



# Sleutels tot herstel van hoogveen

hoogvenen  
herstel  
veenmos  
flora  
fauna  
vernatten

Hoogvenen herbergen een unieke biodiversiteit, variërend van insectenetende zonnedauw, kleurrijke veenmossen tot broedende kraanvogels. Genoeg reden dus om hoogvenen te beschermen en te herstellen. Dankzij de nauwe samenwerking tussen beheerders en onderzoekers en de daaruit resulterende kennisontwikkeling is herstel van levend hoogveen in Nederland niet langer een droom. In dit artikel geven we een overzicht van de hoogtepunten van 18 jaar OBN-onderzoek en sluiten af met een kijkje naar de toekomst.

Hoogvenen herbergen een select aantal specialistische planten- en diersoorten die zich hebben aangepast aan de geringe beschikbaarheid van voedingsstoffen en mineralen. Voorbeelden van dergelijke aanpassingen zijn langzame groei, langlevende bladeren, het vangen van insecten (zonnedauw, *Drosera* sp.), of een korte larvale ontwikkeling (aquatische ongewervelden). De lage begroeiing en het vaak moeilijk begaanbare oppervlak maken hoogvenen ook geliefd bij bodembroedende vogels, zoals goudplevier (*Pluvialis apricaria*) en kraanvogel (*Grus grus*). Genoeg reden om hoogvenen te beschermen en te herstellen. Maar hoe?

Vrijwel het complete Nederlandse hoogveenareaal is afgegraven en ontgonnen. Herstel van de gedegradeerde restanten hoogvenen (habitatype H 7120) is een kunst, zoals blijkt uit 18 jaar OBN-onderzoek. Dankzij de nauwe samenwerking tussen beheerders en onderzoekers is veel kennis beschikbaar gekomen over succes- en faalfactoren bij het herstel van hoogveenrestanten. In verschillende hoogveenrestanten is een uitbreiding van kenmerkende soorten veenmossen opgetreden, zelfs veel sneller dan verwacht (De Hoop, 2011), en terwijl enkele decennia geleden het veenmos vrijwel was verdwenen, hebben we nu ruim zeven hectare actief groeiend hoogveen (H7110A; Jansen et al., 2013). De investering in kennis heeft vrucht afgeworpen. Hieronder gaan we kort in op de structuur en het functioneren van intacte hoogvenen, waarna we enkele cruciale OBN-onderzoeksresultaten voor het herstel van flora en fauna

toelichten. We sluiten af met een toekomstbeeld van onze Nederlandse hoogvenen.

## Referentie

In ons klimaat liggen venen als koepels in het landschap (figuur 1). De kern van de hoogveenkoepel ligt het meest geïsoleerd, wordt uitsluitend door regenwater gevoed (ombrotroof), is zeer zuur en arm aan voedingsstoffen en mineralen. Vanuit de kern naar de rand van de veenkoepel wordt de omgeving minder zuur en neemt de beschikbaarheid van mineralen en voedingsstoffen toe. Een sterke pH- en nutriëntengradiënt is kenmerkend voor intacte hoogvenen. Voor de biodiversiteit is de aanwezigheid van de hele gradiënt – van de hoogveenkern, via de helling, de rand en de lagg naar de omgeving, zie figuur 1 – essentieel, niet alleen voor planten (Bridgham et al., 1996), maar ook voor dieren (Van Duinen et al., 2011a). Net als planten hebben dieren vaak een eigen niche binnen die gradiënt of juist een ander deel van de gradiënt nodig afhankelijk van levensfase of type gedrag.

In de open kern en op de helling overheerst een mozaiek van open wateren (meerstallen), bulten en slenken met soorten als hoogveenveenmos (*Sphagnum magellanicum*) en waterveenmos (*Sphagnum cuspidatum*), terwijl de hoogveerand gekenmerkt wordt door eenarig wollegras (*Eriophorum vaginatum*) en open berkenbroek. Rond de rand van het gewelfde hoogveen bevindt zich de laggzone waar water uit het veenpakket zich mengt met mi-

**Dr. J. (Juil) Limpens**  
Leerstoelgroep  
Plantenecologie en  
Natuurbeheer, Wageningen  
Universiteit, Postbus 9101,  
6700 HB Wageningen  
Juul.Limpens@WUR.nl

