



Implementatie / in gebruik

## > Effecten klimaatverandering terrestrische natuur

IDEA/EXPLORATION



PROOF OF CONCEPT



EXPERIMENT/PILOT



IMPLEMENTATION/IN OPERATION

### INHOUD

**INLEIDING**  
**GERELATEERDE ONDERWERPEN EN DELTAFACTS**  
**STRATEGIE**  
**WERKING**  
**RANDVOORWAARDEN**  
**KOSTEN/BATEN**  
**GOVERNANCE**  
**ERVARINGEN MET DE MODELLEN**  
**LOPENDE INITIATIEVEN EN ONDERZOEKEN**  
**KENNISLEEMTEN**  
**LITERATUUR**  
**DISCLAIMER**

### INLEIDING

**Een gezonde natuur is belangrijk voor maatschappelijk welzijn en voor de economie. Daarom wil de overheid de Nederlandse natuur behouden en versterken. Het klimaat van Nederland verandert echter en dat heeft consequenties voor de haalbaarheid van natuurdoelen. Biodiversiteit kan veranderen door het verschuiven van temperatuurzones en veranderende neerslagpatronen. Ook de standplaatsfactoren zuurgraad en nutriëntenrijkdom zullen veranderen bij klimaatverandering. Voor ondersteuning van het natuurbeleid wordt veel gebruik gemaakt van modellen die voorspellen hoe de natuur zich ontwikkelt en reageert op omstandigheden die door ingrepen veranderen. Weten we hoe de natuur reageert op klimaatverandering en zijn de modellen die ingezet worden voor het natuurbeleid geschikt om rekening te houden met klimaatverandering?**

In Nederland is natuur ruimtelijk gepland: er zijn voor alle natuurterreinen doelen vastgesteld. Vaak zijn die natuurdoelen wettelijk opgelegd, bijvoorbeeld in Europees verband (zoals [Natura 2000](#) en de [Kaderrichtlijn Water](#)). De natuurgebieden spelen een cruciale rol in het behoud van de biodiversiteit. Om deze gebieden met elkaar te verbinden is het Natuurnetwerk Nederland (voorheen de Ecologische Hoofdstructuur) (NNN) ontworpen. Voor natuur buiten de Natura 2000-gebieden stellen Provincies Natuurbeheerplannen op. Vanaf 2015 maken de provincies jaarlijks een Voortgangsrapportage Natuur om het rijk te informeren, conform de afspraken die zijn vastgelegd in het [Natuurpact](#). Via het [Subsidiestelsel Natuur en Landschap \(SNL\)](#) verlenen de provincies subsidie voor het behoud en de ontwikkeling van (agrarische) natuurgebieden en landschappen aan, bijvoorbeeld Natuurterreinbeheerders zoals Natuurmonumenten.

De wijze waarop klimaatverandering ingrijpt op ecosystemen is complex. Er is sprake van directe abiotische effecten (een hogere temperatuur werkt bijvoorbeeld direct door op de abiotische condities van plantensoorten), biotische effecten (verschuiving van plantensoorten heeft effect op Ecosysteemniveau), en versnippering van natuurgebieden versterkt effecten.

In deze deltafact wordt ingegaan op de effecten van klimaatverandering op terrestrische natuur en met name in hoeverre de natuurvoorspellingsmodellen in Nederland geschikt zijn om rekening te houden met het veranderende klimaat. De deltafact beperkt zicht tot de terrestrische vegetatie. De informatie is deels ontleend aan de projecten voor de onderzoeksprogramma's [Klimaat voor Ruimte](#) en [Kennis voor Klimaat](#), maar ook aan onderzoek dat buiten deze programma's wordt uitgevoerd, onder andere voor het ministerie van LNV (voorheen EZ) en in Europese projecten.

## STRATEGIE

Ter ondersteuning van het natuurbeleid en natuurbeheer worden rekenmodellen ingezet om mogelijke effecten op terrestrische natuur te voorspellen. Het gaat dan enerzijds om knelpunten in beeld te brengen, zoals invloeden van klimaatverandering, verzuring, vermessing en verdroging. Anderzijds gaat het om kansen in beeld te brengen door effecten van herstelmaatregelen te voorspellen alsmede effecten van maatregelen die gericht zijn op andere terreinen zoals waterveiligheid, wateroverlast en waterkwaliteit, bijvoorbeeld in het kader van het Nationale Deltaprogramma. Wat voor effect hebben die maatregelen op de natuur? En, zijn er extra maatregelen nodig om natuurdoelen veilig te stellen?

Voor het bepalen van de effecten van ingrepen op de terrestrische natuur zijn er verschillende modellijnen operationeel. In het **Deltaprogramma** is op landelijke schaal vooral het ecohydrologische model **DEMNET** gebruikt om de gevolgen van maatregelen in de waterhuishouding op de terrestrische natuur op landelijke schaal in te kunnen schatten binnen het **Deelprogramma Zoetwater**. Na de genomen deltabeslissingen (2014) zal de uitvoering opgepakt moeten gaan worden van de voorgenomen maatregelen. Veel van de effecten van de maatregelen zullen zich voor de terrestrische natuur juist uiten op regionale en vooral lokale schaal. Bij de regionale waterbeheerders wordt **Waternood** gebruikt om effecten van maatregelen op de terrestrische natuur te berekenen, maar dit model houdt geen rekening met klimaatverandering. Procesgebaseerde modelconcepten zijn het meest geschikt om effecten van klimaatverandering te voorspellen en om in rekenscenario's rekening te houden met klimaatverandering. Zulke modelconcepten zijn vooral ontwikkeld en operationeel bij KWR Water Research en Wageningen Environmental Research (Alterra).

In 2013 is door de kennisinstituten onderzocht ([Van Ek et al., 2014](#)) hoe een 'klimaatrobuust' model voor terrestrische natuur er uit zou moeten zien, welke bouwstenen er nu klaarliggen om zo'n model te bouwen en welke kennis nog moet worden ontwikkeld. In deze studie zijn de modellijnen van Wageningen Environmental Research (Alterra), Deltares en KWR met elkaar vergeleken en geconcludeerd dat samenwerking tussen deze instituten nodig is om efficiënt toe te werken naar noodzakelijke verbeteringen van de modelconcepten. In hoofdlijnen zijn er verbeteringen en samenwerking mogelijk op het vlak van:

- de hydrologische standplaatsmodellering. Naast dat de huidige hydrologische modelinvoer verbeterd dient te worden, zijn er nog tal van relevante processen die niet zijn ingebouwd in de modellen (bijv. overstromingen en kwel in de wortelzone).
- de modellering van voedselrijkdom. De huidige werkwijze in alle modellen schiet te kort.
- saliniteit ontbreekt terwijl in laag Nederland de verzilting wel een factor is voor diverse natuurgebieden.
- uniforme databases om daarmee de opgezette modelketens te kunnen toetsen aan veldgegevens.

