

Ecologische gradiënten op de helling in de Brunssummerheide

Centraal op de Brunssummerheide in Limburg ligt een hellingveen met een rijk geschakeerde veenvormende vegetatie. Het is een smal, grondwater gevoed en met veen opgevuld dal, dat tevens de bron vormt van de Roode Beek. Hoe functioneert dit hellingveen en welke soorten vinden hier een habitat? Zijn er gevaren voor het voortbestaan van dit ecosysteem en in hoeverre kan natuurbeheer hierin sturen? Aan de hand van een analyse van de ecohydrologie, biogeochemie en de voorkomende soorten van het hellingveen is onderzocht hoe het gebied functioneert en welke knelpunten er zijn voor het beheer.

In 2008 is een onderzoek begonnen naar interne en externe processen die het veen en de voorkomende gemeenschappen en soorten beïnvloeden, zodat kennis over het ecohydrologisch functioneren van het hellingveen verkregen kon worden. De resultaten hiervan geven handvatten voor behoud en herstel van dit bijzondere hellingveen.

Complexiteit en diversiteit

De omgeving van de Brunssummerheide is geo(morfo)logisch zeer complex; er zijn in Nederland maar weinig vergelijkbare gebieden. Er lopen maar liefst twee breu-

ken door het gebied; de Feldbiss-breuk en de Heerlerheide-breuk, waarvan met name de eerste bepalend is voor de bodemopbouw en hydrologie van het hellingveen (fig. 1). Het dal waarin het veen ligt wordt aan de oost- en westzijde geflankeerd door droge hellingen. Op de dalbodem is een veenlaag aanwezig die meestal meer dan 40 cm dik is. Het veen heeft zich gevormd op zilverzandafzettingen uit het Mioceen. Zilverzand is kalkloos en zeer arm aan mineralen en nutriënten (van der Mast, 1983; Kuyl, 1967). Deze zanden worden afgewisseld met bruinkoollagen die in het verleden in de Brunssummerheide en

omstreken grootschalig werden gewonnen. Winning van bruinkool en zilverzand heeft een grote invloed gehad op de vorming van het huidige landschap, maar het hellingveen is daarbij grotendeels gespaard gebleven. Het veen ligt in het brongebied van de naar het noorden stromende Roode Beek.

Met name na de Tweede Wereldoorlog is de Brunssummerheide sterk veranderd, waarbij het open heidelandschap werd ingeplant met naaldbos voor de productie van mijnhout (de Mars, 2008). Sinds de jaren zeventig worden de aanwezige greppels en ook de Roode Beek zelf niet meer onderhouden waardoor deze geleidelijk dicht groeiden en het gebied natter werd (de Mars, 2008). Hierdoor, en mede door een afname van de betreding, is het oppervlak van het veen sinds de jaren tachtig weer toegenomen.

Ecohydrologie en biogeochemie

Een groot deel van het veen wordt direct of indirect beïnvloed door grondwater. Peilbuizen in het veen geven aan dat er het hele jaar een kweldruk aanwezig is van gemiddeld 25-50 cm boven het maaiveld. De hoge stijghoogten in de ondergrond zorgen voor het constant uittreden van grondwater en daardoor permanent natte omstandigheden. Overstromingen treden echter niet op vanwege het grote hoogteverval. Het uittredende grondwater is blijkbaar basenarm, want er heeft zich over een groot oppervlak een veenmosvegetatie ontwikkeld. Het grondwater treedt niet alleen diffuus uit in het veen, er zijn ook puntbronnen aanwezig. Uiteindelijk vormt het uittredende water het begin van de Roode Beek. De constante, hoge kwelintensiteit zorgt ervoor dat de vele in het veen gelegen slenkjes vrijwel het gehele jaar stromen en alleen in zeer droge perioden

