

Ontwikkeling van een provinciaal adaptatieplan

Klimaatverandering heeft zowel direct als indirect gevolgen voor planten en dieren. Adaptatiestrategieën versterken ecosystemen zodanig dat ze in staat zijn om veranderingen op te vangen. We hebben een methodiek ontwikkeld om samen met stakeholders ruimtelijke adaptatieplannen voor een provincie te ontwerpen. Als basis dient een analyse van veranderingen in abiotiek en ruimtelijke samenhang. De methodiek is generiek inzetbaar op provinciale schaal; de toepassing in Noord-Brabant wordt hier beschreven.

Klimaatverandering heeft directe en indirecte effecten op de natuur. Directe effecten grijpen in op soorten, door veranderingen in bijvoorbeeld fenologie (Van Vliet, 2008) en geografische verspreiding (Devictor *et al.*, 2008; Schippers *et al.*, 2011). Toegenomen extremen in weersomstandigheden leiden tot sterkere fluctuaties in populatiegrootte (Verboom *et al.*, 2010). Met name kleine populaties lopen hierdoor een groter risico om uit te sterven. Om te kunnen herstellen na lokaal uitsterven, is ruimtelijke samenhang op lokale en regionale schaal van belang. Door opwarming en veranderingen in neerslagpatronen verschuiven geschikte klimaatzones richting het noorden (Berry *et al.*, 2007). Om mee te kunnen schuiven met veranderende klimaatzones is ruimtelijke samenhang tussen leefgebieden op grote schaal van belang (Vos *et al.*, 2008). Indirecte effecten grijpen in op standplaatscondities, door bijvoorbeeld veranderingen in mineralisatieprocessen (Wamelink *et al.*, 2009a; 2011a). Veranderingen in temperatuur en neerslag hebben invloed op verdroging en vermisting. Vooral voor ecosystemen van voedselarme en vochtige systemen wordt verwacht dat zij nadelige gevolgen van klimaatverandering zullen ondervinden (Bodegom *et al.*, 2011). Binnen Nederland variëren die gevolgen tussen de provincies, maar ook binnen provincies is de ene regio kwetsbaarder dan de andere (Witte *et al.*, 2009; Besse-Lototskaya *et al.*, 2011). De provincie Noord-Brabant wilde graag weten wat de gevolgen van klimaatverande-

ring zijn voor het provinciale natuurbeleid en welke extra maatregelen nodig zijn als aanvulling op maatregelen uit het natuur- en waterbeleid (provincie Noord-Brabant 2010a; 2010b).

Net als andere provincies op de hoge zandgronden, heeft Noord-Brabant te kampen met verdroging van natte gebieden en eutrofiëring van voedselarme gebieden. Klimaatverandering kan tot extra problemen leiden, vanwege de grotere kans op zomerdroogte en toename van mineralisatie door hogere temperaturen (Wamelink *et al.*, 2011a). Daarnaast is versnippering van leefgebieden een probleem voor een deel van de natuur in Noord-Brabant.

Om de gevolgen van klimaatverandering op te vangen is op nationale schaal een adaptatiestrategie ontworpen (Vonk *et al.*, 2010). Voor concretisering op provinciaal niveau, moet de specifieke situatie in de provincie bekend zijn. Veel bewoners en gebruikers van de groene ruimte krijgen met adaptatiemaatregelen te maken. De verwachting is dat het draagvlak en de effectiviteit van die maatregelen zal toenemen wanneer ze in overleg met stakeholders gedefinieerd worden.

In dit artikel worden de stappen beschreven die hebben geleid tot een concretisering van adaptatiemaatregelen voor Noord-Brabant (Geertsema *et al.*, 2011), met bijzondere aandacht voor het proces dat geleid heeft tot de ontwikkeling van een adaptatieplan door stakeholders. Dit proces met ontwerpessies is generiek toepasbaar in provincies.

**WILLEMEN GEERTSEMA,
CLAIRE VOS, WIEGER
WAMELINK, HANS
BAVECO & JANET MOL-
DIJKSTRA**

Dr. Ir. W. Geertsema Alterra
Wageningen UR. Nu: Crop
Systems Analysis, Wageningen
Universiteit, Postbus 430,
6700 AK Wageningen
willemien.geertsema@wur.nl
Dr. C.C. Vos Alterra
Wageningen UR
Dr. Ir. G.W.W. Wamelink
Alterra Wageningen UR
Dr. J.M. Baveco Alterra
Wageningen UR
Ir. J.P. Mol-Dijkstra Alterra
Wageningen UR

Foto **Mark van Veen**. De 'groene rivier' is een klimaatbuffer tussen Den Bosch en Vlijmen die moet voorkomen dat bewoond gebied overstroomt bij zeer hoog water in de Dommel.

Methode

De ontwikkeling van een provinciaal klimaatadaptatieplan begint met het inschatten van de verwachte effecten van klimaatverandering. Voor die inschatting worden modellen gebruikt, aangevuld met kennis van stakeholders over de lokale situatie. De effecten van klimaatverandering ten opzichte van de huidige situatie (2010) zijn bepaald voor het W^+ -klimaatscenario (Van den Hurk *et al.*, 2006), met als tijdshorizon 2050. Van de vier door het KNMI berekende klimaatscenario's is dit het meest extreme scenario, met een stijging van de gemiddelde temperatuur van 2°C, drogere zomers, nattere winters en toename van extremen in neerslag. De keuze voor W^+ is een veilige keuze, omdat voor dit scenario naar verwachting de meeste adaptatiemaatregelen nodig zijn.