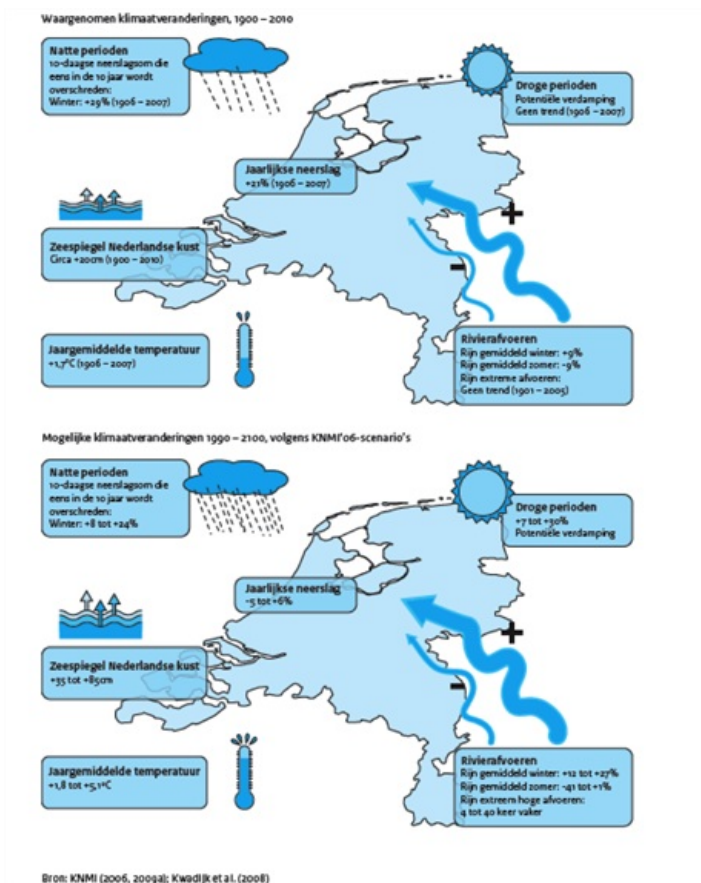
STOWA heeft op 10 december 2014 te Amersfoort de workshop '**Op weg naar een klimaatrobuuste effectvoorspelling natuur**' georganiseerd. In vervolg hierop heeft STOWA in 2015 de applicatie '**Hydrologische Randvoorwaarden Natuur**' laten ontwikkelen voor Waternood. Het gaat hierbij om de randvoorwaarden die planten (vegetaties) stellen aan grondwaterstanden, vochtvoorziening, grondwateraanvoer en overstromingsfrequentie. Ook is aangegeven welke eisen de uiteenlopende vegetatietypen stellen aan de zuurgraad, het zoutgehalte en de voedselrijkdom van het grondwater. KWR, Wageningen Environmental Research en Deltares hebben in 2016/2017 nadere uitwerking gegeven aan bovengenoemde verbeterpunten ([Witte et al, in prep.](#)). Zij ontwikkelden op basis van de bestaande modellen en kennis een gebruiksvriendelijke interface waarbij het oorspronkelijke Waternood instrumentarium gebruikt kan worden voor het evalueren van natuurdoelen met in acht name klimaatverandering en het model PROBE ingezet kan worden voor het voorspellen van vegetatiestructuur. Beide applicaties zullen deel gaan uitmaken van de **Waterwijzer voor landbouw en natuur**, de opvolger van Waternood.

## WERKING

Klimaatveranderingen kunnen grote invloed hebben op de kwaliteit van natuurgebieden. Hoe deze processen op elkaar inspelen is niet altijd eenduidig. Daarom wordt ingezet op de ontwikkeling van een modelinstrumentarium voor terrestrische natuur dat deze effecten kan voorspellen en dat adequaat rekening houdt met klimaatverandering in scenario's om knelpunten en effecten van maatregelen te berekenen.

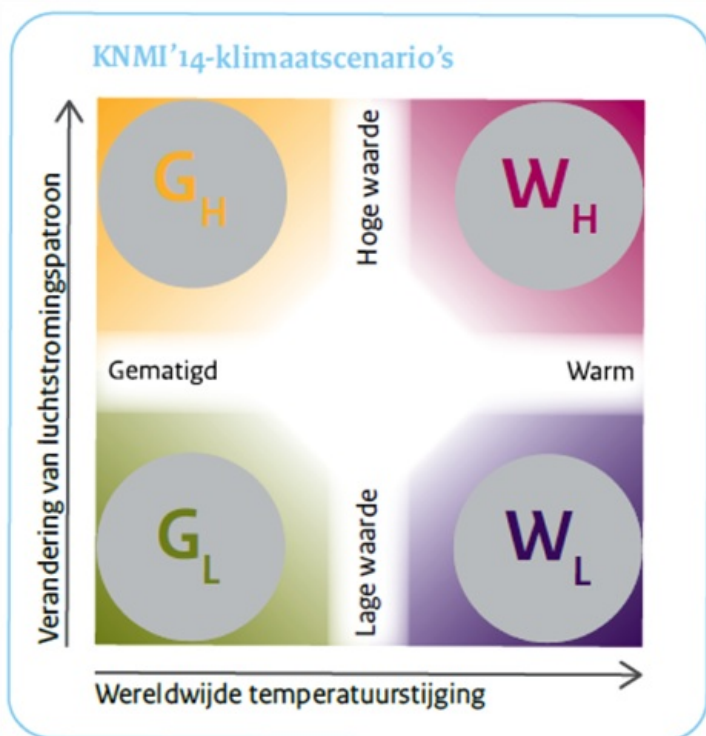
### Klimaatverandering in Nederland

In Nederland is de klimaatverandering al een tijd merkbaar: de laatste jaren wordt het meetbaar warmer. In de afgelopen eeuw is de jaargemiddelde temperatuur met ongeveer 1,5 °C gestegen. De tien warmste jaren sinds 1901 vallen alle na 1989 (bron: [Compendium voor de leefomgeving](#)). Figuur 1 geeft een impressie van de recente en toekomstige klimaatverandering in Nederland (een uitgebreid overzicht is te vinden in: [PBL, 2012](#)).



