelijke kan hierdoor groter worden.

7.3 Vervolgstappen voor implementatie

- *Voor een klimaatbestendig natuurbeleid is een transitie nodig naar een nationaal en Europees natuurbeleid gericht op het functioneren van ecosystemen en het vergroten van het adaptief vermogen en niet op het duurzaam voortbestaan van specifieke soorten op specifieke plaatsen. Dit vraagt om ruimte voor natuurlijke processen, diversiteit, heterogeniteit en gradiënten en om het verbeteren van condities.*
- *De klimaatbestendigheid van de natuur kan worden vergroot door maatregelen te concentreren in voorgestelde clusters en corridors. Dit vraagt om gerichte aanpassing van de EHS en robuuste verbindingen. De nog aan te kopen of in te richten EHS-hectares liggen bij voorkeur binnen de voorgestelde clusters en corridors.*
- *Bij de evaluatie van de Vogel- en Habitatrichtlijn (VHR) in 2010 is het nodig om in navolging van het EU-witboek de klimaatbestendigheid in beschouwing te nemen. Speciale aandacht is nodig voor het ontwikkelen van EU-klimaatcorridors, met daarbinnen een samenhangend Natura 2000-netwerk.*
- *Het meekoppelen van natuuradaptatie met andere functies en doelen/opgaven biedt kansen. Deze kansen liggen bij de ontwikkeling en uitvoering van het Deltaprogramma en het programma Ruimte voor de Rivier, en de aansluiting bij vergelijkbare programma's in de buurlanden.*

7.3.1 Adaptief vermogen maatschappij geeft sturing

Of er daadwerkelijk maatregelen worden genomen om het adaptief vermogen van de natuur te vergroten, hangt allereerst af van het adaptief vermogen van de maatschappij zelf (figuur 7.4). Dit is het maatschappelijk vermogen en de maatschappelijke wil om in een veranderende omgeving aanpassingen te plegen die nodig zijn om voort te bestaan. De maatschappij is zich inmiddels bewust van de risico's die klimaatverandering met zich meebrengt. Er zijn reeds allerlei acties in gang gezet, zoals het (inter-)nationale klimaatbeleid om emissie van broeikasgassen te beperken (PBL 2009b)



De klimaatbestendigheid van natuur hangt niet alleen af van de blootstelling, de gevoeligheid en het adaptief vermogen van ecosystemen, maar ook van het adaptief vermogen van de maatschappij om daarop in te grijpen.

en het Deltaprogramma en het ARK-programma (Nationaal Programma Adaptatie Ruimte en Klimaat), bedoeld om Nederland klimaatbestendig te maken. De Europese Commissie heeft een witboek uitgebracht over kwetsbaarheid en klimaatadaptatie (COM 2009). Ook zijn enkele maatschappelijke organisaties het project 'Natuurlijke klimaatbuffers' gestart (Andriess et al. 2007), een initiatief om in het natuurbeheer en -beleid met klimaatverandering om te gaan, waarbij natuur ook bijdraagt aan de adaptatie van andere functies. Daarnaast heeft de IBO-werkgroep Natuur de opdracht gekregen te onderzoeken hoe de biodiversiteit zo doeltreffend en efficiënt mogelijk kan worden zeker gesteld, ook rekening houdend met klimaatverandering (IBO 2010). De werkgroep beschrijft, met in achtname van bovenstaande punten, de beweging die nodig is om te komen tot een effectief en doelmatig natuurbeleid langs de navolgende invalshoeken: dynamiek, ruimtelijke inpassing, problemen bij de uitvoering en maatschappelijk draagvlak (zie ook 'Een beter natuurbeleid houdt rekening met veranderingen in de natuur' op pagina 102).

Adaptatiemaatregelen voor de natuur hebben betrekking op toekomstige problemen, waarbij zowel het moment als de omvang van de problematiek nog onzeker zijn. Dergelijke anticiperende maatregelen zijn zeer moeilijk te implementeren, niet in het minst omdat de belangen voor politici op het halen van doelen op de korte termijn gericht zijn. Adaptatie van het natuurlijke systeem kan daarom niet los worden gezien van het sociaaleconomische systeem en alleen integratie van deze twee systemen kan tot succesvolle adaptatie leiden (Wilson & Piper 2008).

7.3.2 Adaptatiestrategie is een no-regretstrategie

De onzekerheden over de omvang en het tempo van klimaatverandering, de maatschappelijke reactie hierop, de effecten hiervan op ecosystemen en de interacties met andere belastende factoren als vermessing en versnippering, maken het gewenst dat een strategie is gebaseerd op adaptive management. Dit betekent dat het tempo en de omvang van de strategie 'opschaalbaar' zijn naar het tempo van klimaatverandering en dat ze in staat is om verschillende verstoringen

op te vangen, zoals droge en natte extremen. Ook is het van belang dat de strategie toepasbaar is in het beleid en dat ze kan worden aangepast op basis van voortschrijdende kennis. Een strategie die aan deze criteria voldoet, is een strategie die is bedoeld om het adaptief vermogen van ecosystemen te versterken. Deze voorgestelde strategie is een no-regretstrategie: ze versterkt de natuur en beschermt deze niet alleen tegen klimaatverandering, maar ook tegen al bestaande verstoringen. Mocht het tempo of de omvang van klimaatverandering 'meevallen', dan vormt de strategie geen desinvestering. Wanneer en hoeveel het beleid moet worden aangepast, hangt af van het tempo van klimaatverandering en van de manier waarop het Rijk wil omgaan met de risico's voor de natuur en de beleidsuitvoering. 'Eerder en meer' betekent minder risico van biodiversiteitsverlies dan 'later en minder'. Wat betreft de start van de uitvoering, de kosten en de haalbaarheid zal veel afhangen van de mogelijkheden om aan te sluiten bij lopende beleidsprocessen en de maatregelen te combineren met andere maatschappelijke doelen.

Bij de afweging waar en wanneer te beginnen met adaptatiemaatregelen spelen verschillende afwegingen een rol. Een pragmatische benadering betekent dat met adaptatie in ieder geval wordt ingespeeld op de kansen die zich voordoen. De ontwikkelingsstijd van ecosystemen speelt een rol bij prioritering. Zo hebben bossen veel meer tijd nodig om zich te ontwikkelen dan moerassystemen, de ontwikkeling ervan moet dan ook eerder in gang worden gezet. Een andere afweging bij prioritering van maatregelen kan zijn dat in een bepaalde regio de stedelijke ontwikkeling zo hard gaat, dat het waarborgen van ruimte voor natuuradaptatie zeer urgent is.

7.3.3 Concrete stappen voor implementatie in natuurbeleid

Klimaatverandering speelt nu al, maar vooral op de lange termijn. Het Rijk kan echter op korte termijn inspanningen leveren en het natuurbeleid aanpassen, om zo in te spelen op mogelijke effecten van klimaatverandering.

De voorgestelde adaptatiestrategie vormt geen trendbreuk met de doelen van de EHS (inclusief robuuste verbindingen) en Natura 2000: beschermen, vergroten, verbinden, verbeter-

ren van condities en waar nodig beheren. De invulling, prioritering en evaluatie van deze doelen zijn in de voorgestelde strategie echter wel anders dan in het huidige beleid. Wat betekent dit voor het rijksnatuurbeleid?

Streven naar duurzaam functionerende natuur met groot adaptief vermogen

Natuur is dynamisch, successiestadia volgen elkaar op. Klimaatverandering voegt daar nog extra dynamiek aan toe: oplopende temperaturen, zeespiegelstijging en frequentere en heftigere weersextremen qua neerslag en temperatuur. Als gevolg hiervan zullen ook soortaantallen vaker schommelen en zullen nieuwe soorten verschijnen en oude verdwijnen. Het is dus niet realistisch om het natuurbeleid te sturen en evalueren op het duurzaam voortbestaan van specifieke soorten op specifieke plaatsen.