In deze studie zijn veranderingen in abiotische kwaliteit en ruimtelijke samenhang integraal onderzocht: abiotiek en ruimtelijke processen zijn via modellen aan elkaar gekoppeld. De adaptatiemaatregelen zijn samen met stakeholders geïdentificeerd en gelokaliseerd. Er is gewerkt met beheertypen van de Index NL, omdat zowel de ambities als het subsidiestelsel van de provincies aan dit systeem gekoppeld zijn.

Berekening abiotiek

De effecten van klimaatverandering op de NO_3^- -concentratie en pH zijn voor Noord-Brabant berekend met het bodem-vegetatiemodel SMART2-SUMO2 (Wamelink *et al.* 2009b). De gemiddelde voorjaarsgrondwaterstand (GVG) en de gemiddelde laagste grondwaterstand (GLG) voor de huidige situatie en voor 2050 (W^+ -scenario) zijn afkomstig van een tijdreeksmodellering van grondwater (Van der Gaast *et al.*, 2009). De modellen in deze stap zijn doorgerekend met grids van 250x250 meter.

SMART2-SUMO2 is een dynamisch procesmatig model dat op regionale en nationale schaal de langjarige effec-

ten van o.a. klimaatverandering, atmosferische depositie en beheer op de bodem en de vegetatie kan berekenen. De bodemmodule SMART2 en de vegetatiemodule SUMO2 zijn geïntegreerd door middel van een jaarlijkse terugkoppeling. SMART2 (Kros, 2002) bestaat uit een set van massa-balansvergelijkingen voor input-outputrelaties van een bodemcompartiment, en uit vergelijkingen voor snelheids- en evenwichtprocessen in de bodem. De nutriëntenkringloop omvat depositie, verwerking van mineralen, afbraak van organisch materiaal, (de)nitrificatie, uitspoeling en interactie met de vegetatie middels nutriëntenopname en strooiselproductie. De laatste twee posten worden berekend door SUMO2 (Wamelink *et al.*, 2009a; 2009b). SUMO2 simuleert de biomassaontwikkeling voor vijf vegetatiestructuurtypen, van kruidlaag tot bomen, die elkaar beconcurreren om licht, nutriënten en vocht. Beheereffecten werken door in groei, successie en afvoer van nutriënten via biomassa. Klimaatverandering heeft invloed op de resultaten, omdat bodemvocht en temperatuur de groei, afbraak van organisch materiaal en (de)nitrificatie beïnvloeden (Wamelink *et al.*, 2009b; Mol-Dijkstra & Kros, 2001; Van Ek *et al.*, 2012).

De berekende pH, NO_3^- -concentratie en GVG en GLG werden vergeleken met normen voor de abiotische randvoorwaarden van de geplande beheertypen. De normen zijn afgeleid van velddata waarin vegetatietypen en plantensoorten gekoppeld zijn aan abiotische condities (Wamelink *et al.*, 2011b). De verschillen tussen de normen en de berekende waarden geven een inschatting van de opgaven voor beheer, zowel in de huidige situatie als in de situatie met een extra opgave door klimaatverandering.

SMART2-SUMO2 gebruikt generieke gegevens per bodem- en vegetatietype. Een validatie voor specifieke terreinen valt vaak tegen, omdat locatiespecifieke gege-

vens kunnen afwijken van de generiek afgeleide regionale gegevens. Op basis van de resultaten van onze analyse kan echter wel bepaald worden welke beheertypen meer en welke minder kwetsbaar zijn, en waar deze globaal liggen. Dat is voldoende voor de ontwikkeling van een provinciaal adaptatieplan. Voor het vergelijken van scenario's zijn procesgeoriënteerde modellen als SMART2-SUMO₂ bruikbaar gebleken (Schouwenberg et al., 2000).

Berekening ruimtelijke samenhang

De berekening van de ruimtelijke samenhang is uitgevoerd met het model GRIDWALK (Schippers et al., 1996). GRIDWALK berekent de kansen dat een individueel dier dat vertrekt uit een leefgebied in andere gebieden aankomt. Het model houdt rekening met de draagkracht van leefgebieden, de doorlatendheid van het tussenliggende landschap en het dispersievermogen (de afstand die soorten kunnen afleggen). Leefgebieden waartussen uitwisseling mogelijk is, behoren tot hetzelfde netwerk. Het aantal dieren dat in een gebied kan voorkomen en het aantal potentiële dispersers wordt bepaald door de draagkracht. De draagkracht is gebaseerd op het aantal abiotische randvoorwaarden waaraan voldaan is volgens de berekeningen in zowel de huidige situatie als in het W^r-scenario in 2050. Veranderingen in draagkracht beïnvloeden dus de ruimtelijke samenhang. Het kan voorkomen dat plekken die in de huidige situatie ongeschikt zijn, bij klimaatverandering wel geschikt worden. Dan tellen ze mee in de ruimtelijke analyse. In deze studie kwam dat niet voor.