Figuur 1 Waargenomen en mogelijke toekomstige klimaatverandering (Bron: PBL, 2012)

Voor het toekomstige klimaat van Nederland heeft het KNMI in 2006 vier klimaatscenario's opgesteld. Deze geven een beeld van de mogelijke veranderingen in temperatuur, neerslag, wind en zeespiegel voor een klimatologische periode van 30 jaar en zijn bedoeld als instrument voor het berekenen van gevolgen van klimaatverandering of voor het ontwikkelen van mogelijkheden en strategieën voor adaptatie. In 2014 heeft het KNMI de projecties geactualiseerd (KNMI, 2014) (figuur 2). In deze actualisatie wordt het klimaat van 1951-1980 beschreven, het klimaat van 1981-2010 (deze als referentie), en voor de 4 scenario's GL, GH, WL en WH de verandering ten op zichte van de referentie voor het klimaat rond 2050 en 2085. De klimaatscenario's tonen niet alleen de door de mens veroorzaakte klimaatverandering, maar ook de natuurlijke variaties in het klimaat.



Figuur 2 Overzicht van de vier klimaatscenario's van 2014 van het KNMI (Bron: (KNMI, 2014)

Samengevat zijn de voorspellingen voor de temperatuur, neerslag en verdamping als volgt:

**Temperatuur:** volgens alle 4 scenario's zal de temperatuur blijven stijgen (voor het klimaat rond 2050 met +1,1 °C in GL

en 2,7 °C in WH), de toename in de winter is gemiddeld het grootst. Zachte winters en hete zomers zullen vaker voorkomen.

**Neerslag:** in alle scenario's neemt de neerslag in alle seizoenen toe, met uitzondering van de zomer. Dit komt vooral doordat bij een opwarmend klimaat de hoeveelheid waterdamp in de lucht toeneemt. De winterse neerslag neemt volgens scenario's GL rond 2050 toe met slechts 3% en volgens WH met 17%. De modelberekeningen zijn niet eenduidig over de gemiddelde neerslag in de zomer: volgens GL en WL neemt de neerslag in de zomer gemiddeld iets toe (+1,2% en +1,4%), terwijl volgens GH en WH deze juist afneemt met respectievelijk -8% en -13%.

**Verdamping:** de potentiële verdamping neemt gemiddeld met enkele procenten toe (3% volgens GL, 7% volgens WH). In de zomers is deze toename nog sterker (4–11%). Deze stijging komt door meer zonnestraling en een hogere temperatuur. De verandering van de werkelijke verdamping kan afwijken van de potentiële, omdat de werkelijke verdamping beperkt kan worden door de beschikbaarheid van water in de bodem.

Voor de *koolzuur(CO<sub>2</sub>)-concentratie* geeft het KNMI geen waarden bij de vier scenario's. **Reidsma et al. (2015)** koppelen de vier KNMI-scenario's aan de SRES-emissiescenario's in het IPCC-assessment-rapport van 2001 (Scientific basis, Appendix II, Table II.2.1 with CO<sub>2</sub> abundances. Zie link: [http://www.grida.no/publications/other/ipcc\\_tar/](http://www.grida.no/publications/other/ipcc_tar/)): het lage-emissie-scenario B2 aan KNMI-scenario's GL en GH, en het hoge-emissie-scenario A1FI aan KNMI-scenario's WL en WH. Ze gebruiken daarbij de resultaten van het ISAM-model (**Jain et al., 1994**) voor de CO<sub>2</sub>-concentraties: 478 μmol CO<sub>2</sub>/mol voor B2 en 567 μmol CO<sub>2</sub>/mol voor A1FI. Als Referentie voor de huidige situatie in 2000 gebruiken zij 369 μmol CO<sub>2</sub>/mol.

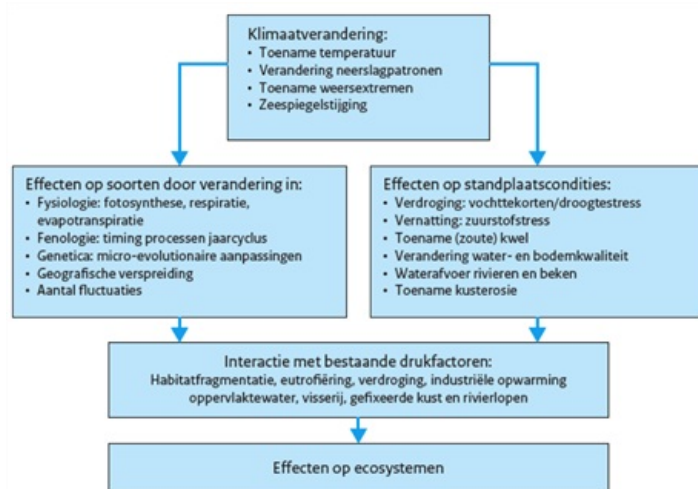
### Hoe grijpt klimaatverandering in op terrestrische natuur?

De natuur in Nederland staat al onder druk van de klimaatverandering. **PBL (2012)** geeft daar een helder overzicht van; citaat: "bij gelijkblijvend beleid nemen de effecten naar verwachting verder toe:

- Koudeminnende soorten nemen in aantal af, warmteminnende soorten nemen toe. Het Nederlandse klimaat wordt geschikt voor nieuwe soorten.
- De soortensamenstelling van de natuur kan aanzienlijk veranderen. Ook kunnen veel standplaatscondities, zoals waterbeschikbaarheid en waterkwaliteit, beïnvloed worden, wat indirecte gevolgen heeft voor de natuur.

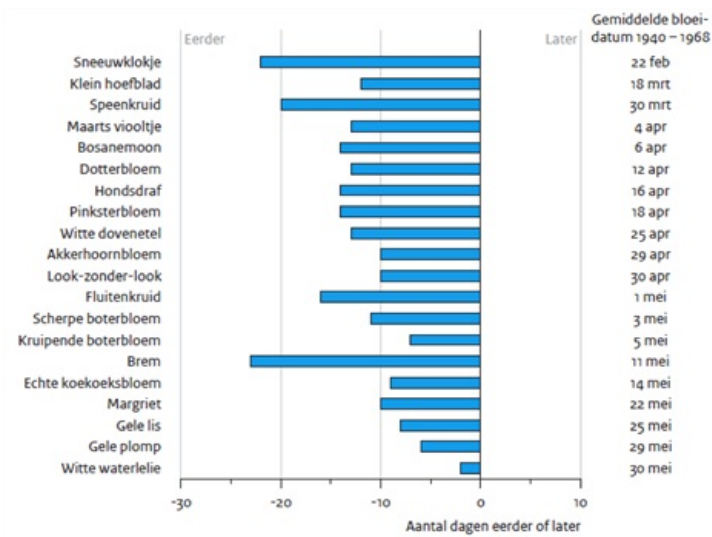
Klimaatverandering versterkt de effecten van andere drukfactoren op de natuur en vice versa. Zo versterkt klimaatverandering de effecten van verdroging en versterkt versnippering de effecten van klimaatverandering."