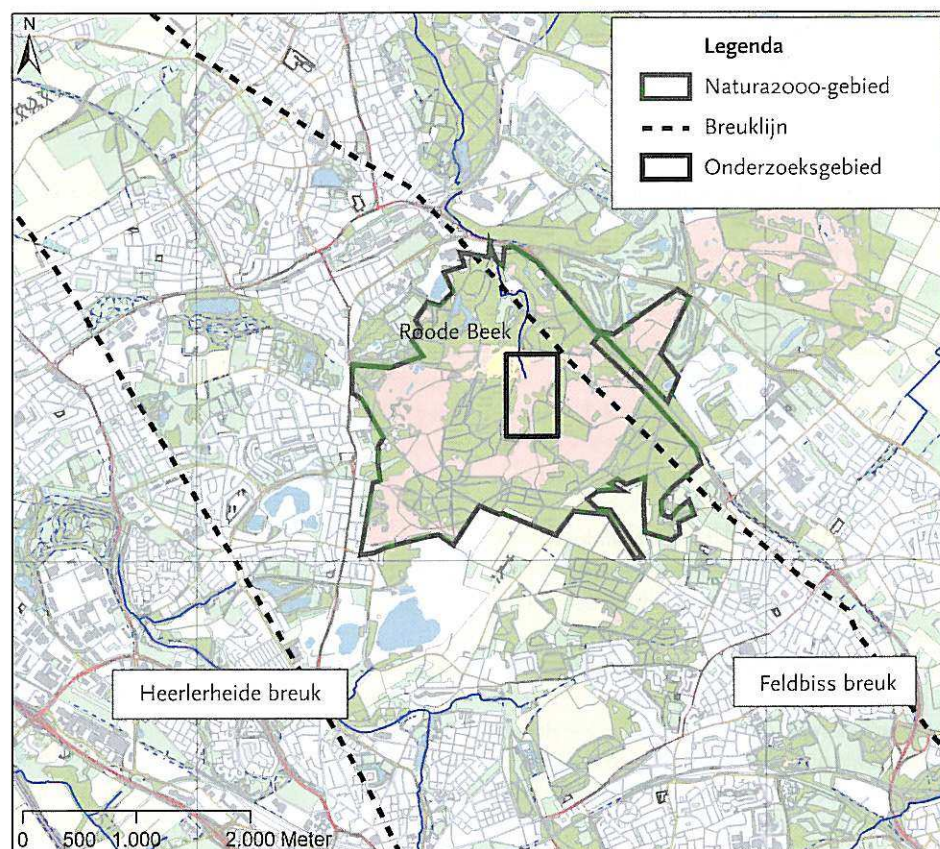


Fig. 1. Overzichtskaart van het Natura 2000-gebied op de Brunssummerheide (in het groen) en de omgeving. Breuklijnen zijn weergegeven met zwarte stippellijn. In de zwarte rechtehoek is het onderzoeksgebied weergegeven.

droogvallen. Gelet op de sterke overdruk gaat het hier waarschijnlijk deels om water dat op grotere afstand van het gebied is geïnfiltreerd (bovenlokaal grondwater). De grondwaterstanden in de hoger gelegen flanken reiken niet tot aan het maaiveld, maar zijn wel altijd hoger dan de grondwaterstanden in het dal. Dit betekent dat het hellingveen ook wordt gevoed door lokaal grondwater dat zijdelings toestroomt. In het smalle dal is een gradiënt aanwezig in de mate van kwelinvloed aan maaiveld en dus ook in waterkwaliteit (van Dijk et

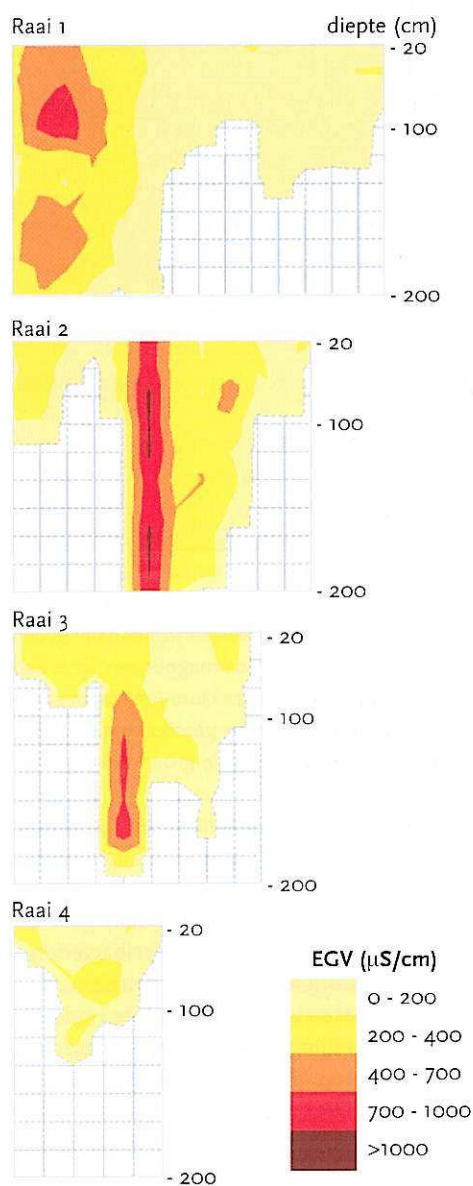


Fig. 2. Het hellingveen met enkele EGV dieptemetingen in raaien (bruine lijnen raai 1 t/m 4) waarin het geleidingsvermogen is aangegeven in kleuren (van laag EGV in geel tot hoger in rood). De zandondergrond waarin niet is gemeten, is wit.

