

## PDF hosted at the Radboud Repository of the Radboud University Nijmegen

The following full text is a publisher's version.

For additional information about this publication click this link.

<http://hdl.handle.net/2066/103316>

Please be advised that this information was generated on 2019-11-21 and may be subject to change.

# 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 zilvertandafzettingen uit het Mioceen. Zilvertand 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 zilvertand 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

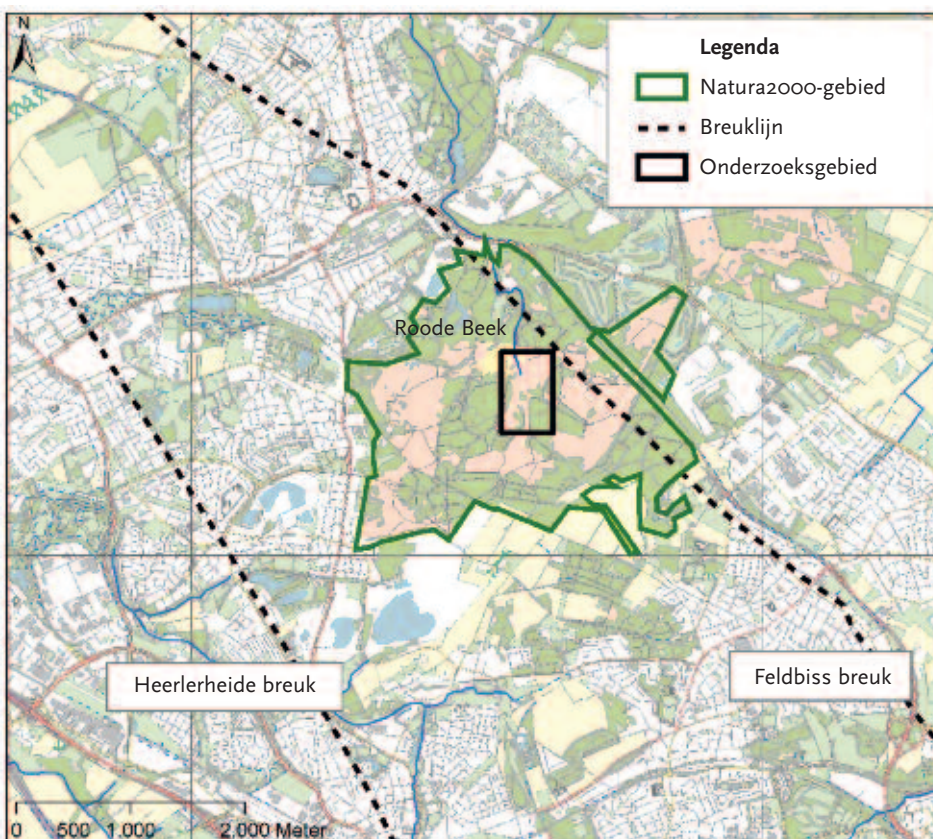
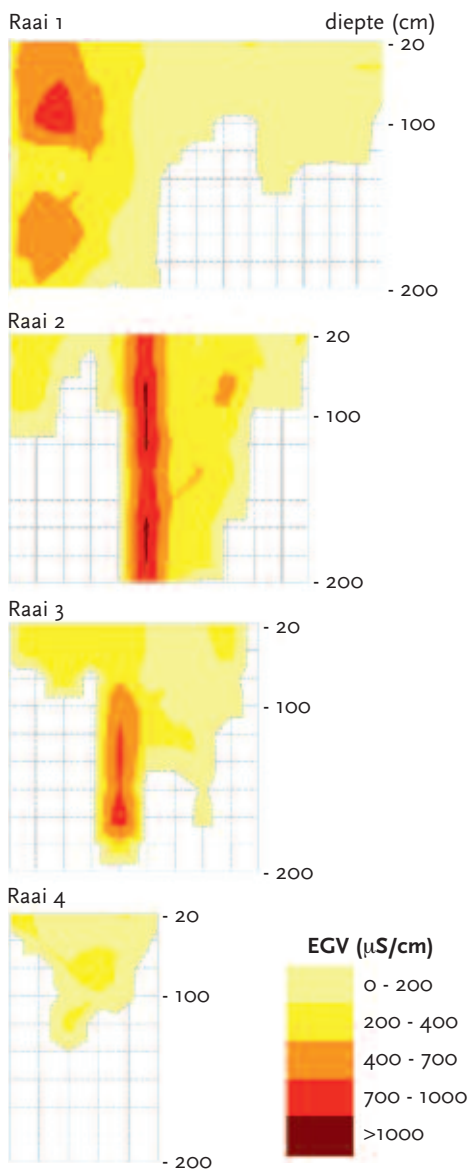


Fig. 1. Overzichtskaart van het Natura 2000-gebied op de Brunssummerheide (in het groen) en de omgeving. Breuklijnen zijn weergegeven met zwarte stippellijn. In de zwarte rechthoek is het onderzoeksgebied weergegeven.