Figuur 3 geeft een schematisch overzicht.



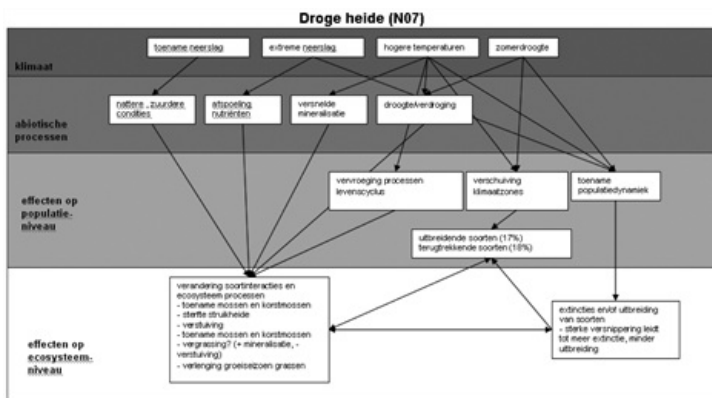
Figuur 3 Effecten van klimaatverandering op natuur (Bron: **PBL, 2012**)

Een voorbeeld: door een hoge temperatuur in het voorjaar in de laatste jaren valt de gemiddelde bloeidatum vroeger in het jaar dan in de periode 1940-1968 (figuur 4). Sommige soorten zoals speenkruid, gele kornoelje en sneeuwkllokje bloeien zelfs meer dan 19 dagen eerder. Bij de meeste soorten die later in het jaar gaan bloeien, is de vervroeging niet zo sterk. De temperatuurverandering in de eerste maanden van het jaar is sterker dan in de maanden erna waardoor vroege bloeiers sterker vervroegen (bron: **compendium voor de leefomgeving**).



Figuur 4 Verandering van bloei in periode 2001-2005 t.o.v. periode 1940-1968 (Bron: PBL, 2012)

De effecten van klimaatverandering op de terrestrische natuur zijn te verdelen in effecten op soortensamenstelling en effecten op standplaatsfactoren (zie figuur 3). Droogte gecombineerd met hoge temperaturen in de zomer kan leiden tot sterfte van planten en dieren en verschuiving van klimaatzones leidt tot veranderingen in soortensamenstelling. Habitatfragmentatie belemmert het meebewegen van soorten. Standplaatsfactoren veranderen door de volgende processen: toename van mineralisatie door temperatuurstijging leidt tot hogere voedselrijkdom, afspoeling en toevoer van nutriënten bij extreme neerslag, meer inlaat van gebiedsvreemd water - dat vaak van slechte kwaliteit is - bij droogte. Toename van de neerslag in de winter kan een gunstig effect hebben op natte en vochtige beheertypen. Besse et al. (2010) beschrijven voor een groot aantal beheertypen de effecten van klimaatverandering. De onderstaande figuur is een voorbeeld hiervan.

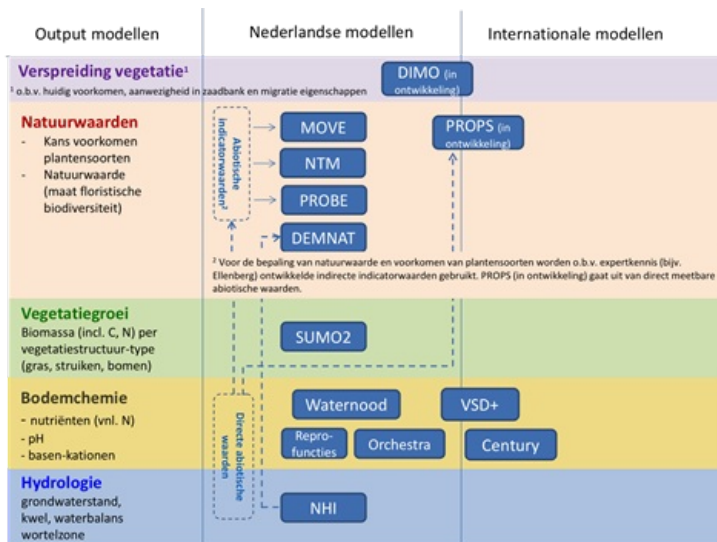


Figuur 5 Effect van klimaatverandering op droge heide (Besse et al., 2010)

Van Bodegom et al., (2014) hebben verschillende benaderingen (meta-analyses, eco-hydrologische modellering en expert kennis) gecombineerd om de effecten van klimaatverandering op natuur voor Nederland te evalueren. De conclusie was dat nutriëntarme systemen en ecosystemetypen fluctuerende waterstanden zoals hooilanden en vochtige heiden het hoogste risico lopen bij klimaatverandering.

### Rekenmodellen voor terrestrische natuur

Bij verschillende instituten is een keur aan modellen die inzetbaar zijn voor de berekening van de kwaliteit van natuur onder invloed van milieuomstandigheden - waaronder het klimaat - en beheersmaatregelen (figuur 6). In figuur 6 is ook te zien welk deel van het ecosysteem de modellen beschrijven. De modellen die de natuurwaarde beschrijven zijn veelal statistische modellen die gevoed worden met standplaatsfactoren of indicatiewaarden voor vochttoestand, zuurgraad en nutriëntenrijkdom. De indicatiewaarden zijn afgeleid van empirische relaties tussen standplaatsfactoren en indicatorwaarden voor plantensoorten (zie kader). KWR gebruikt hierbij met het model PROBE indicatiewaarden van Witte et al. (2007), Wageningen Environmental Research (Alterra) gebruikt met NTM de indicatiewaarden van Ellenberg (1992). De standplaatsfactoren worden berekend door procesgeoriënteerde modellen zoals NHI (vochttoestand), Century (nutriënten), Orchestra (zuurgraad), VSD+ (zuurgraad en nutriënten). Waternood is een kennisysteem waarmee zuurgraad en nutriëntenrijkdom kunnen worden bepaald. In de modelketen van Wageningen Environmental Research (Alterra) is het model SMART2 vervangen door VSD+, dat ten opzichte van SMART2 een verbeterd rekenconcept heeft voor de organischestofhuishouding en stikstofbeschikbaarheid. Aan VSD+ is de successiemodule SUMO2 gekoppeld, die de vegetatiegroei en opname berekent op basis van een jaarlijkse terugkoppeling met de nutriëntenbeschikbaarheid. Effecten van beheer worden hierin meegenomen, waardoor het mogelijk is effecten van beheersmaatregelen te berekenen.



