ALTERRA
WAGENINGEN UR

Klimaattoets herijking EHS Gelderland

Alterra-rapport 2424
ISSN 1566-7197

Willemien Geertsema, Claire C. Vos, Wieger Wamelink en Michiel van Eupen

Klimaattoets herijking EHS Gelderland

Projectcode 5240005-01

Klimaattoets herijking EHS Gelderland

Willemien Geertsema, Claire C. Vos, Wieger Wamelink en Michiel van Eupen

Alterra-rapport 2424

Alterra Wageningen UR
Wageningen, 2013

Referaat

Geertsema, W., C.C. Vos, W. Wamelink, M. van Eupen 2013. *Klimaattoets Herijking EHS Gelderland*. Wageningen, Alterra, Alterra-rapport 2424. 88 blz.; 25 fig.; 20 tab.; 29 ref.

De herijkte EHS in de provincie Gelderland is getoetst op klimaatbestendigheid. De kwetsbaarheid van abiotische, biotische en ruimtelijke criteria zijn kwalitatief beoordeeld. Per regio zijn aanbevelingen voor adaptatiemaatregelen geformuleerd. Voortvarende uitvoering bestaand beleid voor verbetering van abiotische condities en inzetten op integrale aanpak binnen klimaatcorridors verdienen aanbeveling. Daarnaast is verdere uitwerking binnen een aantal regio's en grensoverschrijdend met Duitsland aan te bevelen.

Trefwoorden: Ecologische hoofdstructuur, Gelderland, klimaatverandering, oppervlaktewater, abiotische kwaliteit, ruimtelijke samenhang, heterogeniteit, adaptatiemaatregelen, klimaatcorridors.

Foto omslag: Korenburger Veen (Wieger Wamelink)

ISSN 1566-7197

Dit rapport is gratis te downloaden van www.wageningenUR.nl/alterra (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.

© 2013 Alterra (instituut binnen de rechtspersoon Stichting Dienst Landbouwkundig Onderzoek)
Postbus 47; 6700 AA Wageningen; 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 2424
Wageningen, maart 2013

Inhoud

Synthese 7

Samenvatting 23

Summary 25

1 Inleiding 27
- 1.1 Herijking EHS Gelderland 27
- 1.2 Klimaatverandering en natuur 27
- 1.3 Onderzoeksvraag: gevolgen voor EHS in Gelderland 29
- 1.4 Projectdoelstelling 30

2 Methoden 31
- 2.1 Hoofdlijnen aanpak 31
- 2.2 Abiotische gevoeligheid (oppervlaktewater en bodemkwaliteit) 34
  - 2.2.1 Oppervlaktewater 34
  - 2.2.2 Bodemkwaliteit 36
- 2.3 Opvangen extremen in het weer 39
  - 2.3.1 Populaties groot genoeg om fluctuaties op te vangen 39
  - 2.3.2 Benutten van gradiënten om extremen op te vangen 41
- 2.4 Ruimtelijke samenhang (binnen provincie en grensoverschrijdend) 42
  - 2.4.1 Ruimtelijke samenhang binnen provincie 42
  - 2.4.2 Ruimtelijke samenhang grensoverschrijdend 43
- 2.5 Integratie onderdelen voor regio's 44

3 Resultaten 45
- 3.1 Inleiding 45
- 3.2 Abiotiek 46
  - 3.2.1 Oppervlaktewater 46
  - 3.2.2 Bodemkwaliteit 47
- 3.3 Opvangen extremen 53
  - 3.3.1 Resultaten gevoeligheid voor weersextremen. 53
  - 3.3.2 Benutten van gradiënten om extremen op te vangen 55
- 3.4 Ruimtelijke samenhang 58
  - 3.4.1 Ruimtelijke samenhang binnen provincie 58
  - 3.4.2 Ruimtelijke samenhang klimaatcorridors 62
- 3.5 Integratie 65

4 Conclusies en aanbevelingen 67
- 4.1 Inleiding 67
- 4.2 Oppervlaktewater 67
- 4.3 Bodemkwaliteit 68
  - 4.3.1 Grondwater 68
  - 4.3.2 Stikstof 68

4.3.3 Opmerkingen bij abiotische factoren 69
4.4 Sleutelgebieden 69
4.5 Heterogeniteit 70
4.6 Versnippering 70
4.7 Klimaatcorridors en internationale aansluiting 71
4.8 Aanbevelingen per regio 72

Literatuur 79

Bijlage 1 Gebruikte kaartbeelden 81

Bijlage 2 Klimaateffecten oppervlaktewater 83

Bijlage 3 Kaarten gebruikt voor de inschatting van klimaatverandering op de abiotiek 85

Synthese

Inleiding

Naar aanleiding van verschuivingen van verantwoordelijkheden van het rijk naar de provincies en van een beperking van de financiën heeft de provincie Gelderland de ambities voor de Ecologische Hoofdstructuur opnieuw geformuleerd. De ambities zijn beschreven in de definitieve Beleidsuitwerking Natuur en Landschap. Deze is op 9 mei 2012 vastgesteld door Gedeputeerde Staten. Deze herijkte EHS weerspiegelt niet alleen de ambitie van de provincie, maar is in samenspraak met de Gelderse manifest partners en met een latere toetsing door gemeenten opgesteld.
Een kwalitatieve toets op de haalbaarheid van de internationale doelen van de Vogel- en Habitatrichtlijn, de Kaderrichtlijn Water en de ambities uit het Gelders Coalitieakkoord liet zien dat deze doelen en ambities haalbaar zijn, mits alle plannen integraal uitgevoerd worden. Deze toets hield geen rekening met de gevolgen van klimaatverandering op natuur. Aangezien deze gevolgen in meerdere studies zijn aangetoond, was een aanvullende toets gewenst. Dit past in de lijn van de provincie om beleid voor het landelijk gebied klimaatbestendig in te vullen.

De klimaattoets in dit rapport richt zich dus op de extra opgave door klimaatverandering en de aanvullende maatregelen die eventueel genomen moeten worden om toch de natuurbeleidsdoelen te halen. De opgaven die er nu al liggen en maatregelen in het kader van de TOP en PAS zijn alleen indirect betrokken bij dit onderzoek. Op hoofdlijnen betekent klimaatverandering in Nederland dat de gemiddelde temperatuur stijgt en dat het neerslagpatroon een stuk grilliger wordt. Door onzekerheid in een aantal sleutelfactoren wordt er gewerkt met klimaatscenario's die door het KNMI zijn uitgewerkt. In het W en W+-scenario (W van Warm) gaan de gemiddelde temperaturen het meest omhoog, in het G en G+ scenario gaan de temperaturen licht omhoog (G van gematigd). Het W+ en G+-scenario laten de grootste verschuivingen in neerslagpatronen zien, met meer kans op zomerdroogte. Het W+-scenario wijkt het meest af van het huidige klimaat, terwijl het W-scenario de meeste toename in (winter)neerslag laat zien. De ambitie van dit project was om uitspraken te doen voor het W+- en W-scenario, voor de tijdshorizon van 2050. Onderscheid tussen de scenario's bleek echter vaak niet haalbaar, omdat dit onderscheid onvoldoende in beschikbare kennis was uitgewerkt. Zo zijn voor het NHI (Nationaal Hydrologisch Instrumentarium, hydrologisch model) alleen resultaten voor het G en W+ scenario beschikbaar, voor ruimtelijke populatiemodellen wordt vooral met W+ gewerkt en verder is veel kwalitatieve kennis beschikbaar die alleen met de hoofdrichting van klimaatverandering rekening houdt (warmer, grilliger neerslagpatroon). Eerdere modelresultaten voor verwachte veranderingen in bodemprocessen onder invloed van klimaatverandering lieten slechts minimale verschillen zien tussen W en W+- scenario's. Oorzaken moeten gezocht worden in bijvoorbeeld het feit dat verschillen tussen scenario's gebaseerd zijn op gemiddelden in het weer en het feit dat andere belangrijke factoren, zoals terreinbeheer niet verschillen tussen de scenario's. De hoofdrichting van verandering in alle scenario's is echter hetzelfde, zodat de uitspraken van de klimaattoets voldoende robuust zijn.

De veranderingen in het klimaat hebben verschillende effecten op de natuur. De belangrijkste zijn:

- Veranderingen in de waterhuishouding. In de meeste scenario's valt er in de winter meer neerslag en in de zomer minder. Samen met hogere temperaturen nemen de kansen op lagere waterstanden voor het oppervlaktewater en dieper wegzakken van grondwater toe. Ook is er meer kans op hogere watertemperaturen. Hoe één en ander in de praktijk tot uitdrukking komt, hangt wel sterk af van de omstandigheden, bijvoorbeeld de aanwezigheid van kwel en de interactie tussen water, bodem en vegetatie hebben invloed op de gevolgen voor beschikbaarheid en kwaliteit van water voor de natuur.

- Verandering in abiotische processen in de bodem. Door hogere temperaturen en frequentere uitdroging van bodems in de zomer, neemt de snelheid waarmee dood organisch materiaal wordt afgebroken toe. Dit leidt tot verhoogde voedselrijkdom, onder andere door een hogere beschikbaarheid van stikstof, een belangrijke voedingsstof voor planten. Hoge voedselrijkdom vormt voor een aantal natuurdoelen in Gelderland een bedreiging (bijvoorbeeld heide en zandverstuivingen, voedselarme bossen en graslanden).
- De toegenomen kans op extremen in het weer en grotere fluctuaties in neerslag leiden ertoe dat de grootte van populaties planten en dieren sterker schommelt. Dit is voor kleine, geïsoleerde populaties een bedreiging, omdat zij zo sneller lokaal kunnen uitsterven.
- Zones met een bepaald klimaat verschuiven naar het noorden. Voor veel soorten betekent dit dat hun geschikte leefgebied ook noordwaarts verschuift. De mate waarin soorten in staat zijn deze verschuiving te volgen hangt onder andere af van de ruimtelijke samenhang van het leefgebied en de eigenschappen van soorten, bijvoorbeeld hun verspreidingsvermogen.

In een eerdere analyse waarin gevolgen van klimaatverandering op natuur zijn onderzocht, is een vergelijking gemaakt tussen de extra opgaven voor natuurbeheer door klimaatverandering en de opgaven die reeds in het huidige natuurbeleid zijn verwerkt. Deze analyse, die voor de provincie Noord-Brabant was uitgevoerd, liet zien dat de opgave die door klimaatverandering extra op de beheertypen af kwam, een stuk kleiner was dan de huidige opgave. Voor ruim meer dan de helft van de gebieden kwam er geen extra opgave door klimaatverandering bij. Voor ongeveer 40% van de oppervlakte van de Brabantse EHS (productiebossen niet meegerekend) kwam er door klimaatverandering een extra opgave bij voor anti-verdrogingsmaatregelen. De grootte van deze extra opgave voor anti-verdrogingsmaatregelen was zo'n 5 tot 20% van de huidige opgave). Voor ongeveer 30% van het oppervlak waren extra anti-vermesting maatregelen nodig, maximaal zo'n 50% van de huidige opgave. Deze analyse werd uitgevoerd in de provincie Noord-Brabant, waar veel situaties vergelijkbaar zijn met die in de provincie Gelderland.

Vanuit de belangrijkste klimaateffecten zijn er aanknopingspunten voor klimaatadaptatie voor natuur te formuleren:

- De effecten van hogere temperatuur en andere neerslagpatronen op de abiotische kwaliteit zijn in veel gevallen op te vangen door gericht beheer, aanpassingen in de hydrologie en aanpakken van externe bronnen van stressfactoren (bijvoorbeeld eutrofiëring door industrie en landbouw).
- De effecten van frequenter en heftiger extremen in het weer op populaties zijn op te vangen door benutten van gradiënten, heterogeniteit en eventueel het vergroten van gebieden.
- Verschuivende klimaatzones hebben tot gevolg dat verspreidingspatronen van soorten veranderen. Om soorten in staat te stellen die verschuiving te volgen, zijn natuurgebieden die ruimtelijk met elkaar samenhangen belangrijk, op zowel regionale als internationale schaal.

De hoofdvraag van het project is:

Zijn de nationaal en internationaal belangrijke natuurgebieden zoals vastgelegd in de herijkte EHS in Gelderland klimaatbestendig of zijn er nog aanvullende maatregelen nodig om de doelen te kunnen realiseren?

Aanpak en resultaten

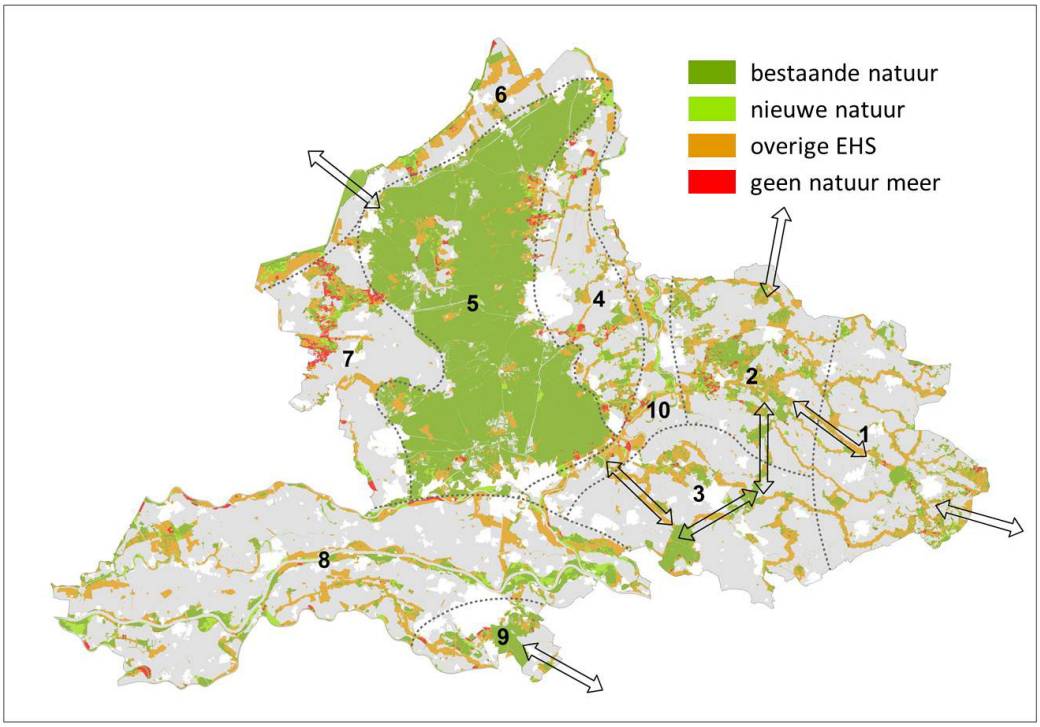
De klimaattoets voor de herijkte EHS wordt kwalitatief aangepakt, waarbij een combinatie van methoden wordt gebruikt: interpretatie van resultaten van bestaande studies uit literatuur, databases en ruimtelijke bestanden en een aantal nieuwe modelanalyses.

De volgende onderdelen worden getoetst:

- oppervlakte water;
- abiotische kwaliteit bodem: grondwater, voedselrijkdom (stikstof) en zuurgraad;
- gevolgen van extremen in het weer: mogelijkheden voor sleutelpopulaties en aanknopingspunten vanuit heterogeniteit;
- verschuivende klimaatzones: ruimtelijke samenhang binnen provincie en internationaal.

Bij de toets op klimaatbestendigheid gebruiken we als rationale dat de kwetsbaarheid van natuur in een bepaald gebied wordt bepaald door de gevoeligheid van het type natuur en de mate waarin de natuur op de bepaalde plek wordt blootgesteld aan de gevolgen van klimaatverandering. Dus kwetsbaarheid wordt bepaald door de combinatie van gevoeligheid en blootstelling. Gevoeligheid heeft bijvoorbeeld te maken met gevoeligheid van natuurdoelen voor uitdroging. De mate waarin die uitdroging optreedt kan verschillen tussen verschillende gebieden van de provincie. Daardoor kan het zelfde natuurtype in het ene gebied veel kwetsbaarder zijn dan elders.

Alle onderdelen worden getoetst voor de herijkte EHS. De ambities voor de herijkte EHS zijn door de provincie vastgesteld in zogenaamde natuurtypen, die weer onder te verdelen zijn in beheertypen. Voor aquatische natuur zijn daarnaast doelen van de Kaderrichtlijn Water en provinciale doelen (HEN en SED, respectievelijk Hoogste Ecologische Niveau en Specifiek Ecologische Doelstelling) van belang.
De resultaten van de klimaattoets worden samengevat per regio. Een indeling van de provincie Gelderland in regio's was ontwikkeld in de kwalitatieve toets van de herijkte EHS. Het detailniveau van de regio's geeft voldoende ruimte voor de belangrijkste verschillen binnen de provincie in bodemkwaliteit, hydrologie, ruimtelijke ontwikkelingen en landgebruik. Tegelijkertijd biedt het voldoende robuustheid voor de kwalitatieve uitspraken van deze studie. Deze studie onderscheidt tien regio's, die zijn weergegeven in figuur S.1.



Figuur S.1
Herijkte EHS met tien regio's waarvoor de resultaten worden samengevat. 1 = Oost-Achterhoek, 2 = Graafschap en omgeving, 3 = Liemers en Oude IJssel, 4 = Oostflank Veluwe-IJsselvallei, 5 = Veluwe, 6 = Veluwe-Randmeren, 7 = Gelderse Vallei, 8 = Rivierenland, 9 = Rijk van Nijmegen, 10 = IJsselcorridor.

Oppervlaktewater

De kwetsbaarheid van aquatische natuurdoelen wordt beoordeeld aan de hand van een eerder gepubliceerde kwalitatieve inschatting van de kwetsbaarheid voor klimaatverandering van de aquatische beheertypen in Nederland. Daarbij wordt rekening gehouden met zo'n 25 abiotische en biotische processen die door klimaatverandering worden beïnvloed.

De kwetsbaarheid per regio schatten we in op basis van de volgende kenmerken:

- de ambities voor de watertypen en de gevoeligheid van die watertypen;
- aanwezigheid van sterke kwel (werkt verkoelend en voorkomt uitdrogen);
- blootstelling (op basis van modelresultaten van het Nationaal Hydrologisch Instrumentarium (NHI), literatuur en expert inschatting).

De meest gevoelige watertypen zijn voedselarme, kleine wateren, zoals kleine stromende beken en vennen in heidegebieden. De aanwezigheid van kwel in bijvoorbeeld de flanken van de Veluwe betekent een vrij continue aanvoer van koel voedselarm water en dat maakt de kwetsbaarheid van deze wateren minder groot. Ook voedselrijke, grote wateren, zoals kanalen en grotere moerassen zijn iets minder kwetsbaar.

In de regio's in de Achterhoek zijn de ambities voor aquatische natuur over het algemeen het meest kwetsbaar voor klimaatverandering, in de Gelderse Vallei, de IJsselcorridor en de Rivierenland het minst kwetsbaar.

Grondwater

Een aantal beheertypen in Gelderland is afhankelijk van een hoge grondwaterstand, en dus gevoelig voor droogte en wegzakken van het grondwater door klimaatverandering (bijvoorbeeld hoogveengebieden, vochtige graslanden en vochtige bossen). Andere typen (bijvoorbeeld droge bossen, zandverstuivingen en droge heide) zijn onafhankelijk van grondwater. Deze laatste vinden we veel op de Veluwe en andere stuwwallen, zoals het Rijk van Nijmegen.

Voor de grondwaterafhankelijke beheertypen is vooral de grondwaterstand in de zomer van belang, maar ook de grondwaterstand aan het begin van het groeiseizoen speelt een rol. Daarom is in deze studie gekeken naar de verandering in GVG (gemiddelde voorjaarsgrondwaterstand) en GLG (gemiddelde laagste grondwaterstand). De veranderingen in het grondwater door klimaatverandering zijn berekend met het Nationaal Hydrologisch Instrumentarium. We nemen aan dat sterke kwel de effecten van droogte afzwakt: ook al is er een periode met erg weinig neerslag, de kwelstroom zorgt voor voldoende vocht .

Over de hele provincie, uitgezonderd de stuwwallen, zien we dat de grondwaterstand iets lager wordt. De meest gevoelige natuur ligt in de beekdalen, in het oostelijk deel van de provincie, maar ook bijvoorbeeld in de Gelderse Vallei. De kwetsbaarheid van de natuurdoelen in de EHS voor veranderingen in grondwaterstand door klimaatverandering is dan ook hoog voor bijvoorbeeld de Oost-Achterhoek, zie ook tabel S.1.

Stikstof

De gevolgen van klimaatverandering door extra mineralisatie van organisch materiaal in de bodem zijn ingeschat op basis van eerdere (model)studies. Ook is kennis over depositie en de huidige overschrijding van kritische depositiewaarden van stikstof gebruikt.

De gevolgen van klimaatverandering op de hoeveelheid stikstof variëren sterk tussen gebieden. Dit komt onder andere door variatie in verdroging (die immers de extra mineralisatie mede bepaalt) en de al aanwezige overschrijding van stikstofnormen. Ook is er tussen de beheertypen een grote variatie aan gevoeligheid voor voedselrijkdom. Tussen de moerassen in de uiterwaarden en de vochtige schraalgraslanden zijn deze verschillen groot.

Deze variatie in gevoeligheid zien we terug in de regio's. Voor stikstof vallen meerdere regio's in de klasse 'zeer kwetsbaar'. Zeer kwetsbaar zijn zowel regio's waar veel gebieden met hoge gevoeligheid liggen (vooral op de stuwwallen: Veluwe, Rijk van Nijmegen) als regio's waar de blootstelling hoog is (bijvoorbeeld Gelderse Vallei, Noord- en Zuid-Achterhoek). Alleen de gebieden rondom de grote rivieren, Rivierenland en de IJsselcorridor zijn weinig kwetsbaar (zie tabel S.1).

Opvangen extremen: zijn populaties groot genoeg om fluctuaties op te vangen?

De mate waarin populaties van planten en dieren in staat zijn extremen in het weer op te vangen, wordt bepaald door de grootte van de populaties. Populaties die groot genoeg zijn om extremen op te vangen worden sleutelpopulaties genoemd. Gebieden die aan de bijbehorende norm voor de oppervlakte voldoen worden sleutelgebieden genoemd. Het percentage soorten met sleutelgebieden is een veel gebruikte indicatie voor duurzaamheid van populaties. De oppervlaktenormen voor sleutelgebieden liggen hoger wanneer we rekening houden met klimaatverandering, dan wanneer dat niet wordt gedaan.

Voor de klimaattoets is een uitsnede gemaakt uit een landelijke analyse, waarin naar het aandeel soorten met sleutelgebieden is gekeken voor vogels, vlinders en planten. De mate waarin het aandeel soorten met sleutelgebieden door klimaatverandering afneemt, is gebruikt om de kwetsbaarheid voor het opvangen van extremen aan te geven.

In een aantal gebieden blijft het aandeel soorten met een sleutelgebied bij klimaatverandering vrijwel gelijk met de situatie zonder klimaatverandering. In andere gebieden gaat het sterk achteruit. Gesommeerd naar regio's ontstaat een beeld van waar de draagkracht van de EHS relatief goed op peil blijft (weinig kwetsbaar) zoals de Veluwe. Daarnaast zijn er twee regio's waar de draagkracht van de EHS relatief sterk achteruit gaat (zeer kwetsbaar): Veluwerandmeren en de IJsselcorridor (zie tabel S.1).

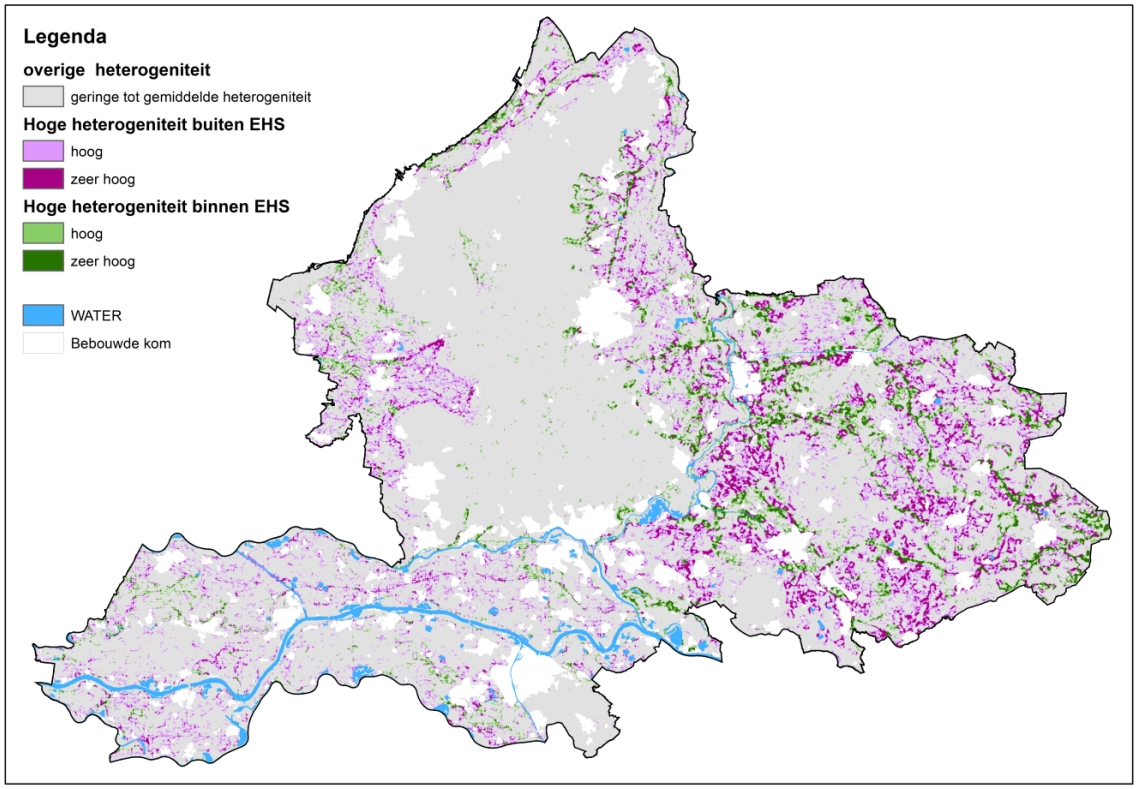
Benutten van gradiënten om extremen op te vangen

Gradiëntrijke gebieden of gebieden met een hoge mate van heterogeniteit zijn gunstig voor het opvangen van weersextremen. Voor de klimaattoets is op basis van een aantal kaarten van de provincie Gelderland (bodemkaart, grondwatertrappenkaart, kwelkaart, overstromingskaart) een berekening gemaakt van de gradiënten die binnen en buiten de EHS aanwezig zijn. De berekening gebruikt de zogenaamde Shannon index om heterogeniteit van gebied tot gebied te kunnen vaststellen. Het resultaat is een kaart met gradiëntrijke gebieden binnen en buiten de EHS (figuur S.2). Dit biedt inzicht in de potenties die aanwezig zijn om extremen op te vangen en de EHS te versterken. Regio's met een relatief hoge heterogeniteit zijn de Achterhoek, de Oostflank Veluwe-IJsselvallei en de IJsselcorridor, terwijl de heterogeniteit van de Veluwe relatief laag is. Ook is bepaald in welke regio's de beschikbare heterogeniteit al goed wordt benut binnen de EHS: de Veluwe en de Graafschap en omgeving. Daarnaast zijn er regio's waar de heterogeniteit zich voor een groot deel buiten de EHS bevindt: bijvoorbeeld de Liemers en Oude IJssel, de Gelderse vallei en de Rivierenland. Zie tabel S.1.

Ruimtelijke samenhang binnen provincie

Ruimtelijke samenhang tussen gebieden in de provincie is van belang om op kleine schaal het verschuiven van soorten mogelijk te maken. Het gaat om het meeschuiven met klimaatzones, maar ook om mogelijkheden voor herstel na verstoring door bijvoorbeeld extreem weer. Via een nieuwe GIS-analyse hebben we per ecosysteem bepaald in hoeverre gebieden ruimtelijk verbonden zijn. Daarbij hebben we aangenomen dat gebieden van een vergelijkbaar ecosysteem die binnen 500 m afstand van elkaar liggen een ruimtelijk samenhangend netwerk vormen. De oppervlakte van het netwerk is een maat voor de kwetsbaarheid: kleiner dan 500 ha is zeer kwetsbaar en groter dan 2000 ha is weinig kwetsbaar. Voor de klimaattoets is dit oppervlakte bepaald voor Droge bossen, Vochtige bossen, Moerassen, Heide en Graslanden.

Het resultaat van de analyse laat zien dat de droge bossen en een deel van de heidegebieden weinig kwetsbaar zijn, maar veel van de andere ecosystemen zijn zeer kwetsbaar. Per regio zien we deze verschillen terug. De Veluwe en het Rijk van Nijmegen hebben sterke ruimtelijke samenhang, maar voor de rest zijn veel regio's zeer kwetsbaar door geringe ruimtelijke samenhang, zie ook tabel S.1 Beekdalen worden in de herijkte EHS aangegeven als belangrijke ecologische verbindingszones. De EHS is hier weliswaar sterk versnipperd, maar de beekdalen zijn veelal wel aangemerkt als 'overige EHS'. Dit betekent dat zo'n 5% van het oppervlakte daadwerkelijk de bestemming natuur krijgt, maar waar de overige gebieden een andere hoofdfunctie hebben (vooral landbouw). Rode functies worden wel geweerd. De invulling van die 5% natuur kan de mate van isolatie verminderen. Een nadere analyse kan helpen duidelijk te maken waar de beste kansen liggen.



Figuur S.2
Overzicht waar de gebieden met een hoge (lichtgroen) en zeer hoge (donkergroen) heterogeniteit binnen de EHS liggen en gebieden buiten de EHS met een hoge (lichtpaars) en zeer hoge (donkerpaars) heterogeniteit.

Ruimtelijke samenhang, grensoverschrijdend

De provincie Gelderland onderkent dat ruimtelijke samenhang niet alleen op provinciaal of landelijk niveau van belang is om de natuurgebieden klimaatbestendig te maken, maar ook op internationaal niveau. De aandacht voor de aantakking van de natuurgebieden in Gelderland op natuurgebieden in Duitsland heeft geleid tot een voorstel voor drie zogenaamde klimaatcorridors door de provincie: een Bekencorridor, een Uitwaardencorridor en een Stuwwalcorridor. De beken- en stuwwalcorridor worden geïnterpreteerd als een brede zone van natuurgebieden en overig landelijk gebied, waar de nadruk ligt op het versterken van de klimaatbestendigheid van de natuur, door aandacht voor het benutten van de gradiënten, versterken van de ruimtelijke samenhang van natuur door bijvoorbeeld groenblauwe dooradering en verbetering van de hydrologie en andere abiotische condities. De uiterwaardencorridor wordt eveneens multifunctioneel ingevuld, waarbij de Rijn, maar ook andere kleinere rivieren een samenhangend geheel vormen.

De bijdrage van de klimaatcorridors aan de klimaatbestendigheid van de natuur is kwalitatief getoetst aan een drietal criteria;

- versterken van ruimtelijke samenhang binnen de corridor
- aansluiting vergelijkbaar habitat in Duitsland
- aansluitende plannen voor corridors in Duitsland

Alle corridors leveren in potentie een belangrijke bijdrage aan de versterking van de ruimtelijke samenhang binnen Gelderland. De natte ecologische verbindingszones langs de beken in de Achterhoek bieden goede

aanknopingspunten, maar vormen ook een uitdaging vanwege het geringe aandeel natuur en grote aandeel overig landgebruik in de verbindingszones.
De aansluiting op vergelijkbaar habitat in Duitsland is aanwezig, maar ook in Duitsland is het habitat behoorlijk versnipperd. Plannen in Duitsland voor ontwikkeling van beekdalen langs kleinere beken en kleine rivieren (zoals de Lippe) bieden goede kansen voor aantakken van de bekencorridor en de uitwaardencorridor (langs de Lippe, als alternatief voor het Ruhrgebied).

De bossen in Duitsland in het grensgebied zijn sterk versnipperd. Grote eenheden zijn te vinden in het Reichswald. Samenwerking met de provincie Limburg is hier ook aan de orde, omdat juist naar het zuiden toe de grotere boscomplexen te vinden zijn om bij aan te takken.

Tabel S.1
Overzicht van de kwetsbaarheid als gevolg van klimaatverandering, afzonderlijk getoetst aan verschillende criteria per regio.

	Oppervlak-te water	Abiotiek bodem: grondwater	Abiotiek: stikstof	Sleutel-populaties	Heterogeniteit: benutting binnen EHS	Ruimtelijke samenhang	Heterogeniteit: kans in de regio
1. Oost-Achterhoek	(zeer) kwetsbaar	kwetsbaar	kwetsbaar	kwetsbaar	gemiddeld	zeer kwetsbaar	zeer kansrijk
2. Graafschap en omgeving	kwetsbaar	weinig kwetsbaar*	zeer kwetsbaar	kwetsbaar	gemiddeld	kwetsbaar	zeer kansrijk
3. Liemers en Oude IJssel	kwetsbaar	weinig kwetsbaar*	zeer kwetsbaar	weinig kwetsbaar	laag	zeer kwetsbaar	zeer kansrijk
4. Oostflank Veluwe-IJsselvallei	kwetsbaar	weinig kwetsbaar	kwetsbaar	weinig kwetsbaar	gemiddeld	kwetsbaar	kansrijk
5. Veluwe	kwetsbaar	weinig kwetsbaar	zeer kwetsbaar	weinig kwetsbaar	hoog	weinig kwetsbaar	matig kansrijk
6. Veluwe-randmeren	kwetsbaar	weinig kwetsbaar	weinig kwetsbaar	zeer kwetsbaar	gemiddeld	zeer kwetsbaar	kansrijk
7. Gelderse Vallei	Weinig kwetsbaar	weinig kwetsbaar*	zeer kwetsbaar	kwetsbaar	laag	zeer kwetsbaar	kansrijk
8. Rivierenland	Weinig kwetsbaar	kwetsbaar	kwetsbaar	kwetsbaar	laag	zeer kwetsbaar	matig kansrijk
9. Rijk van Nijmegen	kwetsbaar	weinig kwetsbaar	zeer kwetsbaar	kwetsbaar	gemiddeld	weinig kwetsbaar	matig kansrijk
10. IJsselcorridor	Weinig kwetsbaar	kwetsbaar	weinig kwetsbaar	zeer kwetsbaar	gemiddeld	zeer kwetsbaar	kansrijk

** Deze tabel geeft de kwetsbaarheid door klimaatverandering voor afzonderlijke factoren weer. Er wordt hier niet naar interactie gekeken die er bijvoorbeeld is tussen stikstof en grondwater. Er wordt ook niet ingegaan op de huidige kwetsbaarheid van gebieden, dus zonder het effect van klimaatverandering. Maatregelen die al worden genomen in het kader van de PAS en voor de TOP-gebieden om respectievelijk de stikstofbelasting en verdroging terug te dringen hebben invloed op de kwaliteit van het complexe geheel van de bodem en waterhuishouding. Anti-verdrogingsmaatregelen hebben dan ook niet alleen effect op het grondwater, maar kunnen ook leiden tot vermindering van de stikstofbelasting.*

Aanbevelingen per criterium

Oppervlaktewater

Bij de vraag of gevolgen van klimaatverandering voor het oppervlaktewater daadwerkelijk optreden of op gaan treden is het van groot belang om het watersysteem goed te kennen. Daarvoor is onderzoek op kleinere schaal nodig dan de schaal van deze studie. Toch kunnen we op basis van deze studie aangeven waar de kwetsbare gebieden liggen voor veranderingen in het oppervlaktewater.
Het risico van droogval van stromende en stilstaande wateren is vooral groot in de Oost-Achterhoek, Graafschap en omgeving en de Gelderse Vallei. Om het risico van droogval op te vangen, kan het nodig zijn om een aantal beken te prioriteren: voor een aantal beken alles op alles zetten voor goede kwaliteit en kwantiteit van oppervlakte water, eventueel ten koste van andere beken. Voor prioritaire beken kan zo de aanvoer van water beter gewaarborgd blijven. Ook het herstellen van de werking van het langzame grondwatersysteem van bovenstroomse gebieden (zoals door het dempen of verontdiepen van sloten) draagt bij aan het verbeteren van de watervoerendheid van beken. Daarnaast draagt het meanderen bij aan het tegengaan van volledige droogval van beken: het water blijft staan in diep uitgesleten 'gaten' waarin soorten kunnen overleven. Combinatie met volledig systeemherstel, inclusief herstel van sponswerking, is nodig om het water langer vast te houden in de gebieden. Alleen het herstel van meanderen geeft vooral ruimte voor meer habitats en refugia (plekken waar soorten zich kunnen terugtrekken wanneer elders omstandigheden ongeschikt worden).
Om opwarming te voorkomen kan de inrichting van de waterlopen aangepast worden. Schaduw door bomen houdt de inwerking van de zon tegen en de verdamping via de bladeren zorgt ook voor verkoeling

Bodemkwaliteit: grondwater

De grondwaterstanden in natte gebieden zijn nu al te laag voor de natuur in veel gebieden. Voorgenomen en reeds in uitvoering zijnde maatregelen in het kader van de TOP gebieden, moeten deze verdroging tegengaan. Echter klimaatverandering zorgt voor verdergaande verdroging, door een lagere zomerneerslag en een grotere verdamping in veel gebieden. Ook hier wordt dus de reeds aanwezige opgave vergroot. Veel van de voorgestelde maatregelen verlopen via ingrepen in het oppervlaktewaterstelsel en/of via (actief) peilbeheer. Daarbij wordt gestreefd naar een bepaald grondwaterniveau. Daarin zou dus nog het effect van klimaatverandering meegenomen moeten worden. Voor realisering van het klimaatbestendige grondwaterniveau zouden geen nieuwe maatregelen nodig hoeven te zijn, maar er wel meer water nodig om de peilen te handhaven wat tot problemen zou kunnen leiden.
Verhogen van de grondwaterstanden heeft gevolgen voor de abiotische kwaliteit van de bodem. Het draagt bij aan het terugdringen van mineralisatie en heeft daarmee een gunstig effect op de bodemkwaliteit. Herstel van kwel of vergroten van kwel zal ook bijdragen in bepaalde gebieden, hierbij wordt ook de abiotische kwaliteit van het gebied vergroot, mits de kwel van goed kwaliteit is.