**Dr. G.A. (Gert-Jan)  
van Duinen**  
Stichting Bargerveen

**Dr. J.M. (André)  
Jansen**  
Unie van Bosgroepen

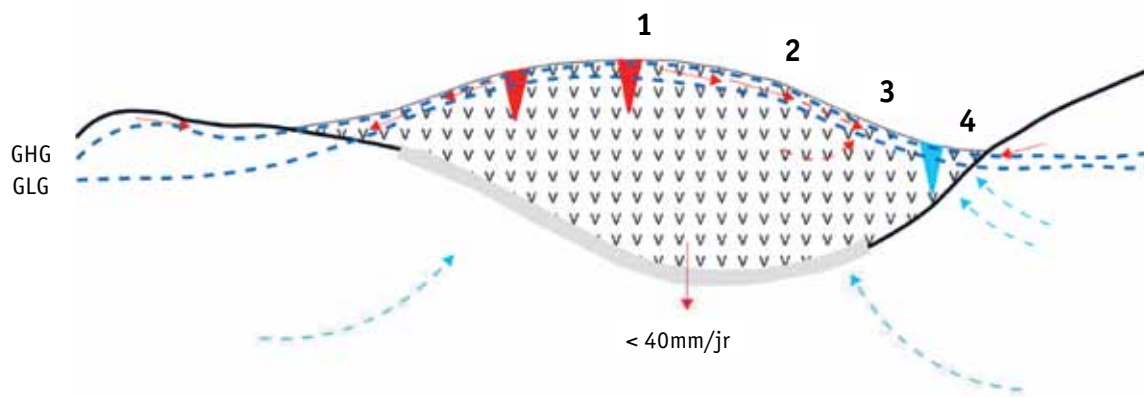
**Prof. Dr. M.G.C.  
(Matthijs) Schouten**  
Staatsbosbeheer

**Dr. H.B.M. (Hilde)  
Tomassen**  
Onderzoekcentrum  
B-WARE

Foto **Aat Barendregt**.  
Hoogveenvorming in het  
Wooldse Veem

**Figuur 1** schematische dwarsdoorsnede van een hoogveen (Everts *et al.*, 2014). 1: kern; 2: helling; 3: rand; 4: lagg. De dikke grijze lijn geeft de waterkerende laag aan; de zwarte dunne lijn de minerale omgeving. Rood: zure waterpartijen en waterstromen. Blauw: zwak gebufferd-basisch waterpartijen en -stromen.

**Figure 1** schematic cross section of a peat bog in the Dutch (temperate) climate (after Everts *et al.* 2014). 1: centre; 2: gently sloping peat surface; 3: peat edge; 4: Lagg-zone. The thick grey line indicates the water impermeable layer; the thin black line the mineral surroundings. Red: acidic waterbodies and water flows. Blue: weakly buffered waterbodies and water flows.



nerotroof water en waar zwak zure tot neutrale riet- of zeggenmoerassen of broekbossen kunnen voorkomen, afhankelijk van de samenstelling en hoeveelheid van het toestromend grondwater (Rydin & Jeglum, 2013).

De hydrologie in de lagg-zone wordt sterk bepaald door de positie van het hoogveen in het landschap: de invloed van baserijk(er) grondwater in de lagg-zone is groter bij hoogvenen die in een kom of laagte liggen dan bij venen die hoger in het landschap liggen op plateaus of minerale ruggen. In de komhoogvenen is de gradiënt van zure naar meer gebufferde omstandigheden dan ook sterker ontwikkeld dan in de plateauhoogvenen. In Nederland zijn het Korenburgerveen, Aamsveen en

Haaksbergerveen voorbeelden van (deels afgegraven) komhoogvenen. Voorbeelden van restanten van plateauhoogvenen zijn het Bargerveen, Fochteloërveen en Wierdense Veld.

### Zelfregulerende ecosystemen

Intacte hoogvenen hebben een grote mate van zelfregulatie die deze ecosystemen buffert tegen veranderingen in weer en klimaat: de natte, zure en voedselarme omstandigheden zijn het gevolg van terugkoppelingsmechanismen (Belyea & Baird, 2006). Deze zelfregulatie komt voort uit de wisselwerking tussen veenmossen, veenbodem en waterstand. De bodem van onverstoort-

de hoogvenen wordt vaak onderverdeeld naar acrotelm en catotelm (Ingram, 1978). De relatief dunne acrotelm (0,05-0,5 m) bedekt als een sponzige huid de dikke catotelm van meerdere meters. Bovenin bestaat de acrotelm hoofdzakelijk uit levende veenmossen die tot 40 maal hun eigen gewicht in water kunnen vasthouden. Verder naar beneden maken de levende veenmossen plaats voor weinig vergaen veen dat allengs dichter van structuur wordt. Als gevolg van deze verticaal sterk geïsoleerde structuur neemt de laterale waterdoorlaatbaarheid van de acrotelm van boven naar beneden sterk af. In tegenstelling tot de acrotelm is de catotelm dicht van structuur en bestaat uit sterk vergaen veen: water stroomt hier niet of nauwelijks doorheen. De hydrologische eigenschappen van deze twee bodemlagen zorgen ervoor dat de waterstand in venen niet zo diep wegzakt als op basis van de potentiële verdamping verwacht zou mogen worden. Bij geringe droogte krimpt de acrotelm (met maximaal 12 centimeter) in reactie op de zakende waterstanden (Kellner, 2001; Nijp, 2015), waardoor de waterstand ten opzichte van het veenmosoppervlak gelijk blijft. Bij sterke droogte droogt het mostapijt oppervlakkig uit en stopt de capillaire nalevering vanuit de diepere veenlagen (Schouwenaars, 1990), terwijl de zijdelingse waterstroom het veen uit wordt beperkt door de afnemende doorlaatbaarheid dieper in het veen. Het mos stopt tijdelijk met groeien, maar het waterverlies wordt beperkt en de waterstand zakt niet veel dieper weg dan circa 25-30 cm onder het veenmosoppervlak (Rydin & Jeglum, 2013). Wanneer door regenval de waterstand weer stijgt, keert het proces zich om, zwelt de acrotelm, stroomt het overtollige water naar de randen van het veenecosysteem af en groeit het mos weer verder. Tijdens hun groei leggen veenmossen voedingsstoffen en koolstofdioxide vast in moeilijk afbreekbaar veen, waardoor het ecosysteem steeds voedsel- en mineraal-