Figuur 6 Overzicht van modelconcepten terrestrische vegetatie bij KWR (PROBE, Waterlood, Orchestra, Century), Alterra (DIMO, PROPS, MOVE, NTM, SUMO2, VSD+, NHI) en Deltares (DEM NAT, NHI).

### Kader Indicatorwaarden

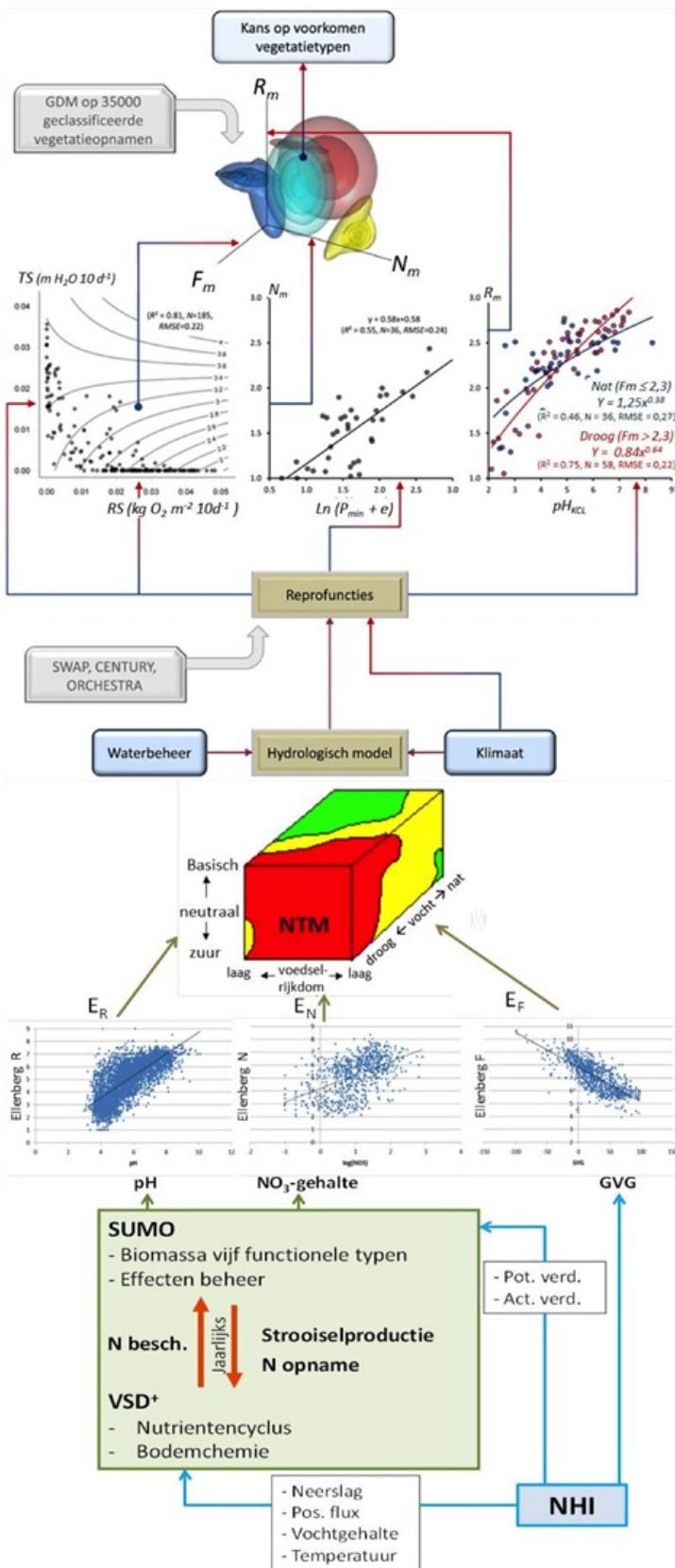
Planten groeien niet zomaar ergens. Elke plantensoort heeft een bepaalde hoeveelheid licht, water en voedingsstoffen nodig om te groeien. Ook het klimaat is van invloed op het voorkomen van plantensoorten. Elke plantensoort stelt zijn eigen eisen aan de genoemde standplaatsfactoren, ook wel abiotiek genoemd. Uitgaande van dit gegeven is door experts aan plantensoorten een indicatorwaarde voor de standplaatsfactoren gekoppeld. Dit zijn dus getallen die samenvatten onder welke standplaatsomstandigheden een plantensoort gemiddeld gezien voorkomt. De bekendste ecoloog die dit gedaan heeft is Heinz Ellenberg die op een schaal van 1 tot 9 indicatorwaarden heeft bepaald voor licht, temperatuur, continentaliteit (= het verschil tussen minimum en maximumtemperatuur), vocht, zuurgraad, stikstof en zoutresistentie.

Verreweg de meeste modellen die het voorkomen van plantensoorten voorspellen gebruiken indicatorwaarden als input. De modellen die milieueffecten op de abiotiek van ecosystemen berekenen, hebben als modeloutput de standplaatsfactoren zoals pH, nutriënten- en vochtbeschikbaarheid en niet de indicatorwaarden. Om de koppeling te maken tussen de modellen voor abiotiek en de modellen die het voorkomen van plantensoorten voorspellen moet een vertaling gemaakt worden van standplaatsfactor naar indicatorwaarde. Voor de standplaatsfactoren vocht en pH is een goede relatie gevonden met de indicatorwaarden, maar de relatie tussen nutriëntenbeschikbaarheid en de indicatorwaarde voor nutriëntenrijkdom is zeer zwak.

In figuur 7 zijn deze modellijnen van KWR en Wageningen Environmental Research (Alterra) naast elkaar gezet. In principe lijken beide ketens veel op elkaar. Beide hebben een procesgeoriënteerd deel waarmee de voedselrijkdom en de zuurgraad van de bodem worden berekend op basis van hydrologische invoer gesimuleerd met het Nationaal Hydrologisch Instrumentarium (NHI) of met regionale hydrologische deelmodellen.

De belangrijkste verschillen tussen de twee modellijnen zijn:

- bij VSD+-SUMO2-NTM wordt atmosferische depositie meegenomen en bij Waterlood-PROBE niet.
- door de koppeling met SUMO is het mogelijk beheereffecten te berekenen met VSD+-SUMO2-NTM. Dit kan (nog) niet met Waterlood-PROBE
- Waterlood-PROBE bepaalt de nutriëntenrijkdom op basis van P-mineralisatie en VSD+-SUMO2-NTM op basis van nitraatgehalte.
- in Waterlood-PROBE worden zuurgraad en nutriëntenrijkdom niet procesmatig berekend, maar vastgesteld op basis van kennistabellen. Inmiddels is het mogelijk om de zuurgraad en nutriëntenrijkdom wel procesmatig te berekenen met CENTURY en Orchestra. Bij VSD+-SUMO2-NTM worden zuurgraad en nutriëntenrijkdom procesmatig berekend.