Kader 1. Elektrisch geleidingsvermogen in het grondwater

Het grondwater in de helling treedt uit in het veen en stroomt vervolgens relatief snel door en over de toplaag van het veen. Metingen van het verloop van het elektrisch geleidingsvermogen (EGV) langs een aantal raaien en op verschillende diepten, weerspiegelen de totale ionenrijkdom in het (grond)water (fig. 2). Hieruit is af te leiden dat het veen vanaf de flanken wordt beïnvloed door een mengsel van regen- en freatisch (lokaal) grondwater, dat wordt gekenmerkt door lage EGV-waarden (locatie A en D in fig. 3). De laagste delen van het hellingveen worden beïnvloed door grondwater met een relatief hoog EGV, dat rijk is aan nitraat (NO_3^-), sulfaat (SO_4^{2-}), calcium (Ca^{2+}) en magnesium (Mg^{2+}) (fig. 2 & 3). Dit grondwater bereikt zuidelijk van de (stroomopwaarts gelegen) bron enkel de basis van het veenpakket en niet het maaiveld (locatie E in fig. 3 en raai 3 in fig. 2). Verder stroomafwaarts is de stijghoogte van het grondwater, alsmede de permeabiliteit van het veenpakket (dat hier uit een afwisseling van veen en zandlaagjes bestaat) zo hoog dat het grondwater met een hoog EGV hier het maaiveld wel bereikt (bronlocatie C in fig. 3 en raai 2 in fig. 2). Vervolgens stroomt het water af in noordelijke richting, waar het deels weer infiltreert in het veen (locatie B in fig. 3 en raai 1 in fig. 2).

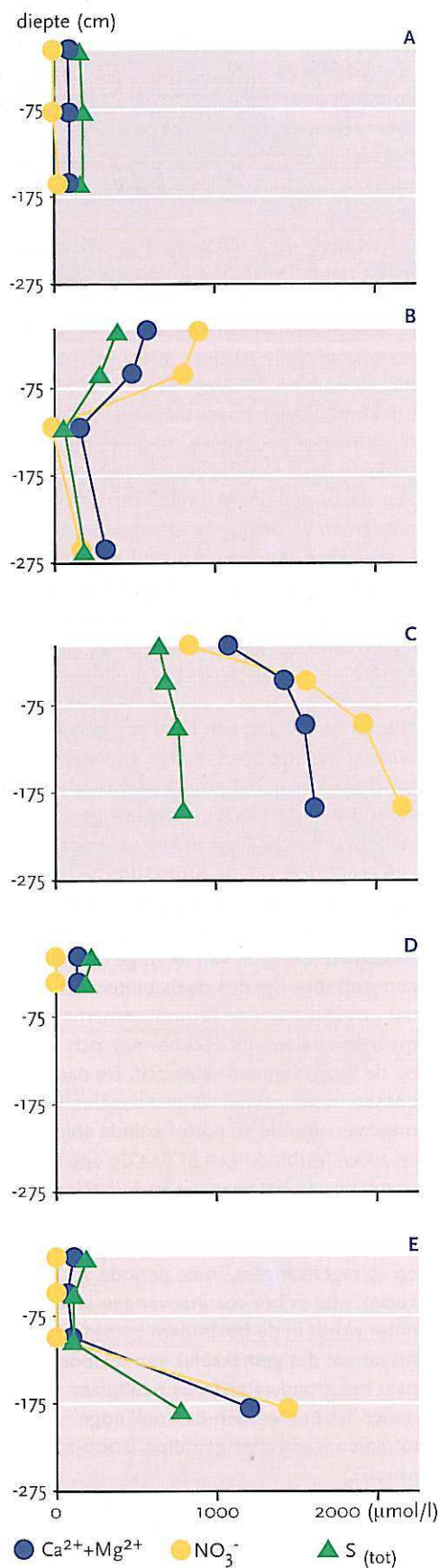
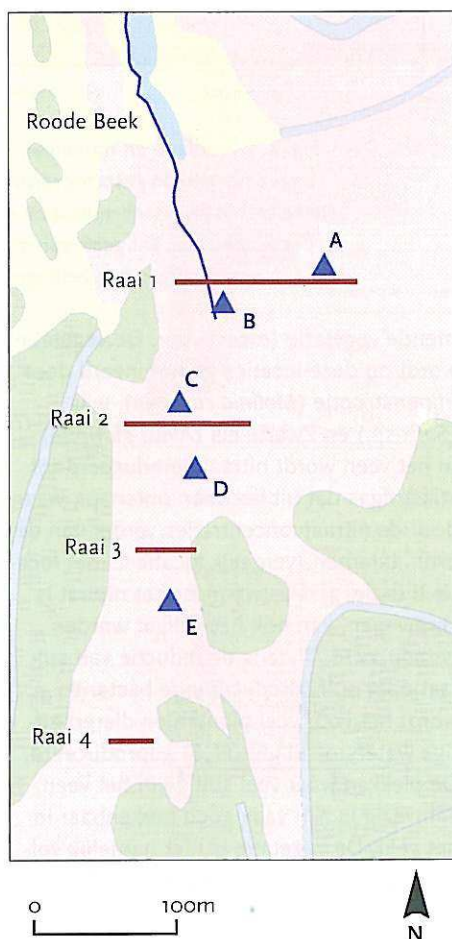


Fig. 3. Het hellingveen met hierin enkele profielen met de chemische samenstelling van het poriewater in de bodem in μmol/l (locaties A t/m E).

al., 2009; kader 1; fig. 2 & 3). Dit schept condities voor gevarieerde oligotrafente, meer regenwater gevoede hoogveenbegroeiingen op korte afstand van een meer minerotrafente, grondwater gevoede vegetatie.