Vanwege hun beperkte dispersievermogen zijn drie modelsoorten gebruikt die de mate van versnippering van ecosystemen illustreren: de heidevlinder voor heide-ecosystemen, het pimpernelblauwtje voor vochtige graslanden en de eekhoorn voor bossen. De dispersieafstand

van de vlinders is maximaal 2 kilometer, die van de eekhoorn 5 kilometer. Bij de keuze van de modelsoorten is rekening gehouden met de mate van versnippering van het ecosysteem in de provincie: graslanden en heide zijn meer versnipperd dan bossen. Per provincie kunnen andere soorten en ecosystemen gekozen worden.

Adaptatiemaatregelen en ontwerpessies

Voor de ontwikkeling van adaptatieplannen hebben we een methodiek ontwikkeld die voor het eerst in Noord-Brabant is toegepast. Hierbij is de inbreng van stakeholders noodzakelijk om tot adaptatieplannen te komen die zijn afgestemd op veldkennis van natuurgebieden, kennis van bestaande maatregelen en op actueel inzicht in beleid voor natuur, water en landschap.

Het plan voor vergroting van het adaptief vermogen van de natuur berust op drie pijlers (Vonk et al., 2010):

- het verbeteren van de ruimtelijke samenhang binnen en tussen netwerken en het koppelen van netwerken, zodat soorten in staat zijn hun arealen aan te passen aan verschuivende klimaatzones en hun herstelvermogen na een lokale verstoring versterkt wordt.
- het vergroten van de heterogeniteit van leefgebied en landschap, waardoor robuustere lokale populaties ontstaan die beter bestand zijn tegen fluctuaties in populatiegrootte door extreme weersomstandigheden.
- het verbeteren van abiotische condities, gradiënten (heterogeniteit) en ruimte voor natuurlijke processen, waardoor draagkracht en robuustheid van populaties toenemen.

In vijf stappen wordt gewerkt van groot naar klein, van de grote lijnen en de omgeving van het plangebied naar concrete maatregelen op kleine schaal.

1. Aangeven van prioritaire gebieden. Prioriteit kan worden gebaseerd op de behoefte aan internationale

aansluiting, grensoverschrijdende clusters van ecosystemen of regionale clusters. Met een cluster wordt een regionale concentratie van een bepaald ecosystemeentype bedoeld (Vonk et al., 2010).

2. Aangeven van robuuste gebieden. Dit gebeurt op basis van de abiotische en ruimtelijke analyses voor het plangebied, gecombineerd met de veldkennis van de stakeholders. Huidige hotspots van biodiversiteit kunnen hierbij meegenomen worden.
3. Identificatie van knelpunten binnen robuuste en prioritaire gebieden. Dat kunnen knelpunten van verschillende aard zijn, volgend uit opgaven voor abiotische kwaliteit en/of ruimtelijke samenhang. Welke daarvan moeten worden opgelost?
4. Identificatie knelpunten die met bestaand beleid worden opgelost.
5. Identificatie van resterende knelpunten. Daarbij hoort het prioriteren van deze knelpunten en het formuleren van maatregelen om deze aan te pakken, afgestemd op kansen en belemmeringen van lopend beleid (vergroening van landbouw, stedelijke ontwikkeling, etc.).

Resultaten en discussie

Abiotische kwaliteit

De verschillen tussen de norm voor GVG, GLG, pH en NO_3 -concentratie en de berekende waarden voor de huidige situatie en voor het klimaatscenario laten zien wat de opgaven voor onder andere het beheer zijn. Bij de opgave voor de huidige situatie is geen rekening gehouden met recent genomen of geplande maatregelen om verdroging en vermesting tegen te gaan, respectievelijk het antiverdrogingbeleid in zogenaamde TOP-gebieden en de Programmatische Aanpak Stikstof die kaders stelt aan de ontwikkeling van landbouw in de buurt van kwetsbare natuurgebieden. De resultaten zijn gebaseerd

op de situatie met 'standaardbeheer' zoals dat in SMART2-SUMO2 gebruikt wordt. Opgaven voor de huidige situatie worden daarom over het algemeen enigszins overschat.

Het model heeft een tijdstap van één jaar. Seizoensgebonden variaties worden niet expliciet meegenomen, maar reductiefactoren voor bodemvocht en temperatuur worden wel berekend op dagbasis en achteraf gemiddeld tot een jaargemiddelde. Het effect van bijvoorbeeld extreem droge of natte zomers worden dus niet expliciet meegenomen, maar beïnvloeden wel het jaargemiddelde. De verwachting is dat veel beheertypen, behalve de extreem droge, zoals zandverstuiving, gevoelig zijn voor deze gevolgen van klimaatverandering.

De berekende pH wijkt zowel in de huidige als in de klimaatscenario's weinig af van de normen voor de beheertypen. Dit heeft te maken met het feit dat de zwaveldepositie succesvol bestreden is (Menza & Seip, 2004). Verzurende effecten als gevolg van extreme zomerdroogte kunnen niet worden meegenomen, omdat het model, zoals gezegd, uitspraken doet over een jaar. Oxidatieprocessen als gevolg van een lagere grondwaterstand worden wel meegenomen in SMART2 en spelen een rol in de berekende pH.