Bodemkwaliteit: stikstof

Op dit ogenblik zijn er in een groot deel van de natuurgebieden in Gelderland al grote problemen met de stikstofbeschikbaarheid door een overschrijding van de kritische depositie-waarde. Hier ligt onder de huidige situatie dus al een grote opgave. Klimaatverandering zal de opgave vergroten, deze extra opgave is naar verwachting echter kleiner dan het al aanwezige probleem.
Het is de ambitie van de PAS om de stikstofdepositieproblemen op te lossen voor Natura 2000-gebieden en om aan bedrijven en projecten ontwikkelruimte te geven. De kritische depositie waar in de PAS mee wordt gewerkt is echter niet klimaatbestendig, omdat niet met de extra stikstof wordt gerekend die via de toegenomen mineralisatie in de gebieden vrij komt. Een klimaatbestendige kritische depositie zou dus lager moeten liggen dan de huidige norm.
Maatregelen in het kader van de TOP en PAS zijn indirect betrokken bij dit onderzoek. Het onderzoek heeft zich primair gericht op de extra opgave als gevolg van klimaatverandering. Echter maatregelen in het kader

van de PAS en TOP zullen ook kunnen helpen om de effecten van klimaatverandering te beperken of te niet te doen. De opgave en dus de inspanning in het kader van deze beleidscategorieën wordt wel groter.
De abiotische resultaten laten zien dat er vooral effecten van klimaatverandering op de stikstofbeschikbaarheid, en in natte gebieden op de grondwaterstand zijn te verwachten. Verzuring speelt naar verwachting een te verwaarlozen rol.

Opvangen extremen: sleutelgebieden

Uit de analyses van de sleutelgebieden kunnen we concluderen dat voor veel gebieden de kans om sleutelpopulaties te herbergen achteruit gaat, maar dat een aantal gebieden voldoende groot zijn voor de doelsoorten om de extremen in het weer op te vangen.
Adaptatiemaatregelen die kunnen zorgen voor sterkere sleutelpopulaties, zijn divers. Vergroting van gebieden is een effectieve maatregel voor de natuur, maar is lastig te realiseren als het ten koste gaat van landbouwgebruik. Andere opties zijn het aanleggen van verbindingszones of stapstenen, waardoor gebieden functioneel samengevoegd worden en grotere populaties mogelijk zijn. Een derde optie is het benutten van mogelijkheden in een bufferzone rondom de gebieden. Hierbij valt te denken aan het versterken van de samenhang binnen de groenblauwe dooradering, het verhogen van grondwaterpeilen of andere maatregelen om de kwaliteit - en daarmee de draagkracht - te verbeteren (zie tabel S2). In welke gebieden welke opties het beste passen, hangt van het specifieke gebied af.
Het is aan te bevelen om maatregelen om sleutelgebieden te versterken te combineren met de locaties van de ecologische verbindingszones. De prioritering van locaties voor het versterken van sleutelgebieden behoeft een nadere analyse, omdat verschillende factoren meespelen in het bepalen welke opties het meest effectief zijn.

Opvangen extremen: heterogeniteit

De resultaten van de analyse van heterogeniteit geven aan waar gebieden liggen waar de abiotische gradiënten aanknopingspunten bieden voor het opvangen van extremen in het weer.
Hoge heterogeniteit geeft aan dat gebieden kansen bieden voor adaptatie. Juist in combinatie met andere opgaven (vanuit natuur, water of andere sectoren) bieden deze gebieden kansen. Dus ook in combinatie met bijvoorbeeld het opheffen van versnippering of de ontwikkeling van klimaatcorridors.
Het algemene patroon is dat de beekdalen met hun omgeving een hoge heterogeniteit in de van nature aanwezige gradiënten hebben en de stuwwallen een lage heterogeniteit. In de Achterhoek liggen buiten de EHS veel gebieden met hoge heterogeniteit. De verwachting is dat dit aanknopingspunten biedt voor versterking van de EHS, bijvoorbeeld via multifunctioneel landgebruik en kleinschalige ontwikkelingen. De Veluwe en ook de kleinere stuwwallen laten weinig heterogeniteit door abiotiek zien. Dat wil niet zeggen dat daar geen mogelijkheden zijn om extremen in het weer op te vangen. De aanbeveling voor de homogene gebieden is om heterogeniteit te versterken door beheer. Via beheer is ook variatie in leeftijd, dynamiek, vegetatiestructuur en dergelijke te creëren die ook het vermogen om extremen op te vangen kan versterken. Deze maatregelen helpen bij het sturen op gradiënten, op processen, maar het is aan te bevelen om dergelijke maatregelen zo veel mogelijk af te stemmen en te integreren met maatregelen voor specifieke soorten.
Voor de huidige analyse tellen alle factoren die de heterogeniteit samen bepalen even zwaar mee, de vraag is of er tussen de factoren variatie in hun bijdrage aan het opvangen van de extremen is. Ook wordt nu voor ieder ecosysteem dezelfde benadering gekozen, terwijl ecosystemen misschien verschillend reageren. Tot slot is het interessant om in te zoomen op een aantal regio's met veel heterogeniteit en te zien welke factoren ter plekke de heterogeniteit bepalen, welke gevolgen dit heeft voor kansen voor biodiversiteit, hoe het huidige grondgebruik is en welke kansen voor meekoppeling van klimaatadaptatie met ander grondgebruik er werkelijk zijn.

Ruimtelijke samenhang: versnippering binnen provincie

Adaptatiemaatregelen om versnippering te beperken zijn er velerlei. Zo passen in het kleinschalige landschap van de Achterhoek houtwallen, verbindingszones langs beeklopen (natte EVZ) of kleine perceeltjes natuur in het

landschap om de ruimtelijke samenhang te verbeteren. In het rivierengebied is het meer natuurlijk inrichten van de uiterwaarden de beste optie. De ruimtelijke samenhang van de heideterreinen op de Veluwe is te verbeteren door het lokaal omzetten van productiebos in heidegebiedjes.
Voor klimaatadaptatie is het niet nodig om álle versnippering op te heffen en alle gebieden aan elkaar te verbinden. Adaptatiemaatregelen kunnen geclusterd worden binnen klimaatcorridors of in ruimtelijke clusters. Hier hebben we gekozen voor de generieke aanpak omdat die binnen de huidige studie was uit te voeren. Een logisch vervolg is om de analyse van de versnippering verder te specificeren door onderscheid te maken tussen soortgroepen met verschillende verspreidingsvermogens. Daarnaast is er inzicht nodig in de mogelijkheden die mozaïeken van verschillende natuurtypen bieden om populaties te versterken. Ook zou het goed zijn om naast versnippering door afstand ook versnippering door barrières mee te nemen. Dergelijke analyses geven meer inzicht in de vraag of versnippering ecologisch gezien ook echt een probleem is.

Klimaatcorridors en internationale aansluiting

De ligging van de klimaatcorridors sluit binnen Gelderland goed aan bij de voorgaande analyse van versnippering. Het biedt aanknopingspunten voor prioritering van gebieden waar versnippering opgeheven zou kunnen worden en andere maatregelen genomen kunnen worden.
Binnen de uiterwaardencorridor is de Gelderse Poort weinig versnipperd. Meer landinwaarts, en zeker langs de IJssel is wel versterking van de ruimtelijke samenhang gewenst. In Duitsland stroomt de Rijn door het Ruhrgebied. Hier is voor natuur weinig ruimte in de uiterwaarden omdat het ingeklemd ligt in het industriegebied. Een alternatief biedt het riviertje de Lippe, noordelijk van het Ruhrgebied. De Lippe is een Natura 2000-gebied, er is vanuit de deelstaat Nordrhein Westfalen aandacht voor de verdere ontwikkeling van de ecologische kwaliteit en de meerwaarde van grensoverschrijdende samenwerking wordt herkend.
De stuwwalcorridor draagt bij aan het aanhaken van de Nederlandse bossen aan bossen in Duitsland. Binnen Nederland is versterking van de samenhang van de Veluwe als groot en robuust bosgebied met gebieden over de grens nodig. Veel bossen tussen de Veluwe en de grens met Duitsland zijn versnipperd. De stuwwalcorridor kan bijdragen aan het verbeteren van de ruimtelijke samenhang. Over de grens met Duitsland gaat de versnippering door. Pas veel verder naar het oosten of zuiden liggen weer grote bosgebieden. Voor een verbinding met de bossen ten zuiden van Nederland, worden de bossen in het Rijk van Nijmegen via Limburg aangetakt. Samenwerking op het gebied van bossen is dus gewenst. Vanuit de provincie Gelderland loopt een initiatief om een verbinding tussen de Veluwe en het Reichswald tot stand te brengen via een Interreg project, in het kader van duurzaamheid. Recente plannen van de provincies laten een noordwest-zuidoost verbinding via het Montferland lopen. Deze verbinding ligt op een zinvolle plaats, maar een analyse van eventueel aanvullende opties kan de effectiviteit mogelijk verder vergroten.
De bekencorridor kan een belangrijke bijdrage leveren aan het opheffen van versnippering van de beek-begeleidende natuur en de natuur in het begeleidende landschap. De plannen voor de (natte) ecologische verbindingszones bieden een goede basisstructuur voor het ontwikkelen van een brede bekencorridor die ook aandacht geeft aan het tussenliggende landschap.
Nog meer dan bij de andere corridors speelt hier integratie met andere sectoren, vooral landbouw en waterhuishouding, een rol. Een vergelijkbare situatie is te vinden aan de Duitse kant van de grens. Om de klimaatcorridors effectief te laten zijn, is samenwerking met Duitsland noodzakelijk.

Aanbevelingen per gebied

De aanbevelingen per gebied worden hierna puntsgewijs gegeven. De maatregelen staan niet los van elkaar en ook niet los van al in uitvoering zijnde maatregelen in het kader van PAS (verminderen stikstofdepositie), TOP (anti-verdroging) en soortgerichte maatregelen. Belangrijke aanbeveling is om die aanbevelingen in samenhang en integraal uit te werken en toe te passen.

1. Oost-Achterhoek

Dit gebied is op meerdere vlakken gevoelig. In het kleinschalige landschap komt vrij veel natte en schrale natuur voor die gevoelig is voor abiotische veranderingen. Bovendien zijn de natuurgebieden vrij sterk versnipperd en is het vanuit de ruimtelijke samenhang ook zeer kwetsbaar.
Toch zijn er juist hier ook kansen voor klimaatadaptatie. De beekdalen vormen hierin belangrijke ordenende structuren. Vlak bij en in de EHS liggen veel gebieden met hoge heterogeniteit.
We doen de volgende aanbevelingen voor deze regio:

- Water langer vasthouden waar de neerslag valt door sloten en greppels te dempen of verontdiepen. Natuurlijke processen en heterogeniteit worden gestimuleerd als beken weer de ruimte krijgen om opnieuw of meer te meanderen.
- Inzetten op verbeteren van de abiotische kwaliteit van de bodem door lopend beleid (PAS, TOP-gebieden) voortvarend uit te voeren.
- Beekdalcorridor als kapstok: beekdalen integraal aanpakken: zowel in de lengte van het beekdal, als dwars erop: gebruik maken van gradiënten die aanwezig zijn. We adviseren om via integratie van landbouw en natuur in te zetten op hogere grondwaterpeilen en groenblauwe dooradering. Uiteraard is dit een investering die allerlei maatschappelijke baten op kan leveren (ecosysteemdiensten).
- In deze regio liggen vrij veel gebieden met een vrij groot aandeel soorten met een sleutelpopulatie in de huidige situatie, die bij klimaatverandering één klasse achteruit gaat. We verwachten daarom dat de maatregelen om dergelijke sleutelpopulaties te behouden efficiënt zijn: met weinig inspanning een groot effect. Een combinatie met beekdalen biedt daarvoor wellicht goede kansen.
- De gradiënten die veelvuldig in dit gebied aanwezig zijn bieden goede aanknopingspunten voor versterking van de EHS. Een nadere analyse van de relatie tussen heterogeniteit, mozaïeken van ecosystemen en de gevolgen voor sleutelpopulaties is aan te bevelen.

2. Graafschap en Omgeving

Verwevenheid van beken, bossen en landbouw is kenmerkend voor dit gebied. De droge bossen (het Grote Veld) zijn vooral op het gebied van stikstof zeer kwetsbaar. Gevoeligheid is hoog evenals de blootstelling. Voor veel andere criteria is het gebied ook kwetsbaar. Belangrijke waterlopen in deze regio zijn de Baakse Beek, de Veengoot en de Berkel. In de Graafschap onderscheidt de Baakse Beek zich door schaal, ligging, historie en verbondenheid met de landgoederen. De Veengoot is meer bedoeld als afvoerkanaal van hoge afvoeren.
We doen de volgende aanbevelingen voor deze regio:

- Stikstof: huidige beleid om depositie te beperken uitvoeren (PAS), vooral grondwatersystemen herstellen. Puntbronnen zijn niet veel meer aanwezig, maar verder terugdringen van de uitstoot kan helpen.
- Beekdalcorridor en ecologische verbindingszones als kapstok voor versterking van de beekdalnatuur. Beekdalen integraal aanpakken: zowel in de lengte van het beekdal, als dwars erop: gebruik maken van gradiënten die aanwezig zijn. We adviseren om via integratie van landbouw en natuur in te zetten op hogere grondwaterpeilen en groenblauwe dooradering. Door de verbondenheid van de Baakse Beek met zijn omgeving, draagt verbetering van de Baakse Beek bij aan voor het ecologisch functioneren van de Graafschap.
- De gradiënten die in dit gebied aanwezig zijn bieden goede aanknopingspunten voor versterking van de EHS.

3. Liemers en Oude IJssel

Deze regio is zeker in het oostelijke deel van de provincie het meest landbouwkundig ingericht met vrij veel grootschalige landbouw en een relatief klein aandeel EHS. De bossen van het Montferland zijn een eiland in een kleigebied. Voor de natuur van het Montferland is stikstof een probleem. De geringe oppervlakte EHS zien we terug in de zeer kwetsbare situatie wat betreft ruimtelijke samenhang. Er liggen wel kansen om de heterogeniteit te benutten.

We doen de volgende aanbevelingen voor deze regio:

- Stikstofprobleem aanpakken door uitvoering van het huidige beleid om depositie te beperken (PAS) en door het aanhouden van bufferzones rondom kwetsbare natuurgebieden. Rond het Montferland liggen al veel buffergebieden. In een vervolgonderzoek kan specifiek op dit gebied worden ingezoomd om te onderzoeken of aanvullende maatregelen nog een bijdrage kunnen leveren aan het terugdringen van de depositie.
- De stuwwalcorridor als kapstok gebruiken om ruimtelijke samenhang te verbeteren, vooral tussen de Veluwe en het Montferland. Groene dooradering met houtwallen en bosjes is hier een geschikt middel om afstanden te overbruggen. De geplande ligging van de klimaatcorridor langs het Montferland lijkt op een zinnige plaats te liggen. Voor verdere invulling van deze corridor kunnen ruimtelijke analyses van verschillende opties helpen, waarbij ecologische en integrale effectiviteit voor andere sectoren worden verkend. Ook het gebied van de Oude IJssel biedt aanknopingspunten voor corridorvorming.
- Maak gebruik van de heterogeniteit rondom de EHS bij de verdere invulling van de corridor.

4. Oostflank Veluwe – IJsselcorridor

Kenmerkend voor dit gebied is de overgang van de stuwwal van de Veluwe naar de IJsselcorridor. Het gebied wordt gekenmerkt door hoge kweldruk en vrij hoge ambities voor aquatische natuur. Deze aquatische natuur vormt tegelijkertijd een gevoelig onderdeel van de EHS, maar door de hoge kweldruk valt de kwetsbaarheid mee.

We doen de volgende aanbevelingen voor deze regio:

- De gradiënten die in dit gebied aanwezig zijn bieden goede aanknopingspunten voor versterking van de EHS.
- Lokale kwelsystemen zijn gesuperposeerd op het grote Veluwe-systeem. Mogelijkheden voor optimalisatie zijn aanwezig, maar kwelsystemen die direct van het Veluwesysteem afhankelijk zijn, zijn niet stuurbaar. De kwaliteit van het water kan wel problematisch worden. Een beperking van stikstofdepositie in de infiltratiegebieden kan nodig zijn om te voorkomen dat op lange termijn de kwel vervuild raakt met nitraat.
- De Bekencorridor sluit in deze regio aan op de Veluweflank met de beken en sprengen. De corridor zou hier verder ontwikkeld moeten worden als mozaïek met o.a. vochtige bossen; de landgoederen zijn goed te benutten als basisstructuur. Het is aan te bevelen om de bekencorridor te combineren met plannen voor Poorten van de Veluwe (grootschalige gradiënten tussen Veluwe naar lager gelegen gebieden).

5. Veluwe

De Veluwe is door zijn omvang en doordat het in feite onafhankelijk is van het diepe grondwater een gebied dat vrij robuust is om klimaatverandering op te vangen. Toch zijn er aandachtspunten. Het is kwetsbaar voor stikstof en ook is het een homogeen gebied wat betreft de ondergrond.

We doen de volgende aanbevelingen voor deze regio:

- Heterogeniteit stimuleren door variatie in beheer: verjonging, open en gesloten vegetaties, dynamiek. Daarbij sluit aan dat een aantal heidegebieden vrij sterk versnipperd zijn, omzetten van bos in heide past in een klimaat-robuustere Veluwe.
- Natte en droge heide zo veel mogelijk als mozaïek ontwikkelen, zodat er heterogeniteit op kleine schaal is en dat helpt om extremen op te vangen. Vooral keuzes bij de ontwikkeling van droge heide zullen hier een rol spelen, omdat locaties voor natte heide minder makkelijk te sturen zijn.
- Stikstof: stikstofdepositie is afkomstig uit andere gebieden, vooral de Gelderse Vallei. Stikstof kan wellicht worden afgevoerd door plaggen, maar dit moet kleinschalig en gefaseerd in de tijd gebeuren, omdat anders ongewenste effecten de overhand krijgen (verstoren bodembiodiversiteit, zaadbank afgevoerd, e.d.). Eventueel strooisel oogsten, maar eerst experimenteel vanwege onbekende bijeffecten.

- Aandachtspunt is dichtgroeien van zandverstuivingen met algen in natte zomers: verstuivingen open maken of open houden door dynamiek te stimuleren (door grazers, toeristen of machines).
- Infiltratie grondwater versterken: lokaal sterk verdampende naaldbomen vervangen door bijvoorbeeld heide.
- Agrarisch natuurbeheer in landbouwgebieden op de Veluwe stimuleren en bestaande contracten continueren. Zorgt lokaal voor heterogeniteit en afwisseling. Dit geeft minder N-belasting en belasting met pesticiden in de directe omgeving.
- Aantakken via stuwwalcorridor op Reichswald en via gradiënten regionaal met IJssel, Randmeren en Rijn.

6. Veluwe-Randmeren

De zone tussen de Veluwe en de Randmeren heeft relatief weinig EHS. De grootste uitdaging ligt hier in de ruimtelijke aspecten: ruimtelijke samenhang en grootte van sleutelpopulaties. Ook ligt er een uitdaging om de geschiktheid van het open weidegebied te beschermen of te versterken.
We doen de volgende aanbevelingen voor deze regio:

- Grootschalige gradiënten tussen de Veluwe en de randmeren (poorten van de Veluwe) benutten door te combineren met de aanwezige kleinschalige heterogeniteit in de ondergrond.
- Versterken van sleutelgebieden en van ruimtelijke samenhang door de heterogeniteit grenzend aan de EHS te benutten. Benutting van die heterogeniteit biedt wellicht kansen voor mozaïeken van drogere en nattere gebieden. Hoe één en ander uitpakt voor de betreffende soorten is een vraag voor verder onderzoek.
- Met het vorige hangt ook de aanbeveling samen om uit te zoeken of belangrijke weidevogelgebieden in deze regio klimaatbestendig kunnen worden gemaakt.

7. Gelderse Vallei

De Gelderse Vallei wordt gekenmerkt door intensief landbouwkundig gebruik met relatief weinig EHS. Het gebied is behoorlijk verdroogd, maar de natuurdoelen hebben over het algemeen geen hoge hydrologische eisen, waardoor de ambities toch niet zeer kwetsbaar zijn voor veranderingen in grondwater of oppervlaktewater. Bovendien worden hier ook nu al herstelmaatregelen tegen verdroging genomen. Gebieden zijn wel zeer kwetsbaar voor de extra stikstofbelasting door klimaatverandering bovenop de huidige depositie.
We doen de volgende aanbevelingen voor deze regio:

- Terugdringen stikstofbelasting: het huidige beleid om depositie te beperken (PAS) voortvarend uitvoeren, vooral puntbronnen aanpakken, bijvoorbeeld door luchtwassers bij intensieve veehouderij te plaatsen of luchtzuiverend vermogen van groen te benutten. In uiterste gevallen intensieve veehouderij verplaatsen; bufferzones rondom kwetsbare natuurgebieden aanhouden. Omdat dit gebied ook invloed heeft op de Veluwe via stikstofdepositie wordt het verder beperken van de emissie aanbevolen. Een meer structurele oplossing ligt in het verduurzamen van de landbouw en het sluiten van stikstof- en fosforkringlopen.
- Waterhuishouding verbeteren (ook ter ondersteuning van stikstofbeleid). In de Gelderse Vallei kan dat door op vrij kleine schaal het peil te verhogen voor kwetsbare vochtige natuur. Voorbeelden daarvan zijn de Ossenkampen en Veenkampen. Manipulatie van het peil van de Grift is dan waarschijnlijk nodig.
- Sleutelpopulaties versterken in combinatie met versterken van ruimtelijke samenhang door het stimuleren van groenblauwe dooradering en van kleinschaligheid. Aantakken bij het Utrechtse deel van de Vallei is gewenst. De overgang naar de Veluwe stimuleren door het benutten van de heterogeniteit grenzend aan EHS in de regio.
- Kies welke gebieden echt behouden moeten worden en probeer vooral daar maatregelen te nemen. Hierbij aansluiten bij kwelsystemen, al aanwezige natuur en de landgoederen.

8. Rivierenland
De uiterwaarden zijn van groot belang als internationale moerascorridor. De ruimtelijke samenhang van de natuur in de uiterwaarden is echter een probleem. In deze regio is er buiten de rivierstructuur weinig ambitie voor natuurwaarden, daarom zijn daar in feite geen aanvullende maatregelen nodig, maar wel voor rivieren en uiterwaarden.
We doen de volgende aanbevelingen voor deze regio:

- Ruimtelijke samenhang versterken: uiterwaarden meer natuurlijk inrichten, combinatie zoeken met ander beleid voor rivierengebied, vooral Ruimte voor de Rivier. Complicatie is hier dat er vanuit veiligheid en transport huiver is om bomen en struiken in de uiterwaarden te laten groeien, terwijl dit voor het verbeteren van de ecologische kwaliteit, onder andere door versterken van de heterogeniteit wel van belang is.
- Aansluiting met uiterwaarden in Duitsland, samenwerking zoeken via Rijncorridor. Knelpunt dat door het Ruhrgebied wordt gevormd omzeilen door samenhang via gebied van de Lippe te stimuleren.
- Problemen van eutrofiëring en hoge watertemperatuur bij lage afvoer en hoge temperatuur beperken, door landbouw (met mestgift) in uiterwaarden te beperken en door in overleg met Duitsland te gaan om lozing van warm koelwater en anderszins vervuild water te voorkomen.

9. Rijk van Nijmegen
Deze regio vormt een klein gebied met stuwwalnatuur. De natuur wordt getypeerd als voedselarm, zeer kwetsbaar wat betreft stikstof. Beperkte ruimtelijke samenhang en achteruitgang van het aantal sleutelpopulaties vormen andere bedreigingen voor deze regio. Het gebied is in potentie belangrijk voor het realiseren van internationale aansluiting binnen de stuwwalcorridor.
We doen de volgende aanbevelingen voor deze regio:

- Stikstof: stikstofdepositie is afkomstig uit andere gebieden, vooral Noord-Brabant. Stikstof kan wellicht worden afgevoerd door plaggen, maar dit moet kleinschalig en gefaseerd in de tijd gebeuren, omdat anders ongewenste effecten de overhand krijgen (verstoren bodembiodiversiteit, zaadbank afgevoerd, e.d.). Eventueel strooisel oogsten, maar eerst experimenteel vanwege onbekende bijeffecten.
- Heterogeniteit door variatie in beheer: verjonging, open en gesloten vegetaties, dynamiek. Daarbij sluit aan dat een aantal heidegebieden vrij sterk versnipperd zijn, omzetten van bos in heide past in een klimaatrobuuster Rijk van Nijmegen.
- Droge heide zo veel mogelijk in mozaïek bij natte heide ontwikkelen, zodat er heterogeniteit op kleine schaal is en dit helpt om extremen op te vangen.
- Infiltratie grondwater versterken: lokaal sterk verdampende naaldbomen vervangen door bijvoorbeeld heide.
- Verkennen wat de rol voor de stuwwalcorridor kan zijn, in combinatie met verbeteren situatie sleutelpopulaties: relatie met Veluwe, Montferland en Reischwald. Verbinding met gebieden in Limburg is van belang, daarom is overleg met de provincie Limburg gewenst.

10. IJsselcorridor
In het gebied rondom de IJssel vormt vooral versnippering een probleem. Vocht wordt voldoende gewaarborgd voor de voedselrijke natuur in uiterwaarden. De natuur is wel sterk versnipperd en zeer kwetsbaar wat betreft sleutelpopulaties.
We doen de volgende aanbevelingen voor deze regio:

- Heterogeniteit buiten de EHS biedt hier aanknopingspunten om de EHS te versterken, er zijn een paar gebieden met hoge heterogeniteit, bij Doesburg bijvoorbeeld. Dit biedt kansen voor het versterken van de relatie tussen de Veluwe en het IJsseldal
- Inzetten op herstel van meer natuurlijke dynamiek en de relatie tussen de rivier en de uiterwaarden. Leidt tot meer heterogeniteit en ruimtelijke samenhang (natuur in uiterwaarden van de IJssel is nu zeer beperkt en er is vrijwel geen opgaande begroeiing. De bekencorridor staat dwars op de

IJsselcorridor, samenhang en benutten gradiënten is hier aan de orde. Nadere uitwerking van de bekencorridor en overgangen in deze regio is gewenst.
- Aanhaken bij Ruimte voor de Rivier beleid biedt kansen voor verdere ontwikkeling van de uiterwaarden.

Integratie aanbevelingen

Tabel S.2 laat een overzicht zien van de gevolgen van klimaatverandering en bijpassende adaptatiemaatregelen, in de tabel is aangegeven in welke gebieden de adaptatiemaatregelen passen. Uit de tabel blijkt dat adaptatiemaatregelen vaak meerdere effecten van klimaatverandering op kunnen vangen. Ook wordt duidelijk dat voor eenzelfde effect meerdere maatregelen mogelijk zijn, en dat die maatregelen kunnen verschillen per regio. Aanwezigheid van heterogeniteit en ontwikkeling van klimaatcorridors komen in deze tabel terug als adaptatiemaatregelen.
Voor vervolgstappen in de uitwerking en uitvoering van adaptatiebeleid voor natuur is het aan te bevelen om prioritaire gebieden te selecteren waar maatregelen verder kunnen worden uitgewerkt en toegepast in de praktijk. Aspecten die daarbij aan de orde zouden moeten komen zijn ontwerpen van ruimtelijke oplossingen waarbij integratie van verschillende maatregelen een rode draad vormt.
Het ligt buiten de scope van deze studie om prioritaire gebieden aan te wijzen voor een dergelijke uitwerking. Criteria die meespelen om tot prioritering van gebieden te komen zouden onder andere de volgende kunnen zijn (ook anderen zijn mogelijk):

i. effectiviteit van inspanningen, dus voor de minste inspanning de grootste bijdrage aan klimaatadaptatie,
ii. maatregelen dragen in het gebied bij aan het oplossen van meerdere opgaven (vanuit natuur, maar ook andere beleidsterreinen),
iii. voor provincie prioritaire soorten of ecosystemen hebben baat bij de maatregelen in het gebied.

Tabel S.2
Overzicht met criteria waar effecten van klimaatverandering op ingrijpen (kolommen) en bijpassende adaptatiemaatregelen. Per combinatie van effect en maatregel is aangegeven in welke regio de maatregel aanbevolen wordt.: 1. Oost-Achterhoek; 2. Graafschap en omgeving; 3. Liemers en Oude IJssel; 4. Oostflank Veluwe-IJsselvallei; 5. Veluwe; 6. Veluwe-randmeren; 7. Gelderse Vallei; 8. Rivierenland; 9. Rijk van Nijmegen; 10. IJsselcorridor.

	oppervlaktewater	**grondwater**	**stikstof**	**opvangen extremen: sleutelgebieden**	**opvangen extremen: weinig heterogeniteit**	**fragmentatie binnen provincie**
Hydrologische maatregelen						
hermeanderen van beken: pieken in afvoer beperken en water langer vasthouden	1, 2					
prioriteren van waterlopen	2	2				
beschaduwing van beken	1, 2, , 4					
lopend beleid uitvoeren: TOPgebieden (anti-verdroging, maar pakt ook gunstig uit voor terugdringen stikstofbelasting)	1, 2, 4, 7	1, 2, 4, 7	1, 2, 4, 7			
sloten en andere watergangen verontdiepen of dempen	2, 4, 7	1, 2, 4, 7				

	oppervlaktewater	grondwater	stikstof	opvangen extremen: sleutelgebieden	opvangen extremen: weinig heterogeniteit	fragmentatie binnen provincie
waterpeilen verhogen	7	1, 2, 4, 7	7			
(lokale) kwel stimuleren door inzijgingsgebieden niet te ontwateren en naaldbomen vervangen door bijvoorbeeld heide	4, 5	1, 4, 5, 9	1, 4, 5, 9			
Stikstofmaatregelen						
bufferzones rondom kwetsbare gebieden voor intensieve veehouderij			2, 3, 4, 7			
lopend beleid uitvoeren: PAS		1, 2, 3, 4, 7, 9	1, 2, 3, 4, 7, 9			
puntbronnen van stikstof aanpakken, luchtzuivering, eventueel. bedrijven verplaatsen			2, 4, 7			
overschot stikstof afvoeren (maaien, plaggen)			5, 9			
Landgebruik en ruimtelijke maatregelen						
ecologische verbindingszone in lengte van beekdal				1, 2, 4		1, 2, 4
dwars op beekdal gebruik maken van gradiënten			1, 2, 4	1, 2, 4		1, 2, 4
integratie natuur en landbouw, agrarisch natuurbeheer		8	1, 2, 4 7	7, 8	5	1, 2, 7
groenblauwe dooradering				3		1, 2, 3
Heterogeniteitsmaatregelen						
heterogeniteit benutten rondom EHS				1, 2, 3, 4, 6, 7, 10		1, 2, 3, 4, 6, 7, 10
heterogeniteit ontwikkelen door variatie in beheer				10	5, 9, 10	10
omzetten bos in heide				5, 9	5, 9	5, 9
dichtgroeien van zandverstuivingen voorkomen		5, 9	5, 9			
grootschalige gradiënten benutten (Poorten van Veluwe)				4, 5, 6, 10		4, 5, 6, 10
Corridors						
verbeteren natuurlijke dynamiek, relatie rivier - uiterwaarden versterken, combinatie met Ruimte voor Rivier				8, 10	10	8, 10
beekdalcorridor	1, 2	1, 2	1,2	1, 2, 10	10	1, 2, 4, 10
stuwwalcorridor				3, 5, 9	3, 9	3, 5, 9
uiterwaardencorridor				8		8
samenwerking met Duitsland voor ontwikkeling grensoverschrijdende corridors				1, 3, 8, 9	3,, 9	1, 3, 8, 9

Samenvatting

In 2012 heeft de provincie Gelderland de herijkte EHS vastgesteld. Aanleiding van het herijken was de decentralisatie van verantwoordelijkheden van rijk naar provincie en vermindering van het beschikbare budget. Deze studie toetst of de ambities van de provincie haalbaar zijn bij klimaatverandering. Een eerdere studie had al getoetst op haalbaarheid van doelen zonder rekening te houden met klimaatverandering.
Klimaatverandering in Nederland houdt op hoofdlijnen het volgende in: hogere temperaturen, veranderingen in hoeveelheid neerslag en verdeling van de neerslag over de seizoenen en grotere kans op extremen in het weer. Deze veranderingen hebben invloed op allerlei abiotische en biotische processen.

De klimaattoets wordt uitgevoerd aan de hand van een aantal criteria die rekening houden met die verschillende effecten van klimaatverandering:

- Oppervlaktewater
  - grotere kans op droogval en hogere watertemperaturen
- Abiotische kwaliteit bodem: grondwater
  - dieper wegzakken van grondwater door drogere zomers
- Abiotische kwaliteit bodem: stikstof
  - snellere mineralisatie bij uitdroging en hogere temperaturen leiden tot grotere stikstof beschikbaarheid
- Opvangen van extremen: grootte van gebieden
  - kleine populaties hebben grotere kans uit te sterven bij vaker optreden van extremen in het weer, sleutelpopulaties zijn groot genoeg om extremen op te vangen
- Opvangen van extremen: heterogeniteit
  - Gebieden met grote heterogeniteit bieden soorten de mogelijkheid om (tijdelijk) aan de extremen in het weer te ontsnappen
- Ruimtelijke samenhang binnen de provincie
  - Ruimtelijke samenhang is nodig om verschuiving van klimaatzones te kunnen volgen en om populaties in staat te stellen zich te herstellen na verstoring door extremen
- Ruimtelijke samenhang: internationaal
  - Klimaatcorridors zijn zones die zorgen voor grensoverschrijdende samenhang tussen natuur in Gelderland en Duitsland (bekencorridor, stuwwalcorridor, uiterwaardencorridor)

Heterogeniteit en klimaatcorridors vormen in feite aanknopingspunten voor adaptatie. Getoetst is in hoeverre deze kansen bieden. Voor de andere criteria is getoetst wat de kwetsbaarheid van de natuurdoelen in de EHS is. Kwetsbaarheid is een combinatie van de gevoeligheid van het betreffende natuurdoel en de blootstelling aan de verandering in klimaat ter plekke. De toets in deze studie is hoofdzakelijk kwalitatief en maakt gebruik van verschillende bronnen: bestaande gegevens uit literatuur of modelstudies, expertkennis en enkele nieuwe modelanalyses en analyse van ruimtelijke bestanden.
De resultaten worden samengevat op het niveau van regio's. De provincie is ingedeeld in tien regio's die op hoofdlijnen te onderscheiden zijn op basis van bodem, hydrologie, landgebruik en aanwezige natuurtypen.