Op de meer door regenwater gevoede delen van het veen bevat het water relatief lage concentraties aan nutriënten (fosfaat, nitraat en ammonium) en andere opgeloste ionen (bijv. calcium, magnesium, bicarbonaat en natrium). Toch is de basenrijkdom duidelijk hoger dan in andere Nederlandse hoogvenen. Locaties die sterk onder invloed van het grondwater staan zijn sterker gebufferd én ook verrijkt met nutriënten en opgeloste ionen. Op deze kwelplekken worden opvallend hoge nitraatconcentraties gemeten, maar lage ammonium- en fosfaatconcentraties. Opvallend zijn ook de relatief hoge sulfaatconcentraties van het grondwater.

Nitraat en sulfaat, een bron van zorg?

Waar komen de hoge nitraat- en zwavelconcentraties in het grondwater vandaan? Door Swierstra (2008) is het inzijsgebied van het uittreedende grondwater bepaald: een groot deel van de Brunssummerheide als ook de daaromheen liggende landbouwgronden en de bebouwde kom van Landgraaf. De bron van de hoge nitraatconcentraties ligt dus deels buiten het natuurgebied van de Brunssummerheide, maar een belangrijk deel bevindt zich ook op de Brunssummerheide zelf. De naaldbossen in het gebied vangen aanzienlijk meer verzurende en eutrofiërende stikstof- en zwavelverbindingen in dan de open vegetatie van het veen: 24 kg N/ha/jaar en 8 kg S/ha/jaar in het bos en 8 kg N/ha/jaar en 4 kg S/ha/jaar op het veen (gebaseerd op 10 regenvangers, in de periode 2008-2009). Het in het bos ingevangen ammonium wordt in de bosbodem geoxideerd tot nitraat dat gemakkelijk kan uitspoelen naar het grondwater. In de peilbuizen onder het bos werden dan ook hoge nitraatconcentraties gemeten (1000-2700 $\mu\text{mol/L}$).

De hoge zwavelconcentraties zijn naast de droge en natte depositie vanuit de atmosfeer vooral afkomstig uit in de bodem aanwezige ijzersulfides (zoals pyriet en marcasiet (FeS_2)) die zich in bruinkoollaagjes in de ondergrond bevinden. Kader 2 & fig. 4 geven nadere toelichting op de bodemchemie.

Op locaties waar nitraatrijk grondwater het maaiveld bereikt, komt geen hoogveenvor-

Kader 2. Bodemchemie

Zowel zuurstof als nitraat kunnen door oxidatie van ijzersulfideverbindingen sulfaat vrijmaken. Zo kan dit gebeuren bij dalende grondwaterstanden waardoor de bodem aan de lucht, en dus zuurstof, wordt blootgesteld. Nitraat kan een anaerobe oxidatie veroorzaken, zonder zuurstof, waarbij nitraat verdwijnt en sulfaat vrijkomt (Smolders et al., 2010).

De nitraat- en sulfaatconcentraties correleren sterk met calcium en magnesium (fig. 4). Dit komt omdat bij de oxidatie van ammonium (tot nitraat) en pyriet (tot sulfaat) zuur wordt gevormd. Dit zuur reageert in de bodem met het adsorptiecomplex. Hierbij komen calcium en magnesium vrij en verdwijnt het zuur. De bicarbonaatconcentraties van het grondwater zijn laag. Dit laat zien dat het grondwater dat uittreedt een hoge nitraat- en/of sulfaatbelasting heeft, maar dat het water in het inzijsgebied geen kalkhoudende bodemlagen passeert. De hoge nitraatconcentraties zijn enkel aanwezig in het oppervlaktewater dat direct door dieper grondwater wordt beïnvloed (combinatie van hoog $\text{Ca}+\text{Mg}$ en hoog nitraat, rechterkant van fig. 4).