Figuur 7 Schematische weergave van de natuureffectmodellen PROBE (boven) en VSD<sup>+</sup>-SUMO-NTM (onder)

Het streven is om de komende twee tot drie jaar stapsgewijs een natuureffectmodule te ontwikkelen, waarbij delen van elkaars modellen in elkaar geschoven worden. Om het geheel praktisch toepasbaar te maken worden op basis van de procesmatige modellen reprofuncties afgeleid voor het huidige en toekomstige klimaat. Deze worden verwerkt in een gebruikersvriendelijke schil (vergelijkbaar met Watermood), zodat voor allerlei ingrepen in de waterhuishouding eenvoudig de effecten op de terrestrische natuur kunnen worden berekend. Een eerste modelversie hiervan is inmiddels gereed (2017). Deze versie maakt gebruik van bestaande kaarten in GIS en van door de gebruiker op te geven kaarten met karakteristieke grondwaterstanden, zoals de gemiddelde laagste grondwaterstand (GLG). Zij simuleert binnen enkele minuten op een eenvoudige PC de gevolgen van een klimaatsscenario, met of zonder adaptieve maatregelen, voor een stroomgebied in een ruimtelijke resolutie van 25 m x 25 m (Witte et al., 2014). Uitkomsten zijn onder meer kaarten met de kans op voorkomen van vegetatietypen en van veranderingen in de biodiversiteitswaarde van het modelgebied.

## RANDVOORWAARDEN

n.v.t.

## KOSTEN/BATEN

Naast de intrinsieke waarde heeft natuur ook een economische waarde. In Nederlandse bossen wordt hout gewonnen, er wordt veel in de natuur gerecreëerd, huizen in de nabijheid van natuur zijn meer waard en grondwater dat voor de bereiding van drinkwater is gewonnen in of nabij grote natuurgebieden is van hoge kwaliteit door de filterende werking van de bodem en afwezigheid van verontreinigingsbronnen. Aan de kostenkant kan gedacht worden aan kosten van onderhoud en beheer van natuurgebieden. Het is mogelijk om te berekenen of beheersmaatregelen effectief zijn en wat het dus kost om de natuur in stand te houden. Als de te verwachten effecten van klimaatverandering met modellen kunnen worden ingeschat kan dat helpen om een meer gerichte kosten-baten-analyse te maken.

## GOVERNANCE

De overheid wil nationaal en internationaal behoud en duurzaam gebruik van biodiversiteit. De overheidsplannen hiervoor staan in de **Uitvoeringsagenda Natuurlijk Kapitaal**. De internationale biodiversiteitsafspraken van het **Biodiversiteitsverdrag (CBD)** bepalen voor een groot deel de Uitvoeringsagenda. Doel is om in uiterlijk 2020 veerkrachtige ecosystemen en ecosysteemdiensten te hebben. Deze moeten bijdragen aan biodiversiteit, water- en voedselzekerheid, armoedebestrijding en welzijn. De plannen in de Uitvoeringsagenda zijn in lijn met internationale biodiversiteitsafspraken van het Biodiversiteitsverdrag (CBD) en de **Europese Vogel- en habitat richtlijn**. Verschillende (internationale) wetten en regels beschermen de natuur in Nederland. Het **Natuurnetwerk Nederland** en **Natura 2000** moeten natuurgebieden beschermen en versterken door deze beter met elkaar en met het omringende agrarisch gebied te verbinden.

Op 11 april 2014 heeft het kabinet het nieuwe beleid voor de toekomst gepresenteerd: de **Rijksnatuurvisie**. Centraal in de natuurvisie staat dat natuur midden in de samenleving thuishoort. Dit vanuit de filosofie dat natuur die mensen belangrijk vinden is veel meer dan de natuur in beschermde natuurgebieden. De natuurvisie wil vooral burgers, bedrijven, gemeenten en maatschappelijke organisaties meer kansen bieden om natuur te beschermen. En om natuur duurzaam te gebruiken.

De Rijksnatuurvisie verlegt de aandacht van bescherming van natuur tegen de samenleving naar versterking van natuur dóór de samenleving. De overheid treedt niet terug op natuurgebied maar legt verantwoordelijkheden ook bij burgers en bedrijven. Volgens de natuurvisie kunnen economie en natuur goed samengaan en van elkaar profiteren. Bedrijven houden steeds meer rekening met natuur en biodiversiteit. Dat doen ze uit welbegrepen eigenbelang. Zonder duurzame productie kunnen bedrijven op den duur niet meer concurreren op de wereldmarkt. Een voorbeeld is de inspanning van grote ondernemingen om de productie van palmolie te verduurzamen.

De Rijksoverheid blijft eindverantwoordelijk voor de natuur. Zo zorgt het Rijk voor wettelijke natuurbescherming en goede internationale afspraken. Ook wordt er samen met provincies geïnvesteerd in het Natuurnetwerk (het netwerk van bestaande en toekomstige natuurgebieden). De aandacht voor klimaat effecten is hierbij volgens het **PBL (2012)** echter gering geweest (citaat):

*"De laatste jaren is er op rijksniveau weinig beleidsaandacht geweest voor de effecten van klimaatverandering op de natuur. De Ecologische Hoofdstructuur (EHS) en het Natura 2000-netwerk bieden in beginsel goede bouwstenen om de Nederlandse natuur meer klimaatbestendig te maken. Hiervoor is het wel nodig de EHS meer te richten op het vergroten, versterken en verbinden van gebieden waarbij de voorkeur verlegd wordt naar bepaalde samenhangende clusters van gebieden (moeras, duin & kust, en bos en heide). Daarnaast vraagt een klimaatbestendig natuurbeleid om een herziening van de natuurdoelen."*

Ook hierbij kunnen modellen die effecten van klimaatverandering op de natuur voorspellen een belangrijke functie hebben.

## ERVARINGEN MET DE MODELLEN

PROBE, in combinatie met Waterlood, is toegepast voor de berekening van effecten van effectmaatregelen in de Deltaprogramma Zoetwater. SMART2-SUMO-NTM (SMART2 is een voorloper van VSD<sup>+</sup>) is o.a. in een voorbeeldstudie toegepast op het stroomgebied de Baakse Beek (Witte et al. 2014). Beide modellen berekenen dat over het algemeen de natuurwaarde hoger wordt bij het klimaat scenario waarbij de hoeveelheid neerslag iets toeneemt en de temperatuur niet verandert (G scenario van de KNMI'06-klimaat scenario's) en lager bij het klimaat scenario W<sup>+</sup> waarbij de temperatuur toeneemt en de hoeveelheid neerslag afneemt.