De resultaten laten zien dat er grote verschillen tussen de regio's zijn. In veel regio's, vooral Oost-Achterhoek, liggen kwetsbare oppervlaktewateren. Wegzakken van grondwater is een probleem in een aantal regio's, maar in veel regio's leidt klimaatverandering niet tot extra problemen wat betreft verdroging. Dat neemt overigens niet weg dat er in veel regio's al wel een probleem met verdroging is, mede doordat de huidige inrichting van

het hydrologische systeem erop gericht is het water zo snel mogelijk af te voeren. De toename van stikstof door snellere mineralisatie is een probleem in veel gebieden.
Klimaatverandering leidt tot achteruitgang van het aantal soorten met sleutelpopulaties in gebieden. Veel gebieden zijn dus te klein om extremen in het weer op te vangen, dit zien we in veel regio's terug. Ook de ruimtelijke samenhang is in veel gevallen beperkt, waardoor de kans kleiner wordt op herstel vanuit andere gebieden na een verstoring. En het belemmert het meebewegen met verschuivende klimaatzones. De Oost-Achterhoek, Gelderse Vallei, Veluwe-Randmeren, Rivierenland en IJsselcorridor zijn voorbeelden van regio's met vrij sterke achteruitgang van sleutelgebieden en zwakke ruimtelijke samenhang.

Heterogeniteit biedt allerlei kansen om de EHS te versterken, in de Achterhoek zien we veel gebieden waar de heterogeniteit ook buiten de EHS kansen biedt om de EHS te versterken, bijvoorbeeld via integratie van landbouw en natuur in zones rondom de EHS.
De klimaatcorridors bieden goede aanknopingspunten om knelpunten binnen Gelderland prioritair en integraal op te lossen. Aandachtspunt bij de aansluiting in Duitsland is wel dat ook het aansluitende landschap in Duitsland sterk versnipperd is. De verschillende initiatieven die er in de deelstaat Nordrhein Westfalen lopen om natuur en landschap te versterken bieden kansen. Het is aan te bevelen om dit in gezamenlijkheid verder op te pakken, door bijvoorbeeld grensoverschrijdende pilot projecten.

In de meeste gebieden is het aan te bevelen om de hydrologie zodanig aan te passen dat water langer vastgehouden wordt. Bijvoorbeeld door waterlopen te verontdiepen en beken te laten hermeanderen. Dit helpt zowel uitdrogen van oppervlaktewater te voorkomen als snel wegzakken van grondwater in de zomer. Ook beperkt het de snellere mineralisatie en toename van stikstof in de bodem. Veel van deze maatregelen zitten ook al in het antiverdrogingsbeleid van de TOPgebieden, uitvoering is dus cruciaal om klimaatverandering op te vangen. Hetzelfde geldt voor maatregelen om de depositie van stikstof terug te dringen en uitvoering van het PAS-beleid.
Afname van het aantal soorten met sleutelgebieden valt op te vangen door de kwaliteit en omvang van gebieden te vergroten. Dit hoeft niet per se door toename van het oppervlakte, ook het creëren van multifunctionele bufferzones met groenblauwe dooradering of aangepast peilbeheer dragen bij aan de draagkracht van gebieden. Gebieden met veel heterogeniteit en beekdalen lijken hiervoor met name kansrijk. Het is aan te bevelen dergelijke maatregelen te concentreren in de klimaatcorridors. De ligging van stuwwalcorridor is al uitgewerkt en planvorming in werking getreden, de ligging van de bekencorridor en uiterwaardencorridor zijn indicatief door de provincie aangegeven. Uitwerking in een aantal cases, ook grensoverschrijdend ondersteunt effectieve beleidsontwikkeling en -uitvoering.

Summary

The province of Gelderland, situated in the central-eastern part of the Netherlands, determined the recalibration of their part of the National Ecological Network (NEN). The reason for the recalibration was the decentralization of responsibilities of the national government to the provincial governments in the Netherlands and a cut in the budget for nature conservation.
This study tests what the influence of climate change is on the feasibility of the ambitions for nature, in terms of nature target types. In a preceding study the feasibility of the nature target types in the recalibrated NEN was tested, compared with the NEN before the recalibration. Climate change was not taken into account in that study.
Climate change in the Netherlands is characterized by: higher temperatures, changes in the amount of precipitation and changes in the distribution of precipitation over the seasons and a higher probability of extreme weather events. These changes influence a variety of abiotic and biotic processes.

The climate test in this study uses a number of criteria, corresponding with different effects of climate change:

- Consequences for surface water
    - Increased probability of drying out and higher water temperatures
- Abiotic soil quality: ground water
    - Lower ground water levels in dry summers
- Abiotic soil quality: nitrogen
    - Drying out of soils and higher temperatures result in increased mineralisation and increased nitrogen availability
- Cope with extreme (weather) conditions: nature area sizes
    - Small population have higher extinction probability due to more frequent extreme weather situations, key areas should be large enough to cope with extremes
- Cope with extreme (weather) conditions: heterogeneity
    - Areas with large heterogeneity increase viability of populations because of opportunities to escape from (temporary) unfavourable conditions
- Spatial cohesion within the province
    - Spatial cohesion is necessary to enable the recovery of populations after disturbance by extreme weather events and to enable the shift of species ranges with changing climate zones
- Spatial cohesion: international
    - Spatial cohesion at larger scales is necessary for cross-border connections between nature areas in Gelderland and Germany (creek corridor, dry forests and heathlands corridor (pushed moraines) and river flood planes corridor)

Heterogeneity and climate corridors are starting points for climate adaptation. We tested the potential contribution of these factors to adaptation. For the other criteria we determined the vulnerability of the areas in the NEN in Gelderland to assess the consequences of climate change. Vulnerability is defined as the combination of sensitivity and exposure to the changes in climate on site. The tests in this study are mainly qualitative and are based on different knowledge sources: state of the art knowledge from literature or model studies, expert knowledge, some new model results and analysis of spatial information.
The results are summarized on the level of regions. The province was divided into ten regions that distinguish from each other by soil, hydrology, land use and types of ecosystems present.

We emphasize that we only analysed the additional stress for nature areas due to climate change, we did not take the problems caused by current stress factors into account. The results show large differences between the regions. In the regions in the eastern part of Gelderland some vulnerable surface waters are present. Lower ground water levels are a problem in a number of regions, but in many other regions climate change does not lead to lead to extra problems related to drying out of soils or lower ground water levels. That does not mean that there are currently no problems related to drying out of soils, due to the design of the hydrological system. That system has the aim to discharge surplus water as soon as possible.
An increase in nitrogen availability due to increased mineralisation is a problem in many areas. Climate change leads to a decrease of the number of species with areas large enough to cope with larger fluctuations in population size due to more frequent and severe extremes in weather conditions. The spatial cohesion is in many cases poor, thus leading to a limited probability for recovery of populations from other places. It also hampers the shift of distribution ranges of species with the northward shift of suitable climate zones. The areas in Oost-Achterhoek, Gelderse Vallei, Veluwe-Randmeren, Rivierenland and IJsselcorridor are most vulnerable for climate change, related to the decrease of the species with key-populations and a high degree of fragmentation.

Heterogeneity offers opportunities for improving the resilience of the National Ecological Network. In the eastern part of the province there are ample areas with a high degree of heterogeneity in abiotic conditions outside the NEN, which can be used for strengthening the nature areas by integration of agriculture and nature in the zones bordering the nature areas, e.g. by improving green blue veining and agri-environmental schemes. Climate corridors should be developed in priority areas where the need for climate adaptation measures are high. The advise is to use an integrated approach, where adaptation measures are not isolated actions, but integrated with each other and with other regional developments for other purposes such as sustainable agriculture or water management. As climate corridors have the aim for large scale spatial cohesion, collaboration with Germany is of course crucial. It's a challenge to decrease the habitat fragmentation at the German side of the border as well. However, different initiatives for sustainable development and improvement of nature and landscape values in Nordrhein Westphalia are promising. A collaborative approach in e.g. cross border pilot areas is preferred.

In most areas in Gelderland we advise to improve the hydrological system in such a way that water is conserved in the system for a longer time: increase the retention time. Measures applicable include undeepening ditches and other water courses and stimulate higher ground water levels. Re-meandering of creeks as part of the restoration of the hydrological system also supports the increase of environmental variability in the aquatic system. Measures for higher ground water levels also support the decrease of extra mineralisation of organic matter in the soil and the accompanying release of nitrogen. Many of these measures for restoration of the hydrological system are part of the actual anti-drought policy (TOP policy) already being implemented. An active further implementation of the planned measures of this policy is crucial. The same applies to actual policy for the decrease of nitrogen deposition (PAS policy).
The decrease of the number of species with key-populations can be compensated by improving quality and size of habitats. Increasing the area of existing nature areas is not the exclusive solution, increasing the connectivity, creating multifunctional buffer zones with green blue veining or adjusted ground water levels also contribute to the carrying capacity of areas, thus increasing the viability of populations. Especially areas with high levels of abiotic heterogeneity and areas in creek valleys have high potentials for such an approach.
The measures are expected to be most effective when they are concentrated in areas indicated as climate corridors. These corridors are structured around three main ecosystem types in Gelderland: small scale agricultural landscapes around creeks, dry forests and heathlands (pushed moraines) and rivers systems including flood plains. A more detailed elaboration in pilot studies in priority areas, including cross border pilots is an essential next step in the implementation of climate adaptation measures in Gelderland.

1 Inleiding

1.1 Herijking EHS Gelderland

De provincie Gelderland heeft eind 2011 de ambities voor de Ecologische Hoofdstructuur in concept vastgesteld. De verschuiving van verantwoordelijkheden voor natuur van het Rijk naar de provincies en een beperking van de financiën voor met name de aankoop en ontwikkeling van nieuwe natuur waren de aanleiding voor het opnieuw formuleren van de ambities. Het resultaat hiervan is de 'herijkte EHS'. De herijkte natuur weerspiegelt niet alleen de ambitie van de provincie, maar is in samenspraak met de gemeenten en de zogenoemde 'Manifestpartners' opgesteld. De definitieve Beleidsuitwerking natuur en landschap, die deze herijkte EHS beschrijft, is op 9 mei 2012 door Gedeputeerde Staten vastgesteld. Momenteel wordt voor een aantal gebieden gekeken hoe deze kunnen worden uitgewerkt, dan wel met wie ze kunnen worden gerealiseerd. De Manifest-partners spelen hierin een centrale rol.

De herijkte EHS is door Alterra getoetst op de haalbaarheid van belangrijke uitgangspunten (Van der Grift et al., 2012): internationale doelen van de Vogel- en Habitatrichtlijn, de Kaderrichtlijn Water en de ambities uit het Gelders Coalitieakkoord 'Uitdagend Gelderland'. De belangrijkste conclusie van dat onderzoek was dat de herijking leidt tot winst voor de natuur ten opzichte van de huidige situatie, mits alle plannen integraal worden uitgevoerd. Achterliggende conclusies waren:

- de uitvoering van de plannen voor de herijkte EHS leidt tot duurzame instandhouding van 60% van de typische VHR soorten,
- de meeste problemen rondom vermesting, verdroging en versnippering worden aangepakt door de herijking,
- de herijking van de EHS leidt nauwelijks tot verslechtering van de doelen van de Kaderrichtlijn Water,
- de herijking van de EHS is in lijn met de ambities van het Gelders coalitieakkoord.

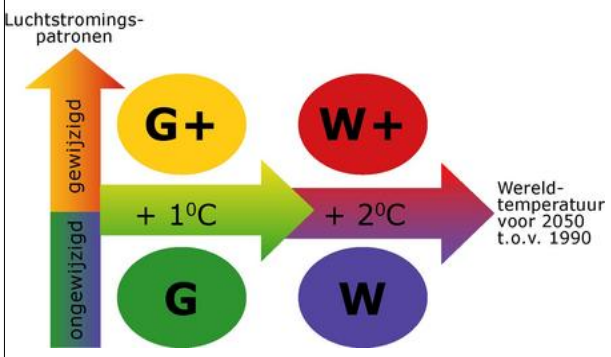
1.2 Klimaatverandering en natuur

Deze eerste kwalitatieve toets heeft geen rekening met klimaatverandering gehouden. Het is de wens van de provincie Gelderland om de inrichting van het landelijk gebied, en dus ook de Ecologische Hoofdstructuur klimaatbestendig vorm te geven. Hierbij zijn de beleidsterreinen voor natuur en water nauw met elkaar verbonden.

De belangrijkste veranderingen in het klimaat in Nederland zijn dat de gemiddelde temperatuur omhoog gaat en dat het neerslagpatroon grilliger wordt. Omdat de ontwikkeling van een aantal sleutelfactoren onzeker is, wordt er gewerkt met klimaatscenario's. Door het KNMI zijn deze uitgewerkt in vier scenario's. Deze variëren in de mate waarin de gemiddelde temperatuur stijgt en in de gemiddelde verandering in neerslag en de verdeling daarvan over het zomer- en winterseizoen. In de tekst box 'Klimaatscenario's' worden deze scenario's toegelicht.
De veranderingen in het klimaat hebben gevolgen voor de natuur. De effecten van klimaatverandering op natuur lopen via verschillende processen. Er treden veranderingen op in allerlei abiotische processen (zoals veranderingen in de hydrologie en in bodemprocessen), levensprocessen van planten en dieren (zoals moment waarop zaden of eieren uitkomen), maar ook in verspreidingspatronen van soorten. Door de verscheidenheid aan effecten zullen ook complexe relaties binnen ecosystemen veranderen.

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 zal 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: de zogeheten KNMI'06 scenario's (Van den Hurk et al., 2006)



Overzicht KNMI'06 klimaat scenario'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 droogte-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 droogteperiodes 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).

Voor de provincie Noord-Brabant is recent op kwantitatieve wijze onderzocht hoeveel de opgave voor natuurbeleid toeneemt door klimaatverandering vergeleken met de opgave die er al is zonder rekening te houden met klimaatverandering (Geertsema et al., 2011). Noord-Brabant ligt net als Gelderland op de hoge zandgronden. Er zijn dan ook de nodige overeenkomsten tussen deze provincies in natuurdoelen en te verwachten effecten van klimaatverandering. Vandaar dat we hier kort de resultaten van de kwantitatieve studie voor Noord-Brabant noemen. De opgave die door klimaatverandering extra op de beheertypen af kwam in Noord-Brabant, was kleiner dan de huidige opgave. Voor ongeveer 40% van de oppervlakte van natuurgebieden (productiebossen niet meegerekend) kwam 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 verschilde duidelijk tussen de beheertypen. De opgave was het grootst voor vochtige schraalgraslanden, zowel voor verbetering van de grondwaterstand als voor stikstof.

De robuustheid van de natuur om effecten van klimaatverandering op te vangen is niet overal hetzelfde. Het ene gebied is robuuster dan het andere en het ene natuurtype heeft meer veerkracht dan het andere. Bovendien wordt de robuustheid beïnvloed door de ruimtelijke samenhang, het beheer en de kwaliteit van gebieden.
Vanuit de belangrijkste klimaateffecten zijn er aanknopingspunten voor klimaatadaptatie voor natuur te formuleren.

- De effecten van hogere temperatuur en andere neerslagpatronen op de abiotische kwaliteit zijn in veel gevallen op te vangen door gericht beheer, aanpassingen in de hydrologie en aanpakken van externe bronnen van stressfactoren (bv. eutrofiëring door industrie en landbouw).
- De effecten van frequenter en heftiger extremen in het weer op populaties zijn op te vangen door benutten van gradiënten, heterogeniteit en eventueel het vergroten van gebieden.
- Verschuivende klimaatzones hebben tot gevolg dat verspreidingspatronen van soorten veranderen. Om soorten in staat te stellen die verschuiving te volgen, zijn natuurgebieden die ruimtelijk met elkaar samenhangen belangrijk, op zowel regionale als internationale schaal.

De provincie Gelderland realiseert zich dat klimaatadaptatiemaatregelen nodig zijn om klimaatbestendige systemen voor de waterhuishouding en de natuur te ontwikkelen. Vanuit het klimaatadaptatieprogramma bestaat de ambitie om drie internationale klimaatcorridors te ontwikkelen: zones die erop gericht zijn gebieden op grote schaal met elkaar te verbinden en gradiënten in samenhang te ontwikkelen. Veelal zullen de zones multifunctioneel ingericht worden (opgenomen in de 'Beleidsuitwerking natuur en landschap'). Specifiek gaat het om drie corridors:

- Bekencorridor: Veluwe-Winterswijk, met wellicht aansluiting op het bekenlandschap in Munsterland.
- Uiterwaardencorridor: verbinding via het Rijn-systeem (hier wordt al een aantal projecten uitgevoerd, zoals in het kader van Ruimte voor de Rivier en de natuurlijke klimaatbuffer IJsselpoort).
- Stuwwalcorridor: verbinding van vooral bossen op stuwwallen: Veluwe - Montferland - Reichswald, met aansluiting naar Maaswoud, Eifel, Ardennen.

1.3 Onderzoeksvraag: gevolgen voor EHS in Gelderland

De vraag is nu of de herijkte EHS, inclusief de drie klimaatcorridors, voldoende klimaatbestendig is om de ambities voor natuur te realiseren. Het gaat daarbij om zowel de internationale doelen die in Natura 2000 en KRW-gebieden worden nagestreefd als de doelen voor de herijkte EHS, beschreven in Beheertypen.

De hoofdvraag van het project is:
Zijn de natuurgebieden in de herijkte EHS klimaatbestendig of zijn er nog aanvullende maatregelen nodig om de gestelde ambities te realiseren?

De volgende deelvragen worden beantwoord om de hoofdvraag te kunnen beantwoorden:

1. Welke natuurdoelen zijn qua abiotische verandering (voedselrijkdom en hydrologie) het meest gevoelig voor klimaatverandering en waar liggen ze?
2. Waar liggen kansen voor gradiënten (variatie bodemtypen en grondwatertrappen, kwel, overstromingsdynamiek), worden deze benut in de herijkte EHS?
3. Zijn gebieden voldoende groot voor duurzame populaties bij toename weersextremen?
4. Waar liggen gebieden die ruimtelijk verbonden zijn met andere gebieden op provinciale schaal?

5. Waar liggen gebieden die grensoverschrijdend met natuur in Duitsland ruimtelijk goed verbonden zijn, waar liggen waar liggen geïsoleerde gebieden?
6. Welke typen oppervlaktewateren zijn ecologisch (potentieel) belangrijk, hoe wordt de kwaliteit ervan beïnvloed door stijgende temperatuur in combinatie met vaak sterkere wisseling in waterstanden en wat betekent dit voor de biodiversiteit (hoe komen de HEN-wateren (water van het hoogste ecologische niveau) en SED-wateren (water met specifieke ecologische doelstelling) en natte ecologische verbindingszones uit deze analyse? Welke aanvullende maatregelen zijn nodig?
7. Waar liggen regio's die (op basis van analyse van de EHS gebieden in die regio) voor meerdere van de bovenstaande vragen goed scoren en waar liggen regio's die slecht scoren? Oftewel, waar liggen klimaatbestendige gebieden en waar liggen kwetsbare gebieden?

1.4 Projectdoelstelling

Het doel van het project is duidelijk te maken waar nog aanvullingen nodig zijn in de herijkte EHS om het geheel van natuurgebieden klimaatbestendig te maken. Het gaat om een identificatie van gebieden of regio's in de provincies waar extra maatregelen op het gebied van inrichting of beheer nodig zijn. Dat kan gaan om gebieden binnen de herijkte EHS, maar ook om buffergebieden rondom EHS-gebieden dan wel om corridors tussen natuurgebieden.

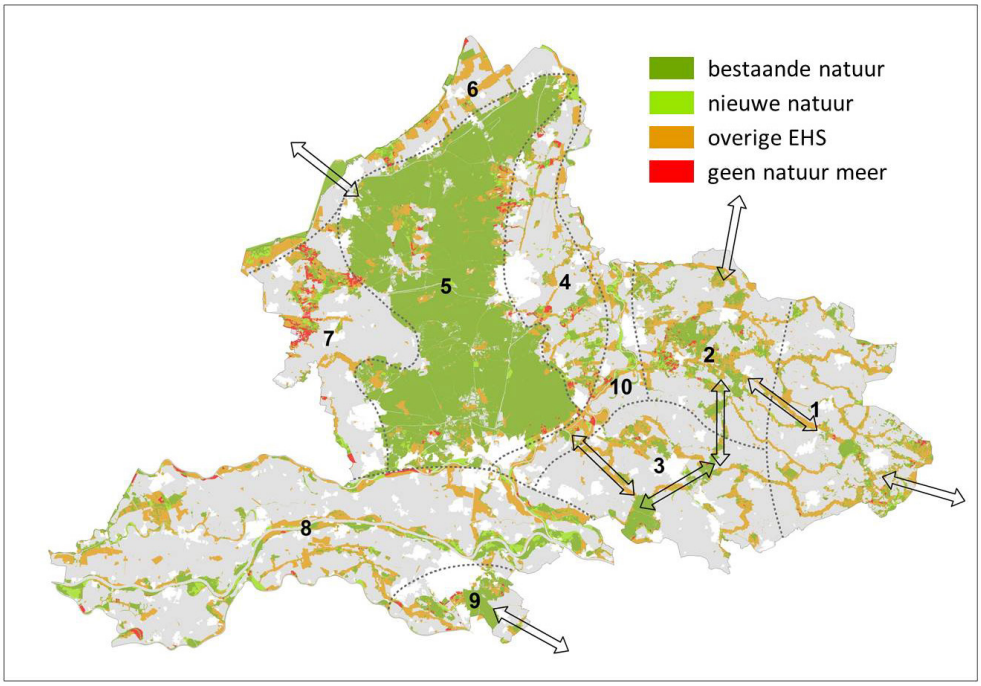
2 Methoden

2.1 Hoofdlijnen aanpak

De methoden voor deze studie zijn erop gericht om uiteindelijk regio's te kunnen identificeren waar de herijkte EHS in Gelderland klimaatbestendig is en regio's waar aanvullende maatregelen nodig zijn. Uitgangspunt is dat er gewerkt wordt met bestaande kennis. De resultaten hebben een kwalitatief karakter. De methoden volgen de vragen zoals we die willen beantwoorden, er zijn dan ook de volgende onderdelen te onderscheiden:

- Abiotische gevoeligheid.
- Opvangen weersextremen.
- Bieden van ruimtelijke samenhang op provinciale en internationale schaal.
- Integratie van bovenstaande onderdelen.

Rode draad in de aanpak is om de effecten van klimaatverandering te duiden naar de mate waarin het natuurdoelen beïnvloedt, en in hoeverre natuurdoelen weinig tot zeer kwetsbaar zijn voor die klimaatverandering. We doen geen uitspraken over de opgaven die er nu al liggen voor abiotische kwaliteit, waterhuishouding of ruimtelijke kwaliteit. Dus over de opgaven voor het huidige beleid zonder rekening te houden met klimaatverandering. Onder het huidige beleid verstaan we beleid zoals dat is beschreven in Beleidsuitwerking Natuur en Landschap, de PAS (terugdringen stikstofdepositie bij Natura 2000-gebieden) en het provinciaal Waterplan Gelderland (waterhuishouding met TOP-gebieden). Het huidige beleid wordt wel bij de discussie en aanbevelingen betrokken.

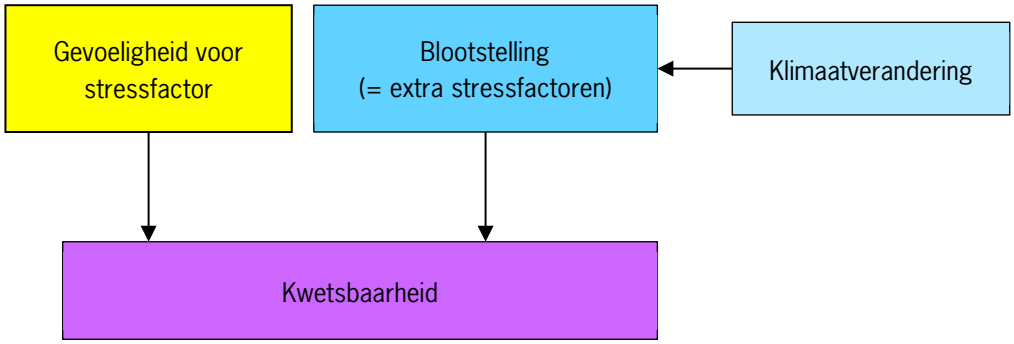


Figuur 2

Herijkte EHS met tien regio's waarvoor de resultaten zullen worden samengevat. 1 = Oost-Achterhoek, 2 = Graafschap en omgeving, 3 = Liemers en Oude IJssel, 4 = Oostflank Veluwe-IJsselvallei, 5 = Veluwe, 6 = Veluwe-Randmeren, 7 = Gelderse Vallei, 8 = Rivierenland, 9 = Rijk van Nijmegen, 10 = IJsselcorridor.

De resultaten van de onderdelen van de klimaattoets worden uiteindelijk beschreven op het niveau van regio's. Deze regio's zijn geïdentificeerd naar aanleiding van de eerdere toets van de herijkte EHS (figuur 2.1). Dit schaalniveau biedt voldoende onderscheid tussen gebieden voor een handelingsperspectief, en doet tegelijkertijd recht aan het detailniveau van de data die gebruikt worden en het verkennende karakter van het onderzoek.

Gebieden binnen de EHS krijgen per getoetst onderdeel een score die weergeeft hoe kwetsbaar het gebied is voor veranderingen in het klimaat. Die kwetsbaarheid is het resultaat van twee factoren. Enerzijds is dat de gevoeligheid van het natuurdoel voor de diverse gevolgen van klimaatverandering. Anderzijds is dat de mate waarin die gevolgen van klimaatverandering ook daadwerkelijk optreden in dat gebied. Deze relatie tussen gevoeligheid, blootstelling en kwetsbaarheid is een benadering die ook door het IPCC wordt gebruikt (IPCC, 2007), het wordt veelvuldig toegepast in studies naar de gevolgen van klimaatverandering op verschillende maatschappelijke aspecten (figuur 2.2). Gevoeligheid heeft bijvoorbeeld te maken met gevoeligheid van natuurdoelen voor uitdroging. De mate waarin die uitdroging optreedt kan verschillen tussen verschillende gebieden van de provincie.



Figuur 2.2
Relatie tussen klimaatverandering en kwetsbaarheid van natuurdoelen. Kwetsbaarheid hangt af van gevoeligheid en blootstelling (naar IPCC, 2007).

De gevoeligheid van natuurdoelen voor een aantal stressfactoren halen we uit verschillende literatuurbronnen en uit aanvullende analyses. De mate van verandering wordt ook op literatuur, modelresultaten en expertkennis gebaseerd. Per factor waarop getoetst wordt, worden de bronnen vermeld.
De relatie tussen gevoeligheid, mate van verandering (betekent in feite blootstelling aan extra stress) en kwetsbaarheid is in de matrix in figuur 2.3 weergegeven. De kwetsbaarheid geeft uiteindelijk de behoefte aan aanvullende maatregelen weer.

Gevoeligheid natuurdoel → Mate van blootstelling aan gevolgen van klimaatverandering ↓	Weinig gevoelig	Matig gevoelig	Gevoelig
Gering	Weinig kwetsbaar	Weinig kwetsbaar	Kwetsbaar
Matig	Weinig kwetsbaar	Kwetsbaar	Zeer kwetsbaar
Sterk	Kwetsbaar	Zeer kwetsbaar	Zeer kwetsbaar

Figuur 2.3
Combinatie van gevoeligheid van natuurdoel voor verandering in klimaat, met de mate waarin het natuurdoel ook daadwerkelijk blootgesteld is aan de effecten van klimaatverandering, leidt tot een mate van kwetsbaarheid.

Per regio en per factor berekenen we welk aandeel van de EHS weinig kwetsbaar, kwetsbaar of zeer kwetsbaar is. Dit wordt vervolgens in een tabel samengevat, met in het algemeen de volgende opbouw. De score in de laatste kolom is een samenvattend kwalitatief oordeel op basis van de verdeling van de percentages over de categorieën kwetsbaarheid. Daarbij worden de categorieën Kwetsbaar en Zeer Kwetsbaar opgeteld, en vervolgens wordt er een eindscore bepaald: 0-33% = weinig kwetsbaar, 34-66% = kwetsbaar, 67-100% = zeer kwetsbaar
Als er geen analyse op basis van de oppervlakten gedaan wordt, wordt een kwalitatieve inschatting gemaakt van kwetsbaarheid, zodat er toch een eindscore voor de regio is.

Tabel 2.1
Voorbeeldgetallen voor bepaling van kwetsbaarheid van de EHS per regio. Per klimaat-gerelateerde stressfactor wordt bepaald welk deel van de EHS 'weinig kwetsbaar', 'kwetsbaar' of 'zeer kwetsbaar' is. De eindscore wordt gebaseerd op de som van 'kwetsbaar' en 'zeer kwetsbaar'.

	Weinig kwetsbaar	Kwetsbaar	Zeer Kwetsbaar	Eindscore
Regio 1	30%	50%	20%	Zeer kwetsbaar
Regio 2	60%	20%	20%	Kwetsbaar
3				
…				

De analyse is uitgevoerd voor de beheertypen (Index NL in het kader van de SNL) en in een aantal gevallen vertaald naar ecosysteemtypen en de verschillende onderscheiden regio's. In principe werken we met het W+ en het W scenario (zie tekstbox 'Klimaatscenario's' in hoofdstuk 1) met een tijdshorizon van 2050. Het zijn de warmere scenario's, waarbij het W+ scenario is het meest extreem is qua neerslagverdeling, met de meeste kans op zomerdroogte. Het W scenario heeft vooral veel neerslag in de winter.
In bijlage 1 staat een overzicht van gebruikte kaarten die de basis vormen van de verschillende analyses die in de volgende paragrafen verder uitgewerkt worden.

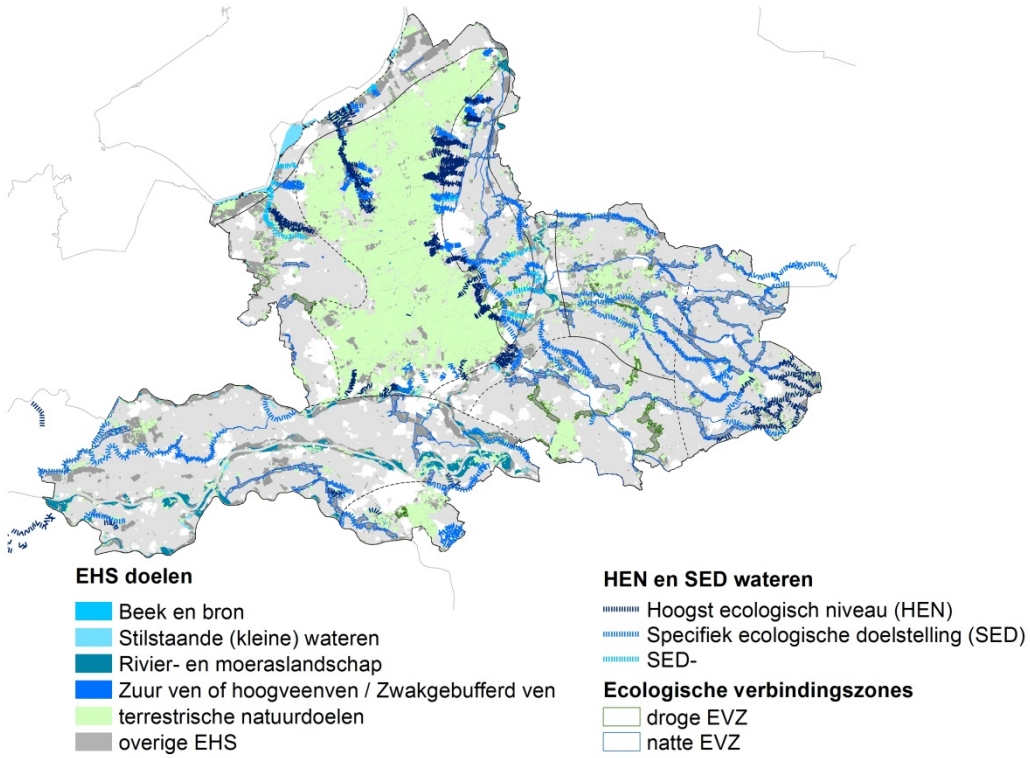
2.2 Abiotische gevoeligheid (oppervlaktewater en bodemkwaliteit)

2.2.1 Oppervlaktewater

Klimaatverandering heeft een belangrijke invloed op hydrologische processen. De gevolgen van klimaatverandering voor aquatische beheertypen worden grotendeels beoordeeld aan de hand van de gevoeligheid van aquatische typen zoals die beschreven is door Besse et al. (2011). In dat rapport is voor aquatische beheertypen op landelijke schaal een kwalitatieve inschatting gemaakt van de gevoeligheid en kwetsbaarheid voor klimaatverandering. Er is rekening gehouden met zo'n 25 processen (abiotisch en biotisch) die door klimaatverandering worden beïnvloed (zie bijlage 2). De kwetsbaarheid hangt bij de inschatting af van de fysisch geografische regio. Om een beter idee te krijgen van de veranderingen in de hydrologie in Gelderland hebben we resultaten van het NHI (Nationaal Hydrologisch Instrumentarium) gebruikt (De Lange et al., 2012).

De ambities van de provincie Gelderland voor aquatische natuur baseren we op beheertypen, de ligging van 'HEN- en SED wateren' en de KRW-doelen. Binnen de EHS is het aandeel van de gebieden, waarvoor een aquatisch beheertype is gedefinieerd, relatief klein, zie tabel 2.2. Samen bedragen ze zo'n 6100 ha, zo'n 3% van de EHS. Echter, veel beekdalen in vooral Oost-Gelderland zijn wel aangewezen als EHS ('overige EHS') en overlappen vaak met natte ecologische verbindingszones. In totaal heeft over de hele provincie ca. 33% van het oppervlakte van de EHS als doelaanduiding 'overige EHS'. De categorie 'overige EHS' is in feite een zoekgebied, waarbinnen nog 5% van het oppervlakte de bestemming natuur krijgt. Voor het overige zijn in deze gebiedscategorie andere functies leidend, met name landbouwkundig gebruik, maar rode functies worden geweerd.

In de beekdalen liggen ook vaak HEN of SED wateren (uit het Provinciale Waterplan, zie tekstbox hierna) en wateren met een KRW-doel. Om te toetsen of de doelen haalbaar zijn bij klimaatverandering doen we vooral kwalitatieve uitspraken, rekening houdend met de brede invulling die mogelijk is binnen de huidige formulering van de ambities.



Figuur 2.4

Ligging van aquatische doelen in de provincie Gelderland: EHS en provinciaal beleid.

Tabel 2.2

Aquatische beheertypen binnen de herijkte EHS.

	Beheertype	hectare	% van EHS
N02.01	Rivier	1612	0.78%
N03.01	Beek en bron	270	0.13%
N04.01	Kranswierwater	1520	0.73%
N04.02	Zoete plas	1697	0.82%
N05.01	Moeras	896	0.43%
N06.05	Zwakgebufferd ven	22	0.01%
N06.06	Zuur ven of hoogveenven	84	0.04%
L01.01	Poel en klein historisch water	81	0.04%

HEN- en SED-wateren en natte ecologische verbindingszones (EVZ's)

In het provinciaal waterplan is een aantal doelen geformuleerd voor oppervlakte-wateren die aanvullend is op de indeling in beheertypen:

- HEN-water: water van het hoogst ecologische niveau. Het benadert de meest een natuurlijke situatie. De provincie wil die ecologische waarde beschermen en eventuele negatieve beïnvloeding terugdringen. HEN-wateren vallen volledig samen met de EHS (pag. 42 PWP 2010-2015).
- SED-water: water met een specifiek ecologische doelstelling. Deze kennen enige menselijke beïnvloeding, maar hebben een ecologische waarde of kunnen die door een relatief geringe inspanning krijgen. De meest natuurlijke situatie ligt voor deze wateren echter niet in het verschiet. De provincie wil vooral de natuurwaarden herstellen en beschermen.
- Ecologische verbindingszones.
  Natte ecologische verbindingszones maken deel uit van de ecologische hoofdstructuur (EHS). Ecologische verbindingszones verbinden natuurgebieden binnen de EHS met elkaar. Beken of andere watergangen vormen vaak de as van de natte ecologische verbindingszone. Door veranderingen in het klimaat zijn deze verbindingen extra belangrijk.

