

Van hoogveen- en venherstel naar herstel van een 'compleet' nat zandlandschap

Het nat zandlandschap omvat zure tot zwak gebufferde, voedselarme en vochtige tot natte ecosystemen. Het gaat om systemen die gevoelig zijn voor verzuring, vermessing en verdroging: hoogvenen en hoogveenbossen, vennen en veentjes, vochtige schraallanden, natte heiden, bossen op voormalige natte en vochtige heiden, de overgangen tussen deze systemen of habitattypen onderling en de overgangen naar het droog zandlandschap en beekdallandschap. OBN-(voor)onderzoek heeft veel bijgedragen aan het ophelderen van de randvoorwaarden voor succesvol herstel van verschillende onderdelen van het nat zandlandschap. Herstel van het locale of grotere grondwatersysteem met de vereiste waterkwaliteit en het juiste waterregime blijkt in veel gevallen de belangrijkste opgave, naast reductie van de (effecten van) stikstofbelasting.

Standplaatsen in het landschap

Welk habitatype op een plek voorkomt, hangt allereerst af van de condities op standplaatschaal. Zuurbuffering en de beschikbaarheid van koolstof zijn sleutelfactoren in de vegetatieontwikkeling in vennen, veentjes en hoogvenen. Voor de ontwikkeling of het herstel van (zeer) zwak gebufferde vennen (*Littorelletea*-gemeenschappen) is koolstoflimitatie in de waterlaag een randvoorwaarde, terwijl voor hoogveenvormende gemeenschappen juist een hoge beschikbaarheid van kooldioxide of methaan in de waterlaag essentieel is (Bloemendaal & Roelofs, 1986; Smolders et al., 2004). Oeverkruidvennen verdragen relatief grote fluctuaties in de waterstanden, terwijl goed ontwikkelde hoogveengemeenschappen alleen voorkomen bij stabiele waterstanden. Zowel de mate van zuurbuffering, de koolstofbeschikbaarheid, als het waterregime van de standplaats worden bepaald door condities en processen op hogere schaalniveaus, zoals het voorkomen van goed en slecht waterdoorlatende lagen, de chemische samenstelling van de diepere en ondiepere ondergrond en de aard van de grondwaterstroming. Deze condities en processen op standplaats- en landschapsschaal – en daarnaast het (vroegere) menselijk gebruik en het gevoerde natuurbeheer – bepalen niet alleen de vroegere ontwikkeling van deze systemen en hun biodiversiteit, maar zijn nu evenzeer sleutels tot het herstel. Verder blijkt uit recent OBN-onderzoek nog eens dat hoogvenen en veel vennen geen homogene systemen zijn, maar juist gekenmerkt zijn door mozaïeken en gradiënten in onder andere koolstofbeschikbaarheid, zuur-

buffering en vegetatiestructuur. Deze variatie is essentieel voor het behoud en het herstel van de biodiversiteit in deze systemen (van Duinen et al., 2004; van Kleef & Esselink, 2006; Brouwer et al., in voorb.; Verberk et al., dit nummer). In dit artikel wordt ingegaan op de betekenis van deze resultaten van het recente OBN-onderzoek in het nat zandlandschap voor het herstelbeheer.

Venherstel

EFFECTIVITEIT EN DUURZAAMHEID VENHERSTEL
Eén van de eerste maatregelen die in het kader van EGM/OBN is ontwikkeld en uitgevoerd, is het herstel van zeer zwakgebufferde vennen door het verwijderen van de dikke sliblaag die was ontstaan door vermessing en verzuring. Deze maatregel werkt vooral goed in de sterk door koolstof (C) gelimiteerde Oeverkruidvennen (Oeverkruidverbond, *Littorellion*). De voedselarmoede en de schaarste aan koolstof worden zo hersteld. Oeverkruid (*Littorella uniflora*), Waterlobelia (*Lobelia dortmanna*) en andere rozetvormige planten (isoetiden) op de onderwaterbodem, die zeer kenmerkend zijn voor zachte en zeer zachte wateren, hebben hiervan geprofiteerd (Bobbink et al., 2004). Uit de evaluatie van de duurzaamheid van venherstel (Brouwer et al., in voorb.) blijkt dat ook 10 tot 20 jaar na opschonen de gewenste soorten nog steeds voorkomen of zich zelfs verder hebben uitgebreid. Hieronder bevinden zich diverse sterk bedreigde soorten, zoals Waterlobelia, Stekelbiesvaren (*Isoetes echinospora*), de waterkever *Hygrotus novemlineatus* en de uitgestorven gewaande dansmug *Pagastiella orophila*. Zodra de isoetidenvegetatie zich kan uitbrei-

den, bevordert ze zelf de stabiliteit van het systeem: er vindt geen accumulatie van organisch materiaal plaats, het sediment wordt via de wortels van de isoetiden van zuurstof voorzien (de wortels werken als zuurstofpomp), de beschikbaarheid van stikstof (N), fosfor (P) en C in de waterlaag blijft laag en het water blijft helder.