## LOPENDE INITIATIEVEN EN ONDERZOEKEN

Door KWR is voor toepassing van hun ecohydrologische modellijn PROBE veel gedaan aan het ontwikkelen van klimaatrobuuste relaties tussen waterhuishouding en vegetatie. Met name is daarbij werk besteed aan het verbeteren van het rekenmodelconcept voor de remming van de vegetatiegroei en daarmee ook de actuele verdamping die optreedt als tijdens zeer natte omstandigheden de plantenwortels geen zuurstof kunnen opnemen. KWR zet in op een koppeling met het bodemchemische model CENTURY en begeleidt daartoe promotie-onderzoek om CENTURY voor dergelijke toepassingen geschikt te maken. Daarnaast wordt ook gewerkt aan de koppeling met het chemische platform



ORCHESTRA voor een betere berekening van de bodemzuurgraad. Ook probeert KWR het model PROBE verder te verbeteren door op basis van planteigenschappen i.p.v. indicatorwaarden het voorkomen van plantensoorten te modelleren.

Wageningen Environmental Research (Alterra) is bezig met het ontwikkelen van het statistisch model PROPS voor de berekening van diversiteit van plantensoorten op basis van werkelijk in het veld gemeten grootheden (Wamelink et al., 2012), zoals pH, N-gehalte, P-gehalte, grondwaterstanden en temperatuur, i.p.v. op basis van indicatiewaarden. Met name in de vertaling van in het veld te waarnemen grootheden naar indicatiewaarden voor plantensoorten schuilt de grootste onzekerheid in de berekende natuurwaarde of biodiversiteit. Het verschuiven van soorten door bijvoorbeeld klimaatverandering kan in beeld worden gebracht worden met het plantendispersiemodel DIMO dat berekent of een soort via dispersie (wind, water, dieren enz.) een plek kan bereiken of vanuit de zaadbank kan komen.

In 2014 heeft Wageningen Environmental Research (Alterra) een onderzoek gedaan naar de kansen voor het meekoppelen van water- en natuurgaven (Van Hattum et al., 2014). Er wordt de komende jaren in het kader van het deltaprogramma veel geïnvesteerd om Nederland klimaatbestendig in te richten. Bij deze investeringen is het belangrijk om ambities op het gebied van onder andere terrestrisch en aquatische natuur te laten meekoppelen.

De ontwikkeling van de Water Wijzer Natuur (WWN) is opgenomen in de Landelijke Kennisagenda Zoetwater die door het Bestuurlijk Platform Zoetwater is vastgesteld. Samen met de Waterwijzer Landbouw kan de WWN worden beschouwd als een belangrijk instrument voor de onderbouwing van een Deltaplan Zoetwater fase 2 (2022 – 2027). In 2017 is onderzocht hoe het WWN modelinstrumentarium (PROBE en VSN<sup>+</sup>) verbeterd kan worden om de effecten van klimaatverandering en maatregelen op de zuurgraad en de N&P beschikbaarheid voor vegetatie beter te voorspellen (Kros et al., 2017).

## KENNISLEEMTEN

### Klimaat effecten natuur

Onzekerheden rond de toekomstige effecten van klimaatverandering op de natuur zijn groot (Wardekker & van der Sluijs, 2010). Het PBL (2012) beschrijft de onzekerheid als volgt (citaat):

“Bij natuur gaat het vooral om onwetendheid of kennisleemtes die te maken hebben met verbanden tussen de vele factoren die de natuur beïnvloeden. Zo is er onwetendheid over het toekomstig belang en effect van klimaatverandering ten opzichte van de vele andere factoren die de natuur beïnvloeden. Nu zijn het veelal de andere drukfactoren die dominant zijn voor de natuur. Maar hoe zal dit veranderen als de klimaatverandering doorzet? Andere drukfactoren zoals beheer en verdroging hebben vaak een complexe interactie met klimaatverandering.

Daarnaast is nog weinig bekend over het aanpassingsvermogen van soorten en interacties tussen soorten, bijvoorbeeld in voedselketens, waardoor een klimaat effect versterkt kan worden of juist kan afnemen. Zo hebben studies laten zien dat de verspreidingsgebieden van veel soorten langzamer verschuiven dan het klimaat. Dit zou een uiting van aanpassing van soorten kunnen betekenen, waardoor soorten minder hard achteruitgaan dan ze op basis van fysieke veranderingen verondersteld worden te doen. Maar geschikt leefgebied elders kan de kans op overleven vergroten. Dit soort ruimtelijke afhankelijkheden zijn tot op heden beperkt bekend (PBL, 2012).”

### Modellen

Klimaatverandering zal vooral gevolgen voor natuurlijke vegetaties hebben via veranderingen in de waterbalans. Die veranderingen werken namelijk door op de bodemtemperatuur en de hoeveelheid vocht, zuurstof en nutriënten die voor de planten in het wortelmilieu beschikbaar zijn. Kros et al (2017) stellen dat klimaatverandering tot de volgende kennisleemten leidt bij water- en natuurterreinbeheerder:

- Welke maatregelen zijn er nodig om natuurdoelen in de toekomst zeker te stellen?
- Welke alternatieve doelen kunnen we overwegen als in het verleden vastgestelde natuurdoelen niet meer haalbaar blijken te zijn onder een veranderd klimaat?
- Waar liggen straks, in het klimaat van de toekomst, de beste kansen voor het creëren van hotspots van biodiversiteit?

Op dit moment ontbreekt het de waterbeheerder en beleidsmaker aan een praktisch instrument om dergelijke vragen te beantwoorden. De Waterwijzer Natuur (WWN) zal, op termijn, deze vragen gaan adresseren.