armer wordt. Door de productie van organische zuren en de toenemende isolatie ten opzichte van het grondwater wordt het veenoppervlak bovendien zuurder, waardoor afbraakprocessen steeds trager verlopen en alleen specialisten en tolerante soorten in de ombrotrofe hoogveenkern kunnen overleven (Van Duinen, 2013). De overgang van mineralen- en voedselrijk naar mineralenarm, zuur en voedselarm zien we niet alleen in de ruimte optreden (vanuit de rand naar de kern van de hoogveenkoepel), maar ook door de tijd: van onder naar boven in het veenpakket.

### Water en CO<sub>2</sub>

In gedegradeerde hoogvenen zijn weinig of geen veenmossen aanwezig door een combinatie van verdroging en vermesting (Schouwenaars *et al.*, 2002). Zonder veenmos, geen veenmostapijt, geen acrotelm en geen (hydrologische) zelfregulatie. Maatregelen in en om hoogveenrestanten zijn dan ook sterk gericht op het herstellen van de randvoorwaarden voor veenmosgroei. Waterstanden op of net onder het maaiveld en met een geringe fluctuatie zijn daarvoor optimaal. Veenmosgroei is namelijk sterk afhankelijk van het watergehalte dat de mossen in hun groeipunt kunnen handhaven. Naast de hoeveelheid is de samenstelling van het veenwater sturend voor de veenmosontwikkeling: veenmossen kunnen niet tegen ijzer- en bicarbonaatrijk water (Van Diggelen *et al.*, 2009), maar varen wel bij ijzerarm (regen)water, liefst verrijkt met CO<sub>2</sub>. In (ver)natte omstandigheden kunnen ze zich pas goed ontwikkelen bij CO<sub>2</sub>-concentraties van meer dan 400-500 µmol/l (Tomassen *et al.*, 2002; Smolders *et al.*, 2003). Veenmossen die met een dunne waterfilm bedekt zijn, zijn voor hun koolstof (deels) afhankelijk van de opname uit water. De CO<sub>2</sub>-concentraties in water zijn bij een vrije uitwisseling met de lucht echter te laag voor veenmosontwikkeling. Er is dus een andere

koolstofbron nodig: koolstof dat vrijkomt bij de afbraak van organisch materiaal (benthisch koolstof) of koolstof dat wordt aangevoerd via (lokaal) grondwater. Naast CO<sub>2</sub> kan ook methaan als koolstofbron dienen dat door methanotrofe bacteriën, die met het veenmos samenleven, wordt omgezet in CO<sub>2</sub> (Raghoebarsing et al., 2005). Hoewel de relatieve bijdrage van deze verschillende CO<sub>2</sub>-bronnen nog onbekend is, is het wel duidelijk dat een voldoende hoge CO<sub>2</sub>-spanning in het water essentieel is voor veenmosontwikkeling na vernatting. Dit inzicht uit OBN-onderzoek heeft grote implicaties voor het formuleren van vernattingsmaatregelen (zie kader).

### Nutriënten

Hoogvenen zijn zeer gevoelig voor vermessing via atmosferische stikstofdepositie en via verdroging die leidt tot een versnelde veenafbraak en extra vrijkomen van stikstof en fosfaat. Ondanks de afgenomen stikstofdepositie wordt de kritische grens van 500 mol stikstof/ha/jaar (Van Dobben et al., 2012) overal in Nederland nog fors overschreden. In Nederlandse hoogveenrestanten is de stikstofconcentratie dan ook vier tot zes maal en de fosfaatconcentratie tot tien maal hoger dan in Estlandse referentiegebieden (Van Duinen, 2013).