Klimaatverandering vraagt daarom om een aangepast natuurbeleid dat, meer dan nu het geval is, erop aanstuurt om randvoorwaarden te creëren waaronder het ecosysteem of ecologische netwerk als geheel duurzaam kan functioneren, en om risico's van klimaatverandering te verminderen door het adaptief vermogen van de natuur te vergroten.

- Dit vraagt om het formuleren van doelen op ecosysteemniveau, en dus om het loslaten van afzonderlijke soorten als specifiek natuurdoel. Daarbij zijn natuurbeheer en de evaluatie van de natuurkwaliteit niet langer gericht op afzonderlijke soorten, maar op diversiteit binnen functionele groepen en responsgroepen (risicospreiding).
- De schaal waarop natuurdoelen worden geformuleerd dient te worden vergroot, niet langer op het schaalniveau van afzonderlijke gebieden, maar op het niveau van netwerken van natuurgebieden. De bijdrage van een gebied aan het behalen van behoud en ontwikkeling van biodiversiteit is dus niet alleen af te lezen uit de kwaliteit van het

Een beter natuurbeleid houdt rekening met veranderingen in de natuur

De IBO-werkgroep Natuur heeft de opdracht gekregen te onderzoeken hoe de biodiversiteit zo doeltreffend en efficiënt mogelijk zeker kan worden gesteld (IBO 2009). De werkgroep is van oordeel dat de aanhoudende druk door exogene ontwikkelingen als verstedelijking, bevolkingsgroei en klimaatverandering de realisatie van de biodiversiteitsdoelen bemoeilijkt, en dat het feit dat de achteruitgang van de biodiversiteit enigszins is vertraagd daarom als een belangrijke prestatie mag worden beschouwd. Daarmee is niet gezegd dat het huidige biodiversiteitsbeleid in alle opzichten optimaal is. Ook zal klimaatverandering in de toekomst geleidelijk aan tot een toenemende dynamiek in de natuur leiden en nieuwe eisen stellen aan het beleid.

De IBO-werkgroep onderscheidt een drietal hoofdproblemen waarvan de oplossing kan bijdragen aan een effectiever biodiversiteitsbeleid:

- bij de operationalisering van de doelstellingen wordt te veel gestuurd op soorten en wordt onvoldoende rekening gehouden met de dynamiek van de natuur;
- mede daarmee samenhangend is de gekozen vormgeving van de EHS niet optimaal;
- er zijn praktische problemen bij de uitvoering van beleid die kunnen leiden tot verlies aan maatschappelijk draagvlak.

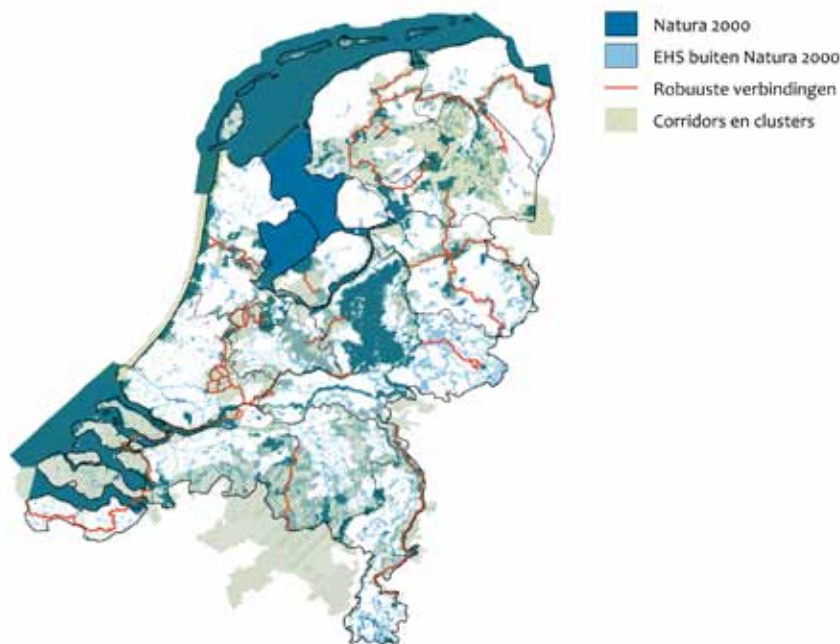
Naast deze hoofdproblemen vormen financiële tekorten een obstakel voor de realisatie van de huidige operationele doelstellingen door de gestegen kosten van verwerving, inrichting en beheer van de EHS. De werkgroep beschrijft, met in achtname van bovenstaande punten, de beweging die nodig is om te komen tot een effectief en doelmatig natuurbeleid langs de navolgende invalshoeken: dynamiek, ruimtelijke inpassing, problemen bij de uitvoering en maatschappelijk draagvlak.

Dynamiek in natuur vraagt om een robuuste en ruimtelijk samenhangende EHS

Naarmate de robuustheid en de ruimtelijke samenhang van de EHS sterker worden, kan de EHS gemakkelijker meebewegen

met de dynamiek in de natuur. Natuur is immers veranderlijk; de aantallen en verspreiding van soorten op een locatie veranderen voortdurend, op korte en lange termijn. De klimaatverandering zorgt nog voor een extra dynamiek. Hoe sterker de dynamiek van de natuur, hoe meer ruimtelijke samenhang nodig is voor voldoende risicospreiding en herstelvermogen voor planten diersoorten. De ruimtelijke samenhang kan bijvoorbeeld toenemen door de EHS te koppelen aan het landschapsbeleid. Nederlandse multifunctionele landschappen met veel 'groene' (natuur) en 'blauwe' elementen (water), of met de mogelijkheid deze te ontwikkelen, kunnen een klimaatbestendige EHS ondersteunen en een schakel zijn tussen die EHS en stedelijke en voedselproductielandschappen.

Recente inzichten op basis van berekeningen van het PBL laten zien dat een meer robuuste vormgeving effectiever is voor de bescherming van de biodiversiteit. De ruimtelijke samenhang kan worden afgestemd op de natuurlijke dynamiek die nog wordt versterkt door klimaatverandering. Ter inspiratie voor oplossingen op de lange termijn worden twee vergezichten van het natuurbeleid in de komende decennia geschetst: 'Nederland bolwerk van deltanatuur in Europa' en 'Hoog en droog: robuuste nationale ruggengraat' (Opdam & Wieringa 2010). Op termijn kunnen op basis van deze vergezichten keuzen worden gemaakt. Bij de variant 'Nederland bolwerk van deltanatuur in Europa' ligt de nadruk op de potenties die Nederland heeft om een bijdrage te leveren aan de instandhouding van internationaal belangrijke biodiversiteit. Dit betreft vooral de natuur die verbonden is met het deltakarakter van Nederland. Deze kijkrichting vergt een herijking van de EHS en Natura 2000, met dien verstande dat de natuurwaarden die aansluiten bij de Nederlandse delta prioriteit krijgen. De variant 'Hoog en droog: robuuste nationale ruggengraat' gaat uit van de huidige EHS, aangevuld met maatregelen die de EHS klimaatbestendig maken en een strategie om het natuurbeleid te integreren in de ruimtelijke planning. Robuustheid en samenhang zijn leidend voor de vormgeving van de EHS.



De meeste Natura 2000-gebieden, EHS-gebieden en robuuste verbindingen vallen binnen de corridors en clusters waarop de (inter)nationale strategie van toepassing is. Gebieden met een regionale strategie omvatten kleinschalige natuurgebieden die onderdeel kunnen uitmaken van multifunctionele landschappen (deze zijn in de figuur niet weergegeven).

ecosysteem in het gebied, maar vooral uit de rol van het gebied in het ecologische netwerk.

