



# Natuur en Klimaat in Noord-Brabant

Concretisering Effecten en Adaptatiemaatregelen

Alterra-rapport 2273  
ISSN 1566-7197

Willemien Geertsema, Hans Baveco, Janet Mol, Wieger Wamelink, Jan Willem van Veen en Claire Vos





---

## Natuur en Klimaat in Noord-Brabant

---

---

Dit onderzoek is uitgevoerd binnen het kader van een projectopdracht van de provincie Noord-Brabant  
Projectcode 5238407-01

---

---

# Natuur en Klimaat in Noord-Brabant

Concretisering Effecten en Adaptatiemaatregelen

Willemien Geertsema<sup>1</sup>, Hans Baveco<sup>1</sup>, Janet Mol<sup>1</sup>, Wieger Wamelink<sup>1</sup>, Jan Willem van Veen<sup>2</sup> en Claire Vos<sup>1</sup>

1 Alterra Wageningen UR

2 DHV

## **Alterra-rapport 2273**

Alterra, onderdeel van Wageningen UR  
Wageningen, 2011



## Referaat

Geertsema, W., J.M. Baveco, J.P. Mol, G.W.W. Wamelink, J.W. van Veen en C.C. Vos, 2011. Natuur en Klimaat Noord-Brabant., Concretisering effecten en adaptatie. Wageningen, Alterra, Alterra-rapport 2273. 104 blz.; 50 fig.; 9 tab.; 5 foto's; 25 ref.

De gevolgen van klimaatverandering op de terrestrische natuur en mogelijke adaptatiemaatregelen zijn in dit rapport geconcretiseerd voor de provincie Noord-Brabant. Modelleren van interactie tussen bodem en vegetatie onder invloed van klimaatverandering maakt knelpunten in abiotische kwaliteit zichtbaar. Deze resultaten van abiotische modellering zijn gebruikt als input in de modellering van de uitwisseling van dieren tussen natuurgebieden. Hiermee komen sterke en kwetsbare plekken in de ruimtelijke samenhang naar voren. Met hulp van vertegenwoordigers van de praktijk van natuurbescherming in Brabant is gewerkt aan adaptatiestrategieën. Voor vochtige graslanden, heidesystemen en bossen zijn adaptatiestrategieën ontwikkeld, met beheermaatregelen voor verbetering van abiotische kwaliteit tot ruimtelijke maatregelen voor verbetering van ruimtelijke samenhang op regionaal tot internationaal niveau. Bestaand beleid en beheer voor natuur in Noord-Brabant sluit goed aan op de nieuwe opgaven door klimaatverandering.

Trefwoorden: Klimaatverandering, natuur, abiotische kwaliteit, ruimtelijke samenhang, adaptatiestrategieën, ecologische verbindingzones, klimaatcorridor, natuurbeleid, Noord-Brabant.

Foto's omslag: Peter Voorn (Natuurmonumenten)

ISSN 1566-7197

Dit rapport is gratis te downloaden van [www.alterra.wur.nl](http://www.alterra.wur.nl) (ga naar 'Alterra-rapporten'). Alterra Wageningen UR verstrekt geen gedrukte exemplaren van rapporten. Gedrukte exemplaren zijn verkrijgbaar via een externe leverancier. Kijk hiervoor op [www.rapportbestellen.nl](http://www.rapportbestellen.nl).

© 2011 Alterra (instituut binnen de rechtspersoon Stichting Dienst Landbouwkundig Onderzoek)  
Postbus 47; 6700 AA Wageningen; [info.alterra@wur.nl](mailto:info.alterra@wur.nl)

- Overname, verveelvoudiging of openbaarmaking van deze uitgave is toegestaan mits met duidelijke bronvermelding.
- Overname, verveelvoudiging of openbaarmaking is niet toegestaan voor commerciële doeleinden en/of geldelijk gewin.
- Overname, verveelvoudiging of openbaarmaking is niet toegestaan voor die gedeelten van deze uitgave waarvan duidelijk is dat de auteursrechten liggen bij derden en/of zijn voorbehouden.

Alterra aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele schade voortvloeiend uit het gebruik van de resultaten van dit onderzoek of de toepassing van de adviezen.

### **Alterra-rapport 2273**

Wageningen, December 2011

# Inhoud

Samenvatting	7
1 Inleiding	13
1.1 Achtergrond	13
1.2 Klimaatverandering en natuur	13
1.2.1 Klimaatscenario's	13
1.2.2 Effecten op natuur	14
1.2.3 Klimaatadaptatie voor natuur	16
1.3 Doel van het project	16
1.4 De situatie in Noord-Brabant	17
1.4.1 Natuurkwaliteiten	17
1.4.2 Beleid	18
1.5 Opbouw rapport	18
2 Methoden	21
2.1 Gecombineerde analyse abiotiek en ruimtelijke samenhang	21
2.2 Modelleren abiotische kwaliteit	22
2.3 Modelleren ruimtelijke samenhang	23
2.4 Concretiseren adaptatie	25
2.5 Bestaande kennis over effecten en adaptatie	25
3 Effecten klimaat op natuur	27
3.1 Directe en indirecte effecten klimaatverandering op natuur	27
3.2 Verandering kwaliteit standplaatscondities (indirecte effecten)	28
3.2.1 Introductie	28
3.2.2 Effecten op abiotische kwaliteit	28
3.2.3 Gevolgen voor geschiktheid voor beheertypen	29
3.2.4 Opgave abiotische kwaliteit	36
3.2.5 Bestaande en geplande herstel- en beheermaatregelen	47
3.2.6 Conclusies abiotische verandering	48
3.3 Effecten klimaat op soorten en kwaliteit ruimtelijke samenhang	49
3.3.1 Introductie	49
3.3.2 Effecten op soorten en ruimtelijke samenhang	50
3.3.3 Resultaten modellering ruimtelijke samenhang	52
3.3.4 Opgave ruimtelijke kwaliteit door klimaatverandering	60
3.3.5 Bestaande en voorgenomen maatregelen ruimtelijke samenhang	61
3.3.6 Conclusies ruimtelijke samenhang	62

4	Adaptatiemaatregelen	65
4.1	Introductie	65
4.2	Adaptatiestrategie klimaatbestendige natuur	65
4.3	Noord-Brabant: internationale context	67
4.4	Concretisering adaptatiestrategieën	71
4.4.1	Aanpak in workshops	71
4.4.2	Vochtige graslanden	72
4.4.3	Heide en bos	74
4.4.4	Monitoring en adaptief beheer en beleid	77
5	Conclusies	79
	Literatuur	83
Bijlage 1	Ambitiekaart 'Beleidssituatie 2018'	85
Bijlage 2	Modelbeschrijving: SMART2-SUMO	87
Bijlage 3	Verandering abiotische kwaliteit	95
Bijlage 4	Ruimtelijk model Gridwalk	99



# Samenvatting

Dit rapport gaat over de effecten van klimaatverandering op de natuur in Noord-Brabant en adaptatiestrategieën die ingezet kunnen worden om met die effecten om te gaan. De provincie Noord-Brabant kan de resultaten gebruiken om adaptatiemaatregelen te implementeren.

Het klimaat verandert wereldwijd, in Nederland betekent dit op hoofdlijnen gemiddeld hogere temperaturen, nattere winters, drogere of nattere zomers (afhankelijk van het klimaatscenario) en grotere kans op extreme weersomstandigheden (langdurig droog, hittegolven of extreme neerslag).

De gevolgen van klimaatverandering op natuur zijn in grote lijnen bekend. Standplaatsfactoren en interacties tussen soorten veranderen. Problemen met verdroging en vermessing nemen toe door hogere temperaturen en minder neerslag. Vooral voor ecosystemen van voedselarme en vochtige systemen is dit een probleem.

Toegenomen extremen in weersomstandigheden leiden tot heftiger fluctuaties in populatiegrootte. Vooral kleine populaties zijn hiervoor gevoelig. Door opwarming en veranderingen in neerslagpatronen verschuiven geschikte klimaatzones richting het noorden. Om mee te kunnen schuiven met veranderende klimaatzones is ruimtelijke samenhang tussen leefgebieden op grote schaal van belang.

Doel van dit project is de provincie Noord-Brabant van kennis te voorzien die helpt bij het implementeren van adaptatiemaatregelen om de gevolgen van klimaatverandering op natuur op te vangen.

Om dit doel te bereiken, wordt gezocht naar antwoorden op de volgende vragen:

- Hoe kunnen effecten en maatregelen voor de provincie gespecificeerd worden: waar treden welke effecten op, in welke mate en waar liggen de grootste knelpunten?
- Zitten de huidige maatregelen in het natuurbeleid, zowel die in uitvoering zijn als die voorgenomen zijn, op de juiste weg om effecten op te vangen?
- Waar zijn extra maatregelen nodig en hoe groot is de extra opgave door klimaatverandering?

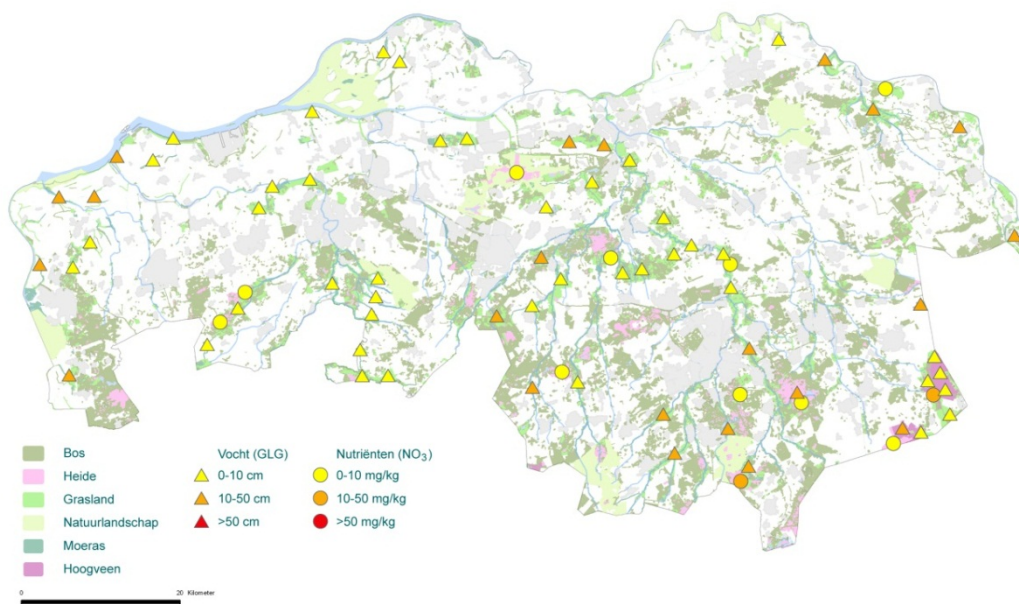
Het project heeft als tijdschikhorizon 2050 en zoomt in op twee klimaatscenario's W en W+. De gevolgen van klimaatverandering op de natuur in Noord-Brabant worden in kaart gebracht aan de hand van beheertypen, uit de Index Natuur en Landschap. De gevolgen van klimaatverandering op de abiotische kwaliteit is in kaart gebracht door veranderingen in vocht ('GVG' = gemiddelde voorjaarsgrondwaterstand en 'GLG' = gemiddelde laagste grondwaterstand), nutriënten (NO<sub>3</sub>) en pH te berekenen voor grids van 250x250m, waar natuur gepland is. GVG en GLG waren afkomstig uit al beschikbare resultaten uit andere studies. NO<sub>3</sub> en pH zijn voor deze studie berekend met het model SMART-SUMO, dat de interactie tussen bodem en vegetatie onder invloed van klimaatverandering simuleert. De waarden voor vocht, nutriënten en pH worden berekend, waarbij wordt uitgegaan van standaardbeheer. Voor ieder grid is bepaald wat de gewenste waarde van de abiotische kenmerken is. Het aantal abiotische kenmerken dat in orde is, is een maat van geschiktheid. Het verschil tussen berekende waarden en gewenste waarden is de opgave die per grid te berekenen is. Voor 2010 is dat de 'huidige opgave'. De extra opgave die er tot 2050 bijkomt, wordt de 'extra opgave door klimaatverandering' genoemd.

Uit de berekeningen blijkt dat de abiotische kenmerken voor vochtige en/of voedselarme beheertypen zelden allemaal in orde zijn. Vooral voedselarme en vochtige beheertypen zoals hoogveen, vochtige heide en schraalgraslanden hebben problemen, ook in de huidige situatie. Voor beheertypen in bossen zijn de abiotische

randvoorwaarden regelmatig alle in orde. Door klimaatverandering neemt het aantal grids waarvoor meerdere randvoorwaarden niet in orde zijn toe, vooral voor de beheertypen die ook in de huidige situatie veel grids hebben waar meerdere randvoorwaarden niet in orde zijn. Vocht en nutriënten vormen het meest frequent een probleem. Er zijn kleine verschillen tussen de twee klimaatscenario's W en W+. In het W+-scenario zijn de problemen met vocht en nutriënten groter dan in het W-scenario, vooral voor Vochtige heide, Nat schraalland en Droog schraalland. De goede kwaliteit die voor bossen berekend wordt, is waarschijnlijk een overschatting. De beheertypen van bossen zijn namelijk zodanig gedefinieerd in de Index NL dat er binnen één beheertype nog veel variatie aanwezig is. Zowel bostypen die gevoelig zijn voor verdroging als typen die daar veel beter tegen kunnen, worden bijvoorbeeld tot de rivier- en beekbegeleidende bossen gerekend. De berekeningen die wij hebben uitgevoerd, nemen deze verschillen niet mee. Er worden uitspraken gedaan voor de kwaliteit voor het gemiddelde van een beheertype, die kan in orde zijn, terwijl het voor de meer kwetsbare subtypen niet in orde is.

In 2010, de uitgangssituatie die in de modelberekeningen gebruikt wordt, voldoet de abiotische kwaliteit op veel plekken niet aan alle randvoorwaarden van de beheertypen, zoals berekend door SMART-SUMO. Vochtige en voedselarme beheertypen hebben dan op veel plekken omstandigheden die te droog en/of te voedselrijk zijn. Te droog geldt bijvoorbeeld voor vrijwel alle Veenmosrietland en moerasheide, Hoogveen, Vochtige heide en Nat schraalland. Vooral vochtige en voedselarme beheertypen ondervinden negatieve gevolgen van verandering in kwaliteit door klimaatverandering. Voor Vochtige heide, Vochtige schraalgraslanden, Hoog- en laagveenbossen gaat de kwaliteit door klimaatverandering op veel locaties achteruit. Vooral de veranderingen in vocht en NO<sub>3</sub> leiden tot achteruitgang van de abiotische kwaliteit voor deze typen (Figuur S1 voor ruimtelijke weergave van de extra opgaven door klimaatverandering).

**Extra opgaven door klimaatverandering**  
2050 W+



**Figuur S1**

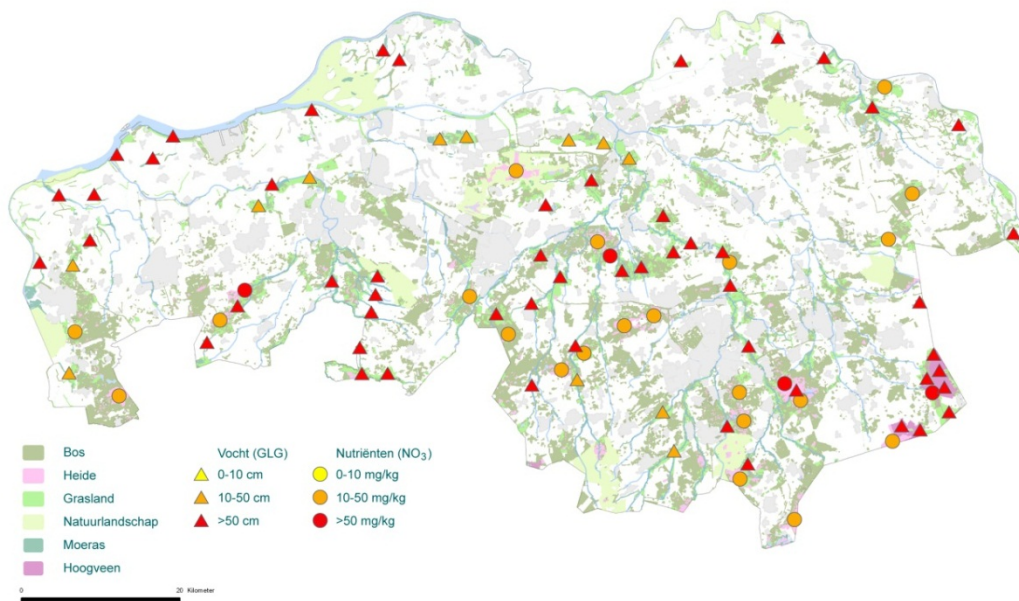
Illustratie van de ligging van de belangrijkste opgaven voor vocht en nutriënten. De figuur toont de extra opgave door klimaatverandering (W+, 2050).

De extra opgave die door klimaatverandering op de beheertypen afkomt, is een stuk kleiner dan de huidige opgave om van de situatie 2010 naar de gewenste situatie 2018 te komen. Voor GVG komt er geen extra opgave bij (was zo'n 10-50 cm). Voor GLG komt er wel een extra opgave bij, die bedraagt bij klimaatverandering zo'n 5-20 cm (ten opzichte van zo'n 20-100 cm voor 2010-2018). Ook de extra opgave door klimaatverandering voor NO<sub>3</sub> is kleiner dan de huidige opgave (2010-2018), namelijk zo'n 5-20 mg/kg (huidige opgave was zo'n 5-50 mg/kg) . Voor pH komt er vooral voor de graslanden op een deel van het oppervlakte nog een extra opgave bij die op de meeste plekken maximaal 1 pH eenheid groot is.

De randvoorwaarden voor een aantal droge typen veranderen in gunstige zin. De randvoorwaarden worden gunstiger voor Droge heide en Zandverstuivingen. Dit wordt grotendeels verklaard door verbeterde vochtomstandigheden in het voorjaar en afname van het NO<sub>3</sub>-gehalte doordat mineralisatie en daarmee de voedselrijkdom afneemt door hogere GVG. In die situaties waarin de opgave voor NO<sub>3</sub> door klimaatverandering afneemt, zullen de vochtiger voorjaarsomstandigheden de toename van mineralisatie door hogere temperaturen waarschijnlijk hebben gecompenseerd.

De opgaven concentreren zich in een aantal gebieden, zoals de Loonse en Drunense duinen, Kampina, Moerputten & Vlijmens Ven, Strabrechtse Heide, Mariapeel, Grote Peel, Strabrechtse heide, de Pannenhoef, Strijbeekse heide en de beekdalen van de Dommel en de Beerze (Figuur S2).

#### Totale opgaven



#### Figuur S2

Illustratie van de ligging van de belangrijkste opgaven voor vocht en nutriënten. De figuur toont de totale opgaven, dus de huidige opgave en de extra opgave door klimaatverandering die daar bij komt (W+, 2050).

De provincie Noord-Brabant heeft beleid waarin is voorzien in het herstel en de ontwikkeling van waardevolle natuurgebieden. Daarin wordt ingezet op zowel abiotische kwaliteit als ruimtelijke samenhang. Op hoofdlijnen is

in de Structuurvisie Ruimtelijke Ordening beschreven waar de Ecologische Hoofdstructuur als centrale structuur voor de natuur met daarom heen multifunctionele gebieden waarin landbouw en natuur in mozaïeken voorkomen. Voor verbetering van de abiotische kwaliteit spelen de Natte Natuurparels een belangrijke rol. Dit zijn gebieden die afhankelijk zijn van een goede waterhuishouding en een hoge natuurwaarde hebben (soortenrijkdom of zeldzaamheid). Ook het leefgebiedenplan voor soortenbescherming beschrijft een raamwerk voor beschermende maatregelen voor soortenrijke gebieden in Noord-Brabant. De voorgenomen en alin uitvoering zijnde plannen werken aan het oplossen van de problemen die in dit rapport gesignaleerd worden en zijn dus op de goede weg. Verdere uitvoering van de voorgenomen plannen is cruciaal. Extra inspanningen door de extra opgaven door klimaatverandering is echter essentieel. Daarbij valt te denken aan verder robuust maken van het watersysteem, met aandacht voor het regionaal vasthouden van water, vertragen van de afvoer en stimuleren van grondwateraanvulling. Terugdringen van voedselrijkdom gaat voor een deel samen met het tegengaan van verdroging, omdat mineralisatie zuurstof nodig heeft. Bij verhoogde grondwaterstanden neemt de mineralisatie en beschikbaarheid van voedingsstoffen af. Daarnaast blijven extra maatregelen voor het afvoeren van nutriënten noodzakelijk.

De resultaten van de abiotische analyses hebben we gebruikt om de verandering in geschiktheid van gebieden mee te kunnen nemen in de ruimtelijke analyses. Minder geschikte gebieden kunnen minder grote populaties herbergen, waardoor er ook minder uitwisseling van individuele dieren en planten tussen gebieden zal plaatsvinden. Gebieden raken door slechtere kwaliteit dus meer geïsoleerd. De mate van uitwisseling tussen gebieden is in deze studie berekend als maat voor de ruimtelijke kwaliteit. Dit is voor drie belangrijke ecosystemen in Noord-Brabant uitgevoerd, aan de hand van voorbeeld-soorten. Deze soorten staan model voor meerdere soorten in de ecosystemen. De ruimtelijke samenhang is gemodelleerd voor vochtige graslanden, heidesystemen en (droge) bossen. Voor de graslanden en heide zijn vlindersoorten als indicatorsoort gebruikt, voor bossen de eekhoorn.

Voor een landelijk opgestelde adaptatiestrategie zijn drie pijlers geïdentificeerd, die ook voor Brabant relevant zijn: 1. Ruimtelijke samenhang vergroten (van regionaal tot internationaal); 2. Heterogeniteit en gradiënten vergroten; 3. Standplaatscondities verbeteren. De mate waarin de pijlers voor vochtige graslanden, heide of bossen effectief zijn, verschilt per ecosysteem.

Uit de ruimtelijke analyse van de vochtige graslanden blijkt dat de ruimtelijke samenhang in de huidige situatie (2010) vrij sterk is. Er is op kleine schaal veel uitwisseling tussen gebieden, vooral langs de beekdalen liggen kralensnoeren van gebieden met sterke ruimtelijke samenhang. Een aantal meer geïsoleerde gebieden in het noordwesten heeft weinig uitwisseling met de omgeving en heeft een zwakke ruimtelijke samenhang. Over de hele provincie genomen zijn er wel veel onderbrekingen tussen de afzonderlijke gebieden. Dus op kleine schaal is er wel samenhang, maar op grotere schaal veel minder. De mogelijkheden voor planten en dieren om hun areaal aan te passen aan verschuivende zones van geschikt klimaat zijn daardoor beperkt. Door klimaatverandering neemt de ruimtelijke kwaliteit bovendien af, omdat er minder uitwisseling is tussen gebieden.

In de verbetering van ruimtelijke samenhang vochtige graslanden spelen beekdalen een cruciale rol, vooral voor de voedselarme vochtige graslanden. De beekdalen vormen natuurlijke structuren die van zuid naar noord lopen. Inzetten op een goede abiotische en hydrologische kwaliteit, uitbreiden van bestaande graslanden met nieuwe gebieden (de Ambitiekaart 2018 volgend), en realiseren van ecologische verbindingzones zijn cruciaal voor deze gebieden.

Internationale aansluiting van beekdalen is mogelijk richting België. Vlak over de grens met België liggen beken en riviertjes die kunnen zorgen voor grensoverschrijdende robuuste eenheden.

Voedselrijkere vochtige graslanden zijn gebaat bij aansluiting op de internationale klimaatcorridor voor moerassen. De Biesbosch en Markizaat vormen hierin belangrijke kerngebieden. We bevelen aan om de voedselrijkere graslanden en kleine moerasgebieden in het westelijke en noordelijke deel van de provincie via ecologische verbindingszones te verbinden met de moerascorridor (figuur S2).

De ruimtelijke analyse van heidegebieden laat zien dat slechts enkele grote gebieden een sterke ruimtelijke samenhang hebben, door veel uitwisseling van soorten met de omgeving, bijvoorbeeld Kampina en Oisterwijkse vennen, Loonse en Drunense heide, Strabrechte heide, Oirschotse heide, Zundertsche schijf, Eldersche gronden en Brabantse Wal. Erg veel gebieden zijn echter geïsoleerd en hebben weinig uitwisseling met de omgeving. Ook in de huidige situatie hebben populaties in heidegebieden dus problemen met duurzaam voortbestaan. Dit probleem wordt niet heel veel groter door klimaatverandering, omdat de kwaliteit (en dus de draagkracht) van droge heide iets verbeterd, maar die van natte heide iets verder verslechterd. Voor heide ligt er dus een opgave om ook op regionale schaal, rondom de sterke gebieden de ruimtelijke samenhang te versterken.

Heidegebieden zijn in Nederland, maar ook in België en Duitsland sterk versnipperd. Verhogen van de abiotische en ruimtelijke kwaliteit van heide binnen clusters versterkt de robuustheid van de gebieden. In robuuste systemen zijn populaties groot genoeg om schommelingen in populatiegrootte door extremen in weersomstandigheden op te vangen. Bovendien is er voldoende uitwisseling van planten en dieren tussen gebieden om verschuivingen van de zone met een geschikt klimaat richting het noorden te kunnen volgen. Ontwikkeling van heidecorridors of -stapstenen is ook mogelijk door het omzetten van stukjes van droge bossen in heidegebieden, zodat heidegebieden niet langer geïsoleerd zijn door bossen. Internationale aansluiting van de gebieden in Brabant kan gezocht worden met een aantal grote gebieden in België.

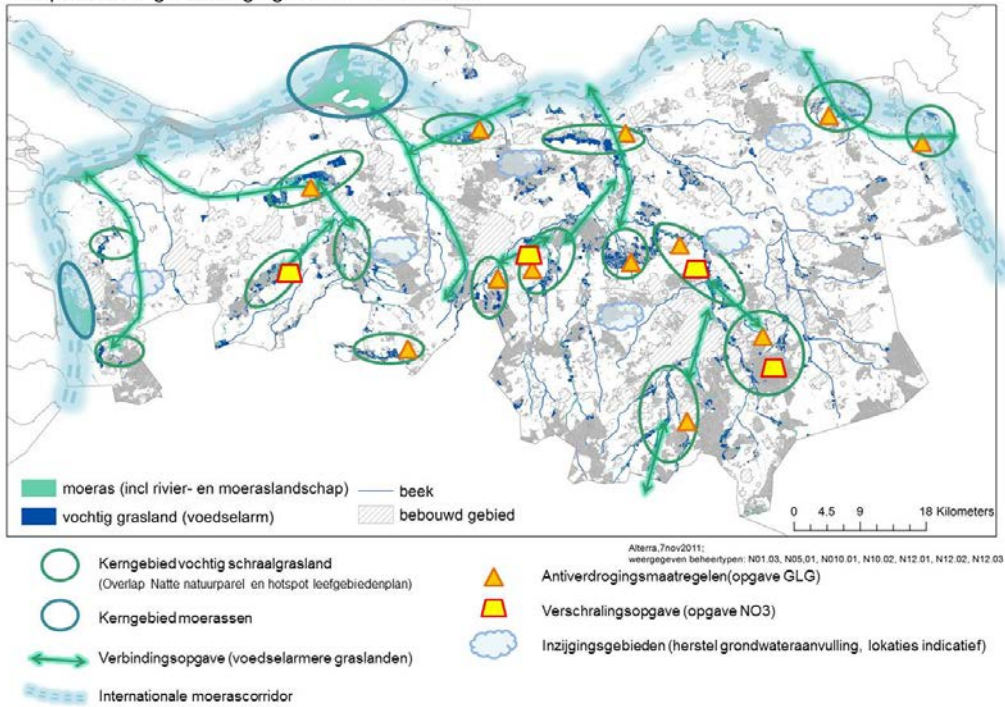
Bij bossen zien we veel sterke netwerken met grote gebieden, zeker in de zuidelijke helft van de provincie. In het noorden komen ook wat kleinere gebieden, die op grotere afstand van elkaar liggen, voor. Maar over het algemeen liggen er in de provincie veel kleine bosjes die er voor zorgen dat de uitwisseling voor veel gebieden goed is. Om op internationale schaal mee te kunnen schuiven met verschuivende klimaatzones, zijn ook verbindingen tussen de sterke gebieden nodig. Hier liggen vooral aan de grens met België (tussen Het Groene Woud en de grens) en in de noordoost-hoek van de provincie (rondom Maashorst) kansen.

Er zijn mogelijkheden om de samenhang tussen bossen te versterken via groenblauwe dooradering. Het beleid voor Landschappen van Allure (Maashorst, Groene Woud, Brabantse Wal) biedt kansen (figuur S3).

Veel heide- en bosgebieden liggen in mozaïeken. Ook de clusters met sterke gebieden en internationale aansluiting overlappen, dit biedt kansen voor gezamenlijke aanpak van inrichting en beheer. Ook hier biedt het beleid voor Landschappen van Allure (Maashorst, Groene Woud, Brabantse Wal) kansen.

In het provinciale waterplan zijn ecologische verbindingszones gepland, deze kunnen in potentie de ruimtelijke samenhang van graslanden en mogelijk ook vochtige bossen verbeteren. In hoeverre deze verbindingen effectief zijn voor verbetering van de ruimtelijke samenhang hangt af van de breedte en kwaliteit van de verbindingen. Het realiseren van de voorgenomen maatregelen is cruciaal om ecosystemen robuust genoeg te maken, zodat ze bestand zijn tegen gevolgen van klimaatverandering.

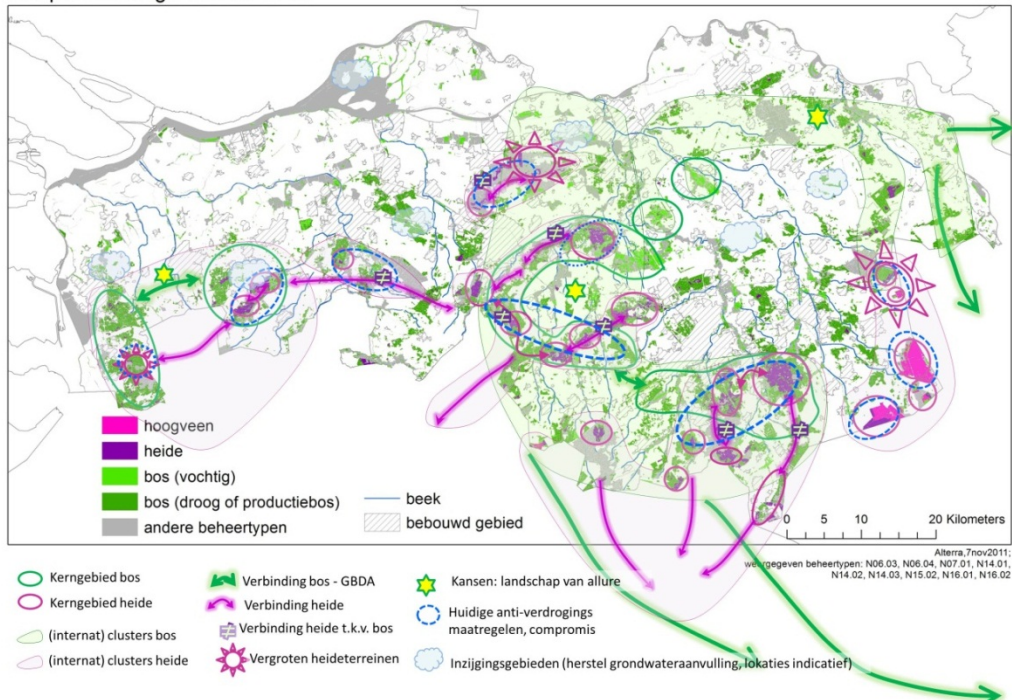
### Adaptatiestrategie vochtige graslanden en moeras



**Figuur S3**

Adaptatiestrategie voor vochtige graslanden (vooral voedselarme graslanden) en moerassen (inclusief voedselrijke graslanden).

### Adaptatiestrategie bos en heide



**Figuur S4**

Kaart met adaptatiestrategieën voor Bos en Heide, met nadruk op ruimtelijke maatregelen.

# 1 Inleiding

## 1.1 Achtergrond

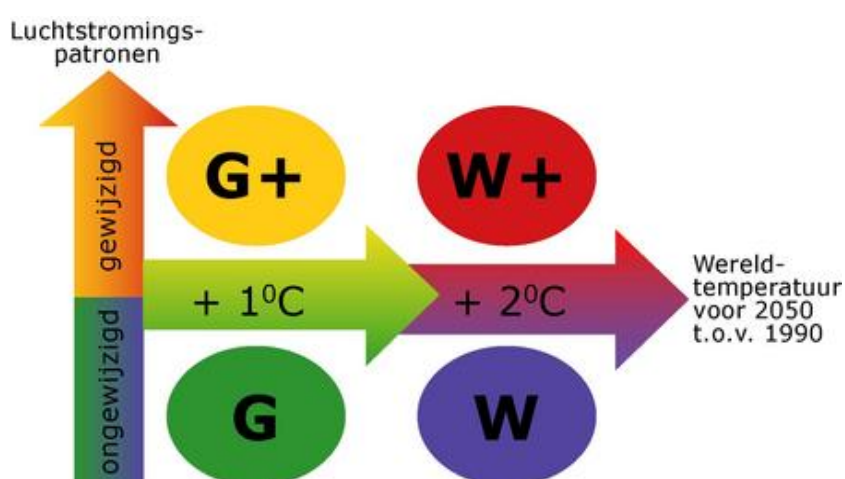
Dit rapport gaat over de effecten van klimaatverandering op natuur en adaptatiemaatregelen die genomen kunnen worden om met die effecten om te gaan. Het rapport is toegespitst op de provincie Noord-Brabant. De inhoud van het rapport kan gebruikt worden om adaptatiemaatregelen te implementeren. In Noord-Brabant is adaptatiebeleid onderdeel van andere beleidslijnen, zoals ruimtelijke ordening, natuur- en landschapsbeleid en waterbeleid.

De provincie had behoefte aan concretisering van effecten van klimaatverandering en de adaptatiemaatregelen die genomen kunnen worden. Er is al het nodige bekend over effecten en adaptatie, maar de kennis is verspreid en vaak niet toegespitst op de situatie in Noord-Brabant. De bestaande kennis en deze nieuwe studie samen vormen de puzzelstukjes om het beeld compleet te maken van de effecten van klimaatverandering op natuur in Brabant en de benodigde maatregelen om de effecten op te vangen.

## 1.2 Klimaatverandering en natuur

### 1.2.1 Klimaatscenario's

Het klimaat verandert wereldwijd. Dat is nu al gaande, maar ook de komende decennia zullen veranderingen in het klimaat blijven optreden. Voorspellingen over hoe het klimaat zich gaat ontwikkelen zijn afhankelijk van een aantal factoren. Mondiale scenario's maken die variatie in mogelijke ontwikkeling van het wereldwijde klimaat concreet. Door het KNMI zijn mondiale scenario's omgerekend naar vier scenario's voor de verwachte veranderingen in het klimaat in Nederland opgesteld: de zogeheten KNMI'06 scenario's (Van den Hurk et al., 2006) (figuur 1.1).



**Figuur 1.1**  
Overzicht KNMI'06 klimaatscenario's voor 2050.

De mondiale ontwikkeling van de hoeveelheid broeikasgasemissies leidt tot verschillen tussen de Nederlandse scenario's: een lage emissie leidt tot een gematigde temperatuurstijging, gemiddeld van 1°C (G-gematigde-scenario's), een hoge emissie tot 2 °C (W-warme-scenario's). Een andere oorzaak van verschillen is de ontwikkeling van luchtstromingspatronen. Het al dan niet veranderen van de luchtstromingspatronen is van grote invloed op de neerslag en het optreden van extreme weersomstandigheden.

In grote lijnen is in ieder scenario sprake van stijging van temperatuur, een toename van de neerslag in de winter, met vaker extreme neerslag. Ook in de zomer neemt de kans op extreme buien toe, maar het aantal regendagen neemt af. Qua totale jaarlijkse neerslag is het W-scenario het meest natte, met ook nattere zomers dan nu. Het W+-scenario is het meest droge scenario, met grotere kans op droge perioden in de zomer dan nu. De gemeten ontwikkelingen in de temperatuur in recente jaren in Nederland worden het beste weergegeven in de W- en W+-scenario's. De gemeten droogteperioden sluiten aan bij de G+- en W+- scenario's en gemeten toename van neerslag in de kustgebieden bij de G- en W-scenario's (Klein Tank en Renderink, 2009).

Hoe ontwikkelingen na 2050 eruit zien is onzekerder. De ontwikkeling van de wereldwijde emissies is cruciaal. Zelfs als doelstellingen om emissies terug te brengen tot een niveau dat de temperatuurstijging beperkt tot 2 °C worden gehaald, is het de vraag hoe snel ecologische en hydrologische processen reageren op stabilisatie van de veranderingen.

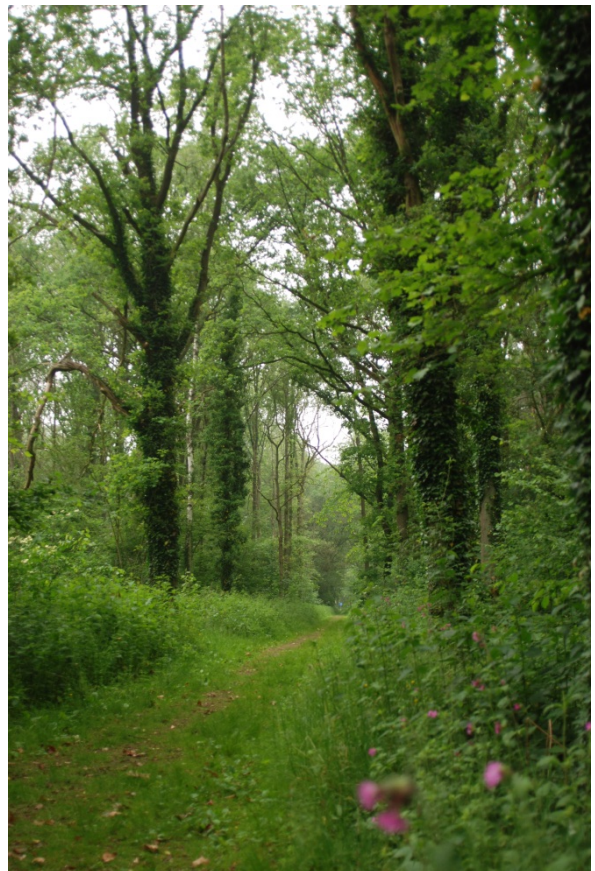
Momenteel werkt het KNMI aan nieuwe klimaatscenario's, de zogeheten KNMInext-scenario's. De verwachting is dat die in 2013 klaar zijn. Een update van de 2006-scenario's is nodig door nieuwe inzichten in mondiale klimaatmodellen en door versterkte afstemming met gebruikers van de scenario's. De huidige scenario's beschrijven nog steeds goed de breedte van de mogelijke veranderingen. De nieuwe scenario's bieden meer zekerheid over extremen en over de tussenseizoenen lente en herfst. Tot slot bieden ze meer inzicht in lokale veranderingen.

### **1.2.2 Effecten op natuur**

De voorziene veranderingen in het klimaat hebben gevolgen voor mensen, dieren en planten. Klimaatverandering heeft gevolgen voor biodiversiteit door een veelheid aan effecten. Het gaat om effecten die zowel direct ingrijpen op individuele planten en dieren, maar ook om vele indirecte effecten, door interactie met groeicondities of door veranderde interacties tussen soorten, omdat individuele soorten verschillend reageren. De verwachting is dat sommige soorten of natuurtypen gaan profiteren ten koste van anderen. De kwetsbaarheid van natuurtypen in Nederland voor klimaatverandering is in de afgelopen jaren in een aantal studies beschreven (Vos et al., 2007; Vos et al., 2008b; Blom et al., 2008; Heijmans en Berendse, 2009; Vonk et al., 2010). Enkele van de inzichten die daarin staan worden genoemd:

- Hogere temperaturen leiden tot versnelling van veel biologische processen. De mineralisatiesnelheid in de bodem neemt toe en dit leidt tot een toename van beschikbaarheid van voedingsstoffen voor planten. Dit is gunstig voor soorten en natuurtypen van voedselrijke omstandigheden, maar ongunstig voor soorten en natuurtypen van voedselarme omstandigheden.
- Toename van de kans op droge perioden in de zomer (vooral in het W+-scenario) leidt tot uitdrijving van natuurtypen. Voor natte natuurtypen, zoals natte heide, hoogveen en natte schraalgraslanden is dit erg ongunstig, voor andere, zoals stuifzanden is dit gunstig.
- Het optreden van extreme weersomstandigheden heeft invloed op de populatiedynamiek. Door extreme weersomstandigheden gaan populaties meer fluctueren in grootte. Dit maakt vooral kleine populaties extra kwetsbaar om (lokaal) uit te sterven. Grote populaties en populaties in goed verbonden netwerken van leefgebieden zijn minder kwetsbaar.





*Foto's: Peter Voorn (Natuurmonumenten).*

- Hogere voorjaarstemperaturen leiden tot een langer groeiseizoen voor sommige soorten. Omdat soorten verschillend reageren, kunnen relaties tussen soorten wegvallen (prooien en predatoren, bestuivers en planten, planten en herbivoren) en dit kan ongunstig uitpakken voor veel leefgemeenschappen.
- Veranderingen in temperatuur en neerslag zorgen voor een verandering van de ligging van geschikte klimaatzones voor veel soorten. Soorten die voorkomen binnen een bepaalde temperatuurrange zien de zone in Europa naar het noorden verschuiven (of bergopwaarts).

### **1.2.3 Klimaatadaptatie voor natuur**

Voor veel natuurtypen vormt klimaatverandering een extra bedreiging naast bestaande stressfactoren (zoals verdroging, vermesting, versnippering). De te verwachten effecten van klimaatverandering zijn deels ook uit te drukken in de bestaande stressfactoren, zoals verdroging en vermesting. Als reactie op de verwachte effecten van klimaatverandering op natuur in Nederland zijn klimaatadaptatiestrategieën ontwikkeld (Vonk et al., 2010). Die strategieën moeten ons helpen om de natuur in ons land veilig te stellen, maar ook om kansen die klimaatverandering biedt te benutten. Adaptatiestrategieën voor de natuur richten zich op het vergroten van het adaptief vermogen van de natuur. Dat betekent dat een ecosysteem kan blijven functioneren ondanks verstoringen en zich ook kan herstellen.

Strategieën die hier op inspelen zijn:

- Verbeteren van condities in natuurgebieden, zodat de biodiversiteit kan toenemen. Een grotere biodiversiteit leidt tot risicospreiding en meer adaptief vermogen (Kramer en Geijzendorffer, 2009).
- Versterken van de heterogeniteit en natuurlijke landschapsvormende processen binnen natuurgebieden, zodat het herstelvermogen na verstoringen groter wordt (Den Boer, 1986; Piha et al., 2007).
- Versterken van de ruimtelijke samenhang in ecologische netwerken is nodig om soorten mee te laten bewegen met verschuivende klimaatzones en vergroten het herstelvermogen door betere dispersiekansen (Vos et al., 2008a). Grotere gebieden maken populaties robuuster en zo beter bestand tegen fluctuaties in populatiegrootte.

Maatregelen die bij deze strategieën passen kunnen dus binnen natuurgebieden worden genomen, maar ook daarbuiten, in samenhang met andere vormen van landgebruik. Zo is multifunctioneel landgebruik één van de wegen om tot adaptatie voor natuur en landbouw te komen. Versterken van groenblauwe dooradering is één van de strategieën die hierin kansrijk is (Grashof et al., 2009).

## **1.3 Doel van het project**

Het doel van deze studie is het concretiseren van de gevolgen van klimaatverandering op de natuur in Noord-Brabant en het identificeren van passende adaptatiemaatregelen. Er worden analyses uitgevoerd die specifiek op de Brabantse situatie gericht zijn en samen met betrokkenen bij beleid en beheer voor natuur, water en landschap worden adaptatiemaatregelen gespecificeerd.