## LITERATUUR

- Besse, Lototsaka, A.A., W. Geertsema, A. Griffioen, M. van der Veen en P.F.M. Verdonchot, 2010. Natuurdoelen en klimaatverandering. Wageningen Alterra, Alterra-rapport 2135.
- Bodegom, P.M. van, J. Verboom, J.P.M. Witte, C.C. Vos, R.P. Bartholomeus, W. Geertsema, A. Cormont, M. van der Veen, R. Aerts, 2014. Synthesis of ecosystem vulnerability to climate change in the Netherlands shows the need to consider environmental fluctuations in adaptation measures. Regional Environmental Change June 2014, Volume 14, Issue 3, pp 933-942
- Bonten L., J. Mol en G.J. Reinds, 2009. Dynamic modelling of effects of deposition on carbon sequestration and nitrogen availability – VSD+: VSD plus C and N dynamics. In: CCE Status Report 2009, p. 69–73; [www.rivm.nl/cce](http://www.rivm.nl/cce)
- Ek, R. van (ed.), G. Janssen, M. Kuijper, A. Veldhuizen, W. Wamelink, J. Mol, A. Groot, P. Schipper, J. Kroes, I. Supit, E. Simmelink, F. van Geer, P. Janssen, J. van der Sluijs & J. Bessembinder, 2012. NMDC-Innovatieproject van Kritische zone tot Kritische Onzekerheden: case studie Baakse beek, NMDC rapport 1205952, april 2012.
- Ek, R. van, Witte, J.P.M., Mol-Dijkstra, J.P., De Vries, W., Wamelink, G.W.W., Hunink, J., Van der Linden, W., Runhaar, J.,

- Bonten, L., Bartholomeus, R., Mulder, H.M., & Fujita, Y., 2014. Ontwikkeling van een gemeenschappelijke effect module voor terrestrische natuur. In (p. 150). Amersfoort: STOWA
- **Hattum**, van T., C. Kwakernaak, T.P. van Tol, J. Roelsma, M.E.A. Broekmeyer, A.M. Schmidt, E.M. Hartgers en S.L. Nysingh, 2014. Water en Natuur: Een mooi koppel. Onderzoek naar de succesfactoren, belemmeringen en kansen voor het meekoppelen van water en natuuropgaven. Wageningen, Alterra Wageningen UR (University & Research centre), Alterra-rapport 2533.
  - **Jain**, A. K., H. S. Ksheshgi, and D. J. Wuebbles, Integrated science model for assessment of climate change, UCRL-JC-116526, Lawrence Livermore Nat. Lab., Livermore, Calif., 1994.
  - **KNMI, 2014**: KNMI'14-klimaatscenario's voor Nederland; Leidraad voor professionals in klimaatadaptatie, KNMI, De Bilt, 34 pp
  - **Kros J.**, Mol-Dijkstra J.P., de Vries, W., Fujita, Y., Witte, J.P.M., 2017. Comparison of model concepts for nutrient availability and soil acidity in terrestrial ecosystems. KWR report (KWR2017.053), Wageningen Environmental Research & KWR Water Research.
  - Ministerie Economische Zaken, "**Natuurvisie**", Rijksoverheid April 2014.
  - **PBL**, 2010. Adaptatiestrategie voor een klimaatbestendige natuur. Beleidsstudie Planbureau voor de Leefomgeving, Vonk, M.; C.C. Vos, & D.C.J. van der Hoek (Ed) nr. 500078002, Bilthoven, [http://www.pbl.nl/publicaties/2010/Adaptatiestrategie\\_Voor\\_Een\\_Klimaatbestendige\\_Natuur](http://www.pbl.nl/publicaties/2010/Adaptatiestrategie_Voor_Een_Klimaatbestendige_Natuur).
  - **PBL**, 2012. Effecten van klimaatverandering in Nederland: 2012. Beleidsstudie. Planbureau voor de Leefomgeving (PBL). Rapportnummer 500193003. Den Haag. Nederland: 2012.
  - **Reidsma P.**, Wolf J., Kanellopoulos A., Schaap B.F., Mandryk M., Verhagen J., van Ittersum M.K., 2015. Climate change impact and adaptation research requires integrated assessment and farming systems analysis: a case study in the Netherlands. Environmental Research Letters, Volume 10, Number 4
  - **Wamelink**, G.W.W., J.P. Mol-Dijkstra, H.F. van Dobben, J. Kros & F. Berendse, 2000. Eerste fase van de ontwikkeling van het Successie Model SUMO 1. Verbetering van de vegetatiemodellering in de Natuurplanner. Rapport 045. Alterra, Wageningen
  - **Wamelink**, G.W.W., Adrichem, M.H.C. van, Dobben, H.F. van, Frissel, J.Y., Held, M. den, Joosten, V., Malinowska, A.H., Slim, P.A. & Wegman, R.J.M., 2012. Vegetation relevés and soil measurements in the Netherlands; a database. Biodiversity and Ecology 4:125-132.
  - **Wardekker, J.A. & J.P. van der Sluijs**, 2010. Karakterisering van onzekerheid in effecten van klimaatverandering in Nederland. Copernicus Instituut, Utrecht Universiteit, rapport nr. NWS-E-2011-79 Utrecht. Bijdrage aan Klimaatbestendig Nederland.
  - **Witte**, J.P.M., Bartholomeus, R.P., Van Bodegom, P.M., Cirkel, D.G., Van Ek, R., Fujita, Y., Janssen, G., Spek, T.J., & Runhaar, J., 2014. A probabilistic eco-hydrological model to predict the effects of climate change on natural vegetation at a regional scale. Landscape Ecol. (doi:10.1007/s10980-014-0086-z).
  - **Witte et al. (in prep)**. Waterwijzer Natuur - Een klimaatrobuust instrument voor het bepalen van effecten van veranderend waterbeheer op de terrestrische natuur

#### Links

- [http://deltaproof.stowa.nl/Projecten/Een\\_klimaatrobuuste\\_effectmodule\\_natuur\\_\\_\\_Waterwijzer\\_Natuur\\_\\_Deltaproof\\_.aspx?eId=1225&pId=701](http://deltaproof.stowa.nl/Projecten/Een_klimaatrobuuste_effectmodule_natuur___Waterwijzer_Natuur__Deltaproof_.aspx?eId=1225&pId=701)
- [http://deltaproof.stowa.nl/Publicaties/Ontwikkeling\\_van\\_een\\_gemeenschappelijke\\_effectmodule\\_voor\\_terrestrische\\_natuur.aspx?eId=5601&pId=656](http://deltaproof.stowa.nl/Publicaties/Ontwikkeling_van_een_gemeenschappelijke_effectmodule_voor_terrestrische_natuur.aspx?eId=5601&pId=656)

*Deze factsheet is opgesteld door Wageningen Environmental research (Alterra), December 2011 en geactualiseerd in januari 2018.*

Auteurs: Janet Mol-Dijkstra, Peter Schipper en Rob Hendriks (Alterra)

#### DISCLAIMER

De in deze publicatie gepresenteerde kennis en diagnosemethoden zijn gebaseerd op de meest recente inzichten in het vakgebied. Desalniettemin moeten bij toepassing ervan de resultaten te allen tijde kritisch worden beschouwd. De auteur(s) en STOWA kunnen niet aansprakelijk worden gesteld voor eventuele schade die ontstaat door toepassing van het gedachtegoed uit deze publicatie.