Deze aanpassing van doelen en instrumenten geldt niet alleen voor het nationale beleid. De EU geeft in haar witboek klimaatadaptatie (COM 2009) aan geen nieuwe richtlijnen te ontwikkelen, maar de huidige EU-richtlijnen zoals de Vogel- en Habitatrichtlijn (VHR) aan te passen aan klimaatverandering. Aanpassen aan klimaatverandering betekent dat ook de doelen van Natura 2000 zich niet meer zouden moeten richten op het duurzaam voortbestaan van specifieke soorten op specifieke plaatsen. Verder is het belangrijk dat voor typen natuur of soorten waarvoor de huidige beschermde gebieden op termijn ongeschikt worden, bereikbaar leefgebied aanwezig is in de nieuwe geschikte gebieden elders in de EU.

Maatregelen concentreren in clusters van en corridors

Het concentreren van adaptatiemaatregelen in klimaatcorridors en clusters is een kosteneffectieve strategie, waarbij het hoogste rendement per oppervlakte wordt gehaald. Allereerst worden de maatregelen genomen op locaties waar de condities voor natuurontwikkeling het meest optimaal zijn. Een tweede voordeel is dat maatregelen om de ruimtelijke samenhang te vergroten het meest effectief zijn als ze worden genomen in de buurt van huidige natuurgebieden.

Een corridor of cluster biedt ook planologische duidelijkheid. Alle activiteiten binnen een dergelijk gebied kunnen worden getest op hun mogelijke positieve dan wel negatieve bijdrage

aan de adaptatieopgave voor natuur. Hierdoor kunnen ze functioneren als zones waarbinnen geen onomkeerbare ontwikkelingen mogen plaatsvinden, zoals grootschalige verstedelijking, die toekomstige adaptatiemaatregelen onmogelijk kunnen maken. De klimaatcorridors en clusters lenen zich tevens voor het aanpassen van de adaptatiestrategie, mocht dit op basis van klimaatverandering en nieuwe wetenschappelijke inzichten nodig blijken.

De ruimtelijke prioritering zoals die in de strategie is voorgesteld, wijkt af van de huidige ruimtelijke prioritering. Dit betekent dat ook de nog aan te kopen of in te richten EHS-hectares bij voorkeur in deze corridors en clusters zouden moeten komen te liggen. Sommige van de huidige EHS-gebieden, (delen van) robuuste verbindingen en een enkel Natura 2000-gebied vallen buiten de corridors en clusters van de adaptatiestrategie (figuur 7.5). Voor deze gebieden zou de rijksoverheid dus ook niet vanzelfsprekend doelen op het gebied van biodiversiteit hoeven te formuleren. Wel kunnen er andere nationale doelen worden geformuleerd waar de biodiversiteit profijt van heeft, zoals het tot stand brengen van een recreatielandschap. Er zijn in deze gebieden echter wel doelen en beleid met het oogmerk van adaptatie vanuit regionaal belang. Als deze gebieden aansluiten op de klimaatcorridors en clusters zal ook de regionale natuur klimaatbestendiger worden.



Het beleid voor een klimaatbestendige natuur kan worden gekoppeld aan ander beleid voor verschillende functies en doelen. Deze kans ligt onder andere bij de ontwikkeling en uitvoering van het Deltaprogramma en het programma Ruimte voor de Rivier. De ontpoldering van de Noordwaard in de Biesbosch is een van de maatregelen (foto: De Jong Luchtfotografie).

Natuur (internationaal) verbinden en vergroten in corridors en clusters van gebieden

Klimaatverandering is een extra argument om natuurgebieden te vergroten en met elkaar te verbinden, wat al een doel was van het nationale (EHS) en internationale natuurbeleid (VHR). Afhankelijk van het tempo waarin klimaatverandering zich voltrekt, voorspellen modellen een verschuiving van geschikte klimaatzones met enkele honderden kilometers tot 2100 (EEA 2008). Een deel van de soorten zal daarom moeten migreren. Om een succesvolle migratie mogelijk te maken is dus samenhang over grote afstanden nodig. De sturing van het natuurbeleid wordt daarom uitgebreid van nationaal naar Noordwest-Europees niveau. Concreet betekent dit dat het voor het slagen van het EU-beleid belangrijk is dat er voor de verschillende typen natuur EU-klimaatcorridors komen, met daarbinnen een samenhangend Natura 2000-netwerk. Om dit te bereiken is een analyse nodig van waar zich, ook in de toekomst, de beste locaties bevinden om klimaatcorridors te ontwikkelen voor de belangrijkste Europese ecosystemen.

Ruimte bieden aan natuurlijke processen, heterogeniteit en verbeteren condities

Natuurlijke landschapsvormende processen zijn belangrijk voor de ontwikkeling van het adaptief vermogen. Dit biedt soorten die mogelijk beter de gelegenheid in nieuwe combinaties voor te komen. Vervolgens levert dit een nieuwe levensgemeenschap op die beter is aangepast aan nieuwe omstandigheden van klimaatverandering.

De interne heterogeniteit (ofwel gradiënten) van een gebied speelt een centrale rol bij het herstel na een verstoring. Herstel treedt op vanuit die delen van het gebied die niet zijn getroffen en vanwaaruit het getroffen deel opnieuw kan worden gekoloniseerd. Interne heterogeniteit ontstaat in gebieden waar ruimte is voor overgangen van nat naar droog, voor open en dichte vegetatie, voor hoogteverschillen, enzovoort.

In de strategie wordt voorgesteld om het milieu- en waterbeleid in de corridors en clusters voort te zetten. Volgens de KRW moet in 2015 een 'goede ecologische toestand' met bijbehorende condities zijn bereikt, met mogelijkheden tot uitstel tot 2027. De belangrijkste 'stuurknop' die op de termijn van decennia kan bijdragen aan het verbeteren van de ecologische kwaliteit van oppervlaktewateren is het mechanisme dat de nutriëntbelasting bepaalt. Aangezien in 2027 circa driekwart van de nutriëntbelasting afkomstig zal zijn uit de landbouwgronden, zijn de bemestingsintensiteit en het uit- en afspoelingsmechanisme belangrijke aandachtspunten in het beleid. Om een hoog adaptief vermogen van ecosystemen te bereiken, moet vermessing worden teruggedrongen en zal er vaak een oplossing moeten komen voor het probleem van verdroging. Het waterbeleid zou meer dan nu het geval is, gericht moeten zijn op een natuurlijke waterhuishouding binnen grotere samenhangende hydrologische eenheden. De vermessingsdoelen zijn wellicht lastiger te behalen met klimaatverandering dan zonder klimaatverandering, sommige doelen van het waterbeleid misschien juist gemakkelijker. Wat dit betekent voor de kosten is onduidelijk. Wel zullen deze

milieu- en waterdoelen en het beheer minder specifiek op bepaalde soorten gericht worden.

Volgens de huidige wetenschappelijke inzichten is de ontwikkeling van levend hoogveen in Nederland volgens het warmste en droogste scenario (W+) waarschijnlijk niet mogelijk (hoofdstuk 2). Onduidelijk is echter met welke snelheid en in welke richting de klimaatverandering zich zal voltrekken en hoe het hoogveen zich zal ontwikkelen. In de adaptatiestrategie adviseren wij vooralsnog niet te stoppen met maatregelen die bedoeld zijn om de condities voor hoogveen te verbeteren. Wel is het raadzaam om droge heide, natte heide en hoogveensystemen meer dan nu als aaneengesloten eenheden te beheren, zodat geleidelijke overgangen kunnen ontstaan. De verwachting is dan dat bij een geleidelijke verdroging van hoogveen en natte hei, heide, droge heidesoorten vanuit het ene systeem het andere systeem gemakkelijker kunnen koloniseren. Op deze wijze wordt het verdwijnen van soorten waarvoor het klimaat niet langer geschikt is, enigszins gecompenseerd door de komst van nieuwe soorten en blijft de functionele biodiversiteit beter op peil. In het hoogveenecosysteem zal dan gaandeweg een verschuiving plaatsvinden richting een nieuwe combinatie van soorten en condities.