Grondwater

De GVG verandert door klimaatverandering nauwelijks, zodat de extra opgave nihil is. De gevolgen voor de GLG pakken minder gunstig uit. In de huidige situatie is er voor vrijwel alle gebieden met vochtige beheertypen een opgave tussen 20 en 100 cm (zie figuur 1). Voor moeras, hoogveen en vochtig hooiland is de opgave het grootst. Klimaatverandering leidt tot een extra opgave voor de vochtige beheertypen van zo'n 10-20 cm, veelal in dezelfde gebieden waar in de huidige situatie ook al problemen met de GLG zijn.

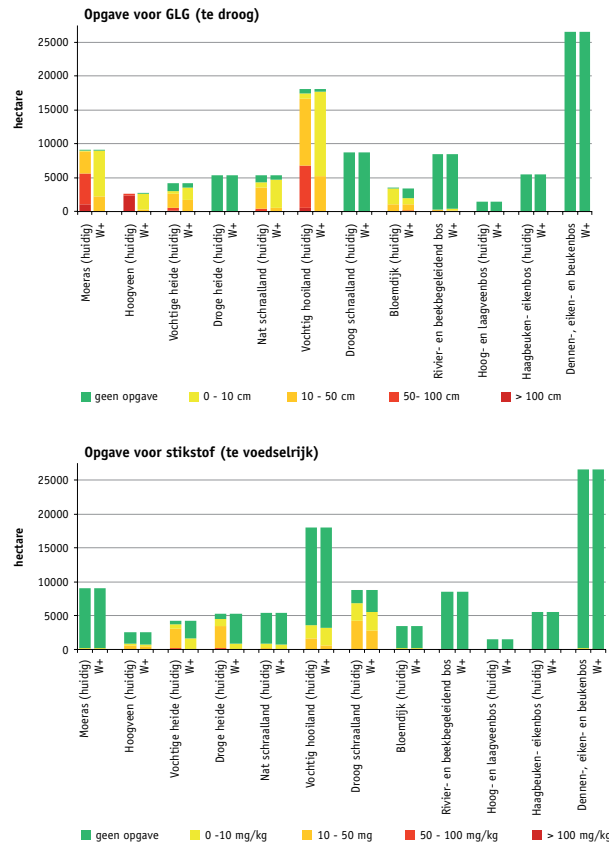
Hoewel de modelresultaten weinig verandering in de abiotische kwaliteit lieten zien voor de bossen, verwachten de stakeholders wel problemen in de waterhuishouding voor vochtige bossen. Een oorzaak kan zijn dat variatie tussen verschillende bostypen binnen een beheertype niet worden meegenomen in de analyse. De bostypen die aan de vochtige kant van het spectrum zitten, kunnen dan te gunstig ingeschat worden. Vanwege deze variatie is de inbreng van de stakeholders essentieel.

Stikstof

In de huidige situatie is de berekende NO_3 -waarde te hoog voor het grootste deel van de vochtige en droge heide en het droog schraalland en voor een deel van het hoogveen, nat schraalland en vochtig hooiland (figuur 2). De opgave ligt veelal tussen 10-50 mg/kg NO_3 . Door klimaatverandering komt er voor een deel van de gebieden een extra opgave bij. De oorzaak ligt voornamelijk in de toename van mineralisatie onder invloed van hogere temperaturen en verdroging. De opgave voor NO_3 wordt in het adaptatieplan meegenomen in maatregelen voor verschraling. Hoewel uit veel studies blijkt dat fosfaat ook van groot belang is voor de kwaliteit van natuur (Wassen et al., 2005), is het gedrag van fosfaat niet meegenomen bij de berekeningen, omdat de modellering van fosfaat tot nu toe geen bevredigende resultaten opleverde. Uit de database van vegetatieopnamen en bodemkenmerken (Wamelink et al., 2012) blijkt dat fosfaat geen betere indicator is voor het voorkomen van plantensoorten dan NO_3 (Wamelink et al., 2008).

Ruimtelijke samenhang

De bossen, met de eekhoorn als modelsoort, bestaan uit meerdere grotere en kleinere netwerken waartussen geen uitwisseling mogelijk is. Het meeschuiven van soorten met verschuivende klimaatzones is dus proble-



Figuur 1 opgave GLG voor beheertypen in de huidige situatie en bij het W⁺-scenario. De opgave is het verschil tussen de norm voor de beheertypen en de berekende GLG.

Figure 1 ground water level targets per management types in the current situation (left bar) and in scenario W⁺ (right bar). The target is the difference between the standard per management type and the calculated ground water level targets.

Figuur 2 opgave voor stikstof (NO_3) voor beheertypen in de huidige situatie en bij het W⁺-scenario. De opgave is het verschil tussen de norm voor beheertypen en berekende hoeveelheid stikstof.