Door de toegenomen nutriëntenbeschikbaarheid is de productiviteit van zowel flora als fauna gestegen en neemt het aantal specialisten af en het aantal generalisten toe. Langzaam groeiende veenmossen, zoals hoogveenveenmos hebben terrein verloren aan snelgroeiende opportunisten, zoals fraai veenmos (*Sphagnum fallax*), terwijl de bedekking met vaatplanten is toegenomen (Lamers et al., 2000). Vooral pijpenstrootje (*Molinia caerulea*) en berk (*Betula* sp.) hebben hiervan weten te profiteren (Tomassen et al., 2004; Limpens, 2011). Bij de fauna zien we vergelijkbare verschuivingen (Van Duinen, 2013). In nutriëntenrijke hoogveenwateren vor-

men algen, fytoplankton of recent gevormd dood organisch materiaal de basis van de aquatische voedselketen, terwijl in nutriëntenarmere wateren een andere koolstofbron – waarschijnlijk methanotrofe bacteriën – een veel belangrijkere rol speelt. Als gevolg van veranderingen in de voedselketen zien we in Nederlandse hoogveenwateren vooral aquatische ongewervelden uit overgangsvenen, in plaats van soorten van hoogveenkernen. Voor terrestrische en aquatische ongewervelde fauna speelt naast de toename van nutriënten de afname van de beschikbaarheid van basen of micronutriënten door vermindering van grondwaterinvloed en/of verzuring (Van Duinen et al., 2011a) een sleutelrol in hun achteruitgang. Zo is de achteruitgang van karakteristieke dagvlinders voor hoogveenranden en overgangsvenen, zoals het veenhooibeestje (*Coenonympha tull*), veenbesparelmoervlinder (*Boloria aquilonaris*) en veenbesblauwtje (*Plebejus optilete*), waarschijnlijk deels veroorzaakt door veranderingen in de kwaliteit van de waardplanten.

### Terreinheterogeniteit en schaal

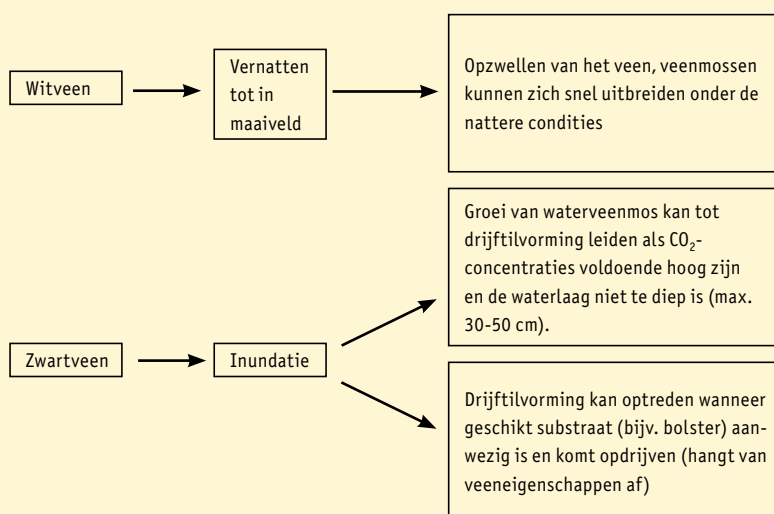
Meer in het algemeen staan in Nederland vooral de soorten onder druk die afhankelijk zijn van heterogeniteit in het terrein, van de al eerder genoemde gradiënten in zuurgraad, nutriëntenbeschikbaarheid, vochtregime en vegetatiestructuur (Van Duinen et al., 2011a). Relictpopulaties van deze ‘gradiëntsoorten’ zijn alleen bekend van heideventjes of (marginale) habitats binnen gedegradeerde hoogvenen. Zo kennen de (hoog)veenreservaten Aamsveen, Korenburgerveen en Wooldse Veem nog – weliswaar gedegradeerde – overgangen tussen het zure hoogveen en hun meer gebufferde omgeving. Daarnaast kunnen gradiënten of kleinschalige afwisseling van milieuocondities en bijbehorende soorten voorkomen in oude veenputten, zoals in

## Kansrijk vernatten

Op basis van de fysisch-chemische eigenschappen van het aanwezige restveen is het mogelijk de meest kansrijke vernattingsmaatregel te bepalen (figuur 2).

Is het restveen weinig gehumificeerd (witveen), los van structuur en geproduceerd door bultvormende veenmossen dan is vernatten tot net boven maaiveld (plasdras) een erg kansrijke maatregel. Zijn sleutelsoorten als het bultvormende wrattig veenmos (*Sphagnum papillosum*) en hoogveenveenmos (*S. magellanicum*) nog aanwezig, dan kunnen deze binnen enkele jaren na vernatting over grote oppervlakten tot dominantie komen.