Dit project richt zich op de terrestrische natuur van Noord-Brabant. Aquatische natuur is ook gevoelig voor de gevolgen van klimaatverandering (zie bijvoorbeeld Besse et al., 2010), maar dat valt buiten de scope van dit project.

In paragraaf 1.2 is in het kort weergegeven wat er in hoofdlijnen bekend is over de gevolgen van klimaatverandering voor natuur en welke adaptatiestrategieën ontwikkeld zijn om in te spelen op die veranderingen. Daar zien we dat er al het nodige bekend is, zowel voor soorten als voor ecosystemen en natuurtypen. Er is veel generieke kennis over effecten op natuur en mogelijke adaptatiestrategieën, maar veel

van die kennis is niet toegespitst op Noord-Brabant. Er is ook de nodige kennis die wel specifiek is voor de provincie Noord-Brabant, maar die is vaak weer niet toegespitst op natuurdoelen op provinciaal niveau. Ook een optelsom van knelpunten in abiotiek en ruimtelijke samenhang door klimaatverandering is nog onbekend. Ook ontbreekt een afweging van benodigde adaptatiemaatregelen met bestaande en voorgenomen beheersmaatregelen.

Voor de ontwikkeling van beleid voor effectieve adaptatiemaatregelen is daarom een nadere concretisering van de effecten op de natuur in Noord-Brabant nodig, evenals een nadere uitwerking van adaptatiemaatregelen.

Doel van dit project is de provincie Noord-Brabant van kennis te voorzien die helpt bij het implementeren van adaptatiemaatregelen om de gevolgen van klimaatverandering op natuur op te vangen.

Om dit doel te bereiken wordt gezocht naar antwoorden op de volgende vragen:

- Hoe kunnen effecten en maatregelen voor de provincie gespecificeerd worden: waar treden welke effecten op, in welke mate en waar liggen de grootste knelpunten?
- Zitten de huidige maatregelen in het natuurbeleid, zowel die in uitvoering zijn als die voorgenomen zijn, op de juiste weg om effecten op te vangen?
- Waar zijn extra maatregelen nodig en hoe groot is de extra opgave door klimaatverandering?

Beheertypen vormen hoofdelementen in de 'taal' waarin natuur gedefinieerd wordt in dit rapport. Beheertypen vormen onderdeel van de Index Natuur en Landschap, de meest actuele typologie waar overheden en natuurorganisaties mee werken. Ambities van het natuurbeleid van de provincie Noord-Brabant zijn in deze typen uitgedrukt, daarom worden de meeste effecten en adaptatiemaatregelen beschreven aan de hand van die typologie.

## **1.4 De situatie in Noord-Brabant**

### **1.4.1 Natuurkwaliteiten**

De provincie Noord-Brabant herbergt veel waardevolle natuurgebieden. Vanwege de variatie in bodem en geomorfologie en, in samenhang daarmee, de ontginningsgeschiedenis is er een grote variatie aan ecosystemen aanwezig in de provincie, van hoogveen tot stuifzand, van beekdalen tot moerassen en bossen. De EHS en Natura 2000 zijn belangrijke instrumenten en kaders om gebieden te beschermen. Gebieden zoals de Grote Peel, Kampina en Oisterwijkse vennen, het stroomgebied van de Beerze en de Biesbosch, zijn enkele voorbeelden van gebieden die nationale en internationale waarde hebben en beschermd worden. Daarnaast vinden we in Noord-Brabant een grote variatie in agrarische landschappen. Er zijn diverse gebieden waar waardevolle kleinschalige landschappen met groenblauwe dooradering te vinden zijn, maar waar ook de nodige knelpunten voor natuur en landschap liggen.

Een aantal van de ecosystemen in Noord-Brabant is zeer gevoelig voor klimaatverandering. Hoogvenen en natte heides zijn zeer gevoelig door de kwetsbare hydrologische situatie, gevoeligheid voor eutrofiëring, fragmentatie en een groot aandeel soorten waarvan het geschikte klimaat zich uit Nederland terugtrekt. Ook de vochtige schraalgraslanden en beekdalen zijn kwetsbaar door de gevoeligheid voor verdroging. Ook in de droge bossen zijn veranderingen te verwachten door verdroging, toename van de kans op bosbrand en de toename van wintergroene soorten.

Binnen Nederland neemt Noord-Brabant een belangrijke positie in, vanwege de ligging aan de zuidelijke grens. Soorten die nu nog alleen ten zuiden van Nederland voorkomen, kunnen bij klimaatverandering ook in Nederland mogelijk voor komen. Als dit soorten zijn die in Europa beschermd zijn, is het van belang dat het

habitat voldoende verbonden is om de verschoven geschikte klimaatzone te kunnen volgen. Voor bossen en heide heeft Noord-Brabant hierin een belangrijke rol (Vonk et al., 2010). Daarnaast begint in de zuidelijke provincies het mogelijk terugtrekken van soorten doordat hun geschikte klimaatzone zich uit Nederland terugtrekt. Tegelijkertijd is ook gebleken dat bij heterogeniteit in gebieden en een goede habitatkwaliteit soorten zich nog lang kunnen handhaven, ook al is het geschikte klimaat aan het terugtrekken (Van de Staaij en Ozinga, 2008).

#### **1.4.2      Beleid**

In de provincie Noord-Brabant is beleid ontwikkeld om bestaande natuurwaarden te beschermen en te ontwikkelen. Dat gebeurt door het implementeren van de EHS om tot een samenhangend netwerk te komen en door het ontwikkelen van beheerplannen voor de bescherming van Natura 2000-gebieden. Daarnaast investeert de provincie in natuur buiten de EHS en door samenwerking met landbouw, gemeenten en de recreatiesector. Momenteel (najaar 2011) ligt door bezuinigingen en herijking van het natuurbeleid de prioriteit van rijkswege bij Natura 2000gebieden. Hoe dit alles doorwerkt op de EHS is op het moment van schrijven van dit rapport nog onduidelijk.

In de Structuurvisie (2011) van de provincie is de lijn uitgezet om via multifunctioneel landgebruik landbouw en natuur in een aantal gebieden in evenwicht met elkaar te ontwikkelen. Het gaat bijvoorbeeld om gebieden als de Meijerij, de Baronie, Het Groene Woud en de Kempen. In deze visie wordt tevens gestreefd naar een robuust en veerkrachtig water- en natuursysteem dat de toenemende pieken in neerslag en veranderende zoetwaterbehoefte kan opvangen.

Het waterbeleid is van groot belang voor de natuurkwaliteit in Noord-Brabant. Er wordt gewerkt aan het herstel van verdroogde natuurgebieden en verbetering van de waterkwaliteit. Leefgebiedenplannen zijn ontwikkeld om prioritair gebieden voor bescherming en ontwikkeling van natuurkwaliteit aan te wijzen, op basis van aanwezige kwaliteiten, zoals aanwezige beschermde planten- en diersoorten. Hierin zijn maatregelen voor prioritair gebieden opgenomen, bijvoorbeeld om de hydrologische kwaliteit te herstellen.

Op nationale schaal wordt in het Deltaprogramma gewerkt aan strategieën om de inrichting van ons land en het waterbeheer aan te passen aan klimaatverandering. Het belang van zoetwatervoorziening komt in dit kader tot uitdrukking in onderzoek dat uitgevoerd wordt in het Deltaplan Hoge Zandgronden (DHZ). Hierin wordt onder andere door de provincies Noord-Brabant en Limburg, de Brabantse Waterschappen (Aa en Maas, De Dommel, Brabantse Delta en Peel en Maasvallei, terreinbeheerders en vertegenwoordigers van de landbouw (ZLTO, LLTB) geparticipeerd. In het DHZ wordt naar de veranderingen in de hydrologie op regionale schaal binnen Brabant gekeken: gevolgen voor waterbeschikbaarheid, grondwatertrappen en wateroverlast worden bijvoorbeeld doorgerekend.

De provincie ontwikkelt beleid waarin ze inspeelt op de effecten van klimaatverandering op verschillende sectoren, waaronder natuur. De keuze voor multifunctioneel landgebruik als adaptatiestrategie is daarin een leidraad.

### **1.5      Opbouw rapport**

De methoden die in deze studie zijn gebruikt, worden in hoofdstuk 2 besproken. Er worden onder andere modellen gebruikt die de effecten van klimaatverandering op de abiotische kwaliteit en op de ruimtelijke samenhang berekenen. Details over de gebruikte modellen zijn opgenomen in de bijlagen. Resultaten van de modellen en mogelijke adaptatiestrategieën zijn besproken in diverse bijeenkomsten met

provinciemedewerkers, terreinbeheerders en mensen van waterschappen. De aanpak om met hen tot adaptatiestrategieën te komen wordt ook beschreven.

In hoofdstuk 3 worden de resultaten beschreven van de concretisering van de effecten van klimaatverandering op natuur. De resultaten van de nieuwe modelanalyses worden beschreven en in het grotere kader van bestaande kennis geplaatst. Ook worden de extra opgaven die klimaatverandering met zich meebrengt beschreven. Hoofdstuk 4 gaat in op de resultaten voor de adaptatie: hoe kunnen de opgaven voor klimaatverandering worden opgevangen door adaptatiemaatregelen, waar liggen de grootste mogelijkheden.

De conclusies en een aanzet voor beleidsaanbevelingen zijn in hoofdstuk 5 te lezen.

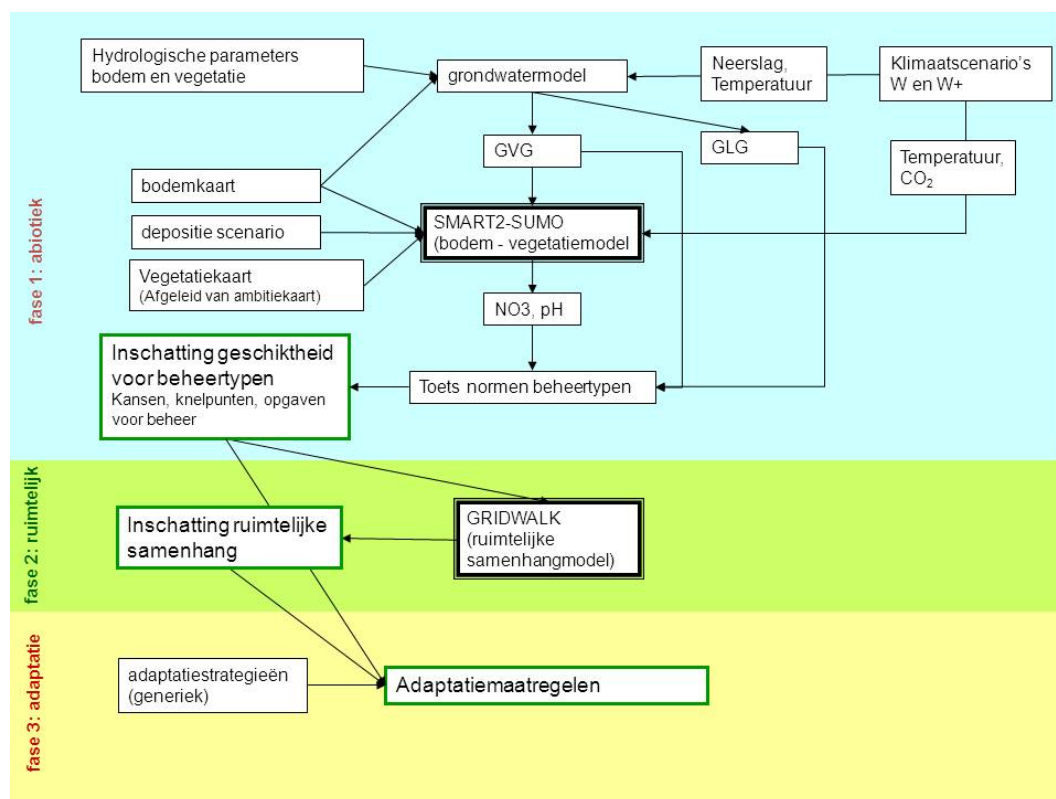


## 2 Methoden

### 2.1 Gecombineerde analyse abiotiek en ruimtelijke samenhang

Effecten van klimaatverandering op natuur grijpen in op verschillende processen en randvoorwaarden. Voor de concretisering van die effecten op natuur in Brabant hebben we gekozen voor het gebruik van bestaande en getoetste modellen die die effecten kunnen berekenen. Centraal in deze studie staan nieuwe analyses, waarin we abiotische modellering en ruimtelijke modellering aan elkaar hebben gekoppeld. Een dergelijke analyse is nodig om integraal uitspraken over de effecten van klimaatverandering op beheertypen in Noord-Brabant te kunnen doen.

De modellen bestonden al, maar deze analyse van het gecombineerde effect van verandering in abiotische kwaliteit en de doorwerking in ruimtelijke samenhang is vernieuwend en is nog niet eerder gedaan voor Noord-Brabant of andere delen van Nederland. Figuur 2.1 laat de relatie tussen de abiotische en ruimtelijke analyses zien.



**Figuur 2.1**

Schema samenhang tussen de verschillende onderdelen van dit project. Vet omlind zijn de modellen die in dit project gebruikt zijn.

De effecten van klimaatverandering op natuur zijn in kaart gebracht door te onderzoeken wat de effecten op beheertypen zijn. Beheertypen vormen een indeling van natuur die door provincies, terreinbeheerders en

rijksoverheid samen is opgesteld, de typologie wordt Index Natuur en Landschap (Schipper en Siebel, 2008) genoemd. In het vaststellen van de doelen voor natuur, de uitvoering van beleid en het monitoren van de kwaliteit van natuur speelt zo'n typologie een belangrijke rol. De provincie Noord-Brabant heeft haar beleidsdoelen met als streefjaar 2018 vastgelegd in een kaart met beheertypen. Deze kaart is het uitgangspunt voor deze studie om de effecten op natuur te bepalen. De kaart 'Beleidssituatie Natuur 2018' is opgenomen in bijlage 1.

De effecten van klimaatverandering zijn doorgerekend aan de hand van twee klimaatscenario's: W en W+, waarmee het natste en het droogste scenario geselecteerd zijn. De tijdshorizon is 2050.

## 2.2 Modelling abiotische kwaliteit

Voor de modellering van de effecten van klimaatverandering op de abiotische kwaliteit is gebruik gemaakt van het model SMART2-SUMO (Kros et al., 1995; Wamelink et al., 2009a, 2009b). In deze paragraaf is een korte beschrijving van het model SMART2-SUMO gegeven. Een uitgebreidere beschrijving is in bijlage 2 te vinden.

SMART2-SUMO is een bodem-vegetatiemodel dat ontwikkeld is om op regionale en nationale schaal langdurige effecten van o.a. atmosferische depositie en beheersmaatregelen op de bodem en vegetatie te berekenen. SMART is de bodemmodule en SUMO de vegetatiemodule, die volledig zijn geïntegreerd door jaarlijkse terugkoppeling.

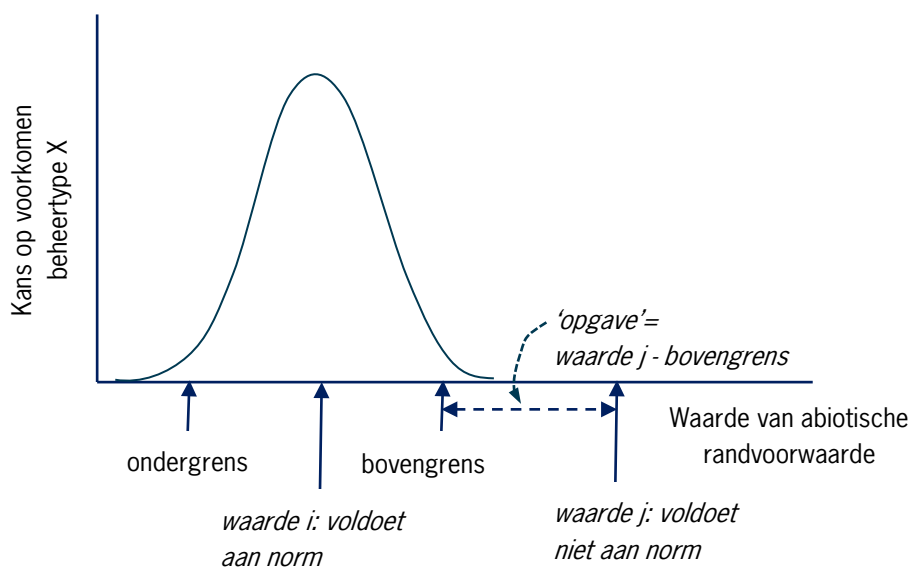
Als invoer worden een bodemkaart, vegetatiekaart, klimaatscenario's en depositiescenario's gebruikt. De vegetatiekaart is afgeleid van de ambities voor natuur van de Beleidssituatie Natuur 2018. Het gaat om vrij grove indelingen van vegetaties. Bij elk vegetatietype hoort een standaardbeheer, zoals maaien en begrazen bij graslanden, plaggen en begrazen bij heide en af en toe kappen bij bossen. Dit beheer zorgt ervoor dat de vegetatie niet verder ontwikkelt tot een volgend successiestadium, maar biomassa kan zich bijvoorbeeld wel opbouwen.

Berekeningen van  $\text{NO}_3$  en pH zijn specifiek voor deze studie voor Noord-Brabant gedaan. De GVG en GLG zijn niet apart voor deze studie berekend. De waarden voor GVG en GLG voor de huidige situatie en voor 2050 bij het W- en W+-scenario zijn uit al bestaande en gepubliceerde studies gebruikt. Hiervoor hebben we de resultaten van een tijdreeksmodellering van grondwater onder invloed van klimaatverandering gebruikt (zie bijlage 2 en Van der Gaast et al. (2009) voor meer achtergrondinformatie).

Het resultaat van de abiotische modellering en het grondwatermodel zijn verwachte waarden van GVG, GLG,  $\text{NO}_3$  en pH per natuurgrid. Natuurgrids zijn grids van 250x250 m waarin natuur ligt op de kaart van de 'Beleidssituatie Natuur 2018'.

Op basis van deze waarden is per grid gecontroleerd of het voldoet aan de normen voor de abiotische randvoorwaarden voor de beheertypen. De normen zijn afgeleid van velddata waarin gegevens over vegetatietypen en soorten gekoppeld zijn aan abiotische randvoorwaarden (Hoogland et al., 2001; Wamelink et al., 2011), zie figuur 2.2. Zie bijlage 2 voor de gebruikte normwaarden voor de abiotische kenmerken per beheertype.





**Figuur 2.2**

*Illustratie van de relatie tussen de kans op voorkomen van een beheertype en de waarde van abiotische randvoorwaarden waarbinnen het beheertype voor kan komen. De resultaten van de abiotische modellen berekenen voor grids een waarde voor de abiotische randvoorwaarden. Zo kan getoetst worden of een waarde wel of niet voldoet aan de norm, en of er een opgave overblijft.*

## 2.3 Modelleringsruimtelijke samenhang

De ruimtelijke samenhang is van belang voor uitwisseling van planten en dieren tussen verschillende leefgebieden. Deze uitwisseling zorgt ervoor dat jonge dieren nieuw leefgebied kunnen vinden. Het zorgt er ook voor dat soorten terug kunnen keren in gebieden waar ze verdwenen zijn doordat bijvoorbeeld extreme weersomstandigheden ertoe leidden dat het tijdelijk ongeschikt was. Ruimtelijke samenhang is ook van belang om soorten in staat te stellen een verschuivend klimaat te kunnen volgen.

In deze studie maken we gebruik van het model GRIDWALK. In deze paragraaf is een korte beschrijving van GRIDWALK gegeven. Een uitgebreidere beschrijving is in bijlage 4 opgenomen.

GRIDWALK (Schipper et al., 1996) is een ruimtelijk expliciet model dat de ruimtelijke samenhang van leefgebieden voor een soort berekent. Het model berekent de kansen voor een individu dat vertrekt uit een leefgebied, om in andere gebieden aan te komen. Het model houdt rekening met de kwaliteit van de leefgebieden en de doorlatendheid van het tussenliggende landschap.

GRIDWALK werkt op soortniveau. Dat betekent dat de ruimtelijke samenhang per soort berekend wordt, rekening houdend met de kenmerken van die soort. Dat kan een specifieke doelsoort zijn, maar ook een modelsoort die een grotere groep soorten vertegenwoordigt. In deze studie zijn de soorten zodanig gekozen, dat ze ieder staan voor een grotere groep soorten die samen een ecosysteem vertegenwoordigen. Er is hier dus niet gekozen voor een soort die één beheertype vertegenwoordigt. De reden is dat in de praktijk (dier)soorten zich niet houden aan grenzen van beheertypen: ze gebruiken vrijwel altijd meerdere beheertypen om in te leven, ook al hebben ze vaak wel voorkeur voor bepaalde typen. Wanneer ze zich verspreiden, gebruiken ze nog iets meer beheertypen en ook het tussenliggende landschap. Wegen in het tussenliggende landschap kunnen barrières vormen. Voor het berekenen van de effecten op de ruimtelijke samenhang is in deze studie gebruik gemaakt van soorten die qua ruimtelijke schaal (dus hoe ver verspreiden ze zich en hoe groot moet hun leefgebied minimaal zijn), passen bij een analyse op provinciale schaal. Dergelijke soorten

noemen we 'ecoprofielen'. Zo komen we op een analyse van de 'Heidevlinder' voor heide-ecosystemen, het 'Pimpernelblauwtje' voor vochtige graslanden en de 'Eekhoorn' voor bossen. In tabel 2.1 staan de belangrijkste kenmerken van de soorten. In bijlage 3 staan de kenmerken meer in detail.

**Tabel 2.1**

*Kenmerken van de drie modelsoorten (ecoprofielen) die in deze studie zijn gebruikt om de ruimtelijke samenhang van vochtige graslanden, heidegebieden en bossen te berekenen.*

*De kenmerken zijn gebaseerd op echte soorten, maar ze staan ook model voor andere soorten in het betreffende ecosysteem. We noemen de soorten 'ecoprofielen'.*

Ecoprofiel	Ecosysteem	Dispersie-afstand (m)	Oppervlakte-behoefte (ha)	Geschikte beheertypen <sup>1</sup>
'Pimpernelblauwtje'	Vochtige graslanden	2000	50	Moeras (0.1) Nat schraalland (1) Vochtig hooiland (1) Kruiden- en faunarijck grasland (0.2) Glanshaverhooiland (0.5)
'Heidevlinder'	Heide	2000	50	Vochtige heide (0.5) Droge heide (1) Droog schraalgrasland (1)
'Eekhoorn'	Bossen	5000	50	Rivier- en beekbegeleidend bos (0.2) Haagbeuken- en essenbos (1) Dennen-, eiken- en beukenbos (1) Droog bos met productie (0.5) Vochtig bos met productie (0.5)

<sup>1</sup> Tussen haakjes een indicatie van de geschiktheid van het leefgebied (1 = optimaal, ..., 0.1 = marginaal).

Met GRIDWALK zijn de uitgangssituatie 2010 en de situatie in 2030 en 2050 voor het W- en W+-scenario doorgerekend. Hiervoor zijn de resultaten van de abiotische analyses gebruikt, door op basis van het aantal abiotische randvoorwaarden waaraan voldaan wordt de geschiktheid in te schatten.

De resultaten van GRIDWALK zijn kaarten met indicatoren voor de ruimtelijke kwaliteit:

- *Afzonderlijke netwerken*  
Een basiskenmerk van het ruimtelijk patroon: tussen leefgebieden in één netwerk is veel uitwisseling, gebieden zijn gemakkelijk te bereiken en individuen ondervinden geen last van barrières of te grote afstand om van de ene naar de andere plek te komen. Hoe meer afzonderlijke netwerken, hoe groter de versnippering van het leefgebied.
- *Sterkte van netwerken*  
Hoe meer binnenkomende individuen een netwerk heeft, hoe sterker het netwerk is. Door meer uitwisseling tussen gebieden is een gebied beter in staat om te herstellen na bijvoorbeeld een extreem jaar.
- *Verandering in sterkte netwerken*  
Deze maat geeft aan in hoeverre het aantal binnenkomende individuen verandert door klimaatverandering. In deze studie ligt de basis van die verandering in de toe- of afname in de abiotische kwaliteit van de leefgebieden.

## 2.4 Concretiseren adaptatie

De resultaten van de abiotische en ruimtelijke analyses leiden tot inzicht in knelpunten om de beleidsdoelen voor natuur te realiseren. Deze zijn besproken met mensen die in hun werk betrokken zijn bij het ontwikkelen of uitvoeren van het natuurbeleid in de provincie Noord-Brabant. Naast beleidsmedewerkers van de provincie, waren medewerkers van Staatsbosbeheer, Natuurmonumenten, het Brabants Landschap en de waterschappen in Brabant betrokken.

Met hen is gekeken welke adaptatiemaatregelen mogelijk zijn om gevolgen van klimaatverandering op natuur op te vangen. Deze stap is noodzakelijk om tot adaptatiemaatregelen te komen die afgestemd zijn op veldkennis van de gebieden, kennis van maatregelen en die nu al genomen worden en op het actuele inzicht in het huidige en toekomstige beleid voor natuur, water en landschap.

De belangrijkste stappen die in een aantal gezamenlijke bijeenkomsten genomen zijn waren:

- Discussie over resultaten abiotische en ruimtelijke analyses.
- Identificeren prioritair gebieden voor adaptatie op basis van waardevolle gebieden, kansen voor internationale aansluiting, huidige maatregelen en beleid.
- Benoemen aanvullende adaptatiemaatregelen.

Op basis van de input van deze bijeenkomsten en beleidsdocumenten zijn de adaptatiemaatregelen geconcretiseerd, zoals die in dit rapport terug te vinden zijn.

## 2.5 Bestaande kennis over effecten en adaptatie

Voor het verkrijgen van het complete plaatje van de effecten van klimaatverandering op natuur en welke mogelijke adaptatiemaatregelen daar bij passen is behalve van modellering ook gebruik gemaakt van bestaande kennis. De belangrijkste rapporten die daarvoor zijn gebruikt, staan in tabel 2.3.

**Tabel 2.3**

*Literatuur effecten klimaatverandering op natuur.*

*De tabel geeft een overzicht van gebruikte rapporten en artikelen die beschrijven welke effecten klimaatverandering op natuur heeft en welke adaptatiemogelijkheden er zijn.*

Korte titel rapport	Ruimtelijke schaal	Effecten of Adaptatie
Klimaateffectschaetsboek Noord-Brabant (Van den Berg et al., 2008)	Noord-Brabant	Effecten
Knelpunten studie (Blom et al., 2008)	Nederland	Effecten en Adaptatie
Ecohydrologische effecten klimaatverandering op de vegetatie van Nederland (Witte et al., 2009)	Nederland	Effecten
Natuurdoelen en klimaatverandering (Besse et al., 2011)	Nederland	Effecten en Adaptatie
Klimaatscan Natura2000 gebieden (Van Rooij et al., 2009)	Kampina	Effecten en Adaptatie
Ruimtelijke consequenties Klimaatverandering (Den Braber et al., 2009)	Noord-Brabant	Effecten en Adaptatie
Kansen voor gebiedsontwikkeling (Agricola et al., 2009)	Noord-Brabant	Adaptatie
Klimaatresponsdatabase (Van der Veen et al., 2010)	Nederland	Effecten
Nationale adaptatiestrategie (Vonk et al., 2010)	Nederland	Effecten en Adaptatie

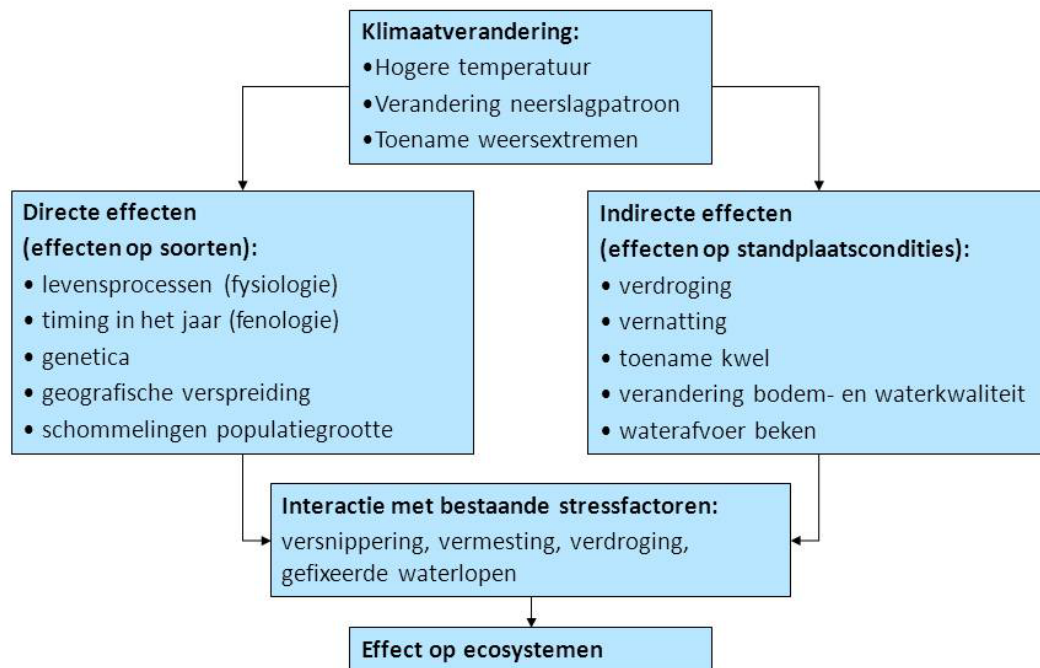
De inhoud van deze rapporten is gebruikt om samen met de modelresultaten en de kennis van de beheerders en beleidsmedewerkers te komen tot concretisering van effecten en adaptatie voor natuur in Noord-Brabant.



# 3 Effecten klimaat op natuur

## 3.1 Directe en indirecte effecten klimaatverandering op natuur

Klimaatverandering grijpt direct in op het functioneren van individuele organismen, maar ook indirect door verandering in standplaatscondities door verandering in allerlei abiotische processen (figuur 3.1).



**Figuur 3.1**

*Effecten van klimaatverandering op natuur.*

*Klimaatverandering heeft directe en indirecte effecten op soorten, standplaatsen en ecosystemen. Directe effecten grijpen in op soorten, indirecte effecten op standplaatscondities. Veel effecten kennen interacties met bestaande stressfactoren. Uiteindelijk veranderen ecosystemen door combinaties van effecten.*

Levensprocessen van planten en dieren staan onder invloed van temperatuur en vocht, en van seizoensfluctuaties. Dit zijn directe effecten die zich manifesteren door invloed op soorten: veranderingen in fysiologie, fenologie, fluctuaties in populatiegrootte etc. Daarnaast heeft klimaatverandering indirect gevolgen voor soorten, omdat het ingrijpt op abiotische condities. Diverse abiotische processen zijn gevoelig voor temperatuur en vocht, zoals mineralisatieprocessen in de bodem, waardoor bodem- en waterkwaliteit beïnvloed worden.

Directe en indirecte effecten grijpen samen in op de duurzaamheid van populaties en de robuustheid van ecosystemen. Als er vanuit abiotische condities immers veel stress is, heeft dat gevolgen voor de draagkracht van gebieden. Bij goede kwaliteit is de draagkracht hoog, bij lage kwaliteit is die klein. In gebieden met een hoge draagkracht is ruimte voor grote populaties die effecten van extremen in het weer goed op kunnen vangen.

In dit hoofdstuk wordt een overzicht gegeven van de effecten van klimaatverandering op de belangrijkste typen natuur in Noord-Brabant. Dit gebeurt aan de hand van de combinatie van resultaten van nieuwe modelresultaten uit deze studie en bestaande kennis (zie tabel 2.3).

Eerst komen de effecten op abiotische condities die de kwaliteit van de standplaatsfactoren beïnvloeden aan de orde, daarna de effecten op soorten en het belang van ruimtelijke samenhang.

## **3.2 Verandering kwaliteit standplaatscondities (indirecte effecten)**

### **3.2.1 Introductie**

In deze paragraaf beschrijven we de effecten van klimaatverandering op abiotische condities. We gaan in op de vraag hoe de kwaliteit van de standplaats voor vegetaties verandert, waarbij we focussen op bodemprocessen en hydrologie. De kern van dit hoofdstuk vormen de resultaten van de modellen die de verandering in abiotische kwaliteit onder invloed van klimaatverandering hebben berekend voor de situatie in Noord-Brabant. De extra opgave die dit oplevert voor beheer wordt vergeleken met de opgave die er ligt voor het huidige beheer om de beleidsdoelen (Ambitiekaart, 2018) te realiseren.

### **3.2.2 Effecten op abiotische kwaliteit**

De temperatuur heeft invloed op veel abiotische processen. In het algemeen gaan processen sneller bij hogere temperaturen. De mineralisatie van organisch materiaal gaat sneller bij hogere temperaturen. Dit leidt tot voedselrijkere omstandigheden. Een dergelijke ontwikkeling is gunstig voor planten(gemeenschappen) die deze hogere voedselrijkdom snel kunnen benutten. Veel van de natuurdoelen in Noord-Brabant zijn juist gebaat bij voedselarmere omstandigheden, zoals Heides, Vochtige schraalgraslanden en Droge schraalgraslanden.

Planten groeien sneller bij hogere temperaturen. Uiteindelijk leidt dat weer tot sterkere aanvulling van de organische stof wanneer planten afsterven, waardoor de potentiële voedselrijkdom weer toeneemt.

Door klimaatverandering veranderen neerslagpatronen. Met name in het W<sup>+</sup> scenario neemt de kans op langere droge perioden in de zomer toe. Minder neerslag heeft uiteindelijk ook gevolgen voor de grondwateraanvulling. Natte systemen zijn gevoelig voor droogte-stress. Dit geldt zowel voor regenwaterafhankelijke ecosystemen, zoals Vochtige heide en Hoogveen, als systemen die meer afhankelijk zijn van een hoge grondwaterstand (inclusief kwel). Uitdrogen van de bodem, of dat nu direct komt door weinig neerslag of door een lage grondwaterstand, leidt tot versterkte mineralisatie. Afhankelijk van het bodemtype leidt het ook tot verzuring van de bodem.

Klimaatverandering leidt naast perioden van droogte juist ook tot perioden met veel neerslag. Met name in de winter neemt de gemiddelde neerslag toe, en in de zomer neemt de kans op stortbuien toe. Dit alles kan gunstig uitpakken voor regenwaterafhankelijke typen. Piekneerslag leidt ook vaak tot overstroming met oppervlaktewater. Dit is vaak wat voedselrijker en dit heeft weer effect op de standplaatskwaliteit.

Effecten van neerslag en temperatuur staan niet los van elkaar. We zagen al dat zowel hogere temperaturen als verdroging leiden tot versterkte mineralisatie. Uit het voorgaande blijkt dat veel bestaande stressfactoren (verdroging, vermesting, verzuring) door klimaatverandering versterkt worden.

Klimaatverandering wordt vaak uitgedrukt in gemiddelden per seizoen, maar ook het vaker optreden van extremen en de sterkere fluctuaties zijn omstandigheden waar processen op reageren.

De effecten van veranderingen in temperatuur en neerslag hangen af van het bodemtype, de hydrologische situatie en het vegetatietype. In de modellering van de effecten van klimaatverandering in deze studie is met die variatie rekening gehouden. De veranderingen in abiotische kwaliteit zelf behoren tot de achtergrond van deze studie en staan in bijlage 3.



*Vochtig hooiland- en nat schraalland: gevoelig voor de gevolgen van klimaatverandering (Foto: Peter Voorn, Natuurmonumenten).*

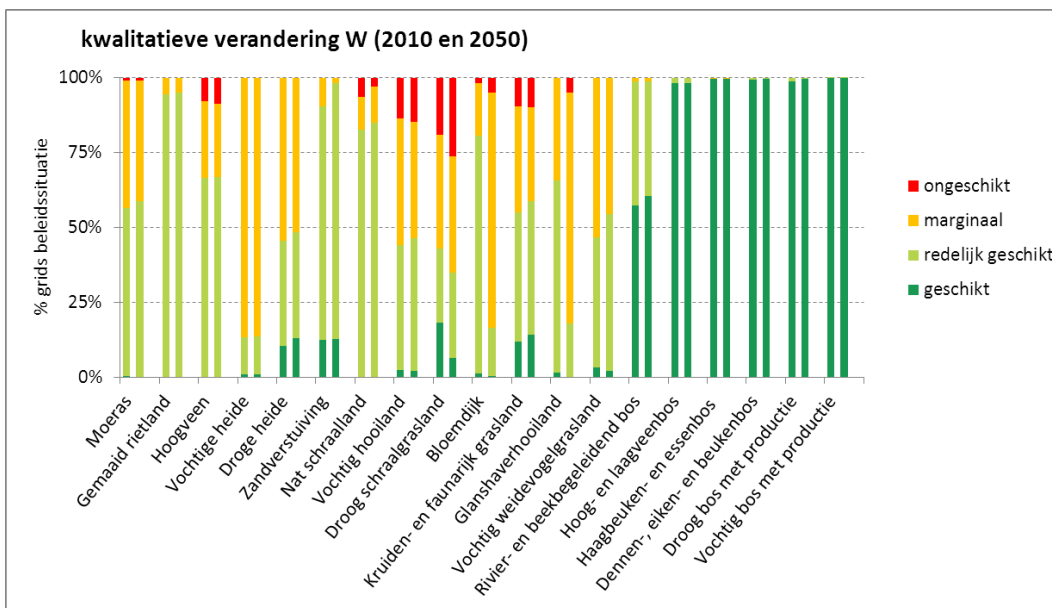
### **3.2.3 Gevolgen voor geschiktheid voor beheertypen**

De vraag is welke gevolgen de veranderingen in abiotische kwaliteit hebben voor de natuur in Noord-Brabant. Daarom is gekeken in hoeverre de GVG, GLG, NO<sub>3</sub> en pH-waarden zoals die zich volgens de modellen ontwikkelen in de tijd onder invloed van klimaatverandering (zie bijlage 3), voor het W- en W+-scenario vallen binnen de geschikte range van beheertypen. In deze stap gaan we er van uit dat standaardbeheer wordt uitgevoerd. In deze eerste stap is gekeken of de berekende waarden van abiotische kenmerken voor de huidige situatie 2010 en in 2050 bij de beide scenario's wel of niet voldoen aan de vereiste randvoorwaarden voor de beheertypen volgens de geambieerde 'Beleidsituatie 2018'.

Figuren 3.6 en 3.7 laten zien welk percentage van de grids in de huidige situatie 2010 en in de toekomstige situatie 2050 geschikt zijn voor de ambities zoals geformuleerd voor de beleidsituatie 2018. Er is daarbij uitgegaan van standaardbeheer, er is geen rekening gehouden met eventueel voorgenomen extra herstelbeheer om de ambities voor 2018 te realiseren. Figuur 3.6 toont de resultaten voor het W-scenario (het nattere scenario) en figuur 3.7 het W+-scenario (het drogere scenario). Op de y-as staat het % van de grids waarvoor de abiotische condities geschikt of gedeeltelijk geschikt zijn in de twee perioden. De oppervlakte dat ieder beheertype vertegenwoordigt verschilt in absolute zin. Om de veranderingen tussen beheertypen te kunnen vergelijken zijn hier procentuele waarden weergegeven. In figuur 3.8 zijn de veranderingen bij het W+-scenario ruimtelijk weergegeven.

In figuur 3.6 zien we dat het aandeel ongeschikt of marginaal habitat het grootst is en blijft voor natte typen, met name voedselarme natte typen, zoals Hoogveen, Vochtige heide, Vochtig hooiland, Glanshaverhooiland en het droge voedselarme Droog schraalgrasland. Voor de bossen, uitgezonderd Rivier- en beekbegeleidend bos zijn de randvoorwaarden grotendeels in orde, zowel in 2010 als 2050. Voor een paar droge, voedselarme typen, Droge heide en Zandverstuiving neemt de geschiktheid iets toe.

In figuur 3.7 zien we vrijwel hetzelfde patroon voor W+ en voor W. Het aantal randvoorwaarden waaraan voldaan wordt is voor de meeste beheertypen hetzelfde in beide scenario's. De kleine verschillen die er zijn, zien we vooral bij de voedselarme typen, waarbij de situatie in 2050 in het W+-scenario iets ongunstiger is dan in het W-scenario. Dit geldt bijvoorbeeld voor Hoogveen, Vochtig hooiland en Droog schraalland.

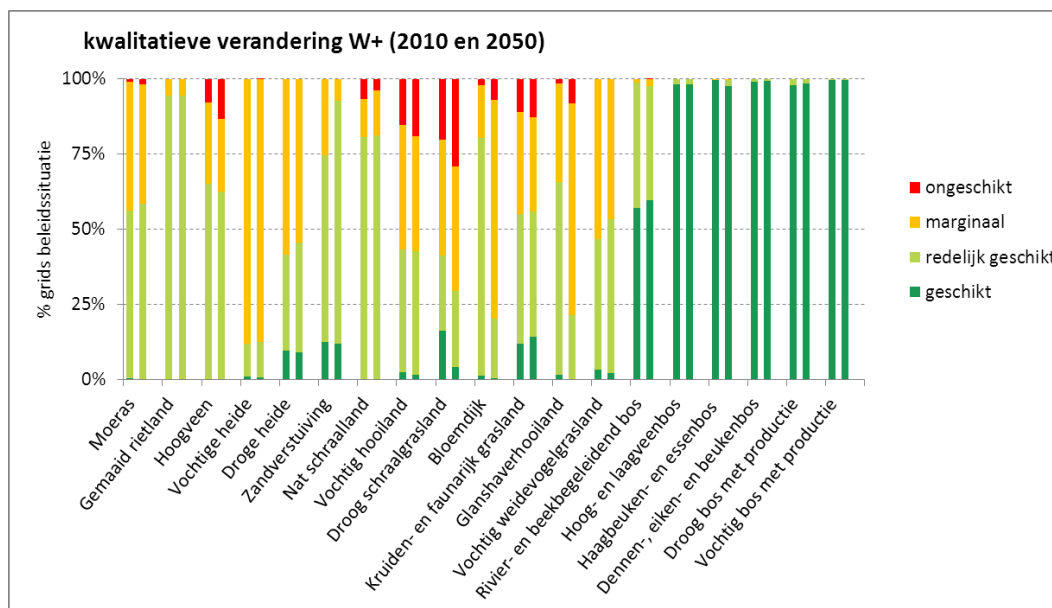


**Figuur 3.6**

*Kwalitatieve verandering geschiktheid van grids voor beheertypen in 2010 en 2050 in het W-scenario ten opzichte van de normen voor beheertypen in de beleidssituatie 2018.*

*Geschiktheid van grids in 2010 en 2050 (respectievelijk linker- en rechterbalk) per beheertype. Scores zijn gebaseerd op 0, 1, 2 of 3 randvoorwaarden in orde (resp. ongeschikt, marginaal, redelijk geschikt en geschikt). Vooral natte en voedselarme beheertypen gaan achteruit, droge typen en bossen gaan erop vooruit of de situatie blijft geschikt.*





**Figuur 3.7**

Kwalitatieve verandering geschiktheid van grids voor beheertypen in 2010 en 2050 in het W+-scenario ten opzichte van de normen voor beheertypen in de beleidssituatie 2018.

Geschiktheid van grids in 2010 en 2050 (respectievelijk linker- en rechterbalk) per beheertype. Scores zijn gebaseerd op 0, 1, 2 of 3 randvoorwaarden in orde (resp. ongeschikt, marginaal, redelijk geschikt en geschikt, GVG en GLG zijn hierbij gecombineerd tot één randvoorwaarde 'vocht'). Gebaseerd op kwalitatieve resultaten van abiotische analyses, zonder rekening te houden met huidige en voorgenomen beheer- en herstelmaatregelen. Vooral natte en voedselarme beheertypen gaan achteruit, droge typen en bossen gaan erop vooruit of de situatie blijft geschikt.