Natuurdoelstellingen combineren met andere doelen

Klimaatverandering heeft niet alleen gevolgen voor de ruimtelijke aspecten van het natuurbeleid, ze beïnvloedt al het ruimtelijk beleid en zijn doelen. De kosten-batenbalans van natuurmaatregelen zal afhangen van de mogelijkheden om natuurdoelstellingen te combineren met andere doelen: de investeringskosten kunnen dan worden gedeeld en de maatschappelijke baten zullen stijgen, omdat de maatregelen niet alleen ten goede komen aan natuur maar ook aan andere functies. De mogelijkheden om natuuradaptatie mee te koppelen met andere landgebruikfuncties zijn besproken in de hoofdstukken 4 tot en met 6.

In haar *witboek klimaatadaptatie* (COM 2009) benadrukt de Europese Commissie dat klimaatverandering een zowel negatieve als positieve uitwerking kan hebben op ecosystemen. Sommige systemen zullen erdoor verdwijnen, terwijl andere door aanpassingen klimaatbestendig kunnen worden. Ecosystemen zijn van belang voor de maatschappij, ze leveren immers belangrijke klimaatdiensten, zoals het vastleggen van koolstof, het beschermen tegen overstromingen en het tegengaan van bodemerosie.

Plannen voor klimaatadaptatie voor veiligheid en zoetwatervoorziening worden ingevuld in het Deltaprogramma en het programma Ruimte voor de Rivier. In het Deltaprogramma zijn deelprogramma's opgesteld voor de Waddenzee, de Zuidwestelijke Delta, het Rivierengebied en het IJsselmeergebied. Al deze gebieden vertegenwoordigen een belangrijke internationale natuurwaarde: ze zijn aangewezen als Natura 2000-gebied of staan op de lijst van Werelderfgoed (de Waddenzee). De komende jaren zal er uitgebreid onderzoek worden gedaan naar de opties om de Nederlandse delta op de lange termijn klimaatbestendig te maken. In het volgende Nationaal Waterplan in 2015 zal hierover worden besloten. Op dat moment zal ook duidelijk worden welke ambities er zijn voor

de ontwikkelingsmogelijkheden van de natuur op de lange termijn. In het nieuwe Deltaplan wordt benadrukt dat kustverdediging niet ten koste mag gaan van de nog resterende natuurwaarden, en dat het gebruik van natuurlijke processen ook kostenbesparend kan werken. Ook wordt meer dan voorheen gekeken naar mogelijkheden om kustverdediging te combineren met natuurontwikkeling. Ook bij adaptatiemaatregelen langs de rivieren en bij maatregelen om de regionale waterhuishouding aan te passen aan klimaatverandering (wateropvang en waterretentie) zijn er goede kansen voor meekoppeling met natuur. Of er ook synergie wordt bereikt tussen deze doelen en natuuradaptatie zal afhangen van de invulling van deze maatregelen. Winst is onder andere te behalen bij oplossingen die een meerwaarde hebben voor het adaptief vermogen van de natuur. Dit zijn oplossingen als het creëren van ruimte voor het ontstaan van zoet-zoutgradiënten en voor natuurlijke processen als sedimentatie en erosie, en het onderling verbinden en vergroten van natuurgebieden door natuurontwikkeling in het rivierengebied.

Ook in het landelijk gebied is veel synergie mogelijk. Een belangrijk aspect van de strategie is het vergroten en met elkaar verbinden van leefgebieden. Dit hoeft nadrukkelijk geen monofunctionele natuur te zijn, maar gaat meestal om een gebied met een combinatie aan functies, zoals een oplossing voor de wateropgave, mogelijkheden voor landbouw en recreatie of het tegengaan van bodemdaling. Maatregelen om natuurgebieden klimaatbestendiger te maken hoeven daarom niet per definitie tot meer aankoop van natuur en een uitbreiding van het natuurareaal te leiden. Ook maatregelen in de omgeving van en tussen natuurgebieden in multifunctionele zones kunnen effectief zijn.