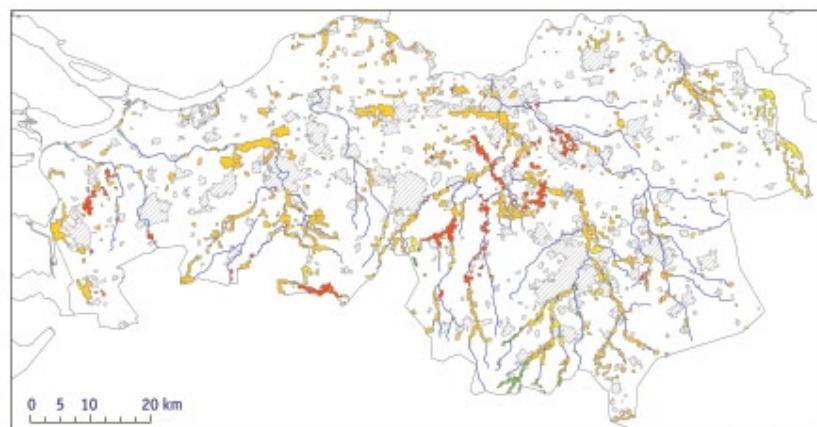
Figure 2 NO_3 targets per management types in the current situation (left bar) and in scenario W⁺ (right bar). The target is the difference between the standard per management type and the calculated NO_3 .

matisch. Echter, de geringe verandering in abiotische geschiktheid van de bossen door klimaatverandering leidt tot een minimale verandering van de ruimtelijke samenhang in het W⁺-scenario vergeleken met de huidige situatie.

De heidegebieden, met de heidevlinder als modelsoort, bestaan uit veel geïsoleerde en vaak kleine terreinen. Plekken die voldoende dicht bij elkaar liggen om uitwisseling van vlinders te hebben, vormen relatief kleine netwerken. Deze netwerken zijn van elkaar gescheiden door barrières van bossen, landbouwgebieden, infra-

Figuur 3 verandering in ruimtelijke samenhang van vochtige graslanden door klimaatverandering: verhouding tussen het aantal vlinders dat in een gebied kan binnenkomen vanuit andere gebieden (W* - senario (2050) ten opzichte van de huidige situatie).

Figure 3 change in spatial cohesion of moist grasslands caused by climate change: the ratio between the number of butterflies that reach each area (the climate scenario W* (2050) compared to the current situation).



bron: Alterra, 2011



structuur en stedelijk gebied. In de huidige situatie zijn veel randvoorwaarden al ongeschikt voor heidegebieden. Verdere achteruitgang van de randvoorwaarden door klimaatverandering leidt tot verdere achteruitgang van de abiotische kwaliteit, maar de draagkracht, zoals in dit onderzoek berekend, verandert niet. Waarschijnlijk is die dus onderschat. De vochtige graslanden, met het pimperlblauwtje als modelsoort, komen voornamelijk in beekdalen voor die vaak een zuid-noord ligging hebben. Ze vormen vaak netwerken, maar daarnaast zijn er ook veel kleinere geïsoleerde graslandgebieden. Binnen de beekdalen is onderlinge uitwisseling mogelijk. Omdat het echter om afzonderlijke netwerken gaat is het op grotere schaal meetrekken met verschuivende klimaatzones problematisch voor soorten van vochtige graslanden. Klimaatverandering leidt tot achteruitgang in abiotische kwaliteit. Hierdoor neemt de draagkracht af en daarmee de omvang van de populaties en is er minder uitwisseling

tussen de plekken in het netwerk. Het aantal netwerken blijft hetzelfde, maar de ruimtelijke samenhang neemt af (figuur 3).

Ontwerpsessies en ontwikkeling adaptatieplan

De stakeholders die betrokken waren bij de ontwerpssessies vertegenwoordigen de sectoren natuur, landbouw en water (beleidsmedewerkers water en natuur van de provincie, waterschappen, terreinbeherende organisaties en ZLTO). Zij hebben adaptatieplannen voor vochtige graslanden en moerassen, heide en bossen ontwikkeld met behulp van de vijf stappen die hiervoor beschreven zijn.

• Vochtige graslanden en moeras

Het adaptatieplan voor vochtige graslanden en moerassen (figuur 4) sluit aan op de plannen voor een internationale moerascorridor (Vonk et al., 2010). De stakeholders gaven aan dat alle TOP-gebieden (Natte Natuurparels) prioritair gebieden zijn, vanwege de grote biodiversiteitwaarden (Wallis de Vries et al., 2010). Binnen de beekdalen wordt gestreefd naar de ontwikkeling van gradiënten en ruimtelijke samenhang. Er is gekeken welke opgaven er liggen in prioritair gebieden voor anti-verdroging (GLG) en verschralling (NO_3). Onderdeel van de anti-verdrogingmaatregelen is het herstellen van grondwateraanvulling in inzijgingsgebieden op de hogere zandgronden. De nadruk bij de diverse maatregelen ligt op de integrale aanpak van verdroging en vermessing in de beekdalen. Sommige verbindingzones zijn onderbroken en enkele prioritair gebieden liggen geïsoleerd. Maar als alle ecologische verbindingzones uit het provinciale waterplan worden gerealiseerd, zijn de meeste prioritair gebieden met elkaar verbonden.