**Tabel 3.1**

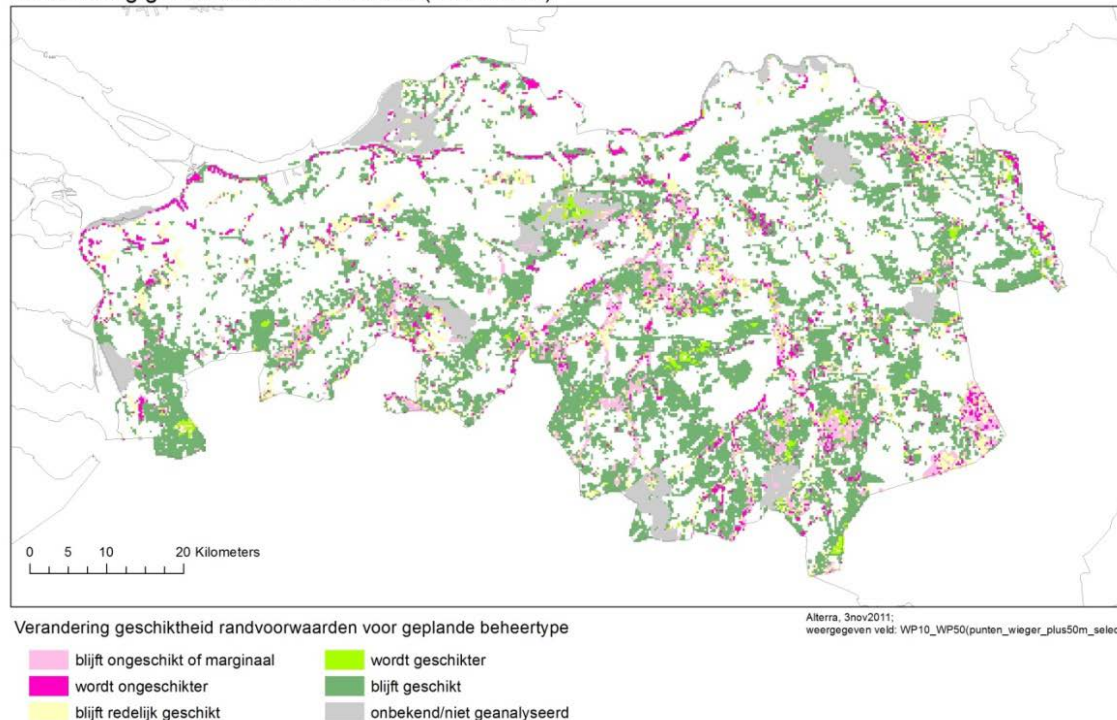
Verklaring van legenda van figuur 3.8 om verandering van geschiktheid van grids voor het beheertype dat er gepland is aan te geven, op basis van verandering van 2050 ten opzichte van 2010 (uitgaande van standaardbeheer en geen rekening gehouden met eventuele herstelmaatregelen). Gemiddelde Voorjaarsgrondwaterstand en Gemiddelde Laagste Grondwaterstand worden samen als één randvoorwaarde geteld.

	2010 (aantal randvoorwaarden geschikt)	2050 (aantal randvoorwaarden geschikt)
Blijft ongeschikt	0 of 1	0 of 1
Wordt ongeschikter	2 of 3	0 of 1
Blijft redelijk geschikt	2	2
Wordt geschikter	0 of 1	1, 2 of 3
Blijft geschikt	3	3

In figuur 3.8 wordt de verandering van de geschiktheid ruimtelijk weergegeven. Omdat het verschil tussen de scenario's klein is, laten we alleen het W+-scenario hier zien, omdat daarin de grootste veranderingen optreden. De kaart is gebaseerd op het aantal randvoorwaarden dat in orde is in 2050 ten opzichte van 2010. Tabel 3.1 laat zien hoe de legenda is opgebouwd. Het ruimtelijke beeld laat ook zien, dat het aantal geschikte randvoorwaarden op de meeste plekken hetzelfde blijft. De grote groene gebieden zijn vaak bossen. Daar zijn de randvoorwaarden in de huidige situatie (2010) in orde, en dat blijft in 2050 ook zo. Veel andere gebieden

blijven ook in dezelfde geschiktheidscategorie. Met name in de beekdalen en de Peel zien we de nodige plekje waar slechts één of geen enkele randvoorwaarde in orde is.

Verandering geschiktheid W+ scenario (2010-2050)



**Figuur 3.8**

*Ruimtelijke weergave van verandering in kwalitatieve geschiktheid van 2010-2050 van grids voor beheertypen volgens de beleidssituatie 2018. Er is geen rekening gehouden met extra herstelmaatregelen. Op veel plekken blijft de kwalitatieve geschiktheid hetzelfde (gebaseerd op nul, één, twee of drie randvoorwaarden in orde). Data alleen voor grids met natuurdoelstelling, daarbuiten ligt bebouwing, landbouwgebied, water of infrastructuur.*

De volgende stap in de analyse van de resultaten is de vraag welke randvoorwaarden in orde zijn en welke niet. Voor beide scenario's is daarom per beheertype gekeken voor welk aandeel van de grids in 2010 en welk aandeel in 2050 aan de afzonderlijke abiotische randvoorwaarden voor de beheertypen voldoen. We gaan in deze paragraaf uit van standaardbeheer, en houden nog geen rekening met eventuele extra herstelmaatregelen.

In figuur 3.9 zien we de verandering van het aandeel grids waar de berekende GVG en GLG geschikt zijn voor de gewenste beheertypen. De resultaten voor beide klimaatscenario's zijn weergegeven. Voor zandverstuivingen en de meeste bossen is de GVG in orde, voor beide scenario's in zowel 2010 als 2050.

Voor een aantal natte typen is de GVG voor vrijwel het gehele oppervlak niet geschikt (te droog): voor Moeras, Gemaaid rietland, Hoogveen, Vochtige heide en Nat schraalland is vrijwel geen enkel grid in orde in 2010 en 2050 voor beide scenario's. Voor een aantal beheertypen is de GVG voor een deel van de grids wel en voor een ander deel niet in orde, dit geldt voor Droge heide, Vochtig hooiland, Droog schraalgrasland, Bloemdijk, Kruiden en faunarijck grasland, Glanshaver hooiland en Vochtig weidevogelgrasland. Voor deze typen zien we

vaak een verbetering in 2050 ten opzichte van 2010. In alle gevallen is er vrijwel geen verschil tussen de beide scenario's.

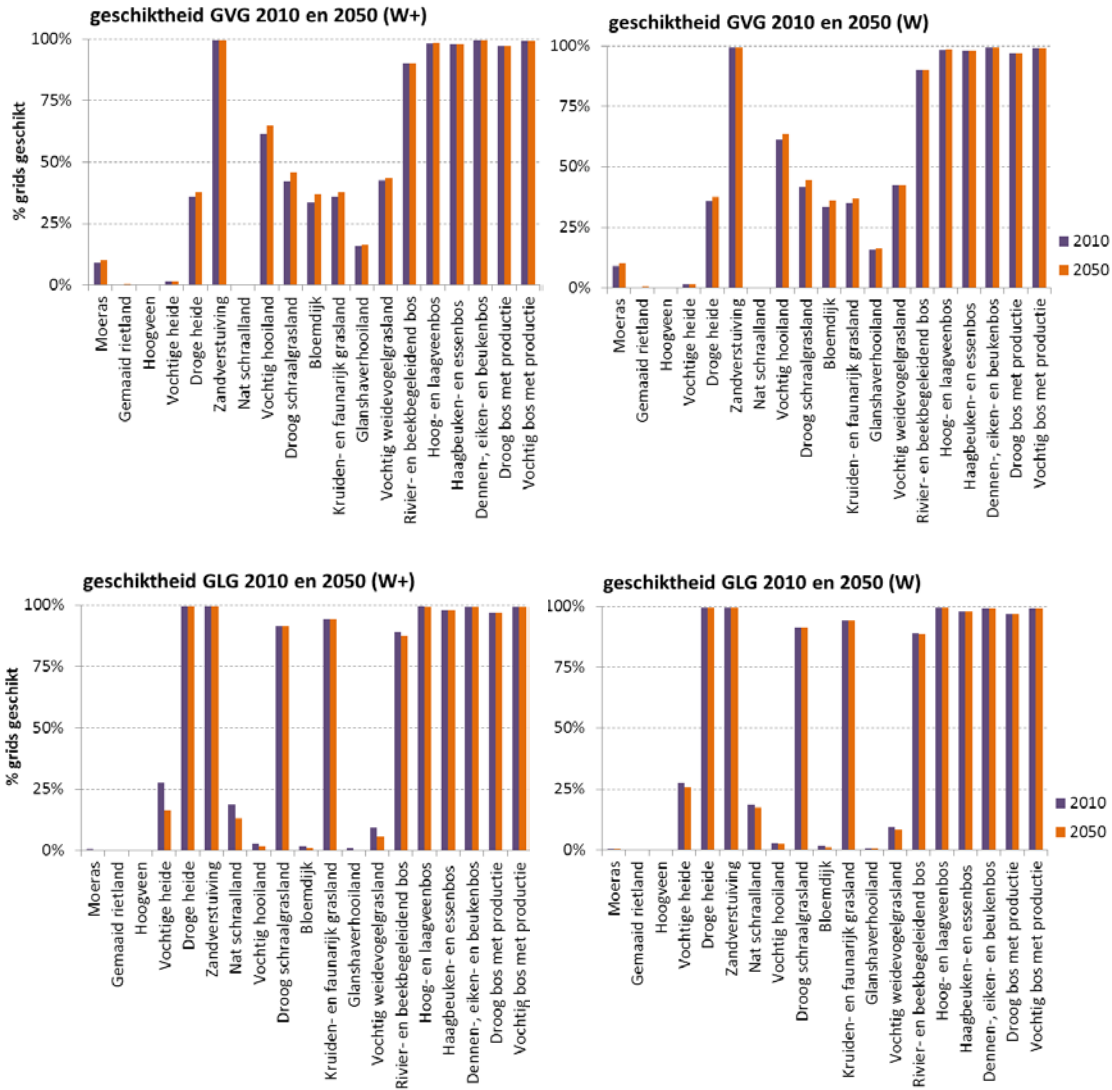
Voor een aantal beheertypen was bij het definiëren van de randvoorwaarden aangenomen dat de GLG niet beperkend kan zijn: deze typen kunnen goed tegen diepe grondwaterstanden in de zomer. Dat zien we terug bij de droge typen en de bossen, die alle hoog scoren voor het percentage geschikte grids. Dit geldt voor beide scenario's en voor beide tijdstippen. De meeste andere typen scoren slecht voor deze randvoorwaarde, zeker de vochtige typen. We zien hier ook dat in het W+-scenario een aantal typen achteruit gaat: het percentage geschikte grids is in 2050 lager dan in 2010 voor Vochtige heide, Nat schraalgrasland, Vochtig hooiland en Vochtig weidevogelgrasland en een lichte achteruitgang bij de Rivier- en beekbegeleidende bossen. In het W-scenario zien we die achteruitgang vrijwel niet.

De verandering in geschiktheid en de verschillen tussen de beheertypen zijn vrij goed in overeenstemming met de verwachtingen die we hadden op basis van andere landelijke studies (o.a. Witte et al., 2009). Vochtige en natte typen hebben nu al een probleem met verdroging en ook bij klimaatverandering hebben ze dat probleem soms in nog sterkere mate, soms in iets lichtere mate. Drogere beheertypen hebben soms in het voorjaar een grondwaterstand nodig waar ze bij kunnen. Ook daar zien we dat sommige grids niet aan de norm voldoen, andere wel. Het effect van klimaatverandering verwachten we terug te zien in de verschillen tussen de twee tijdstippen en de verschillen tussen de scenario's, vooral voor GLG, omdat die meer aan de zomerneerslag gekoppeld is. Voor de GLG zien we een grotere verandering tussen de tijdstippen en ook tussen de scenario's. Verder zien we tussen de tijdstippen over het algemeen weinig verschillen. Voor de GVG verandert de situatie slechts licht, op veel plekken komt het iets ondieper te liggen door de nattere winters. Dit is terug te zien in een lichte verbetering voor een paar beheertypen.

In figuur 3.10 tonen we de veranderingen in het aandeel grids dat voldoet aan de normen voor  $\text{NO}_3$  en pH. Voor een aantal beheertypen zien we dat alle grids voldoen aan de norm voor  $\text{NO}_3$ , in beide scenario's, op beide tijdstippen. Dit zien we bijvoorbeeld bij Moeras en Gemaaid rietland, bij voedselrijkere graslanden zoals Bloemdijk en Kruiden- en faunarijk grasland en bij de bossen. Vooral bij de heides, zandverstuiving en droog schraalland zien we problemen. Voor de vochtige schraalgraslanden is zo'n 75% van de grids in orde wat betreft de  $\text{NO}_3$ -norm.

De pH laat een gemengd beeld zien. Een groot deel van de grids voldoet. Vooral Moeras en de wat voedselrijkere graslanden hebben vrij veel grids die niet aan de randvoorwaarde voldoen. Voor bossen, heides en hoogveen en Nat schraalland zijn de problemen gering.

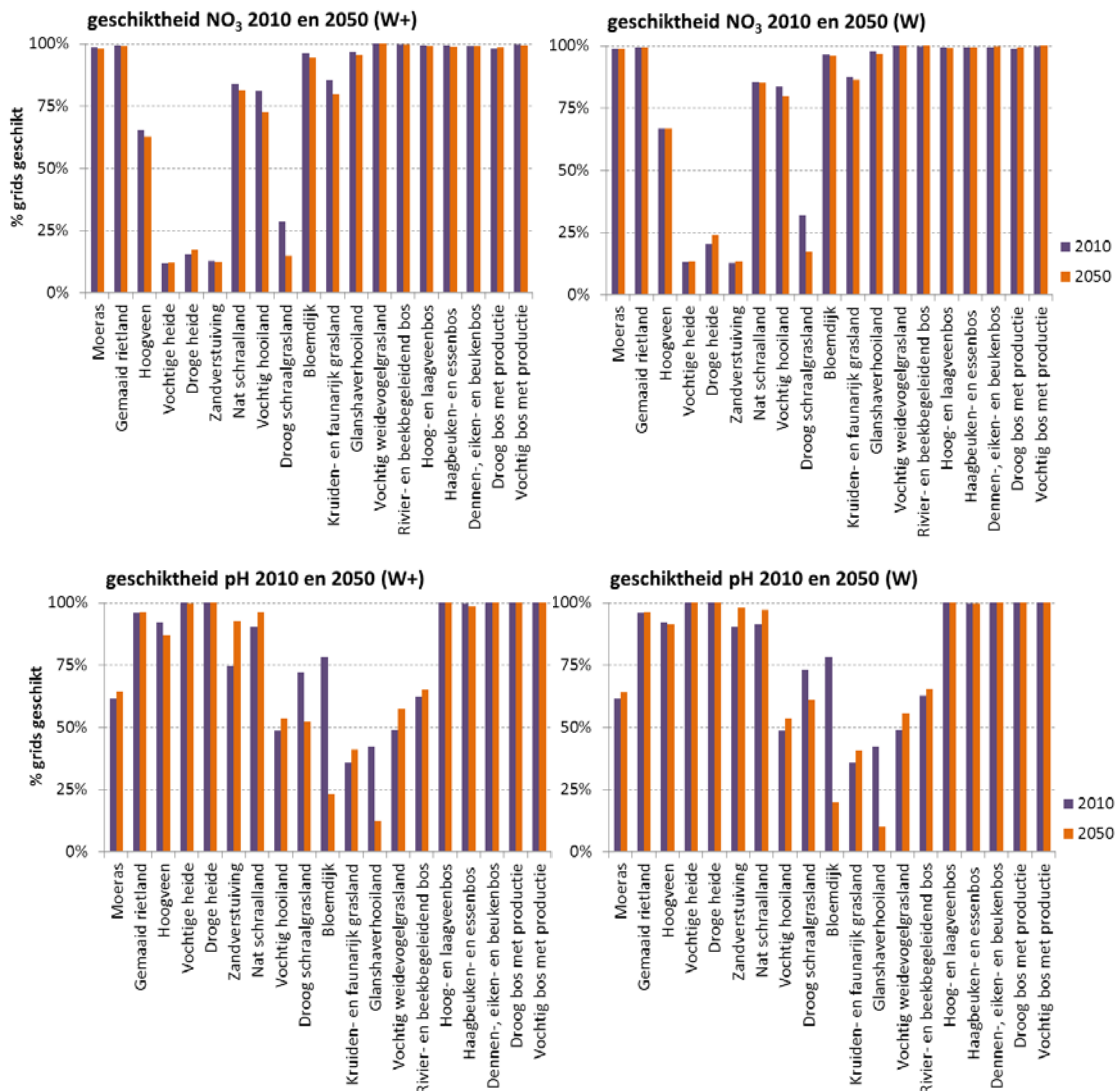
De veranderingen zijn deels conform de verwachting, namelijk dat vochtige en voedselarme typen het meest te lijden hebben van effecten van klimaatverandering op abiotische kwaliteit. Vochtige typen hebben te lijden door de lagere grondwaterstanden in de zomer en voedselarme typen door versnelde mineralisatie door hogere temperaturen. Verdroging van vochtige systemen leidt ook tot versnelde mineralisatie. We hadden ook verwacht dat de bossen er op achteruit zouden gaan. De randvoorwaarden voor vocht lijken in orde te zijn, ook voor de nattere bostypen. De verklaring van deze afwijking van de verwachting moet gezocht worden in de definities van de beheertypen voor bossen. Die beheertypen bestaan ieder uit meerdere bosvegetatietypen die soms behoorlijk van elkaar verschillen qua abiotische randvoorwaarden. Per beheertype worden gemiddelde randvoorwaarden aangehouden. Het betekent dat vrijwel altijd een deel van het beheertype wel gerealiseerd kan worden, waarbij voor de 'gemakkelijke' subtypen (voedselrijker, bestand tegen wat droogte)de randvoorwaarden wel in orde zijn, maar voor de kwetsbare subtypen niet.



**Figuur 3.9**

Geschiktheid van gewenst oppervlakte voor de randvoorwaarde GVG (Gemiddelde Voorjaarsgrondwaterstand) en GLG (Gemiddelde Laagste Grondwaterstand).

Voor ieder beheertype is uitgerekend welk percentage van de grids (als maat voor gewenste oppervlakte), waar het beheertype gepland is, geschikt is wat betreft de randvoorwaarden GVG (boven) of GLG (onder). Geschiktheid is uitgerekend voor de huidige situatie (2010) en de toekomstige situatie in 2050, zonder rekening te houden met extra herstelmaatregelen. Links het W+-scenario, rechts het W-cenario. De scenario's laten weinig verschil zien en ook de twee tijdstippen verschillen weinig, uitgezonderd de GLG in het W+-scenario, daar gaan enkele natte typen er op achteruit in 2050 ten opzichte van 2010. In het algemeen geldt dat enkele natte typen vrijwel geen geschikte grids hebben, bossen hebben vrijwel allemaal geschikte grids, veel graslanden hebben deels geschikte, deels ongeschikte grids voor GVG.



**Figuur 3.10**

*Geschiktheid van grids voor de randvoorwaarde NO<sub>3</sub> en pH.*

*Voor ieder beheertype is uitgerekend welk percentage van de grids (als maat voor gewenste oppervlakte), waar het beheertype gepland is, voldoet aan de randvoorwaarde voor de NO<sub>3</sub>(boven) of pH (onder). Geschiktheid is uitgerekend voor de huidige situatie (2010) en de toekomstige situatie in 2050, zonder rekening te houden met extra herstelmaatregelen. Links het W+-scenario, rechts het W-scenario. De scenario's laten weinig verschil zien en ook de twee tijdstippen verschillen weinig, uitgezonderd NO<sub>3</sub> in het W+-scenario, daar gaan enkele voedselarme typen er op achteruit in 2050 ten opzichte van 2010. pH wordt voor een aantal beheertypen iets vaker geschikt, voor enkele graslandtypen gaat het sterk achteruit (Bloemdijk en Glanshaverhooiland).*

We zien vaker een toename van NO<sub>3</sub> dan een afname. Het effect van hogere temperaturen lijkt in deze studie sterker dan het effect van ondiepere GVG. Ondiepere GVG's door meer neerslag in de winter leidt immers tot afname van de mineralisatiesnelheid. De GLG werkt in SMART-SUMO niet door in de mineralisatiesnelheid.

Uit de vergelijking van de scenario's en tijdstappen kunnen we concluderen dat er weinig verschillen tussen de twee scenario's zijn. Er zijn wel verschillen tussen de tijdstappen, vooral voor natte, voedselarme beheertypen

zien we een achteruitgang. Voor een paar droge typen zien we vooruitgang. Voor het beheer is het relevant om te weten hoe groot de opgave voor de abiotische randvoorwaarden is. Oftewel: hoe ver liggen de berekende waarden van de abiotische kenmerken af van de eisen qua abiotiek voor de beheertypen die ter plekke gepland zijn? Deze berekeningen worden in de volgende paragraaf gegeven. Omdat de verschillen tussen het W- en W+-scenario erg klein zijn, worden alleen de resultaten voor het W+-scenario besproken.

### **3.2.4 Opgave abiotische kwaliteit**

In deze paragraaf gaan we in op de grootte van de opgaven en proberen een meer kwantitatieve inschatting te maken van wat er aan maatregelen nodig is om de beleidsambitie te realiseren, zowel voor de huidige situatie als wat er extra nodig is door klimaatverandering.

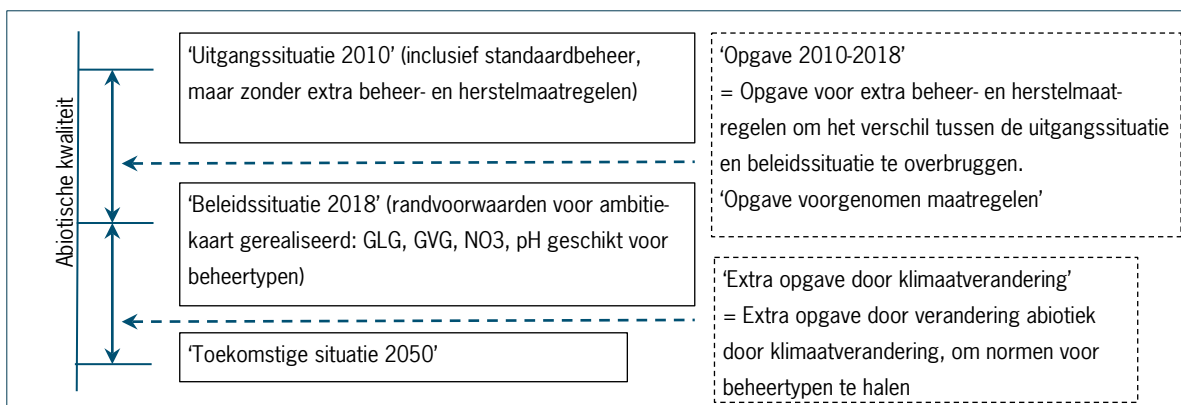
In de provincie worden al diverse maatregelen in de vorm van beheer en hydrologisch herstel genomen om de abiotische kwaliteit te verbeteren, andere herstel en beheersmaatregelen zijn voorgenomen. Standaardbeheer is in SMART2-SUMO meegenomen. Periodiek maaien, begrazen, plaggen en kappen om de vegetatiestructuur in stand te houden zijn meegenomen. Echter, specifiek herstel beheer, bijvoorbeeld het herstellen van de hydrologische situatie, het afplaggen voedselrijke toplagen, inrichting van nieuwe natuurgebieden, is niet meegenomen in de modellen.

Deze specifieke herstelmaatregelen zijn niet meegenomen, omdat er geen kwantitatieve data beschikbaar zijn die de provincie dekkend aangeven hoeveel de abiotische kwaliteit precies verandert door die maatregelen. In onze analyses van de modelresultaten hebben we toch via bepaalde aannamen rekening gehouden met die herstelmaatregelen. We hebben aangenomen dat specifieke herstelmaatregelen ervoor zorgen dat de abiotische randvoorwaarden in orde zijn voor de ambities van de provincie voor de natuur in 2018, de zogenaamde 'beleidssituatie 2018', uitgedrukt in beheertypen (zie bijlage 1).

Zo krijgen we drie stappen die van belang zijn voor de resultaten:

- 'uitgangssituatie 2010', dat is de berekende situatie voor 2010, gebaseerd op onder andere bodemkaarten, vegetatietypen, berekende grondwaterstanden, NO<sub>3</sub> en pH. Er wordt uitgegaan van standaardbeheer voor de beheertypen.
- 'beleidssituatie 2018', de situatie zoals die door de provincie geambieerd wordt. We nemen aan dat de huidige en voorgenomen standaard beheersmaatregelen, tezamen met extra herstelmaatregelen leiden tot geschikte abiotische kwaliteit voor de beleidssituatie 2018.
- 'toekomstige situatie 2050', de situatie zoals die voor 2050 verwacht wordt, waarbij de abiotische kwaliteit is berekend met het SMART2-SUMO modelinstrumentarium.

Het verschil tussen de uitgangssituatie 2010 en de beleidssituatie 2018 is de 'opgave 2010-2018'. Het verschil tussen 'beleidssituatie 2018' en 'toekomstige situatie 2050' representeert de extra opgave door klimaatverandering. Het kan natuurlijk ook zo zijn dat de uitgangssituatie 2010 geschikt is, maar dat de toekomstige situatie niet geschikt is. Dan is de opgave door klimaatverandering het verschil tussen die twee situaties. Ook is het mogelijk dat in beide tijdsstappen de situatie geschikt is, dan is er geen opgave.



**Figuur 3.11**

*Relatie tussen extra opgave voor uitgangssituatie 2010, beleidssituatie en toekomstige situatie door klimaatverandering.*

*De opgaven door klimaatverandering wordt gevormd door het verschil tussen abiotische kwaliteit in de beleidssituatie 2018 en de toekomstige situatie 2050, als de uitgangssituatie 2010 echter goede abiotische kwaliteit heeft, dan is de opgave door klimaatverandering het verschil tussen de uitgangssituatie 2010 en de toekomstige situatie 2050.*

In de alinea's en figuren op de volgende pagina's geven we twee opgaven weer:

- i) de opgave voor de huidige situatie (2010), om via extra beheer en herstelmaatregelen het verschil tussen de huidige situatie (met standaardbeheer) en de doelen zoals vastgesteld in de beleidssituatie 2018 te overbruggen.
- ii) de extra opgave door klimaatverandering.

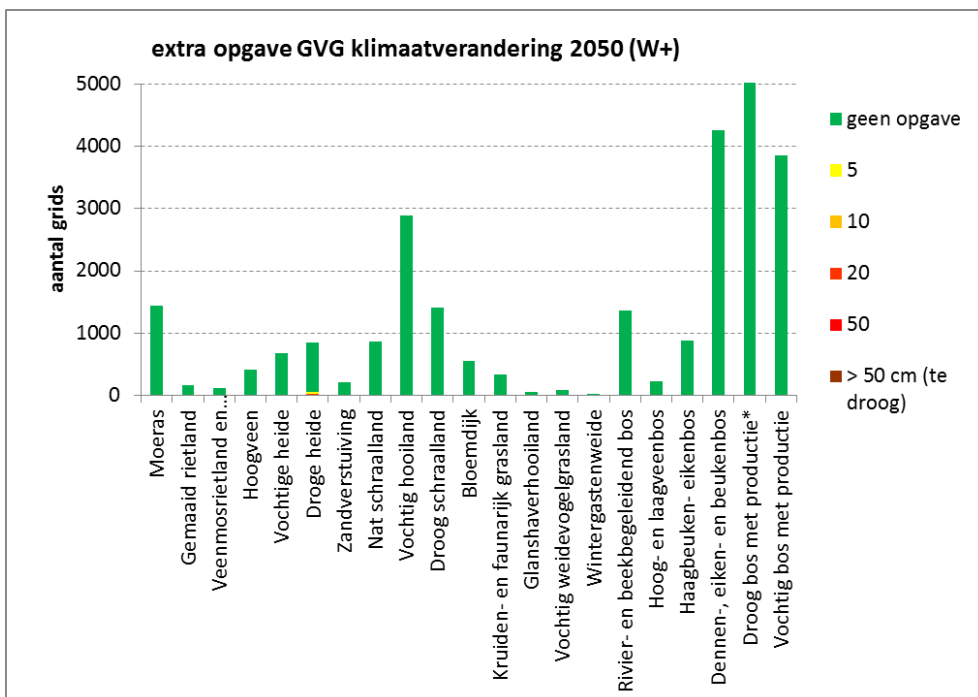
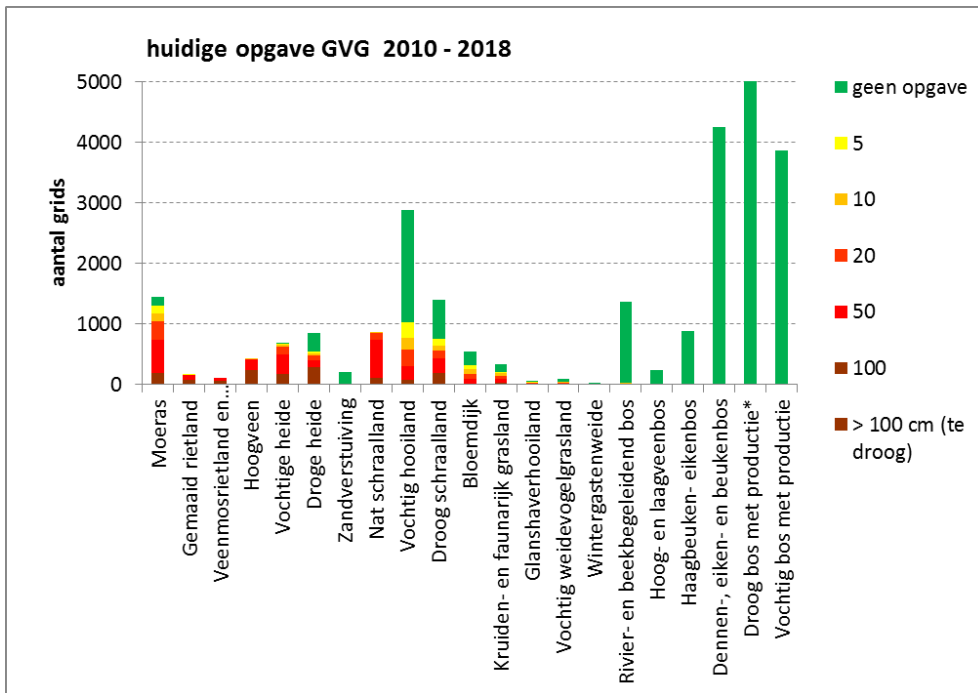
De opgaven worden dus bepaald door het verschil tussen de berekende waarden van GVG (in cm), GLG (in cm),  $\text{NO}_3$  (in mg/kg) en pH (in zuurgraden) en de ingeschatte normwaarde van de randvoorwaarden voor het realiseren van de beleidssituatie 2018.

De opgave 2010-2018 om de norm voor GVG voor de beheertypen te realiseren is voor een aantal beheertypen vrij groot (figuur 3.12). Voor de natte en vaak voedselarme typen, zoals moeras, hoogveen, vochtige heide, nat schraalgrasland, maar ook een aantal droge voedselarme typen, zoals droge heide en droog schraalgrasland is de opgave vrij groot, op veel locaties variërend van 10-50 cm. Deze opgave geldt voor zo'n 12.450<sup>1</sup> ha. Voor de meeste bossen is er geen opgave. De meeste bossen kunnen beter tegen droogte, onder andere omdat ze dieper wortelen. De extra opgave door klimaatverandering voor GVG is nihil, de GVG komt immers minder diep te liggen of blijft gelijk.

De GLG pakt minder gunstig uit (figuur 3.14). In de huidige situatie 2010 is de opgave voor extra beheer en herstelmaatregelen hoog voor Moeras, Hoogveen, Vochtige heide, Vochtig hooiland. Voor veel van de grids bedraagt de opgave zo'n 20-100 cm. Door klimaatverandering bij het W+-scenario zien we dat de frequentere droge zomers doorwerken in de GLG en de opgave door klimaatverandering. De extra opgave door klimaatverandering is wel een stuk lager dan de huidige opgave (2010-2018), die zo'n 5-20 cm is.

De ruimtelijke weergave voor GLG (figuur 3.15) laat zien dat dezelfde gebieden als bij de GVG te lijden hebben van een lage GLG. Ook hier zien we weer opgaven voor de beekdalen, de Peel, de graslanden in het noordwestelijke deel.

<sup>1</sup> Opgave geldt voor zo'n 3770 grids; een grid bestaat uit 6,25 ha, de graslanden en heide nemen gemiddeld ruim de helft van de grids in beslag (ca. 3,3 ha).



**Figuur 3.12**

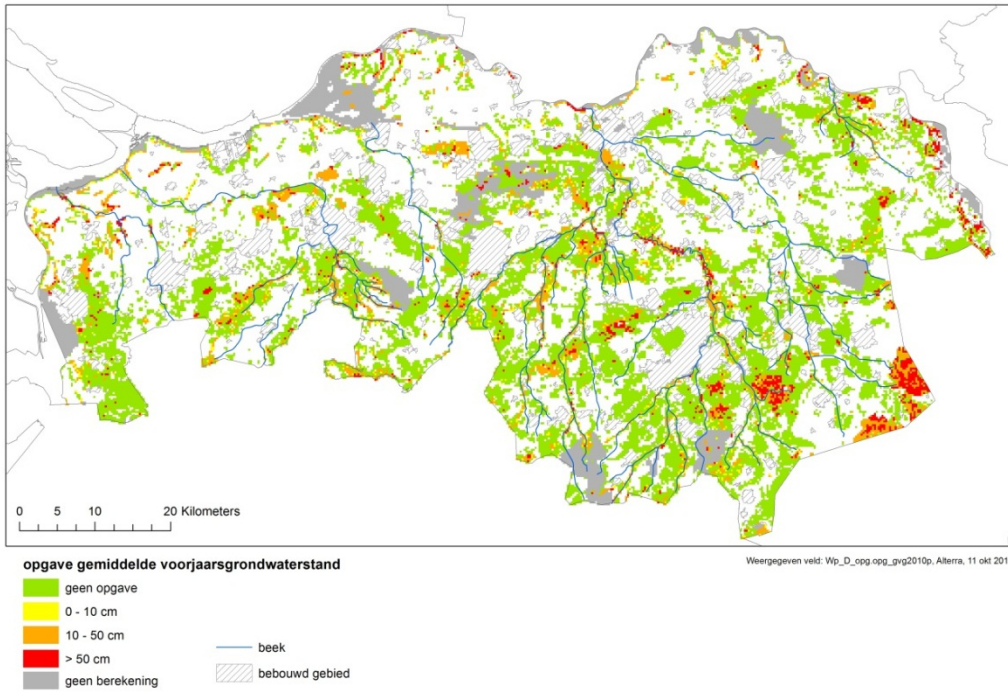
De huidige opgave (2010-2018) voor GVG en de extra opgave door klimaatverandering per beheertype.

In de huidige situatie is de GVG in veel moerassen, Vochtige heide en Hoogveen en Vochtige schraalgraslanden, Natte Hooilanden, ongeschikt, te droog. Voor de meeste bossen is de Ausgangssituatie 2010 wel in orde. Wanneer door extra beheer- en herstelmaatregelen de huidige opgave (2010-2018) gerealiseerd wordt, blijft er een veel kleinere opgave door klimaatverandering over.

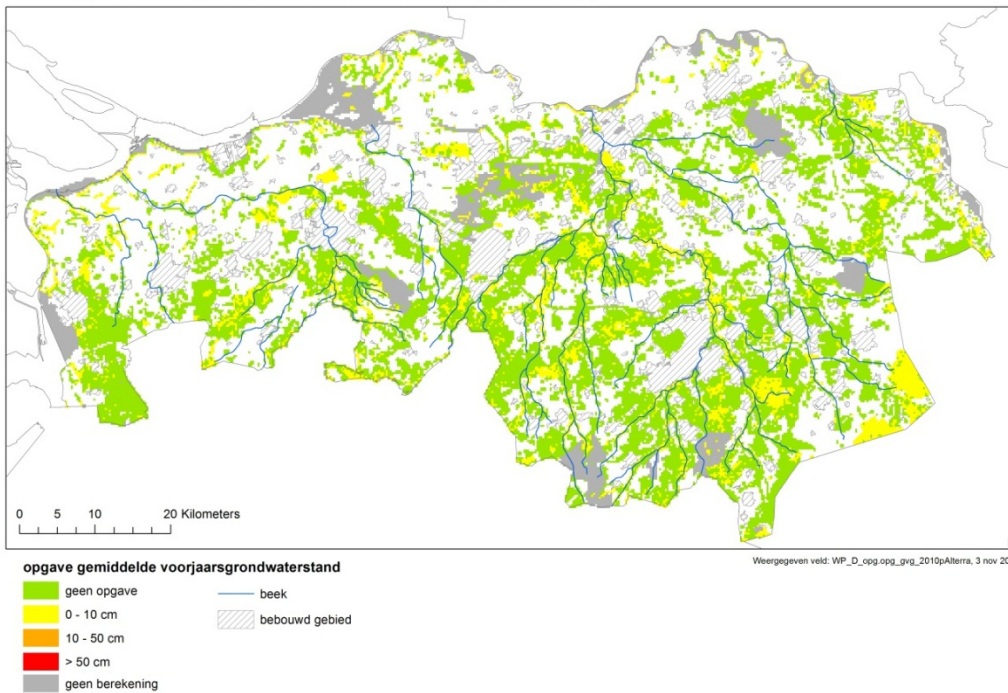
\* = Droog bos met productie heeft 11117 grids, y-as is afgekapt op 5000 grids.



### Huidige opgave vocht (GVG) 2010-2018

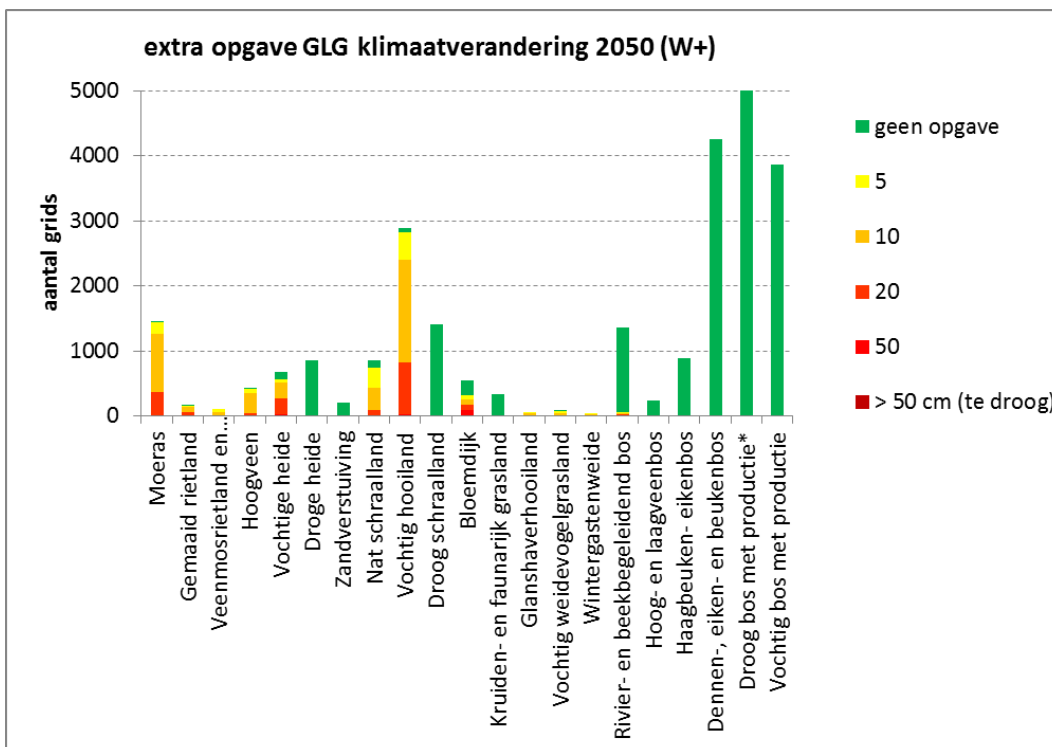
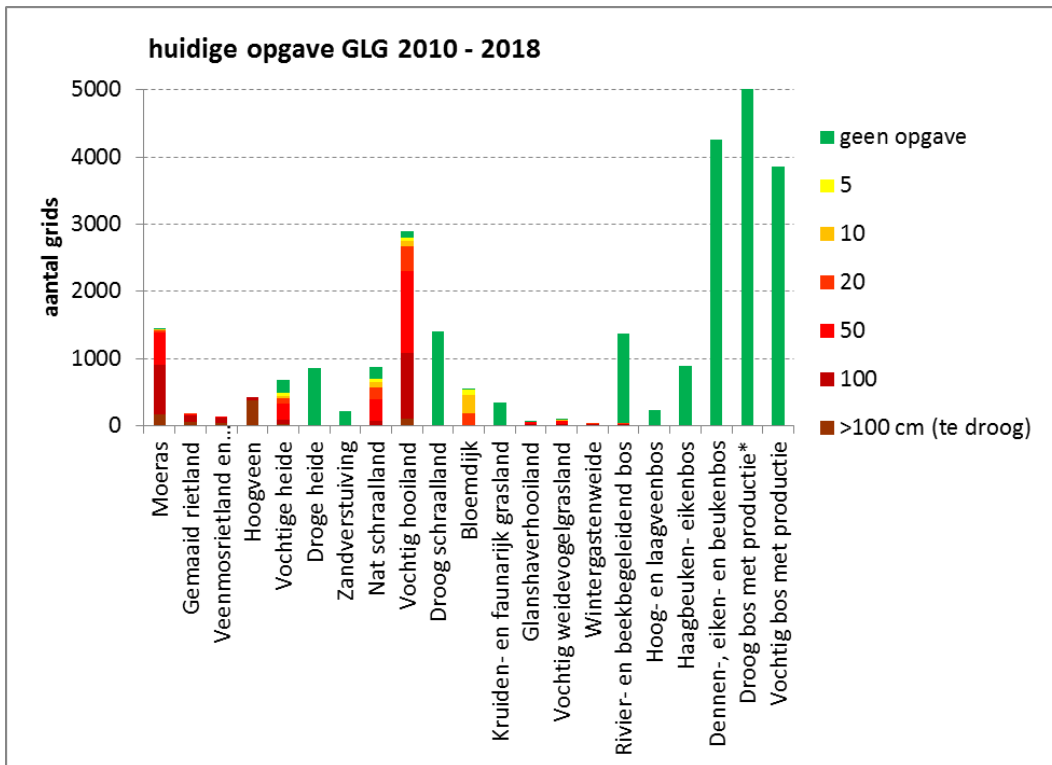


### Extra opgave vocht (GVG) door klimaatverandering (2050 W+)



**Figuur 3.13**

Ruimtelijke weergave van de huidige opgave (2010-2018) voor de GVG en de extra opgave door klimaatverandering, waarin te zien is dat veel gebieden qua GVG aan de randvoorwaarden voldoen. Dit kan worden verklaard door de afname (minder diep worden) van de GVG door hogere winterneerslag.