(http://www.gelderland.nl/smartsite.dws?id=3564 en http://www.gelderland.nl/smartsite.dws?id=3515 ; 15 okt 2012).
Zie verder PWP, maar beschrijving blijft daarin ook vrij algemeen. Natte ecologische verbindingszones worden niet als continue zone ingericht, maar wel aandacht voor waterhuishouding, landgebruik, etc.

Voor de kwalitatieve analyse van de kwetsbaarheid hebben we de beheertypen en de KRW-typen die in Gelderland voorkomen vertaald naar watertypen (zie tabel 2.3), zodat we de relatie konden leggen met de kennis over de gevolgen van klimaatverandering voor aquatische ecologie (Besse et al., 2011). De gevoeligheid voor klimaatverandering van de watertypen is door Besse et al. (2011) generiek voor de oppervlaktewateren in Nederland ingeschat, deze is ook in tabel 2.3 weergegeven. Dit vormt de basis voor de inschatting van de kwetsbaarheid van de Gelderse oppervlaktewateren voor klimaatverandering.
De kwetsbaarheid per regio schatten we in op basis van de volgende kenmerken:

- de aanwezige watertypen en hun gevoeligheid,
- aanwezigheid van sterke kwel (werkt verkoelend en voorkomt uitdrogen),
- blootstelling (op basis van NHI, Besse et al. (2011) en expert inschatting).

2.2.2 Bodemkwaliteit

Grondwater

Grondwater en vooral de grondwaterstand en kwel zijn van belang voor een aantal terrestrische beheertypen. Niet alle typen zijn afhankelijk van de grondwaterstand. Op de Veluwe komen veel gebieden voor waar de grondwaterstand zo laag is dat deze niet bereikbaar is voor de vegetatie. Deze typen zijn vooral afhankelijk van de directe neerslag (en bodemomstandigheden). Vooral het gevolg van veranderingen in de grondwaterstand door een veranderend klimaat in de zomer is van belang, maar ook de grondwaterstand aan het begin van het groeiseizoen speelt een rol. Daarom is in deze studie gekeken naar de verandering in GVG (gemiddelde voorjaarsgrondwaterstand) en GLG (gemiddelde laagste grondwaterstand) in 2050 volgens het W^+-scenario en het G-scenario ten opzichte van de huidige situatie. Hiervoor zijn de resultaten van het NHI (Nationaal Hydrologisch instrumentarium, De Lange et al., 2012) gebruikt. Van het NHI zijn op het ogenblik helaas geen resultaten voor het W-scenario bekend, daarom is in plaats daarvan gebruik gemaakt van het G-scenario (voor uitleg scenario's zie tekstbox in hoofdstuk 1).

Tabel 2.3

Vertaling van beheertypen en KRW doelen naar watertypen die gerelateerd kunnen worden aan gevoeligheid voor klimaatverandering. De gevoeligheid voor klimaatverandering is overgenomen uit Besse et al. (2011) en is landelijk gemiddelde. Hoe dit in Gelderland uitpakt wordt in hoofdstuk 3 beschreven (1 = weinig gevoelig , 5 = zeer gevoelig).

Watertype	**Beheertype**	**KRW type**	**Gevoeligheid (landelijk gemiddelde)**
Bronnen			5
	N03.01 Beek en bron		
Droogvallende stromende wateren			3
	N03.01 Beek en bron		
Kleine permanente stromende wateren			4-5, afhankelijk van trofie
	N03.01 Beek en bron	R4: Permanent langzaam stromende bovenloop op zand,	
		R5: Langzaam stromende middenloop/benedenloop op zand	
Grote permanente stromende wateren			3
	N03.01 Beek en bron	R6: Langzaam stromend riviertje op zand/klei	
Rivieren en nevengeulen			2
	N02.01 Rivier	R7: Langzaam stromende rivier/nevengeul op zand/klei	
Kanalen			1
		M3: Gebufferde (regionale) kanalen,	
		M6a: Grote (ondiepe) kanalen,	
		M7b: Grote (diepe) kanalen,	
Meer			2
	N04.01 Kranswierwater		
Plas			3
	N04.02 Zoete plas	M14: Ondiepe (matig grote) gebufferde plassen,	
Sloten			3-5 afhankelijk van trofie
	N04.02 Zoete plas	M1a: Gebufferde sloten (overgangssloten, sloten in rivierengebied)	
		M2: Zwak gebufferde sloten (poldersloten)	
Poelen			5
	N18.01 Poel en klein historisch water		
Vennen			4-5 afhankelijk van trofie en grootte
	N06.05 Zwak gebufferd ven		
	N06.06 Zuur ven of hoogveen-ven		
Broekmoerassen (incl. uiterwaarden)			2
	N05.01 Moeras		
Hoogveenmoerassen			5
	N05.01 Moeras		

Gevoeligheid voor droogte
Gevoeligheid van beheertypen voor droogte door klimaatverandering is beoordeeld op basis van eerdere studies en expert judgement: studies naar abiotische randvoorwaarden (Wamelink et al., 2011a; Wamelink en Van Adrichem, 2011), Natuurdoelen en Klimaatverandering (Besse et al., 2011) en de studie voor Noord-Brabant (Geertsema et al., 2011). Droogte wordt vooral veroorzaakt door de grotere kans op perioden zonder neerslag in de zomers.

Extra blootstelling door klimaatverandering
Met het NHI is ingeschat hoe sterk de GVG en de GLG veranderen. Per regio wordt de mate van verandering in klassen aangegeven. Kwel vormt naast grondwater een belangrijke factor voor natuurkwaliteit. Kwel vormt een tegenwicht tegen verdroging tijdens perioden met weinig neerslag. De aanwezigheid van sterke kwel leidt daarom tot minder sterk doorwerken van perioden van droogte. Aanwezigheid van kwel wordt ingeschat op basis van de kwelkaart van de provincie (bijlage 1 en 3). Kwel kan ook zorgen voor de aanvulling van de basenvoorraad in de wortelzone en zo verzuring tegen gaan. Daarnaast kan kwel door vernatting het effect van vermesting deels te niet doen via de optredende denitrificatie onder natte omstandigheden. De huidige situatie is ook betrokken bij de analyse, waardoor beoordeeld kon worden of er nog ruimte is om eventuele negatieve veranderingen als gevolg van klimaat op te vangen of dat klimaatverandering een al bestaand probleem vergroot.

Stikstof en pH
Veranderingen in hydrologie én verandering in temperatuur leiden tot veranderingen in bodemchemische en –biologische processen. Vooral de verandering in mineralisatie door hogere temperaturen in combinatie met droogte kan leiden tot toename van voedselrijkdom (grotere beschikbaarheid van stikstof en veranderingen in pH; Wamelink et al., 2011b). Tegelijkertijd kan verhoging van het grondwater leiden tot vertraging van mineralisatie omdat er minder zuurstof beschikbaar is en er meer denitrificatie optreed (Bartholomeus et al., 2011).

Gevoeligheid voor stikstof en pH
De gevoeligheid van beheertypen voor verzuring en toename van voedselrijkdom worden afgeleid uit eerdere studies: studies naar abiotische randvoorwaarden (Wamelink et al., 2011a, 2011b, Wamelink en Van Adrichem, 2011), Natuurdoelen en Klimaatverandering (Besse et al., 2011) en de studie voor Noord-Brabant (Geertsema et al., 2011). Als belangrijke exponent van vermesting en ook verzuring is ook gebruik gemaakt van de stikstofdepositie en de huidige overschrijding van de kritische depositiewaarden voor stikstof (Van der Grift et al., 2012).

Extra blootstelling door klimaatverandering
Er zijn geen ruimtelijke data over verandering van N en pH voor Gelderland onder invloed van klimaatverandering. De toename van de beschikbaarheid van stikstof door klimaatverandering zelf wordt mede beïnvloed door verdroging (toename mineralisatie), die wordt afgeleid van het NHI. Verzuring kan plaats vinden als gevolg van een toegenomen mineralisatie (Stevens et al., 2011). Verder zijn er gegevens over de mate waarin normen voor N (depositie) en pH in de huidige situatie worden overschreden voor natuurdoelen (zie voor de Natura 2000-gebieden: Van der Grift et al., 2012). Dit geeft een indicatie van de mate waarin gevolgen van klimaatverandering tot extra stress leiden. Immers wanneer gebieden ruim onder de norm voor voedselrijkdom of pH zitten, dan zal een toename door klimaatverandering niet direct tot extra stress leiden. Op basis van deze informatie, gecombineerd met expertkennis is een inschatting van de mate van blootstelling door klimaatverandering ingeschat per regio. Daarnaast is geschat voor beheertypen hoe gevoelig ze zijn voor klimaatverandering. Dit is gedaan op basis van de kritische depositiewaarden voor de beheertypen (zie bijlage 3). Een zelfde soort schatting is gemaakt voor de invloed van verzuring op beheertypen en hoe gevoelig deze daarvoor zijn. De schattingen voor de beheertypen zijn gecombineerd met de huidige druk voor stikstof en verzuring om tot een eindoordeel te komen.

2.3 Opvangen extremen in het weer

2.3.1 Populaties groot genoeg om fluctuaties op te vangen

Als gevolg van klimaatverandering nemen extremen in het weer toe in heftigheid en frequentie. Dit leidt tot extra schommelingen in populatiegrootte bij dieren en planten. Om deze extra schommelingen op te kunnen vangen zijn grotere gebieden nodig die ruimte bieden aan grotere populaties. Er is nog betrekkelijk weinig bekend over hoe groot de extra populatieschommelingen als gevolg van klimaatverandering zullen zijn. Wel is het bekend dat sommige soortgroepen zoals insecten en amfibieën gevoeliger zijn voor weer variatie dan bijvoorbeeld zoogdieren en vogels. Op basis van deze soorteigenschappen is een inschatting gemaakt van de mate waarin populaties groter moeten zijn om de schommelingen op te vangen.

Naast de effecten van weersextremen speelt nog een effect van klimaatverandering door op de ontwikkelingen van populaties, namelijk het verschuiven van geschikte klimaatzones. Afhankelijk van de ligging van Nederland ten opzichte van de verschuivende geschikte klimaatzones worden de volgende responsgroepen onderscheiden (Van der Veen et al. 2010):

- Uitbreidende soorten: het klimaat wordt geschikter in Nederland
- Terugtrekkende soorten: het klimaat wordt ongeschikter in Nederland
- Centrale soorten: Nederland blijft tot 2080 in het centrum van de geschikte klimaatzone.

Als de omstandigheden gunstiger worden neemt de draagkracht van leefgebieden toe, bij ongunstigere omstandigheden neemt de draagkracht af en voor de overige soorten blijft de draagkracht gelijk.

Voor de analyse van Gelderland is een uitsnede gemaakt uit een landelijke analyse (De Knegt et al., 2011; Pouwels et al., in voorbereiding). In deze landelijke analyse met de Metanatuurplanner is voor de oorspronkelijke EHS, exclusief de robuuste verbindingen, verkend voor hoeveel soorten een gebied groot genoeg is voor een sleutelpopulatie met de huidige normen en met de 'klimaatnormen', normen die rekening houden met de extra populatieschommelingen. Daarnaast is de draagkracht van gebieden aangepast aan het al dan niet opschuiven van de geschikte klimaatzone van soorten. De analyse is uitgevoerd voor vogels, dagvlinders en planten.
Tabel 2.4 geeft een overzicht per soortgroep van de extra omvang van sleutelpopulaties, die nodig is bij klimaatverandering. Daarnaast is de verandering in draagkracht van leefgebieden aangegeven rekening houdend met het verschuiven van geschikte klimaatzones.

Wat is een Sleutelpopulatie: voor het duurzaam voorkomen van soorten is het belangrijk dat leefgebieden voldoende omvang hebben en onderdeel uitmaken van een ecologisch netwerk, waarbij uitwisseling plaatsvindt tussen de afzonderlijke gebieden (Opdam et al., 1993). De aanwezigheid van sleutelgebieden binnen het ecologisch netwerk vergroot de kans op overleving sterk (Verboom et al., 2001). Sleutelgebieden bieden ruimte aan vrij grote populaties en hebben een stabiliserende werking op aantal schommelingen en vergroten de kans op aanwezigheid van de soort in het gehele netwerk.

Voor de analyse is geen onderscheid mogelijk tussen het W- en het W+-scenario. Voor beide scenario's worden grotere kansen op extremen voorspeld, er is echter onvoldoende bekend wat het verschil is op de effecten op populatieschommelingen om verschillende analyses voor de beide scenario's te kunnen onderbouwen. De opschuivende klimaatzones zijn berekend op basis van verschillende IPCC scenario's en empirische data (Vonk et al., 2010).

Tabel 2.4

Toename normen (vermenigvuldigingsfactor) voor de omvang van sleutelpopulaties rekening houdend met klimaatverandering. Door klimaatverandering is een hogere norm nodig ten opzichte van de huidige situatie om fluctuaties door weersextremen op te kunnen vangen. Verandering in draagkracht van leefgebieden voor soorten waarvoor het klimaat in Nederland geschikter wordt (uitbreidende soorten), ongeschikter wordt (terugtrekkende soorten) of geschikt blijft (centrale soorten).

Soortgroep	Verandering normen Sleutelpopulatie (rekening houdend met weersextremen)	Verandering in Draagkracht (als gevolg van verschuivende klimaatzones)
Vogels 1: langlevende soort	1.2	
Vogels 2: middellang langlevende soort	1.5	
Vogels 3: kortlevende soort	2	
Dagvlinders – evertebraten	3	
Planten 1 : meerjarig met zaadbank	1.2	
Planten 2 : 1 of 2 jarig met zaadbank; meerjarig zonder zaadbank	1.5	
Planten 3 : 1 of 2 jarig zonder zaadbank	2	
Uitbreidende soorten nu		4
Uitbreidende soorten rond 2050		2
Terugtrekkende soorten nu		0.25
Terugtrekkende soorten rond 2050		0.50
Centrale soorten		1

De analyse geeft een beeld van de gebieden in de herijkte EHS die groot genoeg zijn voor alle doelsoorten om de extra aantalsschommelingen en veranderingen in de draagkracht van leefgebieden als gevolg van klimaatverandering op te kunnen vangen. Daarnaast zullen er gebieden zijn die een afname laten zien van de fractie soorten die, rekening houdend met klimaatverandering, een sleutelpopulatie kunnen vormen.
De gevoeligheid wordt bepaald door de daling van het percentage soorten dat in een gebied een sleutelpopulatie haalt te berekenen tussen de huidige situatie en de situatie met klimaatverandering (zie tabel 2.5

Tabel 2.5

De gevoeligheid als gevolg van klimaatverandering wordt berekend door de verandering in het percentage soorten dat in een gebied een sleutelgebied haalt (uitgedrukt in klassen) te bepalen volgens de huidige norm en volgens de klimaatnorm.

% soorten met sleutelgebied	huidig→	0	0.1-10	10-25	25-50	50-100
	klimaat ↓					
	0	niet gevoelig	gevoelig	zeer gevoelig	zeer gevoelig	zeer gevoelig
	0.1-10		niet gevoelig	gevoelig	zeer gevoelig	zeer gevoelig
	10-25			niet gevoelig	gevoelig	zeer gevoelig
	25-50				niet gevoelig	gevoelig
	50-100					niet gevoelig

2.3.2 Benutten van gradiënten om extremen op te vangen

Gradiëntrijke gebieden of gebieden met een hoge mate van heterogeniteit zijn gunstig voor het opvangen van weersextremen. De overgangen tussen bijvoorbeeld natte en droge condities zijn kansrijke gebieden waar zich geleidelijke overgangen kunnen ontwikkelen. Ook kwelgebieden zijn kansrijk voor de ontwikkeling van gradiënten.

De Shannon Index is een maat om de mate van heterogeniteit of het voorkomen overgangen tussen verschillende typen natuur in het landschap te kwantificeren. De Shannon Index wordt per grid van 25*25 m berekend op basis van de omgeving met een straal van 125m. De volgende kaarten zijn gebruikt voor het berekenen van de Shannon Index:

- Bodemkaart 2003, (De Vries et al., 2003), schaal 1 : 50.000, rasters van 25*25m
- Grondwatertrappen kaart 2006, (Van der Gaast et al., 2010), schaal 1 : 50.000, rasters van 25*25m.
- Kwelkaart, provincie Gelderland 2012. Kwel/infiltratie van de Veluwe/Vallei en Eem en Rijn en IJssel, rasters variabel 100*100m en 25*25m.
- Overstromingskaart (Van Eupen et al., 2002), rasters van 250*250m.

Bij een fijnmazige verdeling van bodemtypen en grondwatertrappen zijn er relatief veel overgangen in het landschap en is er sprake van een hoge heterogeniteit. De Shannon Index wordt berekend met het programma FRAGSTATS (McGarigal en Marks, 1994).

De Shannon Index geeft een beeld waar binnen èn buiten de EHS zich goede potenties bevinden voor de (verdere) ontwikkeling van heterogeniteit.
Het resultaat is een kaart met gradiëntrijke gebieden. Deze wordt gecombineerd met de kaart van de herijkte EHS. De vraag die we hierbij kunnen beantwoorden is of de gradiëntrijke gebieden onderdeel van de EHS zijn. Als dat het geval is, dan biedt de EHS kansen voor het opvangen van weersextremen. Gradiëntrijke gebieden buiten de EHS bieden goede potenties om de natuur te versterken, door via aanvullende maatregelen deze gradiënten verder te ontwikkelen. In tegenstelling tot de vorige toetscriteria vormen de gradiëntrijke gebieden een kans, niet zo zeer een bedreiging. Hier komen we in de discussie op terug.

De Shannon Index is verdeeld in klassen van geringe naar zeer hoge heterogeniteit (zie tabel 2.6). Per regio is de oppervlakte met hoge potentiele heterogeniteit berekend (klasse hoge en zeer hoge heterogeniteit). Vervolgens is per regio bepaald welk deel binnen de herijkte EHS valt en welk deel buiten de oppervlakte met hoge potentiële heterogeniteit.

Tabel 2.6
Vertaling van de heterogeniteitsscores van de Shannon Index naar potentiele heterogeniteit natuur.

Score Shannon Index	Potentiele heterogeniteit natuur
0 - 0.75	Gering
0.75 - 1.25	Laag
1.25 - 1.75	Gemiddeld
1.75 - 2.25	Hoog
> 2.25	Zeer Hoog

2.4 Ruimtelijke samenhang (binnen provincie en grensoverschrijdend)

2.4.1 Ruimtelijke samenhang binnen provincie

Ruimtelijke samenhang tussen gebieden binnen de provincie is van belang om op kleine schaal het verschuiven van soorten mogelijk te maken. Dit geeft ook mogelijkheden voor herstel na verstoring door bijvoorbeeld extreem weer. Het geeft ook mogelijkheden voor soorten met een gering verspreidingsvermogen om mee te schuiven met verschuivingen in klimaatzones. Mee schuiven met klimaatzones is een proces dat uiteindelijk op grote schaal zal moeten plaatsvinden. Op die schaal zijn gradiënten in het landschap aanwezig die normaliter niet binnen de invloedssfeer van de mens liggen, daarbij denken we bijvoorbeeld aan gradiënten van stuwwallen naar rivieren. Dergelijke gradiënten zorgen voor fragmentatie van vergelijkbare leefgebied. Soorten met een goed verspreidingsvermogen kunnen die fragmentatie overbruggen. Voor soorten met een gering verspreidingsvermogen zijn de grootschalige gradiënten een probleem. In uitzonderlijke gevallen is er wellicht toch verspreiding mogelijk, bijvoorbeeld 'meeliften' met drijfhout of grotere dieren, rivier oversteken als die in extreem koude winters is dichtgevroren. Bij onoverbrugbare barrières ligt de oplossing voor klimaatadaptatie uiteindelijk meer in de richting van de ruimte geven aan regionaal sterke ecosystemen. Een nadere analyse van dit probleem ligt echter buiten de scope van dit rapport, maar is wel relevant voor nader onderzoek.
Het is dus van belang dat natuurgebieden van vergelijkbare ecosystemen ruimtelijk zo veel mogelijk in netwerken verbonden zijn. De mate van verbondenheid is ingeschat via een analyse van de mate van versnippering van gebieden waar beheertypen voor zijn gedefinieerd.
Evenals bij de toets voor de herijking van de EHS (Van der Grift et al., 2012) is aangenomen dat gebieden die op een afstand van meer dan 500 m van elkaar verwijderd liggen, geïsoleerd zijn. In tegenstelling tot de toets voor de herijking kijken we nu naar de samenhang tussen gebieden van een vergelijkbaar ecosysteem. Op deze manier kunnen we robuuste en zwakke plekken identificeren waar aanvullende maatregelen nodig zijn. Vijf ecosystemen worden getoetst (tabel 2.7).

Tabel 2.7
Definitie ecosystemen op basis van analyse ruimtelijke samenhang beheertypen.

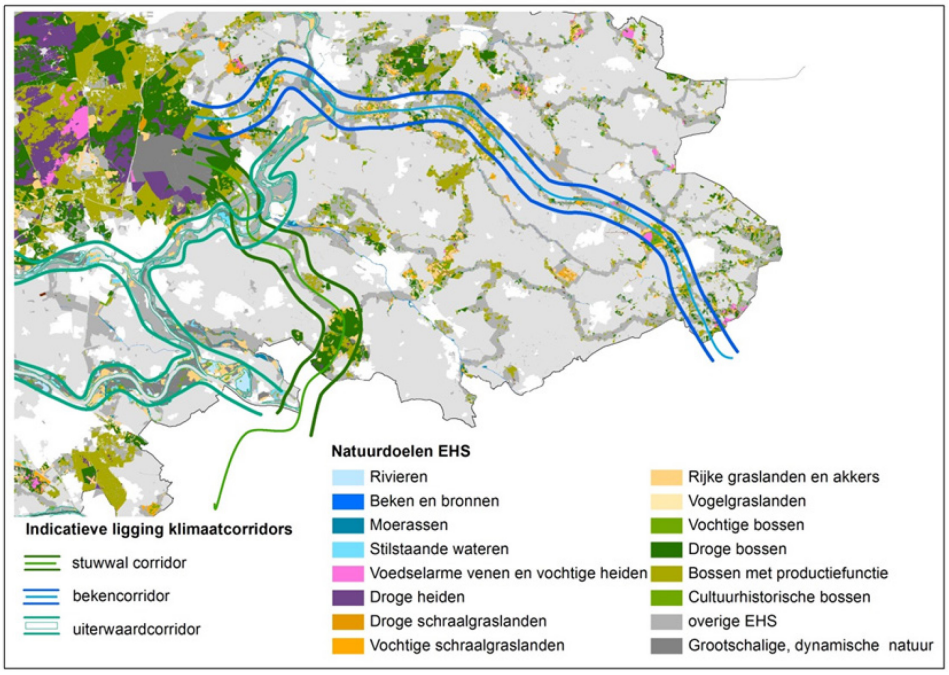
Ecosysteem	Beheertypen
Moerassen	Rivier- en moeraslandschap (N01.03), Rivier- en beekbegeleidend bos (N14.04), Rivier (N02.01), Kranswierwater (N04.01), Zoete plas (N04.02), Moeras (N05.01), Gemaaid rietland (N05.02), Zilt- en overstromingsgrasland (N12.04), Rietzoom en klein rietperceel (L01.14), Natuurvriendelijke oever (L01.15)
Heide	Veenmosrietland en moerasheide (N06.01), Trilveen (N06.02), Hoogveen (N06.03), Vochtige heide (N06.04), Zwakgebufferd ven (N06.05), Zuur ven of hoogveenven (N06.06), Droge heide (N07.01), Zandverstuiving (N07.02)
Graslanden	Nat schraalland (N10.01), Vochtig hooiland (N10.02), Droog schraalgrasland (N11.01), Bloemdijk (N12.01), Kruiden- en faunarijk grasland (N12.02), Glanshaverhooiland (N12.03)
Droge Bossen	Zand- en kalklandschap (N01.04), Haagbeuken- en essenbos (N14.03), Dennen-, eiken- en beukenbos (N15.02), Droog bos met productie (N16.01), Droog hakhout (N17.02), Park- en stinzenbos (N17.03), Houtwal en houtsingel (L01.02), Bossingel en bosje (L01.04), Knip- of scheerheg (L01.05), Struweelhaag (L01.06), Laan (L01.07), Hoogstamboomgaard (L01.09), Struweelrand (L01.10), Hakhoutbosje (L01.11), Bomenrij en Solitaire boom (L01.13)
Vochtige Bossen	Rivier- en beekbegeleidend bos (N14.01), Hoog- en laagveenbos (N14.02), Haagbeuken- en essenbos (N14.03), Vochtig bos met productie (N16.02), Vochtig hakhout en middenbos (N17.01), Eendenkooi (N17.04), Houtwal en houtsingel (L01.02), Elzensingel (L01.03), Knotboom (L01.08)

De maat die berekend wordt geeft de mate van ruimtelijke samenhang weer. Hoe meer samenhang, hoe groter de clusters. De grootte van de clusters gebruiken we om de gevoeligheid en de kwetsbaarheid in te schatten. Als aanknopingspunt gebruiken we de inschatting door Lammers et al. (2005), die het oppervlakte van clusters van gebieden koppelen aan robuustheid. Op basis daarvan gebruiken we de volgende inschatting van gevoeligheid: 0-500 ha = zeer kwetsbaar, 500-2000 ha = kwetsbaar, > 2000 ha = weinig kwetsbaar. Hier is dus geen rekening gehouden met het feit dat er ook soorten zijn die mozaïeken van bijvoorbeeld vochtige bossen en moerassen gebruiken.

2.4.2 Ruimtelijke samenhang grensoverschrijdend

Ruimtelijke samenhang tussen natuurgebieden is niet alleen van belang tussen natuurgebieden op provinciale schaal, maar juist ook tussen natuurgebieden in Gelderland en natuurgebieden andere provincies en in Duitsland. Naar andere provincies zijn de volgende ruimtelijke relaties relevant: de samenhang tussen de Veluwe en de Utrechts Heuvelrug, via de Gelderse Vallei; de relaties via het rivierengebied langs de IJssel, Rijn, Waal en Maas; de relatie van bossen in Gelderland, zoals het Rijk van Nijmegen en Montferland met de bossen in Limburg langs de Maas.

In deze studie richten we ons niet zozeer op de aansluiting met andere provincies, maar juist met de grensoverschrijdende verbindingen richting Duitsland. Die 'aantakking' is van belang om het 'mee schuiven' met klimaatzones van soorten mogelijk te maken. Om te toetsen in hoeverre het huidige beleid die mogelijkheid biedt, heeft de provincie indicatief enkele klimaatcorridors op kaart gezet:, een Bekencorridor, een Stuwwal corridor en een Uiterwaarden corridor (zie figuur 2.4). De klimaatcorridors zijn ook bedoeld om de ruimtelijke samenhang binnen de provincie te versterken. De corridors kunnen gezien worden als prioritaire gebieden voor versterken van ruimtelijke samenhang.



Figuur 2.4
Kaart van het oostelijk deel van de provincie met de indicatieve ligging van driet grensoverschrijdenden klimaatcorridors: Stuwwal corridor, Beken corridor, Uiterwaarden corridor.

Er wordt op twee manieren gekeken in hoeverre de corridors bijdragen aan klimaatbestendigheid van de EHS. Allereerst wordt voor de indicatieve corridors gekeken of de beheertypen ruimtelijke samenhang hebben of juist geïsoleerd zijn waarbij de informatie uit analyse van de ruimtelijke samenhang op provinciale schaal wordt gebruikt, aangevuld met plannen voor verbindingszones.
Vervolgens wordt kwalitatief gecheckt of de corridors ruimtelijk aansluiten op vergelijkbare natuur en plannen in Duitsland. Deze toets is alleen relevant voor de oostelijke regio's en niet voor geheel Gelderland.

2.5 Integratie onderdelen voor regio's

Bovenstaande onderdelen worden geïntegreerd naar regioniveau. Via een kwalitatieve inschatting wordt aangegeven welke onderdelen van klimaatbestendigheid sterk en welke zwak of neutraal zijn in de tien regio's (figuur 2.1). Elk van onderstaande criteria werd voor ieder van de tien gebieden gescoord: weinig kwetsbaar - kwetsbaar - zeer kwetsbaar en er wordt een totaaloverzicht gegeven.

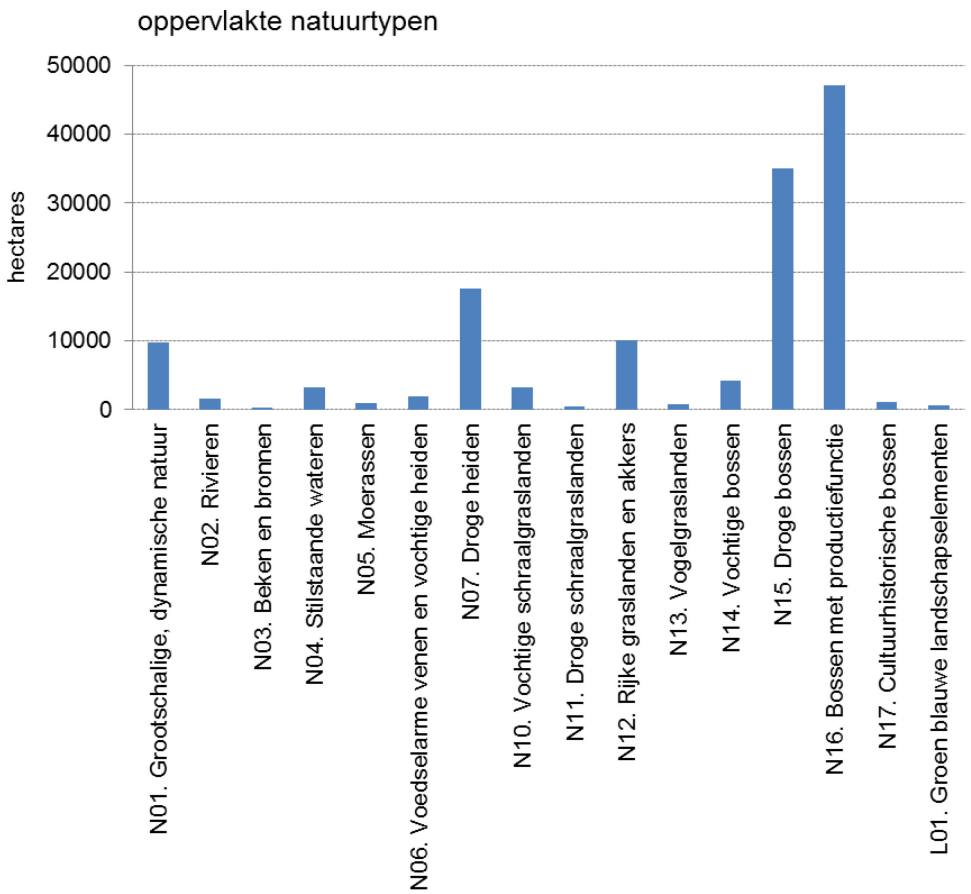
1. Kwetsbaarheid oppervlaktewater
2. Gevolgen voor abiotische kwaliteit: grondwater
3. Gevolgen voor abiotische kwaliteit: stikstof
4. Opvangen van extremen: duurzaamheid populaties (op basis van sleutelpopulaties)
5. Opvangen extremen: benutting van gradiënten binnen / buiten EHS = kans
6. Ruimtelijke samenhang binnen provincie
7. (Internationale aansluiting)

Op basis van het totaal overzicht is aan te geven welke regio's kwetsbaar zijn voor welke criteria en waar dus aanvullende maatregelen gewenst zijn. De uitwerking van aanbevelingen per regio wordt in hoofdstuk 4 gegeven.

3 Resultaten

3.1 Inleiding

In de bespreking van de resultaten spelen de beheertypen zoals die binnen de herijkte EHS worden gepland een belangrijke rol. Beheertypen zijn te groeperen naar natuurtypen. Figuur 3.1 laat zien hoe het oppervlakte over de natuurtypen is verdeeld. Bossen en droge heiden nemen het grootste aandeel in beslag. Daarnaast is een groot deel van de EHS, (niet in figuur opgenomen) ingedeeld als 'overige EHS'. Deze valt veelal samen met natte verbindingszones rondom beken, vooral in het oostelijk deel van de provincie. Binnen gebieden die tot de 'overige EHS' behoren is het de bedoeling dat uiteindelijk zo'n 5% van het oppervlakte (komt neer op ca. 7000 ha) een natuurbestemming krijgt. In de overige 95% zijn andere landgebruiksfuncties sturend, maar worden rode functies wel geweerd.



Figuur 3.1
Overzicht van oppervlakten per natuurtype binnen de herijkte EHS in Gelderland. De natuurtypen bestaan uit meerdere beheertypen.

De resultaten in dit hoofdstuk worden niet per natuurtype of beheertype gepresenteerd, maar per regio. De verdeling van de oppervlakte EHS per regio is in tabel 3.1 weergegeven.

Tabel 3.1
Oppervlaktes EHS per regio.

Regio	Oppervlakte regio (ha)	Oppervlakte EHS (ha)	Percentage EHS
1. Oost-Achterhoek	51.239	13.339	26%
2. Graafschap en omgeving	44.983	15.678	35%
3. Liemers en Oude IJssel	50.432	10.946	22%
4. Oostflank Veluwe-IJsselvallei	35.277	9.584	27%
5. Veluwe	111.471	94.221	85%
6. Veluwe-randmeren	19.677	7.389	38%
7. Gelderse Vallei	38.026	7.370	19%
8. Rivierenland	123.146	29.297	24%
9. Rijk van Nijmegen	15.004	5.235	35%
10. IJsselcorridor	22.215	7.006	32%

3.2 Abiotiek

3.2.1 Oppervlaktewater

De gevoeligheid van oppervlakte water voor klimaatverandering hangt met een groot aantal biotische en abiotische processen samen, de belangrijkste klimaatoorzaken zijn:

- Watertemperatuurstijging van ca. 2°C (verhoging van minimale, gemiddelde en maximale watertemperatuur).
- Stijging van de gemiddelde neerslag in de winter.
- Toename in frequentie en duur van perioden van droogte (warmere drogere zomers).
- Toename in frequentie van extreme neerslagincidenten.
- Toename in windsnelheid.

Stuk voor stuk veranderingen die over de hele provincie hetzelfde zijn. Het NHI berekent welke veranderingen in de hydrologie te verwachten zijn. Deze resultaten werken ook door in het oppervlaktewater, maar veel van de effecten op de aquatische ecosystemen blijken niet via het grondwater, maar via bovenstaande klimaatvariabelen in te werken (zie bijlage 2).

In elke watertype zijn er gevolgen van klimaatverandering te verwachten, maar in verschillende mate. De gevoeligheidsscore zoals die in Besse et al. (2011) was aangegeven, en in hoofdstuk 2 aangehaald wordt, passen we op een aantal punten aan voor de Gelderse situatie. In hoeverre dat landelijk ook zou moeten gelden laten we hier buiten beschouwing.

- Poelen, in plaats van de hoogste gevoeligheid 5 schatten we in dat een score van 3-4 beter is. Periodiek kunnen poelen droog vallen in droge zomers. Dit is voor vissen ongunstig. Voor amfibieën en macrofauna is droogval ook enigszins ongunstig, maar de terugslag van de vissen is juist gunstig, omdat vissen een nadelige invloed hebben op het andere soortgroepen. Uiteraard moet de frequentie van droogval van de poelen niet te hoog worden, omdat dan herstel van populaties de verstoring niet kan bijhouden.

- Rivieren, nevengeulen, broekmoerassen en uiterwaarden: in plaats van een vrij lage gevoeligheid (2) schatten we in door dat verhoging van temperatuur in combinatie met lage waterstanden in droge, warme zomers de kwaliteit van het water zo ver achteruitgaat, dat een gemiddelde gevoeligheid (3) beter op zijn plaats is.

De mate waarin de wateren in de verschillende regio's blootgesteld worden aan impact van klimaatverandering varieert licht. Zoals hierboven gezegd zal die variatie tussen regio's niet zitten in directe veranderingen in neerslag of de hogere temperaturen. Wel leidt de combinatie met antropogene invloeden (inrichting van het watersysteem) en invloeden van het fysisch geografische systeem, zoals bijvoorbeeld de aanwezigheid van sterke kwel tot variatie tussen regio's. Zo leidt de sterke kwel die aanwezig is in de flanken van de Veluwe (gebieden 4, 6) en Oost-Achterhoek er toe dat de blootstelling niet op sterk, maar sterk-matig geschat wordt. De inschatting van de kwetsbaarheid is wel onzeker. Er blijven veel vragen over, bijvoorbeeld hoe het kwelsysteem reageert op langjarige veranderingen in neerslagpatronen, hoe groot de veerkracht van de aquatische typen is om extremen op te vangen en te herstellen na bijvoorbeeld droogval, in hoeverre ligt het binnen de grenzen van menselijk ingrijpen dat systemen gevoelig of juist robuuster te maken zijn.