Is het veen afgegraven tot op het sterk gehumificeerde zwartveen, dan kunnen stabiele waterstanden vaak alleen gerealiseerd worden door inundatie van het veen. Hoogveenvorming zal dan op gang komen wanneer stukken restveen (bijvoorbeeld teruggestorte bolster) gaan opdrijven waarop zich vervolgens veenmossen vestigen of wanneer de waterlaag dichtgroeit met waterveenmos (*Sphagnum cuspidatum*). In het eerste geval (drijven van restveen) zal voldoende methaangas geproduceerd moeten worden. Dit wordt bevorderd door een lage soortelijke massa van het restveen, een verhoogde pH- en fosfaatconcentratie en een lage lignineconcentratie (Tomassen *et al.*, 2002). De tweede ontwikkeling (dichtgroeien van water met veenmos) treedt in het dystrofe (rijk aan humuszuren) veenwater alleen op bij ondiepe inundatie (maximaal 30-50 cm) en voldoende CO<sub>2</sub>. In zwartveen is de afbraak vaak zo gering dat de nalevering van (benthisch) CO<sub>2</sub> te laag is om een goede ontwikkeling mogelijk te maken (Smolders *et al.*, 2003). Enigszins gebufferd grondwater dat doordringt tot in de veenbasis stimuleert de afbraak van restveen licht en zorgt voor een verhoogde koolstofbeschikbaarheid en voor groei van waterveenmos. Waar precies de balans ligt tussen te veel veenafbraak en te weinig koolstofdioxide voor herstel van een nieuwe veenmoslaag is nog onbekend.



**Figuur 2** schematisch overzicht van vernattingsmaatregelen in het veenrestant.

**Figure 2** overview of potential rewetting measures within a (drained) peat bog.

het Haaksbergerveen waar duizendknoopfonteinkruid (*Potamogeton polygonifolius*) en speerwaterjuffer (*Coenagrion hastulatum*) nog voorkomen. De vereiste terreincondities voor soorten die afhankelijk zijn van gradiënten binnen het hoogveenlandschap en voor nieuwe veenvorming kunnen enkel gerealiseerd worden door te denken en te sturen op de hogere ruimtelijke schaalniveaus van terrein of landschap (Verberk & Esselink, 2006; Van Duinen et al., 2011b).

### Hydrologische herstelmaatregelen

- in de veenbasis

Voor hoogveenherstel staat in eerste instantie beperking van de wegzijging van het water in het veenrestant naar de ondergrond voorop, liefs tot 40 mm of minder per jaar (Schouten, 2002). In hoeverre hiervoor het grondwater onder het veen verhoogd moet worden, is vermoedelijk afhankelijk van de aard van de slecht doorlatende laag die de veenbasis vormt: een minerale veenbasis is vrijwel ongevoelig voor aantasting als gevolg van chemisch-microbiële en/of fysische processen, terwijl een organische veenbasis theoretisch wel gevoelig is (Sevink et al., 2014). Op het moment worden binnen OBN de relaties tussen grondwaterstand en organische veenbasis nader onderzocht.

- in de hoogveenkern

Dankzij hun lage ligging in het landschap zijn in komhoogvenen hydrologische herstelmaatregelen in het veenrestant zelf veelal voldoende om een goede hydrologische uitgangssituatie voor veenvorming te creëren. In de hooggelegen plateauhoogvenen is dat vaak niet het geval. Hier kunnen waterverliezen enkel worden beperkt door aanleg van hydrologische bufferzones in de (minerale) omgeving van het hoogveenrestant. Door de aanleg van waterkerende dammen of kades wordt extra water geborgen dat ervoor zorgt dat waterverlie-

zen uit het veenrestant zelf voldoende worden beperkt (Grootjans et al., 2015).

- in de randzone

De potentie voor de ontwikkeling van gradiënten in pH en voedselrijkdom is verschillend voor de randzones van plateau- en komhoogvenen. Een bufferzone aan de rand van een plateauhoogveen biedt kansen voor ontwikkeling van vegetaties van zwak zure tot zure condities, afhankelijk van de hoeveelheid regenwater en afstromend veenwater. Bij een komhoogveen biedt zo'n zone kansen op een veel grotere variatie in plantengemeenschappen over een breder pH-traject van zuur tot neutraal, afhankelijk van de hoeveelheid afstromend veenwater en de mate waarin (zeer) basenrijk grondwater tot in de wortelzone van de vegetatie kan doordringen. Zo zijn binnen twee jaar na het nemen van hydrologische herstelmaatregelen in het Korenburgerveen soorten van zwak zure en neutrale zeggenmoerassen, zoals waterdrieblad (*Menyanthes trifolia*), waterviolier (*Hottonia palustris*), moeraskartelblad (*Pedicularis palustris*), draadzegge (*Carex lasiocarpa*), ronde zegge (*Carex diandra*) en grote boterbloem (*Ranunculus lingua*), spectaculair toegenomen in de lagg-zone (persoonlijke observatie A.J.M. Jansen). Wenselijke maatregelen in de bufferzones van komhoogvenen zijn het dempen, verondiepen of omleiden van watergangen die water uit bovenstrooms liggende landbouwgebieden afvoeren. Daarnaast zijn maatregelen in de inzijggebieden wenselijk om de toestroming van grondwater naar de lagg-zone te vergroten, zoals het verminderen van drainage, het verminderen of stoppen van grondwateronttrekking en het omvormen van naald- naar loofbos of van bos naar lage begroeiingen (Everts et al., 2014). Op het moment wordt in een OBN-project gewerkt aan praktische handvatten voor beheer en inrichting van hydrologische bufferzones rond hoogvenen.