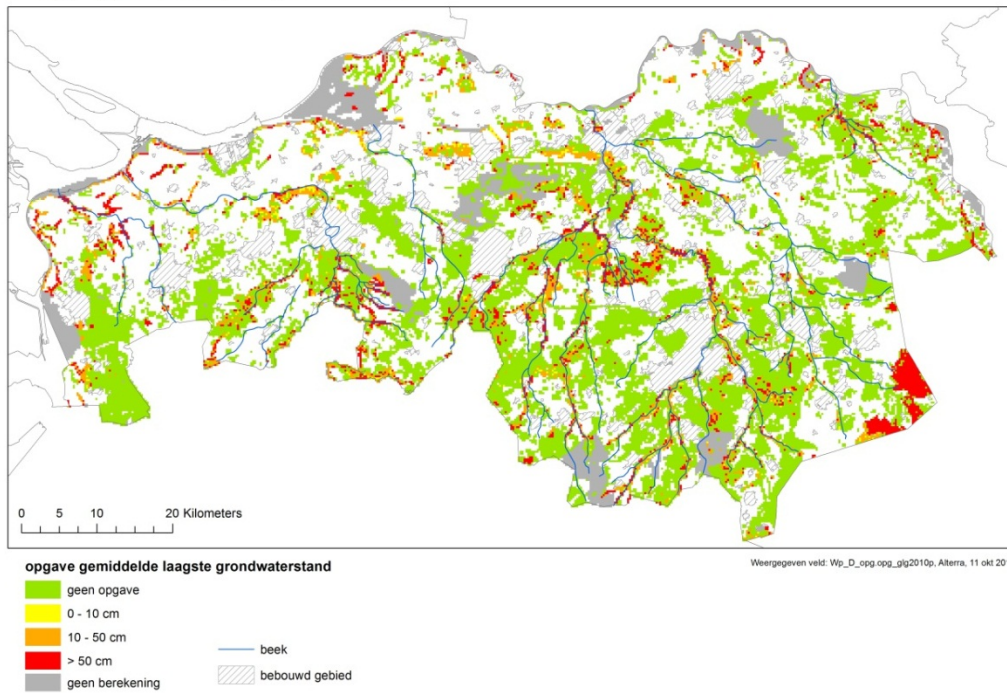


**Figuur 3.14**

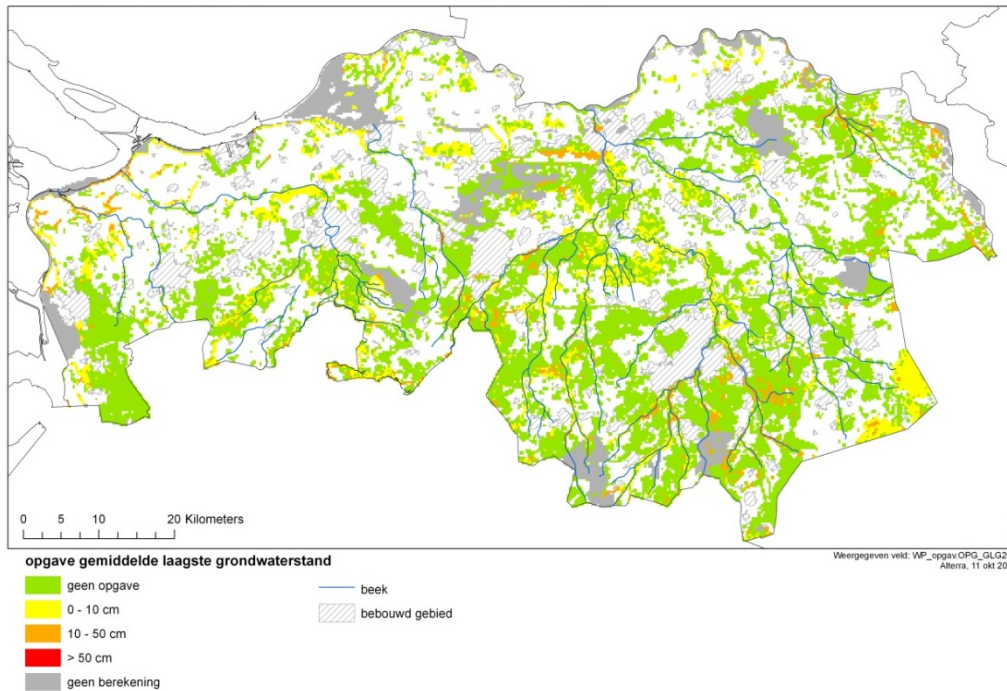
De huidige opgave (2010-2018) voor GLG en de extra opgave door klimaatverandering (in cm). In de uitgangssituatie is de GLG in veel natte typen veel te droog (zo'n 50-100 cm). Door klimaatverandering komt er voor vrijwel alle natte typen opnieuw een opgave van 10-20 cm bij. Voor droge typen en bossen zijn de opgaven nihil.

\*= Droog bos met productie heeft 11117 grids, y-as is afgekapt op 5000 grids.

Huidige opgave vocht (GLG) 2010 - 2018



Extra opgave vocht (GLG) door klimaatverandering (2050 W+)



**Figuur 3.15**

Ruimtelijke weergave van de huidige opgave voor GLG (2010-2018) en de opgave door klimaatverandering bij W+. In de huidige situatie ligt er voor beekdalén, bloemdijken in het noordwesten en hoogveengebieden in de Peelhorst een flinke opgave, hetzelfde patroon zien we bij de extra opgave door klimaatverandering, maar de opgave is wel minder groot dan de opgave voor de huidige situatie.

De huidige opgave (2010-2018) om de NO<sub>3</sub> in orde te brengen is beperkt tot een aantal beheertypen (figuur 3.16). Vochtige heide, Droge heide, Zandverstuiving, Vochtig hooiland en Droog schraalgrasland hebben op veel plekken een te hoog NO<sub>3</sub>-gehalte in de bodem in de uitgangssituatie. De huidige opgave is op veel plekken zo'n 5-50 mg/kg. Door klimaatverandering komt er opnieuw een opgave bij, maar die is kleiner dan de huidige opgave (0-20 mg/kg, voor droog schraalgrasland en vochtig hooiland op enkele plekken nog 20-50 mg/kg, die op veel meer plekken 20-50 mg/kg was). Voor veel typen komt er een opgave bij, maar die is veel kleiner dan de huidige opgave en op een kleiner aandeel van het oppervlak.

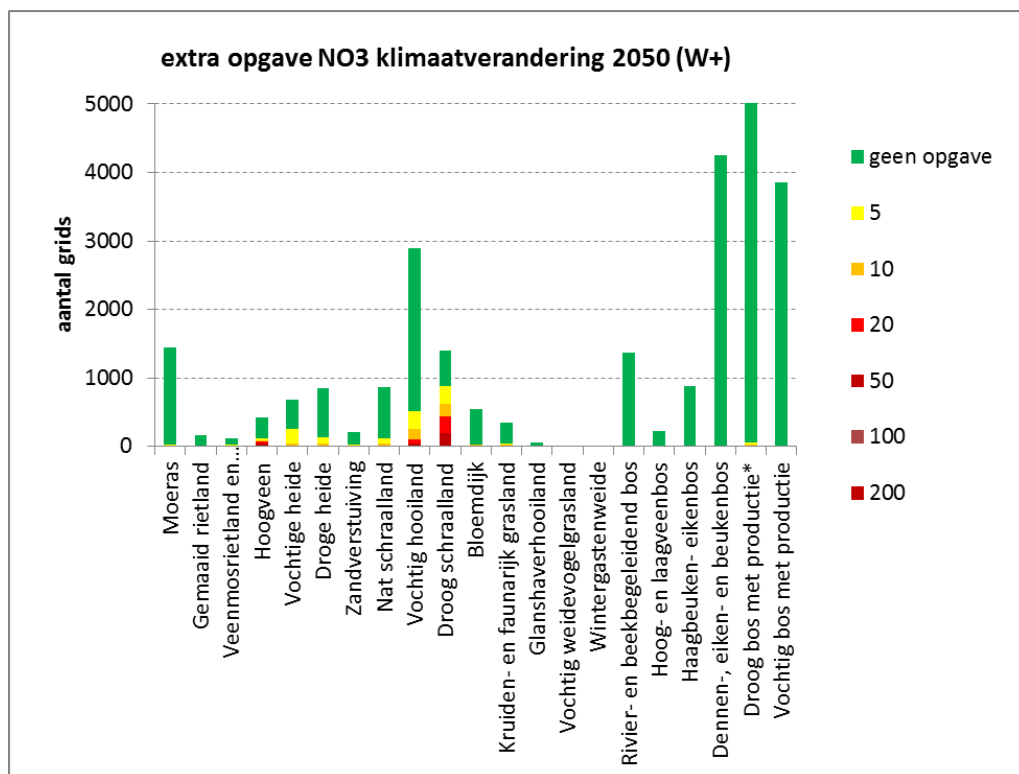
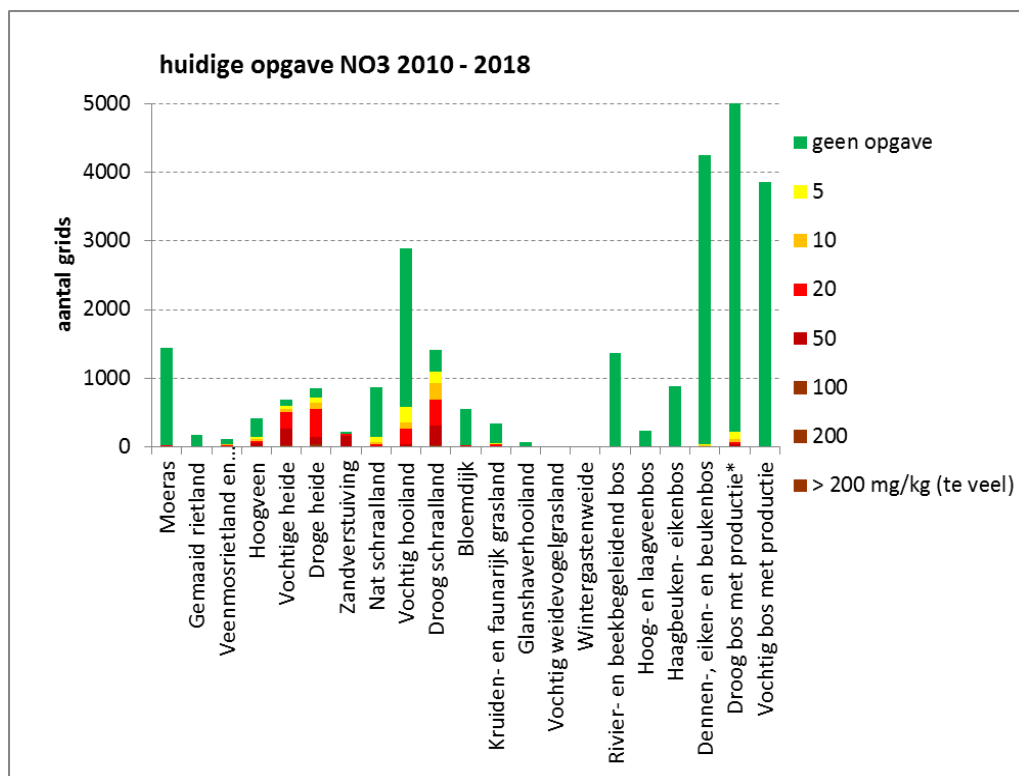
De extra opgave door klimaatverandering voor NO<sub>3</sub> is te verklaren door de tegenovergestelde effecten van een hogere GVG (natter) en een hogere temperatuur. Mineralisatie neemt namelijk af met het ondieper worden van de GVG (dit gebeurt op veel plekken). Door temperatuurstijging en toename van biomassa van de vegetaties neemt de NO<sub>3</sub> toe vanwege snellere mineralisatie.

Vooraf bij droge heide en vochtige heide zien we dat de huidige opgave (2010-2018) nog vrij groot is (20-100 mg/kg), door klimaatverandering komt daar vrijwel geen extra opgave voor NO<sub>3</sub> bij. Het effect van hogere temperaturen werkt bij de graslanden sterker door, zoals Vochtig hooiland en Droog schraalgrasland.

De pH is voor de meeste grids in orde. Waar wel een opgave ligt, is die vrij klein (figuur 3.19). Beheertypen met een opgave voor 2010-2018 zijn met name Moeras, Vochtig hooiland en Rivier- en beekbegeleidend bos. Door klimaatverandering komt er voor Moeras geen extra opgave bij, voor de anderen waar ook voor het huidige beheer een opgave ligt, komt er door klimaatverandering ook weer een opgave bij. Voor Bloemdijk komt er opvallend genoeg ook een opgave bij, terwijl dat in de huidige situatie vrijwel overal in orde was. De grootte van de opgave neemt wel af. Van ca. 2 pH-eenheden naar 1 pH-eenheid.



*Vochtige heide (Kampina), hotspot in Leefgebiedenplan; regelmatig beheer en herstel hydrologische kwaliteit zijn noodzakelijk (Foto Peter Voorn, Natuurmonumenten).*

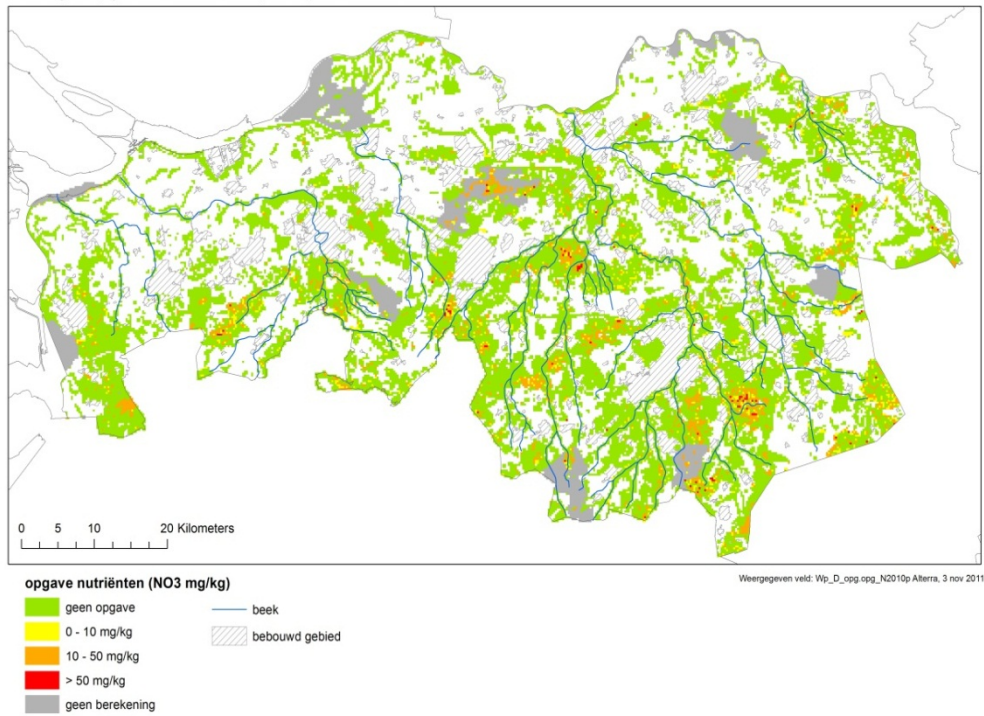


**Figuur 3.16**

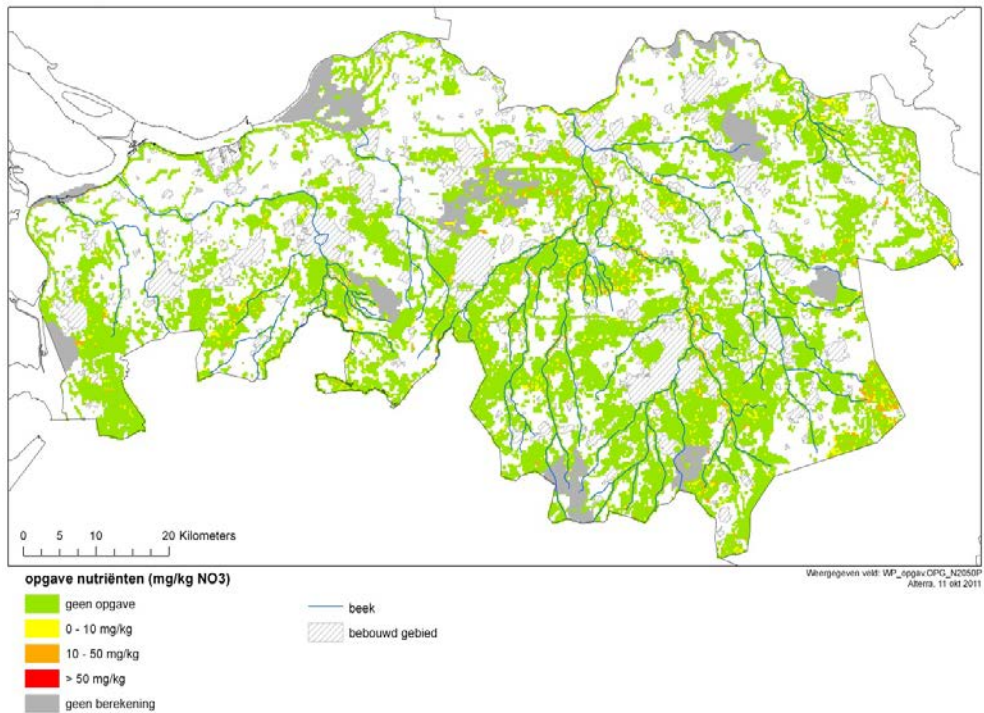
Huidige opgave voor NO3 en extra opgave door klimaatverandering (in mg/kg). De huidige opgave is iets groter dan de opgave door klimaatverandering. De voedselarme graslanden (vochtig en droog) hebben de grootste opgaven in de huidige situatie en door klimaatverandering.

\*= Droog bos met productie heeft 11117 grids, y-as is afgekapt op 5000 grids.

Huidige opgave nutriënten (NO3) 2010-2018

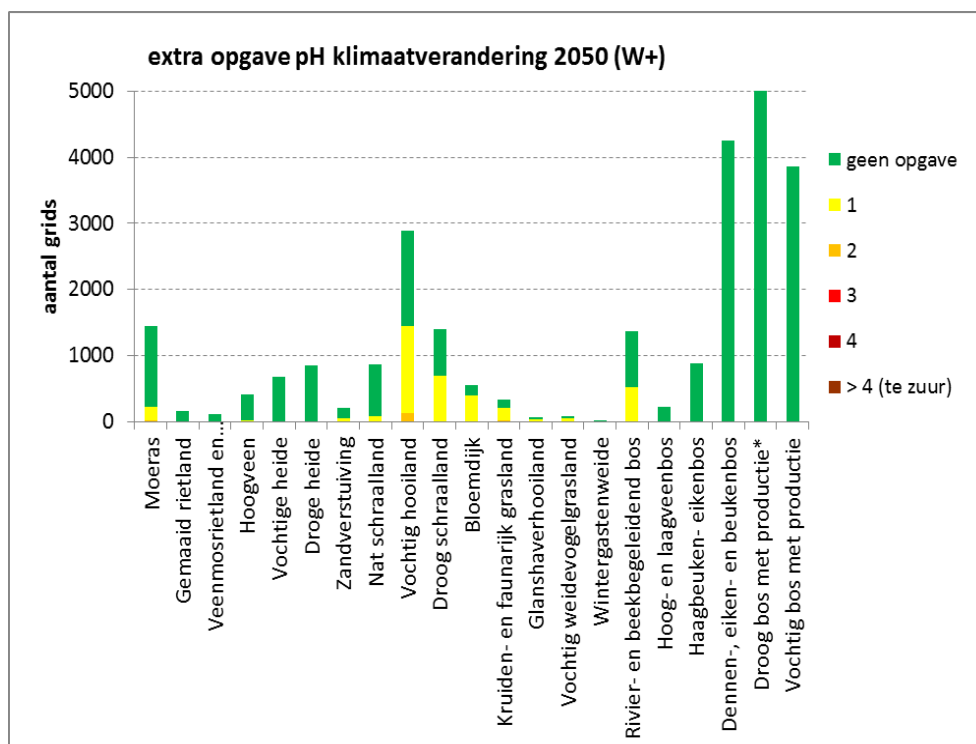
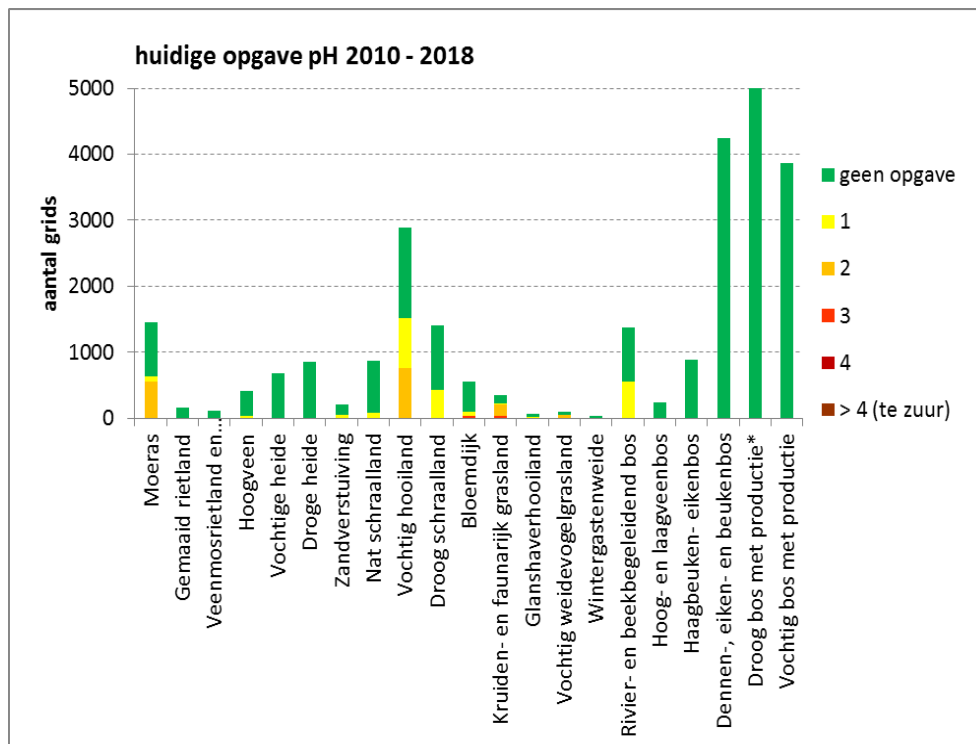


Extra opgave nutriënten (NO3) door klimaatverandering (2050 W+)



**Figuur 3.17**

Ruimtelijke weergave van de huidige opgave voor NO3 (2010-2018) en de extra opgave door klimaatverandering. De opgave voor de huidige is een stuk groter dan de extra opgave door klimaatverandering.

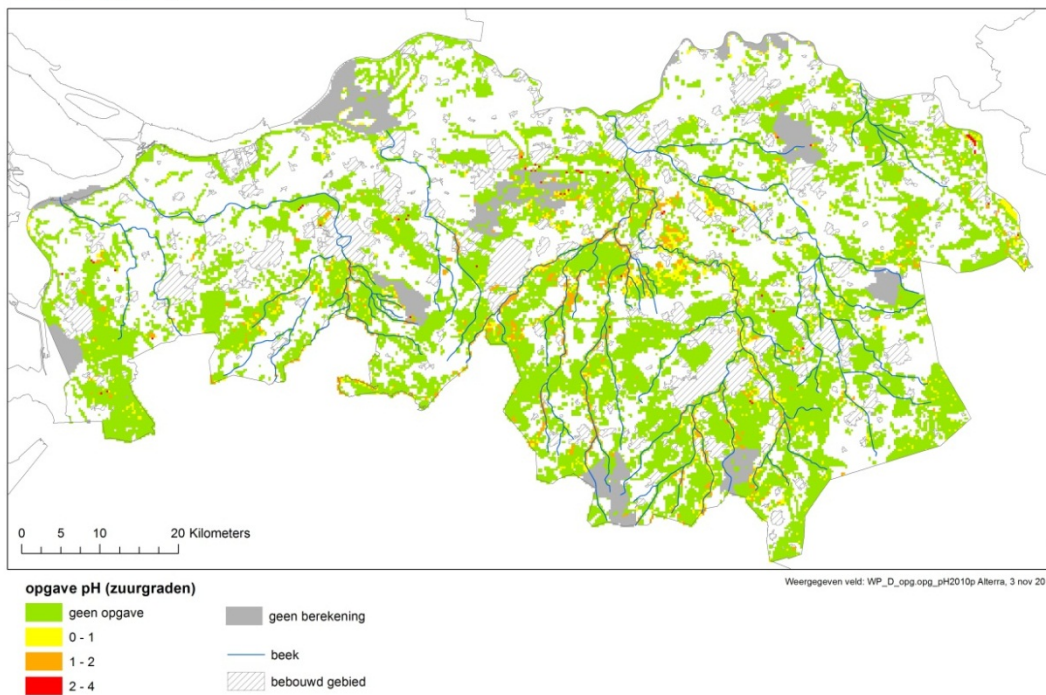


**Figuur 3.18**

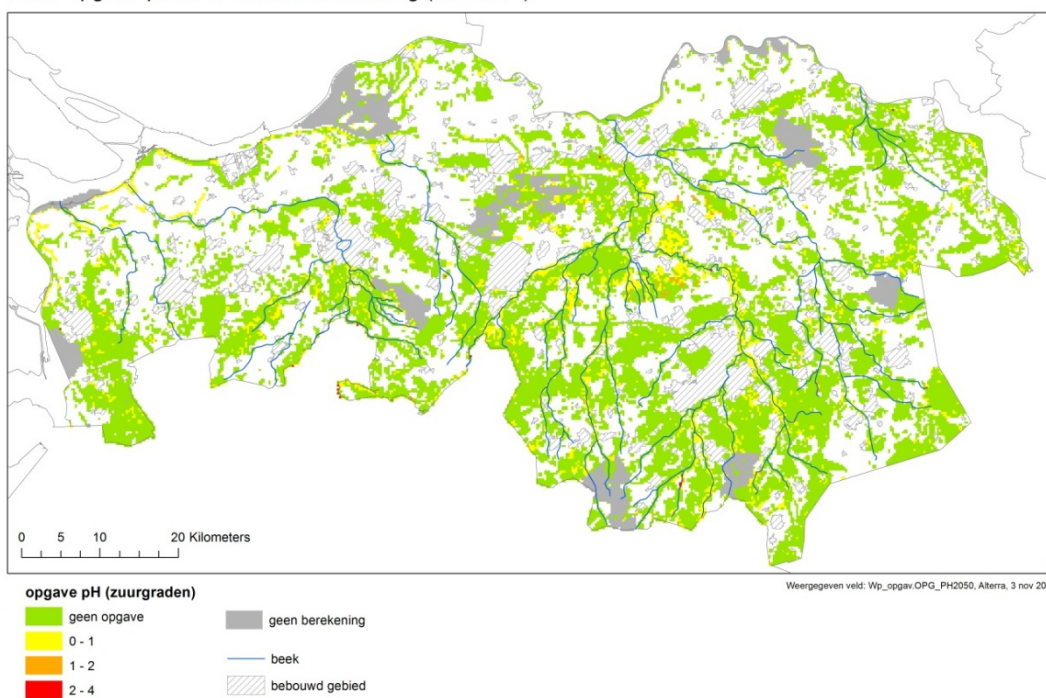
Huidige opgave voor pH (2010-2018) en de extra opgave door klimaatverandering. De opgave voor pH is in de huidige situatie beperkt tot delen van Moeras, Vochtig hooiland, Droog schraalland, Kruiden- en faunarij grasland en Rivier- en beekbegeleidend bos; deze opgave varieert van 0-2 pH-eenheden. De berekende extra opgave door klimaatverandering komt vrijwel nooit boven de 1 pH eenheid, voor ongeveer dezelfde beheertypen. Voor Bloemdijk was de pH in de uitgangssituatie 2010 vrijwel nergens een probleem, bij het klimaatveranderingsscenario wel op veel plekken.

\*= Droog bos met productie heeft 11117 grids, y-as is afgekapt op 5000 grids.

### Huidige opgave pH 2010-2018



### Extra opgave pH door klimaatverandering (2050 W+)



**Figuur 3.19**

Ruimtelijke weergave van de huidige opgave voor pH (2010-2018) en de extra opgave door klimaatverandering.



### 3.2.5 Bestaande en geplande herstel- en beheermaatregelen

Voor de berekening van de abiotische randvoorwaarden in de Ausgangssituatie 2010, hebben we aangenomen dat standaardbeheer plaatsvindt. Uit de berekeningen bleek dat er extra inspanningen voor beheer en herstel nodig zijn om vanuit de berekende abiotische randvoorwaarden in de huidige situatie naar de ambitie voor 2018 te komen. Verder bleek uit de analyses met SMART-SUMO dat er vanwege de extra opgave door klimaatverandering aanvullende maatregelen nodig zijn.

In de praktijk gebeurt er al meer dan alleen het standaardbeheer. In deze paragraaf gaan we daar verder op in: welke maatregelen en beleid zijn er en hoe grijpen die in op de abiotische randvoorwaarden? In paragraaf 3.3.5 gaan we in op maatregelen voor verbetering van de ruimtelijke samenhang.

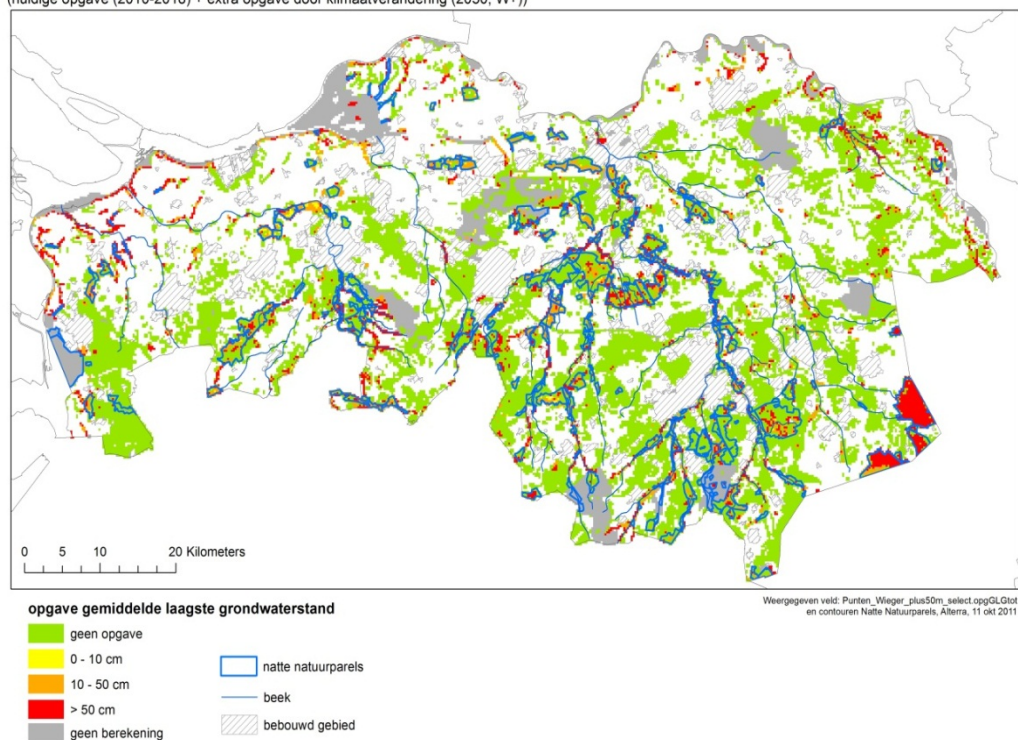
In deze paragraaf gaan we uit van de belangrijkste provinciale beleidsdocumenten en inbreng van gebiedskennis in de bijeenkomsten die in het kader van dit project georganiseerd zijn.

In de Structuurvisie Ruimtelijke Ordening (1 januari 2011) van de provincie Noord-Brabant wordt op strategisch niveau ingegaan op de kwaliteit van natuur. Van belang is de beleidscategorie Groenblauwe Structuur, waarin de Ecologische Hoofdstructuur opgenomen is als 'Groenblauwe Kern'. De ambitiekaart 'beleidssituatie 2018' die in deze studie als norm is genomen, is in feite hetzelfde als die Groenblauwe kern. Het ruimtelijk beleid voor de groenblauwe kern is gericht op behoud, herstel en ontwikkeling van natuurlijke en landschappelijke waarden. Rondom de kern ligt de 'Groenblauwe Mantel', dat overwegend uit gemengd landelijk gebied bestaat met belangrijke nevenfuncties voor natuur en water. De groenblauwe mantel is van belang voor het opvangen van omgevings- en klimaatinvloeden op het kerngebied. In andere plannen zijn deze strategische denklijnen verder uitgewerkt (zie voorbeelden hieronder).

Belangrijk voor het waterbeheer en hydrologische kwaliteit vormt het Provinciaal Waterplan (1 oktober 2010). De ambitie van het waterbeleid is om uiteindelijk de hydrologische randvoorwaarden voor gestelde ecologische doelen te realiseren. Dat gebeurt door maatregelen zoals beekherstel (bijvoorbeeld herstellen van meandering en verondiepen), door het verbeteren van de waterkwaliteit en antiverdrogingsmaatregelen. Antiverdroging zal volgens dit plan met prioriteit aangepakt worden in de TOPgebieden. Deze TOPgebieden vallen samen met de zogenaamde Natte Natuurparels en met waterafhankelijke Natura 2000-gebieden, zodat verdrogingsbestrijding voor alle beleidscategorieën integraal aangepakt wordt. De locaties waarin volgens deze studie de grootste totale opgaven liggen (huidige opgave (2010-2018) + extra opgave door klimaatverandering) voor het verbeteren van de GLG en GVG vallen grotendeels samen met deze Natte Parels, zie figuur 3.20. Overigens vallen de beekdalen veelal buiten de Natura 2000-gebieden. Veel van de natuur in de beekdalen bestaat uit vochtige graslanden die nog ontwikkeld moeten worden, hetgeen een verklaring kan zijn voor het feit dat de beekdalen geen Natura 2000-gebieden zijn. Vanuit de Kaderrichtlijn Water zijn de beekdalen wel belangrijke gebieden met Europese doelstellingen.

In het Leefgebiedenplan voor Soortenbescherming op de zandgronden in Brabant (2010) wordt op basis van aanwezige biodiversiteit een aantal gebieden aangewezen die met prioriteit bescherming nodig hebben. Het identificeert een aantal hotspot gebieden waar veel bedreigde planten en diersoorten aanwezig zijn. Plannen voor soorten en soortgroepen worden gebundeld tot systeemherstel. Het blijkt dat veel van de soortenhotspots overeenkomen met locaties met de nodige opgaven volgens onze studie. Wanneer dus de maatregelen uit het leefgebiedenplan worden uitgevoerd, is de kans groot dat die maatregelen overlappen met de opgave 2010-2018 die we in deze studie hebben berekend.

Totale opgave vocht (GLG) 2010-2050 + Natte Natuurparels  
(huidige opgave (2010-2018) + extra opgave door klimaatverandering (2050, W+))



**Figuur 3.20**

De totale opgave voor GLG (huidige opgave (2010-2018) + extra opgave door klimaatverandering) en de ligging van de Natte Natuurparels. Deze gebieden overlappen voor een groot deel, dit betekent dat mogelijk een groot deel van deze opgave door reeds voorgenomen hydrologische herstel maatregelen wordt gerealiseerd.

### 3.2.6 Conclusies abiotische verandering

- Klimaatverandering leidt tot verandering in de abiotische kwaliteit. Die verandering heeft gevolgen voor de geschiktheid voor de beheertypen die gepland zijn. Door te controleren of de kwaliteit, zoals die berekend is voor GVG, GLG,  $\text{NO}_3$  en pH voldoet aan de randvoorwaarden voor de verschillende beheertypen kunnen we inschatten voor welke beheertypen de knelpunten het grootst zijn en waar die globaal liggen.
- Wanneer gekeken wordt naar het aantal abiotische randvoorwaarden dat voldoet, dan zien we een achteruitgang bij klimaatverandering, vooral in het W+-scenario bij voedselarme, vaak vochtige beheertypen, zoals Hoogveen, Vochtig hooiland en Droog schraalland. Voor een aantal andere beheertypen verandert er weinig in het aantal randvoorwaarden dat geschikt is. Ook de verschillen tussen de scenario's zijn relatief klein voor de meeste beheertypen. De berekende kwaliteit van de abiotische randvoorwaarden zelf verandert wel, daarom is het van belang om ook naar de kwantitatieve veranderingen te kijken. Dus als de berekende abiotische kwaliteit niet voldoet aan de randvoorwaarde, *hoeveel* wijken die dan van elkaar af?
- In de huidige situatie 2010 voldoet de abiotische kwaliteit op veel plekken niet aan alle randvoorwaarden van de beheertypen. Vochtige en voedselarme beheertypen treffen dan op veel plekken omstandigheden aan die te droog en/of te voedselrijk zijn. Te droog geldt bijvoorbeeld voor vrijwel alle Veenmosrietland en moerasheide, Hoogveen, Vochtige heide en Nat schraalland. De huidige opgave voor gemiddelde voorjaarsgrondwaterstand om de eisen voor de beheertypen op de ambitiekaart 2018 te halen is voor deze typen zo'n 10-50 cm. De huidige opgave (2010-2018) voor de gemiddelde laagste grondwaterstand is zo'n 20-100 cm. De berekende uitgangssituatie is te voedselrijk voor vrijwel alle Vochtige heide, Droge

heide, Zandverstuivingen en Droog schraalgrasland. De opgave om de eisen voor de beheertypen op de ambitiekaart 2018 te halen varieert voor die typen tussen 5-50 mg/kg. De pH is op een relatief klein deel van het oppervlak zo'n 1-2 pH eenheden te zuur in de uitgangssituatie.

- De berekende omstandigheden in de huidige situatie 2010 zijn geschikt voor de meeste bossen, met name Haagbeuken en eikenbossen, Dennen-, eiken- en beukenbossen, en de productiebossen. De manier waarop beheertypen van bossen gedefinieerd zijn betekent dat vooral aan de eisen van de wat voedselrijkere en droogte bestendige sub-bostypen voldaan kan worden. Ook binnen de voedselarme en vochtige bos-subtypen gaan problemen optreden. Waar en hoe groot die problemen voor de bossen zijn is lastig via de huidige aanpak te achterhalen.
- Als aangenomen wordt dat door de extra beheer- en herstelmaatregelen de abiotische kwaliteit in de huidige situatie 2010 zodanig verbetert dat deze voldoet aan de eisen voor de abiotische kwaliteit voor de beleidssituatie 2018, dan komt er door klimaatverandering in een aantal gevallen een extra opgave bij. Met name vochtige en voedselarme beheertypen ondervinden negatieve gevolgen van verandering in kwaliteit door klimaatverandering. Voor Vochtige heide, Vochtige schraalgraslanden, Hoog- en laagveenbossen gaat de kwaliteit door klimaatverandering op veel locaties achteruit. Vooral de veranderingen in vocht en  $\text{NO}_3$  leiden tot achteruitgang van de abiotische kwaliteit voor deze typen. De extra opgave die door klimaatverandering op de beheertypen afkomt, is een stuk kleiner dan de huidige opgave (2010-2018). Voor GVG komt er geen extra opgave bij (was zo'n 10-50cm). Voor GLG komt er wel een extra opgave bij, die bedraagt bij klimaatverandering zo'n 5-20 cm (ten opzichte van zo'n 20-100 in de uitgangssituatie 2010). Ook de extra opgave door klimaatverandering voor  $\text{NO}_3$  is kleiner dan de huidige opgave (2010-2018), namelijk zo'n 5-20 mg/kg (was zo'n 5-50 mg/kg in de huidige situatie). Voor pH komt er met name voor de graslanden op een deel van het oppervlakte nog een extra opgave bij die op de meeste plekken maximaal 1 pH eenheid groot is. Vooral bij Bloemdijk zien we deze extra opgave terug.
- De randvoorwaarden voor een aantal droge typen veranderen in gunstige zin. De randvoorwaarden worden gunstiger voor Droge heide en Zandverstuivingen. Dit wordt grotendeels verklaard door verbeterde vochtomstandigheden in het voorjaar en afname van het  $\text{NO}_3$  gehalte doordat mineralisatie en daarmee de voedselrijkdom afneemt door hogere GVG. In die situaties waarin de opgave voor  $\text{NO}_3$  door klimaatverandering afneemt, hebben de vochtiger voorjaarsomstandigheden de toename van mineralisatie door hogere temperaturen waarschijnlijk gecompenseerd.

### **3.3 Effecten klimaat op soorten en kwaliteit ruimtelijke samenhang**

#### **3.3.1 Introductie**

In deze paragraaf komt aan de orde wat klimaatverandering voor directe effecten heeft op soorten. Veel van die effecten hebben een relatie met ruimtelijke processen in populaties en tussen soorten. Daarom komt hier ook het belang van ruimtelijke samenhang aan de orde.

We beginnen met een beschrijving van effecten op basis van bestaande kennis. Daarna volgen de resultaten van de nieuwe analyses. In de berekening van de ruimtelijke samenhang voor Noord-Brabant met modellen maakten we gebruik van de berekende abiotische kwaliteit en veranderingen daarin door klimaatverandering. Het vormt dus de optelsom van effecten van klimaatverandering op de abiotische kwaliteit en de ruimtelijke samenhang.

In paragraaf 3.3.4 gaan we in op het bestaande beleid voor ruimtelijke samenhang.

### 3.3.2 Effecten op soorten en ruimtelijke samenhang

Soorten verschillen in hun reactie op veranderingen in het klimaat. De ene verandering is voor de ene soort gunstig, voor de andere ongunstig, en weer een andere soort is ongevoelig voor de verandering. Deze verschillen tussen soorten kunnen ertoe leiden dat de soortensamenstelling van levensgemeenschappen verandert. Wat de uitwerking van klimaatverandering op soortengemeenschappen is, is niet een som van responses van individuele soorten, ook de interacties tussen soorten spelen een belangrijke rol. Door verschuivingen in soortensamenstelling kunnen geheel nieuwe levensgemeenschappen ontstaan die nog niet eerder beschreven zijn. Het is niet bekend hoe levensgemeenschappen in Noord-Brabant zullen gaan veranderen. Wel is het zo dat soorten die onder verschillende omstandigheden kunnen leven grotere kansen hebben om te overleven. Dit zijn soorten die nu ook al algemeen zijn. Vooral specialistische soorten met specifieke interacties en specifieke standplaatscondities lopen gevaar door klimaatverandering.

Door klimaatverandering worden allerlei levensprocessen van planten en dieren vervroegd in het jaar. Het groeiseizoen wordt langer en sommige (insecten)soorten kunnen meer generaties per jaar krijgen dan voorheen. Soorten reageren hier echter verschillend op. De vervroeging van de bloeitijd van planten is veel sterker dan de verschuiving in de terugkeertijd van trekvogels. Ook is de piek van rupsen bijvoorbeeld vroeger in het jaar, maar hebben zangvogels, die de rupsen voeren aan hun jongen, de piek in uitkomen van eieren niet vervroegd. Verschillen in fenologische respons tussen soorten kan leiden tot problemen in voedselketens (mismatch).

Temperatuurstijging en andere veranderingen van klimaatkenmerken heeft tot gevolg dat veel soorten hun potentiële verspreidingsgebied naar het noorden zien uitbreiden en aan de zuidkant zien krimpen. Deze verschuiving wordt voorspeld door zogenaamde klimaat-envelopmodellen. Diverse studies hebben laten zien dat waargenomen verschuivingen van soorten overeenkomen met de voorspelde veranderingen. Tegelijkertijd is het belangrijk te weten dat klimaat nooit de enige factor is die soortensamenstellingen beïnvloedt. In Nederland is de afgelopen decennia het beheer van bossen bijvoorbeeld zodanig veranderd, dat ze dichter zijn geworden, met meer ondergroei. Dit leidt tot wat koelere omstandigheden, waardoor juist soorten die van koelere omstandigheden houden konden toenemen in areaal en/of aantallen en soorten die voorkeur hebben voor warmere omstandigheden afnamen.

Het verschuiven van areaalgrenzen door gewijzigde klimatologische condities speelt ook in op soortinteracties omdat soorten kunnen verdwijnen en anderen verschijnen. Naast een mismatch in tijd voor soorten op een bepaalde plek, bedreigt ook een mismatch in ruimte de biodiversiteit, wanneer de ene soort zijn verspreidingsgebied op een andere manier aanpast aan een veranderend klimaat dan de andere soort. Eén van de gevolgen kan zijn dat het verspreidingsgebied van planten met specialistische bestuivers bijvoorbeeld niet meer hetzelfde is als het verspreidingsgebied van hun bestuivers.