• Bos en heide

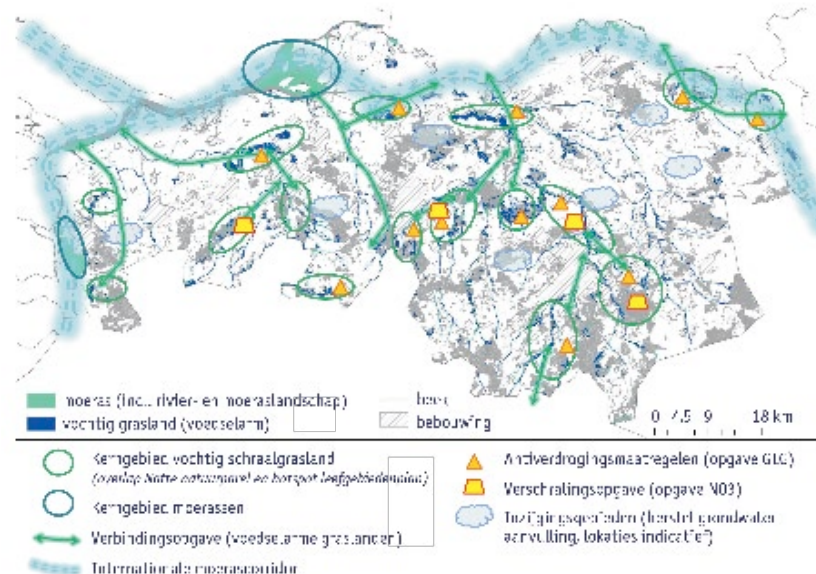
Omdat heide en bos ruimtelijk en abiotisch sterk overlappen, zijn de adaptatiestrategieën geïntegreerd tot één adaptatieplan (figuur 5).

Wat betreft heide is gekozen voor een aantal clusters met een relatief hoge dichtheid die deels grensoverschrijdend met België zijn (zie ook Vonk et al., 2010). De huidige biodiversiteitshotspots voor heide- en hoogveengebieden liggen daar binnen. De stakeholders vonden het niet reëel om voor heide een aaneengesloten corridor te ontwikkelen. Wel kan het adaptief vermogen binnen de clusters versterkt worden. 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. Een ander aandachtspunt is het verbeteren van de ruimtelijke samenhang binnen de clusters, door gebieden te vergroten en met elkaar te verbinden. Ook worden maatregelen voorgesteld om de standplaatscondities te verbeteren. Een deel van de maatregelen is reeds in uitvoering, bijvoorbeeld anti-verdrogingsmaatregelen en planning van ecoducten.

Voor de bossen wordt grensoverschrijdende aansluiting gezocht in Limburg en Duitsland, zodat meeschuiven van soorten met verschuivende klimaatzones gefaciliteerd wordt. Versterken of herstellen van kwelstromen is voor vochtige bossen cruciaal. Daarnaast is versterken van de heterogeniteit van bossen gewenst om de veerkracht te vergroten. De afzonderlijke netwerken van bossen zijn vrij groot, maar hebben onderling weinig mogelijkheden voor uitwisseling van soorten. Om het meetrekken van soorten met verschuivende klimaatzones mogelijk te maken zijn extra maatregelen nodig. De verdere ontwikkeling van de groene dooradering biedt hier goede kansen.

Conclusies

De veranderingen in abiotiek en ruimtelijke samenhang door klimaatverandering leiden tot extra opgaven bovenop de opgave in de huidige situatie. Beheertypen



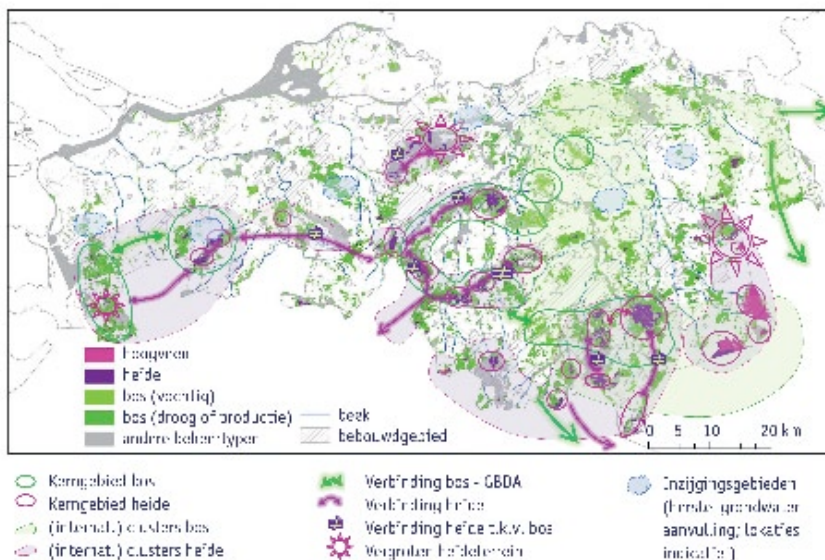
Figuur 4 adaptatieplan voor vochtige graslanden en moerassen.