Zwakgebufferde vennen uit de Oeverkruidklasse die behoren tot het verbond van Waternavel en Stijve moerasweegbree (*Hydrocotylo-Baldellion*), profiteren ook sterk van opschonen. Hier is koolstoflimitatie op de middellange termijn echter een rem op de groei van waterlaagvullende plantensoorten. Karakteristieke plantensoorten, zoals Doorschijnend glanswier (*Nitella translucens*) en Ondergedoken moerasscherm (*Apium inundatum*), handhaven zich dan vooral op plekken met toestroming van grondwater en breiden zich uit op plekken met voedselarme laagjes organisch materiaal. Alleen daar kunnen waterlaagvullende planten voldoende koolstof uit het water halen. Voor de interne variatie is het daarom goed alleen de voedselrijke sliblaag te verwijderen en de venige, voedselarme bodem daarbij zo veel mogelijk te sparen.

In verzuurde vennen treedt herstel van de vegetatie na opschoning pas op als ook de buffercapaciteit wordt hersteld. Voor een klein deel is dit spontaan gebeurd, maar er zijn ook vennen zuur gebleven of verzuurd na uitvoering van herstelmaatregelen. Een zuur milieu na opschoning kan voorkomen worden door herstel van de waterhuishouding (grondwaterregime en waterkwaliteit) al dan niet in combinatie met bekalking van het inzijsgebied en wanneer dat niet mogelijk is door inlaat van zwakgebufferd (maar niet voedselrijk!) grond- of oppervlaktewater. Bij bekalking van het inzijsgebied moet nog steeds (of weer) voldoende lokaal grondwater naar het ven stromen.

ERFENIS AANTASTING OPRUIJEN

Uit jarenlange monitoring van het oppervlaktewater in niet herstelde vennen door Herman van Dam (in: Brouwer et al., in voorb.) blijkt dat de stikstof- en zwavelconcentraties in vennen sterk zijn afgenomen. Dat is het gevolg van brongerichte maatregelen. Kiezels wieren vertonen een gedeeltelijk herstel als



Foto 1. Natuurlijke overgang van overgangsveen (Veenmos-Rietland en zeggenmoeras; links) naar hoogveen met bulten en slenken (rechts) in Nigula, Estland (foto: Gert-Jan van Duinen).

gevolg van afgenomen verzuring (van Dam, 1996). De dikke sliblaag verhindert echter kieming en vestiging van venplanten (Arts et al., 2001). In vennen die door afname van verzurende depositie minder zuur geworden zijn, kan de sliblaag sneller afbreken, waardoor fosfaat wordt nageleverd aan de waterlaag (fig. 1) en zuurstofgebrek in de bovenste laag van het sediment optreedt. Bij dansmuggen zien we daardoor een verdere achteruitgang van venkarakteristieke soorten die zijn aangepast aan voedselarme, niet zure milieus met een constante beschikbaarheid van zuurstof (van Kleef et al., in voorb.2). Aangezien geen volledig autonoom herstel optreedt, blijft eenmalig ingrijpen nodig. Het verwijderen van de sliblaag, zo nodig in combinatie met herstel van de buffercapaciteit, leidt tot de terugkeer van karakteristieke soorten planten en dieren. Een beperkt aantal soorten planten en dieren lijkt echter problemen te hebben met dispersie (Brouwer et al., 2002; Brouwer et al., in voorb.). Daarom wordt aanbevolen de wijze van opschonen af te stemmen op nog aanwezige populaties van zeldzame en karakteristieke soorten, opdat deze niet onbedoeld verloren gaan. Dit is maatwerk, waarbij de ecologie van de soorten in kwestie gebruikt kan worden voor het kiezen van de juiste herstelstrategie. Daarbij gaat het om het tijdstip van en fasering in het opschonen en het sparen van belangrijke deelhabitats in het ven (van Kleef et al., 2006).