Voor beheertypen van hoge zandgronden is op basis van andere studies een overzicht gemaakt van de verwachte verschuiving van klimaatzones van doelsoorten:

- Soorten waarvoor het areaal met gemiddeld een geschikt klimaat zich uitbreidt in Nederland ('uitbreidende soorten')
- Soorten waarvoor Nederland centraal ligt en blijft liggen in het areaal met gemiddeld een geschikt klimaat ('centrale soorten')
- Soorten waarvoor het areaal met gemiddeld een geschikt klimaat zich terugtrekt uit Nederland ('terugtrekkende soorten')

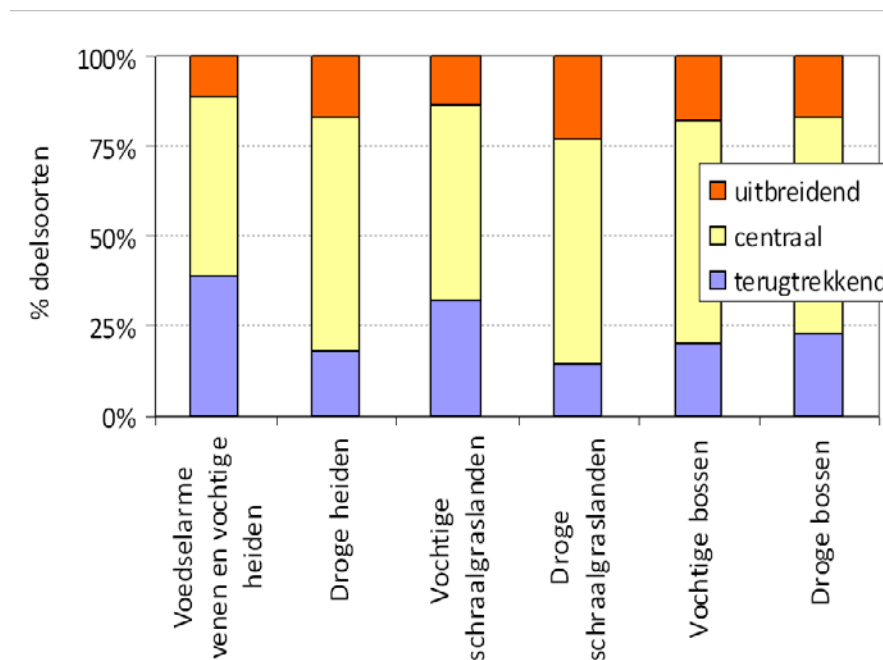
In de Klimaatresponsdatabase (Van der Veen et al., 2010) is voor zo'n 3000 planten- en diersoorten (waaronder enkele honderden doelsoorten van het Nederlandse natuurbeleid) op te zoeken hoe het areaal met het geschikte klimaat verandert. Deze verwachting is gebaseerd op interpretatie van zogenaamde klimaat-envelopmodellen.

Per beheertype kan zo worden ingeschat hoe de arealen met geschikt klimaat voor de doelsoorten veranderen. Per beheertype levert dit een inschatting op van de verwachte verandering in de soortensamenstelling onder invloed van de verschuivende klimaatzones.

In figuur 3.21 zijn beheertypen geaggregeerd naar natuurtypen. We zien dat het aandeel 'centrale soorten' in ieder natuurtype het grootst is, de aandelen 'terugtrekkend' en 'uitbreidend' zijn soms ongeveer hetzelfde. De meeste natuurtypen hebben zo'n 15-25% doelsoorten waarvoor het areaal met geschikt klimaat zich uitbreidt. Het aandeel soorten waarvoor het areaal met geschikt klimaat zich uit Nederland terugtrekt varieert van ca. 12-40%. Vooral Voedselarme venen en vochtige heiden en Vochtige schraalgraslanden hebben relatief veel doelsoorten waarvoor het areaal met geschikt klimaat zich terugtrekt uit Nederland en weinig doelsoorten waarvoor het areaal geschikt klimaat zich uitbreidt. Droge typen zoals droge heide en droge schraalgraslanden hebben juist wat meer soorten waarvan het areaal met geschikt klimaat zich uitbreidt.

Wat niet in de figuur is weergegeven, is het feit dat ook soorten die nu nog niet in Nederland voorkomen, maar wel in landen ten zuiden van ons, in de toekomst hier voor zullen komen. Uiteraard is Brabant dan een belangrijke poort voor dergelijke soorten.

Hoe de balans uiteindelijk uitpakt voor verschuiving in soortensamenstelling in gebieden hangt onder andere af van de bereikbaarheid voor nieuwe en uitbreidende soorten en van de habitatkwaliteit die bijdraagt aan het tempo waarin soorten verdwijnen. Hoe beter de ruimtelijke samenhang op grote schaal, hoe beter soorten waarvoor het areaal met geschikt klimaat zich uitbreidt, hun verspreidingsareaal met het geschikte klimaat mee kunnen laten bewegen. De snelheid waarmee terugtrekkende soorten verdwijnen hangt met name af van de kwaliteit van de gebieden waar ze nu voorkomen: in heterogene en grote gebieden kunnen populaties nog heel lang geschikte plekken vinden, ondanks verschuivingen in het areaal waarin het klimaat gemiddeld geschikt is.



**Figuur 3.21**

Verdeling van huidige doelsoorten van natuurtypen (dat zijn groepen van vergelijkbare beheertypen) over zogenaamde klimaatresponsgroepen. Uitbreidend = areaal geschikt klimaat breidt zich uit in Nederland, centraal = Nederland ligt centraal in de huidige en toekomstige geschikte klimaatzone. Terugtrekkend = areaal geschikte klimaat neemt af in Nederland (bron: Klimaatresponsdatabase, Van der Veen et al., 2010).

Een ander effect van klimaatverandering op soorten wordt veroorzaakt door een toenemende kans en heftigheid van extreme weersituaties (hittegolven, extreme neerslag, etc.). Deze toename van extreme omstandigheden heeft zijn weerslag op populatiedynamiek. Het gevolg is onder andere extra fluctuaties in populatiegroottes. Door deze fluctuaties heeft een populatie meer kans om uit te sterven, vooral kleine populaties. Het frequenter en heftiger optreden van weersextremen wordt wel gezien als belangrijkste oorzaak van veranderingen in ecosystemen. Grote, heterogene gebieden hebben meer veerkracht om extremen in het weer op te vangen dan kleinere, homogene gebieden.

### 3.3.3 Resultaten modellering ruimtelijke samenhang

Voor drie soorten die model staan voor drie ecosystemen zijn ruimtelijke analyses gedaan: 'Pimpernelblauwtje' voor graslanden, 'Heidevlinder' voor heides en 'Eekhoorn' voor bossen.

In deze paragraaf komen de resultaten aan bod. De resultaten van de abiotische analyses worden gebruikt om de verandering in kwaliteit van leefgebieden mee te nemen in de analyses. Immers in gebieden die in kwaliteit achteruit gaan, is de overlevingskans van populaties kleiner. In gebieden met slechte abiotische kwaliteit worden ook minder jongen geboren die bij kunnen dragen aan duurzaam voortbestaan van populaties in Brabant. Jonge dieren zorgen uiteraard voor volgende generaties. Jonge dieren zijn ook vaak degenen die op zoek gaan naar nieuwe leefgebieden. De dieren die uit hun leefgebied vertrekken op zoek naar nieuw leefgebied worden 'dispersers' genoemd. De mate van uitwisseling van dieren tussen leefgebieden bepaalt de ruimtelijke samenhang. Uit de abiotische analyse bleek dat er vrij weinig verschil tussen de twee klimaatscenario's zat. Daarom laten we hier alleen de resultaten van het W+-scenario zien.

We kijken naar de volgende indicatoren voor ruimtelijke kwaliteit:

- In hoeverre liggen gebieden in netwerken? Dat wil zeggen leefgebieden die ruimtelijk samenhangen voor de modelsoorten, zodat ze zonder problemen van het ene naar het andere gebied kunnen trekken. Bijvoorbeeld om nieuwe territoria te koloniseren. Een weg of een contrasterend habitat kan er voor zorgen dat gebieden die hemelsbreed dicht bij elkaar liggen, toch in gescheiden netwerken liggen. Gaten *tussen* verschillende netwerken vormen een opgave om soorten in staat te stellen hun areaal mee te laten bewegen met verschuivende zones met het geschikt klimaat.
- Hoe sterk is de ruimtelijke samenhang van netwerken? Hoe meer dieren tussen gebieden heen en weer bewegen binnen een netwerk, hoe sterker de ruimtelijke samenhang is en hoe beter een gebied binnen een netwerk in staat is om te herstellen na bijvoorbeeld een extreem jaar.
- Hoe verandert de ruimtelijke samenhang door klimaatverandering? Dit wordt weergegeven door te kijken naar de verandering in het aantal binnenkomende dieren per gebied.

#### *Heidegebieden*

Het ruimtelijke patroon van heide gebieden laat zien dat in de uitgangssituatie 2010 enkele gebieden verbonden zijn in netwerken, veel plekken liggen echter geïsoleerd (Figuur 3.22a). Gebieden die dicht bij elkaar liggen vormen samen een netwerk. Tussen gebieden binnen een netwerk vindt veel uitwisseling van dieren plaats. In deze analyse dus individuen van de Heidevlinder, die model staat voor meerdere diersoorten van heide-ecosystemen. Er zijn ook afzonderlijke, geïsoleerde gebieden die een eigen 'netwerk' vormen. In feite zijn dit dus geen netwerken, omdat ze vrijwel geen uitwisseling met andere plekken hebben.

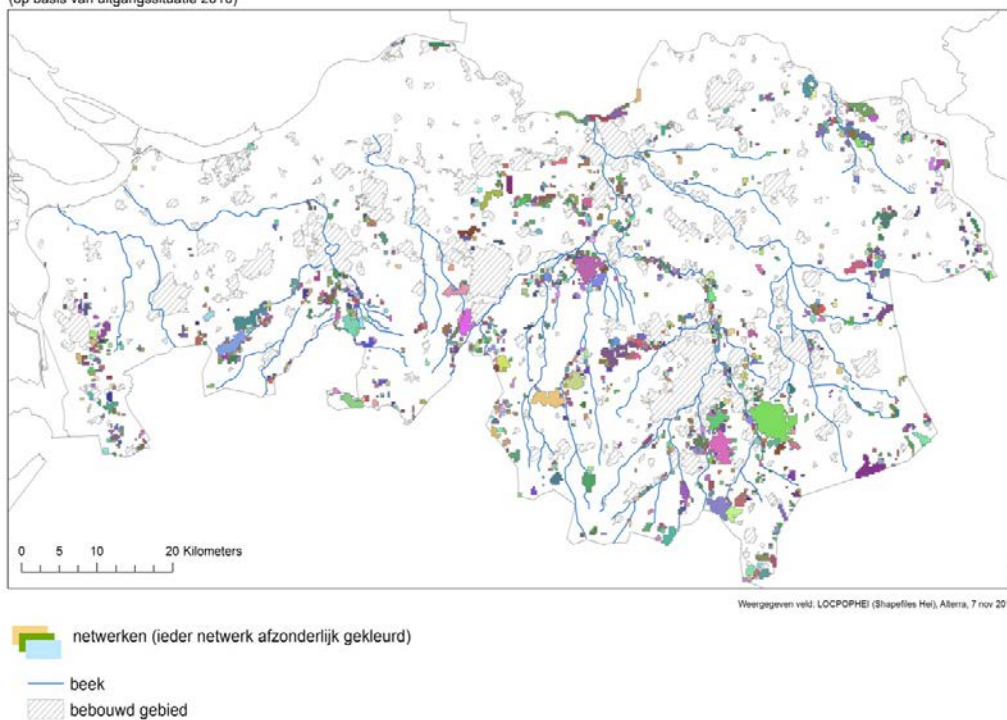
Tussen netwerken is de uitwisseling gering.

Om het verschuiven van soorten met verschuivende klimaatverandering mogelijk te maken, is ook samenhang tussen netwerken nodig. Uit het ruimtelijk patroon van figuur 3.22a blijkt wel dat daar de nodige knelpunten liggen: veel afzonderlijke, vaak kleine netwerken, met grote gebieden (o.a. bossen, landbouw, stedelijk gebied) daartussen.

De sterkte van de netwerken laat zien dat de gebieden die in de relatief grote netwerken liggen vrij veel onderlinge uitwisseling hebben (figuur 3.22b). Dit maakt deze netwerken tot sterke netwerken. De vele geïsoleerde kleine netwerkjes (vaak dus afzonderlijke gebieden) hebben een zwakke ruimtelijke samenhang, en hebben weinig uitwisseling met andere gebieden. Heidegebieden op de flanken van de beekdalen, maar ook de heidegebieden op bijvoorbeeld op de Brabantse Wal en het Ulvenhoutse bos hebben zwakke netwerken. Dergelijke zwakke plekken zijn extra gevoelig voor extremen in weersomstandigheden, omdat kleine populaties snel uitsterven. Als een geïsoleerde populatie eenmaal uitsterft, wordt zo'n plek maar moeilijk opnieuw gekoloniseerd. Voor sterke netwerken gebeurt dat waarschijnlijk minder snel door extremen.

De verandering van de abiotische condities werkt door in verandering van de ruimtelijke samenhang van de heidegebieden. Uit de analyses die hiervoor beschreven zijn, verwachten we dat de abiotische kwaliteit in veel gevallen hetzelfde blijft. De abiotische kwaliteit, zoals die in de ruimtelijke analyse is gebruikt, gaat immers uit van het *aantal* geschikte randvoorwaarden. Die blijft in veel gevallen hetzelfde voor 2010 en 2050. Voor vochtige heide blijft de abiotische kwaliteit vrij ongunstig, voor droge heide neemt die op enkele plekken licht toe en voor droge schraalgraslanden neemt die op enkele af. De veranderingen in abiotische kwaliteit zijn zodanig dat ze niet doorwerken in een verandering in de ruimtelijke samenhang van de heidegebieden. De sterkte van de netwerken, het aantal binnenkomende of vertrekkende dieren per leefgebieden veranderen slechts op een aantal plaatsen zeer marginaal. Om die reden geven we hier alleen de resultaten voor 2010 weer. De locatie van de sterke plekken en geïsoleerde plekken in 2050 is dus gelijk aan die van 2010.

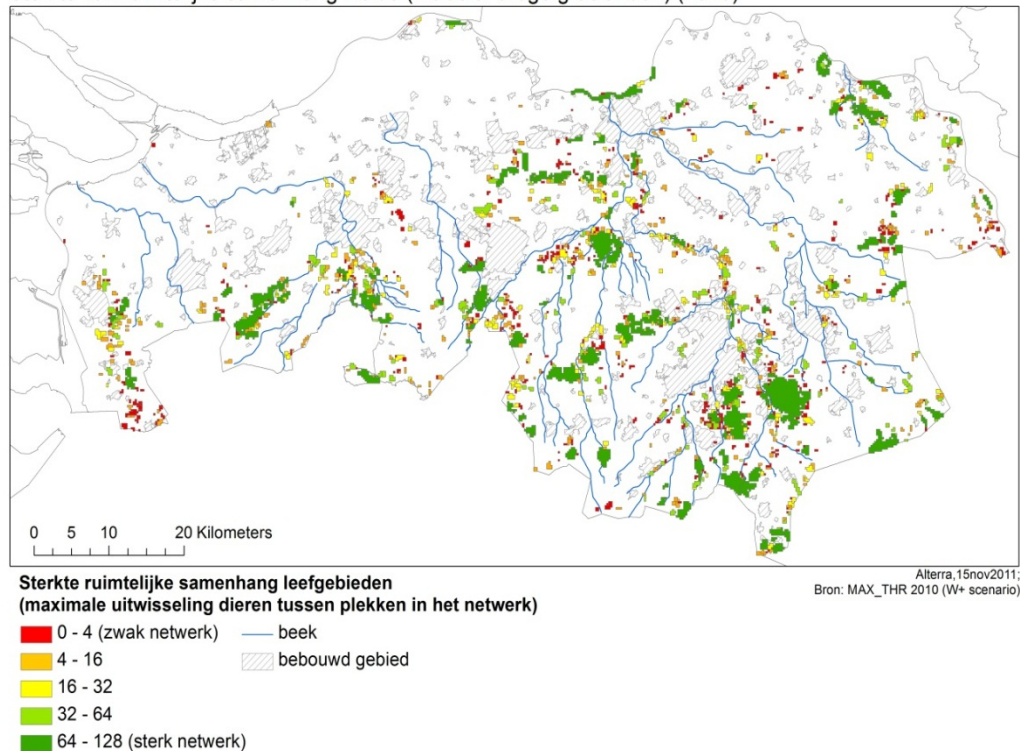
**Afzonderlijke netwerken Heides**  
(op basis van uitgangssituatie 2010)



**Figuur 3.22a**

*Afzonderlijke netwerken van heidegebieden (inclusief droge schraalgraslanden). Gebieden die dicht bij elkaar liggen vormen samen een netwerk. Tussen gebieden binnen een netwerk vindt veel uitwisseling van dieren (model-vlindersoort) plaats. Tussen netwerken is die uitwisseling gering. Bij heide zijn er netwerken die uit meerdere gebieden bestaan. Er zijn echter ook veel netwerkjes die klein en geïsoleerd zijn en maar uit enkele of zelf één gebiedje bestaan (dit moet dus eigenlijk geen netwerk genoemd worden). Om het verschuiven van soorten met verschuivende klimaatverandering mogelijk te maken, is ook samenhang tussen netwerken nodig.*

### Sterkte van ruimtelijke samenhang Heide (inclusief droge graslanden) (2010)



**Figuur 3.22b**

*Sterkte van afzonderlijke heidenetwerken. De mate van uitwisseling van dieren (model vlindersoort) tussen gebieden binnen één netwerk bepaalt de sterkte van het netwerk. Voor heide zijn er enkele sterke netwerken (groen gekleurd, veel uitwisseling). Maar er zijn ook veel rood gekleurde kleine netwerkjes (vaak bestaand uit kleine, geïsoleerde plekken).*

### *Vochtige graslanden*

In het patroon van de netwerken van vochtige graslanden zien we de ligging van de beekdalen terug (figuur 3.23a). Veel vochtige graslanden liggen in de beekdalen, of zijn daar gepland. In de ruimtelijke analyse is dus gerekend met het *geplande* patroon van de graslanden op basis van de ambitiekaart 2018. De kwaliteit die in de analyse is gebruikt is die van de resultaten van de abiotische analyse. We gebruiken dus een maat voor de abiotische kwaliteit, gebaseerd op de waarden van GVG, GLG, pH en NO<sub>3</sub>, omgerekend naar het *aantal* randvoorwaarden dat in orde is voor het geplande doel. Het rekent dus ook plekken bij de ruimtelijke samenhang mee, die nu nog niet uit vochtig grasland hoeven te bestaan. Het patroon van de afzonderlijke netwerken is zodanig dat de gebieden vaak in netwerken verbonden liggen, die hele beekdalen intern verbinden. We zien echter wel dat de netwerken onderling niet verbonden zijn. Het patroon is dus zodanig, dat het lastig voor soorten zal zijn om een verschuivend klimaat op grotere schaal te volgen. Een aantal plekken ligt geïsoleerd en maakt geen deel uit van een groter netwerk.

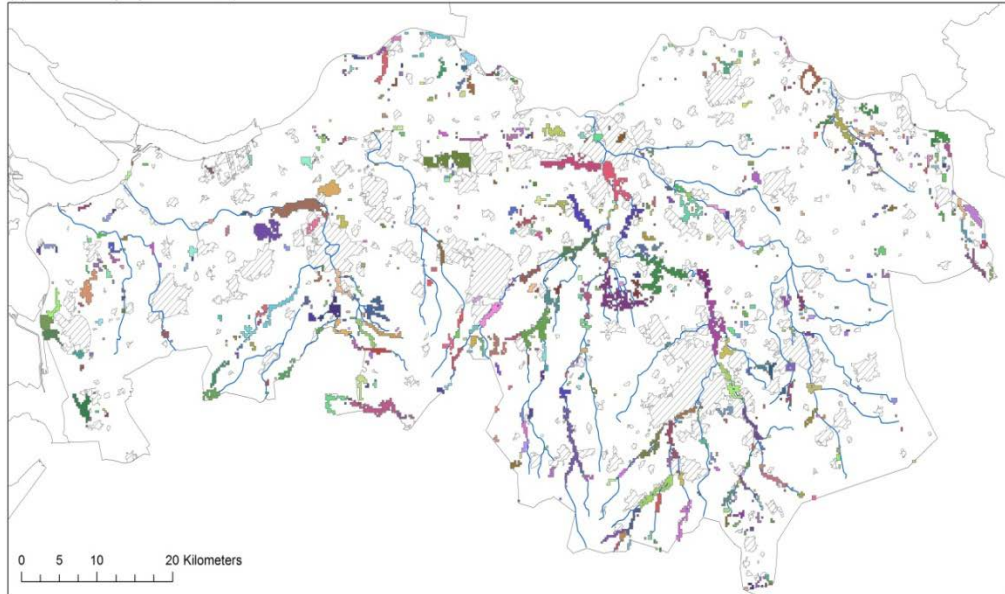
In figuur 3.23b zien we dat de netwerken van de graslanden vaak een sterke ruimtelijke samenhang hebben. De lokale plekken die samen een netwerk vormen hebben onderling vaak veel uitwisseling en hebben een zodanig oppervlakte, dat het voor de vlindersoorten sterke netwerken zijn.

In figuur 3.23c zien we dat door klimaatverandering de ruimtelijke samenhang achteruit gaat. Dit heeft alles te maken met de verwachte achteruitgang van de abiotische kwaliteit van vochtige graslanden. De slechtere kwaliteit zorgt ervoor dat de draagkracht en omvang van populaties afneemt. Omdat de populaties kleiner worden, is er minder uitwisseling tussen de populaties. Vrijwel alle netwerken gaan er in ruimtelijke samenhang

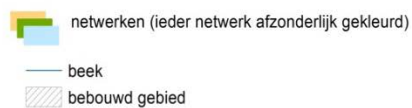


licht op achteruit. Vochtige graslanden ten noorden van de Brabantse Wal, rondom de Moergestelse beek, Het Merske, de Beerze, of het gebied tussen de Mortelen en Loonse en Drunense duinen zijn voorbeelden van gebieden die er het meest op achteruit gaan.

Afzonderlijke netwerken Vochtige graslanden  
(op basis van uitgangssituatie 2010)



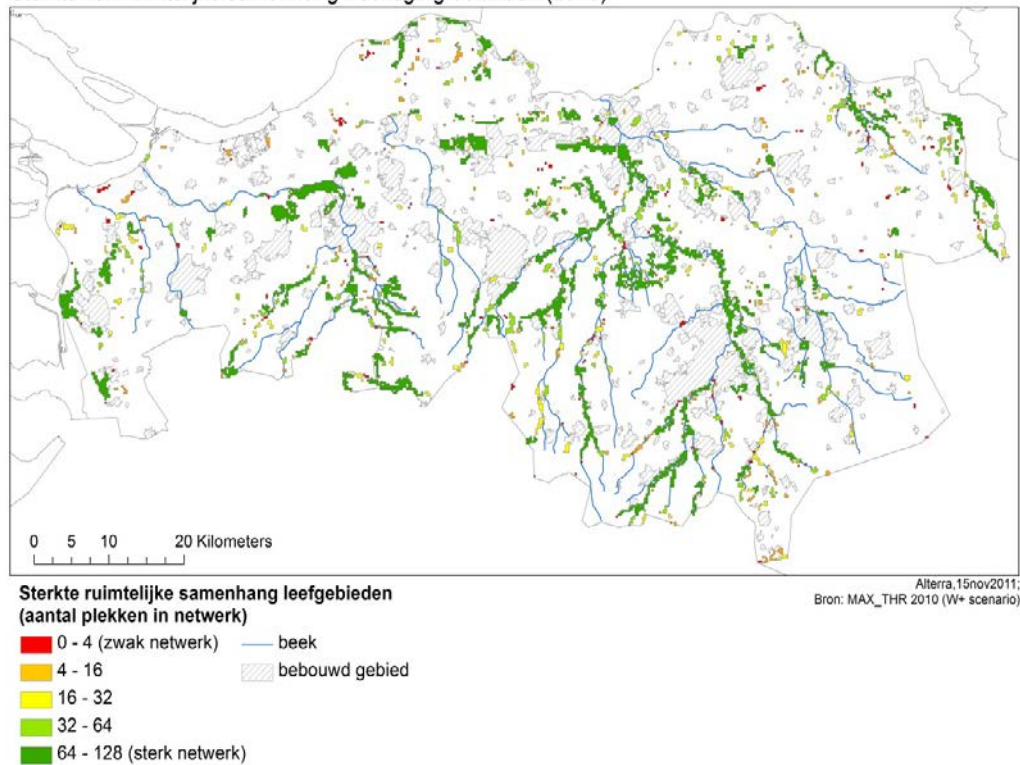
Weergegeven veld: LOCPOP (Shapefiles Meadow), Alterra, 7 nov 2011



**Figuur 3.23a**

*Afzonderlijke netwerken van vochtige graslanden. Gebieden die dicht bij elkaar liggen vormen samen een netwerk. Tussen gebieden binnen een netwerk vindt veel uitwisseling van dieren (Pimpernelblauwtje) plaats. Tussen netwerken is die uitwisseling gering. Bij graslanden zijn er netwerken die uit meerdere gebieden bestaan, langs beekdalen volgen de netwerken de beken. Er zijn echter ook veel netwerken die meer geïsoleerd liggen. Om het verschuiven van soorten met verschuivende klimaatverandering mogelijk te maken, is samenhang tussen de netwerken nodig.*

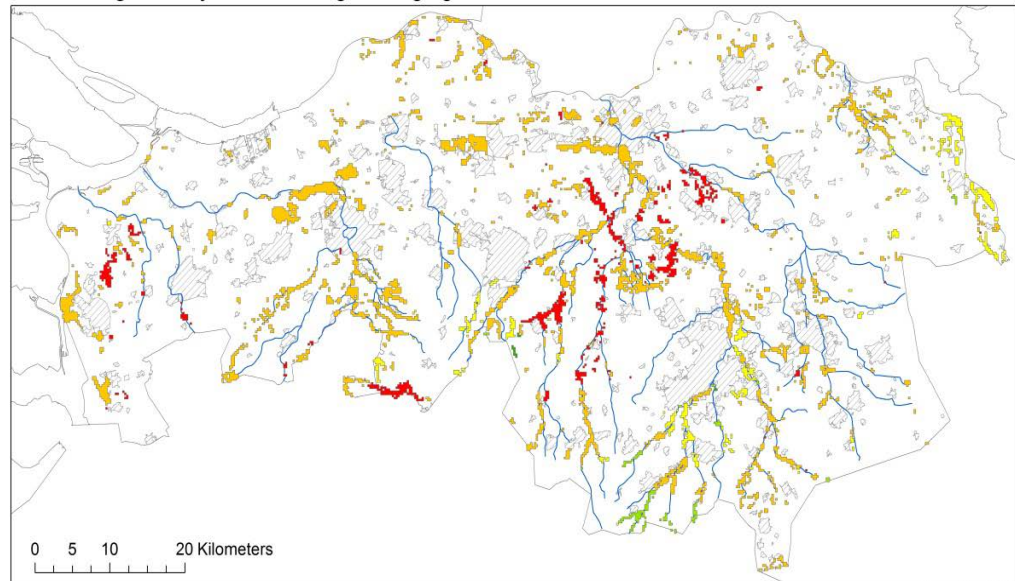
Sterkte van ruimtelijke samenhang Vochtige graslanden (2010)



**Figuur 3.23b**

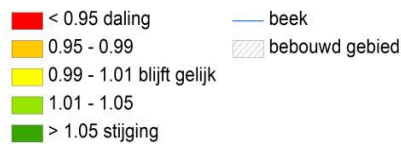
*Sterkte van afzonderlijke vochtige grasland netwerken. De mate van uitwisseling van dieren (Pimpernelblauwtje) tussen gebieden binnen één netwerk bepaalt de sterkte van het netwerk. Voor vochtige graslanden hebben de meeste netwerken sterke ruimtelijke samenhang (groen, veel uitwisseling). Maar er zijn ook enkele rood gekleurde kleine netwerkjes (kleine, geïsoleerde plekken).*

### Verandering ruimtelijke samenhang Vochtige graslanden



verandering binnenkomende vlinders (2050 ten opzichte van 2010)

Alterra, 15nov2011:  
Bron: ratio SUMIN 2050 / SUMIN 2010 (W+ scenario)



**Figuur 3.22c**

*Verandering in ruimtelijke samenhang van netwerken van vochtige graslanden onder invloed van klimaatverandering. Door verandering van abiotische kwaliteit (zoals berekend door SMART SUMO) verandert de draagkracht en omvang populaties. Bij vochtige graslanden zien we als gevolg van lagere kwaliteit minder uitwisseling van dieren tussen gebieden, waardoor de berekende maat voor ruimtelijke samenhang (aantal binnenkomende dieren) kleiner wordt.*

## Bossen

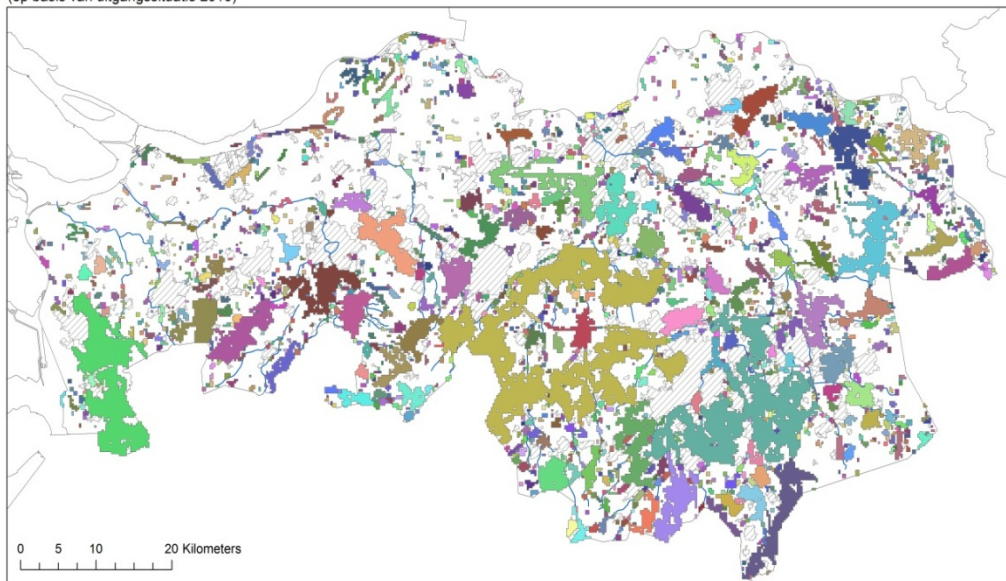
In het patroon van de netwerken van de bossen, zoals berekend voor de Eekhoorn als modelsoort zien we dat er veel vrij grote netwerken van bossen zijn (figuur 3.24a). Vooral in de zuidelijke helft van de provincie liggen de afzonderlijke bossen in grote netwerken. In de noordelijke helft zijn de netwerken veel kleiner, of liggen gebieden helemaal geïsoleerd.

Ondanks de grote oppervlakte bossen in netwerken, zien we dat er toch gaten tussen de netwerken zitten. Verschuiving van soorten met klimaatverandering ondervindt op een aantal plekken dus onderbrekingen in het patroon van bossen. Ook voor bossen geldt dus dat het lastig wordt voor soorten om hun areaal mee te laten bewegen met verschuivende klimaatzones.




Het feit dat de netwerken groot zijn, geeft bossoorten zoals de eekhoorn wel goede kansen om extremen in weersomstandigheden te overleven. We zien dan ook bij de analyse van de sterkte van de netwerken, op basis van de uitwisseling tussen plekken, dat de netwerken voor een soort als de eekhoorn sterke netwerken vormen (figuur 3.24b).

De geringe verandering in het aantal geschikte randvoorwaarden bij bossen (zie paragraaf 3.2) leidt ertoe dat er geen verandering in ruimtelijke samenhang door klimaatverandering geconstateerd wordt in onze ruimtelijke analyses, de figuur met verandering van sterkte van de netwerken biedt dan ook weinig informatie en die laten we daarom achterwege.

Afzonderlijke netwerken Bossen  
(op basis van uitgangssituatie 2010)



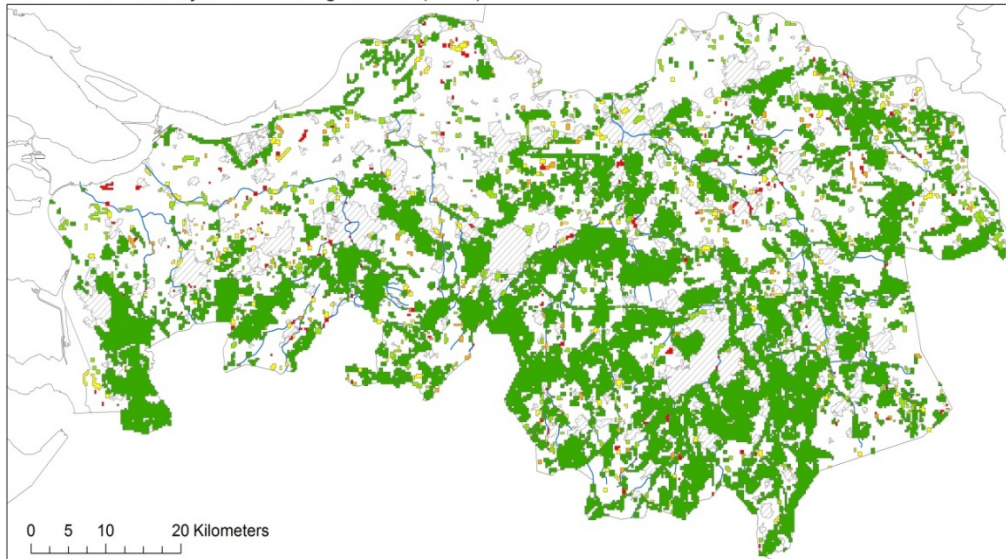
Weergegeven veld: LOCPBPBOS (Shapefiles Bos). Alterra, 7 nov 2011

-  netwerken (ieder netwerk afzonderlijk gekleurd)
-  beek
-  bebouwd gebied

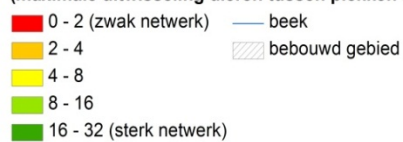
### **Figuur 3.24a**

Resultaten van de analyses van de ruimtelijke samenhang van bossen. In verschillende kleuren zijn afzonderlijke netwerken weergegeven. In het zuidoostelijk deel liggen grote netwerken, met name in het noorden en noordwesten is de samenhang minder en zijn netwerken onderling ook niet verbonden.

Sterkte van ruimtelijke samenhang Bossen (2010)



**Sterkte ruimtelijke samenhang leefgebieden**  
(maximale uitwisseling dieren tussen plekken in het netwerk)



Alterra, 15nov2011;  
Bron: MAX\_THR 2010 (W+ scenario)

**Figuur 3.24b**

Resultaten van de analyses van de sterkte van de netwerken van bossen. Verreweg het grootste deel ligt in sterke netwerken.



Een struweelzoom verkleint de isolatie van bossen (Foto Peter Voorn, Natuurmonumenten).

### 3.3.4 Opgave ruimtelijke kwaliteit door klimaatverandering

De opgave voor de ruimtelijke samenhang is het versterken van de netwerken die er in ruimtelijke samenhang op achteruit gaan en zorgen voor verbinding tussen netwerken. Op die manier kunnen de natuurgebieden de gevolgen door klimaatverandering opvangen. De opgave voor ruimtelijke maatregelen voor natuurgebieden om tot klimaatrobuuste ruimtelijke samenhang te komen, bevat drie onderdelen:

- Versterken van lokale plekken: grotere gebieden, betere abiotische kwaliteit en meer heterogeniteit. Dit leidt tot grotere en robuustere lokale populaties die beter bestand zijn tegen fluctuaties in populatiegrootte door extreme weersomstandigheden. Onderdeel hiervan is het versterken van plekken die door klimaatverandering
- Verbeteren ruimtelijke samenhang binnen netwerken: door ecologische verbindingzones of vergroten van gebieden. Dit betekent meer uitwisseling van individuen tussen lokale plekken, waardoor herstel na een verstoring beter mogelijk is.
- Verbeteren ruimtelijke samenhang tussen netwerken. Dit stelt soorten in staat om hun verspreidingsgebied aan te passen met verschuivende arealen met geschikt klimaat.

De analyse van de knelpunten in de ruimtelijke samenhang van heide, vochtige graslanden en bossen laat zien dat de opgave vooral gebaseerd is op het ruimtelijke patroon en de abiotische kwaliteit in de uitgangssituatie 2010. Bij het scenario voor klimaatverandering (W+, 2050) komt er voor heide vrijwel geen verandering in de opgave, voor vochtige graslanden neemt de opgave wel enigszins toe en voor bossen verandert de opgave niet.

Afgezien van enkele sterke gebieden zijn de heidegebieden in Brabant zijn vaak geïsoleerd en klein. De ruimtelijke samenhang is vaak zwak. De ruimtelijke samenhang van heidegebieden verandert vrijwel niet door klimaatverandering. Het knelpunt blijft voor heide dus vooral de isolatie van de heidegebieden. De opgave is het versterken van de uitwisseling tussen de gebieden door het versterken van lokale plekken en het ontwikkelen van verbindingen tussen plekken en tussen netwerken. Vochtige heide bevat relatief veel soorten met een terugtrekkende klimaatzone, droge heide ook wel veel soorten met een uitbreidende klimaatzone. Hoe dat precies uit gaat pakken op gebiedsniveau is moeilijk te voorspellen. Het geeft echter wel aan dat er gereede kans is dat relatief grote verschuivingen in soortensamenstelling gaan plaatsvinden. Om het verdwijnen zo lang mogelijk uit te stellen, of zelfs te voorkomen en het verschijnen van nieuwe soorten mogelijk te maken, is juist voor heide gebieden van belang de uitwisseling tussen gebieden mogelijk te maken, ook richting gebieden in België en huidige gebieden goed te beheren, oftewel te zorgen voor goede waterhuishouding, voldoende heterogeniteit en indien mogelijk vergroten van gebieden.

Voor graslanden is de situatie iets anders. De meerderheid van de gebieden liggen in de uitgangssituatie 2010 in sterke netwerken. Echter door klimaatverandering komt er een opgave bij die voor een groot deel door het verbeteren en herstellen van de abiotische kwaliteit op te vangen is. Aandachtspunt is dat de ruimtelijke analyse uitgaat van het *geplande* patroon van de vochtige graslanden in de ambitiekaart 2018. Veel gebieden moeten nog ontwikkeld worden. Mocht dat niet doorgaan, dan is de samenhang dus lager dan hier weergegeven. Hoewel de netwerken dus vaak sterk zijn, liggen er wel veel gaten tussen de netwerken. Deze kunnen opgevangen worden door aanleggen van ecologische verbindingzones. Veel beekdalen liggen in zuid-noordelijke richting. Dit is ook de richting waarin op hoofdlijnen de klimaatzones verschuiven en biedt aanknopingspunten voor het oplossen van de ruimtelijke opgave.

In het geval van de bossen kijken we alleen naar het patroon in de uitgangssituatie 2010, omdat de ruimtelijke samenhang niet verandert door klimaatverandering in onze abiotische analyses. In de uitgangssituatie is de ruimtelijke kwaliteit voor veel gebieden sterk. Om verschuiven van soorten met verschuivende klimaatzones mogelijk te maken is het wel van belang om de uitwisseling tussen netwerken van bossen onderling te

versterken. Juist in zuid-noord richting liggen er onderbrekingen in de netwerken van bossen, met name in de noordelijke helft van de provincie. Daar liggen dus opgaven voor verbindingen.

### **3.3.5 Bestaande en voorgenomen maatregelen ruimtelijke samenhang**

In de provincie wordt op allerlei vlakken gewerkt aan het vergroten van de ruimtelijke samenhang van natuurgebieden. In 3.2.3 kwamen maatregelen op het gebied van abiotische kwaliteit aan bod. Hier gaan we in op ruimtelijke maatregelen. In de praktijk komt het vaak neer op een geïntegreerde aanpak van natuurmaatregelen in ander ruimtelijk ordeningsbeleid.

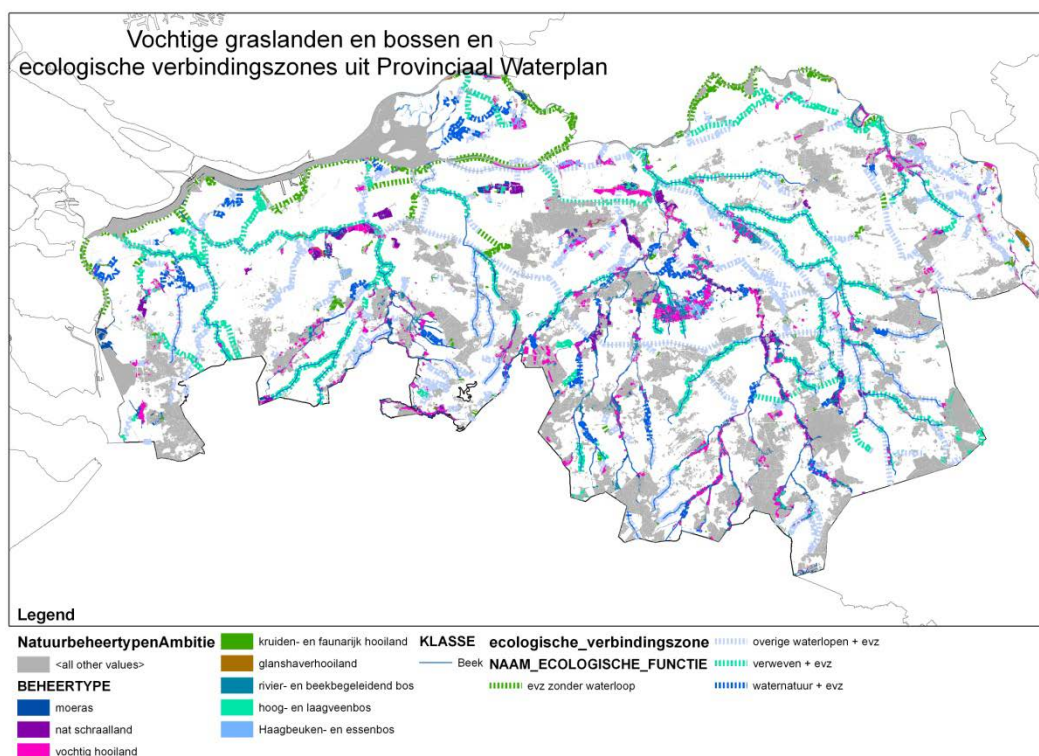
Belangrijke beleidsstukken waar aandacht is voor het versterken van de ruimtelijke samenhang van natuurgebieden zijn de Structuurvisie Ruimtelijke Ordening (1 januari 2011), het Provinciaal Waterplan (1 oktober 2010) en het Leefgebiedenplan voor Soortenbescherming op de Zandgronden in Noord-Brabant (2010).

In de structuurvisie wordt de provincie in zones opgedeeld waar natuur meer of minder prioriteit heeft. In de 'Groenblauwe kern' vormt natuur de hoofdfunctie, daaromheen ligt de 'Groenblauwe Mantel' dat overwegend uit gemengd landelijke gebied bestaat. In deze zones is ruimte voor ecologische verbindingzones die natuurgebieden met elkaar verbinden. Natte verbindingen worden volgens het plan zoveel mogelijk langs bestaande waterlopen, met name beken, ontwikkeld. Droge verbindingen zullen meer door agrarische gebieden lopen, als houtwallen of grazige randen.

In multifunctionele landbouwgebieden wordt vaak groenblauwe dooradering genoemd om als middel in te zetten om natuurgebieden met elkaar te verbinden. Bossen en wat voedselrijkere graslanden kunnen hierdoor geholpen worden. Soorten die gebonden zijn aan voedselarme, specifieke condities zullen minder profijt hebben van groenblauwe dooradering in multifunctionele landbouwgebieden.

Het provinciaal Waterplan geeft een ruimtelijke uitwerking van de ecologische verbindingzones langs beken en andere waterlopen en enkele verbindingen zonder waterloop. In beekdalen liggen voornamelijk de vochtige graslanden en bossen. Die typen kunnen in potentie dus verbonden worden door de ecologische verbindingzones uit het Provinciaal Waterplan. Figuur 3.25 toont de combinatie van bossen en vochtige graslanden met de ligging van de voorgenomen ecologische verbindingzones. Een deel van deze zones is reeds in ontwikkeling. Het streven is dat deze zones zo'n 25-50 m breed zijn. De potentie van de ecologische verbindingzones om een belangrijke bijdrage te leveren aan het realiseren van de opgave voor ruimtelijke kwaliteit is dus aanwezig. Afhankelijk van de soorten en de inrichting van deze zones wordt de potentie om een bijdrage aan de versterking van de uitwisseling van planten en dieren tussen de gebieden.