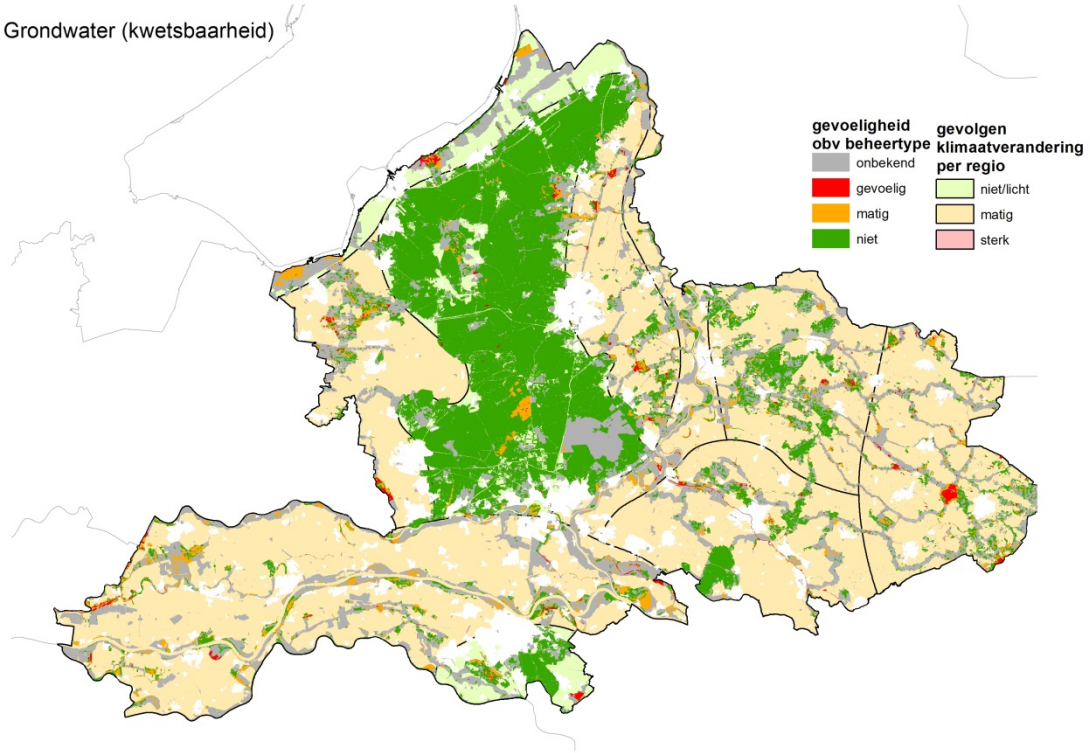
Tabel 3.2
Resultaten voor inschatting kwetsbaarheid oppervlaktewater voor de tien regio's.

Regio	Watertypen	Gevoeligheid	Blootstelling	Kwetsbaarheid
1. Oost-Achterhoek	bronnen, droogvallende beken (bovenlopen), kleine permanente beken, vennen, hoogveenmoerassen, poelen	zeer hoog	sterk-matig (sterke kwel tempert negatieve invloed)	zeer kwetsbaar - kwetsbaar
2. Graafschap en omgeving	kleine en grote stromende beken, poelen	zeer hoog	sterk	kwetsbaar
3. Liemers en Oude IJssel	kleine en grote stromende beken, poelen	zeer hoog	sterk	kwetsbaar
4. Oostflank Veluwe-IJsselvallei	bronnen, kleine permanente beken, vennen, poelen	hoog	-matig (sterke kwel tempert negatieve invloed)	kwetsbaar
5. Veluwe	kleine permanente beken, vennen	hoog	matig	kwetsbaar
6. Veluwe-randmeren	kleine permanente beken	hoog	matig	kwetsbaar
7. Gelderse Vallei	kleine permanente beken, poelen	matig	matig	matig kwetsbaar
8. Rivierenland	rivieren en nevengeulen, broekmoerassen, sloten	gering	matig	matig kwetsbaar
9. Rijk van Nijmegen	kleine permanente beken, vennen	zeer hoog	hoog	kwetsbaar
10. IJssel	rivieren en nevengeulen, broekmoerassen, sloten	gering	matig	matig kwetsbaar

3.2.2 Bodemkwaliteit

Grondwater (GLG en GVG)
De mate van verandering door GLG en GVG zoals die door het NHI wordt voorspeld betekent in grote lijnen dat een groot deel van Gelderland iets droger wordt, en de gebieden op de stuwwallen (vaak de hoog gelegen

gebieden) iets natter worden (zie bijlage 3). Het natter worden van de stuwwallen is relatief, het grondwater zit daar erg diep en blijft buiten de wortelzone. Als bron voor kwel aan de voet van de stuwwallen is dit wel een factor van belang.
De mate van verandering varieert per scenario, waarbij het G-scenario natter is dan het W^+-scenario. Tegelijkertijd liggen op de hoger gelegen delen vaak typen die onafhankelijk zijn van grondwater, en daarmee voor een groot deel onafhankelijk van effecten van verandering in GLG en GVG zijn. De grondwateronafhankelijke typen zijn voor een groot deel afhankelijk van neerslag. Als dat in de zomer minder wordt kan dat wel een negatief effect hebben. Sterk kwel gevoede gebieden zijn minder gevoelig voor verdroging als gevolg van klimaatverandering, omdat tekorten aan neerslag deels kunnen worden aangevuld door kwel. In gebieden waar er een grote capillaire nalevering plaats vindt (klei) is het effect van verdroging door klimaatverandering ook geringer.
Figuur 3.2 laat de verwachte kwetsbaarheid en gevoeligheid van beheertypen op basis van GLG, GVG en de huidige kwel zien per regio. Tabel 3.3 geeft de percentages per regio weer. Het gevoeligst blijken de vaak ook nu al kwetsbare natte gebieden, zoals het Wooldse veen, Korenburgerveen, de blauwgraslanden in de Gelderse Vallei, de Bruuk. Hoewel voor veel van die gebieden al wel maatregelen worden genomen of staan gepland, wordt de opgave daar door klimaatverandering dus groter. De droge gebieden zoals grote delen van de Veluwe, Het rijk van Nijmegen, Montferland en de bossen rond Ruurlo en Vorden (Noord-Achterhoek), zijn minder kwetsbaar en gevoelig voor veranderingen in grondwaterstanden. Daarbij moet wel aangetekend worden dat ze niet ongevoelig zijn, omdat ze wel van neerslag afhankelijk zijn, minder zomerneerslag kan dan ook wel degelijk effect hebben.
Per regio is ten slotte de een kwalitatief oordeel gegeven op basis van het totaal van kwetsbare en zeer kwetsbare gebieden. Voor grondwater blijken de meeste regio's in de klasse 'weinig kwetsbaar' te vallen. Dit komt vooral door de matige blootstelling aan de gevolgen van klimaatverandering. We benadrukken dat dit niet wil zeggen dat verdroging een matige rol speelt in deze regio's. Het verdrogingsprobleem kan zelfs groot zijn. Wat we wel zeggen is dat de extra blootstelling aan verdroging door klimaatverandering matig groot is. Bovendien is het een score voor een hele regio. Binnen regio's zijn nog steeds kwetsbare of zeer kwetsbare gebieden te vinden.



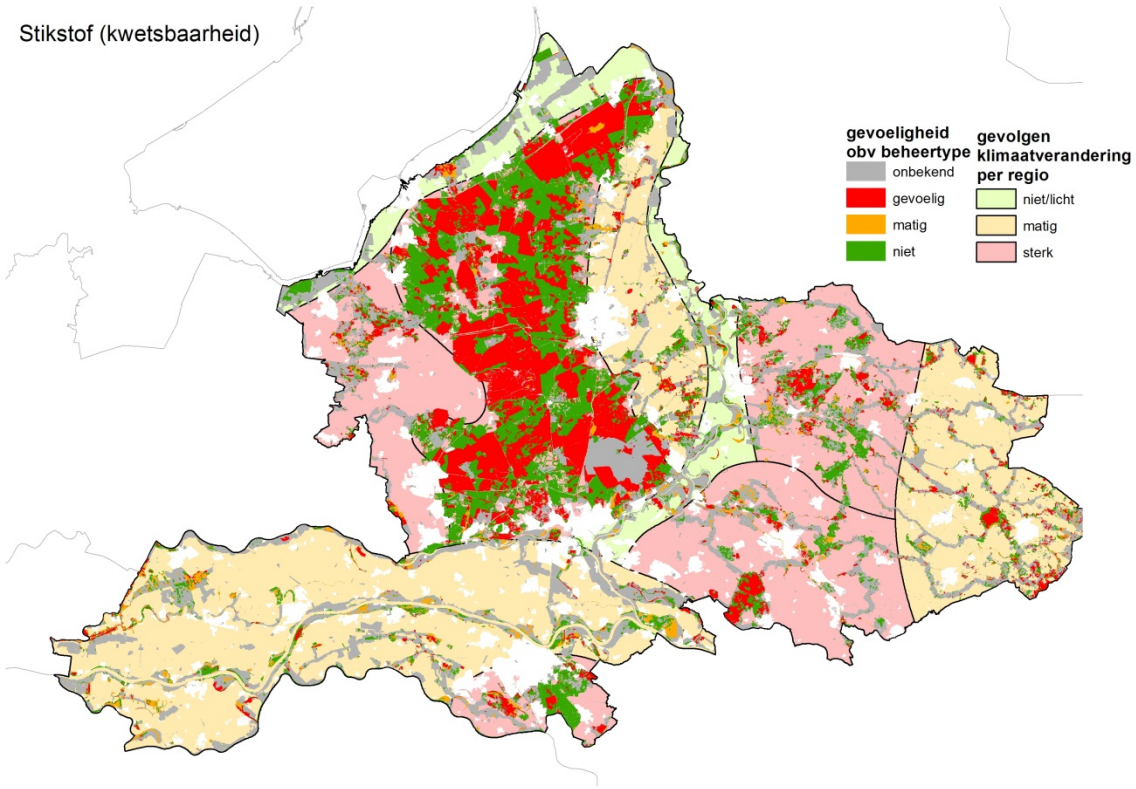
Figuur 3.2
Kwetsbaarheid van EHS voor veranderingen in grondwater.

Tabel 3.3
Per regio aangegeven welk deel van de EHS weinig kwetsbaar, kwetsbaar of zeer kwetsbaar is voor veranderingen in de grondwaterstanden. Kwetsbaarheid per regio gebaseerd op totaal van kwetsbare en zeer kwetsbare gebieden.

	Weinig kwetsbaar	Kwetsbaar	Zeer kwetsbaar	Kwetsbaarheid
1. Oost-Achterhoek	62%	24%	13%	kwetsbaar
2. Graafschap en omgeving	86%	12%	3%	weinig kwetsbaar
3. Liemers en Oude IJssel	82%	12%	6%	weinig kwetsbaar
4. Oostflank Veluwe-IJsselvallei	72%	20%	9%	weinig kwetsbaar
5. Veluwe	100%	0%	0%	weinig kwetsbaar
6. Veluwe-randmeren	87%	13%	0%	weinig kwetsbaar
7. Gelderse Vallei	72%	19%	9%	weinig kwetsbaar
8. Rivierenland	46%	47%	7%	kwetsbaar
9. Rijk van Nijmegen	96%	4%	0%	weinig kwetsbaar
10. IJssel	53%	42%	4%	kwetsbaar

Stikstof
De gevolgen van klimaatverandering op de hoeveelheid stikstof variëren sterk, in sommige gebieden is er vrijwel geen verandering ('niet/licht'), in andere gebieden is er een sterke verandering. Dit komt deels door verdroging en hogere temperaturen en deels door de al aanwezige overschrijding van stikstofnormen. Ook in

de gevoeligheid van de beheertypen is variatie van zeer gevoelig tot weinig gevoelig. (zie figuur 3.3). Regio's die eruit springen zijn Noord- en Liemers en Oude IJssel, Veluwe, Gelderse Vallei en Rijk van Nijmegen met een hoge gevoeligheid (zie ook tabel 3.4). Dit zijn regio's met ook nu al een hoge stikstofdepositie. Minder gevoelige gebieden zijn ook te vinden op de Veluwe, vooral (naald) bossen. De gevoeligheid op basis van beheertypen is vooral groot op de hogere zandgronden. Omdat voor veel gebieden en beheertypen nu al de kritische depositiewaarden worden overschreden zijn ze gevoelig voor elke hoeveelheid stikstofbeschikbaarheid die er als gevolg van klimaatverandering bij komt. Dit maakt dat dit over het geheel genomen de abiotische factor de meeste en grootste problemen zal veroorzaken door klimaatverandering. Per regio is ten slotte een kwalitatief oordeel gegeven op basis van het totaal van kwetsbare en zeer kwetsbare gebieden. Voor stikstof vallen meerdere regio's in de klasse 'zeer kwetsbaar', zowel op de stuwwallen waar veel gebieden met hoge gevoeligheid liggen (Veluwe, Rijk van Nijmegen) als gebieden met hoge blootstelling (bijvoorbeeld Gelderse Vallei, Noord- en Zuid Achterhoek) zijn zeer kwetsbaar. Alleen de gebieden rondom de grote rivieren, de Rivierenland en de IJsselcorridor zijn weinig kwetsbaar.

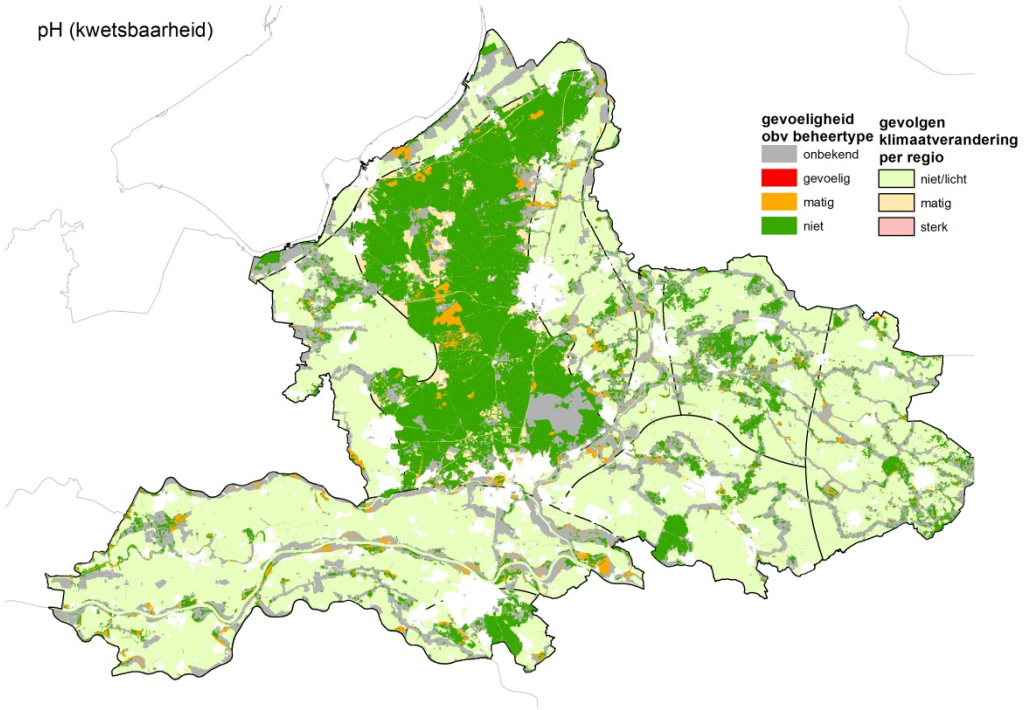


Figuur 3.3
Kwetsbaarheid van EHS voor veranderingen in stikstof.

Tabel 3.4
Per regio aangegeven welk deel van de EHS weinig kwetsbaar, kwetsbaar of zeer kwetsbaar is voor veranderingen in de stikstof. Kwetsbaarheid per regio gebaseerd op totaal van kwetsbare en zeer kwetsbare gebieden.

	Weinig kwetsbaar	**Kwetsbaar**	**Zeer kwetsbaar**	**Kwetsbaarheid**
1. Oost-Achterhoek	42%	12%	46%	kwetsbaar
2. Graafschap en omgeving	0%	59%	41%	zeer kwetsbaar
3. Liemers en Oude IJssel	0%	48%	52%	zeer kwetsbaar
4. Oostflank Veluwe-IJsselvallei	50%	16%	34%	kwetsbaar
5. Veluwe	0%	44%	56%	zeer kwetsbaar
6. Veluwe-randmeren	83%	17%	0%	weinig kwetsbaar
7. Gelderse Vallei	0%	42%	58%	zeer kwetsbaar
8. Rivierenland	46%	35%	19%	kwetsbaar
9. Rijk van Nijmegen	0%	67%	33%	zeer kwetsbaar
10. IJssel	80%	20%	0%	weinig kwetsbaar

pH
De verandering in zuurgraad van de bodem door klimaatverandering is gering. Alleen voor de zandgronden van het Veluwe-massief wordt een matige toename van de stress door verzuring verwacht. De gevoeligheid van de beheertypen is over het algemeen niet groot, zie figuur 3.4. Ook een aantal uiterwaarden rond de Neder-Rijn en de Waal is gevoelig voor verzuring als gevolg van klimaatverandering. Het probleem is echter relatief klein, zowel in oppervlakte, als in de te verwachtten grootte van het effect, en dat geldt voor vrijwel alle regio's (zie ook tabel 3.5). In vergelijking met de andere effecten is het vrijwel verwaarloosbaar. Per regio is ten slotte een kwalitatief oordeel gegeven op basis van het totaal van kwetsbare en zeer kwetsbare gebieden. Voor pH vallen alle regio's in de klasse 'weinig kwetsbaar'



Figuur 3.4
Kwetsbaarheid van EHS voor veranderingen in pH.

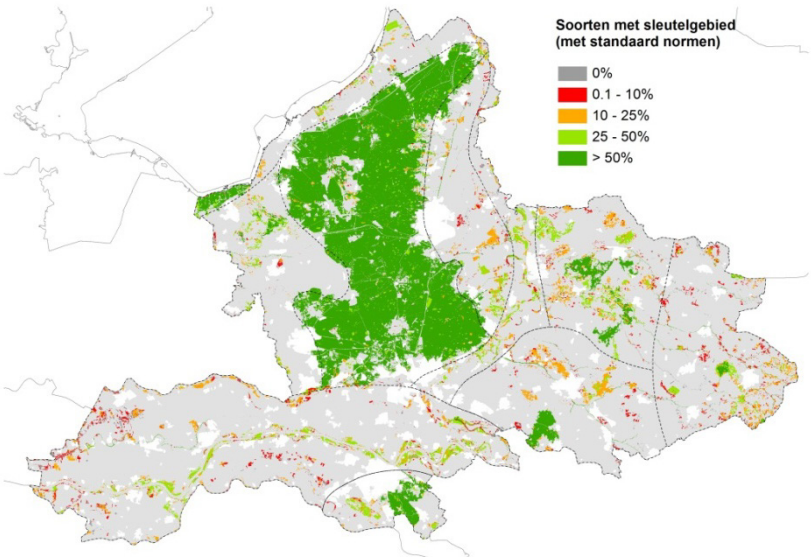
Tabel 3.5
Per regio aangegeven welk deel van de EHS weinig kwetsbaar, kwetsbaar of zeer kwetsbaar is voor veranderingen in de pH. Kwetsbaarheid per regio gebaseerd op totaal van kwetsbare en zeer kwetsbare gebieden.

	Weinig kwetsbaar	Kwetsbaar	Zeer kwetsbaar	Kwetsbaarheid
1. Oost-Achterhoek	100%	0%	0%	weinig kwetsbaar
2. Graafschap en omgeving	100%	0%	0%	weinig kwetsbaar
3. Liemers en Oude IJssel	100%	0%	0%	weinig kwetsbaar
4. Oostflank Veluwe-IJsselvallei	100%	0%	0%	weinig kwetsbaar
5. Veluwe	96%	4%	0%	weinig kwetsbaar
6. Veluwe-randmeren	100%	0%	0%	weinig kwetsbaar
7. Gelderse Vallei	100%	0%	0%	weinig kwetsbaar
8. Rivierenland	100%	0%	0%	weinig kwetsbaar
9. Rijk van Nijmegen	100%	0%	0%	weinig kwetsbaar
10. IJssel	100%	0%	0%	weinig kwetsbaar

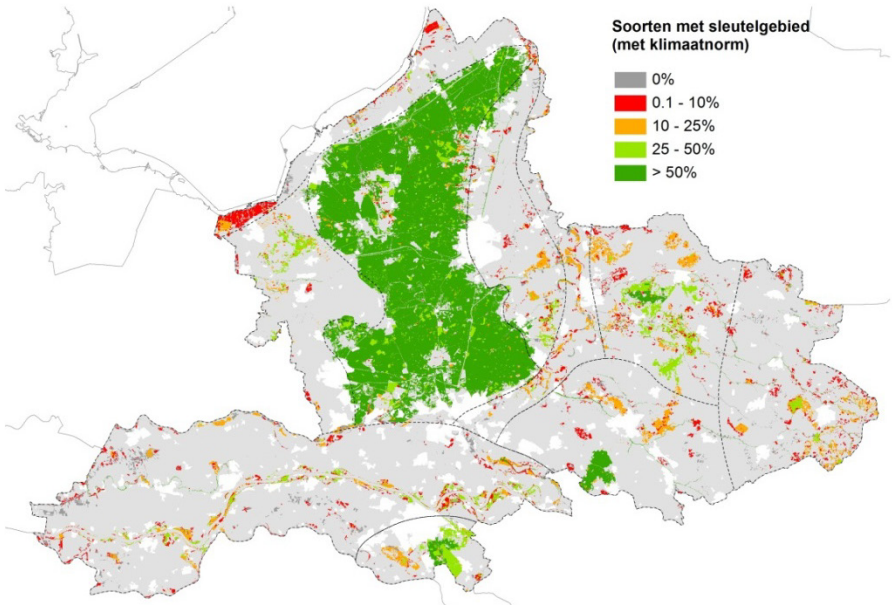
3.3 Opvangen extremen

3.3.1 Resultaten gevoeligheid voor weersextremen.

Figuur 3.5 geeft een beeld van het percentage soorten dat een sleutelgebied haalt met de huidige normen en figuur 3.6 rekening houdend met een toename van weerextremen en het opschuiven van geschikte klimaatzones.

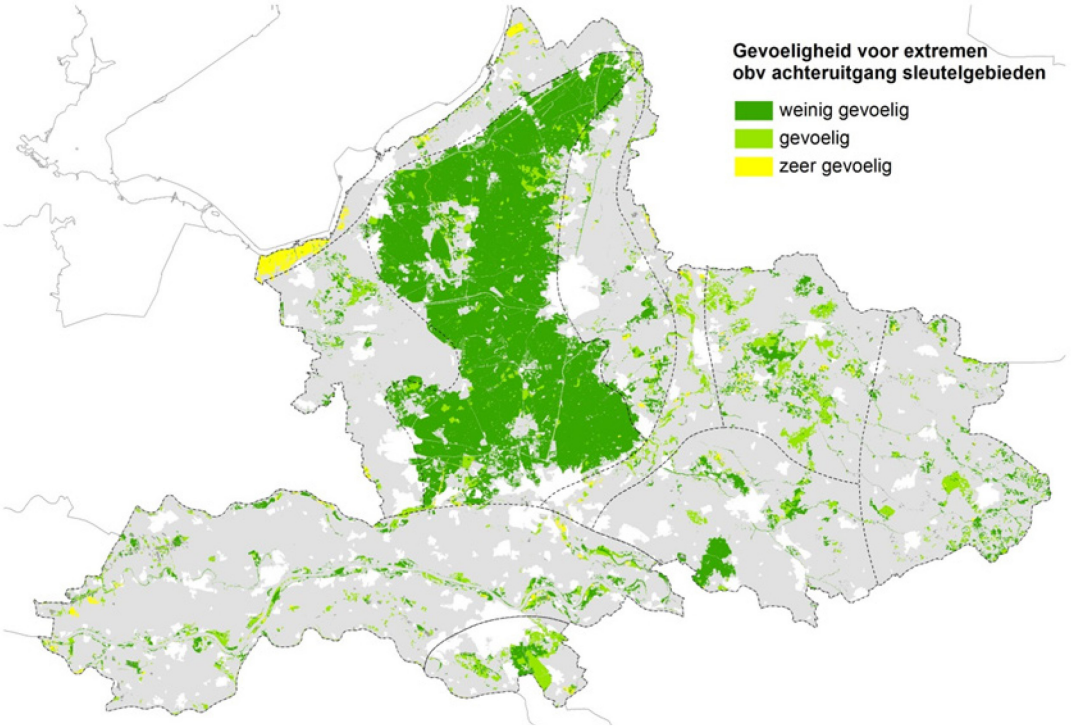


Figuur 3.5
Percentage soorten met een sleutelpopulatie volgens de huidige normen voor vogels, vlinders en planten.



Figuur 3.6
Percentage soorten met een sleutelpopulatie rekening houdend met weersextremen en het opschuiven van geschikte klimaatzones voor vogels, vlinders en planten.

In figuur 3.7 is de gevoeligheid bij klimaatverandering aangegeven. De groene gebieden zijn weinig gevoelig. Hier blijft de draagkracht van de EHS op peil. De oranje gebieden zijn gevoelig: hier gaat het percentage soorten dat een sleutelgebied haalt één klasse achteruit. De rode gebieden zijn zeer gevoelig: hier gaat het percentage soorten dat een sleutelpopulatie kan vormen in het gebied twee of meer klassen achteruit. Vooral de gebieden die met de huidige normen goed scoorden en bij klimaatverandering één of meer klassen in draagkracht achteruit gaan lenen zich voor versterking van de draagkracht, bijvoorbeeld door het vergroten van het gebied of het verbeteren van de kwaliteit. In de gebieden die zeer gevoelig zijn kunnen de doelsoorten nog steeds wel voorkomen, maar de gevoeligheid geeft wel aan dat de ingeschatte kans dat soorten lokaal verdwijnen groter wordt.



Figuur 3.7

Gevoeligheid voor klimaatverandering (weersextremen en opschuiven geschikte klimaatzones). Legenda: weinig gevoelig: het percentage soorten dat een sleutelpopulatie haalt in dezelfde klasse ten opzichte van de huidige normen; gevoelig: het percentage soorten dat een sleutelgebied haalt gaat een klasse achteruit. Zeer gevoelig: het percentage soorten dat een sleutelpopulatie kan vormen in het gebied twee of meer klassen achteruit. De klassen zijn gebaseerd op de percentages zoals die in figuren 3.5 en3.6 gebruikt zijn.

In tabel 3.6 zijn de resultaten per regio gesommeerd. Zo ontstaat een beeld in welke regio's de draagkracht van de EHS relatief goed op peil blijft (weinig kwetsbaar) zoals de Veluwe. Daarnaast zijn er twee regio's waar de draagkracht van de EHS relatief sterk achteruit gaat (zeer kwetsbaar): Veluwerandmeren en de IJsselcorridor.

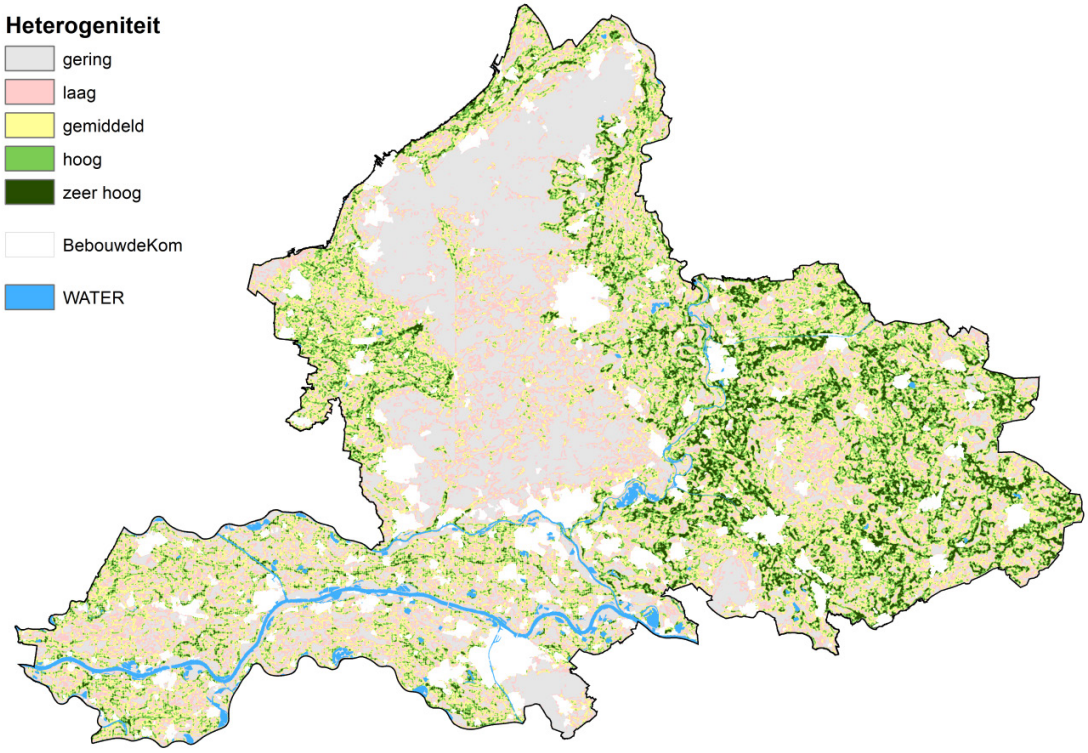
Tabel 3.6

Per regio is de oppervlakte EHS aangegeven en welk percentage voor wat betreft de aanwezigheid van sleutelpopulaties weinig kwetsbaar, kwetsbaar of zeer kwetsbaar is. Kwetsbaarheid is ingeschat op basis van de verandering in het aantal soorten met een sleutelpopulatie door klimaatverandering. Weinig gevoelig (blijft in dezelfde klasse), Gevoelig (gaat één klasse achteruit), Zeer gevoelig (gaat twee of meer klassen achteruit).

	Totale oppervlakte EHS (ha)	**Weinig gevoelig (%)**	**Gevoelig (%)**	**Zeer gevoelig (%)**	**Kwetsbaarheid**
1. Oost-Achterhoek	4777	58	41	1	Kwetsbaar
2. Graafschap en omgeving	7761	44	53	3	Kwetsbaar
3. Liemers en Oude IJssel	4549	79	20	2	Weinig Kwetsbaar
4. Oostflank Veluwe-IJsselvallei	4067	74	22	4	Weinig Kwetsbaar
5. Veluwe	84914	95	4	0	Weinig Kwetsbaar
6. Veluwe-randmeren	2986	19	17	63	Zeer kwetsbaar
7. Gelderse Vallei	3047	65	31	4	Kwetsbaar
8. Rivierenland	9800	56	38	6	Kwetsbaar
9. Rijk van Nijmegen	3170	37	62	2	Kwetsbaar
10. IJssel	2458	22	67	12	Zeer kwetsbaar

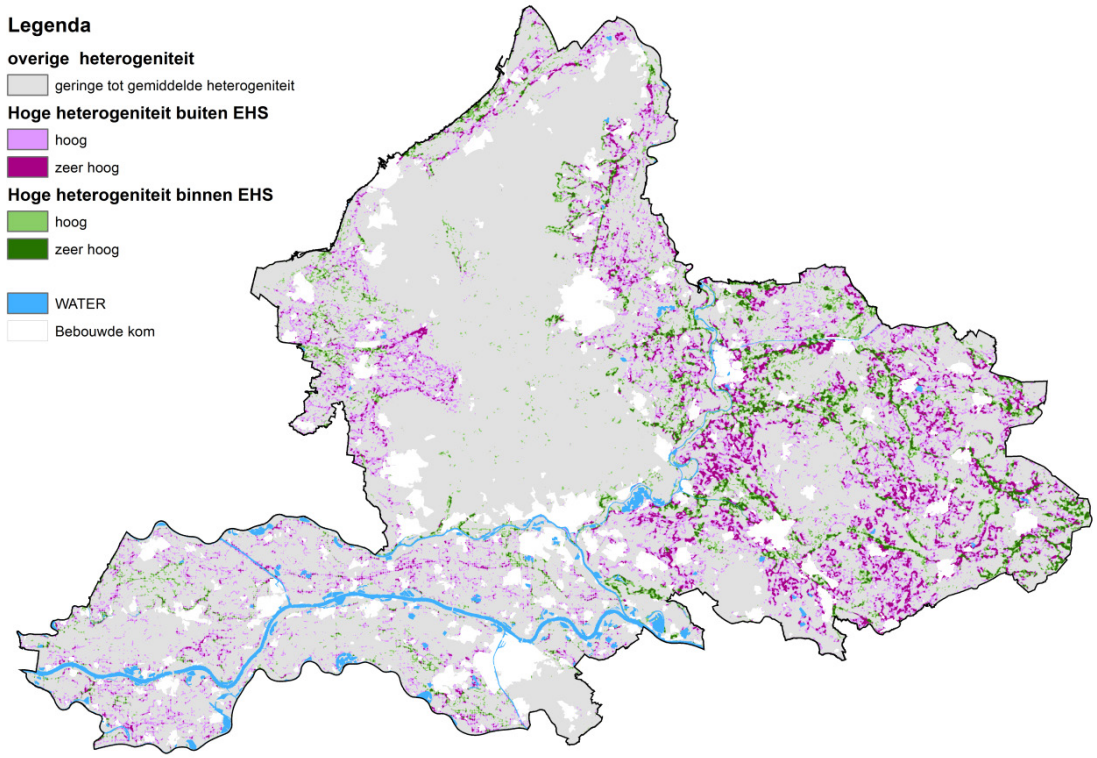
3.3.2 Benutten van gradiënten om extremen op te vangen

Figuur 3.8. geeft een overzicht van de heterogeniteit binnen de provincie Gelderland. Een hoge mate van heterogeniteit is gunstig voor het opvangen van weerextremen. De gebieden met een boven gemiddeld heterogeniteit, de categorieën Hoog en Zeer hoog zijn het meest geschikt om de heterogeniteit van de natuur te versterken. In figuur 3.9 is aangegeven waar deze gebieden met een hoge heterogeniteit binnen de EHS vallen en waar erbuiten. Met name gebieden met een sterke mate van heterogeniteit direct grenzend aan de EHS bieden goede potenties om de EHS klimaatbestendiger te maken voor weerextremen. Ook de ontwikkeling van de lijnvormige regio's met een sterke heterogeniteit, vaak gerelateerd aan beekdalen, bieden goede potenties voor verbindingszones om de doorlaatbaarheid van agrarische gebieden voor natuur te versterken.



Figuur 3.8

Heterogeniteit. De heterogeniteit is berekend met de Shannon-index gebaseerd op abiotische condities.



Figuur 3.9

Overzicht waar de gebieden met een hoge(lichtgroen) en zeer hoge (donkergroen) heterogeniteit binnen de EHS liggen en gebieden buiten de EHS met een hoge (lichtpaars) en zeer hoge (donkerpaars) heterogeniteit.

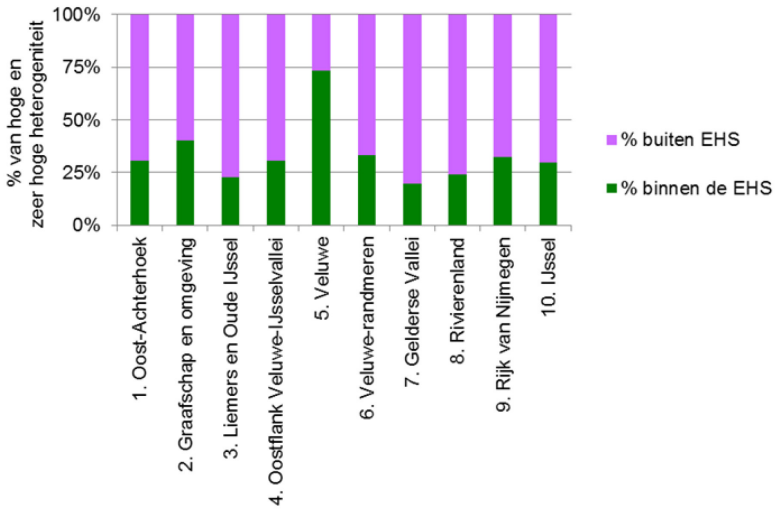
In tabel 3.7 zijn de resultaten per regio gesommeerd. Zo ontstaat een beeld welke regio's een relatief hoge heterogeniteit hebben: de Achterhoek (regio 1, 2 en 3), de Oostflank Veluwe-IJssel (regio 4) en de IJsselcorridor (regio 10), terwijl de heterogeniteit van de Veluwe (regio 5) relatief laag is.