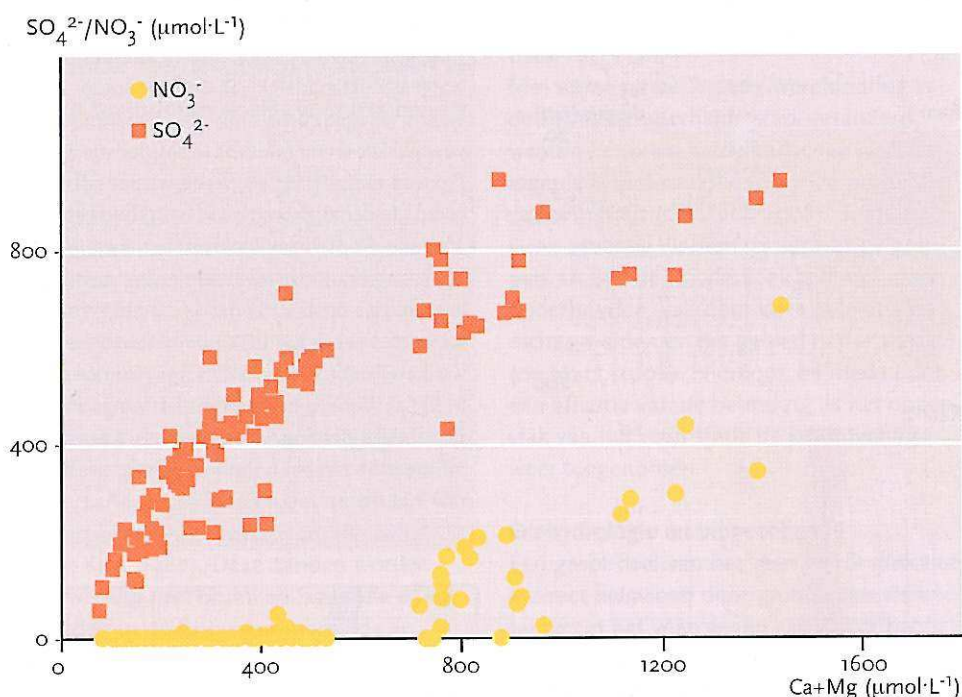


Fig. 4. De sulfaat- en nitraatconcentraties in het oppervlaktewater in het hellingveen uitgezet tegen de gesommeerde concentratie van calcium en magnesium. Er is een sterke correlatie tussen sulfaat en nitraat en de gesommeerde calcium- en magnesiumconcentratie. Dit geeft aan dat oxidatie van ammonium en gereduceerde zwavelverbindingen een belangrijke invloed hebben op de lokale grondwaterchemie.

mende vegetatie (meer) voor. De vegetatie wordt op deze locaties gedomineerd door Pijpenstrootje (*Molinia caerulea*), wilg (*Salix* sp.) en Zwarte els (*Alnus glutinosa*). In het veen wordt nitraat gereduceerd tot stikstofgas dat uit het veen ontsnapt, waardoor de nitraatconcentraties verder van de bron afnemen (vergelijk locatie C met locatie B in fig. 3). Pas wanneer het nitraat is verdwenen, kan ook het sulfaat worden gereduceerd. Tijdens de reductie van sulfaat door sulfaatreducerende bacteriën wordt het voor veel planten en dieren giftige waterstofsulfide (H_2S) geproduceerd. De plekken waar veel sulfide in het veen aanwezig is zijn vaak goed herkenbaar in het veld. De vegetatie is hier namelijk volledig afgestorven. Het waterstofsulfide dat hier aan het maaiveld uittreedt wordt door

zwaveloxiderende bacteriën weer geoxideerd tot elementair zwavel (S) dat vervolgens neerslaat op de bodem en op planten(-resten) (foto 1). Voor een deel gebeurt deze oxidatie door purperzwavelbacteriën, die te herkennen zijn aan een fraaie rood/purperen verkleuring van de bodem. We hebben hier te maken met een bijzonder fenomeen. Purperzwavelbacteriën zijn namelijk fotosynthetiserende bacteriën die bij de aanwezigheid van licht, uit waterstofsulfide en kooldioxide, organisch materiaal vormen. Hierbij wordt dus H_2S als elektronendonor gebruikt in plaats van, zoals bij de normale fotosynthese, H_2O . Deze reactie vindt meestal plaats onder anaërobe omstandigheden waar H_2S overvloedig aanwezig is, maar dan wel aan het maaiveld waar ook licht beschikbaar is.



Foto 1. Gelige zwavelneerslag in een slenkje (links) en twee close-ups met planten(resten) bedekt met een zwavelneerslag (foto's: Gijs van Dijk).

Fig. 5. Vegetatiekartering van vier (groepen van) soorten op het hellingveen, waarin de abundantie van de soort in categorieën is aangegeven (hoe roder hoe talrijker). Te zien zijn de som van alle bomen (Den (*Pinus* sp.), Berk (*Betula* sp.), wilg (*Salix* sp.) en Els (*Alnus* sp.)), Struikhei (*Calluna vulgaris*), de som van alle veenmossen (*Sphagnum* sp.) en Pijpenstrootje (*Molinia caerulea*).

Vegetatie & macrofauna

De vegetatie van het hellingveen wordt gedomineerd door Pijpenstrootje en veenmossen (fig. 5). Door de permanent natte condities en de grote verschillen in water-samenstelling komen er verschillende veenmossoorten voor, waaronder veel Fraai veenmos (*Sphagnum fallax*), Wrattig veenmos (*Sphagnum papillosum*) en Hoogveenveenmos (*Sphagnum magellanicum*) (Op den Kamp, 2009) (fig. 5). Op de droge beekdalflanken is een Struikheivegetatie (*Calluno-Genistion*) (fig. 5) en Grove dennenbos aanwezig die in de richting van het veen via een natte heide met veel Gewone dophei (*Erica tetralix*), Moeraswolfklauw (*Lycopodiella inundata*) en Ronde zonnedaauw (*Drosera rotundifolia*) overgaat in een hoogveenvegetatie met genoemde