Ontwikkeling van nieuwe natuurgebieden, of vergroten van bestaande gebieden is in de beleidsplannen beperkt tot de realisatie van gebieden die tot de EHS op de ambitiekaart 2018 behoren. Verdere vergroting van gebieden krijgt weinig aandacht in de plannen. In oktober 2011 is een nieuw akkoord tussen rijk en provincies over het natuurbeleid vastgesteld. Daarin wordt onder andere de aanleg van robuuste verbindingen en uitbreiding van de EHS tot een minimum beperkt. Hoe deze 'herijking EHS' verder uitgewerkt wordt, is bij het schrijven van dit rapport nog niet bekend.



**Figuur 3.25**

Ligging van vochtige graslanden en vochtige bossen uit de ambitiekaart 2018, en de ligging van de ecologische verbindingzones uit het provinciaalwaterplan. De voorgenomen maatregelen leiden tot versterking van de samenhang van de vochtige gebieden.

### 3.3.6 Conclusies ruimtelijke samenhang

- De ruimtelijke samenhang van natuur is van belang voor de veerkracht van ecosystemen om veranderingen door klimaatverandering op te vangen. Een belangrijk aspect van de veerkracht is dat het areaal van soorten zich kan aanpassen aan het verschuivende gebied met geschikt klimaat. Ruimtelijke samenhang is daar een belangrijke randvoorwaarde voor. Bovendien is het van belang om sterke fluctuaties in populatieomvang, veroorzaakt door vaker voorkomende extremen in het weer op te kunnen vangen. Grote en heterogene gebieden vormen een belangrijke randvoorwaarde voor het dempen van populatiefluctuaties. Als lokaal een populatie toch uitsterft, kan dat opgevangen worden door hervestiging uit andere populaties, mits er voldoende ruimtelijke samenhang is.
- De verandering in abiotische kwaliteit door klimaatverandering werkt door in de ruimtelijke samenhang van natuurgebieden. Het leidt niet tot andere netwerken, maar de sterkte en kwaliteit van netwerken en de uitwisseling tussen netwerken verandert wel. Dit effect is vooral te zien bij Vochtige graslanden.
- In de uitgangssituatie (2010) zijn de gebieden met Hoogveen, Vochtige heide en Droge heide en Droge graslanden sterk versnipperd. Voor de ruimtelijke analyses zijn deze (uitgezonderd Hoogveen) samengenomen, omdat de meeste diersoorten van heidesystemen van deze drie de beheertypen gebruik kunnen maken. Uitgaande van een dagvlinder (modelsoort met eigenschappen van verschillende heidevlinders) liggen de gebieden in kleine netwerkjes. De grootte en de mate van ruimtelijke samenhang is over het algemeen vrij zwak. Er zijn enkele sterke netwerken en maar ook erg veel kleine, geïsoleerde gebiedjes. Deze situatie is zodanig, dat de heidegebieden kwetsbaar zijn voor de gevolgen van klimaatverandering. Bovendien heeft heide relatief veel soorten waarvoor de geschikte klimaatzone kleiner wordt in Nederland. Verbeteren van de ruimtelijke samenhang is dus urgent voor heidegebieden.



- De opgave voor heidegebieden is het vergroten van kleine heidegebieden en vergroten van de heterogeniteit. Dit kan door bestaande gebieden uit te breiden of met elkaar te verbinden. Ook verbetering van de huidige kwaliteit helpt al om de heidegebieden klimaatbestendiger te maken.
- De verandering van de ruimtelijke samenhang van de heidegebieden is geanalyseerd aan de hand van de verandering van de uitwisseling tussen netwerken. Uit de analyses blijkt dat door klimaatverandering de uitwisseling vrijwel niet verandert. Dit is een weerspiegeling van de veranderingen in abiotische kwaliteit van Droge heide die op veel plekken iets gunstiger wordt, terwijl die voor Vochtige heide achteruit gaat. Dit heeft echter uiteindelijk weinig effect op de verandering in ruimtelijke samenhang.
- In de huidige situatie (2010) is de ruimtelijke samenhang van gebieden met Vochtige graslanden (Vochtig hooiland, Nat schraalgrasland en Glanshaverhooiland) sterk in beekdalen. De graslanden komen als kralensnoeren voor en liggen voldoende dicht bij elkaar om uitwisseling tussen gebieden goed mogelijk te maken voor de karakteristieke soortgroep (dagvlinders). Een aantal netwerken van vochtige graslanden ligt sterk geïsoleerd, en hebben een zwakke ruimtelijke samenhang. Deze analyse is gebaseerd op de *geplande* ligging van de graslanden volgens de ambitiekaart 2018. Het advies is dus om de geplande ontwikkeling van de nieuwe gebieden te realiseren.
- Door klimaatverandering neemt de uitwisseling van dieren tussen graslanden licht af, dit geldt voor vrijwel alle netwerken. Dit wordt veroorzaakt door de achteruitgang van abiotische kwaliteit. Het advies is dan ook om de opgaven voor abiotische kwaliteit te realiseren door herstel van hydrologische kwaliteit (vernatten) en door maatregelen die eutrofiëring tegen gaan, en extra nutriënten af te voeren.
- Het voorgenomen beleid, voor de aanleg van ecologische verbindingzones en de ontwikkeling van nieuwe natuurgraslanden in beekdalen is cruciaal voor de ontwikkeling van klimaatbestendige vochtige graslanden. Ook de uitvoering van het beleid voor de Natte Natuurparels is vitaal voor de kwaliteit van deze ecosystemen. Dit beleid is deels al in uitvoering, deze studie onderstreept het belang van verder uitvoeren van dit beleid.
- In de huidige situatie (2010) is de ruimtelijke samenhang van bosgebieden (geanalyseerd voor de Eekhoorn als gidsoort) sterk. Het oppervlakte bossen is vrij groot in Noord-Brabant, het meeste bos bestaat uit productiebossen, maar die dragen wel bij aan de ruimtelijke samenhang. Er zijn een aantal grote netwerken, met name in de zuidelijke helft van de provincie. In de noordelijke helft ligt ook een groot aantal kleinere netwerken.
- Om de ruimtelijke samenhang van bossen klimaatbestendig te maken, is het van belang om vooral de bossen in de noordelijke helft van de provincie te versterken. Verder is het van belang om ook de grote sterke netwerken onderling te verbinden om verschuiving van soortarealen met de noordwaardse verschuiving van het geschikte klimaat mogelijk te maken. Aanleg van verbindingzones maakt de netwerken sterker. Stapstenen en groenblauwe dooradering zijn vormen om die samenhang te versterken.



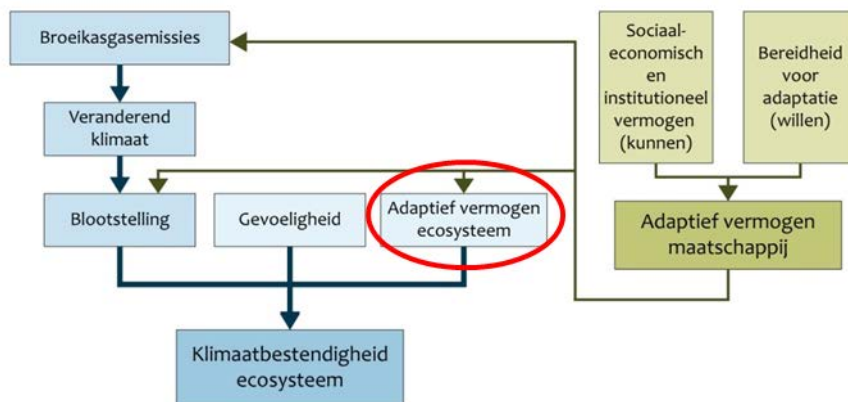
# 4 Adaptatiemaatregelen

## 4.1 Introductie

In hoofdstuk 3 beschreven we wat de verwachte effecten zijn van klimaatverandering en welke naar verwachting door bestaande maatregelen en voorgenomen herstelbeheer en plannen voor verbeteren van ruimtelijke samenhang opgevangen worden. In dit hoofdstuk gaan we in op de vraag welke adaptatiemaatregelen effecten van klimaatverandering op kunnen vangen, zodat de ambitie - realisatie van de Beleidssituatie 2018 - gehaald kan worden. In paragraaf 4.2 bespreken we de adaptatiestrategie van waaruit we werken. Die strategie is ook als leidraad gebruikt bij de concrete uitwerking voor Noord-Brabant. Vanwege de aandacht voor de internationale context van natuur in Noord-Brabant in de uitwerking van de adaptatiestrategie, wordt daar in paragraaf 4.3 apart op ingegaan. De uitwerking van de strategie volgt in paragraaf 4.3 en steunt voor een belangrijk deel op de resultaten van een workshop met betrokkenen bij natuurbeheer in Noord-Brabant. De strategie gaat dus van grote schaal naar kleine schaal. Het begint met het grotere geheel, dus Brabant in nationale en internationale context. Vervolgens wordt steeds verder ingezoomd naar specifieke locaties.

## 4.2 Adaptatiestrategie klimaatbestendige natuur

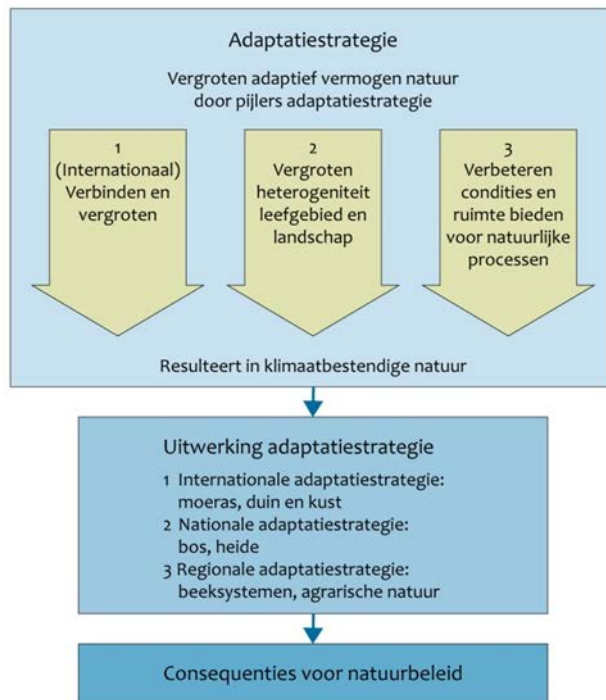
Als startpunt nemen we de adaptatiestrategie die het Planbureau voor de Leefomgeving (PBL) in samenwerking met Alterra heeft ontwikkeld om de natuur in Nederland klimaatbestendiger te maken (Vonk *et al.*, 2010). De strategie die we hier gebruiken is erop gericht om het adaptief vermogen (= aanpassingsvermogen) van de ecosystemen te vergroten. Dat betekent dat de ecosystemen zich aan kunnen passen aan veranderende omstandigheden, terwijl de biodiversiteit behouden blijft. Het adaptief vermogen van ecosystemen kan door maatregelen worden beïnvloed, met andere woorden dit is 'de knop waar je aan kan draaien' (figuur 4.1).



**Figuur 4.1**

*Invloeden op klimaatbestendigheid ecosystemen (Bron: Vonk et al., 2010).*

De adaptatiestrategie om het adaptief vermogen te versterken bestaat uit 3 pijlers met maatregelen die in combinatie kunnen worden uitgevoerd: 1. Ruimtelijke samenhang vergroten; 2. Heterogeniteit en gradiënten vergroten; 3. Standplaatscondities verbeteren (figuur 4.2). Alle drie de pijlers zijn van belang. Welke maatregelen je neemt hangt af van het ecosysteemtype en van de plaatselijke situatie en de knelpunten die hiervoor in de resultaten beschreven zijn. Maatregelen kunnen zowel binnen natuurgebieden, als buiten natuurgebieden in het multifunctionele landschap worden genomen.



**Figuur 4.2**

*Adaptatiestrategie klimaatbestendige natuur (Bron: Vonk et al., 2010).*

### **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 ecosysteemnetwerken, zodat soorten zich op grote schaal kunnen verplaatsen.

Gebieden vergroten om weersextremen op te vangen. Populaties vertonen grotere schommelingen in omvang als gevolg van weersextremen, zoals langdurige droogte of extreme neerslag. De kans op uitsterven neemt daardoor toe. Soorten hebben daarom grotere gebieden nodig om bij toenemende kans op weersextremen te kunnen overleven.

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

Heterogeniteit in natuurgebieden 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.

Multifunctionele adaptatie waarbij adaptatie voor natuur, landbouw en water gecombineerd worden past binnen deze pijler. Maatregelen die hierbij passen zijn het ontwikkelen van groenblauwe dooradering, hydrologische maatregelen (slotenpatronen) en landbouw met hoge peilen in beekdalen.

### **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. 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.

De realisatiekans van maatregelen voor natuur neemt sterk toe als er synergie bestaat met andere functies, bijvoorbeeld: maatregelen in de waterhuishouding kunnen bijdragen aan natuur, zoals de ontwikkeling van inzigingsgebieden van beken en hermeandering van beken. Landschappelijke, recreatieve waarden hebben ook een functie voor de ruimtelijke samenhang d.m.v. groenblauwe dooradering

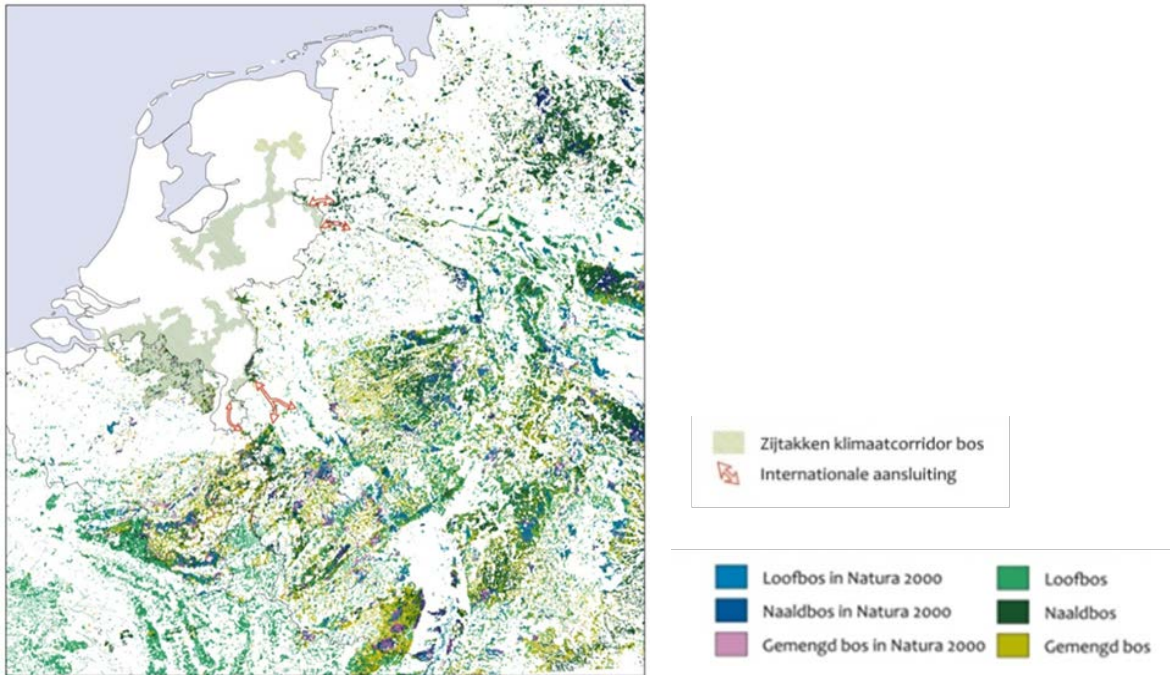
## **4.3 Noord-Brabant: internationale context**

De internationale en nationale context is van belang om de ecosystemen in Brabant te ondersteunen, en tegelijkertijd is Brabant van belang voor grensoverschrijdende natuur. In het onderstaande overzicht zijn (inter)nationale adaptatiestrategieën voor drie ecosystemen beschreven die ook in de workshop met praktijkexperts centraal stonden.

### *Bossen*

De grote aaneengesloten bosgebieden liggen oostelijk van Nederland, maar die grenzen niet aan de Nederlandse bossen (figuur 4.3). Het ligt daarom niet voor de hand dat Nederland deel zal uitmaken van een Europese klimaatcorridor voor bossen (een doorgaande 'route' door Europa om grootschalig meeschuiven van soorten met een verschuivend klimaat mogelijk te maken). Voor de klimaatbestendigheid en het adaptief vermogen van de Nederlandse bossen is het echter wel belangrijk om aan te sluiten op de internationale klimaatcorridor. Aansluiting van Nederlandse bossen op het internationale bosnetwerk versterkt het netwerk met soorten uit Nederland en de Nederlandse bossen ondervinden profijt van het netwerk, omdat het als een bron van nieuwe soorten kan fungeren.

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.



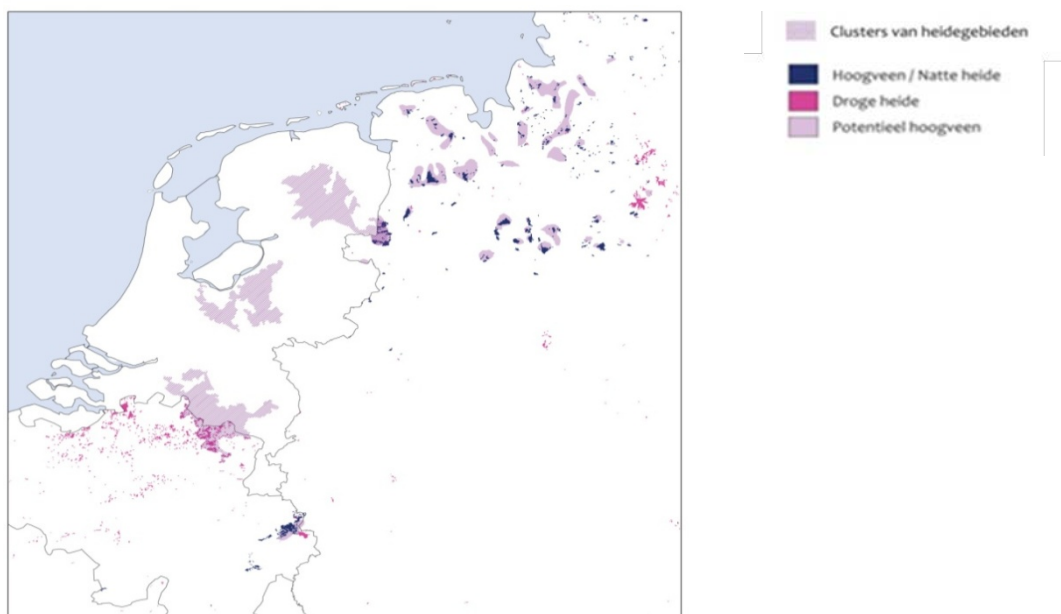
**Figuur 4.3**

*Internationale context bossen in Noord-Brabant. De grootste concentraties bossen liggen in België en vooral Duitsland (Bron: Vonk et al., 2010).*

#### *Heide*

In Nederland zijn de heidegebieden sterk versnipperd, op enkele clusters na. Dit geldt ook voor de ons omringende landen (figuur 4.4). In België liggen vlak over de grens een behoorlijk aantal kleine en grote heide gebieden.

Het ontwikkelen van een groot aaneengesloten netwerk van heide gebieden op Europese schaal is geen realistische optie. De uitgangssituatie 2010 is erg versnipperd en de ontwikkeling van nieuwe heidegebieden stuit op verschillende plekken op ongeschikte abiotische condities of conflicterend landgebruik. Wat wel mogelijk is, is het ontwikkelen van regionale, grensoverschrijdende clusters. Bijvoorbeeld tussen Brabant en het noorden van België, of tussen oost Groningen, Drenthe en Noord Duitsland. Binnen dergelijke clusters liggen reeds een aantal waardevolle en grotere heidegebieden. Die vormen de kern van de clusters. Binnen de clusters moet dan gestreefd worden naar versterken van bestaande gebieden en zoveel mogelijk bestaande isolatie opheffen. Bestaande gebieden worden versterkt door verbetering van abiotische kwaliteit, benutten gradiënten en creëren van heterogeniteit binnen gebieden. Verminderen isolatie binnen de clusters wordt bereikt door zo veel mogelijk het vergroten van kleinere gebieden en het verminderen van isolatie door het aanleggen van verbindingzones, bijvoorbeeld door middel van heidecorridors door bosgebieden.



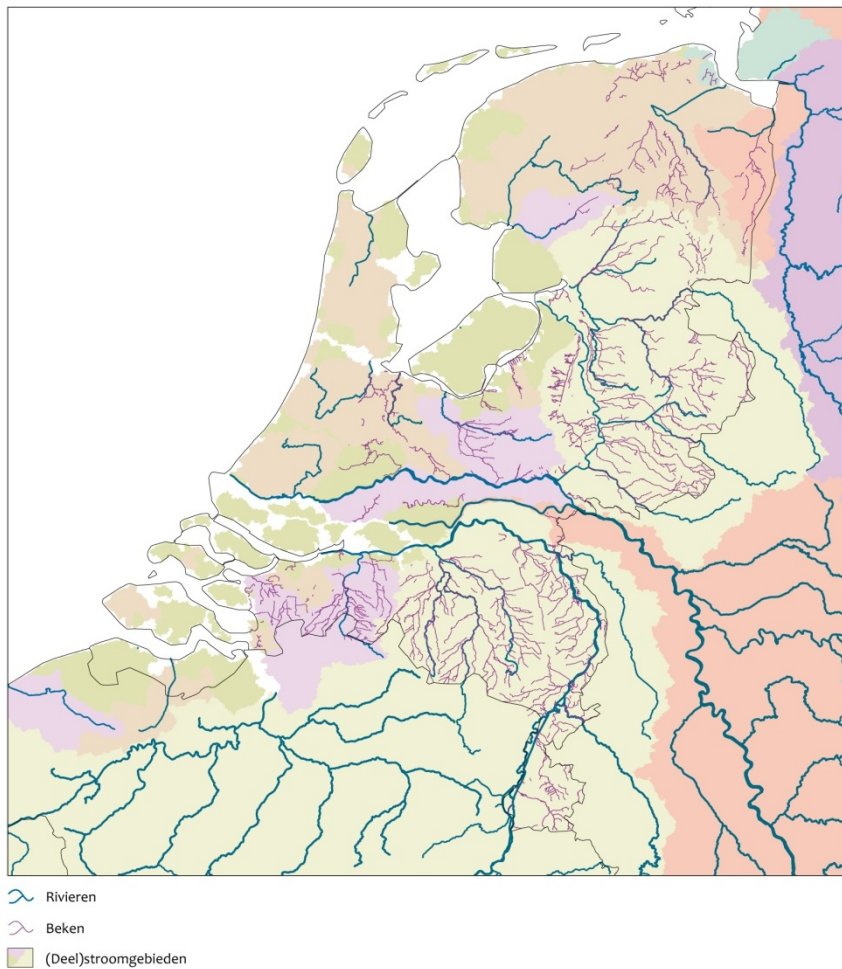
**Figuur 4.4**

*Grensoverschrijdende clusters van heidegebieden. De heidegebieden in Nederland en daarbuiten liggen behoorlijk geïsoleerd van elkaar, maar de ontwikkeling van regionale clusters lijkt een goede optie (Bron: Vonk et al., 2010).*

#### *Vochtige graslanden*

Vochtige graslanden liggen met name in beekdalen. De beekdalen vormen dan ook een belangrijke structuur in de adaptatiestrategie voor vochtige graslanden. Stroomgebieden van beken zijn vaak grensoverschrijdend, daarom heeft herstel van natuurlijke beken als gunstig neveneffect dat de ruimtelijke samenhang over de grenzen heen wordt verbeterd, bijvoorbeeld richting België (figuur 4.5).

Voor vochtige graslanden, in het bijzonder voor beekdalen geldt, dat klimaatbestendigheid gezocht wordt in maatregelen op regionale schaal. De ontwikkeling van een corridor op Europese schaal voor vochtige graslanden is niet haalbaar, maar regionaal kunnen sterke clusters ontwikkeld worden, ook grensoverschrijdend. Beekdalen van de Beerze en de Dommel liggen op cruciale plekken in deze regionale clusters.

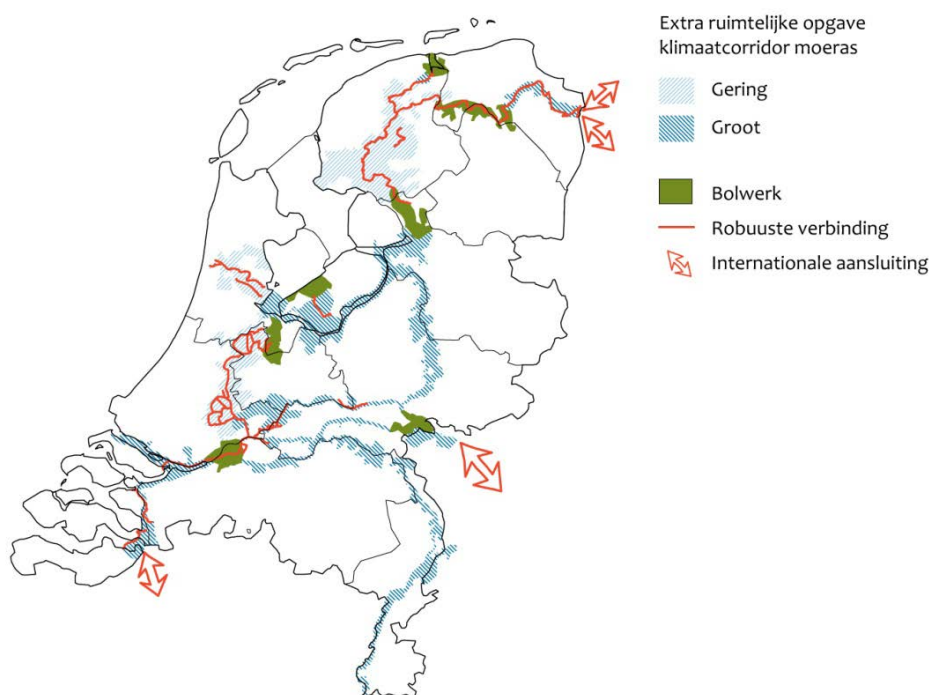


**Figuur 4.5**

*Internationale deelstroomgebieden van rivieren en beken. Omdat (deel)stroomgebieden vaak grensoverschrijdend zijn, biedt dit kansen voor internationale multifunctionele klimaatadaptatie. Bron: Vogt et al. (2007); bewerking PBL (Vonk et al., 2010).*

In ruimtelijke analyse in deze studie lag de nadruk op de voedselarmere varianten van vochtige graslanden, aangezien die het meest kenmerkend zijn voor de hogere zandgronden in Noord-Brabant. De voedselrijkere graslanden, die meer kenmerkend voor kleigebieden en het rivierengebied zijn, hebben andere mogelijkheden. Voor de kleigebieden in het noordwesten van Noord-Brabant zijn deze relevant. Voedselrijke graslanden zijn onderdeel van klei- en riviermoerassen. Voor dergelijke moerassen is het advies vanuit onderzoek aan klimaat en natuur op nationale schaal om een internationale moerascorridor te ontwikkelen (zie figuur 4.6). In deze corridor speelt Nederland door haar ligging in de delta van grote riviersystemen een sleutelrol. De Biesbosch is hierin een cruciaal onderdeel en ook de Markizaat kan als omvangrijk Rivier- en Moeraslandschap een belangrijke bijdrage leveren. Voor de voedselrijkere graslanden (en ook rivierbossen) is het van belang om aan te haken bij deze internationale corridor.





**Figuur 4.6**

*Ligging van een Europese moerascorridor. Deze corridor vormt als het ware de ruggengraat voor moerasnatuur, waar ook voedselrijkere vochtige graslanden toe behoren. Binnen de corridor wordt ingezet op het onderling verbinden van gebieden en versterken van abiotische kwaliteit, zodat de ecosystemen veerkrachtig worden en bestand zijn tegen sterke fluctuaties in populatiegroottes door extreme weersomstandigheden. In het noordelijk deel van de provincie Brabant liggen nog grote opgaven voor het verbeteren van de ruimtelijke samenhang (Bron: Vonk et al., 2010).*

## 4.4 Concretisering adaptatiestrategieën

### 4.4.1 Aanpak in workshops

In een workshop met praktijk experts is gesproken over een ruimtelijke strategie voor adaptatie voor bossen, heide en vochtige graslanden. Zij hebben in afzonderlijke werkgroepjes per ecosysteemtype aan de hand van de volgende onderdelen een adaptatiestrategie opgesteld:

- Breng abiotische kwaliteit van bestaande gebieden op orde met beheer en maatregelen in de waterhuishouding.
- Identificeer sterke gebieden (kerngebieden) die qua abiotiek en ruimtelijke samenhang sterk zijn, of geef prioritare gebieden vanuit beleid weer.
- Schets onderlinge samenhang in clusters en grensoverschrijdende aansluiting (clusters).
- Geef op een kaart aan welke knelpunten er binnen die clusters opgelost moeten worden om het tot een robuust geheel te maken en geef oplossingen uit huidige maatregelen of formuleer nieuwe oplossingen.

Op deze manier is gewerkt aan een strategie, gedragen door experts uit het veld. Belangrijk in de strategie is dat niet ieder knelpunt dat in hoofdstuk 3 is geïdentificeerd, ook opgelost hoeft te worden. Binnen de strategie worden prioritare gebieden aangewezen waarbinnen adaptatie plaats zou moeten vinden. Maatregelen die bij de opgaven passen, staan in tabel 4.1. Veel adaptatiemaatregelen sluiten aan bij bestaande maatregelen. Klimaatverandering leidt immers ook tot versterking van bestaande stressfactoren.

**Tabel 4.1**

Overzicht van maatregelen om stress door klimaatverandering op te vangen.

Maatregelen abiotiek binnen terreinen.

Vegetatie	Stress	Beheermaatregel
Grasland	Verdroging	Waterinlaat, water opzetten, dempen sloten, bouwen ondoorlaatbare dammen
	Vermesting	Maaien (beweiding), plaggen, uitmijnen
	Verzuring	Plaggen, bekalken
Heide	Verdroging	Waterinlaat, water opzetten, dempen sloten, bouwen ondoorlaatbare dammen
	Vermesting	Plaggen, begrazen, (maaien), opslag verwijderen
	Verzuring	Plaggen, (bekalken)
Bos	Verdroging	dempen sloten of rabatten, Waterinlaat, water opzetten,
	Vermesting	eventueel plaggen (eigenlijk ondoenlijk), kaalkap, strooiselroof
	Verzuring	bekalken
Hoogveen	Verdroging	bouwen ondoorlaatbare dammen, water opzetten, Waterinlaat, dempen sloten,
	Vermesting	Plaggen, maaien, opslag verwijderen, (begrazen?)
	(Verzuring)	Plaggen

Maatregelen abiotiek buiten terreinen.

Stress	Maatregelen
Verdroging	Grondwateraanvulling door: verloveren (naaldbos in loofbos omzetten); verondiepen watergangen, vertragen afvoer
Vermesting bodem	Beperken emissie door verkeer, industrie, landbouw

Maatregelen versterking ruimtelijke samenhang.

Stress	Maatregelen
Verschuiven soorten	Stapstenen, verbindingszones, groenblauwe dooradering, aansluiten grensoverschrijdende natuur
Fluctuaties in populaties door extremen in het weer (kwetsbare populaties in kleine geïsoleerde gebieden)	Grottere gebieden, benutten heterogeniteit, versterken netwerken, groenblauwe dooradering, verbeteren abiotische kwaliteit

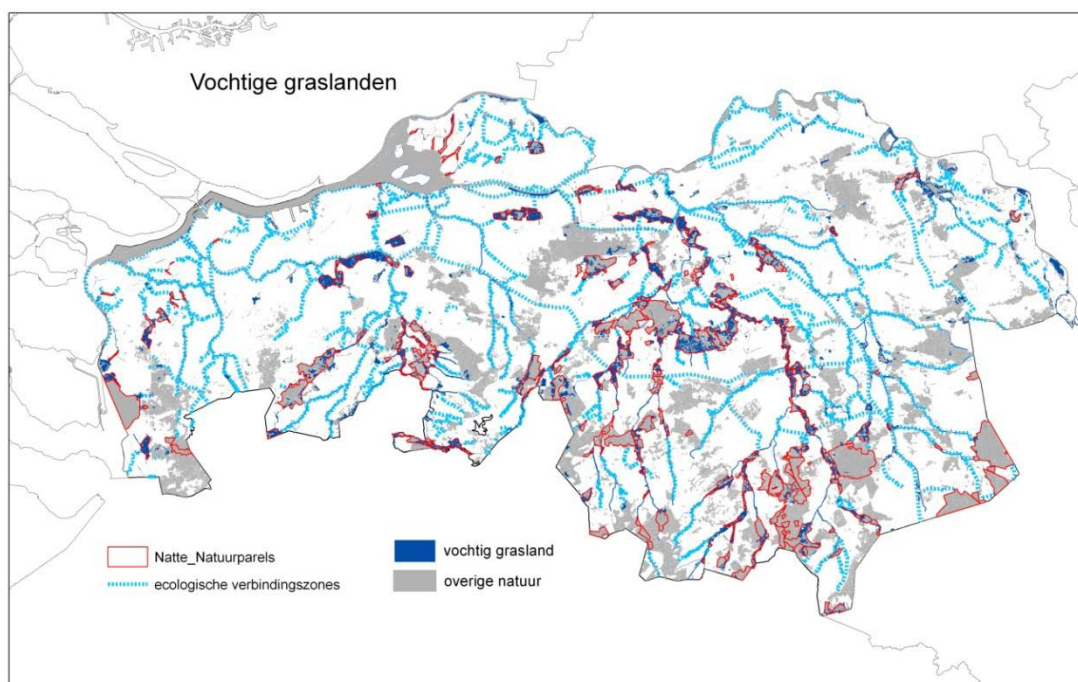
#### 4.4.2 Vochtige graslanden

Voor vochtige graslanden werd door de experts aangegeven dat in feite alle topgebieden, oftewel Natte Natuurparels prioritaire gebieden zijn. Dit zijn volgens hen gebieden met grote biodiversiteitswaarden. Vanuit de ruimtelijke samenhanganalyse liggen veel Natte Natuurparels in de huidige situatie in ruimtelijk sterke gebieden. Qua abiotiek zijn er wel de nodige maatregelen nodig, zie hoofdstuk 3.

Ook na het oplossen van de abiotische opgaven, blijven er ruimtelijke knelpunten over. Wanneer alle ecologische verbindingszones gerealiseerd worden, zijn de meeste Natte Natuurparels met elkaar verbonden. De effectiviteit hangt uiteraard af van de kwaliteit en omvang van de verbindingszones, maar in potentie biedt het een goed stramien om de opgave te realiseren (Figuur 4.7). De realisatie van verbindingszones van voldoende kwaliteit en omvang is dus essentieel voor de vochtige graslanden.

De maatregelen uit het provinciaal waterplan (de Natte natuurparels en Ecologische Verbindingszones) zouden wel aangevuld moeten worden met een aantal maatregelen om op regionaal niveau de verbindingen echt effectief te maken. In de beekdalen zijn er bijvoorbeeld onderbrekingen in de verbindingzones en blijven anders enkele prioritaire gebieden geïsoleerd liggen.

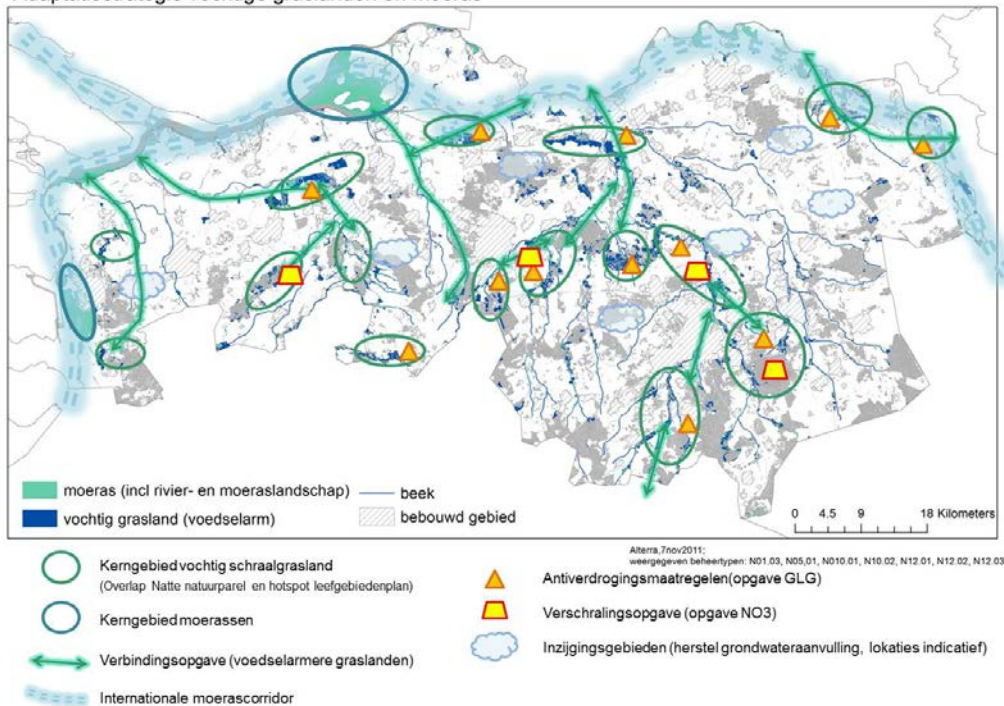
Figuur 4.7 geeft niet de verschillen in opgave binnen de graslanden weer. Daarom hebben we deze figuur gecombineerd met andere resultaten (zie figuur 4.8). Natte natuurparels die overlappen met de hotspots voor soortenrijkdom voor vochtige graslanden uit het Leefgebiedenplan worden aangeduid als de kerngebieden voor de adaptatiestrategie voor vochtige graslanden. Uitgaande van die kerngebieden wordt gekeken welke opgaven er liggen voor antiverdroging (vanuit de opgave voor GLG) en vershraling (vanuit de opgave voor NO<sub>3</sub>). Onderdeel van de antiverdroging is het herstellen van grondwateraanvulling in inziggingsgebieden die tussen de beekdalen op de hogere zandgronden liggen. Vervolgens hebben we gezocht naar regionale routes die de verschillende kerngebieden met elkaar en met beekdalen in België verbinden.



**Figuur 4.7**

*De Natte Natuurparels en Ecologische Verbindingszones uit het provinciaal Waterplan bieden goede aanknopingspunten om abiotische en ruimtelijke opgaven voor vochtige graslanden te realiseren.*

#### Adaptatiestrategie vochtige graslanden en moeras



**Figuur 4.8**

*Adaptatiestrategie voor vochtige graslanden (met name voedselarme graslanden) en moerassen (inclusief voedselrijke graslanden). Voor voedselarme graslanden kan het beste ingezet worden op sterke regionale clusters, met een kerngebieden van grote omvang en goede abiotische kwaliteit, die ruimtelijk verbonden zijn met andere gebieden, onder andere via ecologische verbindingzones. Bij de moerassen wordt ingezet op de internationale moerascorridor, waarin met name de Biesbosch, maar ook de Markizaat als kerngebieden kunnen functioneren, en andere moerasgebieden met daarin voedselrijkere graslanden een ruimtelijk samenhangend netwerk vormen.*

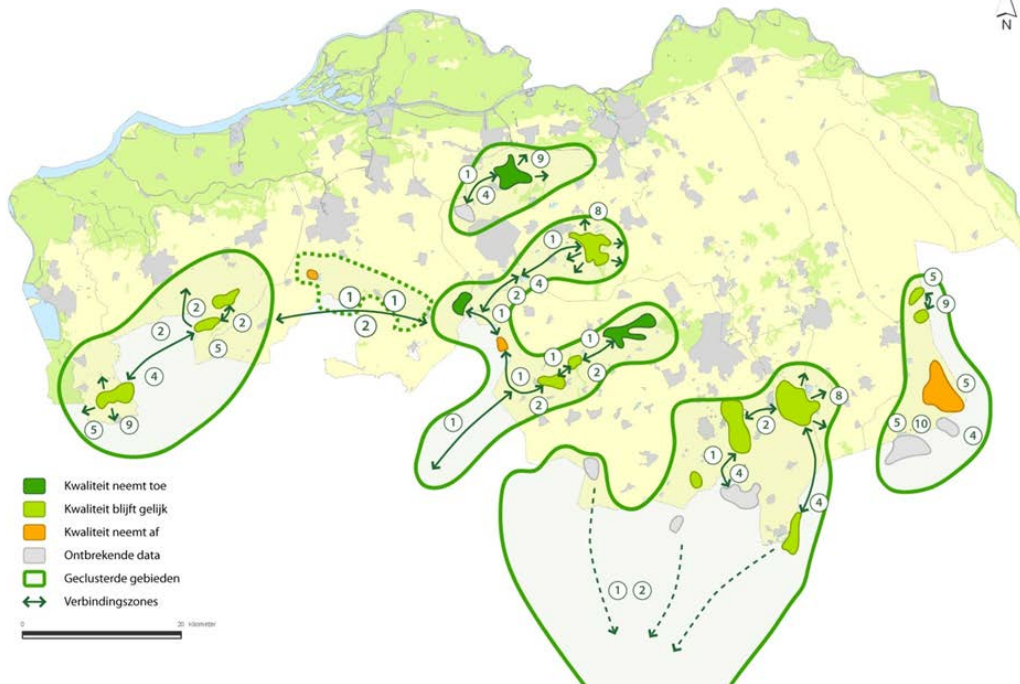
#### 4.4.3 Heide en bos

Omdat heide en bos ruimtelijk en qua abiotiek sterk overlappen, worden de adaptatiestrategieën geïntegreerd tot één strategie. In de workshop over de adaptatiestrategieën zijn heide en bos wel afzonderlijk behandeld. De op te lossen knelpunten en prioritering voor heidegebieden zijn weergegeven in Figuur 4.9. De kaart die voor bossen in de workshop is gemaakt, wordt hier niet apart weergegeven, de resultaten voor bos zijn wel verwerkt in figuur 4.10.

Voor heide is het moeilijk een internationaal netwerk op te bouwen, er is daarom gekozen aan te sluiten bij 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 (figuur 4.4). In Noord-Brabant gaat het om gebieden als de Weerter- en Budelerbergen, Strabrechtse Heide en Kempenland met aangrenzende gebieden in België (figuur 4.9). 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 (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 deel van de maatregelen die bij de kaart is reeds in uitvoering: antiverdrogingsmaatregelen in de meeste heidegebieden (bij nr's 1, 2, 5, 10) en er zijn ecoducten voorzien op een aantal plekken waar heide gebieden gefragmenteerd worden door wegen (nr. 4 op kaart). De anti-verdroging is gebaseerd op compromissen tussen natuur en landbouw om de grondwaterstand omhoog te brengen. In een aantal gebieden zal dit voldoende zijn voor de natuurgebieden, voor een aantal ook niet (bijvoorbeeld Peelgebieden bij 10).