Figuur 3.10 geeft inzicht in welke regio's de beschikbare heterogeniteit algoed wordt benut binnen de EHS zoals de Veluwe (73% regio 5) en de Graafschap en omgeving (40% regio 2). Daarnaast zijn er regio's waar de heterogeniteit zich voor een groot deel buiten de EHS bevindt: bijvoorbeeld de Liemers en Oude IJssel (regio 3), de Gelderse vallei (regio 7) en Rivierenland (regio 8)

Tabel 3.7

Resultaten van heterogeniteit per regio en ligging van sterk heterogene gebieden binnen of buiten de EHS.

	Totale opp. regio (ha)	Oppervlakte sterk heterogeen	Oppervlakte EHS	Per regio: % sterk heterogeen	Binnen EHS : % sterk heterogeen	Buiten EHS: % sterk heterogeen
1. Oost-Achterhoek	51239	19208	13339	37	31	69
2. Graafschap en omgeving	44983	16077	15678	36	40	60
3. Liemers en Oude IJssel	50432	16435	10946	33	23	77
4. Oostflank Veluwe-IJsselvallei	35277	10186	9584	29	31	69
5. Veluwe	111471	3385	94221	3	73	27
6. Veluwe-randmeren	19677	4297	7389	22	33	67
7. Gelderse Vallei	38026	9602	7370	25	20	80
8. Rivierenland	123146	18180	29297	15	24	76
9. Rijk van Nijmegen	15004	1769	5235	12	33	67
10. IJssel	22215	6469	7006	29	30	70



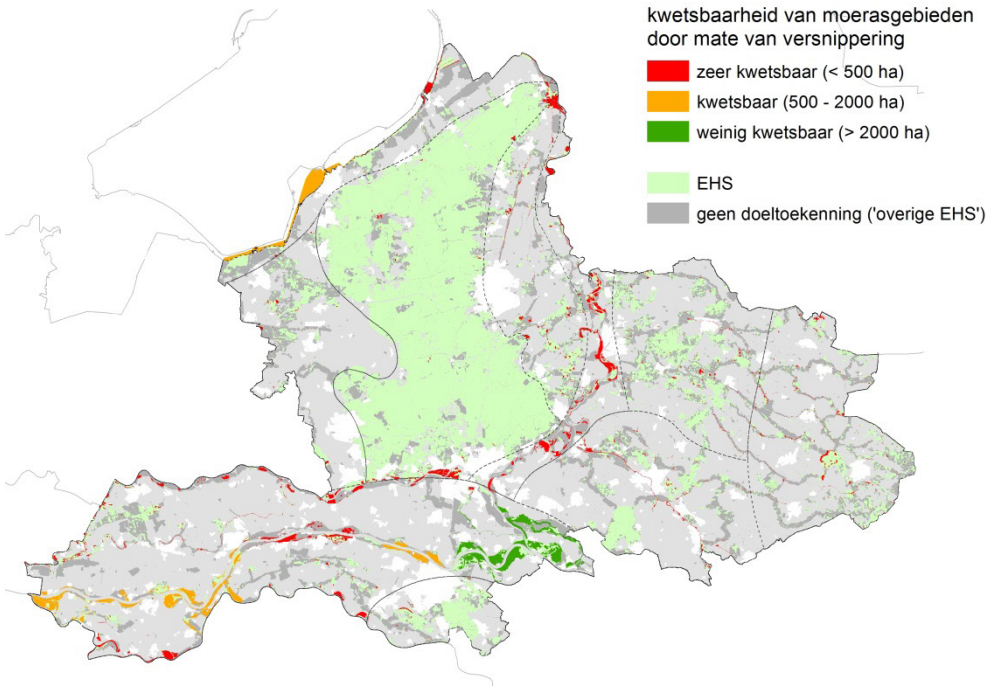
Figuur 3.10

Verdeling van gebieden met hoge en zeer hoge heterogeniteit binnen en buiten de EHS.

3.4 Ruimtelijke samenhang

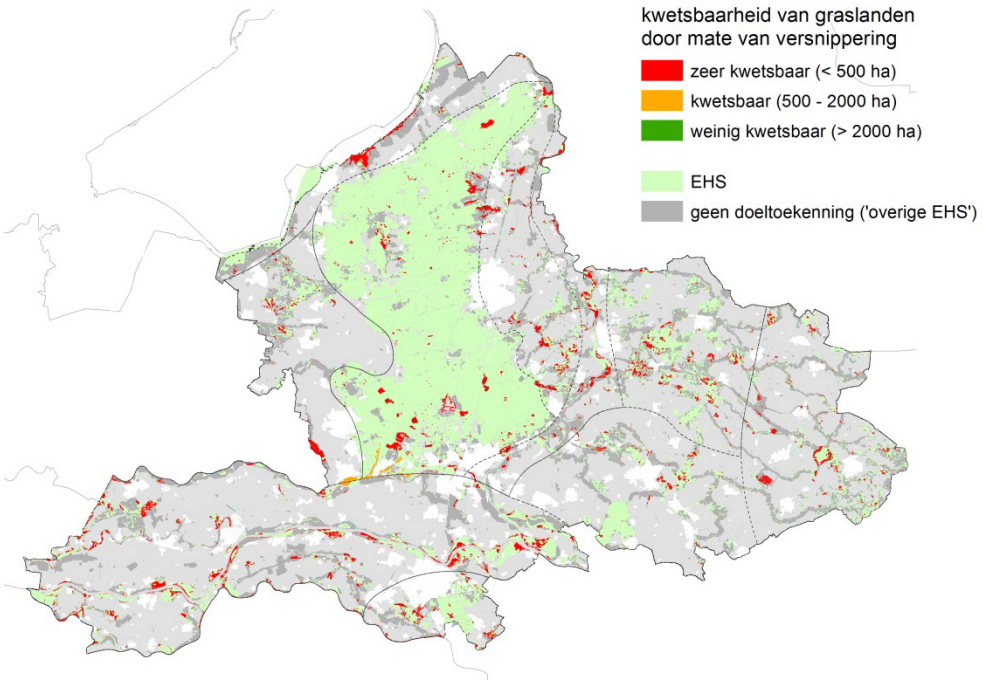
3.4.1 Ruimtelijke samenhang binnen provincie

De ruimtelijke samenhang is per ecosysteem berekend. De kaartjes laten de resultaten voor de ecosystemen zien. Figuur 3.11 laat zien dat de moerasgebieden over het algemeen vrij sterk versnipperd zijn. Vooral de IJsselcorridor en andere grote delen van het rivierengebied. De Gelderse Poort in het oostelijke deel van de Rivierenland heeft wel een goede ruimtelijke samenhang en is weinig kwetsbaar voor het criterium versnippering.

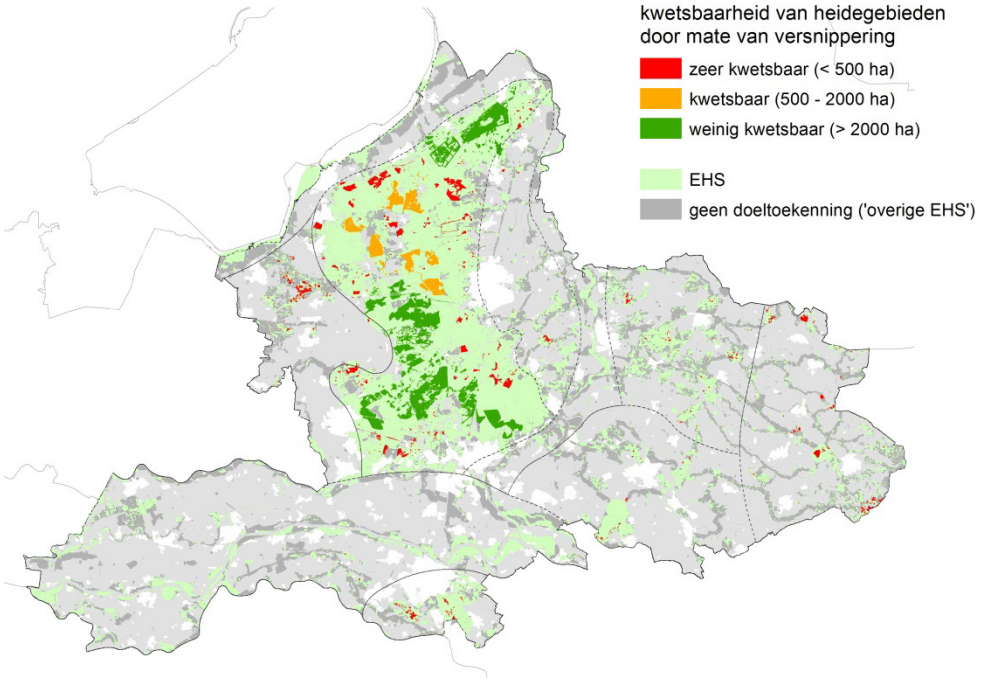


Figuur 3.11
Kwetsbaarheid van moerasgebieden in de EHS door versnippering, berekend op basis van grootte van clusters (clusterafstand van 500 m).

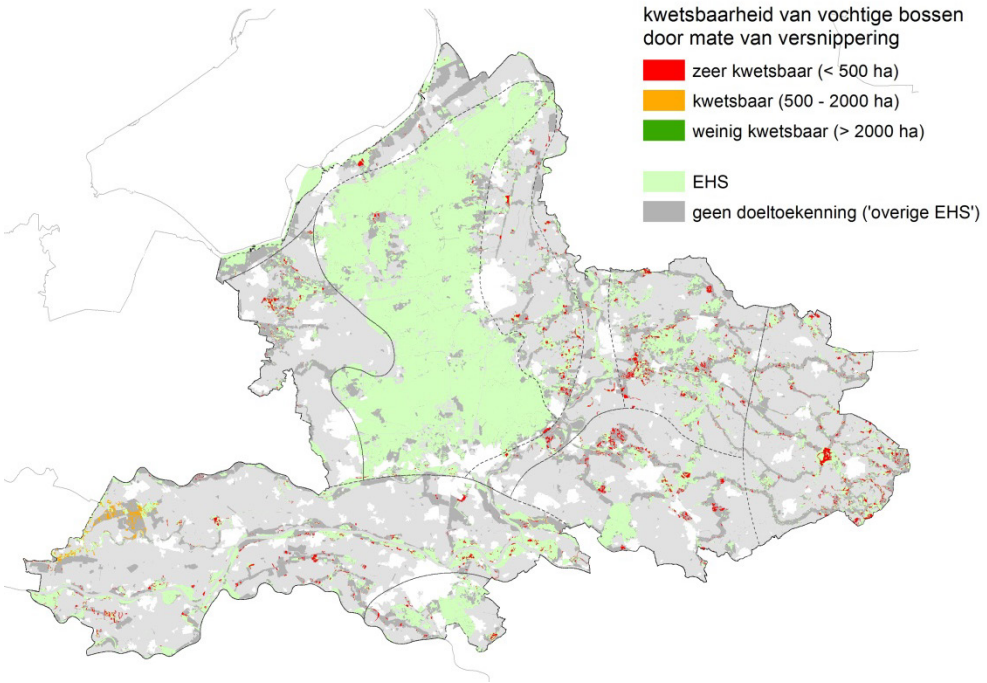
De ruimtelijke samenhang van de heidegebieden varieert (figuur 3.12). Binnen de regio Veluwe liggen de grootste gebieden. Hier ligt een aantal grote heidegebieden met voldoende ruimtelijke samenhang. Maar ook liggen in deze regio een paar kleinere kwetsbare en zeer kwetsbare netwerken van heidegebieden die sterk versnipperd voorkomen. De isolatie bestaat hier vooral uit bossen. Buiten de Veluwe liggen vrijwel alleen zeer kwetsbare en versnipperde heidegebieden.
De ruimtelijke samenhang van graslanden is vrij mager (figuur 3.13). Gebieden liggen vaak op grote afstand van elkaar en hebben een vrij klein oppervlakte. Overigens liggen veel van de graslanden ingebed in gebieden met bestemming 'overige EHS'. De ambitie van de provincie is om deze gebieden multifunctioneel in te richten en te beheren, zodat de natuurwaarden ondersteund worden, ook als het grootste deel van de regio niet de hoofdfunctie natuur heeft. Er is daarom een redelijke kans dat graslanden binnen de overige EHS niet volledig geïsoleerd zijn, maar functioneel nog enige relatie met elkaar kunnen hebben.



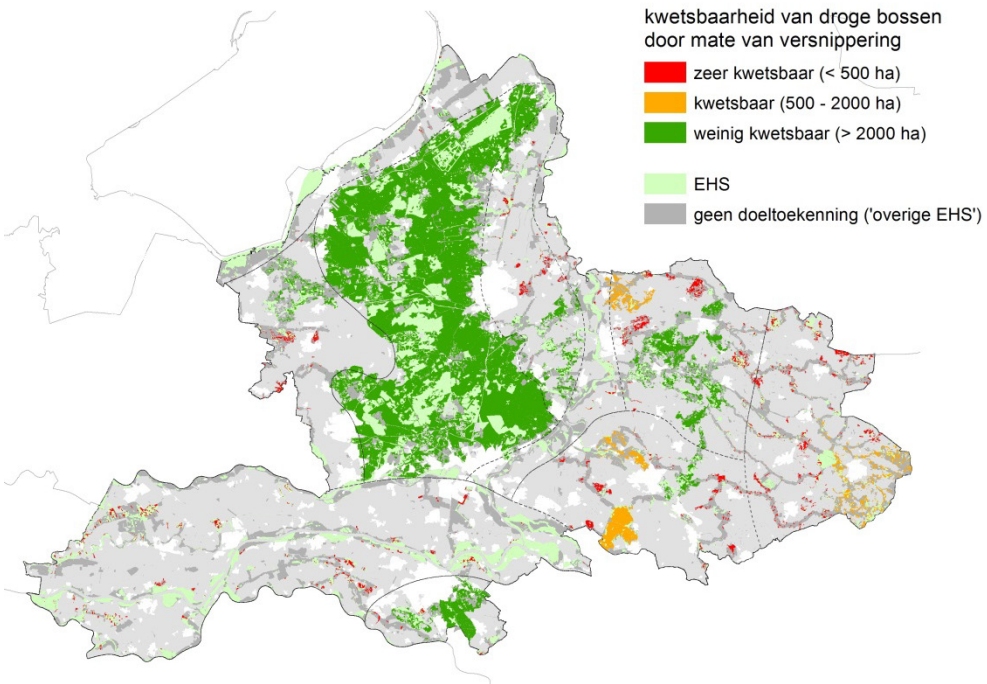
Figuur 3.12
Kwetsbaarheid van graslanden in de EHS door versnippering, berekend op basis van grootte van clusters (clusterafstand van 500 m).



Figuur 3.13
Kwetsbaarheid van heidegebieden in de EHS door versnippering, berekend op basis van grootte van clusters (clusterafstand van 500 m).

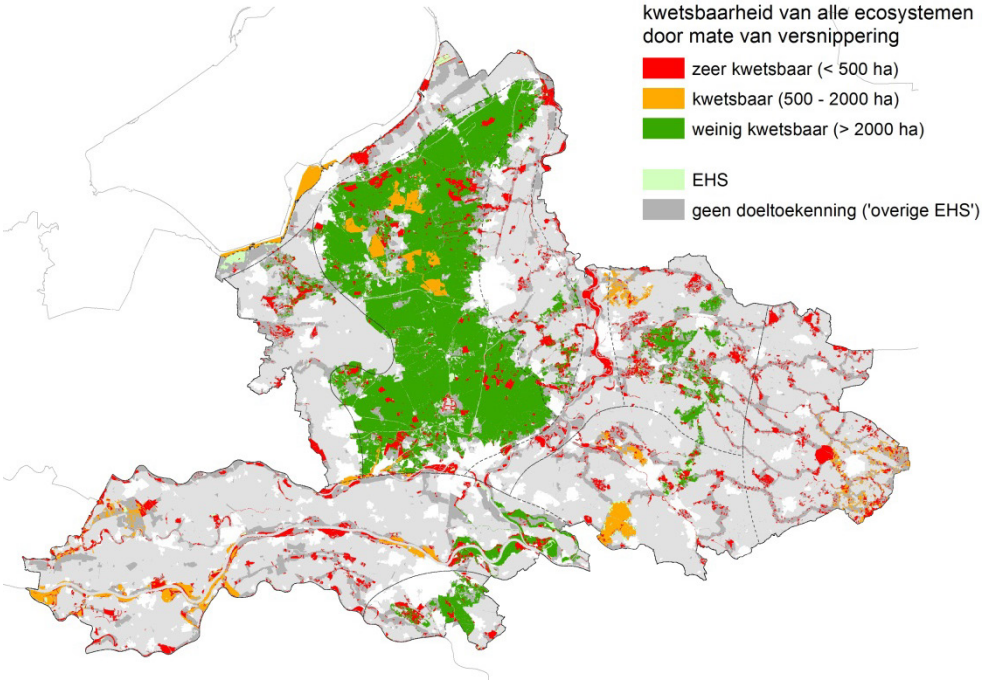


Figuur 3.14
Kwetsbaarheid van vochtige bossen in de EHS door versnippering, berekend op basis van grootte van clusters (clusterafstand van 500 m).



Figuur 3.15
Kwetsbaarheid van droge bossen in de EHS door versnippering, berekend op basis van grootte van clusters (clusterafstand van 500 m).

De versnippering van vochtige bossen is vrij sterk (figuur 3.14). De gebieden liggen op grote afstand van elkaar en zijn vrij klein van oppervlakte. De vochtige bossen vinden we veel in de landgoederen zones in de drie regio's in de Achterhoek. Net als bij de graslanden liggen de vochtige bossen wel ingebed in overige EHS, hetgeen functioneel kan betekenen dat er toch relaties tussen de verschillende bosfragmenten zijn die niet in deze analyse terugkomen.
De droge bossen komen in grote eenheden voor, vooral op de stuwwallen, waarbij de Veluwe zoals te verwachten ruimschoots de grootste is. Buiten de stuwwallen om zien we ook voor de droge bossen hier en daar sterke versnippering (figuur 3.15)



Figuur 3.16
Kwetsbaarheid van alle ecosystemen in de EHS door versnippering, berekend op basis van grootte van clusters (clusterafstand van 500 m).

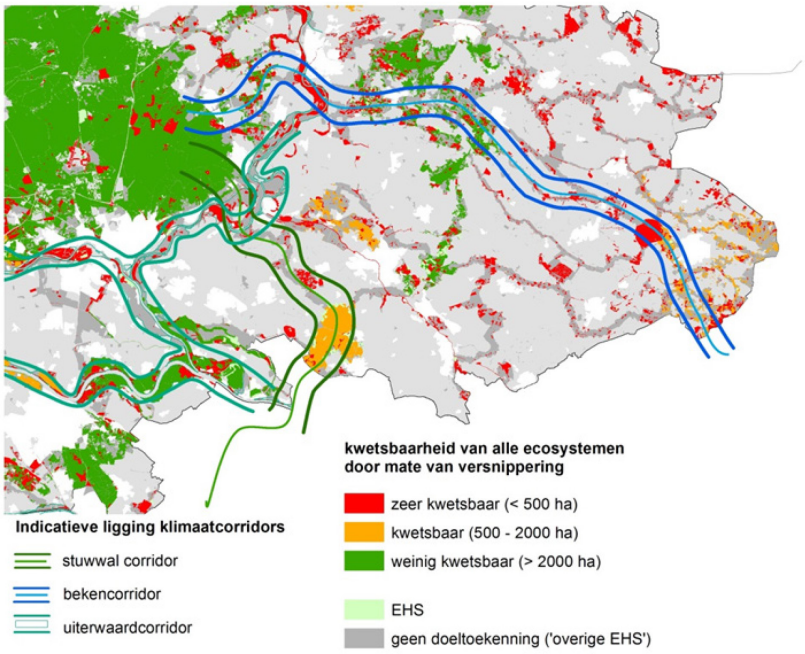
Alle ecosystemen samen geven een totaalbeeld van de mate van versnippering per regio. Dit is ruimtelijke weergegeven in figuur 3.16. De oppervlakten weinig kwetsbaar, kwetsbaar en zeer kwetsbaar van de verschillende ecosystemen zijn per regio gesommeerd, waarna een procentuele verdeling te berekenen was en ook een totaalscore voor versnippering aan de regio's gekoppeld kon worden (tabel 3.8).

Tabel 3.8
Overzicht van de mate van kwetsbaarheid gebaseerd op de versnippering van moerassen, heide, graslanden, vochtige en droge bossen.

	Weinig kwetsbaar	Kwetsbaar	Zeer kwetsbaar	Totale kwetsbaarheid
1. Oost-Achterhoek	0%	25%	75%	Zeer kwetsbaar
2. Graafschap en omgeving	51%	10%	39%	Kwetsbaar
3. Liemers en Oude IJssel	0%	55%	45%	Zeer kwetsbaar
4. Oostflank Veluwe-IJsselvallei	46%	0%	54%	Kwetsbaar
5. Veluwe	89%	4%	7%	Weinig kwetsbaar
6. Veluwe-randmeren	0%	0%	100%	Zeer kwetsbaar
7. Gelderse Vallei	0%	49%	51%	Zeer kwetsbaar
8. Rivierenland	21%	26%	54%	Zeer kwetsbaar
9. Rijk van Nijmegen	74%	0%	26%	Weinig kwetsbaar
10. IJssel	0%	0%	100%	Zeer kwetsbaar

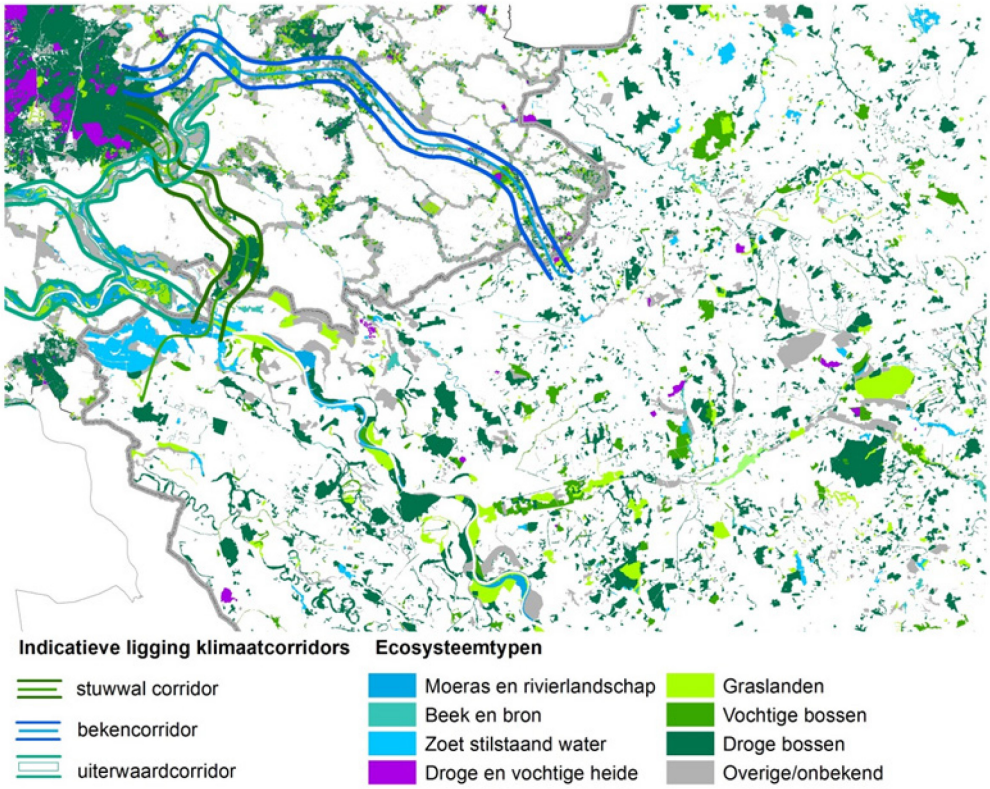
3.4.2 Ruimtelijke samenhang klimaatcorridors

Aan de hand van de indicatieve ligging van de klimaatcorridors kan een oordeel geveld worden over de potentiele effectiviteit om de natuur in Gelderland op grotere schaal te verbinden met natuur in Duitsland en de rest van Europa. Daarnaast is gezocht naar plannen die er in Duitsland zijn voor versterken van hun natuurgebieden in de aansluitende regio.

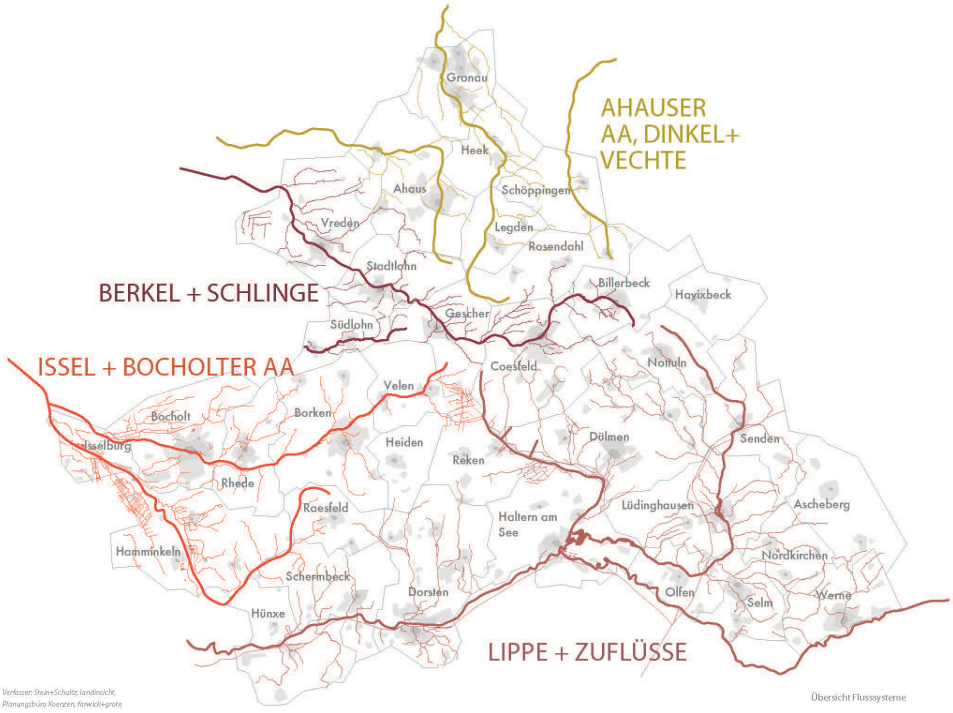


Figuur 3.17
Detail ruimtelijke samenhang binnen provincie en klimaatcorridors.

Alle corridors leveren in potentie een belangrijke bijdrage aan de versterking van de ruimtelijke samenhang binnen Gelderland (zie figuur 3.17). De natte ecologische verbindingszones langs de beken in de Achterhoek bieden goede aanknopingspunten, maar vormen ook een uitdaging door het geringe aandeel natuur en grote aandeel overig landgebruik in de verbindingszones.
De aansluiting op vergelijkbaar habitat in Duitsland is aanwezig, maar ook in Duitsland is het habitat behoorlijk versnipperd. De bossen in Duitsland in het grensgebied zijn sterk versnipperd. Grote eenheden zijn te vinden in het Reichswald. Samenwerking met de provincie Limburg is hier ook aan de orde, omdat juist naar het zuiden toe de grotere boscomplexen te vinden zijn om bij aan te takken. Plannen voor ontwikkeling van beekdalen langs kleinere beken en kleine rivieren (zoals de Lippe) bieden goede kansen voor aantakken van de bekencorridor en de uitwaarden corridor (langs de Lippe, als alternatief voor het Ruhrgebied).



Figuur 3.18
Aansluiting vergelijkbaar habitat in Duitsland (data NRW).



6

Figuur 3.19

Overzicht van watersystemen in Duitsland, in het project Regionale 2016 wordt gewerkt aan versterking van natuur en landschap, dit biedt kansen voor samenwerking een ruimtelijke samenhang (bron: Regionale 2016).

Tabel 3.9

Overzicht van potentie van klimaatcorridors om bij te dragen aan klimaatadaptatie.

	Samenhang binnen corridor	Aansluiting vergelijkbaar habitat Duitsland	Aansluitende plannen voor corridors in Duitsland
Uiterwaarden corridor	Matig, kans voor versterking	Wel uiterwaarden, maar vraag is of habitatkwaliteit vergelijkbaar is. Ruhrgebied is knelpunt	Rijnuiterwaarden en riviertje Lippe
Stuwwal corridor	Zwak-matig, wel kansen voor versterking	Bossen over het algemeen sterk versnipperd, over grotere afstand overleg plegen, ook met Limburg	Rothirsch corridor
Bekencorridor	Zwak-matig, kansen voor versterking, mee koppelen natte ecologische verbindingszones	Matig, landschap vrij sterk versnipperd en onder druk van landbouw	Kansen voor aansluiting bij Regionen2016, Munsterland Flusslandschaft

3.5 Integratie

De verschillende criteria waarop de tien regio's getoetst zijn staan in een overzicht in tabel 3.10. De criteria werken differentiërend tussen de regio's. Over het algemeen zijn stikstof en ruimtelijke samenhang de criteria waar gebieden het meest vaak zeer kwetsbaar voor bevonden zijn, terwijl grondwater en soms sleutelpopulaties minder vaak problematisch zijn. Oost-Achterhoek is over de hele linie genomen het meest kwetsbaar. Tegelijkertijd heeft juist de Achterhoek kansen om vanuit heterogeniteit die in de regio's aanwezig is de gebieden te versterken. De Veluwe, en in iets mindere mate het Rijk van Nijmegen zijn in onze systematiek het minst kwetsbaar, behalve voor stikstof. Qua abiotiek zijn de voedselrijkere Rivierenland, Veluwerandmeren en IJsselcorridor het minst kwetsbaar.

Tabel 3.10
Integratie van de verschillende criteria per regio.

	Oppervlak-te-water	Abiotiek bodem: Grondwater	Abiotiek: Stikstof	Sleutel-populaties	Heterogeniteit: benutting binnen EHS	Ruimtelijke samenhang	Heterogeniteit: kans in de regio
1. Oost-Achterhoek	(zeer) kwetsbaar	kwetsbaar	kwetsbaar	kwetsbaar	gemiddeld	zeer kwetsbaar	zeer kansrijk
2. Graafschap en omgeving	kwetsbaar	weinig kwetsbaar*	zeer kwetsbaar	kwetsbaar	gemiddeld	kwetsbaar	zeer kansrijk
3. Liemers en Oude IJssel	kwetsbaar	weinig kwetsbaar*	zeer kwetsbaar	weinig kwetsbaar	laag	zeer kwetsbaar	zeer kansrijk
4. Oostflank Veluwe-IJsselvallei	kwetsbaar	weinig kwetsbaar	kwetsbaar	weinig kwetsbaar	gemiddeld	kwetsbaar	kansrijk
5. Veluwe	kwetsbaar	weinig kwetsbaar	zeer kwetsbaar	weinig kwetsbaar	hoog	weinig kwetsbaar	matig kansrijk
6. Veluwe-randmeren	kwetsbaar	weinig kwetsbaar	weinig kwetsbaar	zeer kwetsbaar	gemiddeld	zeer kwetsbaar	kansrijk
7. Gelderse Vallei	Weinig kwetsbaar	weinig kwetsbaar*	zeer kwetsbaar	kwetsbaar	laag	zeer kwetsbaar	kansrijk
8. Rivierenland	Weinig kwetsbaar	kwetsbaar	kwetsbaar	kwetsbaar	laag	zeer kwetsbaar	matig kansrijk
9. Rijk van Nijmegen	kwetsbaar	weinig kwetsbaar	zeer kwetsbaar	kwetsbaar	gemiddeld	weinig kwetsbaar	matig kansrijk
10. IJsselcorridor	Weinig kwetsbaar	kwetsbaar	weinig kwetsbaar	zeer kwetsbaar	gemiddeld	zeer kwetsbaar	kansrijk

** Deze tabel geeft de kwetsbaarheid door klimaatverandering voor afzonderlijke factoren weer. Er wordt hier niet naar interactie die er bijvoorbeeld tussen stikstof en grondwater is gekeken. Er wordt ook niet ingegaan op de huidige kwetsbaarheid van gebieden, dus zonder het effect van klimaatverandering. Maatregelen die al worden genomen in het kader van de PAS en voor de TOP-gebieden om respectievelijk de stikstofbelasting en verdroging terug te dringen hebben invloed op de kwaliteit van het complexe geheel van de bodem en waterhuishouding. Anti-verdrogingsmaatregelen hebben dan ook niet alleen effect op het grondwater, maar kunnen ook leiden tot vermindering van de stikstofbelasting.*

4 Conclusies en aanbevelingen

4.1 Inleiding

De resultaten van de toets op verschillende criteria laten zien dat de regio's verschillen wat betreft kwetsbaarheid. De criteria werken differentiërend en geven inzicht in regio's waar aanvullende maatregelen gewenst zijn om de herijkte EHS klimaatbestendig te maken. In dit laatste hoofdstuk bespreken we eerst de verschillende criteria waarop we getoetst hebben. Daarna worden per regio aanbevelingen geformuleerd. Deze aanbevelingen richten zich op adaptatiemaatregelen en op aanvullende vragen die op regioniveau beantwoord zouden moeten worden.

4.2 Oppervlaktewater

Bij de vraag of gevolgen van klimaatverandering voor het oppervlaktewater daadwerkelijk optreden of op gaan treden is het van groot belang om het watersysteem goed te kennen. Daarvoor is onderzoek op kleinere schaal nodig dan de schaal van deze studie. Toch kunnen we op basis van deze studie aangeven waar de kwetsbare gebieden liggen voor het oppervlaktewater en de doelen die de provincie heeft.
De veranderingen in het oppervlaktewater door klimaatverandering laten zien dat vooral de wateren waar speciale ecologische doelen en natuurlijkheid worden nagestreefd kwetsbaar zijn. Ook voedselarme en kleine wateren behoren tot de kwetsbare typen. Oorzaken zijn met name opwarming en uitdroging/droogvallen.

Een belangrijke factor bij de zoektocht naar adaptatiemaatregelen is de invloed van de mens op het watersysteem. In grote lijnen is het watersysteem in Nederland en ook in Gelderland erop gericht om overschotten van water zo snel mogelijk af te voeren. Het watersysteem in Gelderland is vrij ruim gedimensioneerd, met hoge afvoercapaciteit om bij pieken in neerslag wateroverlast te voorkomen. De extra neerslag volgens de klimaatscenario's (valt vooral in de winter), is van zo'n orde dat die goed via het huidige watersysteem afgevoerd kan worden. De aanvulling van het grondwater door die extra neerslag zal dus van geringe omvang zijn, als er niets verandert aan het oppervlaktewatersysteem.

Het risico van droogval van stromende en stilstaande wateren is vooral in de Achterhoek aanwezig. Veel van de beken in de Achterhoek zijn door de mens gegraven. Van oorsprong lagen er in het oostelijk deel veenmoerassen die via de beken ontwaterd werden. Door het droogleggen van de venen is die watertoevoer voor de beken een stuk minder geworden, zodat hier droogval een reëel risico is.

Om het risico van droogval op te vangen, kan het nodig zijn om in de Achterhoek beken te prioriteren: voor een aantal beken alles op alles zetten voor goede kwaliteit en kwantiteit van oppervlakte water, eventueel ten koste van andere beken. Voor prioritaire beken kan zo de aanvoer van water beter gewaarborgd blijven. Ook het herstellen van de werking van het grondwatersysteem (zoals door het dempen of verontdiepen van sloten) draagt bij aan het verbeteren van de watervoerendheid van beken. Hermeandering voor processen, morfologie en refugia bij extremen. Bovendien is er meer kans op uitslijten van diepe plekken door stromend water, vooral in de buitenbochten van de meanders. Deze diepere plekken blijven in tijden van droogte langer watervoerend.