Literatuur

- Agricola, H.J., H. Goosen, P.F.M. Opdam & R.A. Smidt (2010), *Kansrijke gebieden voor groenblauwe mantels in de provincie Noord-Brabant*, Wageningen: Alterra.
- Andriess, L.A., G.J. Akkerman, T. van den Broek, P.G.H. Vos, D.C.A.M. Martens, P.F.A. Stroeken & R. Speets (2007), *Natuurlijke klimaatbuffers voor een klimaatbestendiger Nederland*, Rotterdam: Royal Haskoning.
- Bartholomeus, R.P. (2009), *Moisture matters. Climate-proof and process-based relationships between water, oxygen and vegetation*, Amsterdam: Vrije Universiteit, Institute of Ecological Science.
- Boer, P.J. den, (1986), 'Environmental heterogeneity and the survival of natural populations', pp. 345-356 in H.H.W. Velthuis (ed.) (1986), *Proceedings 3rd European Congress of Etom*, Amsterdam.
- Bohn, U., G. Gollub, C. Hettwer, Z. Neuhäuslová, Th. Raus, H. Schlüter & H. Weber (eds.) (2004), *Map of the natural vegetation of Europe. Scale 1:2.500.000. Interactive-explanatory text, legend, maps*, Münster: Landwirtschaftsverlag.
- Bonte, M. & G. Zwolsman (2009), 'Klimaatverandering en verzoeting van de Rijn', *H2O* 20.
- Both, C. & M.E. Visser (2001), 'Adjustment to climate change is constrained by arrival date in a long-distance migrant bird', *Nature* 411: 296-298.
- Bradshaw, W.E. & C.M. Holzapfel (2001), 'Genetic shift in photoperiodic response correlated with global warming', *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 98: 14509-14511.
- Bund, W.J. van de & E. van Donk (2004), 'Effects of fish and nutrient additions on food-web stability in a charophyte-dominated lake', *Freshwater Biology* 49: 1565-1573.
- CBD (2004), 'Decision VII/30 of the Seventh Conference of the Parties to the Convention on Biological Diversity (CBD/COP7). Strategic plan: future evaluation of progress', <http://www.biodiv.org/decisions/default.aspx?dec=VII/30>.
- CEC (2006), *Halting the loss of biodiversity by 2010 and beyond, sustaining ecosystem services for human wellbeing*, COM(2006)216 final, Brussels: Commission of the European Communities.
- CEC (2010), *Biodiversity. Post-2010 EU and global vision and targets and international ABS regime. Council conclusions*, Brussels: Council of the European Union, 16 March 2010 7536/10.
- COM (2009), *Witboek. Aanpassing aan de klimaatverandering: naar een Europees actiekader*, COM(2009) 147, Brussel: Commissie van de Europese Gemeenschappen.
- Dam, H. van & A. Mertens (2007), *Monitoring van vennen 1978-2006. Effecten van klimaatverandering en vermindering van verzuring*, Bureau Waternatuur/Grontmij.
- Deltacommissie (2008), *Samen werken met water. Een land dat leeft, bouwt aan zijn toekomst*, Den Haag: Deltacommissie.
- Deltares (2008), *De klimaatbestendigheid van Nederland waterland. Verkenning van knippunten in beheer en beleid voor het hoofdwatersysteem*, Delft: Deltares.
- Dessai, S. & J. van der Sluijs (2007), *Uncertainty and climate change adaptation. A scoping study*, Utrecht: Copernicus Institute of the University of Utrecht.
- Devictor, V., R. Julliard, D. Couvet & F. Jiquet (2008), 'Birds are tracking climate warming, but not fast enough', *Proceedings of the Royal Society B* 275: 2743-2748.
- Dijkema, K.S., A. Nicolai, J. Frankes, H. Jongerius, H. Keegstra & J. Swierstra (2007), *Monitoring en beheer van de kwelderwerken in Friesland en Groningen 1960-2006. Jaarverslag voor de Stuurgroep Kwelderwerken*, Wageningen/Texel/Leeuwarden: IMARES/Rijkswaterstaat/Buitenpost.
- Dobben, H. van & P. Slim (2005), 'Evaluation of changes in permanent plots in the dunes and upper salt marsh at Ameland East. Ecological effects of gas extraction', pp. 1-36 in *Monitoring effecten van bodemdaling op Ameland-Oost. Evaluatie na 18 jaar gaswinning*, Assen: Begeleidingscommissie Monitoring Bodemdaling Ameland.
- Dobben, H.F. & P.A. Slim (te verschijnen), 'Past and future plant diversity of a coastal wetland driven by soil subsidence and climate change', te verschijnen in *Climatic Change*.
- Dorland, R. van, W. Dubelaar-Versluis & B. Jansen (red.) (2009), *De staat van het klimaat 2008*, De Bilt/Wageningen: PCCC.
- Dorland, R. van, W. Dubelaar-Versluis & B. Jansen (red.) (2010), *De staat van het klimaat 2009*, De Bilt/Wageningen: PCCC.
- Durant, J.M., D. Hjermann, G. Ottersen & N.C. Stenseth (2007), 'Climate and the match or mismatch between predator requirements and resource availability', *Climate Research* 33: 271-283.
- Eck, W. van, J.P.M. Lenssen, H.M. van de Steeg, C. Blom & H. de Kroon (2006), 'Seasonal dependent effects of flooding on plant species survival and zonation. A comparative study of 10 terrestrial grassland species', *Hydrobiologia* 565: 59-69.
- EEA (2008), *Impacts of Europe's changing climate. 2008 indicator-based assessment*, Stockholm: European Environment Agency.
- Ek, R. van, S. Stuijzand & J. Klein (2008), *Pilotprogramma Waterberging-Natuur. Praktijkervaringen met waterberging en natuur in een polder*, Achtergrondrapport Woudmeer-Speketer, RWS Waterdienst.
- Foppen, R., C.J.F. ter Braak, J. Verboom & R. Reijnen (1999), 'Dutch sedge warblers *Acrocephalus schoenobaenus* and West African rainfall. Empirical data and simulation modelling show low population resilience in fragmented marshlands', *Ardea* 87: 113-127.
- Geertsema, W., R.J.F. Bugter, M. van Eupen, S.A.M. van Rooij, T. van der Sluis & M. van der Veen (2009), *Robuuste verbindingen en klimaatverandering*, Wageningen: Alterra.
- Gienapp, P., C. Teplitsky, J.S. Alho, J.A. Mills & J. Merilä (2008), 'Climate change and evolution. Disentangling environmental and genetic responses', *Molecular Ecology* 17: 167-178.
- Grashof-Bokdam, C.J., J.P. Chardon, C.C. Vos, R.P.B. Foppen, M. Wallis de Vries, M. van der Veen & H.A.M. Meeuwsen (2009), 'The synergistic effect of combining woodlands and green veining for biodiversity', *Landscape Ecology* 24:1105-1121.
- Grunsven, R.H.A. van, W.H. van der Putten, T.M. Bezemer, W.L.M. Tamis, F. Berendse & E.M. Veenendaal (2007), 'Reduced plant-soil feedback of plant species expanding their range as compared to natives', *Journal of Ecology* 95: 1050-1057.
- Haasnoot, M. & D.T. van der Molen (2005), 'Impact of climate change on ecotopes of the rivers Rhine and Meuse', *Large Rivers* 15 (1-4): 53-61. *Arch. Hydrobiol. Suppl.* 155/1-4: 53-61, May 2005.
- Hartog, M., J.M. van Loon-Steensma, H. Schelfhout, P.A. Slim & A. Zantinge (2009), *Klimaatdijk. Een verkenning*, Wageningen: Grontmij Nederland bv/WUR/Deltares.
- Heller, N.E. & E.S. Zavaleta (2009), 'Biodiversity management in the face of climate change. A review of 22 years of recommendations', *Biological Conservation* 142: 14-32.
- Heijmans, M. & F. Berendse (2009), *State of the art review on climate change impacts on natural ecosystems and adaptation*, Wageningen: Wageningen University.
- Hiddink, J.G. & R. ter Hofstede (2008), Climate induced increases in species richness of marine fishes. *Global Change Biology* 14: 453-460.
- Hommel, P.W.F.M., S.A.M. van Rooij, R.W. de Waal, F. de Vries & C.M. Goossen (2005), *Bos in water, water in bos. Kansenkaarten voor multifunctionele natte bossen met meerwaarde voor waterbeheer, natuur en recreatie*, Wageningen: Alterra.