Uitwerking workshop adaptatiestrategie heidegebieden



**Figuur 4.9**

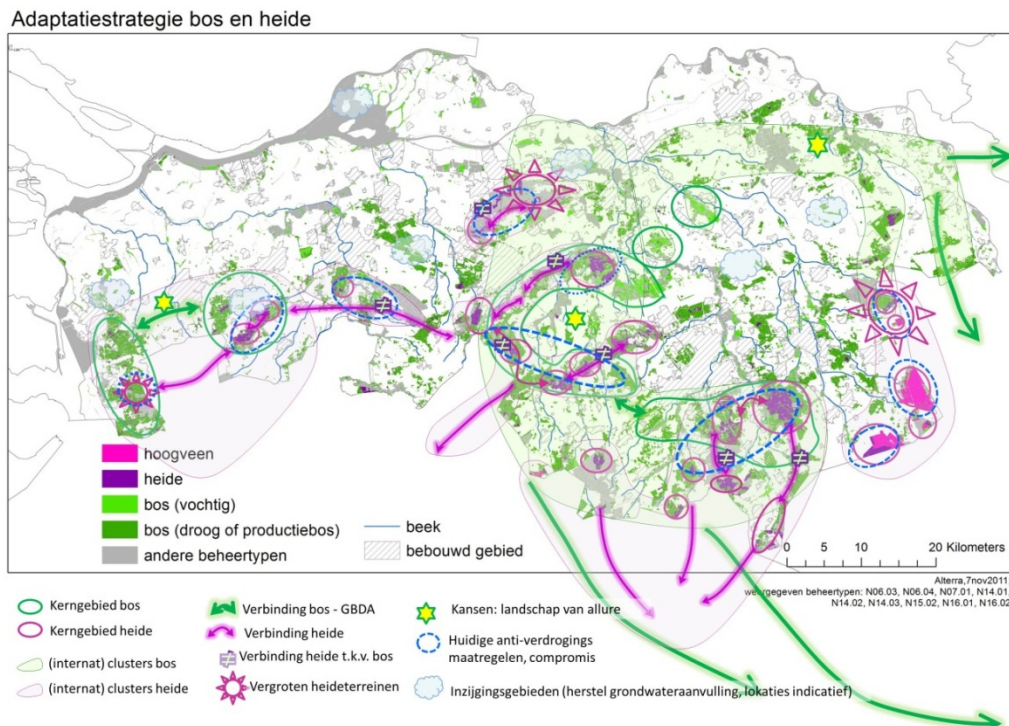
*Opgave en prioritering van op te lossen knelpunten voor heide (bewerkt resultaat van workshop met praktijk experts).*

*Nummering: 1 = isolatie door bos, 2 = isolatie, 4= isolatie door wegen (soms is er voorzien in een ecoduct), 5 = problemen met waterhuishouding, deels opgelost door compromis tussen natuur en landbouw voor verhogen grondwaterstand, 8 = relatie kerngebied met omgeving is zwak, moet versterkt worden, 9 = vergroten gebied, 10 = verdroging, er is een compromis tussen landbouw en natuur voor verhogen grondwaterstand, maar is onvoldoende voor deze gebieden (hoogveen). De nummers zijn labels, geven geen prioritering aan, dus 1 niet belangrijker dan 9).*

De bossen laten vanuit de abiotische analyse weinig vraag naar adaptatiemaatregelen zien. De opgaven voor GVG, GLG, NO<sub>3</sub> en pH waren voor deze beheertypen nihil. In het veld zal beoordeeld moeten worden of dit inderdaad het geval is. Met name voor vochtige bossen worden wel problemen in de waterhuishouding verwacht die in de analyse niet duidelijk naar voren zijn gekomen. Versterken of herstellen van kwelstromen voor vochtige bossen is voor deze bossen cruciaal. Verder bestaan veel bossen uit vrij monotone opstanden. Versterken van de heterogeniteit is hier essentieel om de bosecosystemen veerkrachtiger te maken.

Ruimtelijk gezien zijn er voor bossen knelpunten voor het verschuiven van soorten, en in de internationale aansluiting. Voor bossen zijn er goede mogelijkheden om de onderlinge ruimtelijke samenhang te versterken door middel van groene dooradering. Houtwallen en kleine bosjes ondersteunen veel soorten in hun verspreiding door multifunctionele landschappen (landbouw, maar ook stedelijk gebied).

Figuur 4.10 laat het complete plaatje voor bossen en heide zien, gebaseerd op de resultaten van de workshop.



**Figuur 4.10**  
 Combinatiekaart adaptatiestrategie bos en heide.

Uit de kaart blijkt, dat er een aantal kansen zijn:

- Kerngebieden en (internationale) clusters van bossen en heide overlappen voor een groot deel. Dit biedt kansen voor gezamenlijke aanpak van beheer en ontwikkeling
- Aantal maatregelen gepland in 'Landschappen van Allure' (Maashorst, Groene Woud, Brabantse Wal). Dit kan wellicht aangegrepen worden om aanleg en onderhoud van GBDA te financieren
- Daar waar antiverdrogingsmaatregelen genomen worden, heeft dit gunstig effect op vochtige typen in één keer, dus natte heide en vochtige bossen. De antiverdrogingsmaatregelen
- Ecoducten met bos en heide om barrièrewerking door wegen op te lossen, deze ecoducten zijn reeds voorzien
- Algemeen: stimuleren heterogeniteit. Ook mozaïek van bos en heide biedt kansen voor interessante overgangen (bosranden). Vooral kansrijk in grotere gebieden en combi's van kerngebieden bos en heide.

Knelpunten zijn:

- Ontwikkelen van verbindingzones voor heide door bosgebieden. Bos kan omgezet worden in heide, wanneer dit niet ten koste gaat van de samenhang in de bossen. Nu zijn er voor bossen een aantal vrij omvangrijke netwerken, de verbinding *tussen* die bossen is een probleem, de omvang van die netwerken minder. Dus omzetten van stukjes bos in heidegebiedjes (stapstenen of verbindingen) binnen grote, omvangrijke netwerken is een optie (er is ervaring mee in Drenthe op het Dwingelderveld, zogenaamde 'liefdespaden' voor vlinders).

- Verbindingen via GBDA door landbouwgebieden voor wat mobielere soorten, maar kansen vanuit Landschappen van Allure (zie boven). Vooral tot stand brengen grootschalige, grensoverschrijdende verbindingen, bv voor bossen door NO Brabant, of via België en Limburg.
- Sommige beekbegeleidende vochtige bossen, bijvoorbeeld Elzenbroekbossen hebben problemen met pH en verdroging: voor groot deel veroorzaakt door gebrek aan kwel. Kwelstromen herstellen vraagt maatregelen op grote schaal (herstel grondwateraanvulling, verminderen drainage, afplaggen).

#### 4.4.4 Monitoring en adaptief beheer en beleid

Tot slot: voor alle voorgestelde maatregelen in abiotiek en ruimtelijke samenhang is het van belang om de effectiviteit te monitoren. Succesvolle maatregelen kunnen wellicht op andere plekken ook ingezet worden, terwijl maatregelen waarvan effect moeilijk is aan te tonen, mogelijk vervangen moeten worden door andere of beter op andere plaatsen ingezet worden. Op deze manier kunnen schaarse middelen zo effectief mogelijk ingezet worden. Dit sluit ook goed aan bij het voorstel voor effectgerichte monitoring dat in het leefgebiedenplan wordt voorgesteld.



*Beekherstel: belangrijk in het herstellen van de zuid-noord verbinding van de beekdalen (Foto Peter Voorn, Natuurmonumenten).*





## 5 Conclusies

Tot slot volgen in dit hoofdstuk de belangrijkste conclusies uit het onderzoek. Verdeeld over de hoofdstukken kwamen al deelconclusies naar voren. Hier komen de hoofdconclusies, die deels een herhaling van eerder geformuleerde conclusies vormen.

### **Gevolgen voor standplaatscondities**

- Om de gewenste situatie per 2018, zoals die in de ambitiekaart met beheertypen is vastgelegd te realiseren, is uitvoering van huidige en geplande herstel- en beheersmaatregelen een onmisbare voorwaarde.
- Klimaatverandering heeft een gunstige invloed op de mate waarin de bodem voldoet aan de randvoorwaarden van een aantal droge typen. De gunstige ontwikkelingen voor Droge heide en Zandverstuivingen worden grotendeels verklaard door verbeterde vochtomstandigheden in het voorjaar. Door natte winters blijft de bodem in het voorjaar langer vochtig, wat tevens leidt tot minder mineralisatie in de bodem, wat gunstig is voor deze voedselarme beheertypen.
- De abiotische randvoorwaarden voor vochtige en voedselarme beheertypen gaan achteruit door klimaatverandering. Met name vochtige schraalgraslanden hebben te lijden door het gecombineerde effect van verdroging en vermesting. Aanpak van verdroging is ook vanuit de optiek van klimaatverandering van groot belang, omdat veel beheertypen te lijden hebben van droogtestress, terwijl bovendien verdroging leidt tot extra verzuring (afname invloed van basenrijk kwelwater) en eutrofiëring, omdat mineralisatieprocessen in de bodem versnellen. Aanpak van verdroging leidt ook tot vermindering van stress door eutrofiëring.
- De abiotische kwaliteit voor bossen lijkt voor verreweg het grootste deel goed op orde te zijn, en de extra opgave door klimaatverandering lijkt nihil. Voor een aantal bostypen betekent dit een overschatting van de situatie. Met name de beheertypen van vochtige bossen (bv Rivier- en beekbegeleidend bos), maar ook die van droge bossen (Dennen-, eiken- beukenbos) bestaan ieder uit een hele range aan subtypen. De berekende kwaliteit voor die bosbeheertypen gaan uit van een gemiddelde geschiktheid. De gevoeliger subtypen zullen het dus wel degelijk moeilijk hebben door bijvoorbeeld verdroging en eutrofiëring. Dit geldt bijvoorbeeld voor Elzenbroekbos of Goudveilbossen die vochtiger omstandigheden nodig hebben dan andere bostypen in dit beheertype. Bij de droge bossen speelt bijvoorbeeld ook mee dat een aantal gevolgen van klimaatverandering niet is meegenomen, zoals bijvoorbeeld het gevoeliger worden voor ziekten en plagen of grotere kansen op bosbranden.
- De opgave die door klimaatverandering extra op de beheertypen af komt, is in verhouding tot de huidige opgave gering. Voor ongeveer 40% van het oppervlak van natuurgebieden (zonder de productiebossen) komt er door klimaatverandering een extra opgave bij voor antiverdrogingsmaatregelen en voor ongeveer 30% van het oppervlak voor anti-vermesting. Deze opgaven voor vocht en voedselrijkdom liggen vaak in dezelfde gebieden. Er komt door klimaatverandering in deze aandachtsgebieden circa 5 tot 20% aan anti-verdrogingsopgave bij (huidige opgave op 100% gesteld). De extra stikstofopgave door klimaatverandering is op sommige plaatsen tot 50% van de huidige opgave.
- De extra opgave door klimaatverandering is het grootst voor vochtige schraalgraslanden voor de gemiddelde laagste grondwaterstand en  $\text{NO}_3^-$ , maar ook andere gebieden behoeven aandacht. Aandachtsgebieden voor de abiotische kwaliteit zijn:
  - de natte graslanden in noord-zuid beekdal, zoals de Dommel en de Beerze
  - natte graslanden in Moerputte/Vlijmens Ven, Langstraat en verdere Naad van Brabant,
  - natte heidegebieden zoals in De Kampina de heidegebieden in de Kempen,

- enkele moerasgebieden in het noorden bij de Maasvallei en Maaskant, uitlopers van de Biesbosch en langs enkele kreken in het westen in polders zoals de Molenkreek in de Oude Prinslandse Polder
- hoogveen in de Mariapeel en Grote Peel.

### **Adaptatiemaatregelen voor herstel abiotische kwaliteit**

- De opgave voor de vochtvoorziening kan op verschillende manieren worden opgelost. Afhankelijk van de hydrologische situatie ter plekke kan gezocht worden naar oplossingen in peilbeheer, langer vasthouden van water, vertragen van afvoer en verminderen van drainage. Zo kan ook de winst in de GVG (dus natter in het voorjaar) die op veel plekken verwacht wordt, langer benut worden wanneer in het voorjaar de peilen minder snel zakken en het water langer vast gehouden wordt. Het is aan te bevelen om gebiedseigen water vast te houden, omdat aanvoer van gebiedsvreemd oppervlakte water nadelen heeft: vaak is het voedselrijk en daarmee heeft het een ongunstige invloed op voedselarme natuurtypen. Herstel van kwelstromen vraagt ook aanvulling van grondwater in inzijgingsgebieden. Ook daar zijn maatregelen zinvol, zoals verminderen oppervlakkige afvoer van water en verminderen van verdamping (bijvoorbeeld door naaldbos om te zetten in loofbos, dat minder verdampst).
- Een te hoog  $\text{NO}_3^-$  gehalte is na de grondwaterstand de stressfactor die op de meeste plekken voor problemen zorgt. Zowel voor droge als vochtige beheertypen is dit het geval. Qua oppervlakte natuur waar problemen zijn met een te hoog  $\text{NO}_3^-$  gehalte, springen Moerassen, Vochtig hooiland, Droog schraalgrasland en Dennen- eiken- beukenbos eruit. Maatregelen om  $\text{NO}_3^-$  naar beneden te krijgen, zijn divers. De mineralisatie die versterkt wordt door verdroging kan worden voorkomen door anti-verdrogingsmaatregelen (zie punt over waterbeheer). Verbetering van de waterkwaliteit door wegvangen van nutriënten, versterken kwelstromen (aanvullen grondwater), helpt de belasting door nutriënten vanuit het oppervlaktewater en grondwater te verminderen. Frequente afvoeren van nutriënten door hooien, hakken, plaggen helpt tegen opstapeling van nutriënten, maar leidt ook tot veel verstoring en mogelijk afvoer van zaden, (bodem)fauna, etc. Kleinschalig en gefaseerd inzetten van die maatregelen is dan te verkiezen boven grootschalige aanpak. Verlagen van de depositie vanuit verkeer, industrie, landbouw kan bijdragen aan het verminderen van de belasting met onder andere stikstof. In de PAS (Programmatistische Aanpak Stikstof) wordt hier beleid op ingezet.
- De maatregelen die voor vochtige beheertypen genomen moeten worden hangen sterk samen met de bescherming en ontwikkeling van de beekdalen. Deze hebben volop aandacht in het Provinciaal Waterplan. Natte Natuurparels en ecologische verbindingszones en hydrologisch herstel zijn noodzakelijk voor ontwikkeling van natte natuur, zowel graslanden als bossen en natte heide. In combinatie met realisatie van de wateropgave liggen kansen voor verbetering van hydrologische en ruimtelijke kwaliteit. Aandachtspunt is dat beekdalen ook van belang zijn voor landbouw, gezamenlijk zoeken naar oplossingen voor droogte en wateroverlast, waar beide sectoren mee te maken hebben, biedt kansen.
- De inschatting is dat door het versterkt uitvoeren van geplande maatregelen, aansluitend op de leefgebiedenbenadering, de extra druk door klimaatverandering op de abiotische kwaliteit van kwetsbare natuurgebieden goeddeels op te vangen is.

### **Gevolgen voor ruimtelijke samenhang**

- De ruimtelijke samenhang van gebieden verandert door het effect van klimaatverandering op de abiotische kwaliteit. Door lagere kwaliteit neemt de draagkracht en daarmee de omvang van populaties af. Er komen minder jongen die op dispersie gaan, en daarmee neemt de ruimtelijke samenhang af. De samenhang is van belang voor de veerkracht van ecosystemen en daarom zijn er opgaven voor het verbeteren van de ruimtelijke kwaliteit. Allereerst kan dat door de draagkracht van gebieden te verbeteren, door verbeteren van de abiotische kwaliteit en door vergroten van het oppervlakte. Daarnaast kan ruimtelijke samenhang verbeterd worden door verminderen van isolatie van gebieden door de aanleg van ecologische verbindingszones, stapstenen of groenblauwe dooradering. De uitwisseling tussen netwerken op grotere

(provincie overstijgend tot internationaal) is nodig om verschuiven van soorten met verschuivende klimaatzones mogelijk te maken.

- De ruimtelijke samenhang van heidegebieden is voor een aantal gebieden vrij sterk, zoals de Kampina en Oisterwijkse vennen, Oirschotse heide en Strabrechtse heide. Er zijn daarnaast erg veel kleine heide gebieden die in zeer kleine zwakke netwerkjes liggen. Deze situatie voor ruimtelijke samenhang zoals die in de huidige situatie geldt, blijft ongeveer hetzelfde voor de toekomstige situatie 2050, omdat er weinig verandering in abiotische kwaliteit is. Het gehele patroon van heidegebieden leidt ertoe dat er veel gaten tussen de netwerken zit. Ook de sterke netwerken zijn onderling niet gevonden. Er kunnen in de sterke plekken in het netwerk bij goed beheer nog wel populaties leven die goed bestand zijn tegen extreme weersituaties en die een vrij kleine uitsterfkans hebben. De samenhang tussen netwerken van heide is zwak, zodat het verschuiven van soorten tussen netwerken beperkte kansen heeft. De mogelijkheden om verschuivende klimaatzones te kunnen volgen zijn dus beperkt.
- Het ruimtelijke patroon van de vochtige graslanden in de uitgangssituatie 2010 laat zien dat de ruimtelijke samenhang over het algemeen vrij sterk is. Veel gebieden hebben voldoende uitwisseling met de omgeving. Enkele kleine gebieden, verspreid over de provincie, maar vooral in de noordwest hoek, hebben erg weinig uitwisseling en zijn door hun geïsoleerde positie kwetsbaar. Deze conclusie is gebaseerd op het *geplande* patroon van graslanden. Daarin zit ook een aantal nog te ontwikkelen gebieden. Door klimaatverandering neemt de uitwisseling licht af, dit geldt vooral voor de gebieden in de beekdalen van de Dommel en de Beerze, en in de vochtige graslanden in de Naad van Brabant, Loonse en Drunense duinen en Moerputten & Vlijmens Ven. De ruimtelijke samenhang van vochtige graslanden ondervindt dus negatieve gevolgen van klimaatverandering.
- De ruimtelijke samenhang van bossen in Noord-Brabant is op veel plekken sterk. Door de vele kleine bosgebiedjes die tussen grotere gebieden inliggen ontstaat een netwerk van bossen waar zeker in zuidelijke helft van de provincie een sterke ruimtelijke samenhang in zit. Elders behoeven de bossen wel verbetering om ze voldoende robuust te laten zijn bij klimaatverandering. Vooral de bossen in de noordelijke helft van de provincie liggen vaak geïsoleerd en hebben weinig uitwisseling met hun omgeving.
- De ruimtelijke samenhang van bossen is wellicht overschat, omdat die gebaseerd is op de abiotische kwaliteit voor beheertypen en die was immers waarschijnlijk ook op sommige punten te gunstig ingeschat. Dit zien we dus ook niet terug in de ruimtelijke analyse die de resultaten van de abiotische analyse gebruikte als input.

### **Adaptatiemaatregelen voor versterken ruimtelijke kwaliteit**

- Adaptatiemaatregelen voor het verbeteren van de ruimtelijke samenhang zijn noodzakelijk om de natuur in Noord-Brabant in staat te stellen gevolgen van klimaatverandering op te vangen. Voor een landelijk opgestelde adaptatiestrategie zijn drie pijlers geïdentificeerd, die ook voor Brabant relevant zijn: 1. Ruimtelijke samenhang vergroten (van regionaal tot internationaal); 2. Heterogeniteit en gradiënten vergroten; 3. Standplaatscondities verbeteren. De mate waarin de pijlers voor vochtige graslanden, heide of bossen effectief zijn, verschilt per ecosysteem.
- In de verbetering van ruimtelijke samenhang vochtige graslanden spelen beekdalen een cruciale rol, vooral voor de voedselarme vochtige graslanden. De beekdalen vormen natuurlijke structuren die van zuid naar noord lopen. Inzetten op goede abiotische en hydrologische kwaliteit, uitbreiden van bestaande graslanden met nieuwe gebieden (de Ambitiekaart 2018 volgend), en realiseren van ecologische verbindingzones zijn cruciaal voor deze gebieden. Met name de beekdalen van de Dommel en de Beerze en verbindingen richting de Kampina, en de vochtige graslanden bij de Strijbeekse Heide en De Lange Maten en de Oude Buisse Heide richting de Naad van Brabant vormen belangrijke routes.
- Internationale aansluiting van beekdalen is mogelijk richting België. Vlak over de grens met België liggen beken en riviertjes die kunnen zorgen voor grensoverschrijdende robuuste eenheden.
- Voedselrijkere vochtige graslanden zijn gebaat bij een strategie waarin gewerkt wordt aan een internationale klimaatcorridor voor moerassen. De Biesbosch en Markizaat vormen hierin belangrijke kerngebieden. De moerascorridor levert een essentiële bijdrage aan een ecosysteem waarin Nederland op

internationale schaal een cruciale rol speelt. Deze moerascorridor loopt langs de west en noordgrens van de provincie Noord-Brabant. We bevelen aan om de voedselrijkere graslanden en kleine moerasgebiedjes in het westelijke en noordelijke deel van de provincie via ecologische verbindingzones te verbinden met de moerascorridor.

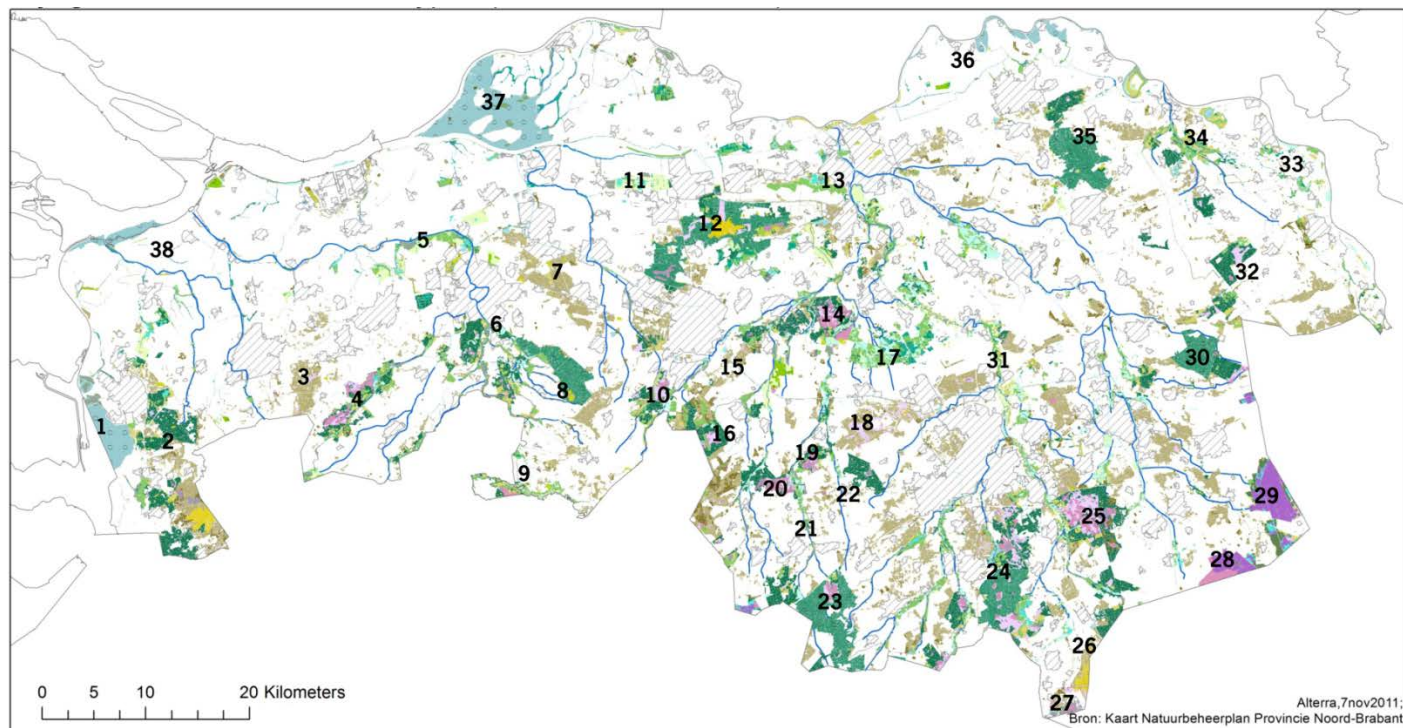
- Heidegebieden zijn in Nederland, maar ook in België en Duitsland sterk versnipperd. Verhogen van de abiotische en ruimtelijke kwaliteit van heide binnen clusters zal de robuustheid van de gebieden versterken. In robuuste systemen zijn populaties groot genoeg om schommelingen in populatiegrootte door extremen in weersomstandigheden op te vangen. Bovendien is er voldoende uitwisseling van planten en dieren tussen gebieden om verschuivingen van de zone met een geschikt richting het noorden te kunnen volgen. Internationale aansluiting van de gebieden in Brabant kan gezocht worden met een aantal grote gebieden in België.
- In een aantal gevallen liggen heidegebieden ingesloten in bosgebieden. Kappen van bos ten gunste van heide is dan een gewenste maatregel. In hoeverre dit ten koste gaat van de veerkracht van bossen is de vraag. Het kan leiden tot meer heterogeniteit en overgangen, leidend tot kansen voor biodiversiteit. Als het productiebos betreft, zijn de gevolgen voor het bos goed op te vangen, omdat het een type met een groot oppervlak is, waar bovendien de ambitie voor biodiversiteit niet heel hoog is. Vanuit biodiversiteit is het omzetten van productiebos in heide dus een geschikte maatregel
- Verbetering van de ruimtelijke samenhang van bossen kan gezocht worden in de aansluiting met het buitenland via verbinding van de bossen in het Groene Woud met België en via de Maashorst en Limburg. Er lijken kansen te liggen voor aansluiting op een klimaatcorridor voor bossen door Frankrijk en Duitsland.
- Versterking van de samenhang tussen bossen is gewenst op een aantal plekken. Er zijn mogelijkheden om dat via groenblauwe dooradering te realiseren. Het beleid voor Landschappen van Allure (Maashorst, Groene Woud, Brabantse Wal) biedt kansen.
- Veel heide en bosgebieden liggen in mozaïeken. Ook de clusters met sterke gebieden en internationale aansluiting overlappen, dit biedt kansen voor gezamenlijke aanpak van inrichting en beheer. Ook hier biedt het beleid voor Landschappen van Allure (Maashorst, Groene Woud, Brabantse Wal) kansen.
- In het Provinciale waterplan zijn ecologische verbindingzones gepland, deze kunnen in potentie de ruimtelijke samenhang van graslanden en mogelijk ook vochtige bossen verbeteren. In hoeverre deze verbindingen effectief zijn voor verbetering van de ruimtelijke samenhang hangt af van de breedte en kwaliteit van de verbindingen. De Natte Natuurparels die in dit plan zijn opgenomen vormen prioritair gebieden om de hydrologie te herstellen ten behoeve van de natuurdoelen die er nagestreefd worden. Deze maatregelen bieden goede aanknopingspunten om de knelpunten die in deze klimaatstudie gesignaleerd zijn weg te werken. Het niet realiseren van deze maatregelen maakt de natuur extra kwetsbaar voor de gevolgen van klimaatverandering.

# Literatuur

- Agricola, H.J., H. Goosen, P.F.M. Opdam en R.A. Smidt. 2010. Kansrijke gebieden voor groenblauwe mantels in de provincie Noord-Brabant, Wageningen: Alterra.
- Besse-Lototskaya, A.A., W. Geertsema, A. Griffioen, M. van der Veen en P.F.M. Verdonschot. 2011. Natuurdoelen en klimaatverandering. State-of-the-Art. Alterra-Rapport 2135. Alterra-Wageningen UR, Wageningen.
- Blom-Zandstra, M., M.P.C.P. Paulissen, C.C. Vos en H.J. Agricola, 2008. Effecten van klimaatverandering op landbouw en adaptatiestrategieën. Wageningen : Plant Research International, (Rapport / Plant Research International 182).
- Den Braber, M., J. Bakker, E. Hartman en J. Olthof, 2009. Ruimtelijke consequenties Klimaatverandering in Noord Brabant. DHV, Provincie Noord-Brabant.
- Den Boer, P.J., 1986. Environmental heterogeneity and the survival of natural populations, pp. 345-356 in H.H.W. Velthuis (ed.) Proceedings 3rd European Congress of Etom, Amsterdam.
- Gaast J.W.J. van der, H.Th.L. Massop en H.R.J. Vroon, 2009. Effecten van klimaatverandering op de watervraag in de Nederlandse groene ruimte; Analyse van de waterbeschikbaarheid rekeninghoudend met de freatische grondwaterstand en bodem; Alterra-rapport 1791.
- Grashof-Bokdam, C.J., J.P. Chardon, C.C. Vos, R.P.B. Foppen, M. Wallis de Vries, M. van der Veen en H.A.M. Meeuwsen, 2009. The synergistic effect of combining woodlands and green veining for biodiversity. *Landscape Ecology* 24:1105-1121.
- Heijmans, M.M.P.D. en F. Berendse, 2009. State of the art review on climate change impacts on natural ecosystems and adaptation. KvK rapport KvK009/2009.
- Hoogland, T., J. Runhaar en M.F.P. Bierkens, 2001. DOENAT: Een applicatie voor de allocatie van natuurdoeltypen en berekening van doelrealisatie. Modelbeschrijving en toepassingen. Alterra-rapport 400. Alterra-Wageningen UR.
- Klein Tank, A.M.G. en G. Lenderink (red.), 2009. Klimaatverandering in Nederland. Aanvullingen op de KNMI'06 scenario's, De Bilt: KNMI.
- Kramer, K. en I. Geijzendorffer, 2009. Ecologische veerkracht. Concept voor natuurbeheer en natuurbeleid, Zeist: KNNV Uitgeverij.
- Piha, H., M. Luoto, M. Piha en J. Merilä, 2007. Anuran abundance and persistence in agricultural landscapes during a climatic extreme. *Global Change Biology* 13: 300-311.
- Schipper, P.C. en H.N. Siebel, 2008. Index Natuur en Landschap Onderdeel Natuurbeheer, versie 0.2. Staatsbosbeheer, Natuurmonumenten, De Landschappen, Unie van Bosgroepen, Federatie Particulier Grondbezit, Dienst vastgoed Defensie.
- Schippers, P., J. Verboom, J.P. Knaapen en R.C. van Apeldoorn, 1996. Dispersal and habitat connectivity in complex heterogeneous landscapes: an analysis with a GISbased random walk model. *Ecography*, Vol. 19(2): 97-106.
- Van den Hurk, B., A.K. Tank, G. Lenderink, A. van Ulden, G.J. van Ol-denborgh, C. Katsman, H. van den Brink, F. Keller, J. Bessembinder, G. Burgers, G. Komen, W. Hazeleger en S. Drijfhout, 2006. KNMI Climate Change Scenarios 2006 for the Netherlands. KNMI Scientific Report WR 2006-01, De Bilt.
- Van der Staaij, P. en W. Ozinga, 2008. Verschuivende allianties in plan-tengemeenschappen door klimaatverandering', in J. Schaminée & E. Weeda (red.), Grenzen in beweging. Beschouwingen over vegetatiegeografie, Zeist: KNNV Uitgeverij.
- Van der Veen, M., E. Wiesenekker, B.S.J. Nijhoff en C.C. Vos, 2010. Klimaat Respons Database, versie 2.0. Ontwikkeld binnen het Klimaat voor Ruimte Programma, Project A2, Adaptatie EHS.
- Van Rooij, S., E. Steingröver, F. Witte en H. Goosen, 2009. Klimaatscan Natura2000 gebieden.

- Verbout, A. (red), 2008. Klimateffectschetsboek Noord-Brabant, Alterra, DHV, KNMI, VU, KvR.
- Vonk, M., C.C. Vos en D.C.J. van de Hoek, 2010. Adaptatiestrategie voor een klimaatbestendige natuur. Planbureau voor de Leefomgeving (PBL). Den Haag/Bilthoven, 2010.
- Vos, C.C., B.S.J. Nijhof, M. van der Veen, P.F.M. Opdam en J. Verboom, 2007. Risicoanalyse kwetsbaarheid natuur voor klimaatverandering. Rapport 1551.
- Vos, C.C., P. Berry, P. Opdam, H. Baveco, B. Nijhof, J. O'Hanley, C. Bell en H. Kuipers, 2008a. Adapting landscapes to climate change: examples of climate-proof ecosystem networks and priority adaptation zones. *Journal of Applied Ecology* 45: 1722–1731.
- Vos, C.C., H. Kuipers, R. Wegman en M. van der Veen, 2008b. Klimaatverandering en natuur: identificatie knelpunten als eerste stap naar adaptatie van de EHS. Rapport 1602.
- Wamelink, G.W.W., P.W. Goedhart, A.H. Malinowska, J.Y. Frissel, R.J.M. Wegman, P.A. Slim en H.F. van Dobben, 2011. Ecological ranges for the pH and NO<sub>3</sub> of syntaxa: a new basis for the estimation of critical loads for acid and nitrogen deposition. *Journal of Vegetation Science* (2011) 1–9.
- Witte, J.P.M., J. Runhaar en R. van Ek, 2009. Ecohydrologische effecten van klimaatverandering op de vegetatie van Nederland, KWR rapport 2009.032.

# Bijlage 1 Ambitiekaart 'Beleidssituatie 2018'



## beheertypen (Index NL)

N01.03 Rivier- en moeraslandschap	N06.03 Hoogveen	N11.01 Droog schraalgrasland	N15.02 Dennen-, eiken- en beukenbos	<b>KLASSE</b>
N01.04 Zand- en kalklandschap	N06.04 Vochtige heide	N12.02 Kruiden- en faunarijk grasland	N16.01 Droog bos met productie	beek
N03.01 Beek en Bron	N06.05 Zwakgebufferd ven	N12.05 Kruiden- of faunarijke akker	N16.02 Vochtig bos met productie	bebouwd gebied
N04.02 Zoete Plas	N06.06 Zuur ven en hoogveenven	N12.06 Ruigteveld	N17.01 Vochtig hakhout en middenbos	
N05.01 Moeras	N07.01 Droge heide	N13.01 Vochtig weidevogelgrasland	N17.02 Droog hakhout	
N05.02 Gemaaid rietland	N07.02 Zandverstuiving	N14.01 Rivier- en beekbegeleitend bos	N17.03 Park- of stinzenbos	
N06.01 Veenmosrietland en moerasheide	N10.01 Nat schraalland	N14.02 Hoog- en laagveenbos		
N06.02 Trilveen	N10.02 Vochtig hooiland	N14.03 Haagbeuken- en essenbos		

Namen gebieden, zoals in het rapport gebruikt:

1. Markizaat
2. Brabantse Wal
3. Rucphense Bossen
4. Pannenhoef, de Lange Maten, Reten, Oude Buisse Heide
5. Brabantse Naad
6. Strijbeekse Heide
7. Dorst
8. Chaamse Bossen
9. Het Merske
10. Regte Heide
11. De Dullaard
12. Loonsche en Drunensche Duinen
13. Moerputten/Vlijmens Ven
14. Kampina en Oisterwijkse Vennen
15. Moergestelse Beek
16. Roversse Heide
17. Mortelen en Schenken
18. Oirschotse Heide
19. Landschotse Heide
20. Neterselsche Heide
21. Grote Beerze
22. Kleine Beerze
23. Cartierheide
24. Leenderbos, Grote Heide, Plateaux
25. Strabrechtse Heide
26. Weerter en Budelerbergen
27. Ringelsven
28. Grote Peel
29. Deurnsche en Maria Peel
30. Stippelberg
31. Dommeldal
32. St Anthonius, Ullingse Bergen
33. Oeffelter Meent
34. Graafse Raam
35. Maashorst
36. Maasvallei
37. Biesbosch
38. Oude Prinsenlandsepolder



# Bijlage 2 Modelbeschrijving: SMART2-SUMO

## Modelbeschrijving

SMART2-SUMO is een bodem-vegetatie model dat ontwikkeld is om op regionale en nationale schaal langjarige effecten van o.a. atmosferische depositie en beheersmaatregelen op de bodem en vegetatie te berekenen. SMART2 is de bodemmodule en SUMO de vegetatiemodule, die volledig zijn geïntegreerd door jaarlijkse terugkoppeling.

## SMART2

Het SMART2-model (Kros et al., 1995) bestaat uit een set van massa-balansvergelijkingen, die de input-output relaties van een bodemcompartiment beschrijven, en een set van vergelijkingen voor de beschrijving van de snelheids- en evenwichtsprocessen in de bodem (tabel B2.1). Het model bevat alle macro-ionen uit de ladingsbalans. Na<sup>+</sup> en Cl<sup>-</sup> zijn slechts aanwezig als indifferente ionen, zij zitten alleen in de ladingsbalans.

**Tabel B2.1**

*Processen en procesbeschrijving in het model SMART2.*

Processen	Ion	Procesbeschrijving
<b>Input</b>		
Totale depositie	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> , NO <sub>3</sub> , NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , BC <sup>2+ 1)</sup> , Na <sup>+</sup> , K <sup>+</sup>	Input
Kwel	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> , NO <sub>3</sub> , NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , BC <sup>2+ 1)</sup> , Na <sup>+</sup> , K <sup>+</sup>	Input
<b>Snelheidsreacties</b>		
Bladopname	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	Lineair evenredig met de totale depositie
Bladuitloging	BC <sup>2+ 1)</sup> , K <sup>+</sup>	Gelijk aan bladopname
Bladval	BC <sup>2+ 1)</sup> , K <sup>+</sup> , NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , NO <sub>3</sub> , H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	Berekend door SUMO
Wortelsterfte	BC <sup>2+ 1)</sup> , K <sup>+</sup> , NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , NO <sub>3</sub> , H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	Berekend door SUMO
Mineralisatie	BC <sup>2+ 1)</sup> , K <sup>+</sup> , NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , NO <sub>3</sub> , H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	1 <sup>e</sup> -orde-reactie en functie van pH, GVG en C/N-ratio
N-immobilisatie	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Evenredig met de N-depositie en een functie van de C/N-ratio
Groeiopname	BC <sup>2+ 1)</sup> , K <sup>+</sup> , NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , NO <sub>3</sub> , H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	Berekend door SUMO
Nitrificatie	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , NO <sub>3</sub>	Evenredig met de netto-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> -input en een functie van de pH, GVG en C/N-ratio
Denitrificatie	NO <sub>3</sub>	Evenredig met de netto-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> -input en een functie van de pH, GVG en C/N-ratio
Silicaatverwerking	Al <sup>3+</sup> , BC <sup>2+</sup> , Na <sup>+</sup> , K <sup>+</sup> , H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	0 <sup>e</sup> -orde-reactie
<b>Evenwichtsreacties</b>		
Dissociatie/associatie	HCO <sub>3</sub>	CO <sub>2</sub> -evenwicht
Carbonaatverwerking	BC <sup>2+</sup>	Carbonaatevenwicht
Al-hydroxide-verwerking	Al <sup>3+</sup>	Gibbsietevenwicht
Kationenomwisseling	H <sup>+ 2)</sup> , Al <sup>3+</sup> , BC <sup>2+</sup>	Gaines-Thomasvergelijking
Sulfaatsorptie, P-sorptie	H <sup>+</sup> , SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> , H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	Langmuirvergelijking

<sup>1)</sup> BC<sup>2+</sup> staat voor divalente basische kationen (Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>)

<sup>2)</sup> H<sup>+</sup> wordt impliciet, via de ladingsbalans, door alle processen beïnvloed

Omdat SMART2 toepasbaar moet zijn op nationale schaal, waardoor slechts in beperkte mate invoergegevens beschikbaar zijn, is een aantal processen geaggregeerd, zodat de databehoeftte is afgestemd op de databeschikbaarheid op nationale en regionale schaal.

Het aantal beschouwde ecosysteemprocessen is beperkt tot de cruciale processen.

De bodemchemie in SMART2 hangt alleen af van de netto elementinput vanuit de atmosfeer (depositie) en het grondwater (kwel), kronendakinteracties, nutriëntencyclus-processen en de geochemische interacties in de bodem en bodemoplossing (CO<sub>2</sub>-evenwichten, carbonaatverwerking, silicaatverwerking, oplossen van Al-hydroxides en kationenomwisseling). De volgende processen zijn niet meegenomen:

- N-fixatie and NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-adsorptie,
- Immobilisatie en reductie van SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>,
- Complexatie van Al<sup>3+</sup> met OH<sup>-</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> en RCOO<sup>-</sup>.

De interacties tussen bodemoplossing en vegetatie zijn meegenomen door de koppeling met het model SUMO. Groei (vegetatieontwikkeling), nutriëntenopname en strooiselproductie worden berekend door SUMO. SMART2 berekent de nutriëntenbeschikbaarheid; nutriëntopname wordt beperkt wanneer er een te lage beschikbaarheid is.

Het concept van de beschouwde processen is zo eenvoudig mogelijk gehouden.

Bodem- en bodemoplossing-interacties zijn of met een eenvoudige snelheidsreactie beschreven (bijv. silicaatverwerking) of door evenwichtsreacties (bijv. carbonaat- en Al-hydroxideverwerking en kationenomwisseling). Beïnvloeding van omgevingsfactoren zoals de pH op verwerkingssnelheden en kationenomwisseling zijn buiten beschouwing gelaten. Stoftransport is beschreven onder de aanname dat er volledige menging optreedt en dat het bodemcompartiment homogeen is met een vaste laagdikte en dichtheid. Omdat SMART2 een éénlaag-model is wordt de verticale heterogeniteit verwaarloosd en hebben de voorspelde bodemvochtconcentraties betrekking op het water dat de wortelzone verlaat. De tijdstap van het model is een jaar, seizoensvariabiliteit wordt dan ook niet meegenomen.

#### *Effecten vocht en temperatuur*

Het effect van vocht en temperatuur op de decompositiesnelheid wordt berekend middels reductiefactoren. Wat betreft vocht is in SMART2 de decompositiesnelheid afhankelijk van de voorjaarsgrondwaterstand (MSW in m-mv) volgens:

$$rf_{mi,GVG} = \begin{cases} 0.25 & \text{voor } GVG \leq 0.45 \\ \log_{10}(4 \cdot GVG) & \text{voor } 0.45 < GVG < 2.50 \\ 1 & \text{voor } GVG \geq 2.50 \end{cases}$$

Waarin  $rf_{mi,GVG}$  de reductiefactor is voor mineralisatie/decompositie als gevolg van de gemiddelde voorjaarsgrondwaterstand (GVG). Het effect van temperatuur op de decompositie wordt berekend volgens:

$$rf_{mi,T} = e^{3.36 \left( \frac{T-40}{T+31.79} - \frac{10-40}{10+31.79} \right)} \quad (1)$$

Hierin is  $rf_{mi,T}$  de reductiefactor voor mineralisatie/decompositie als gevolg van de temperatuur (T in °C). Bij 10 °C is de reductiefactor 1. Het effect op mineralisatie is het product van beide reductiefactoren.

In SMART2 worden zeven bodemtypen en vijf vegetatiestructuurtypen onderscheiden. De bodemtypen zijn:

- SP : arm zand (sand poor)
- SR : rijk zand (sand rich)
- SC : kalkrijk zand (sand calcareous)
- CN : kalkloze klei (clay non-calcareous)
- CC : kalkrijke klei (clay calcareous)
- LN : löss (loess non-calcareous)
- PN : veen (peat non-calcareous)

De vegetatiestructuurtypen zijn:

- DEC : loofbos (deciduous forest)
- PIN : licht naaldbos (pine forest)
- SPR : donker naaldbos (spruce forest)
- HEA : heide (heather)
- GRP : onbemest grasland (nutrient-poor grassland)

De invoerparameters voor SMART2 zijn gekoppeld aan bodemtype, vegetatiestructuurtype of aan een combinatie van beide. In regionale toepassingen worden altijd de nominale waarden gehanteerd. Dit zijn per bodem- en vegetatietype gemiddelde waarden die zijn afgeleid van een grote set meetgegevens over heel Nederland (De Vries en Leeters, 1994; Klap et al., 1997).

### *SUMO*

In dit project is gebruik gemaakt van SUMO2 model versie 3.2.1, voor een uitgebreide beschrijving wordt verwezen naar Wamelink et al. (2009a; 2009b).

SUMO2 is geïntegreerd met SMART2 en simuleert de biomassaontwikkeling voor vijf verschillende functionele typen (kruiden en grassen, dwergstruiken, struiken en twee boomsoorten). Deze vijf functionele typen concurreren elkaar om licht, water en nutriënten. De groei kan verder beïnvloed worden door beheer (maaien, grazen, dunnen/kappen, plaggen en branden) en klimaatgerelateerde factoren als temperatuur en kooldioxide concentratie in de lucht. Per functioneel type worden zowel de biomassaontwikkeling als de nutriëntengehalten (N, P, K, Ca, Mg) voor drie organen, wortels, stam/tak en blad, gesimuleerd. Beschikbaarheden van de nutriënten worden berekend door SMART2 op basis van de door SUMO berekende bladval en wortelsterfte.

De vijf functionele typen onderscheiden zich onder andere van elkaar door de manier waarop nieuwe biomassa over de organen wordt verdeeld en welk deel van de organen per jaar sterft. De concurrentie om nutriënten tussen de typen vindt plaats op basis van de aanwezige wortelbiomassa (hoe meer wortelbiomassa, des te meer opname). De nutriëntopname is echter gebonden aan een maximum, dat wordt bepaald door het quotiënt van de maximale groeisnelheid en het maximale nutriëntgehalte. De concurrentie om licht tussen de typen vindt plaats op basis van de lengte (het hoogste type vangt het eerst licht) en de bladbiomassa (hoe meer bladbiomassa, hoe meer licht er wordt onderschept). Om dit mogelijk te maken wordt van elk functioneel type de lengte gesimuleerd. Voor de bomen wordt dit per boomsoort gedaan, waarbij op basis van of aanplant of successie de soorten zijn gekozen.