---

## De toekomst

### Blijft het veen groeien?

De grote vraag is of het acrotelmherstel zich zal blijven doorzetten ondanks (te hoge) stikstofdepositie en het veranderend klimaat (Granath *et al.*, 2014), met name de verhoogde kans op (extreme) zomerdroogten (Moore, 2002). De relaties tussen de oppervlakte aan acrotelm die in een hoogveenrestant aanwezig is en de veerkracht om perioden met ongunstige waterstanden te doorstaan zijn nog onbekend, maar de robuustheid van de intacte hoogveenvennen in Drenthe en op de Veluwe illustreert dat goed ontwikkelde hoogveenvegetatie tegen een (klimaat)stootje kan, zelfs bij hoge stikstofdepositie (Bijlsma *et al.*, 2011). Het gaat hierbij om zeer kleine hoogvenen die al diverse langdurige droogteperiodes zonder problemen hebben doorstaan, mede dankzij de hydrologische zelfregulatie van hun acrotelm. Een recente modelstudie bevestigt de veerkracht van door veenmos gedomineerde vegetatie (Heijmans *et al.*, 2013). De hoge beschikbaarheid van voedingsstoffen in onze huidige hoogveenrestanten vormt dus weliswaar een rem op het hoogveenherstel, maar lijkt geen onoverkomelijke barrière. Hoogveen(herstel) in Nederland heeft een toekomst, ook onder het meest extreme klimaatscenario WH (warmer en droger, Van den Hurk *et al.*, 2014), mits de waterhuishouding optimaal is. Bij een suboptimale waterhuishouding én een hoog(blijvend) stikstofdepositioniveau is de kans op behoud van kwaliteit en oppervlakte van hoogveen echter zeer klein (Bijlsma *et al.*, 2011). Voorlopig ziet het er echter meer naar uit dat ons klimaat warmer en natter wordt, in plaats van warmer en droger, wat gunstig uitpakt voor hoogveenherstel.

### Natuur en mens

Het hoofddoel van hoogveenherstel in Nederland blijft voorlopig dan ook acrotelmherstel, met een focus op hydrologische maatregelen zowel binnen als buiten het hoogveenrestant. Deze keuze komt echter niet zonder offers voor natuur en mens. De vernattingsmaatregelen kunnen ten koste gaan van bestaande natuurwaarden, zoals heischrale graslanden en soorten als grauwe klauwier (*Lanius collurio*) en paapje (*Saxicola rubetra*) die een plekje hebben gevonden in de verdroogde delen van de hoogveenrestanten (Grootjans *et al.*, 2015). Deze vegetatietypen en soorten kunnen een geschikt leefgebied vinden aan de randen van hoogveenrestanten, waar zij ook van nature meer thuishoren, mits deze randen passend ingericht en beheerd worden. Naast gevolgen voor bestaande natuur, hebben de vernattingsmaatregelen en de aanleg van bufferzones ook consequenties voor agrarische bedrijfsvoering, en neemt de angst voor muggenoverlast toe. De potentiële gevolgen voor natuur en mens vragen dan ook om een goede onderbouwing van inrichtingsplannen vanuit het natuurbeheer, bijvoorbeeld door middel van een landschapsecologische analyse (LESA, Van der Molen *et al.*, 2010), al dan niet gevolgd door een hydrologische modelstudie. Daarnaast bieden minder intensieve vormen van landbouw, zoals verschillende vormen van paludicultuur met de teelt van bijvoorbeeld riet (*Phragmites australis*) en lisdodde (*Typha* sp.), interessante mogelijkheden (Fritz *et al.*, 2014). De inrichting van bufferzones rond hoogvenen vormt dan ook dé uitdaging voor het hoogveenonderzoek en -beheer.