GEFASEERD EN KLEINSCHALIG WERKEN

Er zijn ook vennen waar het verwijderen van slib niet of slechts lokaal dient te worden toegepast, zoals vennen met verlandingsstadia of met hoogveenontwikkeling (Arts & van Duinhoven, 2000). In deze systemen is koolstoflimitatie geen randvoorwaarde. Soms herbergen ze levensgemeenschappen met de sterk bedreigde Gevlekte glanslibel (*Somatochlora flavomaculata*), Plat blaasjeskruid (*Utricularia intermedia*) en de kokerjuffer *Hagenella clathrata* (van Kleef & Esselink, 2006). Vroeger werden zulke soorten aangetroffen in de overgangen (lagg-zones en overgangsvenen) tussen hoogvenen en het omringende landschap met minerale bodems. Deze overgangen zijn door ontginning verdwenen. Tegenwoordig worden deze soorten nog hoofdzakelijk gevonden in de oeverzone van vennen met een goed ontwikkelde gradiënt in waterkwaliteit (pH range 4 tot 7); die ontstaat door de aanvoer van zowel zuur, voedselarm grondwater, als gebufferd, voedselrijker oppervlaktewater, waarbij een dichte helofytenvegetatie een snelle menging van deze waterstromen tegengaat. Deze soortenrijkdom is tijdelijk van aard. Immers door de aanvoer van voedselrijker oppervlaktewater treedt op termijn verzuuring op, met bijbehorend verlies van bijzondere soorten. Dat betekent dat in

zulke situaties gefaseerd en kleinschalig moet worden gehandeld om alle stadia met bijbehorende soorten in stand te houden.

Hoogveenherstel

AANLEIDING VOOR OBN-ONDERZOEK

In de Nederlandse hoogveenrestanten werd tot in de jaren negentig circa 100 miljoen euro geïnvesteerd in dammen om regenwater beter vast te houden met als doel een voor veenmosontwikkeling gunstig waterregime te creëren. Deze maatregelen hadden wisselend succes: heel soms ontwikkelden zich bultvormende veenmossen, meestal ontstond een drijvende laag Waterveenmos (*Sphagnum cuspidatum*) of een zure waterplas. Verder bleef Pijpenstrootje (*Molinia caerulea*) over grote oppervlakten de vegetatie domineren en vestigden zich berken. Daarom werd in 1998 begonnen met OBN-onderzoek naar de sleutelfactoren voor het herstel van hoogveensystemen (Tomassen et al., 2002).

INTACT VEENSYSTEEM ALS REFERENTIE

Vanwege het feit dat veenvorming één van de sturende processen is in veenlandschappen, ligt bij het beheer in hoogveenrestanten de focus op het herstel van hoogveenvormende vegetaties met de bijbehorende zure, mineraal- en voedselarme omstandigheden in de hoogveenkernen. Een compleet, intact veenlandschap kent echter -naast hoogveenvormende onderdelen. Naast de contactzone met de minerale omgeving, kunnen ook binnen het veensysteem deze zure, voedselarme condities worden afgezwakt door veenbeken, plaatselijke opduikingen van de minerale ondergrond en door basenrijk(er) grondwater beïnvloede locaties. Dit leidt tot een heterogeen veenlandschap met gradiën-

toename orthofosfaat (micromol/l)

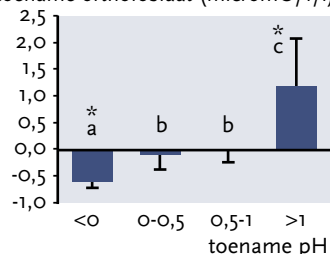


Fig. 1. Gemiddelde veranderingen ($\pm$ standaard fout) in ortho- PO_4^{3-} concentraties in oppervlaktewater tussen 1983/1984 en 2000/2006 in niet-opgeschoonde vennen in relatie tot de verandering in pH over dezelfde periode. Verschillende letters geven significante verschillen ($P \leq 0.05$) aan tussen de pH-klassen (Mann-Whitney-U test). * geeft een significante ($P \leq 0.05$) toe- of afname van de ortho- PO_4^{3-} concentraties over deze periode aan (Wilcoxon signed ranks test) (van Kleef et al., in voorb.1)



Foto 2. In dit door zwak gebufferd grondwater gevoede veen bij Libin (België) komen rupsen van de bedreigde Veenbesparelmoervlinder (*Boloria aquilonaris*) in zeer hoge aantallen voor op bulten van Hoogveenveenmos (*Sphagnum magellanicum*), waarop de waardplant Kleine veenbes (*Oxycoccus palustris*) vitaal groeit (foto: Gert-Jan van Duinen).

ten (foto 1): van hoogveen, via een overgangsveen naar laggzones en veenbeekjes, laagveensituaties en broekbossen. Het belang van deze variatie is groot, omdat elk onderdeel en de gradiënten tussen onderdelen eigen omgevingscondities bezitten, en het landschap zo geschikte condities voor telkens andere soorten biedt. Bij sterkere invloed van basenrijk grondwater of op minerale bodem nemen de zuurbuffering en de beschikbaarheid van mineralen toe, als ook de productiviteit van planten en daarmee de voedselbeschikbaarheid voor herbivoren, hun predatoren en detritivoren. Veenhooibeestje (*Coenonympha tullia*), Veenbesparelmoervlinder (*Boloria aquilonaris*) en Veenbesblauwtje (*Plebeius optilete*) worden in intacte veenlandschappen juist aan de randen van hoogveenkernen aangetroffen, waar de beschikbaarheid van mineralen groter is (foto 2). Momenteel loopt een pilot-study in het kader van OBN om vast te stellen of veranderingen in de gehalten van macro- en micronutriënten in waardplanten van deze drie dagvlinders een oorzaak voor hun achteruitgang kan zijn (zie ook Siepel et al., dit nummer).