Om opwarming te voorkomen kan de inrichting van de waterlopen aangepast worden. Schaduw door bomen houdt de inwerking van de zon tegen en de verdamping via de bladeren zorgt ook voor verkoeling. Bomen zorgen ook voor beter vasthouden van water en vergemakkelijken infiltratie van water in het grondwater

(Verdonschot, 2009). Om organismen die zonnige plekken in de beek nodig hebben te stimuleren en om eutrofiëring door bladval te beperken, kan overwogen worden om schaduwbomen af te wisselen met zonnige plekken. Een variant voor dergelijke afwisseling is om alleen de zuidoever te beplanten of alleen de bovenloop en de benedenloop opener te houden. Verdonschot (2009) stelt dat laatste voor.

4.3 Bodemkwaliteit

De grootste effecten van klimaatverandering op de abiotiek zijn te verwachten in de regio's Noord en Zuid Achterhoek, Veluwe, Gelderse Vallei en Rijk van Nijmegen. Deze zijn en worden vooral kwetsbaar en gevoelig voor verdere vermesting. De regio's zijn minder gevoelig voor verdroging en het oppervlak natuur waarvoor dit een rol speelt. Dit komt ook door het verschil in schaalniveau. Stikstofdepositie speelt vooral op regionale schaal, deels door de grote afstand tussen stikstofbron en de plek van depositie. Verdroging speelt vooral op kleinere schaal, op gebiedsniveau, door ontwatering van aangrenzende landbouwpercelen (zie bijvoorbeeld de Aaltense Goor, Jansen et al., 2011). Wordt rekening gehouden met verdroging, dan zou de regio Oost Achterhoek ook aan de lijst moeten worden toegevoegd. Dit maakt abiotisch gezien de Achterhoek en de Gelderse vallei tot de meest kwetsbare regio's en daar zouden dus prioritair maatregelen kunnen worden genomen.

4.3.1 Grondwater

De grondwaterstanden in natte gebieden zijn nu al te laag is voor de natuur in veel gebieden. Maatregelen in het kader van de TOP-gebieden, moeten deze verdroging tegen gaan. Echter klimaatverandering zorgt voor verdergaande verdroging, door een lagere zomerneerslag en een grotere verdamping in veel gebieden. Ook hier wordt dus de al aanwezige opgave vergroot. Omdat veel maatregelen via ingrepen in het oppervlaktewaterstelsel en/of via (actief) peilbeheer zullen verlopen en er gestreefd wordt naar een bepaald grondwaterniveau, moet het effect van klimaatverandering daarin meegenomen worden en er zijn dan geen extra maatregelen nodig. Wel is er meer water nodig om de peilen te handhaven en dit kan tot problemen leiden. Herstel van kwel of vergroten van kwel zal ook kunnen bijdragen in bepaalde gebeden en hierbij wordt ook de abiotische kwaliteit van het gebied vergroot, mits de kwel van goed kwaliteit is.

4.3.2 Stikstof

Effecten van klimaat op stikstofbeschikbaarheid zullen zich vooral manifesteren via veranderingen in de mineralisatiesnelheid (Wamelink et al., 2011b). Door hogere temperaturen zal bij voldoende vocht de mineralisatiesnelheid hoger worden en zal er dus meer stikstof vrij komen. Deze stikstof komt bij de al aanwezige depositie. De depositie zelf verandert niet door een hogere temperatuur. Op dit ogenblik zijn er al grote problemen in een groot deel van de natuurgebieden in Gelderland met de stikstofbeschikbaarheid door een overschrijding van de kritische depositie. Hier ligt onder de huidige situatie dus al een grote opgave. Klimaatverandering zal de opgave vergroten, deze extra opgave is naar verwachting echter kleiner dan het al aanwezige probleem.
Het is de ambitie van de PAS om de stikstofdepositieproblemen op te lossen voor Natura 2000-gebieden en om bedrijven en projecten ontwikkelruimte te geven. De PAS stelt maatregelen voor die de depositie in Natura 2000-gebieden beneden de kritische depositie brengt. De kritische depositie waar in de PAS mee wordt gewerkt is echter niet klimaatbestendig, omdat niet met de extra stikstof wordt gerekend die via de toegenomen mineralisatie in de gebieden vrij komt, door hogere temperaturen en door droogte. Een klimaatbestendige kritische depositie zou dus lager moeten liggen dan de huidige norm waar mee wordt gewerkt. Uit de kwantificering van de extra mineralisatie door klimaatverandering voor de provincie Noord-

Brabant blijkt dat de extra opgave voor het terugdringen van het stikstofoverschot door klimaatverandering vooral voor vochtige en droge schraalgraslanden substantieel is. Voor heide is die opgave wat minder groot. Herstel van de hydrologie en kwel kan betekenen dat de extra opgave voor stikstof voor natte schrale natuurtypen grotendeels wegvalt, voor droge schrale natuurtypen werkt dat niet. Zo bleek in Brabant dat ruim de helft van de droge schraalgraslanden met een extra stikstofbelasting door klimaatverandering te maken heeft. Het lijkt er dus op dat herstel van het hydrologische systeem voor de meeste natuurtypen de extra belasting van stikstof door klimaatverandering grotendeels zou kunnen voorkomen, uitzondering hierop vormen de droge schraalgraslanden.

4.3.3 Opmerkingen bij abiotische factoren

Maatregelen in het kader van de TOP en PAS zijn indirect betrokken bij dit onderzoek, dat zich primair heeft gericht op de extra opgave door klimaatverandering. Echter, maatregelen in het kader van de PAS en TOP zullen ook kunnen helpen om de effecten van klimaatverandering te beperken of te niet te doen. De opgave en dus de inspanning in het kader van TOP- en PAS-beleid wordt wel groter.
De abiotische resultaten laten zien dat er vooral effecten van klimaatverandering op de stikstofbeschikbaarheid, en in natte gebieden op de grondwaterstand zijn te verwachten. Verzuring speelt naar verwachting een te verwaarlozen rol.
Omdat de resultaten zijn gebaseerd op landelijke doorrekening zijn ze minder precies voor een specifiek natuurgebied. Dit geldt ook voor de inschatting van de huidige situatie (zie ook Wamelink et al., 2010). De resultaten worden daarom vooral op Regio niveau gepresenteerd. Voor specifieke uitspraken voor een bepaald natuurgebied is aanvullend onderzoek en validatie nodig (zoals bijvoorbeeld is uit gevoerd voor het Aaltense Goor, Jansen et al., 2011; Wamelink, 2012).
De huidige abiotische omstandigheden zijn overgenomen uit eerder landelijk onderzoek (Wamelink et al., submitted). Op basis van modelberekeningen voor Noord-Brabant (Geertsema et al., 2011) is vervolgens een schatting gemaakt wat de klimaateffecten in Gelderland zullen zijn. Noord-Brabant en Gelderland hebben eenzelfde soort natuurgebieden, hogere zandgronden en rivierengebied. De resultaten voor Noord-Brabant zijn gebruikt om de te verwachten trend als gevolg van klimaatverandering in te schatten. Aangenomen mag worden dat de klimaateffecten in Gelderland vergelijkbaar zijn met die in Noord-Brabant. Echter alleen modelberekeningen zoals uitgevoerd voor Noord-Brabant kunnen dat uitwijzen. Dit geeft dus enige onzekerheid in de resultaten.

4.4 Sleutelgebieden

Uit de analyses van de sleutelgebieden kunnen we concluderen dat voor veel gebieden de kans om sleutelpopulaties te herbergen achteruit gaat, maar dat een aantal gebieden voldoende groot zijn voor de doelsoorten om de extremen in het weer op te vangen. Vooral de hoger gelegen gebieden op de stuwwallen of zandruggen, zoals de Veluwe, Montferland, en een paar gebieden in de Achterhoek blijven stabiel qua percentage soorten met een sleutelgebied. Vooruitgang doordat er veel soorten met een uitbreidende klimaatzone zitten zien we vrijwel niet. Een aantal gebieden valt op doordat ze zeer gevoelig zijn: Veluwe-randmeren en uiterwaarden van IJssel en Rijn. Hier zitten ook grote gebieden bij. De redenen waarom juist deze gebieden sterk achteruitgaan kunnen verschillende zijn, maar het antwoord zal bij de soortensamenstelling zitten. Het kan komen doordat er relatief veel soorten zitten met een terugtrekkend klimaat, ook kan het zijn dat er veel soorten zitten die relatief gevoelig zijn kan voor extremen (dus kortlevende vogels, dagvlinders en één of tweejarige planten zonder zaadbank).

Adaptatiemaatregelen die kunnen zorgen voor sterkere sleutelpopulaties, zijn divers. In theorie eenvoudig, maar in de praktijk lastig, is het vergroten van gebieden door omzetting van landbouwgrond of bijvoorbeeld

productiebos in het betreffende habitattype. Andere opties zijn het aanleggen van verbindingszones of stapstenen, waardoor gebieden functioneel samengevoegd worden en grotere populaties mogelijk zijn. Een derde optie is het benutten van mogelijkheden in de bufferzone van gebieden. Te denken valt hierbij aan het versterken van de samenhang binnen de groenblauwe dooradering, in de bufferzone, het verhogen van grondwaterpeilen of andere maatregelen. In welke gebieden welke opties het beste passen, hangt van het specifieke gebied af.
We gaan er van uit dat maatregelen in de gebieden die van de klasse 50-100% één klasse teruggaan naar 25-50% het meest effectief zijn: het meeste resultaat met de minste inspanning. Deze gebieden liggen vooral in de Achterhoek en Rivierenland (Gelderse Poort). Ook is het aan te bevelen om maatregelen om sleutelgebieden te versterken te combineren met de locaties van de ecologische verbindingszones.

4.5 Heterogeniteit

Deze nieuwe analyse biedt inzicht in gradiënten op vrij kleine schaal, een schaal waarop veel ecologische processen op vrij korte termijn plaatsvinden (bijvoorbeeld schaduw zoeken, wateroverlast ontvluchten, concurrentie om groeiplekken, etc.). De resultaten van de analyse van heterogeniteit geeft aan waar gebieden liggen waar de abiotische gradiënten aanknopingspunten bieden voor het opvangen van extremen in het weer. Hoge heterogeniteit wil niet zeggen dat al die gebieden in natuur omgezet moeten worden. Wat het wel zegt is dat deze gebieden kansen bieden voor adaptatie. Juist in combinatie met andere opgaven (vanuit natuur, water of andere sectoren) bieden deze gebieden kansen. Dus ook in combinatie met bijvoorbeeld het opheffen van versnippering of de ontwikkeling van klimaatcorridors.
Het algemene patroon is dat de beekdalen met hun omgeving een hoge heterogeniteit hebben en de stuwwallen een lage. In de Achterhoek liggen buiten de EHS veel gebieden met hoge heterogeniteit. De verwachting is dat dit aanknopingspunten biedt voor versterking van de EHS, bijvoorbeeld via multifunctioneel landgebruik en kleinschalige ontwikkelingen. De Veluwe en ook de kleinere stuwwallen laten duidelijk weinig heterogeniteit in de ondergrond zien. Dat wil niet zeggen dat daar geen mogelijkheden zijn om extremen in het weer op te vangen. De aanbeveling voor de homogene gebieden is om heterogeniteit te versterken door beheer. Via beheer is ook variatie in leeftijd, dynamiek, vegetatiestructuur en dergelijke te creëren die ook het vermogen om extremen op te vangen kan versterken.
Een kennishiaat vanuit dit criterium is om te zien hoe deze definitie van heterogeniteit in de praktijk uitpakt. Voor de huidige analyse tellen alle factoren die de heterogeniteit samen bepalen even zwaar mee, de vraag is of er tussen de factoren variatie in hun bijdrage aan het opvangen van de extremen is. Ook wordt nu voor ieder ecosysteem dezelfde benadering gekozen, terwijl ecosystemen misschien verschillend reageren. Tot slot is het interessant om in te zoomen op een aantal regio's met veel heterogeniteit en te zien hoe dit heterogeniteit doorwerkt in het huidige grondgebruik en welke kansen voor mee koppeling er werkelijk is.

4.6 Versnippering

Versnippering van ecosystemen versterkt de gevolgen van klimaatverandering, omdat het soorten belemmert om hun verspreidingsgebied aan te passen aan de verschuiving van klimaatzones. De toets die we toepasten in deze studie gaat uit van een afstand van 500 m tussen gebieden. We nemen hierbij aan dat soorten een afstand van 500 m kunnen overbruggen. Uiteraard is dit een generieke benadering. Voor sommige soorten is dit een afstand die ze nog net kunnen overbruggen (bijvoorbeeld Kamsalamander, Gentiaanblauwtje), voor andere soorten (waaronder veel planten) is die afstand (veel) te groot. Weer andere soorten kunnen deze afstand goed overbruggen (vogels, zoogdieren, veel vlinders).
In de huidige studie hebben we gekozen voor de generieke aanpak omdat die minder tijd kost en in de huidige studie was uit te voeren. Een logisch vervolg is om de analyse van de versnippering verder te specificeren door onderscheid te maken tussen soortgroepen met verschillende verspreidingsvermogens. Een dergelijke

analyse geeft meer inzicht in de vraag of versnippering ecologisch gezien ook echt een probleem is. Ook zou het goed zijn om naast versnippering door afstand ook versnippering door barrières mee te nemen.
Met de huidige analyse is goed aan te geven welke ecosystemen én welke gebieden goede ruimtelijke samenhang vertonen, en welke een zwakke samenhang hebben.
Sterke gebieden vinden we op de Veluwe en de stuwwallen. Deze bestaan vooral uit droge bossen, en op de Veluwe ook uit heide terreinen.
Naast grote heidegebieden zien we ook versnipperde heidegebieden op de Veluwe. Deze terreinen zijn van elkaar gescheiden door droge bossen.
Anders is de versnippering elders in de provincie. Daar liggen natuurgebieden ingebed in landbouwgebied. Over het algemeen zijn de moerassen, vochtige bossen en de graslanden het sterkst versnipperd. Deze ecosystemen vinden we veel in de Achterhoek, het rivierengebied en de gebieden rondom de Veluwe. De versnippering van graslanden in de Gelderse Poort valt wellicht mee, omdat veel doelsoorten mogelijk ook gebruik kunnen maken van de moerassen die hier liggen en die een goede ruimtelijke samenhang vertonen.
Adaptatiemaatregelen om versnippering te beperken zijn er volop. Zo passen in het kleinschalige landschap van de Achterhoek houtwallen, verbindingszones langs beeklopen (natte EVZ) of kleine perceeltjes natuur in het landschap om de ruimtelijke samenhang te verbeteren. In het rivierengebied is het meer natuurlijk inrichten van de uiterwaarden de beste optie. De ruimtelijke samenhang van de heideterreinen op de Veluwe is te verbeteren door het lokaal omzetten van productiebos in heidegebiedjes.
Voor klimaatadaptatie is het niet nodig om álle versnippering op te heffen en alle gebieden aan elkaar te verbinden. In een landelijke studie voor het PBL zijn adaptatiestrategieën ontwikkeld voor verschillende ecosystemen in Nederland (Vonk et al., 2010). Onderdeel van die strategieën zijn klimaatcorridors (voor bossen en moerassen) en ruimtelijke clusters waar adaptatiemaatregelen geconcentreerd worden.
De huidige analyse is heel generiek gedaan, voor alle soorten op dezelfde manier, zonder rekening te houden met verschillen tussen de soorten. De aanbeveling is aanvullende en specifiekere analyses te doen om een betere inschatting van het versnipperingsprobleem te kunnen doen. Wat nodig is, is een analyse per ecosysteem waarbij rekening wordt gehouden met de kenmerken van de bijbehorende soorten (oppervlaktebehoefte en verspreidingsvermogen). Ook is het van belang om de bijdrage van mozaïeken van ecosystemen voor soorten beter te kennen. Immers, meer gevarieerde mozaïeken leiden wellicht tot meer kansen voor het opvangen van extremen, maar kan wellicht ook leiden tot meer versnippering van habitat. Een nadere analyse toespitst op een aantal gebieden in Gelderland kan hier meer inzicht in bieden.

4.7 Klimaatcorridors en internationale aansluiting

Om te beginnen is er gewerkt met een indicatieve ligging van de corridors. De vraag of dat de meest efficiënte ligging is, of dat er betere alternatieven zouden zijn, hebben we in deze studie niet beantwoord, dat lag buiten de scope van de opdracht. Een belangrijke aanbeveling is om de ruimtelijke ligging verder uit te werken en wellicht een klein aantal alternatieven te ontwerpen en meer kwantitatief te beoordelen. Dit geldt vooral voor de bekencorridor en de uiterwaardencorridor. De stuwwalcorridor bij Montferland is al verder gevorderd in planvorming en uitvoering. Bij verdere uitwerking van de klimaatcorridors is een integrale analyse met andere landgebruiksfuncties aan te raden.
Ondanks het voorbehoud konden we de corridors wel evalueren. De ligging van de klimaatcorridors sluit binnen Gelderland goed aan bij de voorgaande analyse van versnippering. Het biedt aanknopingspunten voor prioritering van gebieden waar versnippering opgeheven zou kunnen worden en andere maatregelen genomen kunnen worden.
De focus is hier op het opheffen van versnippering. Voor alle drie de klimaatcorridors is dit aan de orde.

Binnen de uiterwaardencorridor is de Gelderse Poort weinig versnipperd. Daar is de behoefte aan aanvullende maatregelen voor ruimtelijke samenhang niet groot. Meer landinwaarts, en zeker langs de IJssel is wel versterking van de ruimtelijke samenhang gewenst. De uiterwaarden sluiten uiteraard ruimtelijk wel aan op de

uiterwaarden van de Rijn in Duitsland. De vraag is of ze qua kwaliteit ook aansluiten. Is er sprake van vergelijkbare vegetatietypen zodat er ecologisch ook een relatie bestaat en het ecologische systeem sterker wordt door maatregelen in de uiterwaarden aan weerszijden van de grens. In Duitsland stroomt de Rijn door het Ruhrgebied. Hier is voor natuur weinig ruimte in de uiterwaarden omdat het ingeklemd ligt in het industriegebied. Een alternatief biedt het riviertje de Lippe, noordelijk van het Ruhrgebied. De Lippe is een Natura 2000-gebied, er is vanuit de deelstaat NRW aandacht voor de verdere ontwikkeling van de ecologische kwaliteit en de meerwaarde van grensoverschrijdende samenwerking wordt herkend.
De stuwwalcorridor draagt bij aan het aanhaken van de Nederlandse bossen aan bossen in Duitsland. Binnen Nederland is versterking van de samenhang van de Veluwe als groot en robuust bosgebied met gebieden over de grens nodig. Veel bossen zijn versnipperd. De stuwwalcorridor kan daaraan bijdragen. Over de grens met Duitsland gaat de versnippering door. Pas veel verder naar het oosten of zuiden liggen weer grote bosgebieden. Bovendien is het rivierengebied een duidelijke barrière als we stuwwal-natuur willen aanhaken aan vergelijkbare natuur in Duitsland. Het rivierengebied zal niet voor alle soorten een barrière zijn. Voor veel vogels, dieren die kunnen zwemmen of insecten met een goed vliegvermogen, is het een te nemen hindernis. Voor andere soorten is het wel een barrière. De bossen in het Rijk van Nijmegen worden in die strategie via Limburg aan bossen in het zuiden gekoppeld. Samenwerking voor dit ecosysteem is gewenst. Vanuit de provincie Gelderland loopt een initiatief om een verbinding tussen de Veluwe en het Reichswald tot stand te brengen via een Interreg project, in het kader van duurzaamheid. Recente plannen van de provincie laten een noordwest-zuidoost verbinding via het Montferland lopen (Derksen et al., 2010). Om te zien wat de beste en meest effectieve stuwwalverbinding is, zou in een nadere analyse uitgewerkt kunnen worden. Daarbij is het belangrijk dat er rekening gehouden wordt met randvoorwaarden vanuit doelsoorten, maar ook met verwachtingen en wensen vanuit andere landgebruikssectoren.

De bekencorridor kan een belangrijke bijdrage leveren aan het opheffen van versnippering van de beekbegeleidende natuur en het natuur in het begeleidende landschap. De globale ligging van de bekencorridor biedt voldoende aanknopingspunten daarvoor. En uiteraard bieden de plannen voor de (natte) ecologische verbindingszones een goede basisstructuur voor het ontwikkelen van een brede bekencorridor die ook aandacht geeft aan het tussenliggende landschap.
Nog meer dan bij de andere corridors speelt hier integratie met andere sectoren, vooral landbouw en waterhuishouding, een rol. Een vergelijkbare situatie is te vinden aan de Duitse kant van de grens. Om de klimaatcorridors effectief te laten zijn, is samenwerking met Duitsland noodzakelijk. Huidige contacten en ontwikkelingen zoals Regionale 2016 bieden daar goede aanknopingspunten voor. Vanuit Münsterland en plannen voor de Lippe (riviertje dat met Natura 2000-status veel inzet op natuurherstel) lopen er initiatieven. Voor systemen waarbij het niet mogelijk is klimaatcorridors te ontwikkelen (heidecomplexen, hoogvenen) is de strategie om ruimtelijke clusters in samenhang te ontwikkelen een effectieve aanpak. Hoe dit in detail het beste uitgewerkt kan worden is een aanbeveling voor vervolgonderzoek.

4.8 Aanbevelingen per regio

De aanbevelingen per gebied worden hierna puntsgewijs gegeven. De maatregelen staan niet los van elkaar en ook niet los van al in uitvoering zijnde maatregelen in het kader van PAS (verminderen stikstofdepositie), TOP (anti-verdroging) en soortgerichte maatregelen. Belangrijke aanbeveling is om die aanbevelingen in samenhang en integraal uit te werken en toe te passen.

1. Oost-Achterhoek
Dit gebied is op meerdere vlakken gevoelig. In het kleinschalige landschap komt vrij veel natte en schrale natuur voor die gevoelig is voor abiotische veranderingen. Bovendien zijn de natuurgebieden vrij sterk versnipperd en is het vanuit de ruimtelijke samenhang ook zeer kwetsbaar.

Toch zijn er juist hier ook kansen voor klimaatadaptatie. De beekdalen vormen hierin belangrijke ordenende structuren. Vlak bij en in de EHS liggen veel gebieden met hoge heterogeniteit.
We doen de volgende aanbevelingen voor deze regio:

- Water langer vasthouden waar de neerslag valt door sloten en greppels te dempen of verontdiepen. Natuurlijke processen en heterogeniteit worden gestimuleerd als beken weer de ruimte krijgen om opnieuw of meer te meanderen.
- Inzetten op verbeteren van de abiotische kwaliteit van de bodem door lopend beleid (PAS, TOP - gebieden) voortvarend uit te voeren.
- Beekdalcorridor als kapstok: beekdalen integraal aanpakken: zowel in de lengte van het beekdal, als dwars erop: gebruik maken van gradiënten die aanwezig zijn. We adviseren om via integratie van landbouw en natuur in te zetten op hogere grondwaterpeilen en groenblauwe dooradering. Uiteraard is dit een investering die allerlei maatschappelijke baten op kan leveren (ecosysteemdiensten).
- In deze regio liggen vrij veel gebieden met een vrij groot aandeel soorten met een sleutelpopulatie in de huidige situatie, die bij klimaatverandering één klasse achteruit gaat. We verwachten daarom dat de maatregelen om dergelijke sleutelpopulaties te behouden efficiënt zijn: met weinig inspanning een groot effect. Een combinatie met beekdalen biedt daarvoor wellicht goede kansen.
- De gradiënten die veelvuldig in dit gebied aanwezig zijn bieden goede aanknopingspunten voor versterking van de EHS. Een nadere analyse van de relatie tussen heterogeniteit, mozaïeken van ecosystemen en de gevolgen voor sleutelpopulaties is aan te bevelen.

2. Graafschap en Omgeving

Verwevenheid van beken bossen en landbouw is kenmerkend voor dit gebied. De droge bossen (het Grote Veld) zijn vooral op het gebied van stikstof zeer kwetsbaar. Gevoeligheid is hoog evenals de blootstelling. Voor veel andere criteria is het gebied ook kwetsbaar. Belangrijke waterlopen in deze regio zijn de Baakse Beek, de Veengoot en de Berkel. In de Graafschap onderscheidt de Baakse Beek zich door schaal, ligging, historie en verbondenheid met de landgoederen. De Veengoot is meer bedoeld als afvoerkanaal van hoge afvoeren.
We doen de volgende aanbevelingen voor deze regio:

- Stikstof: huidige beleid om depositie te beperken uitvoeren (PAS), met name grondwatersystemen herstellen. Puntbronnen zijn niet veel meer aanwezig, maar verder terugdringen van de uitstoot kan helpen.
- Beekdalcorridor en ecologische verbindingszones als kapstok voor versterking van de beekdalnatuur: beekdalen integraal aanpakken: zowel in de lengte van het beekdal, als dwars erop: gebruik maken van gradiënten die aanwezig zijn. We adviseren om via integratie van landbouw en natuur in te zetten op hogere grondwaterpeilen en groenblauwe dooradering. Door de verbondenheid van de Baakse Beek met zijn omgeving, draagt verbetering van de Baakse Beek bij aan voor het ecologisch functioneren van de Graafschap.
- De gradiënten die in dit gebied aanwezig zijn bieden goede aanknopingspunten voor versterking van de EHS.

3. Liemers en Oude IJssel

Deze regio is zeker in het oostelijke deel van de provincie het meest landbouwkundig ingericht met vrij veel grootschalige landbouw en een relatief klein aandeel EHS. De bossen van het Montferland zijn een eiland in een kleigebied. Voor de natuur van het Montferland is stikstof een probleem. De geringe oppervlakte EHS zien we terug in de zeer kwetsbare situatie wat betreft ruimtelijke samenhang. Er liggen wel kansen om de heterogeniteit te benutten.
We doen de volgende aanbevelingen voor deze regio:

- Stikstofprobleem aanpakken door uitvoering van het huidige beleid om depositie te beperken (PAS) en door het aanhouden van bufferzones rondom kwetsbare natuurgebieden. Rond het Montferland liggen al veel buffergebieden. In een vervolgonderzoek zou specifiek op dit gebied kunnen worden

ingezoomd om te onderzoeken of aanvullende maatregelen nog een bijdrage kunnen leveren aan het terugdringen van de depositie.
- De stuwwalcorridor als kapstok gebruiken om ruimtelijke samenhang te verbeteren, vooral tussen de Veluwe en het Montferland. Groene dooradering met houtwallen en bosjes is hier een geschikt middel om afstanden te overbruggen. De geplande ligging van de klimaatcorridor langs het Montferland lijkt op een zinnige plaats te liggen. Voor verdere invulling van deze corridor kunnen ruimtelijke analyses van verschillende opties helpen, waarbij ecologische en integrale effectiviteit voor andere sectoren worden verkend. Ook het gebied van de Oude IJssel biedt aanknopingspunten voor corridorvorming.
- Maak gebruik van de heterogeniteit rondom de EHS bij de verdere invulling van de corridor.

4. Oostflank Veluwe – IJsselcorridor

Kenmerkend voor dit gebied is de overgang van de stuwwal van de Veluwe naar de IJsselcorridor. Het gebied wordt gekenmerkt door hoge kweldruk en vrij hoge ambities voor aquatische natuur. Deze aquatische natuur vormt tegelijkertijd een gevoelig onderdeel van de EHS, maar door de hoge kweldruk valt de kwetsbaarheid mee.

We doen de volgende aanbevelingen voor deze regio:
- De gradiënten die in dit gebied aanwezig zijn bieden goede aanknopingspunten voor versterking van de EHS.
- Lokale kwelsystemen zijn gesuperposeerd op het grote Veluwe systeem. Mogelijkheden voor optimalisatie zijn aanwezig, maar kwelsystemen die direct van het Veluwesysteem afhankelijk zijn, zijn niet stuurbaar. De kwaliteit van het water kan wel problematisch worden. Een beperking van stikstofdepositie in de infiltratiegebieden kan nodig zijn om te voorkomen dat op lange termijn de kwel vervuild raakt met nitraat.
- De Bekencorridor sluit in deze regio aan op de Veluweflank met de beken en sprengen. De corridor zou hier verder ontwikkeld moeten worden als mozaïek met o.a. vochtige bossen; de landgoederen zijn goed te benutten als basisstructuur. Het is aan te bevelend om de bekencorridor te combineren met plannen voor Poorten van de Veluwe (grootschalige gradiënten tussen Veluwe naar lager gelegen gebieden).

5. Veluwe

De Veluwe is door zijn omvang en doordat het in feite onafhankelijk is van het diepe grondwater een gebied dat vrij robuust is om klimaatverandering op te vangen. Toch zijn er aandachtspunten. Het is kwetsbaar voor stikstof en ook is het een homogeen gebied wat betreft de ondergrond.

We doen de volgende aanbevelingen voor deze regio:
- Heterogeniteit stimuleren door variatie in beheer: verjonging, open en gesloten vegetaties, dynamiek. Daarbij sluit aan dat een aantal heidegebieden vrij sterk versnipperd zijn, omzetten van bos in heide past in een klimaatrobuustere Veluwe.
- Natte en droge heide zo veel mogelijk als mozaïek ontwikkelen, zodat er heterogeniteit op kleine schaal is dat helpt om extremen op te vangen. Vooral keuzes bij de ontwikkeling van droge heide zullen hier een rol spelen, omdat locaties voor natte heide minder makkelijk te sturen zijn.
- Stikstof: stikstofdepositie is afkomstig uit andere gebieden, vooral de Gelderse Vallei. Stikstof kan wellicht worden afgevoerd door plaggen, maar dit moet kleinschalig en gefaseerd in de tijd gebeuren, omdat anders ongewenste effecten de overhand krijgen (verstoren bodembiodiversiteit, zaadbank afgevoerd, e.d.). Eventueel strooisel oogsten, maar eerst experimenteel vanwege onbekende bijeffecten.
- Aandachtspunt is dichtgroeien van zandverstuivingen met algen in natte zomers: verstuivingen open maken of open houden door dynamiek te stimuleren (door grazers, toeristen of machines).
- Infiltratie grondwater versterken: lokaal sterk verdampende naaldbomen vervangen door bijvoorbeeld heide

- Agrarisch natuurbeheer in landbouwgebieden op de Veluwe stimuleren en bestaande contracten continueren. Zorgt lokaal voor heterogeniteit en afwisseling. Dit geeft minder N-belasting en belasting met pesticiden in de directe omgeving.
- Aantakken via stuwwalcorridor op Reichswald en via gradiënten regionaal met IJssel, Randmeren en Rijn.

6. Veluwe-Randmeren

De zone tussen de Veluwe en de Randmeren heeft relatief weinig EHS. De grootste uitdaging ligt hier in de ruimtelijke aspecten: ruimtelijke samenhang en grootte van sleutelpopulaties. Ook ligt er een uitdaging om de geschiktheid van het open weidegebied te beschermen of te versterken.
We doen de volgende aanbevelingen voor deze regio:

- Grootschalige gradiënten tussen de Veluwe en de randmeren (Poorten van de Veluwe) benutten door te combineren met de aanwezige kleinschalige heterogeniteit in de ondergrond.
- Versterken van sleutelgebieden en van ruimtelijke samenhang door de heterogeniteit grenzend aan de EHS te benutten. Benutting van die heterogeniteit biedt wellicht kansen voor mozaïeken van drogere en nattere gebieden. Hoe één en ander uitpakt voor de betreffende soorten is een vraag voor verder onderzoek.
- Met het vorige hangt ook de aanbeveling samen om uit te zoeken of belangrijke weidevogelgebieden in deze regio klimaatbestendig kunnen worden gemaakt.

7. Gelderse Vallei

De Gelderse Vallei wordt gekenmerkt door intensief landbouwkundig gebruik met relatief weinig EHS. Het gebied is behoorlijk verdroogd, maar de natuurdoelen hebben over het algemeen geen hoge hydrologische eisen, waardoor de ambities toch niet zeer kwetsbaar zijn voor veranderingen in grondwater of oppervlaktewater. Bovendien worden hier ook nu al herstelmaatregelen tegen verdroging genomen. Gebieden zijn wel zeer kwetsbaar voor de extra stikstofbelasting door klimaatverandering bovenop de huidige depositie.
We doen de volgende aanbevelingen voor deze regio:

- Terugdringen stikstofbelasting: het huidige beleid om depositie te beperken (PAS) voortvarend uitvoeren, vooral puntbronnen aanpakken, bijvoorbeeld door luchtwassers bij intensieve veehouderij te plaatsen of luchtzuiverend vermogen van groen te benutten. In uiterste gevallen intensieve veehouderij verplaatsen; bufferzones rondom kwetsbare natuurgebieden aanhouden. Omdat dit gebied ook invloed heeft op de Veluwe via stikstofdepositie wordt het verder beperken van de emissie aanbevolen. Een meer structurele oplossing ligt in het verduurzamen van de landbouw en het sluiten van stikstof- en fosforkringlopen.
- Waterhuishouding verbeteren (ook ter ondersteuning van stikstofbeleid). In de Gelderse Vallei kan dat door op vrij kleine schaal het peil te verhogen voor kwetsbare vochtige natuur. Voorbeelden daarvan zijn de Ossenkampen en Veenkampen. Manipulatie van het peil van de Grift is dan waarschijnlijk nodig.
- Sleutelpopulaties versterken in combinatie met versterken van ruimtelijke samenhang door het stimuleren van groenblauwe dooradering en van kleinschaligheid. Aantakken bij het Utrechtse deel van de Vallei is gewenst. De overgang naar de Veluwe stimuleren door het benutten van d heterogeniteit grenzend aan EHS in de regio.
- Kies welke gebieden echt behouden moeten worden en probeer vooral daar maatregelen te nemen. Hierbij aansluiten bij kwelsystemen, al aanwezige natuur en de landgoederen.

8. Rivierenland

De uiterwaarden zijn van groot belang als internationale moerascorridor. De ruimtelijke samenhang van de natuur in de uiterwaarden is echter een probleem. In deze regio is er buiten de rivierstructuur weinig ambitie voor natuurwaarden, daarom zijn daar in feite geen aanvullende maatregelen nodig, maar wel voor rivieren en uiterwaarden
We doen de volgende aanbevelingen voor deze regio:

- Ruimtelijke samenhang versterken: uiterwaarden meer natuurlijk inrichten, combinatie zoeken met ander beleid voor rivierengebied, met name Ruimte voor de Rivier. Complicatie is hier dat er vanuit veiligheid en transport huiver is om bomen en struiken in de uiterwaarden te laten groeien, terwijl dit voor het verbeteren van de ecologische kwaliteit, onder andere door versterken van de heterogeniteit wel van belang is.
- Aansluiting met uiterwaarden in Duitsland, samenwerking zoeken via Rijncorridor. Knelpunt dat door het Ruhrgebied wordt gevormd omzeilen door samenhang via gebied van de Lippe te stimuleren.
- Problemen van eutrofiëring en hoge watertemperatuur bij lage afvoer en hoge temperatuur beperken, door landbouw (met mestgift) in uiterwaarden te beperken en door in overleg met Duitsland te gaan om lozing van warm koelwater en anderszins vervuild water te voorkomen.

9. Rijk van Nijmegen

Deze regio vormt een klein gebied met stuwwalnatuur. De natuur wordt getypeerd als voedselarm, zeer kwetsbaar wat betreft stikstof. Beperkte ruimtelijke samenhang en achteruitgang van het aantal sleutelpopulaties vormen andere bedreigingen voor deze regio. Het gebied is in potentie belangrijk voor het realiseren van internationale aansluiting binnen de stuwwalcorridor

We doen de volgende aanbevelingen voor deze regio:

- Stikstof: stikstofdepositie is afkomstig uit andere gebieden, vooral Noord-Brabant. Stikstof kan wellicht worden afgevoerd door plaggen, maar dit moet kleinschalig en gefaseerd in de tijd gebeuren, omdat anders ongewenste effecten de overhand krijgen (verstoren bodembiodiversiteit, zaadbank afgevoerd, e.d.). Eventueel strooisel oogsten, maar eerst experimenteel door onbekende bijeffecten.
- Heterogeniteit door variatie in beheer: verjonging, open en gesloten vegetaties, dynamiek. Daarbij sluit aan dat een aantal heidegebieden vrij sterk versnipperd zijn, omzetten van bos in heide past in een klimaatrobuuster Rijk van Nijmegen.
- Droge heide zo veel mogelijk in mozaïek bij natte heide ontwikkelen, zodat er heterogeniteit op kleine schaal is dat helpt om extremen op te vangen.
- Infiltratie grondwater versterken: lokaal sterk verdampende naaldbomen vervangen door bijvoorbeeld heide
- Verkennen wat de rol voor stuwwalcorridor kan, in combinatie met verbeteren situatie sleutelpopulaties: relatie met Veluwe, Montferland en Reischwald. Verbinding met gebieden in Limburg van belang, daarom is overleg met de provincie Limburg gewenst.