---

## Summary

Dutch keys to successful peat bog restoration

**Juul Limpens, Gert-Jan van Duinen, André Jansen, Matthijs Schouten & Hilde Tomassen**

flora, fauna, peat bogs, restoration, rewetting, peat moss

Peat bogs are home to a unique set of species. More than reason enough for protecting and restoring these ecosystems. In this paper we highlight key results of 18 years of research on restoring hydrology and biodiversity of drained Dutch peat bogs. We focus on the why and

the how of stimulating hydrological self-regulation of peat bogs by promoting the development of hummock-forming peat mosses. After this we give practical dos and don'ts of rewetting measures at different spatial scales and stress the central role of (biogeochemical) peat properties for determining the most successful rewetting measure. After touching upon the constraints that high atmospheric nitrogen deposition poses for reaching restoration targets we conclude with a glimpse at the future of peat bogs in the Netherlands.

---

## Literatuur

**Belyea, L.R. & A.J. Baird, 2006.** Beyond the “limits to peat bog growth”: cross-scale feedback in peatland development. *Ecological Monographs* 76: 299-322.

**Bijlsma, R.J., A.J.M. Jansen, J. Limpens, M.F. Wallis de Vries & J.P.M. Witte, 2011.** Hoogveen en klimaatverandering in Nederland. Wageningen. Alterra rapport 2225.

**Bridgham S.D., J. Pastor, J.A. Janssens, C. Chapin & T.J. Malterer, 1996.** Multiple limiting gradients in peatlands: a call for a new paradigm. *Wetlands* 16: 45-65.

**Diggelen, J. van, E. Brouwer, F. Smolders & L.P.M. Lamers, 2009.** Bekalkings- en bevoeiingsexperiment in hooilanden in de Nieuwkoopse plassen. Nijmegen, Onderzoekcentrum B-WARE.

**Dobben, H.F. van, R. Bobbink, D. Bal & A. van Hinsberg, 2012.** Overzicht van kritische depositiewaarden voor stikstof, toegepast op habitattypen en leefgebieden van Natura 2000. Wageningen. Alterra rapport 2397.

**Duinen, G.J. van, H. van Kleef, M. Wallis de Vries & A. van den Burg, 2011a.** Herstel van biodiversiteit en landschapsecologische relaties in het natte zandlandschap. Betekenis van milieugradiënten en waardplantenkwaliteit voor herstel van de fauna van het natte zandlandschap. Eindrapport deel 4. Den Haag, Directie Kennis en Innovatie, Ministerie van Economische Zaken, Landbouw en Innovatie, rapport nr. 2011/OBN147-4-NZ.

**Duinen, G.J. van, H. Tomassen, J. Limpens, F. Smolders, S. van der Schaaf, W. Verberk, D. Groenendijk, M. Wallis de Vries & J. Roelofs, 2011b.** Perspectieven voor hoogveenherstel in Nederland. Samenvatting onderzoek en handleiding hoogveenher-

stel, 1998-2010. Den Haag. Directie Kennis en Innovatie, Ministerie van Economische Zaken, Landbouw en Innovatie, rapport nr. 2011/OBN150-NZ.

**Duinen, G.A. van, 2013.** Rehabilitation of aquatic invertebrate communities in raised bog landscapes. Nijmegen. Radboud University PhD thesis.

**Everts, F.H., A.J.M. Jansen, E. Brouwer, A.T.W. Eysink, R. van der Burg & H. van Kleef, 2014.** Nat zandlandschap. In: A.J.M. Jansen, H. van Dobben, J. Bouwman, M. Nijssen & D. Bal (red.). Herstelstrategieën stikstofgevoelige habitats. Deel III: Landschapsecologische inbedding van de herstelstrategieën. Den Haag. Unie van Bosgroepen, Alterra Wageningen UR & Programmadirectie Natura 2000.

**Fritz, C., L.P.M. Lamers, G. van Dijk, A.J.P. Smolders & H. Joosten, 2014.** Paludicultuur – kansen voor natuurontwikkeling en landschappelijke bufferzones op natte gronden. *Vakblad Natuur, Bos, Landschap* 11: 4-9.

**Granath, G., J. Limpens, M. Posch, S. Mucher & W. de Vries, 2014.** Spatio-temporal trends of nitrogen deposition and climate effects on Sphagnum productivity in European peatlands. *Environmental Pollution*: 187: 73-80.

**Grootjans, A.P., A.J.M. Jansen & J.H.J. Joosten, 2015.** Bargerveen. Externe audit. Driebergen. Staatsbosbeheer.

**Heijmans, M.M., Y.A. Knaap, M. Holmgren & J. Limpens, 2013.** Persistent versus transient tree encroachment of temperate peat bogs: effects of climate warming and drought events. *Global Change Biology* 19: 2240-2250.