Soorten zoals de bedreigde Hoogveenglablibel (*Somatochlora arctica*; foto 3) en de Speerwaterjuffer (*Coenagrion hastulatum*) komen in intacte veenlandschappen eveneens voor in de randen van hoogveenkernen

en in overgangsvenen of laggzones: plaatsen met doorstroming van water vanuit de kern en enige aanrijking door grondwater uit de minerale ondergrond. Ook in Nederland komen deze en andere bedreigde of zeldzame, karakteristieke soorten juist voor in wateren die onder invloed staan van gebufferd grond- of oppervlaktewater, vaak in een gradiënt van zuur naar gebufferd.

Uit het OBN-onderzoek bleek dat een aantal van deze karakteristieke soorten zich in onze veenrestanten heeft kunnen handhaven in secundaire habitats die door menselijk gebruik van hoogvenen zijn ontstaan, zoals greppels uit de tijd van de boekweitbrandcultuur, oude veenputten en tijdelijke veenpoelen (Tomassen et al., 2002; van Duinen et al., 2004). Door mineralisatie van restveen en lichte vermessing ontstaan kennelijk omgevingscondities die enigszins overeenkomen met die in overgangsvenen of randzones van intacte veenlandschappen. Daarnaast kunnen vennen en veentjes een secundair habitat vormen voor karakteristieke soorten van het veenlandschap. Deze soorten hebben meestal geen baat bij het herstel van veenvorming door uitsluitend het beter vasthouden van regenwater (Verberk, 2008). Voor het herstel van het totale soortenspectrum van hoogveenlandschappen zijn behoud en herstel van ruimtelijke variatie op kleinere en grotere schaal (inclusief randzo-

nes en gradiënten) en invloed van gebufferd grondwater belangrijke voorwaarden. Ze vormen een belangrijke opgave voor het herstelbeheer, niet alleen in hoogveenrestanten, maar evenzeer in kleine veentjes in bossen en heiden waar karakteristieke soorten nog voorkomen.

SLEUTELFACTOREN KOOLSTOF, WATER EN LICHT
Hoogveenvorming treedt van nature op in laagvenen wanneer gebufferd grond- en oppervlaktewater het maaiveld niet meer bereiken en op zeer natte minerale bodems. Eerste voorwaarde voor de groei van veenmossen is uiteraard dat fotosynthese kan plaatsvinden. Daarvoor zijn niet alleen gedurende het hele jaar natte omstandigheden nodig, maar ook licht en een hoge concentratie van koolstofdioxide of methaan in de directe omgeving van de veenmossen. Veenmossen die in direct contact staan met de atmosfeer, kunnen daaruit koolstofdioxide opnemen. Dan moet de waterstand zich dicht onder het veenmosdek bevinden en zeer stabiel zijn, opdat de mossen 's zomers niet uitdrogen. Aan die voorwaarden wordt voldaan indien (1) het veenpakket waarop de mossen groeien, kan krimpen en zwellen met de fluctuatie van de waterstand, of (2) de grondwaterstand zich jaarrond nabij het maaiveld bevindt, wanneer de mossen groeien op een onbeweeglijke, stevige bodem.

Voor de groei van veenmossen in open water moet niet alleen voldoende licht in het water kunnen doordringen, het water moet

ook een hoge koolstofdioxide- of methaanconcentratie hebben. Enkel diffusie van koolstofdioxide vanuit de atmosfeer naar het water levert onvoldoende koolstof voor veenmosgroei. Het is daarom noodzakelijk dat koolstofdioxiderijk water toestroomt vanuit de omgeving, wat wordt bepaald door de geologische opbouw van de ondergrond, of dat koolstofdioxide en/of methaan vanuit het onderliggende restveen de levende veenmossen bereikt (Lamers et al., 1999; Smolders et al., 2004).

OBN-onderzoek in veentjes in de boswachterij Dwingeloo liet een duidelijke relatie zien tussen de mate van hoogveenvorming na herstelmaatregelen en de ligging van de veentjes ten opzichte van geulen in de keileemondergrond (Verschoor et al., 2003). De veentjes die in een benedenstrooms deel van een geul liggen, doen het veelal beter dan de veentjes die naast de geul of in bovenstroomse delen van de geul liggen. Dit bevestigt het idee dat de mate van hoogveenvorming mede samenhangt met de aanvoer van koolstofdioxide via toe- of doorstroming van freatisch water door deze veentjes. Tevens kennen de veentjes naast en in de bovenstroomse delen van geulen waarschijnlijk grotere waterstandschommelingen dan veentjes in het midden en de benedenstroomse delen van geulen. De ligging in het landschap en processen op landschapsschaal bepalen dus in hoge mate de kansrijkdom voor herstel van de juiste standplaatscondities voor hoogveenontwikkeling.