Figure 4 adaptation plan for moist grasslands and marshlands.

die in de huidige situatie al een grote opgave wat betreft abiotische kwaliteit hebben, zijn vaak ook de typen waar de extra opgave door klimaatverandering het grootst is. Dat geldt vooral voor de vochtige en voedselarme beheertypen, zoals natte graslanden en natte heiden.

Met name bij de graslanden zien we ook een achteruitgang in de ruimtelijke samenhang door daling van de abiotische kwaliteit. Voor alle ecosystemen neemt het belang van ruimtelijke samenhang echter toe, om mee te kunnen schuiven met verschuivende klimaatzones en vanwege het herstellervermogen na verstoringen.

Door de stakeholders zijn adaptatieplannen ontwikkeld die afgestemd zijn op de Brabantse situatie en die gebruik maken van een op de provincie toegespitste beoordeling van de invloed van klimaatverandering. Ze dragen bij aan de klimaatbestendigheid van de natuur in Noord-Brabant.



Figuur 5 adaptatieplan voor bossen en heide.

Figure 5 adaptation plan for forests and heathlands.

De verwachting is dat het stappenplan breder toepasbaar is dan alleen in Noord-Brabant. De generieke toepassing wordt mogelijk gemaakt door de gestructureerde aanpak, die na het identificeren van structuren op grote schaal steeds verder inzoomt op te nemen maatregelen. De basis van waaruit gewerkt wordt, is de analyse van verwachte veranderingen in abiotische en ruimtelijke kwaliteit, met input van modelsimulaties en expert kennis van stakeholders. Per provincie zullen zowel de verwachte veranderingen als de invulling van de adaptatiestrategie verschillen (Vonk et al., 2010; Besse-Lototskaya et al., 2011), vanwege verschillen in ondergrond, ruimtelijke kwaliteit en lopend beleid. De effectiviteit van het adaptatieplan is naar verwachting vergroot door de betrokkenheid van de stakeholders.

Dank

De provincie Noord-Brabant financierde het project waarop dit artikel gebaseerd is. We bedanken de Brabantse Waterschappen, de provincie Noord-Brabant, het Landschapsbeheer Brabant, Staatsbosbeheer, en ZLTO voor hun constructieve deelname aan de workshops. Het Kennis voor Klimaat-programma CARE maakte het schrijven van dit artikel mede mogelijk.

Summary

Climate change and nature: the development of a provincial adaptation plan

Willemien Geertsema, Claire Vos, Wieger Wamelink, Hans Baveco & Janet Mol-Dijkstra.

Climate change, stakeholders, province Noord-Brabant, abiotic conditions, spatial cohesion

Climate change has direct and indirect consequences for plant and animal species. Land use adaptation plans enable ecosystems to cope with these consequences. We developed a participative method to design spatially explicit adaptation plans with stakeholders. The basis of the adaptation plan is an analysis of the consequences of climate change on abiotic conditions and spatial cohesion. The method is generic applicable at the regional to provincial scale. The application in the province of Noord-Brabant is presented here.

Literatuur

Berry, P.M., A.P. Jones, R.J. Nicholls & C.C. Vos (eds.) 2007. Assessment of the vulnerability of terrestrial and coastal habitats and species in Europe to climate change, Annex 2 of Planning for biodiversity in a changing climate - BRANCH project Final Report. UK. Natural England.



Foto **Jerry van Dijk** jerry-vandijk.com. Hermeandering van de Tungelroyse Beek om meer water te kunnen vasthouden en ecologische verbindingen te herstellen.

Besse-Lototskaya, A.A., W. Geertsema, A. Griffioen, M. van der Veen & P. Verdonchot, 2011. Natuurdoelen en klimaatverandering, State-of-the-Art. Alterra-rapport 2135. Wageningen. Alterra-Wageningen UR.

Bodegom, P. van, J. Verboom, F. Witte, C. Vos, R. Bartholomeus, A. Cormont, W. Geertsema & M. van der Veen, 2011. Vochtige ecosystemen kwetsbaar - Klimaat effecten in Nederland. Landschap 2011/2: 93-103.

Devictor, V., R. Julliard, D. Couvet & F. Jiquet, 2008. Birds are tracking climate warming, but not fast enough. Proc R Soc B 275:2743–2748.

Ek, R. van (ed.), G. Janssen, M. Kuijper, A. Veldhuizen, W. Wamelink, J. Mol, A. Groot, P. Schipper, J. Kroes, I. Supit, E. Simmelink, F. van Geer, P. Janssen, J. van der Sluijs & J. Bessembinder, 2012. NMDC-Innovatieproject van Kritische zone tot Kritische Onzekerheden: case studie Baakse beek, NMDC rapport 1205952.

Van der Gaast, J.W.J., H.Th.L. Massop & H.R.J. Vroon, 2009. Effecten van klimaatverandering op de watervraag in de Nederlandse groene ruimte; Analyse van de waterbeschikbaarheid rekening houdend met de freatische grondwaterstand en bodem. Alterra-rapport 1791. Wageningen. Alterra-Wageningen UR.

Geertsema, W., H. Baveco, J. Mol, W. Wamelink, J.W. van Veen & C.C. Vos, 2011. Natuur en Klimaat Noord-Brabant; Concretisering Effecten en Adaptatiemaatregelen. Alterra-rapport 2273. Wageningen. Alterra-Wageningen UR.