- Hoop, E. de (red.), 2011.** Evaluatie hoogveengebieden in Nederland: evaluatie van het beheer van de hoogvenen van Natuurmonumenten, Staatsbosbeheer, Landschap Overijssel en het Ministerie van Defensie. 's-Graveland.
- Hurk, B.P. van den, A. Siegmund, A. Tank (ed.), 2014.** KNMI'14: Climate Change scenarios for the 21st Century – A Netherlands perspective. De Bilt. KNMI rapport WR2014-01.
- Ingram, H.A.P., 1978.** Soil layers in mires: function and terminology. *Journal of Soil Science* 29: 224-227.
- Jansen, A.J.M., R. Ketelaar, J. Limpens, M.G.C. Schouten & L. van Tweel-Groot, 2013.** Kartering van de habitattypen: actief en herstellend hoogveen in Nederland. Driebergen. Bosschap, rapport 2013/OBN182-NZ.
- Kellner, E., 2001.** Surface energy exchange and hydrology of a poor Sphagnum mire. Comprehensive summaries of Uppsala dissertations from the faculty of Science and Technology 657. Uppsala. Acta Universitatis Upsaliensis.
- Lamers, L.P.M., R. Bobbink J.G.M. Roelofs, 2000.** Natural nitrogen filter fails in raised bogs. *Global Change Biology* 6: 583-586.
- Limpens, J., 2011.** Onderzoek ten behoeve van herstel en beheer van Nederlandse hoogvenen. Eindrapportage OBN Hoogveenonderzoek 2009-2010. Verlenging onderzoek naar effecten van berkenopslag en dichtheid op hoogveenvegetaties behorende tot het natte zandland-schap. Ede, Directie Kennis en Innovatie, rapportnr. 2011/OBN158-NZ.
- Molen, P. van der, G.J. Baaijens, A.P. Grootjans, A.J.M. Jansen, J. van Beek, D. Bal & H. Beijer, 2010.** Landschapsecologische analyse LESA. Utrecht. Dienst Landelijk Gebied.
- Nijp, J., 2015.** Fine scale ecohydrological processes in northern peatlands and their relevance for the carbon cycle. Wageningen. Wageningen University PhD thesis.
- Moore, P.D., 2002.** The future of cool temperate bogs. *Environmental Conservation* 29: 3-20.
- Raghoebarsing, A., A.J.P. Smolders, M.C. Schmid, W.I.C. Rijpstra, M. Wolters-Arts, J. Derksen, M.S.M. Jetten, S. Schouten, J.S. Sinninghe Damste, L.P.M. Lamers, J.G.M. Roelofs, H.J.M. Op den Camp & M. Strous, 2005.** Methanotrophic symbionts provide carbon for photosynthesis in peat bogs. *Nature* 436: 1153-1156.
- Rydin, H. & J.K. Jeglum, 2013.** *The Biology of Peatlands*, 2nd edition. Oxford. Oxford University Press.
- Sevink, J., B. van Delft, C. Geujen, M.G.C. Schouten & L. van Tweel-Groot, 2014.** De veenbasis: kenmerken en effecten van ontwatering, in relatie tot behoud en herstel van de Nederlandse hoogvenen. Een literatuurstudie. Driebergen. Vereniging van Bos- en Natuurterreineigenaren, rapportnr. 2014/195-NZ.
- Schouten, M.G.C. (ed.), 2002.** Conservation and restoration of raised bogs. Geological, hydrological and ecological studies. Dublin. Department of the Environment and Local Government Ireland/ Staatsbosbeheer.
- Schouwenaars, J.M., 1990.** Problem orientated research on plant-soil-water relations. Wageningen. Agricultural University PhD thesis.
- Schouwenaars, J.M., H. Esselink, L.P.M. Lamers & P.C. van der Molen, 2002.** Hoogveenherstel in Nederland, bestaande kennis en benodigd onderzoek; Ede/Wageningen. EC-LNV, rapportnr. 2002/084 O.
- Smolders A.J.P., H.B.M. Tomassen, M. van Mullekom, L.P.M. Lamers & J.G.M. Roelofs, 2003.** Mechanisms involved in the re-establishment of Sphagnum-dominated vegetation in rewetted bog remnants. *Wetlands Ecology and Management* 11: 403-418.
- Tomassen, H.B.M., A.J.P. Smolders, J. Limpens, G.J. van Duinen, S. van der Schaaf, J.G.M. Roelofs, F. Berendse, H. Esselink & G. van Wirdum, 2002.** Onderzoek ten behoeve van herstel en beheer van Nederlandse hoogvenen. Eindrapportage 1998-2001. Ede/Wageningen. Expertisecentrum LNV, Ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij, rapportnr. 2002/139.
- Tomassen, H.B.M., A.J.P. Smolders, J. Limpens, L.P.M. Lamers & J.G.M. Roelofs, 2004.** Expansion of invasive species on ombrotrophic bogs: desiccation or high N deposition? *Journal of Applied Ecology* 41: 139-150.
- Verberk, W.C.E.P. & H. Esselink, 2006.** Invloed van aantasting en maatregelen op de faunadiversiteit in een complex landschap. Case studie: Korenburgerveen (2e fase). Ede. Directie Kennis, Ministerie van LNV, rapport 2006/dk135-0.