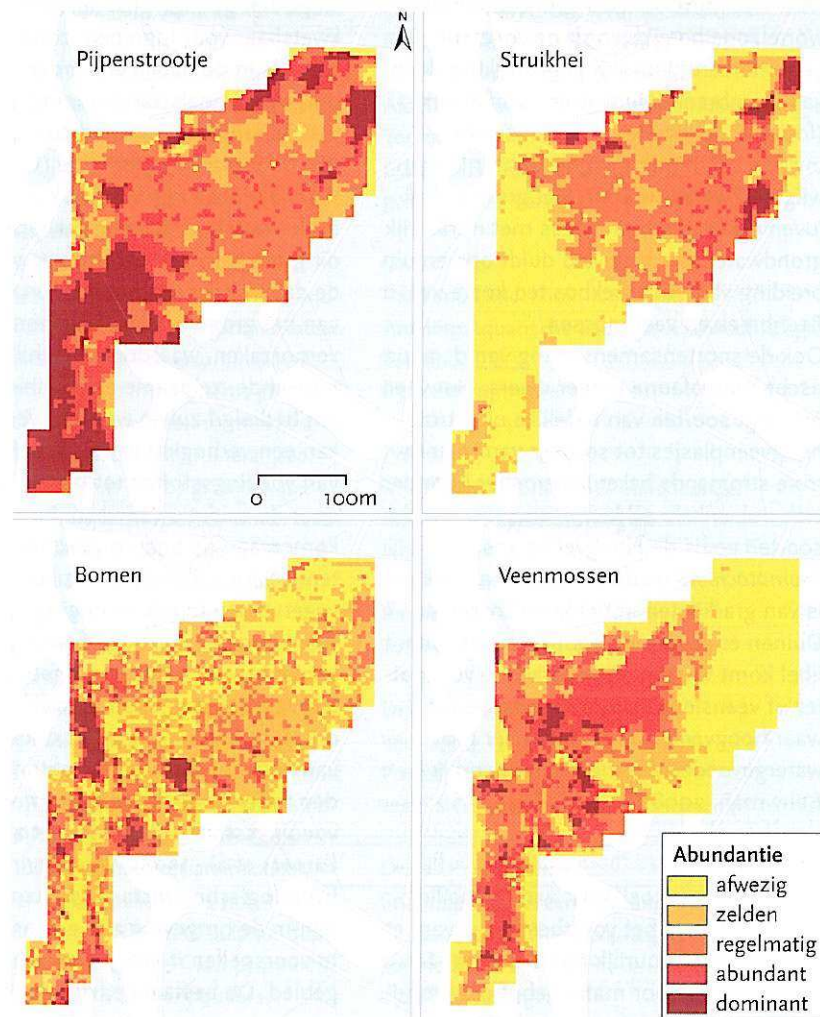


Foto 2. Een locatie waar relatief nitraatarm grondwater horizontaal over en door het veen stroomt met Beenbreek (*Narthecium ossifragum*) en veenmossen (*Sphagna*). Stroomafwaarts stroomt enkel (nitraatrijk) grondwater en heeft zich een wilgenelzen bos ontwikkeld (foto: Gijs van Dijk).



veenmossen, Eenarig wollegras (*Eriophorum vaginatum*), Witte snavelbies (*Rhynchospora alba*) en soms zelfs Kleine veenbes (*Vaccinium oxycoccus*). Op plaatsen, waar wat mineraalrijker grondwater de wortelzone bereikt wordt de vegetatie gedomineerd door vrij uitgestrekte velden van Beenbreek (*Narthecium ossifragum*) (foto 2). Op locaties met een sterke invloed van nitraatrijk grondwater komen wilg en Zwarte els voor. Het grote aantal juveniele wilgen op locaties met nitraatrijk grondwater aan maaiveld duidt op een uitbreiding van het broekbos ten koste van Beenbreek en veenmossen.

Ook de soortensamenstelling van de aquatische macrofauna is zeer divers. Het veen herbergt soorten van tijdelijke oligotrofe hoogveenplasjes tot soorten van minerotrofe stromende beken. Hieronder bevinden zich ook enkele zeldzame en beschermde soorten zoals de Hoogveenglanslibel (*Somatoclora arctica*) die sterk afhankelijk is van gradiënten in het landschap (van Duinen et al., 2009). De hoogveenglanslibel komt voor in ondiepe kleine veenputjes of veenslenkjes in overgangsvennen waar hoogveen overgaat in meer grondwatergevoede systemen (Groenendijk & Bouwman, 2008).