Hurk, B. van den, A. Klein Tank, G. Lenderink, A. van Ulden, G.J. van Oldenborgh, C. Katsman, H. van den Brink, F. Keller, J. Bessembinder, G. Burgers, G. Komen, W. Hazeleger & S. Drijfhout, 2006. KNMI climate changes scenarios 2006 for the Netherlands. Rapportnummer WR 2006-01. De Bilt. KNMI.

- Kros, J., 2002.** Evaluation of biogeochemical models at local and regional scale. Wageningen, PhD thesis Wageningen University.
- Menza, F.C. & H.M. Seip, 2004.** Acid rain in Europe and the United States: an update. *Environmental Science & Policy* 7: 253–265.
- Mol-Dijkstra, J.P. & J. Kros, 2001.** Modelling effects of acid deposition and climatic change on soil and run-off chemistry at Risdalsheia, Norway. *Hydrology and Earth System Sciences*, 5:487-498.
- Provincie Noord-Brabant, 2010a.** Natuurbeheerplan 2011 Provincie Noord Brabant.
- Provincie Noord-Brabant, 2010b.** Provinciaal Waterplan Noord-Brabant 2010-2015.
- Schippers, P., J. Verboom, J.P. Knaapen & R.C. van Apeldoorn, 1996.** Dispersal and habitat connectivity in complex heterogeneous landscapes: an analysis with a GIS based random walk model. *Ecography* 19: 97-106.
- Schippers, P., J. Verboom, C.C. Vos & R. Jochem, 2011.** Metapopulation survival of woodland birds under climate change. Will species be able to track? *Ecography* 34: 909-919.
- Schouwenberg, E.P.A.G., H. Houweling, M.J.W. Jansen, J. Kros & J.P. Mol-Dijkstra, 2000.** Uncertainty propagation in model chains: a case study in nature conservancy, Alterra-rapport 001. Wageningen. Alterra.
- Verboom, J., P. Schippers, A. Cormont, M. Sterk, C.C. Vos & P. Opdam, 2010.** Population dynamics under increasing environmental fluctuations; implications of climate change for ecological network design criteria. *Landscape Ecology* 25:1289–1298.
- Vliet, A.J.H. van, 2008.** Monitoring, analysing, forecasting and communicating phenological changes. Wageningen. Wageningen University.
- Vonk, M., C.C. Vos & D.J. van de Hoek, 2010.** Adaptatiestrategie voor een klimaatbestendige natuur. Den Haag/Bilthoven. Planbureau voor de Leefomgeving (PBL).
- 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.
- Wallis de Vries, M., I. Wynhoff, R. Zollinger, E. Brouwer, R. van der Burg, G.-J. van Duinen, P. Frigge & T. Termaat, 2010.** Van Appellussula tot Zompsprinkhaan: Leefgebiedenplan voor Soortenbescherming op de Zandgronden in Noord-Brabant.
- Wamelink, G.W.W., M.H.C. van Adrichem & H.F. van Dobben, 2008.** Test voor het berekenen van de milieutekorten voor habitattypen in de provincie Gelderland. Alterra-rapportnummer 1836. Wageningen. Alterra.
- Wamelink, G.W.W., H.F. van Dobben & F. Berendse, 2009a.** Vegetation succession as affected by decreasing nitrogen deposition, soil characteristics and site management: A modelling approach. *Forest Ecology and Management* 258 (2009) 1762–1773.
- Wamelink, G.W.W., R. Wieggers, G.J. Reinds, J. Kros, J.P. Mol-Dijkstra, M. van Oijen & W. de Vries, 2009b.** Modelling impacts of changes in carbon dioxide concentration, climate and nitrogen deposition on carbon sequestration by European forest and forest soils. *Forest Ecology and Management* 258: 1794–1805.
- Wamelink, G.W.W., H.J.J. Wieggers, J.C.H. Voogd & J.P. Mol-Dijkstra, 2011a.** Klimaatbestendigheid van de EHS 2. Simulatieruns met de modellen NHI-SMART2-SUM02 voor klimaat-scenario’s. Alterra-rapportnummer 2136. Wageningen. Alterra.
- Wamelink, G.W.W., M.H.C. van Adrichem, J.Y. Frissel & R. Wegman, 2011b.** Een nieuwe, eenvoudige manier om de bodemkwaliteit van natuurgebieden te bepalen. Alterra rapport 2214. Wageningen. Alterra.
- Wamelink, G.W.W., M.H.C. van Adrichem, H.F. van Dobben, J.Y. Frissel, M. den Held, V. Joosten, A.H. Malinowska, P.A. Slim & R.J.M. Wegman, 2012.** Vegetation relevés and soil measurements in the Netherlands; a database. *Biodiversity and Ecology* 4:125-132.
- Wassen, M.J., H. Olde Venterink, E.D. Lapshina & F. Tanneberger, 2005.** Endangered plants persist under phosphorus limitation. *Nature* 437, 547-550.
- Witte, J.P.M., J. Runhaar & R. van Ek, 2009.** Ecohydrologische effecten van klimaatverandering op de vegetatie in Nederland. KWR-rapport 2009.032.