- Hooper, D.U., F.S. Chapin, J.J. Ewel, A. Hector & P. Inchausti (2005), 'Effects of biodiversity on ecosystem functioning: a consensus of current knowledge', *Ecological Monographs* 75 (1): 3-35.
- Hurk, B. van den, A. Tank, G. Lenderink, A. van Ulden, G. van Oldenborgh, C. Katsman, H. van den Brink, F. Keller, 1. Bessembinder, G. Burgers, G. Komen, W. Hazeleger & S. Drijfhout (2006), *KNMI Climate Change Scenarios 2006 for the Netherlands*, De Bilt: KNMI.
- IBO (2010), *Eindrapportage van de werkgroep IBO natuur*, Interdepartementaal beleidsonderzoek 2008-2009, nr. 2.
- ICES (2009), *Report of the International Bottom Trawl Survey Working Group (IBTSWG)*, 30 March - 3 April 2009, Bergen, Norway, ICES CM 2009/RMC:04, 241 pp.
- IPCC (2001), *Climate change 2001. Impacts adaptation and vulnerability. Summary for policymakers*, Cambridge (UK): Cambridge University Press.
- IPCC (2007), *Climate change 2007. The physical science basis*, Cambridge (UK): Cambridge University Press.
- Janssen, G.M. (2008), *Strand meer dan zand*, Inaugurale rede Vrije Universiteit Amsterdam.
- Janssen, J.A.M. & J.H.J. Schaminée (2003), *Europese natuur in Nederland. Habitattypen*, Utrecht: KNNV Uitgeverij.
- Jentsch, A. & B. Beierkuhnlein (2008), 'Research frontiers in climate change. Effects of extreme meteorological events on ecosystems', *C. R. Geoscience* 340: 621-628.
- Julliard, R., F. Jiguet & D. Couvet (2004), 'Common birds facing global changes: what makes a species at risk?', *Global Change Biology* 10: 148-154.
- Keeken, O.A. van, M. van Hoppe, R.E. Grift & A.D. Rijnsdorp (2007), 'Changes in the spatial distribution of North Sea plaice (*Pleuronectes platessa*) and implications for fisheries management', *Journal of Sea Research* 57: 187-197.
- Klein Tank, A.M.G. & G. Lenderink (red.) (2009), *Klimaatverandering in Nederland. Aanvullingen op de KNMI '06 scenario's*, De Bilt: KNMI.
- KNMI (2006), *Klimaat in de 21e eeuw, vier scenario's voor Nederland*, De Bilt: KNMI (www.knmi.nl/klimaat/scenarios/knmio6/samenvatting/KNMI_NL_LR.pdf).
- KNMI (2008), *De toestand van het klimaat in Nederland*, De Bilt: KNMI.
- Kooiman, J.W., B. van der Wateren, K. Maas, J.P.M. Witte, G. Cirkel, J. Grijpstra, F. Schaars, G. Oude Essink & J. Stroom (2005), *Het zout de aarde: eindrapport. Kwantificering van de huidige en toekomstige (2050) knelpunten verzilting voor Rijnland*, Kiwa-rapport KWR 04.048, Nieuwegein.
- Kramer, K. & I. Geijzendorffer (2009), *Ecologische veerkracht. Concept voor natuurbeheer en natuurbeleid*, Zeist: KNNV Uitgeverij.
- Kreyling, J., C. Beierkuhnlein, L. Ellis & A. Jentsch (2008), 'Invasibility of grassland and heath communities exposed to extreme weather events additive effects of diversity resistance and fluctuating physical environment', *Oikos* 117: 1542-1554.
- Kruijt, B., J.P.M. Witte, C. Jacobs & T. Kroon (2008), 'Effects of rising atmospheric CO₂ on evapotranspiration and soil moisture: a practical approach for the Netherlands', *Journal of Hydrology* 349: 257-267.
- Kuijpers-Linde, M.A.J., A.A. Bouwman, J. Roos Klein-Lankhorst & R. Smidt (2007), *Nederland later. Tweede duurzaamheidsverkenning, deel fysieke leefomgeving Nederland*, Bilthoven: Milieu- en Natuurplanbureau.
- Leeuwen, S.J. van, M.-J. Bogaardt & F.G. Wortelboer (2008), *Noordzee en Waddenzee: natuur en beleid. Achtergronddocument bij de Natuurbalans 2008*, Den Haag/Bilthoven: Planbureau voor de Leefomgeving.
- Lenderink, G., E. van Meijgaard & F. Selten (2008), 'Intense coastal rainfall in the Netherlands in response to high sea surface temperatures. Analysis of the event of August 2006 from the perspective of a changing climate', *Climate Dynamics* 32: 19-33.
- Leopold, M. (1996), *Spisula subtruncataals voedselbron voor zeeëenden in Nederland*, BEON-rapport nr. 96-2, Beleidsgericht ecologisch onderzoek van Noordzee/Waddenzee (BEON).
- Leyden, K. & M. Herremans (2004), 'Fenologie: resultaten en bespreking zomervogels 2003 en analyse trends sinds 1985', *Natuur.oriolus* 70: 33-42.
- Ligtvoet, W. & G.P. Beugeling (2006), *Welke ruimte biedt de Kaderrichtlijn Water? Een quick scan*, Bilthoven: MNP.
- LNV (1990), *Natuurbeleidsplan. Regeringsbeslissing*, Den Haag: Ministerie van LNV.
- LNV (2000), *Natuur voor mensen, mensen voor natuur. Nota natuur, bos en landschap in de 21^{ste} eeuw*, Bijlage bij de Tweede Kamer, vergaderjaar 1999-2000, 27235 nr. 1, Den Haag: Ministerie van LNV.
- LNV (2006), *Begroting LNV 2007*, Den Haag: Ministerie van LNV.
- LNV (2007), *Agenda voor een vitaal platteland. Meerjarenprogramma 2007-2013*, Den Haag: Ministerie van LNV.
- LNV (2009), *Strategische verkenning LNV 2009-2019. Investeren in adaptief vermogen*, Den Haag: Ministerie van LNV.
- MacLean, I.M.D., G.E. Austin, M.M. Rehfish, J. Blew, O. Crowe, S. Delany, K. Devos, B. Deceuninck, K. Günther, K. Laursen, M. Van Roomen & J. Wahl (2008), 'Climate change causes rapid changes in the distribution and site abundance of birds in winter', *Global Change Biology* 14: 2489-2500.
- Mantgem, P.J. van, N.L. Stephenson, J.C. Byrne, L.D. Daniels, J.F. Franklin, P.Z. Fulé, M.E. Harmon, A.J. Larson, J.M. Smith, A.H. Taylor & T.T. Veblen (2009), 'Widespread increase of tree mortality rates in the Western United States', *Science* 323: 521.
- Mooij, W.M., S. Hülsmann, L.N. De Senerpont Domis, B.A. Nolet, L.E. Bodelier, P.C.M. Boers, M.L. Dionisio Pires, H.J. Gons, B.W. Ibelings, R. Noordhuis, R. Portielje, K. Wolfstein & R.R. Lammens (2005), 'The impact of climate change on lakes in the Netherlands. A review', *Aquatic Ecology* 39: 381-400.
- Nijhof, B.S.J., C.C. Vos & A.J. van Strien (2007), *Indicators for 'Convention on Biodiversity 2010'. Influence of climate change on biodiversity*, Wageningen: Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu (WOT).
- Olsthoorn, A.F.M. (1998), *Soil acidification effects on fine root growth of Douglas-fir on sandy soils*, Proefschrift, Wageningen: Wageningen Universiteit.
- Opdam, P. & J. Wiens (2002), 'Fragmentation, habitat loss and landscape management', pp. 202-223 in K. Norris & D. Pain (eds.), *Conserving bird biodiversity*, Cambridge: Cambridge University Press.
- Opdam, P. & K. Wieringa (2010), *Wegen naar een nieuw natuurbeleid. Een bijdrage voor discussie*, Den Haag/Bilthoven: Planbureau voor de Leefomgeving.
- Opdam, P., J. Verboom & R. Pouwels (2003), 'Landscape cohesion, an index for the conservation potential of landscapes for biodiversity', *Landscape Ecology* 18: 113-126.
- Ozinga, W.A., M. Bakkenes & J.H.J. Schaminée (2007), *Sensitivity of Dutch vascular plants to climate change and habitat fragmentation. A first assessment based on plant traits in relation to past trends and future projections*, Wageningen: Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu (WOT).
- Parmesan, C., C. Ryrholm, C. Stefanescu, J.K. Hill, C.D. Thomas, H. Descimon, B. Huntley, L. Kaila, J. Kullberg, T. Tammaru, W.J. Tennent, J.A. Thomas & M. Warren (1999), 'Poleward shifts in geographical ranges of butterfly species associated with global warming', *Nature* 399: 579-583.
- Parmesan, C. & G. Yohe (2003), 'A globally coherent fingerprint of climate change impacts across natural systems', *Nature* 421: 37-42.
- PBL (Planbureau voor de Leefomgeving) (2009a), *Natuurbalans 2009*, Den Haag/Bilthoven: Planbureau voor de Leefomgeving.
- PBL (Planbureau voor de Leefomgeving) (2009b), *Milieubalans 2009*, Den Haag/Bilthoven: Planbureau voor de Leefomgeving.
- PBL (Planbureau voor de Leefomgeving) (2009c), *Wegen naar een klimaatbestendig Nederland*, Den Haag/Bilthoven: Planbureau voor de Leefomgeving.
- Piessens, K., D. Adriaens, H. Jacquemyn & O. Honnay (2008), 'Synergistic effects of an extreme weather event and habitat fragmentation on a specialized insect herbivore', *Oecologia* 159: 117-126.
- Piha, H., M. Luoto, M. Piha & J. Merilä (2007), 'Anuran abundance and persistence in agricultural landscapes during a climatic extreme', *Global Change Biology* 13: 300-311.
- Philippart, K. (ed.) (2007), *Impacts of climate change on the European marine and coastal environment. Eco systems approach*, European Science Foundation.
- Platteeuw, M. & W. Iedema (2001), *Biedt ruimte voor water ook ruimte voor natuur? Kansen voor natuurontwikkeling bij ruimtelijke oplossingen voor waterbeheer*, Lelystad: RIZA.
- Programmabureau Groene Hart (2008), *Voorloper Groene Hart*, Utrecht: Programmabureau Groene Hart.
- Puijtenbroek, P. van, M. de Lange & F. Ottburg (2009), 'Exoten in het zoete water in de afgelopen eeuw', *H2O* 19: 31-33.
- Raad voor het Landelijk Gebied (2001), *Bergen met beleid. Signaaladvies over de implementatie van waterberging en waterbuffering in beleid en uitvoeringsplannen*, Publicatie RLG 01/4.
- Redeke, H.C. (red.) (1922), *Flora en fauna der Zuiderzee. Monografie van een brakwatergebied*, Den Helder: Nederlandsche Dierkundige Vereeniging.
- Roggema, R., E. Steingröver, S. van Rooij & S. Troost (2009), *Naar klimaatbestendige natuur en water in Groningen. Hotspot Klimaatbestendig Omgevingsplan Groningen*, Groningen: Provincie Groningen/Alterra/Tauw.
- Rooij, S. van, E. Steingröver, J. den Besten & E. van Hooff (2009), 'Water en natuur: natuurlijke partners voor klimaatadaptatie', *H2O* 25/26.
- Runhaar, J., J. Clement, P.C. Jansen, S.M. Hennekens, E.J. Weeda, W. Wamelink & E.P.A.G. Schouwenberg (2005), *Hotspots floristische biodiversiteit*, WOT-rapport 9, Wageningen: Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu.