HERSTELSTRATEGIE AFHANKELIJK VAN SITUATIE

Voor het herstelbeheer in hoogveenrestanten en veentjes gaat het er om op welke manier de vereiste omstandigheden voor zowel veenmosgroei, als kenmerkende soorten van hoogvenen en gradiënten naar het omliggende landschap hersteld kunnen worden vanuit de verschillende uitgangssituaties. Om aan deze omstandigheden te kunnen voldoen blijken de volgende herstelstrategieën de beste perspectieven te bieden (Lamers et al., 1999; Tomassen et al., 2002; Smolders et al., 2004):

1. In situaties waar veel witveen (weinig vergaan veen) aan het oppervlak ligt, biedt vernatting tot aan het maaiveld (vermorsing) goede perspectieven voor hoogveenvorming. Witveen heeft een relatief groot poriënvolume



Foto 3. Hoogveenglanslibel (*Somatochlora arctica*) kort na het verlaten van de larvehuid (foto: Wilco Verberk).

en het vermogen te krimpen en te zwellen bij wisselende veenwaterstanden, wat zorgt voor stabiele waterstanden. Daarnaast kan het witveen door verdere humificatie voldoende koolstofdioxide of methaan leveren voor veenmosgroei. In situaties waar het restveen te zuur is voor koolstofdioxide- en methaanvorming (dat is bij een $\text{pH} < 4$) is enige zuurbuffering nodig om de microbiële activiteit te verhogen. Dan is het herstel van de waterhuishouding nodig, waardoor gebufferd grondwater opnieuw tot in de veenbasis stijgt. Dit kan bovendien zorgen voor waardevolle gradiënten aan de randen van veenrestanten.

2. In situaties met zwartveen (sterk vergaan veen) aan de oppervlakte is plas-drasvernatting de meest kansrijke optie. Inundatie leidt namelijk meestal tot lichtlimitatie. Door de vaak sterke kleuring van het water met humuszuren is er reeds bij 30-50 cm waterdiepte onvoldoende licht voor veenmosgroei. Bovendien is de voor veenmosgroei noodzakelijke koolstofdioxiderijke waterlaag op zwartveen in veel gevallen lastig te realiseren. Door plas-drasvernatting staan veenmossen direct in contact met de lucht en kunnen zij atmosferische koolstofdioxide gebruiken. Voor het realiseren van een stabiele waterstand in het maaiveld met plas-drasvernatting is het geringe poriënvolume in zwartveen en de tengevolge daarvan optredende grote waterstandschommelingen tussen natte en droge perioden een probleem. Het aanleggen van een waterbuffer van waaruit in droge perioden water kan

worden toegevoerd, kan soms een oplossing zijn. Mogelijkheden om toestrooming van koolstofdioxiderijk (grond)water te stimuleren, moeten waar mogelijk worden benut. Wanneer slechts een dunne laag restveen aanwezig is, zijn hiervoor mogelijkheden. In dergelijke situaties is het herstellen van een hoge en stabiele grondwaterstand in het onderliggende minerale pakket sowieso nodig om wegzigging te beperken. Desalniettemin zullen de mogelijkheden voor herstel van gradiënten in buffercapaciteit vaak beperkt zijn. Dergelijke gradiënten zouden daarnaast hersteld kunnen worden op plaatsen waar contact is met opduikingen van de minerale ondergrond.

3. In situaties waar de voormalige toplaag van het hoogveen (bolster) na het beëindigen van de veenwinning is teruggestort, is na inundatie de vorming van drijfzand mogelijk, waarop zich een veenvormende vegetatie kan vestigen. De bolster moet dan wel voldoende afbreekbaar organisch materiaal bevatten, voldoende compact zijn en gebufferd grondwater moet tot in de veenbasis reiken. Er is namelijk enige zuurbuffering noodzakelijk om via verhoogde microbiële activiteit de humificatie en de methaanvorming op gang te brengen in de bolster. Door het vasthouden van methaangasbelletjes gaat de bolster drijven en biedt zo – ook bij fluctuerende oppervlaktewaterstanden – een zeer stabiele situatie voor veenmosgroei. Wanneer de randvoorwaarde van voldoende gebufferd grondwater in de veenbasis is vervuld, biedt dit ook mogelijkheden om in en om de veenrestanten mozaïeken en gradiënten in zuurbuffering te creëren.