10. IJsselcorridor

In het gebied rondom de IJssel vormt vooral versnippering een probleem. Vocht wordt voldoende gewaarborgd voor de voedselrijke natuur in uiterwaarden. De natuur is wel sterk versnipperd en zeer kwetsbaar wat betreft sleutelpopulaties.

We doen de volgende aanbevelingen voor deze regio:

- Heterogeniteit buiten de EHS biedt hier aanknopingspunten om de EHS te versterken, er zijn een paar gebieden met hoge heterogeniteit, bij Doesburg bijvoorbeeld. Dit biedt kansen voor het versterken van de relatie tussen de Veluwe en het IJsseldal
- Inzetten op herstel van meer natuurlijke dynamiek en de relatie tussen de rivier en de uiterwaarden. Leidt tot meer heterogeniteit en ruimtelijke samenhang (natuur in uiterwaarden van de IJssel nu zeer beperkt en vrijwel geen opgaande begroeiing). De bekencorridor staat dwars op de IJsselcorridor, samenhang en benutten gradiënten is hier aan de orde. Nadere uitwerking van de bekencorridor en overgangen in deze regio zijn gewenst.
- Aanhaken bij Ruimte voor de Rivier beleid biedt kansen voor verdere ontwikkeling van de uiterwaarden.

Tot slot

Adaptatiemaatregelen kunnen vaak meerdere effecten van klimaatverandering in één keer opvangen. Ook zijn voor eenzelfde effect meerdere adaptatiemaatregelen mogelijk, terwijl die maatregelen kunnen verschillen per regio. Aanwezigheid van heterogeniteit en ontwikkeling van klimaatcorridors komen regelmatig terug als adaptatiemaatregelen.

Voor het vervolg is het aan te bevelen om prioritaire gebieden te selecteren waar maatregelen in samenhang verder uitgewerkt kunnen worden (o.a. ruimtelijk expliciet maken) en toegepast worden in de praktijk. Aspecten die daarbij aan de orde zouden moeten komen zijn ontwerpen van ruimtelijke oplossingen waarbij integratie van verschillende maatregelen een rode draad vormt.

Het ligt buiten de scope van deze studie om prioritaire gebieden aan te wijzen voor een dergelijke uitwerking. Criteria die meespelen om tot prioritering van gebieden te komen zouden onder andere de volgende kunnen zijn (ook andere mogelijk):

i. effectiviteit van inspanningen, dus voor de minste inspanning de grootste bijdrage aan klimaatadaptatie,
ii. maatregelen dragen in het gebied bij aan het oplossen van meerdere opgaven (vanuit natuur, maar ook andere beleidsterreinen),
iii. voor provincie prioritaire soorten of ecosystemen hebben baat bij de maatregelen in het gebied.

Na het identificeren van prioritaire gebieden is het aan te bevelen om voor die gebieden tot integrale oplossingen te komen, waarbij een actieve inbreng van de diverse stakeholders uit het gebied cruciaal is.

Literatuur

Bartholomeus, R. P., J.-P. M. Witte, P.M. van Bodegom, J.C. van Dam, en R. Aerts (2011). Climate change threatens endangered plant species by stronger and interacting water-related stresses. Journal of Geophysical Research, Vol. 116, G04023, doi:10.1029/2011JG001693,

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.

Dobben H. van en A. Hinsberg (2008). Overzicht van kritische depositie waarden voor stikstof, toegepast op habitattypen en Natura-2000 gebieden. Alterra rapport 1654. Alterra Wageningen.

Eupen, M. van, W. Nieuwenhuizen, J.M.J. Farjon en M. Hilferink (2002). Natuurplangenerator maken van natuurscenario's voor Nederland : gebruikershandleiding (versie 1.0). Werkdocument natuurplanbureau 2002

Gaast, J.W.J. van der, H.R.J. Vroon en H.Th.L. Massop (2010). Grondwaterregime op basis van karteerbare kenmerken, STOWA rapport 41.

Geertsema, W., H. Baveco, J. Mol, W. Wamelink, J.W. van Veen en C. Vos (2011). Natuur en klimaat in Noord-Brabant; concretisering effecten en adaptatiemaatregelen. Alterra-rapport 2273.

Grift, E.A. van der, R. Pouwels, B. de Knegt, G.W.W. Wamelink, M. van Eupen, F.G.W.A. Ottburg, A. Griffioen en R.M.A. Wegman (2012). Toets herijking EHS Gelderland. Alterra rapport 2332. Alterra, Wageningen.

Hurk, B. van den, 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.

IPCC (2007). Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability, Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. (Parry, M.L.; Canziani, O.F.; Palutikof, J.P.; van der Linden, P.J.; and Hanson, C.E., eds). Cambridge University Press,

Jansen, A., A. Klimkowska en F. Eysink (2011). Aaltense Goor waterberging en natuurherstel. Coöperatie Unie van Bosgroepen u.a., Ede.

Klein Tank, A.M.G. en G. Lenderink (red.) (2009). Klimaatverandering in Nederland. Aanvullingen op de KNMI'06 scenario's, De Bilt: KNMI.

Knegt, B. de, M. van Eupen, A. van Hinsberg, R. Pouwels, M.S.J.M. Reijnen, S. de Vries, W.G.M. van der Bilt en S. van Tol (2011). Ecologische en recreatieve beoordeling van toekomstscenario's voor natuur op het land. 54 Alterra-rapport 2332 Achtergronddocument bij Natuurverkenning 2011. WOT-werkdocument 269. Wageningen, Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu.

Lammers G.W., A. van Hinsberg, W. Loonen, M.J.S.M. Reijnen en M.E. Sanders (2005). Optimalisatie Ecologische Hoofdstructuur. Milieu- en Natuurplanbureau (MNP). Milieu- en Natuurplanbureau Rapport nr 408768003

Lange. W. de, J. Hoogewoud, G. Prinsen, J. Verkaik, en A. Veldhuizen (2012). De stand van zaken rond het Nationaal Hydrologisch Instrumentarium. H_2O 9: 17-19.

McGarigal, K. en B.J. Marks (1994). Fragstats: Spatial pattern analysis program for quantifying landscape structure http://www.umass.edu/landeco/research/fragstats/fragstats.htm).

Opdam, P., R. van Apeldoorn, A. Schotman en J. Kalkhoven (1993). Population responses to landscape fragmentation. In: C.C. Vos & P. Opdam (eds.) Landscape ecology of a stressed environment. Chapman & Hall, London, pp. 172-192.

Pouwels, R., M. van Eupen en H. Kuipers (in prep). MetaNatuurplanner 2.0 achtergronddocument bij NVK2011. WOT-werkdocument.

Stevens, C.J., P. Manning, L.J.L. van den Berg, M.C.C. de Graaf, G.W.W. Wamelink, A.W. Boxman, A. Bleeker, P. Vergeer, M.A. Crespo, J. Limpens, L.P.M. Lamers, R. Bobbink en E. Dorland (2011). Ecosystem responses to reduced and oxidised nitrogen inputs in European terrestrial habitats. Environmental Pollution 159: 665-676.

Veen, M. van der, 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.

Verboom. J., R. Foppen, P. Opdam en P. Luttikhuizen (2001). Introducing the key patch approach for habitat networks with persistent populations: an example for marshland birds. Biological Conservation 108: 89-101.

Verdonschot, P. (2009). Het brede beekdal als klimaatbestendige buffer in de veranderende leefomgeving Flexibele toepassing van het 5B-concept in Peel en Maasvallei. Alterra – Wageningen UR.

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

Vries, F. de, W.J.M. de Groot, T.Hoogland en J. Denneboom (2003). De Bodemkaart van Nederland digitaal;. Toelichting bij inhoud, actualiteit en methodiek en korte beschrijving van additionele informatie. Wageningen, Alterra, Research Instituut voor de Groene Ruimte. Alterra-rapport 811.

Wamelink, G.W.W. en M.H.C. van Adrichem (eds.) (2011). Eindrapport project ecologische condities. Alterra-rapport 2195.

Wamelink, G.W.W. (2012). Klimaatbestendigheid en waterbergingsmogelijkheden voor het Aaltense Goor en Zwarte Veen. Wageningen, Alterra. Intern advies.

Wamelink, G.W.W., B. de Knegt, R. Pouwels, C. Schuiling, R.M.A. Wegman, A.M. Schmidt, H.F. van Dobben, M.E. Sanders (Submitted). Considerable environmental bottlenecks for the Habitats and Birds directives Species in the Netherlands. Biological Conservation.

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 (2011a). Ecological ranges for the pH and NO_3 of syntaxa: a new basis for the estimation of critical loads for acid and nitrogen deposition. Journal of Vegetation Science 22: 741-749.

Wamelink, G.W.W., H.J.J. Wieggers, J.C.H. Voogd en J.P. Mol-Dijkstra (2011b). Klimaatbestendigheid van de EHS 2. Simulatieruns met de modellen NHI-SMART2-SUMO2 voor klimaat-scenario's. Alterra-rapportnummer 2136. Alterra, Wageningen.

Wamelink, G.W.W., M.H.C. van Adrichem, L.J. van den Berg en B. te Linde (2010). Validatie en calibratie van het indicator systeem voor het bepalen van milieutekorten voor natuurgebieden in de provincie Gelderland. Alterra rapport 2077. Wageningen, Alterra.

Bijlage 1 Gebruikte kaartbeelden

Tabel: overzicht gebruikte kaartbeelden voor de diverse analyses

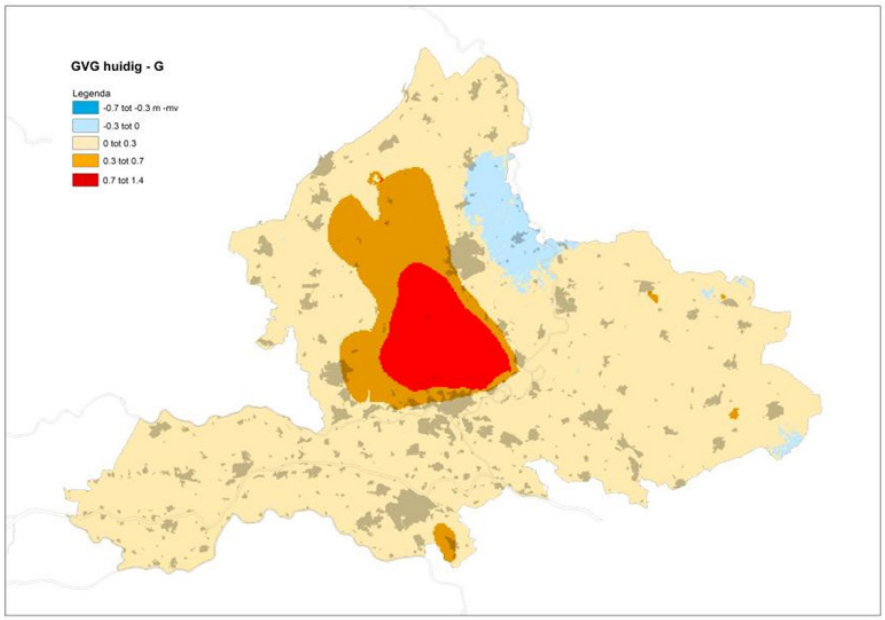
	bron
Kaart herijkte EHS, inclusief doelen (beheertypen) en Natura2000 gebieden (met doelen) (Teun Spek)	provincie Gelderland
Ligging van klimaatcorridors, zoals opgenomen in de herijkte EHS (bekencorridor, Rijn uiterwaarden, stuwwallen)	provincie Gelderland
Ligging van wateren met ecologische doelen (HEN, SED) en natte ecologische verbindingszones	provincie Gelderland
NHI berekeningen huidige situatie, G en W+	Alterra
Kwelkaart, Provincie Gelderland 2012. kwel/Infiltratie van de Veluwe/Vallei en Eem en Rijn en IJssel, rasters variabel 100*100m en 25*25m	provincie Gelderland
Bodemkaart 2003, (de Vries et al. 2003), schaal 1 : 50.000, rasters van 25*25m	Alterra
Grondwatertrappen kaart 2006, (van der Gaast et al. 2010), schaal 1 : 50.000 rasters van 25*25m.	Alterra
Overstromingskaart (van Eupen et al. 2002), rasters van 250*250m	Alterra
Informatie over ligging natuurgebieden in Duitsland en beheer/adaptatieplannen	BfN / NRW

Bijlage 2 Klimaateffecten oppervlaktewater

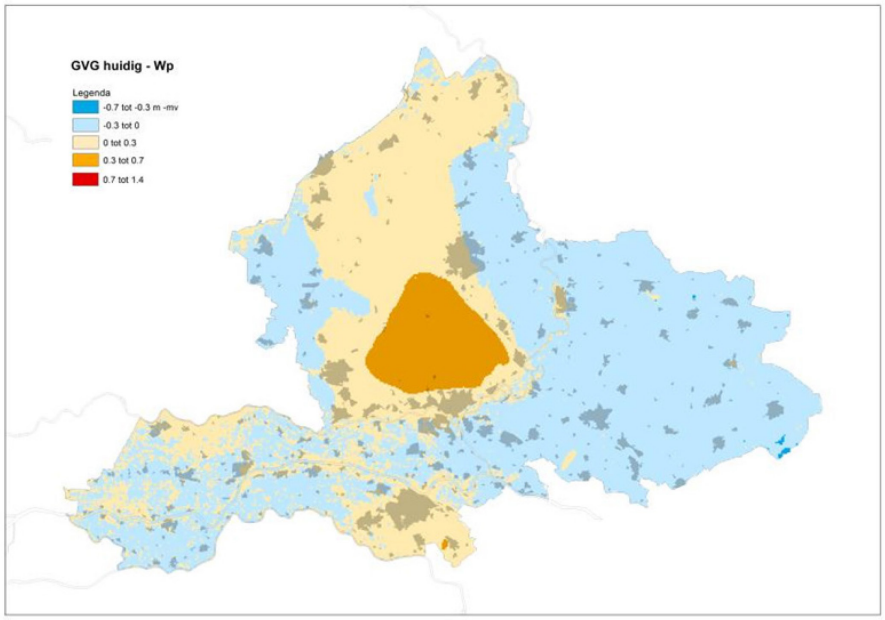
De invloed van klimaatkenmerken op biotische en abiotische processen; x: klimaatkenmerk heeft invloed (Besse et al., 2011). Deze informatie is gebruikt om gevoeligheid van watertypen vast te stellen (paragraaf 2.2.1):

	Landschapsecologiche processen		temperatuur: stijging	toename winterneerslag	zomerdroogte	extremen zomer-neerslag	wind
Abiotiek	nutriëntenhuishouding: eutrofiëring (algen, troebel, lichtlimitatie)	mineralisatie/sulfaatreductie, uitspoeling nutriënten	x		x		
		afspoeling (nutriënten, org. materiaal, sediment)		x		x	
		inlaat			x		
	waterhuishouding	golfslag (erosie en resuspensie)					x
		waterbeweging		x	x		
		peilwisseling (oevermineralisatie, indamping)	x	x	x		
		afvoerwisseling (erosie)		x	x	x	
		inundatie (uitwisseling nutriënten)		x			
	zuurstofhuishouding	zuurstofdaling	x				
	droogval	opdrogen			x		
	stratificatie	instraling	x				
		wind					x
	chloride (niet in Gelderland)	saltspray					x
		indamping	x		x		
		zoute kwel			x		
Biotiek	verlanding	successie	x	x	x	x	
	algenontwikkeling	bloei	x	x	x	x	
		flab	x	x	x	x	
		blauwwierbloei	x	x	x	x	
	dispersie	exoten	x				
		ziekten	x			x	
	connectiviteit	verbinden			x		
	voedselketen	mismatch	x				
		fenologie	x				
		biomassa	x				
	thermofilie	koud stenotherme verdwijnen	x				

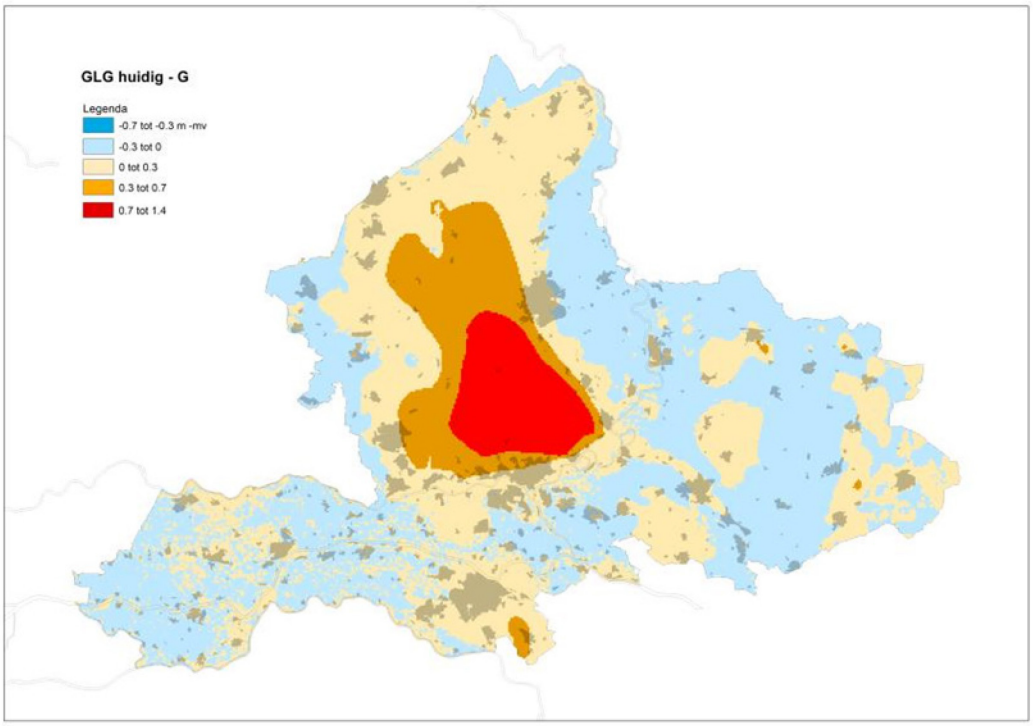
Bijlage 3 Kaarten gebruikt voor de inschatting van klimaatverandering op de abiotiek



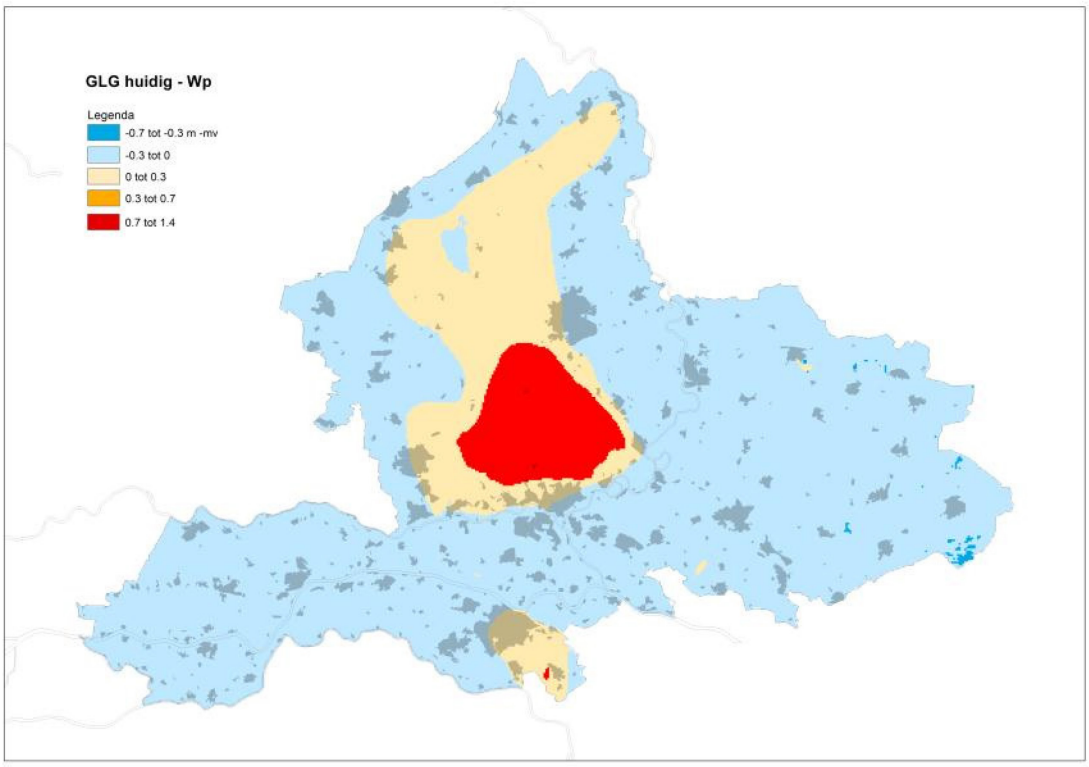
Voorjaargrondwaterstand (GVG) verandering voor het G-scenario voor 2050. Negatieve waarden geven aan dat het droger wordt, want de grondwaterstand wordt gegeven in cm beneden maaiveld!



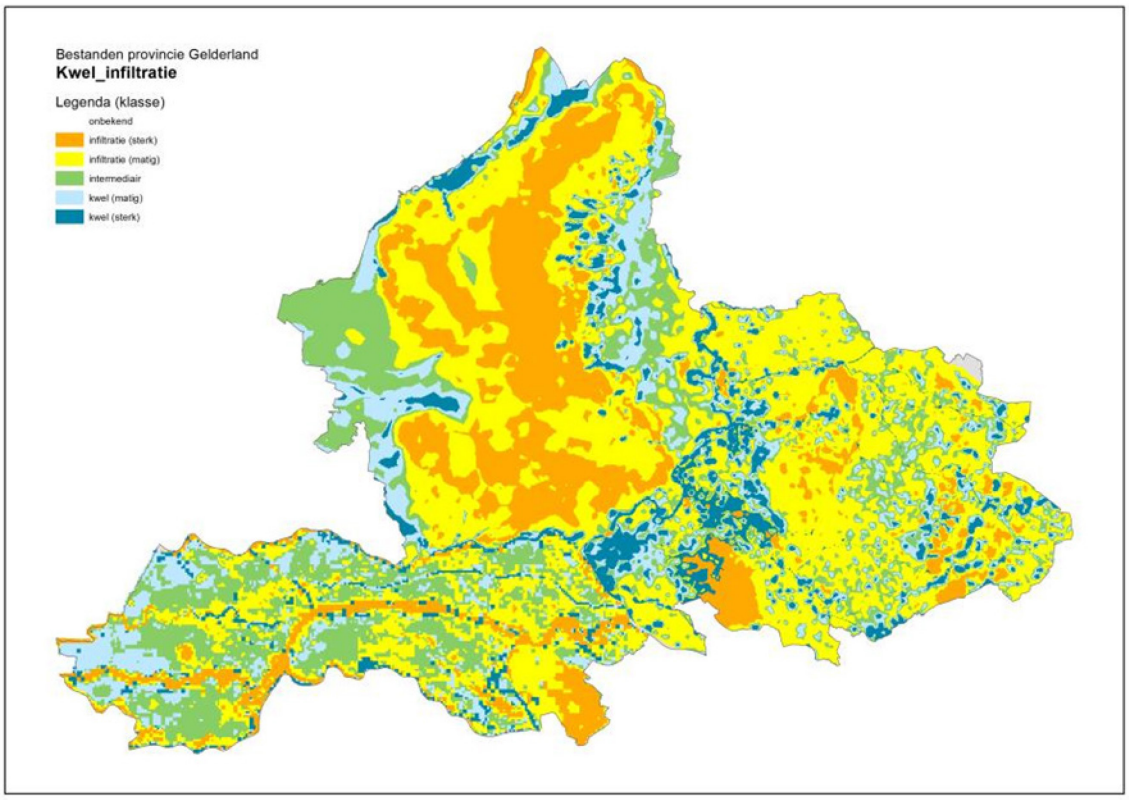
Voorjaargrondwaterstand (GVG) verandering voor het W+-scenario voor 2050.



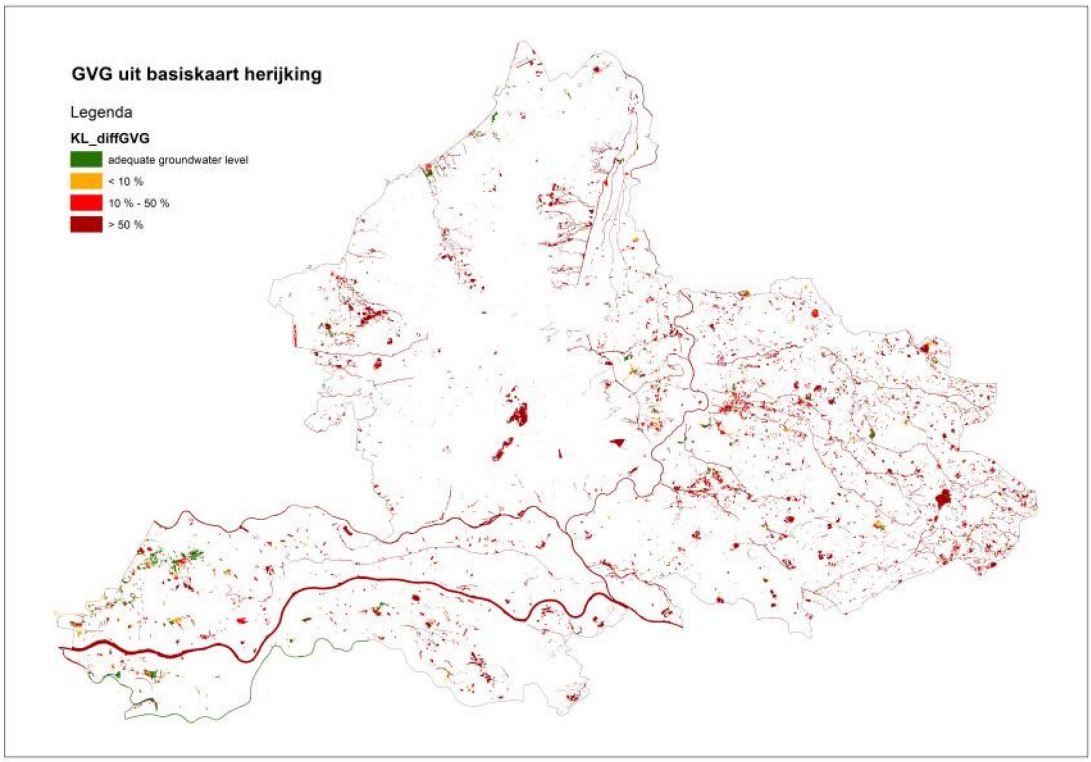
Laagste grondwaterstand (GLG) verandering voor het G-scenario voor 2050.



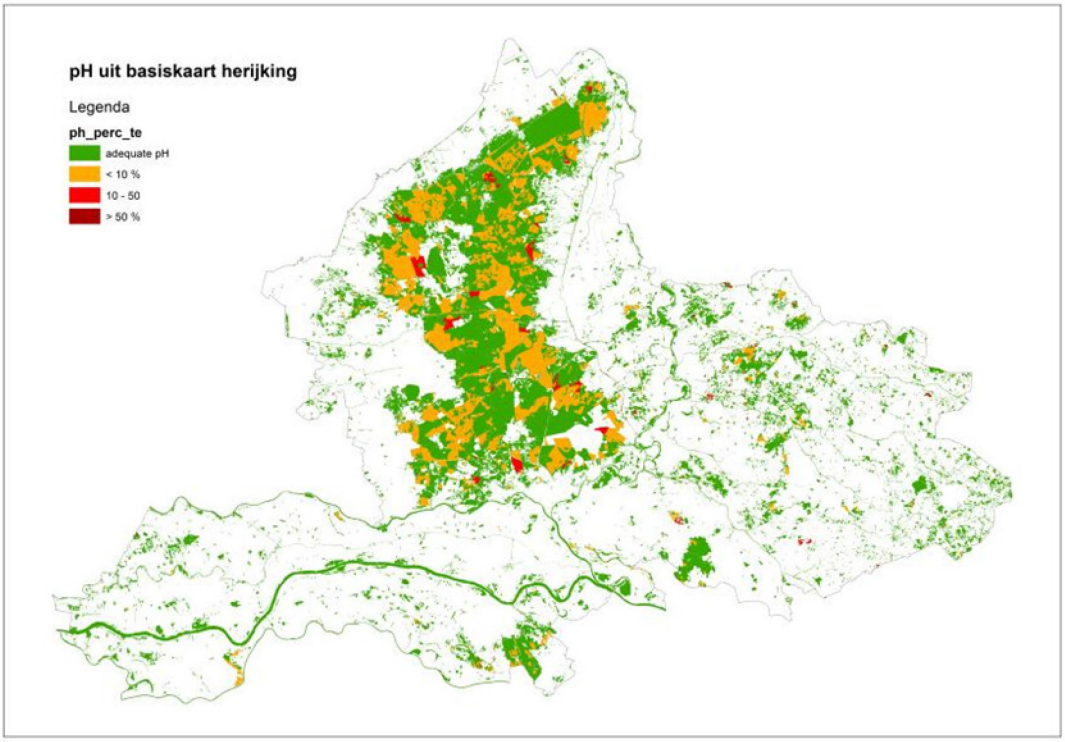
Laagste grondwaterstand (GLG) verandering voor het W+-scenario voor 2050.



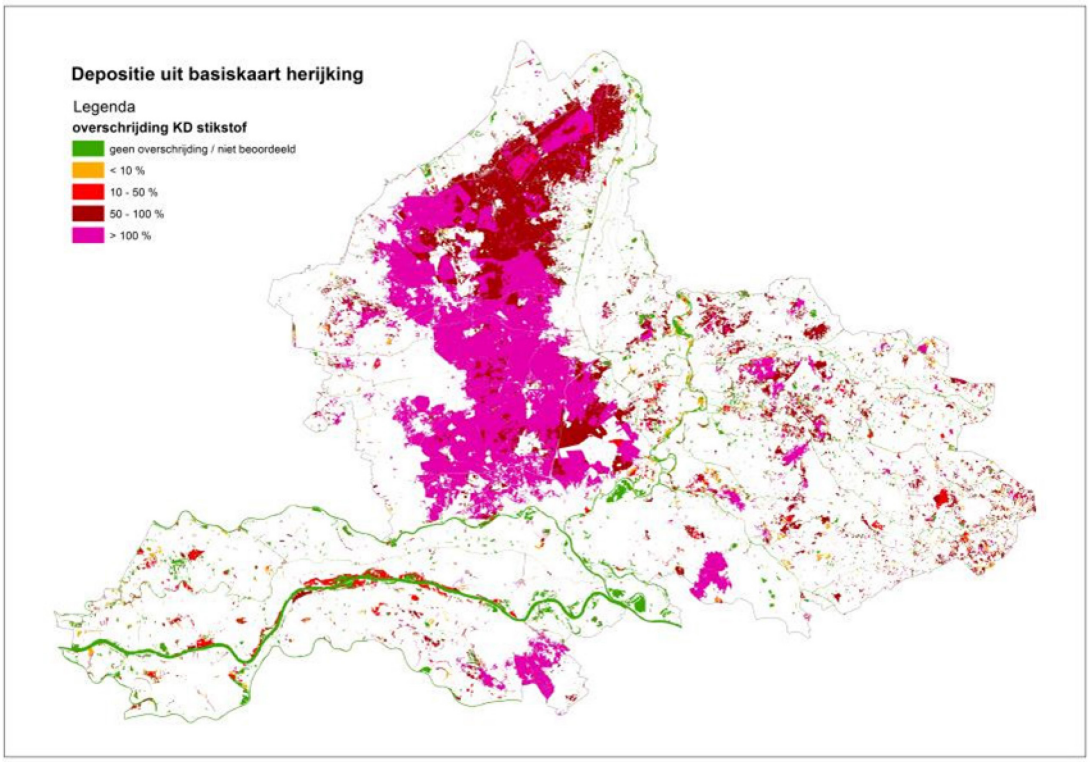
Kwelkaart voor de huidige situatie. De blauwe kleuren geven kwelgebieden weer.



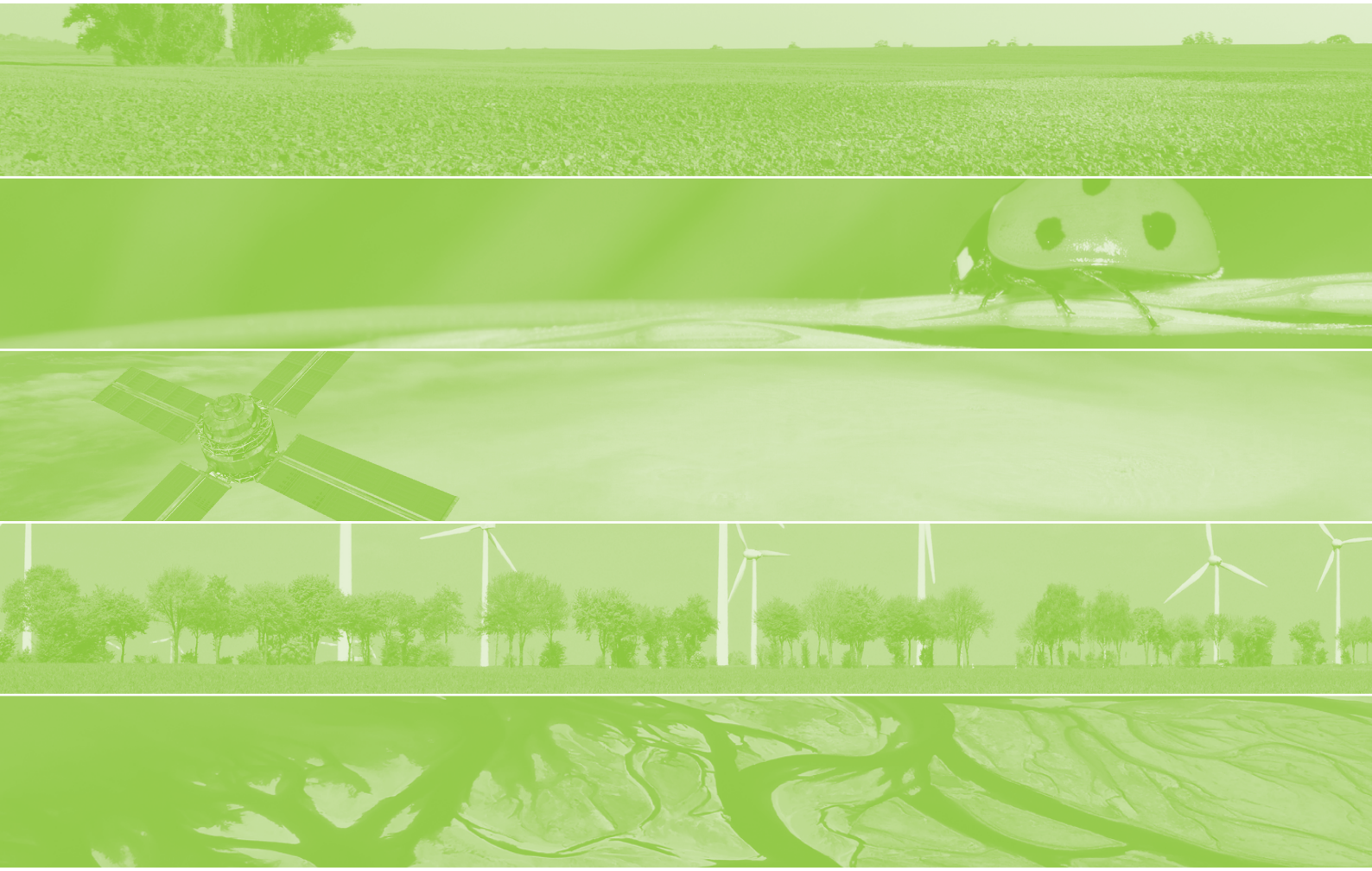
Voorjaarsgrondwaterstand met overschrijding van de limietwaarden voor beheertypen, op basis van de limietwaarden voor de beheertypen en geschatte gvg op basis van vegetatieopnamen.



Overschrijding van de limietwaarde voor pH voor beheertypen op basis van geschatte veld pH op basis van vegetatieopnamen.



Overschrijding van de kritische depositiewaarde voor stikstof voor beheertypen op basis van gemodelleerde huidige stikstofdepositie.



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 hèt 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.wageningenUR.nl/alterra