Het effect van klimaatverandering vindt direct plaats op de maximale groei van de vegetatiecompartimenten; de maximale groeisnelheid is afhankelijk van de gemiddelde jaartemperatuur en de CO<sub>2</sub> concentratie. Indirect kan het klimaat effect hebben op de groei, o.a. via de door SMART2 geleverde stikstofbeschikbaarheid. Deze is afhankelijk van o.a. de stikstofdepositie, maar ook van de temperatuur via beïnvloeding van de mineralisatiesnelheid.

Op basis van de biomassaverdeling over de functionele typen wordt bepaald welk vegetatietype aanwezig is. Bij veranderingen in die verdeling kan het vegetatietype veranderen en treedt successie op. Zo kan bijvoorbeeld een grasland na staken van het beheer zich ontwikkelen naar een bos.

Door SUMO2 worden veertien vegetatietypen gemodelleerd. In elk vegetatietype zijn de vijf functionele typen aanwezig, maar de verdeling van de hoeveelheid biomassa is verschillend (bijvoorbeeld een verwaarloosbare hoeveelheid biomassa van bomen in grasland).

#### *Modelinvoer*

De modelinvoer voor SMART2-SUMO bestaat uit ruimtelijk afhankelijke informatie, zoals een bodemkaart, vegetatiekaart, atmosferische depositie en hydrologie en uit ruimtelijk onafhankelijke invoerparameters, die gekoppeld zijn aan bodem- en vegetatietypen. Voor SMART2 zijn dit per bodem- en vegetatietype gemiddelde waarden die zijn afgeleid van een grote set meetgegevens over heel Nederland (De Vries en Leeters, 1994; Klap et al., 1997). Voor SUMO zijn de invoerparameters veelal gebaseerd op literatuuronderzoek (zie hiervoor Wamelink, 2007).

#### *Bodem*

De basis voor de bodemkaart is de 1:50.000 bodemkaart van Nederland. Voor SMART2 zijn de bodemtypen geclusterd naar zeven bodemtypen (zie hiervoor Kros et al., 1995):

- SP : arm zand (sand poor)
- SR : rijk zand (sand rich)
- SC : kalkrijk zand (sand calcareous)
- CN : kalkloze klei (clay non-calcareous)
- CC : kalkrijke klei (clay calcareous)
- LN : löss (loess non-calcareous)
- PN : veen (peat non-calcareous)

Per bodemtype zijn invoerparameters afgeleid. Dit zijn bodemchemische parameters zoals verwerking, CEC en omwisselconstanten, bodemfysische parameters zoals dichtheid, vochtgehalte en organischestofgehalte en daarnaast C/N ratios.

#### *Vegetatie*

De beheertypenkaart van de provincie Noord-Brabant is de basis voor de vegetatiekaart die als invoer gebruikt is voor SMART2-SUMO. Voor de toepassing van SUMO is de beheertypenkaart omgezet in een vegetatiekaart met typen waarmee SUMO rekent (tabel B2.2). De SUMO-vegetatietypen zijn: grasland, hei, donker naaldbos, licht loofbos, licht naaldbos donker beukenbos, structuurrijk loofbos, riet, korte vegetatie, kwelder, veenmoeras, moeras, kale grond. Aan deze vegetatietypen zijn invoerparameters gekoppeld die iets zeggen over de kenmerken van de vegetatietypen, zoals maximale groeisnelheid en biomassa- en nutriëntenverdeling over de organen van de functionele typen per vegetatietype. Een donker beukenbos heeft bijvoorbeeld andere kenmerken dan een licht naaldbos.

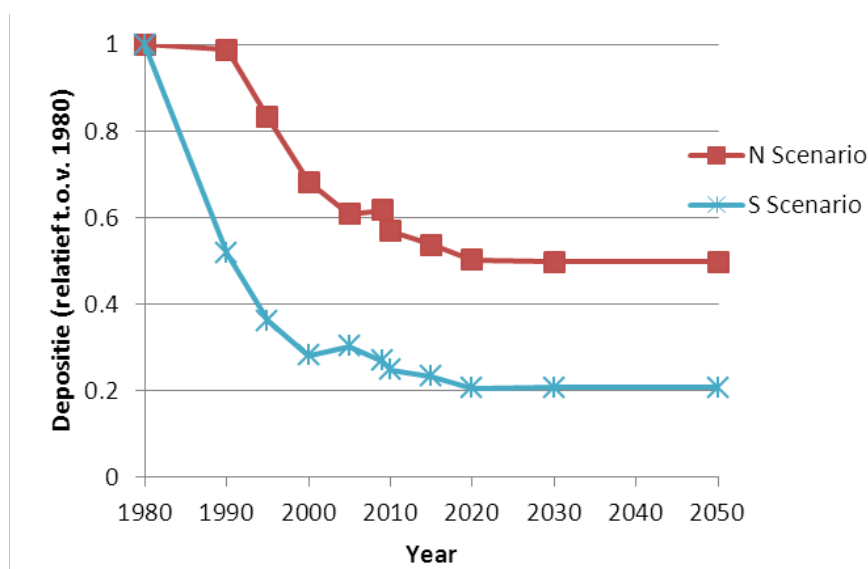
#### *Atmosferische depositie*

In dit onderzoek is gerekend met een realistisch depositiescenario. De depositiekaarten zijn verkregen bij het Planbureau voor de leefomgeving (Jaarsveld, 2004; Velders et al., 2010) en gedownload van de themasite Grootschalige Concentratiekaarten Nederland 2009 ([www.rivm.nl/nl/themasites/gcn/index.html](http://www.rivm.nl/nl/themasites/gcn/index.html)). In dit scenario is er een lichte daling van de depositie tussen 2010 en 2020 en daarna is een constante depositie aangenomen (zie figuur B2.1). Vanaf 2020 is de stikstofdepositie  $1374 \text{ mol}_c \text{ ha}^{-1} \text{ j}^{-1}$ , dat ligt net onder de algemene kritische depositiewaarde ( $1400 \text{ mol}_c \text{ ha}^{-1} \text{ j}^{-1}$ ) voor natuur.

**Tabel B2.2**

*Relatie tussen beheertype en vegetatietype.*

Beheertype	SUMO vegetatietype	
N05.01 Moeras	13	Moeras
N05.02 Gemaaid rietland	9	Riet
N06.01 Veenmosrietland en moerasheide	9	Riet
N06.03 Hoogveen	12	Veenmoeras
N06.04 Vochtige heide	2	Heide
N07.01 Droge heide	2	Heide
N07.02 Zandverstuiving	2	Heide
N10.01 Nat schraalland	1	Grasland
N10.02 Vochtig hooiland	1	Grasland
N11.01 Droog schraalgrasland	1	Grasland
N12.01 Bloemdijk	1	Grasland
N12.02 Kruiden- en faunarijk grasland	1	Grasland
N12.03 Glanshaverhooiland	1	Grasland
N13.01 Vochtig weidevogelgrasland	1	Grasland
N13.02 Wintergastenweide	1	Grasland
N14.01 Rivier- en beekbegeleidend bos	4	Licht loofbos
N14.02 Hoog- en laagveenbos	4	Licht loofbos
N14.03 Haagbeuken- en essenbos	7	Donker beukenbos
N15.02 Dennen-, eiken- en beukenbos	4	Licht loofbos
N16.01 Droog bos met productie	4	Licht loofbos
N16.02 Vochtig bos met productie	4	Licht loofbos



**Figuur B2.1**

*Stikstof en zwaveldeposities, trend relatief t.o.v. de waarde van 1980.*

### *Klimaat en Hydrologie*

Klimaatverandering werkt door in het model via temperatuur en CO<sub>2</sub> die de groei en decompositie van planten beïnvloeden. Daarnaast werken neerslag en temperatuur door in de gemiddelde grondwaterstanden die als invoer worden gebruikt. De gemiddelde voorjaarsgrondwaterstand (GVG), die de decompositiesnelheid beïnvloedt, wordt door klimaatverandering bepaald. De GLG wordt verder niet in SMART2-SUMO gebruikt, maar is wel van belang om te bepalen of de abiotische condities voldoen aan de randvoorwaarden voor beheertypen.

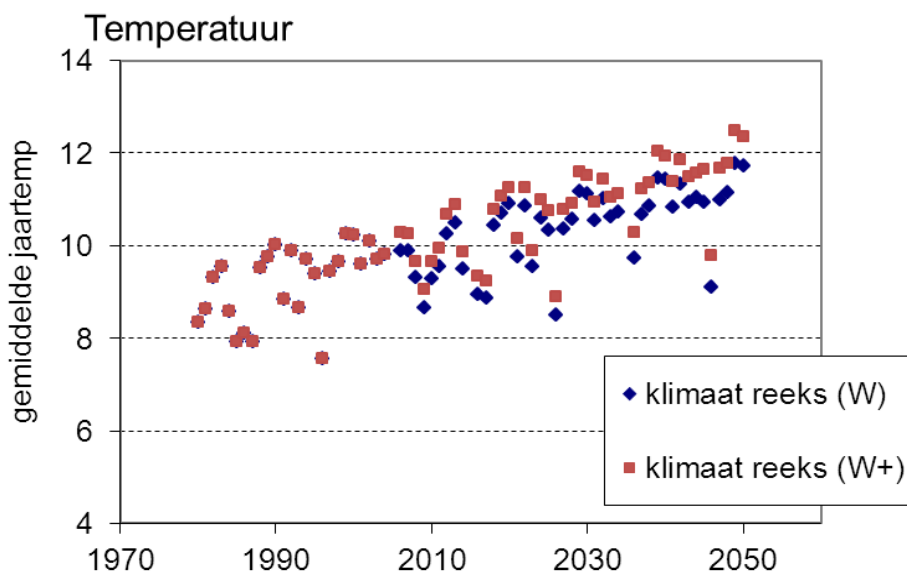
Er is in alle gevallen gerekend met de gegevens voor het weerstation De Bilt; regionale verschillen binnen Noord-Brabant zijn niet meegenomen.

GVG en GLG zijn bepaald in tijdreeksmodellen zoals beschreven in Van der Gaast et al (2009).

De temperatuur- en neerslaggegevens voor de W- en W+-scenario's zijn in deze modellen afkomstig van de KNMI klimaatscenario's 2006. In het tijdreeksmodel zijn de neerslagreeks en temperatuurreeks op dagbasis van 1976-2005 als uitgangspunt genomen en geprojecteerd naar 2036-2065. De tijdstap in het grondwater model is 1 dag. Het grondwatermodel gebruikt grids van 250x250m als ruimtelijke eenheid. Er is geen terugkoppeling tussen grids. Het grondwatermodel is geparameteriseerd voor de bergingscoëfficiënt, drainageweerstand, ontwateringsbasis, kwel/wegzijing, capillaire druk (zie verder Van der Gaast et al., 2009). Gemiddelde grondwaterstanden worden in het model berekend voor 2050.

In SMART2-SUMO worden naast GVG ook temperatuur en CO<sub>2</sub> door klimaatverandering beïnvloed.

Temperatuur is afkomstig van het KNMI, in SMART2-SUMO wordt gerekend met gemiddelde jaartemperaturen, waarbij de reeks van 1976-2006 als uitgangspunt is genomen en naar 2055 is doorgetrokken (zie figuur B2.2).



**Figuur B2.2**

*Variatie in gemiddelde jaartemperatuur in uitgangsjaren, geprojecteerd tot 2050.*

**Tabel B2.3**

Overzicht van de grenswaarden voor abiotische randvoorwaarden voor de verschillende beheertypen. Er is bij de randvoorwaarden éénzijdig getoetst, op de bovengrens, dan wel ondergrens, dit is in de kop aangegeven.

Beheertype -code	Beheertype naam	GVG (cm) (bovengrens)	GLG (cm) (bovengrens)	pH (ondergrens)	NO <sub>3</sub> (bovengrens)
N5.01	Moeras	54	70	5.2	52.1
N5.02	Gemaaid rietland	37	55	5.1	52.0
N6.01	Veenmosrietland en moerasheide	15	25	3.4	8.9
N6.03	Hoogveen	14	-11	3.7	15.9
N6.04	Vochtige heide	45	129	3.4	5.6
N7.01	Droge heide	120	999	3.3	21.6
N7.02	Zandverstuiving	999	999	3.8	10.0
N10.01	Nat schraalland	31	93	4	13.2
N10.02	Vochtig schraalland	80	92	5.1	21.0
N11.01	Droog schraalgrasland	97	999	3.9	14.9
N12.01	Bloemdijk	87	108	6.3	21.4
N12.02	Kruidenrijk grasland	81	999	5.8	23.0
N12.03	Glanshaverhooiland	87	108	6.3	21.4
N13.01	Vochtig weidevogelgrasland	72	89	5.9	999
N13.02	Wintergastenweide	75	88	5.9	999
N14.01	Rivier- en beekbegeleidend bos	134	176	4.3	50.9
N14.02	Hoog- en laagveenbos	100	188	3.4	50.1
N14.03	Haagbeuken- en Essenbos	999	999	3.7	50.2
N15.02	Eiken-, Dennen- of Beukenbos	999	999	3	50.9
N16.01	Droog bos met productie	999	999	3.3	50.9
N16.02	Vochtig bos met productie	999	999	3	50.9



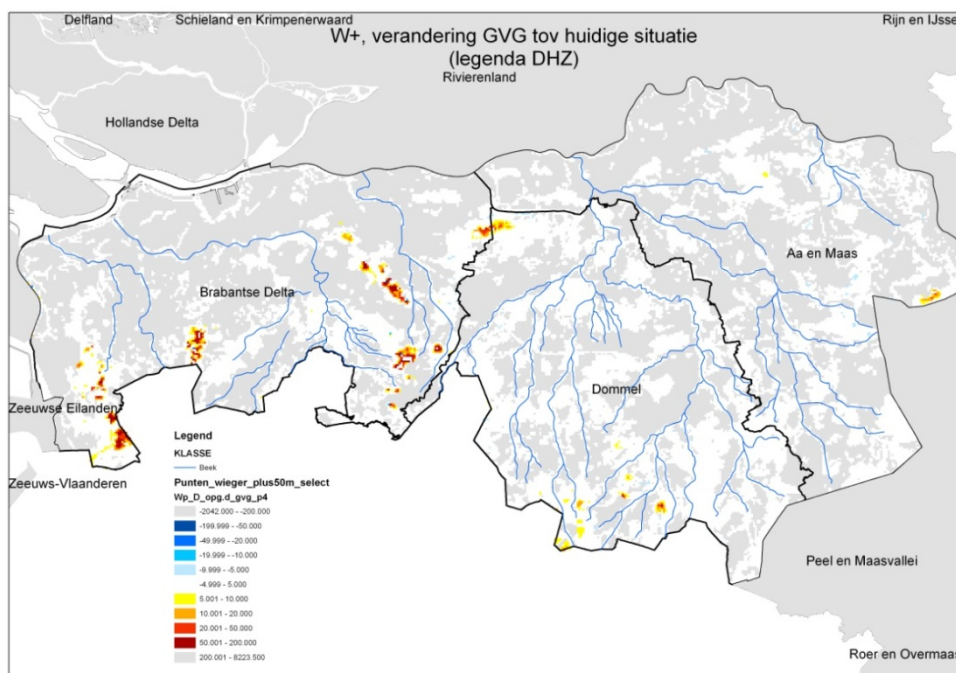


## Bijlage 3 Verandering abiotische kwaliteit

In deze bijlage worden de veranderingen in abiotische kwaliteit beschreven: Gemiddelde Voorjaars Grondwaterstand, Gemiddelde Laagste Grondwaterstand,  $\text{NO}_3$  en pH.

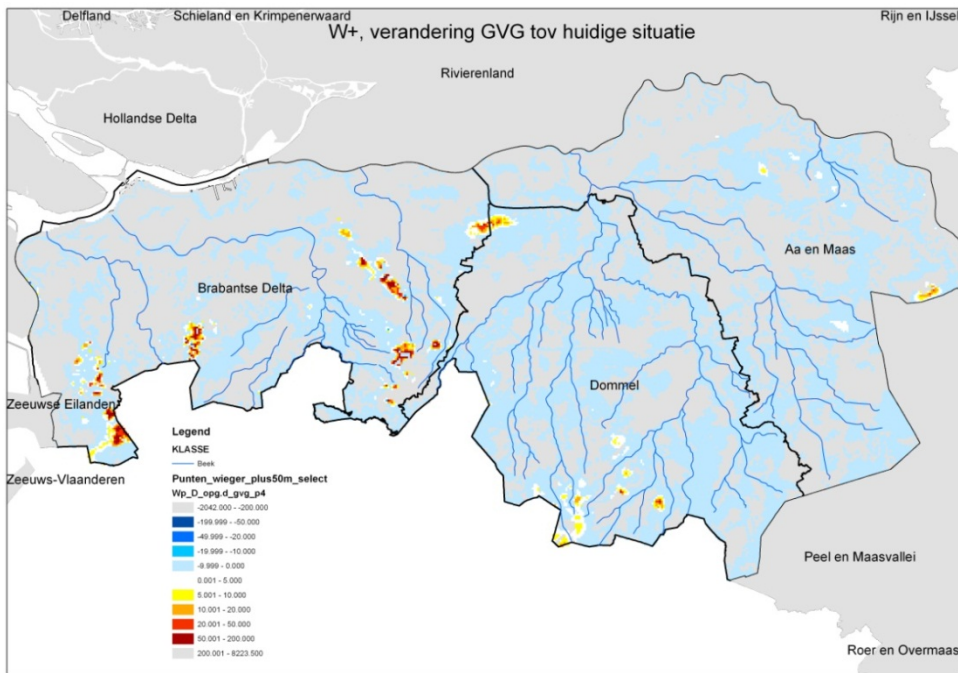
### Vocht (Gemiddelde voorjaarsgrondwaterstand en gemiddelde laagste grondwaterstand)

Uit bestaande grondwatermodelleringen (Van der Gaast et al., 2009) zijn de veranderingen in gemiddelde grondwaterstanden gebruikt. Uit onze analyses blijkt dat de verschillen tussen het W- en W+-scenario niet erg groot zijn (nog checken), vooral als we kijken naar het uiteindelijke effect op de beheertypen (komt in hoofdstuk 3 aan bod). Daarom gaan we bij de veranderingen in abiotische modellering ook met name in op de resultaten van het W+-scenario. Daaruit blijkt dat de GVG (gemiddelde voorjaarsgrondwaterstand) slechts licht veranderd is in 2050 ten opzichte van 2010. Op de meeste plekken komt de GVG iets hoger te liggen (het wordt iets natter), op een klein aantal plekken komt de GVG hoger te liggen (figuur B3.1 en B3.2). In de figuren zijn alleen resultaten voor de natuurgebieden weergegeven.



**Figuur B3.1**

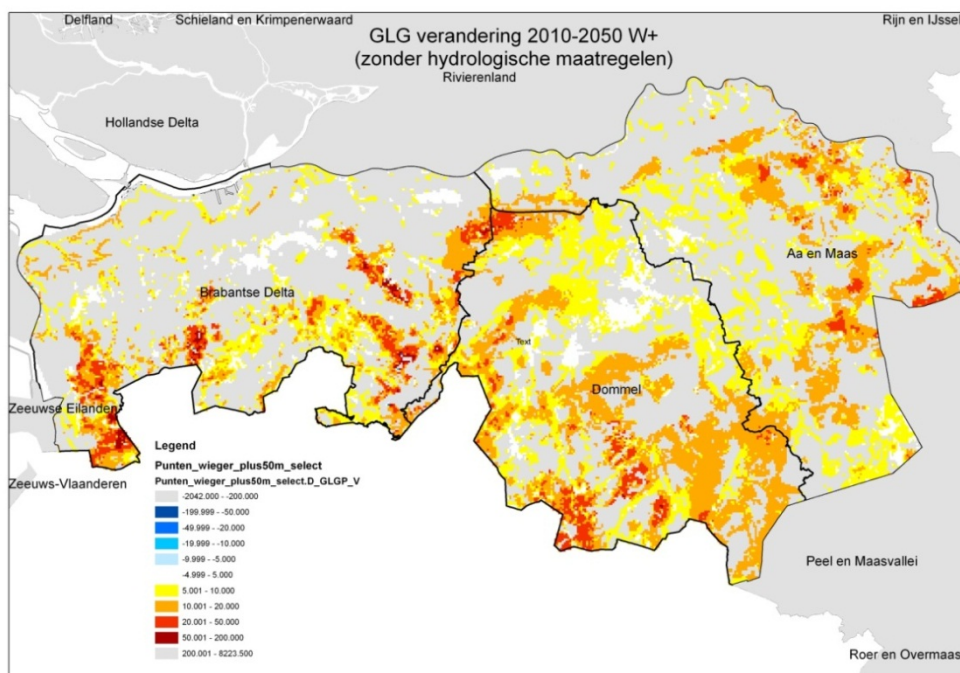
*Verandering Gemiddelde Voorjaars Grondwaterstand in 2050 ten opzichte van 2010 onder het W+- scenario: hoe roder hoe droger, hoe blauwe hoe natter. De GVG verandert licht, op de meeste plaatsen gaat het om niet meer dan enkele cm's. Data afkomstig uit de studie Van der Gaast et al. (2009). Legenda volgens de kaarten in het DHZ rapport. Alleen resultaten voor natuurgebieden weergegeven. Overige gebieden grijs gekleurd.*



**Figuur B3.2.**

*In figuur B3.1 is het verschil tussen 5 cm natter of 5 cm droger slecht te zien, terwijl we uit de literatuur weten dat de veranderingen in GVG bij klimaatverandering in ordes van cm zijn, daarom nog een keer de verandering in GVG, waarin dat verschil wel te zien is. Alleen de resultaten voor de natuurgebieden zijn getoond, de rest is grijs gekleurd.*

De GLG (gemiddelde laagste grondwaterstand) komt door klimaatverandering vrijwel overal iets dieper te liggen, zo'n 10-20 cm (figuur B3.2). De orde van grootte van verandering van de GLG en GVG is in grote lijnen in overeenstemming met de kaarten van verandering in gemiddelde grondwaterstanden die in het kader van het Deltaplan Hoge Zandgronden staan weergegeven. Een verschil is dat in het DHZ de GLG op een aantal plekken stijgt, juist op plekken waar de grondwaterstand diep is. Dit is tegen de verwachting in, juist op plekken met ondiepe grondwaterstand wordt een stijging van GVG verwacht bij meer neerslag. In de in deze studie gebruikte resultaten, daalt de GVG het sterkst in plekken met diepe grondwaterstanden, deze daling zien we niet in het W-scenario.



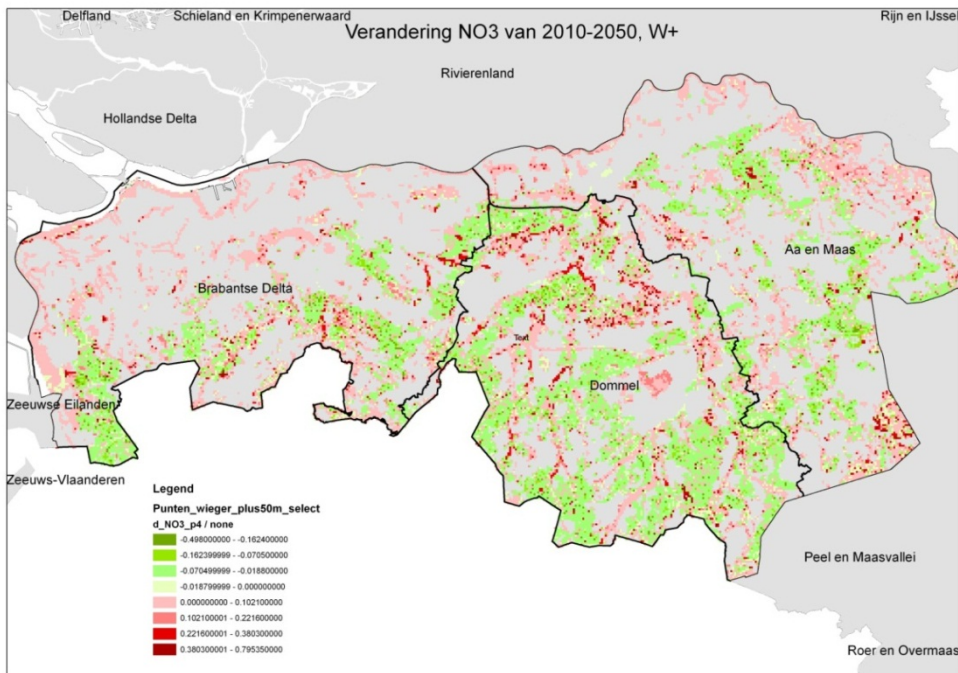
**Figuur B3.3**

Verandering Gemiddelde Laagste Grondwaterstand in 2050 ten opzichte van 2010 onder het W+ scenario. De GLG komt op de meest plaatsen dieper te liggen, zo'n 10-20 cm. Data afkomstig uit de studie Van der Gaast et al. (2009).

### Nutriënten ( $\text{NO}_3^-$ en pH)

De analyses van SMART2-SUMO laten zien dat de abiotische kwaliteit van de bodem verandert onder invloed van klimaatverandering. De hoeveelheid stikstof ( $\text{NO}_3^-$ ) wordt in het model door temperatuur en GVG beïnvloed. Hogere GVG's leiden tot lagere mineralisatie, lagere tot meer mineralisatie. Hoge temperaturen versterken ook de mineralisatie. Verder zijn vegetatietype en bodemtype van belang voor de mineralisatiesnelheid. Het resultaat is dat het  $\text{NO}_3^-$ -gehalte op veel locaties licht afneemt en op veel andere plaatsen toeneemt. Met name in het noordelijke deel zien we uitschieters naar boven en een toename van voedselrijkdom. Verdeeld over de hogere gronden zien we ook plaatsen met een lichte afname van  $\text{NO}_3^-$ .

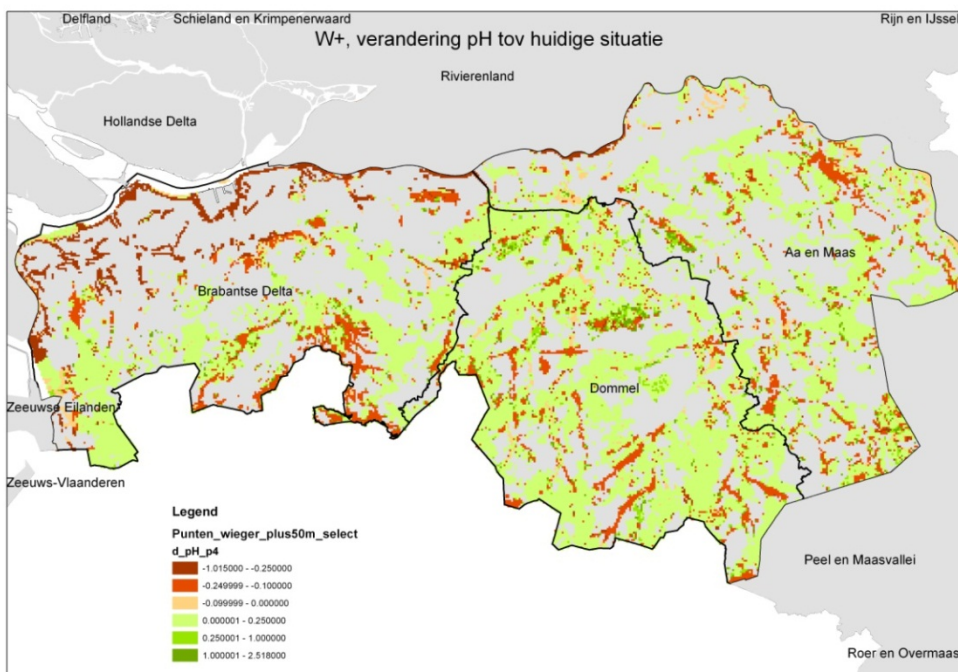
De pH verandert ook, de meeste verandering betreft een lichte verandering, richting een zuurder, dan wel een minder zuur milieu. Dit hangt aan de ene kant samen met versnelde mineralisatie door hogere temperaturen, door. Vooral in het noordwestelijk deel zien we een daling van pH, waarschijnlijk in samenhang met de verhoogde mineralisatie.



**Figuur 3.4**

Verandering in  $\text{NO}_3$ -gehalte in 2050 ten opzichte van 2010 onder het W+-scenario.

Het  $\text{NO}_3$ -gehalte verandert op de meeste plekken door een lichte afname, op veel andere plekken zien we een lichte toename, op enkele plekken een grote toename. Vooral in de beekdalen en de noordelijke helft van de provincie neemt de hoeveelheid  $\text{NO}_3$  toe. (NB legenda en schaal). Alleen de resultaten voor de natuurgebieden zijn getoond, overige gebieden zijn grijs gekleurd.



**Figuur 3.5**

Verandering in pH in 2050 ten opzichte van 2010 onder het W+ scenario.

De pH neemt gemiddeld iets toe (het wordt iets minder zuur) maar in beekdalen en in het noordwestelijke deel wordt het zuurder. Alleen de resultaten voor de natuurgebieden zijn getoond, overige gebieden zijn grijs gekleurd.

# Bijlage 4 Ruimtelijk model Gridwalk

## *Overzicht*

Voor drie typen ecosystemen (vochtige graslanden, heides en bossen) is de uitkomst van de abiotische analyse gebruikt in een ruimtelijke analyse van ecologische netwerken. Een dergelijke ruimtelijke analyse is gebaseerd op een specifieke soort (of eco-profiel) met een kenmerkend habitat (een of meerdere beheertypen), oppervlakte eisen en dispersie vermogen. De ruimtelijke analyse vereist het definiëren van de basiseenheden (leefgebieden als knopen in het netwerk), hun gewicht en hun verbondenheid. De analyse biedt inzicht in de resulterende ruimtelijke samenhang en hoe deze verandert bij veranderende klimaat-geschiktheid voor specifieke beheertypen.

## *Definitie leefgebieden*

De leefgebieden voor de gekozen soort worden afgegrensd op basis van de ambitiekaart met beheertypen (polygonen). Deze kaart wordt gecombineerd met de veel grovere kaart (250 m resolutie) waarin de abiotische geschiktheid voor beheertypen gedefinieerd is, voor de verschillende tijdstappen (2010, 2030 en 2050). We berekenen daarvoor welk oppervlak van ieder beheertype te vinden is in iedere cel van de geschiktheidskaart. Vanwege de resolutie, is het noodzakelijk om leefgebieden die relatief dicht bij elkaar liggen samen te voegen. Gebieden op minder dan 50 m (vlinders) of 100 m (eekhoorn) afstand van elkaar, vormen samen het uiteindelijke leefgebied waarmee in de ruimtelijke analyse gerekend wordt.

De omvang van een leefgebied in termen van aantal paren of meer in het algemeen het aantal reproducerende eenheden (RU), wordt bepaald door de geschiktheid van de voorkomende beheertypen als habitat voor de soort (0.1 voor marginaal habitat, 0.5 voor suboptimaal habitat en 1.0 voor optimaal habitat) × de abiotische kwaliteit voor ieder beheertype in het betreffende jaar × dichtheid aan RU in voor de soort optimaal habitat (RU ha<sup>-1</sup>).

## *Bepalen connectiviteit*

De verbondenheid van de in de vorige stap afgegrensde leefgebieden (deels clusters van meerdere dichtbij elkaar gelegen gebieden) bepalen we met een dispersie model. Dit model (GridWalk, een vereenvoudigde versie van het model gepubliceerd in Schippers et al. (1996) berekent de kansen voor een individu dat vertrekt uit een leefgebied, om in andere leefgebieden aan te komen, daarbij rekening houdend met de doorlaatbaarheid van het tussenliggende landschap. Het model is gebaseerd op informatie (leefgebieden en tussenliggend landschap) in raster-formaat. We gebruiken eenzelfde resolutie als voor het abiotische model, namelijk cellen van 250x250 meter.

Vanuit ieder leefgebied worden een groot aantal bewegingspaden gegenereerd. Het model gebruikt een eenvoudig algoritme om verplaatsingen door het landschap te simuleren. Iedere cel heeft een score op 'aantrekkelijkheid' (vergelijkbaar met 'doorlaatbaarheid'; omgekeerde van 'weerstand'). Ieder pad bestaat uit een serie stappen van cel naar buur-cel, waarbij de selectie van buur-cel een kans proces is, met een kans bepaald door de relatieve aantrekkelijkheid van de cel. In formule

$$K_1 = A_1 / (A_1 + A_2 + A_3 + A_4)$$

Met  $K_1$  de kans om buur-cel 1 te selecteren bij aantrekkelijkheid van  $A_1$  tot  $A_4$  voor buur-cellen 1 tot 4. Als alle cellen eenzelfde aantrekkelijkheid hebben, is het resulterende bewegingspatroon een zogenaamde random walk. Bij ruimtelijke heterogeniteit, dus een landschap bestaande uit elementen met verschillende

aantrekkelijkheid, treden corridor- en barrière-effecten op. Na een bepaald aantal stappen, of eerder wanneer een pad een leefgebied ontmoet dat ongelijk is aan het bron gebied, stopt het proces. Het maximaal aantal toegestane stappen is afhankelijk van de soort, en wordt bepaald door de typische dispersie afstand, bijvoorbeeld gedefinieerd als de afstand waarbinnen 90% van de individuen na dispersie teruggevonden wordt.

#### *Netwerk analyse*

De resultaten van de vorige stappen zijn een definitie van leefgebieden, de knopen in het netwerk, en connectiviteit, de verbondenheid van deze knopen. We kunnen de connectiviteit als kans omzetten in connectiviteit als flux: stroom van individuen die (per dispersie-periode en gemiddeld over lange tijd) uitgewisseld wordt tussen de verschillende leefgebieden. We doen dat door de volgende formule:

$$F_{ij} = b \times w_i \times p_{ij}$$

Hierin staat  $b$  voor het aantal dieren dat op dispersie gaat per RU,  $w_i$  voor het aantal RU in het leefgebied  $i$  (met habitat- en klimaat-kwaliteit meegewogen),  $p_{ij}$  voor verbondenheid tussen leefgebied  $i$  en leefgebied  $j$  (uit dispersie model), en is  $F_{ij}$  de berekende flux.

De eerste maat die we berekenen op basis van de fluxen is de som van de inkomende fluxen per leefgebied (immigratiesom). Deze maat laat dus zien wat de ruimtelijke samenhang is wanneer we deze baseren op de hoeveelheid immigranten die een leefgebied ontvangt vanuit andere leefgebieden (ongeacht of dat er één of meerdere leefgebieden zijn).

Een tweede maat ook op basis van de fluxen vertelt ons of een leefgebied deel uitmaakt van een samenhangend ecologisch netwerk: een groep van leefgebieden waartussen een 'voldoende' mate van uitwisseling plaatsvindt.

#### *Netwerk en klimaat*

De uitkomsten voor de verschillende tijdstappen en klimaatscenario's vergelijken we door de waarde voor de berekende maten te vergelijken: de immigratiesom in W2050 / immigratiesom W2010.

Ook de uitkomsten voor de tweede maat (het al dan niet behoren tot een voldoende groot ecologisch netwerk) kunnen vergeleken worden voor de verschillende periodes. Echter, door de ruimtelijke schaal (provincie niveau) treden er alleen graduele verschillen op in geschiktheid en draagkracht van leefgebieden. Een analyse zoals uitgevoerd en gepubliceerd in Vos et al. (2008), waarbij grote verschuivingen in de ligging van 'klimaat-geschikt' leefgebied in kaart gebracht en gekwantificeerd werd, is daarom niet toepasbaar.

#### *Habitat en keuze van soorten*

Drie gekozen habitats zijn vochtige (voedselarme) graslanden (grasland"), natte en droge heide inclusief droge schraalgraslanden ('heide') en droge bossen ('bos').

Voor grasland en heide namen we als indicator groep dagvlinders; voor bos is dit de eekhoorn. De definitie van de leefgebieden voor deze indicatorsoorten staat beschreven in hoofdstuk 2, de details staan in tabel 2.1.

De abiotische kwaliteit, die door veranderend klimaat lokaal en specifiek voor ieder beheertype kan afnemen of toenemen, wordt ingebracht door de categorieën uit de abiotische analyse te vertalen in een habitatkwaliteit factor gerelateerd aan klimaat (tabel B4.1).

**Tabel B4.1**

Vertaling van het aantal randvoorwaarden dat in orde is met de weging die aan de abiotische kwaliteit van grids in de ruimtelijke analyse wordt toegekend.

Aantal randvoorwaarden in orde in jaar +scenario	Weging abiotische kwaliteit toegekend in Gridwalk
0	0
1	0.2
2	0.5
3	1

#### *Bepalen connectiviteit*

Voor toepassing van het dispersie model moeten we de aantrekkelijkheid van het tussenliggende landschap definiëren, per soort. We baseren dit op het LGN5 bestand (25 m resolutie) en gaan ervan uit dat de toestand van het tussenliggende landschap niet verschilt voor de drie periodes. De landgebruiksklassen van LGN vertalen we - soort-specifiek - in aantrekkelijkheid (doorlaatbaarheid); vervolgens aggregeren we de waarden op 25 m schaalniveau naar waarden op 250 m schaalniveau. De (gesommeerde) waarde gebruiken we als maat voor de uiteindelijke aantrekkelijkheid van de cel

Naast de kaarten met aantrekkelijkheid van het landschap voor de soort moet voor de toepassing van het dispersie model ook gedefinieerd worden hoe lang de dispersie periode duurt (uitgedrukt in hoeveel verplaatsingen een individu maken mag). We berekenen dit aantal stappen uit de informatie over de dispersie afstand van de soort (zie tabel B4.2). Gebruikte vergelijking (afgeleid uit simulaties van random walk in een homogeen landschap)

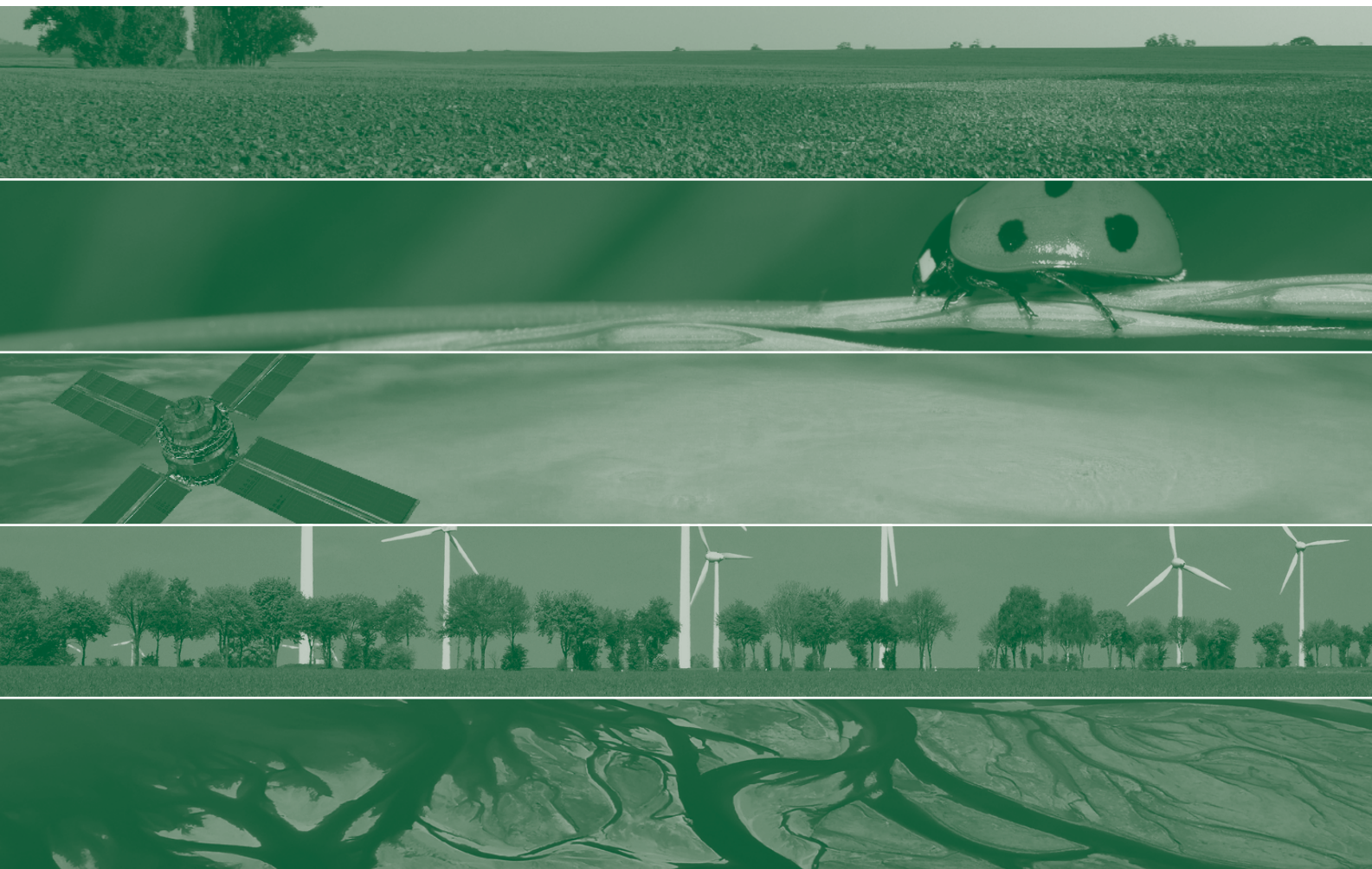
$$Y = 1.6633 \times X^{0.5}$$

waarbij Y de afstand is waarbinnen 90% van de gesimuleerde paden zich bevindt, na een X-aantal stappen (Y en X uitgedrukt in cellen).

**Tabel B4.2**

*Coëfficiënten gebruikt in het dispersie model en in de netwerkanalyse (om van kansen naar fluxen van dispersers te komen). \*) Geelspriet dikkopje 16-64 ha<sup>1</sup>, rode vuurvlieder 16 ha<sup>1</sup>, pimpernelblauwtje 4-260 ha<sup>1</sup>, donker pimpernelblauwtje 16-260 ha<sup>1</sup>, Bruine vuurvlieder 24-32 ha<sup>1</sup>, Aardbeivlieder 8-66 ha<sup>1</sup>, bont dikkopje 40 ha<sup>1</sup> (op vlieglocaties, bron De Vlinderstichting).*

	'Grasland' dagvlinder	'Heide' dagvlinder	Eekhoorn
Dispersieafstand (90-percentiel) (Y × 250m)	2 km	2 km	5 km
Aantal stappen voor een random-walk (X)	23	23	150
Dispersers per ha	32 <sup>1)</sup>	32 <sup>1)</sup>	4.8 (0.8 RU/ha × 6 dispersers/RU)



Alterra is onderdeel van de internationale kennisorganisatie Wageningen UR (University & Research centre). De missie is 'To explore the potential of nature to improve the quality of life'. Binnen Wageningen UR bundelen negen gespecialiseerde en meer toegepaste onderzoeksinstituten, Wageningen University en hogeschool Van Hall Larenstein hun krachten om bij te dragen aan de oplossing van belangrijke vragen in het domein van gezonde voeding en leefomgeving. Met ongeveer 40 vestigingen (in Nederland, Brazilië en China), 6.500 medewerkers en 10.000 studenten behoort Wageningen UR wereldwijd tot de vooraanstaande kennisinstellingen binnen haar domein. De integrale benadering van de vraagstukken en de samenwerking tussen natuurwetenschappelijke, technologische en maatschappijwetenschappelijke disciplines vormen het hart van de Wageningen Aanpak.

Alterra Wageningen UR is het kennisinstituut voor de groene leefomgeving en bundelt een grote hoeveelheid expertise op het gebied van de groene ruimte en het duurzaam maatschappelijk gebruik ervan: kennis van water, natuur, bos, milieu, bodem, landschap, klimaat, landgebruik, recreatie etc.

Meer informatie: [www.alterra.wur.nl](http://www.alterra.wur.nl)