EFFECTEN EN BESTRIJDEN EUTROFIËRING

Hoogveenherstel is mogelijk bij hoge stikstofdepositie, maar lang niet overal! Herstel van het complete soortenspectrum in een hoogveensysteem is bij hoge nutriëntenbeschikbaarheid uitgesloten. Een hoge stikstofdepositie morrelt aan de pijlers van het hoogveensysteem: de extreem lage beschikbaarheid van stikstof (N), waaraan alle organismen uit hoogvenen zijn aangepast. Een verhoging van de N-beschikbaarheid zet een waar sneeuwbal effect in gang. Opname van N door veenmossen vindt plaats tot een bepaald niveau, daarna is het 'veenmosfilter' verzadigd (Lamers et al., 2000). Het N komt dan in het bodemvocht beschikbaar voor hogere planten, zoals grasachtigen en ber-

ken, die zich vervolgens uitbreiden ten koste van veenmossen (Tomassen et al., 2002). Verder wordt veenmos, vooral Waterveenmos, bij een hoog N-gehalte gevoeliger voor de parasitaire paddenstoel Veenmosgrauw-kop (*Tephrocye palustris*; Limpens et al., 2003). Bovendien verschuiven de basis van de aquatische voedselketen en de soorten-samenstelling onder invloed van eutrofiëring (van Duinen et al., 2006). Vergrassing leidt ook tot afname van onder andere spinnen en loopkevers die leven op en in open, zon-beschenen veenmosbulten of mostapijten (van Duinen et al., 2008).

Hoewel weinig gedaan kan worden aan de veranderingen in strooiselkwaliteit als gevolg van de hoge N-depositie, kan beheer de effecten van hoge N-depositie wel bestrijden: het tegengaan van vergrassing en opslag van berken en het optimaliseren van veenmosgroei. Verwijderen van berken (en dennen) is een mogelijkheid en kan heel effectief zijn bij het herstel van de veenmosvegetatie, zoals bleek in de Tuspeel (Midden-Limburg). Het verwijderen van berken moet in veel gevallen echter regelmatig herhaald worden, met als negatief neveneffect dat het maaiveld of de veenmosvegetatie regelmatig wordt beschadigd. En de kosten zijn hoog! Maaien of plaggen is een optie in veenmosrijke heiden. Daarbij is behoud van de slecht doorlatende laag echter essentieel (Tomassen et al., 2002). Is sprake van een beschadigde slecht doorlatende laag, dan is plaggen af te raden. Tijdelijk intensief begrazen van veenheiden (koeien, schapen) in combinatie met vernatting (en eventueel branden) kan de opslag van berken en vergrassing terugdringen (bijvoorbeeld het Meerstalbok en de Witten). Maar het kan ook resulteren in moddervlakten en verlies aan biodiversiteit. Hoge en stabiele waterstanden helpen tegen verdroging, maar gaan vergrassing en opslag niet altijd tegen.

Kant en klare recepten bestaan (nog) niet en de prangende vraag is steeds: zijn de condities voor veenmosgroei wel voldoende hersteld en zorgt het beheer voor herstel van de biodiversiteit die in een compleet hoogveen-landschap thuishoort?

Landschapsecologische systeemanalyse cruciaal in herstelstrategie

Om de perspectieven voor ven- en veenherstel, inclusief het herstel van mozaïeken en gradiënten in koolstofbeschikbaarheid, zuurbuffering en beschikbaarheid van mineralen, te bepalen, is een landschapsecologische systeemanalyse noodzakelijk (Verberk et al., dit nummer). Bij het opstellen van de herstel-



Foto 4. In het Haaksbergerveen zorgt gebufferd grondwater in de veenbasis voor zwak gebufferd oppervlaktewater met Duizendknoopfonteinkruid (*Potamogeton polygonifolius*) en de ontwikkeling van veenmosmatten, waar Riet (*Phragmites australis*) en Wateraardbei (*Potentilla palustris*) doorheen groeien (foto: Hilde Tomassen).

strategie gaat het er niet alleen om dat kenmerkende condities van een intact systeem hersteld worden (bijvoorbeeld zuur en nat in een hoogveen-kern, met een bepaalde afvoer van het neerslagoverschot), maar vooral dat de processen die sturend zijn in de ontwikkeling van het systeem worden hersteld (bijvoorbeeld toestroming van koolstofdioxide-rijk water of invloed van gebufferd grondwater in de veenbasis). Het deskundigenteam Nat Zandlandschap is daarom bezig met onderzoek dat inzicht moet bieden in hoe de sleutelprocessen en condities op standplaats-schaal in vennen, veentjes, hoogvenen en gradiënten worden aangestuurd door processen op landschapsschaal. Om dit inzicht ook hanteerbaar te maken in de praktijk van het herstelbeheer wordt gewerkt aan een operationele methode voor landschapsecologische systeemanalyses. Daarmee kunnen de perspectieven voor herstel van veenvorming en milieugradiënten worden bepaald en adequate maatregelen op verschillende schaalniveaus worden vastgesteld.