Advies

Hoe ziet nu de toekomst van het hellingveen eruit? Licht het voortbestaan ervan letterlijk of ook figuurlijk op de helling? De voornamelijk door matig gebufferd grond-

water gestuurde gradiënten creëren de basis voor een divers veengebied met enkele zeer zeldzame en beschermde soorten. Het relatief kleine hellingveen is vanwege zijn geringe grootte echter zeer kwetsbaar voor ingrepen, zowel in het veen zelf, als in de nabije en verder weggelegen omgeving, zoals zandwinning, de aanleg van de randweg Parkstad en verbossing van de Brunssummerheide (Weeda, 2011). Wanneer deze ingrepen ook veranderingen in de waterhuishouding veroorzaken kan dit grote gevolgen hebben voor het veen en de daarin levende soorten. Een verlaging van het grondwaterpeil kan verdroging veroorzaken, waardoor verschillende kenmerkende, zeldzame en beschermde soorten bedreigd zullen worden. Verdroging kan een verhoging van de beschikbaarheid van voedingsstoffen tot gevolg hebben door de oxidatie van veen. Bij eutrofiëring komen aan de bodem gebonden nutriënten (fosfor, stikstof) beschikbaar voor de vegetatie en treedt verzuuring op. Wanneer door verdroging ook sulfaat wordt vrijgemaakt – en dat is in dit gebied met zwavelafzettingen aan maaiveld niet onwaarschijnlijk –, kan dit onder invloed van zogenoemde interne eutrofiëring leiden tot een versterkte toename van de voedingsstoffen (Smolders et al., 2006; Lamers et al., 1998). Veranderingen in de hydrologische omstandigheden door ingrepen in de omgeving zijn echter moeilijk te voorspellen in dit geologisch complexe gebied. De bestaande hydrologische

modellen van het gebied zijn niet specifiek gericht op het hellingveen. Bovendien wordt bij deze modellen (noodgedwongen) vaak weinig onderbouwde aannames gedaan over de doorlatendheid van de bodem rond de breuklijnen.

Om de huidige gradiënten, en de hiervan afhankelijke biodiversiteit te kunnen behouden (en uit te breiden), zullen de nitraat- en sulfaatrijkdom van het grondwater moeten afnemen. Omdat het in zijn gebied van het in het veen uittredende grondwater naast de Brunssummerheide zelf ook enkele omliggende landbouwgebieden omvat (Swierstra, 2008), kunnen ingrepen zowel binnen als buiten de Brunssummerheide de nitraat- en sulfaatbelasting verminderen. Alleen een ander bemestingsbeleid in de omliggende landbouwgebieden kan de nitraatbelasting van buiten het natuurgebied doen verminderen. Op korte(re) termijn kan de nitraat- en sulfaatbelasting van het grondwater verminderd worden door intern op de Brunssummerheide het bos om te vormen tot heide. Het dichte dennenbos op de flanken van het hellingveen, leidt via het invangen van stikstof- en zwaveldepositie uit de lucht tot een aanzienlijke nitraat- en (deels indirect) zwavelbelasting van het grondwater. Bovendien vindt door interceptie van regenwater en de verdamping door de grotere naaldbomen verdroging plaats waardoor er minder aanvulling van het lokale grondwatersysteem plaatsvindt. Kortom, deze maatregel leidt tot meer én

schoner grondwater. Een sterke toestroming van schoon lokaal grondwater vanaf de flanken zal ook de invloed van het vervuilde grondwater van buiten het gebied verkleinen. Volgens Swierstra (2008) kan de zilverzandwinning in de nabijgelegen Sigranogroeve leiden tot een gemiddelde stijghoogteverlaging onder het brongebied van de Roode Beek van 2,2 cm. Dit effect is beperkt en kan betekenen dat het gelijktijdig omvormen van bos naar heide uiteindelijk per saldo zal leiden tot een verder vernatting van het gebied. Hierdoor kan het areaal hoogveen verder toenemen. Met name in het zuidelijke deel met de nu slecht ontwikkelde vochtige heide liggen hiervoor goede kansen.

Tot slot

Het onderzoek heeft geleid tot een beter begrip van het ecohydrologische en biogeochemische functioneren van het hellingveen. De geologische en landschappelijke setting van het hellingveen is bijzonder en het veen herbergt bovendien zeer zeldzame floristische en faunistische waarden. De resultaten van het onderzoek bieden handvatten om de inrichting en het beheer te optimaliseren, de grondwaterkwaliteit te verbeteren en de bedreigingen van buiten het hoofd te bieden.

Literatuur

Dijk, G. van, C. Fritz, F. Smolders, N. Straathof, G.J. van Duinen & A. Grootjans, 2009. De Brunssummerheide, een uniek maar bedreigd stukje Nederland! *Natuur Historisch Maandblad* 98 (12): 233-238.

Dijk, G. van, 2010. Systeemanalyse hellingveen Brunssummerheide. Onderzoekscentrum B-Ware, Radboud Universiteit Nijmegen, Nijmegen.

Duinen, G.J. van, E. Brouwer, A.J.M. Jansen, J.G.M. Roelofs & M. Schouten, 2009. Van hoogveen- en venherstel naar herstel van een compleet nat zandlandschap. In: themanummer OBN: van standplaats tot landschap. De Levende Natuur 110 (3): 118-123.

Groenendijk, D. & J. Bouwman, 2008. Case: Kennis voorwaarde voor bescherming Hoogveenglanslibel. De Levende Natuur 109 (3): 93-95.