- RWS & Deltares (2008), *De klimaatbestendigheid van Nederland Waterland. Verkenning van knippunten in beheer en beleid van het hoofdwatersysteem*, Lelystad/Utrecht: Rijkswaterstaat/Deltares.
- Schelhaas, M.J. & M. Moriondo (2007), 'Bosbranden en klimaatverandering', *Vakblad Natuur, Bos, Landschap* 8: 13.
- Schippers, P., R.P.H. Snep, A.G.M. Schotman, R. Jochem, E.W.M. Stienen & P.A. Slim (2009), 'Sea-bird metapopulations. Searching for alternative breeding habitats', *Population Ecology* 51 (4): 459-470.
- Schippers, P., J. Verboom, C.C. Vos & R. Jochem (te verschijnen) *Metapopulation survival of woodland birds under climate change. Will species be able to track?*
- Schweiger, O., J. Settele, O. Kundra, S. Klotz & I. Kühn (2008), 'Climate change can cause spatial mismatch of trophically interacting species', *Ecology* 89: 3472-3479.
- Secretariaat Commissie Natuurherstel Westerschelde (red.) (2008), *Wenken aan de Westerschelde. Advies Commissie Natuurherstel Westerschelde. Alternatieven voor ontpoldering Hertogin Hedwigepolder*.
- SOVON (2007), *Vogelbalans 2007*, Beek-Ubbergen: SOVON Vogelonderzoek Nederland.
- SOVON (2009), *Vogelbalans 2009*, Beek-Ubbergen: SOVON Vogelonderzoek Nederland.
- Sportvisserij Nederland (2007), *Kennisdocument Atlantische zalm, Salmo salar (Linnaeus, 1758)*, Bilthoven: Sportvisserij Nederland.
- Sportvisserij Nederland (2008), *Kennisdocument vlagzalm, Thymallus thymallus (Linnaeus, 1758)*, Bilthoven: Sportvisserij Nederland.
- Staaïj, P. van der & W. Ozinga (2008), 'Verschuivende allianties in plantengemeenschappen door klimaatverandering', in J. Schaminée & E. Weeda (red.), *Grenzen in beweging. Beschouwingen over vegetatiegeografie*, Zeist: KNNV Uitgeverij.
- Steingröver, E.G., W. Geertsema & W.K.R.E. van Wingerden (2010), 'Designing agricultural landscapes for natural pest control. A transdisciplinary approach in the Hoeksche Waard (The Netherlands)', *Landscape Ecology* 25: 825-838.
- Stuijffzand, S., R. van Ek & J. Klein et al. (2008), *Praktijkervaringen met waterberging en natuur in een beekdal. Achtergrondrapport Beerze*, RWS Waterdienst.
- Tamis, W.L.M., M. van 't Zelfde, R. van der Meijden & H.A.U. de Haes (2005), 'Changes in vascular plant biodiversity in the Netherlands in the 20th century explained by their climatic and other environmental characteristics', *Climatic Change* 72: 37-56.
- Thijssse, J.Th. (1972), *Een halve eeuw Zuiderzeewerken 1920-1970*, Groningen: Tjeenk Willink.
- Thomas, C.D. & J.J. Lennon (1999), 'Birds extend their ranges northwards', *Nature* 399: 213-213.
- Thomas, C.D., G.J. Bodsworth, R.J. Wilson, A.D. Simmons, Z.G. Davies, M. Musche & L. Conradt (2001), 'Ecological and evolutionary processes at expanding range margins', *Nature* 441: 629-632.
- Tscharntke, T., A.M. Klein, A. Kruess, I. Steffan-Dewenter & C. Thies (2005), 'Landscape perspectives on agricultural intensification and biodiversity. Ecosystem service management', *Ecology letters* 8 (8): 857-874.
- Turnhout, C. van & M. van Roomen (2005), *Effecten van strandsuppleties langs de Nederlandse kust op drieteenstrandloper en kustbroedvogels*, Beek-Ubbergen: SOVON Vogelonderzoek Nederland.
- Veen, M. van der, E. Wiensekker, B.S.J. Nijhoff & C.C. Vos (2010), *Klimaat Respons Database, versie 2.0. Ontwikkeld binnen het Klimaat voor Ruimte Programma*, Project A2, Adaptatie EHS.
- VenW (2004), *Beoordelingsystematiek Waterlozingen*, Den Haag: Ministerie van Verkeer en Waterstaat.
- VenW (2008), www.verkeerenwaterstaat.nl/onderwerpen/water/050_water_en_ruimte/building_with_nature (geraadpleegd op 14 maart 2009).
- VenW, VROM & LNV (2009), *Nationaal Waterplan 2009-2015*, Den Haag: Ministerie van VenW.
- Vellinga, P., C.A. Katsman, A. Sterl & J.J. Beersma (red.) (2008), *Onderzoek naar bovengrensscenario's voor klimaatverandering voor overstromingsbescherming van Nederland. Een internationale wetenschappelijke beoordeling*, De Bilt/Wageningen: KNMI/Wageningen UR, Alterra, Earth System Science and Climate Change Group.
- Verboom, J., R. Foppen, P. Chardon, P. Opdam & P. Luttkhuizen (2001), 'Standards for persistent habitat networks for vertebrate populations: the key patch approach. An example for marshland bird populations', *Biological Conservation* 100: 89-102.
- Verdonschot, P. (2010), *Het brede beekdal als klimaatbestendige buffer in de veranderende leefomgeving. Flexibele toepassingen van het 5B-concept in Peel en Maasvallei*, Wageningen: Alterra Wageningen UR.
- Verdonschot, R.C.M., J.J. de Lange, P.F.M. Verdonschot & A. Besse (2005), *Klimaatverandering en aquatische biodiversiteit. 1. Literatuurstudie naar temperatuur*, Wageningen: Alterra.
- Visser, M.E., C. Both & M.M. Lambrechts (2004), 'Global climate change leads to mistimed avian reproduction', *Advances in Ecological Research* 35: 89-110.
- 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.
- Vliet, A.J.H. van (2008), *Monitoring, analysing, forecasting and communicating phenological changes*, Wageningen: Wageningen University.
- Vogt, J.V. et al. (2007), *A pan-European River and Catchment Database*, EUR 22920 EN, Luxembourg: European Commission-JRC.
- Vos, C.C., M. van der Veen & P.F.M. Opdam (2006), *Natuur en klimaatverandering. Wat kan het natuurbeleid doen?*, Wageningen: Alterra.
- Vos, C.C., P. Opdam, E.G. Steingröver & R. Reijnen (2007), 'Transferring ecological knowledge to landscape planning. A design method for robust corridors', pp. 227-245 in J. Wu & R. Hobbs (eds.), *Key topics in landscape ecology*, Cambridge: Cambridge University Press.
- Vos, C.C., P. Berry, P. Opdam, H. Baveco, B. Nijhof, J. O'Hanley, C. Bell & H. Kuipers (2008), 'Adapting landscapes to climate change. Examples of climate-proof ecosystem networks and priority adaptation zones', *Journal of Applied Ecology* 45: 1722-1731.
- VROM, LNV, VenW & EZ (2006), *Nota Ruimte. Ruimte voor ontwikkeling*, Deel 4, Den Haag: Sdu Uitgevers.
- Wallis de Vries, M.F. & C.A.M. van Swaay (2006), 'Global warming and excess nitrogen may induce butterfly decline by microclimatic cooling', *Global Change Biology* 12: 1620-1626.
- Wanink, J., H. van Dam, F. Grijpstra & T. Claassen (2008), 'Invloed van klimaatverandering op fytoplankton van de Friese meren', *H2O* 41 (23): 32-35.
- Warren, M.S., J.K. Hill, J.A. Thomas, J. Asher, R. Fox, B. Huntley, D.B. Roy, M.G. Telfer, S. Jeffcoate, P. Harding, G. Jeffcoate, S.G. Willis, J.N. Greatorex-Davies, D. Moss & C.D. Thomas (2001), 'Rapid responses of British butterflies to opposing forces of climate and habitat change', *Nature* 414: 65-69.
- Weijerman, M., H. Lindeboom & A.F. Zuur (2005), 'Regime shifts in marine ecosystems of the North Sea and Wadden Sea' *Marine Ecology Progress Series* 298: 21-39.
- Wilson, E. & J. Piper (2008), 'Spatial planning for biodiversity in Europe's changing climate', *European Environment* 18: 135-151.
- Witte J.-P., R. Bartholomeus, D. Cirkel & P. Kamps (2008), *Ecohydrologische gevolgen van klimaatverandering voor de kustduinen van Nederland*, Kiwa-rapport KWR 08.006, Nieuwegein.
- Witte, J.P.M., J. Runhaar & R. van Ek (2009a), *Ecohydrologische effecten van klimaatverandering op de vegetatie van Nederland*, KWR rapport 2009.032.
- Witte, J.P.M., J. Runhaar, R. van Ek & D.C.J. van der Hoek (2009b), 'Eerste landelijke schets van de ecohydrologische effecten van een warmer en grilliger klimaat', *H2O* 16/17.
- Woestenburg, M. (2009), *Waarheen met het veen. Kennis voor keuzes in het westelijk veengebied*, Wageningen: Uitgeverij Landwerk/Alterra Wageningen UR.
- Wolfert, H.P., E. Fakkkel, G.J. Maas, B. Makaske, N.G.M. van den Brink, N. Pieterse, E.P. Querner & C.C. Vos (2008), *Ruimte voor natte natuur. Achtergronden bij de 'Natuurbalans 2008'*, Wageningen: Wettelijke Onderzoekstaken Natuur en Milieu.
- Worm, B., E.B. Barbier, N. Beaumont, J. Emmett Duffy, C. Folke, B.S. Halpern, J.B.C. Jackson, H.K. Lotze, F. Micheli, S.R. Palumbi, E. Sala, K.A. Selkoe, J.J. Stachowicz & R. Watson (2006), 'Impacts of biodiversity loss on ocean ecosystem services', *Science* 3 (314): 787-790.
- Zonneveld, I.S. (1999), *De Biesbosch een halve eeuw gevolgd. Van hennip tot netelbos en verder*, Abcoude: Uniepers/Staatsbosbeheer.
- Zuiderzee-Commissie (1929), *De biologie van de Zuiderzee tijdens haar drooglegging*, Den Helder: Nederlandsche Dierkundige Vereeniging.