Literatuur

- Arts, G. & G. van Duinhoven, 2000.** Sleutelen aan vennen. Ministerie van LNV, Wageningen.
- Arts, G.H.P., P.W.M. van Beers, J.D.M. Belgers, F.G. Wortelboer, 2001.** Gedifferentieerde normstelling voor nutriënten in vennen: onderbouwing en toetsing van kritische depositieniveaus en effecten van herstelmaatregelen op het voorkomen van isoetiden. Alterra-rapport 262. Alterra, Wageningen.
- Bobbink, R., E. Brouwer, J. ten Hoopen & E. Dorland, 2004.** Herstelbeheer in het heidelandschap: effectiviteit, knelpunten en duurzaamheid. In: G.A. van Duinen et al. (red.) Duurzaam natuurherstel voor behoud van biodiversiteit; 15 jaar herstelmaatregelen in het kader van het Overlevingsplan Bos en Natuur. Rapport EC-LNV nr. 2004/305, Ede.
- Bloemendaal, F.H.J.L. & J.G.M. Roelofs, 1988.** Waterplanten en waterkwaliteit. Stichting Uitgeverij Koninklijke Nederlandse Natuurhistorische Vereniging, Utrecht.
- Brouwer, E., R. Bobbink & J.G.M. Roelofs, 2002.** Restoration of aquatic macrophyte vegetation in

acidified and eutrophied softwater lakes: an overview. *Aquatic Botany* 73: 405-431.

Brouwer, E., G.H.P. Arts, H. van Dam &

H. van Kleef (in voorb.). Duurzaamheid venherstel: evaluatie van herstelmaatregelen in vennen. Rapport Directie Kennis-LNV, Ede.

Dam, H. van, 1996. Partial recovery of moorland pools from acidification: indications by chemistry and diatoms. *Netherlands Journal of Aquatic Ecology* 30: 203-218.

Duinen, G.A. van, H.H. van Kleef, M. Nijssen, C.A.M. van Turnhout, W.C.E.P. Verberk, J. Holtland & H. Esselink, 2004. Schaal en intensiteit van herstelmaatregelen: Hoe reageert de fauna? In: G.A. van Duinen et al. (red.). Duurzaam natuurherstel voor behoud van biodiversiteit; 15 jaar herstelmaatregelen in het kader van het Overlevingsplan Bos en Natuur. Rapport EC-LNV nr. 2004/305, Ede: 189-240.

Duinen, G.A. van, K. Vermonden, A.M.T. Brock, R.S.E.W. Leuven, A.J.P. Smolders, G. van der Velde, W.C.E.P. Verberk & H. Esselink, 2006.

Basal food sources for the invertebrate food web in nutrient poor and nutrient enriched raised bog pools. *Proceedings of the Section Experimental and Applied Entomology of the Netherlands Entomological Society (NEV)* 17: 37-44.

Duinen, G.A. van, A.J. Dees & H. Esselink, 2008. Engbertsdijkvenen: effecten van hervernatting hoogveenkern op ongewervelde fauna, 2006-2008. Eindrapportage. Rapport Stichting Bargerveen, Nijmegen.

Kleef, H.H. van, W.C.E.P. Verberk, R.S.E.W. Leuven, H. Esselink, G. van der Velde & G.A. van Duinen, 2006. Biological traits successfully predict the effects of restoration management on macroinvertebrates in shallow softwater lakes. *Hydrobiologia* 565: 201-216.

Kleef, H.H. van & H. Esselink, 2006. De entomofauna van het Greveschutven, Valkenswaard. Onderzoek ten behoeve van het behoud en herstel van het Greveschutven. Rapport Stichting Bargerveen, Nijmegen.

Kleef, H.H. van., E. Brouwer, R.S.E.W. Leuven, H. van Dam, A.M.T. de Vries-Brock, G. van der Velde & H. Esselink, in voorb.1. Effects of reduced nitrogen and sulphur deposition on the water chemistry of moorland pools.

Kleef, H.H. van, F.F.P. Kimenai, R.S.E.W. Leuven, W.C.E.P. Verberk, G. van der Velde & H. Esselink, in voorb.2. Functional response of chironomids to restoration and decreased acidification over a 21 year period in formerly acidified shallow softwater lakes.

Lamers, L.P.M., C. Farhoush, J.M. van Groenendaal & J.G.M. Roelofs, 1999. Calcareous groundwater raises bogs; the concept of ombrotrophy revisited. *Journal of Ecology* 87: 639-648.

Lamers, L.P.M., R. Bobbink & J.G.M. Roelofs, 2000. Natural nitrogen filter fails in polluted

raised bogs. *Global Change Biology* 6: 583-586.