Kamp, L. Op den, 2009. De veenmossen van de Brunssummerheide. *Natuur Historisch Maandblad* 98(12): 272-277.

Kuyl, A.S., 1967. Geologische waarnemingen op de Brunssummerheide. *Natuurhistorisch maandblad* 56(7/8): 17-20.

Lamers, L.P.M., H.B.M. Tomassen & J.G.M. Roelofs, 1998. Sulfate-induced eutrophication

and phytotoxicity in freshwater wetlands. *Environmental Science and Technology* 32: 199-205.

Mars, H. de, 2008. Luchtfotoanalyse bronhoogveengebied Brunssummerheide (1943 – 2005). In: Swierstra, W., 2008. Passende beoordeling Sigranogroeve. Eindrapport, Royal Haskoning.

Mast, G. van der, 1983. 10 jaar actief natuurbeheer in Brunssummerheide en Schinveldse Bossen. *Natuur Historisch Genootschap in Limburg*, Maastricht.

Smolders, A.J.P., L.P.M. Lamers, E.C.H.E.T. Lucassen, G. van der Velde & J.G.M. Roelofs, 2006. Internal eutrophication: How it works and what to do about it – a review. *Chemistry and Ecology* 22(2): 93-111.

Smolders, A.J.P., E.C.H.E.T. Lucassen, R. Bobbink, J.G.M. Roelofs & L.P.M. Lamers, 2010.

How nitrate leaching from agricultural lands provokes phosphate eutrophication in groundwater fed wetlands: the sulphur bridge. *Biogeochemistry* 98: 1-7.

Swierstra, W., 2008. Passende beoordeling Sigranogroeve. Eindrapport, Royal Haskoning.

Verberk, W.C.E.P., A.P. Grootjans & A.J.M. Jansen, 2009. Natuurherstel; van standplaats naar landschap. In: themanummer OBN: van standplaats tot landschap. De Levende Natuur 110(3): 105-110.

Weeda, E.J., 2011. Rapport over moerassen in en pal langs het tracé van de Buitenring Parkstad Limburg. Alterra, Wageningen.

Summary

Ecological gradients on a slope on the Brunssummerheide

This article describes the biogeochemical and ecohydrological functioning of a groundwater fed mire situated on the Brunssummerheide area in the Province of Limburg. This peatland is a sloping fen which has been formed in a small valley surrounded by dry mineral poor sandy soils. The mire is fed by groundwater from local and supra-local sources which creates gradients in water quantity and water quality. The occurrence of small-scale gradients gave rise to a large diversity of plant and aquatic invertebrate species. Small changes in the hydrology can negatively affect all species depending on these small-scale gradients. The mire is fed by both supra-local groundwater and local groundwater with differences in ionic composition. Areas fed by supra-local groundwater are relatively rich in nitrate, whereas areas fed by local groundwater are relatively poor in nutrients. The peatland is rich in sulphur, which comprise pyrite and sulphur deposits, which probably originate from pyrite-rich brown coal deposits in deeper aquifers.

Nitrate-rich groundwater in these aquifers may be responsible for the release of these sulphur compounds into the mire. Management measures should be focussed on preventing further lowering of hydraulic heads of local and supra-local groundwater, decreasing the input of nutrients and reducing pollution of the groundwater. Options are to cut down a large proportion of surrounding pine forests and decreasing nitrogen input in the surrounding agricultural fields. These measures will increase the local groundwater input and decrease the nitrogen and sulphur deposition. This research enlarges the knowledge on the functioning of the mire, and the proposed measures can help to conserve the beautiful gradients and the rich biodiversity of the mire.

Dankwoord

Jeroen Graafland, Rick Kuiperij, Paul van der Ven en Jelle Eygenstein worden hartelijk bedankt voor de hulp bij chemische analyses en Moni Poelen voor haar hulp met GIS. Conny Bufe, Albert Dees en Jan Kuper worden bedankt voor hun ondersteuning tijdens het veldwerk.

G. van Dijk MSc. & Dr. A.J.P. Smolders
Onderzoekscentrum B-WARE/
Radboud Universiteit Nijmegen,
Afdeling Aquatische Ecologie & Milieubiologie
Toernooiveld 1
6525 ED Nijmegen
g.vandijk@b-ware.eu

Dr. C. Fritz
Radboud Universiteit Nijmegen,
Afdeling Aquatische Ecologie & Milieubiologie
Toernooiveld 1
6525 ED Nijmegen

Prof.dr. A.P. Grootjans
Instituut voor Energie & Milieukunde,
Rijks Universiteit Groningen,
Nijenborgh 4
9747 AG Groningen /
Radboud Universiteit Nijmegen,
Toernooiveld 1, 6525 ED Nijmegen

Drs. N. Straathof
Vereniging Natuurmonumenten
Postbus 9955
1243 's Graveland

Drs. G.J. van Duinen
Stichting Bargerveen/Afdeling Dierecologie,
Radboud Universiteit Nijmegen,
Toernooiveld 1
6525 ED Nijmegen