Colofon

Eindverantwoordelijkheid

Planbureau voor de Leefomgeving

Het project is uitgevoerd in samenwerking met Wageningen Universiteit en Researchcentrum (WUR). Deze samenwerking is tot stand gekomen door de financiële bijdrage van WOT-Wettelijke onderzoekstaken Natuur & Milieu, Wageningen. De kennis is mede ontwikkeld binnen het programma Klimaat voor Ruimte.

Onderzoek

H.J. Agricola (WUR, hoofdstuk 6), H.F. van Dobben (WUR, hoofdstuk 4), E.M. Dijkman (WUR, hoofdstuk 2), M. van Eupen (hoofdstuk 4, 5), W. Geertsema (WUR, hoofdstuk 2, 4, 5), H. Goosen (WUR, hoofdstuk 6), A.J. Griffioen (WUR, hoofdstuk 2, 4, 5), A. van Hinsberg (PBL, algemeen), H. Kuipers (WUR, hoofdstuk 4, 5), C. Kwakernaak (WUR, hoofdstuk 6), W. Ligtoet (PBL, algemeen), H.J. Lindeboom (WUR, hoofdstuk 2), J. van Minnen (PBL, hoofdstuk 1), R. van Oostenbrugge (PBL, algemeen), P.F.M. Opdam (WUR, hoofdstuk 6), P.J.T.M. van Puijenbroek (PBL, hoofdstuk 2), M.J.S.M. Reijnen (WUR, algemeen), S.A.M. van Rooij (WUR, hoofdstuk 4, 5, 6), J. Runhaar (KWR, hoofdstuk 2, 4, 5), P.A. Slim (WUR, hoofdstuk 4), T. van der Sluis (WUR, hoofdstuk 4, 5), E.G. Steingröver (WUR, hoofdstuk 6), M. van der Veen (WUR, hoofdstuk 2, 4, 5), J.P.W. Witte (KWR, hoofdstuk 2, 4, 5).

Redactie figuren

M.J.L.C. Abels-van Overveld, A. de Boer, F. de Blois, J. de Ruiter, S. van Tol en A.G. Warrink (PBL)

Tekstredactie

Saskia Opdam, Den Haag en Uitgeverij PBL

Opmaak

Uitgeverij RIVM

Klimaatverandering vraagt om aanpassing natuurbeleid

Nederland is in de afgelopen decennia warmer en natter geworden, met meer extreme buien. Klimaatscenario's geven aan dat deze trends zich zullen voortzetten, maar de omvang en het tempo van klimaatverandering blijven onzeker. De effecten op de natuur zijn wel al zichtbaar en de verwachting is dat deze zullen toenemen. Sommige soorten zullen in aantal achteruitgaan of mogelijk zelfs uit Nederland verdwijnen. Andere soorten krijgen echter de kans zich hier te vestigen. Bij een veranderend klimaat kan de biodiversiteit op peil blijven, mits de natuur voldoende in staat is zich aan te passen aan de veranderingen.

Bij uitvoering van het huidige beleid blijft de natuur kwetsbaar voor de gevolgen van klimaatverandering. Daarom heeft het Planbureau voor de Leefomgeving, in samenwerking met Wageningen Universiteit en Researchcentrum, een strategie ontwikkeld om het adaptief vermogen van de natuur te vergroten en daarmee de natuur klimaatbestendiger te maken. Daarvoor zou het beleid meer moeten zijn gericht op het functioneren van ecosystemen en het vergroten van het adaptief vermogen van de natuur, en minder dan nu het geval is op het laten voortbestaan van specifieke soorten op specifieke plaatsen. Het adaptief vermogen kan worden versterkt door het (internationaal) verbinden en vergroten van natuurgebieden en het vergroten van de heterogeniteit in leefgebied en landschap. Daarnaast zijn het creëren van betere milieu- en watercondities van belang, en daarbij het meer ruimte geven aan natuurlijke processen.