Limpens, J., J.T.A.G. Raymakers, J. Baar, F. Berendse & J.D. Zijlstra, 2003. The interaction between epiphytic algae, a parasitic fungus and *Sphagnum* as affected by N and P. *Oikos* 103: 59-68.

Smolders, A.J.P., H.B.M. Tomassen, J. Limpens, G.A. van Duinen, S. van der Schaaf & J.G.M. Roelofs, 2004. Perspectieven voor hoogveenherstel in Nederland. In: G.A. van Duinen et al. (red.). Duurzaam natuurherstel voor behoud van biodiversiteit; 15 jaar herstelmaatregelen in het kader van het Overlevingsplan Bos en Natuur. Rapport EC-LNV nr. 2004/305, Ede: 71-107.

Tomassen, H., F. Smolders, J. Limpens, G.A. van Duinen, S. van der Schaaf, J. Roelofs, F. Berendse, H. Esselink & G. van Wirdum, 2002. Onderzoek herstel en beheer van Nederlandse hoogvenen. Eindrapportage 1998-2001. Expertisecentrum LNV, Ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij, Ede/Wageningen.

Verberk, W.C.E.P., 2008. Matching species to a changing landscape; Aquatic macroinvertebrates in a heterogeneous landscape. Proefschrift, Radboud Universiteit, Nijmegen.

Verschoor, A.J., G.J. Baaijens, F.H. Everts, A.P. Grootjans, W. Rooke, S. van der Schaaf & N.P.J. de Vries, 2003. Hoogveenontwikkeling in veentjes en kleinschalige hoogveencomplexen op het Dwingelerveld; een landschapsbenadering. Deel 2: landschapontwikkeling en hydrologie. Rapport EC-LNV nr. 2003/227 O, Ede.

Summary

From restoration of raised bogs and shallow softwater lakes to restoration of 'complete' wet landscapes in the Pleistocene district

To restore the biodiversity of wet landscapes in the Pleistocene district restoration of local and larger groundwater systems with the required water quality and water table fluctuation is in many areas a main task, next to reducing (the effects of) nitrogen deposition. Acid buffering, availability of carbon, and water table regime are key factors in the plant and animal species composition of softwater lakes and bogs. These factors are determined by the composition of the upper and deeper soil.

In acidified and eutrophied softwater lakes the layer of organic matter sedimented on the formerly clean sandy bottom hampers the restoration of nutrient limited conditions required for recovery of typical vegetation and fauna. Organic matter removal is a successful and sustainable measure, as the nitrogen and sulphur deposition has been reduced considerably, provided that a (very) weakly buffered surface water quality is restored.

Both bog landscapes and shallow softwater lakes are no homogeneous systems, but include mosaics and gradients in a.o. availability of car-

bon and minerals, acid buffering and vegetation structure. This environmental heterogeneity is a prerequisite for the conservation and restoration of the biodiversity of these systems, including typical and endangered species that depend on e.g. transitional mires and bog edges.

The restoration of a complete plant and animal species spectrum of bog landscapes requires environmental heterogeneity on small and larger scales and influence of buffered ground water. The latter is also a key factor in the recovery of a *Sphagnum* dominated vegetation. A stable and high water table near the surface of the peat layer, as well as a high availability of carbon are maintained by a high table of buffered ground water in the basis of the remaining peat layer. Landscape ecological analyses of systems are necessary to assess the perspectives and proper measures for restoration of complete wet landscapes, including restoration of mosaics and gradients.

Dankwoord

Hein van Kleef, Juul Limpens, Hilde Tomassen en Wilco Verberk leverden gegevens en commentaar op een eerdere concepttekst. De inhoud van dit artikel is mede gevormd door de inbreng die beheerders van diverse terreinen en de leden van de voormalige OBN-deskundigenteams Hoogvenen en Zwakgebufferde wateren, het OBN-deskundigenteam Nat Zandlandschap en de Expertisegroep Fauna in de afgelopen jaren hebben geleverd.

Drs. G.A. van Duinen
Stichting Bargerveen
Radboud Universiteit Nijmegen
Postbus 9010, 6500 GL Nijmegen
e-mail: G.vanDuinen@science.ru.nl

Dr. E. Brouwer
B-Ware
Radboud Universiteit Nijmegen
Postbus 9010, 6500 GL Nijmegen
e-mail: E.Brouwer@b-ware.eu

Dr. A.J.M. Jansen
Unie van Bosgroepen
Postbus 8187, 6710 AD Ede
e-mail: A.Jansen@bosgroepen.nl

Prof.dr. J.G.M. Roelofs
Radboud Universiteit Nijmegen
Postbus 9010, 6500 GL Nijmegen
e-mail: J. Roelofs@science.ru.nl

Prof.dr. M.G.C. Schouten
Staatbosbeheer
Postbus 1300, 3970 BH Driebergen
e-mail: M.Schouten@staatsbosbeheer.nl