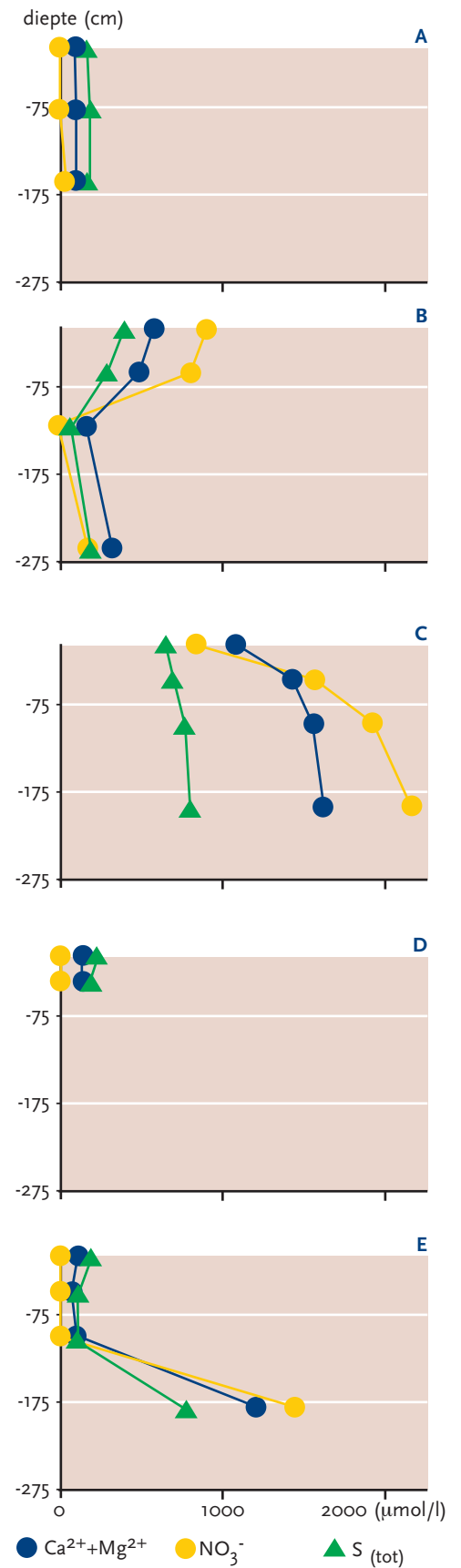
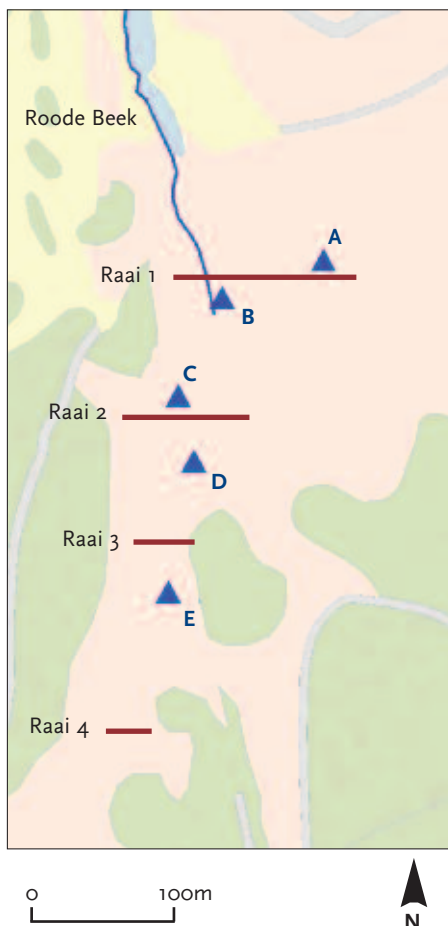
droogvallen. Gelet op de sterke overdruk gaat het hier waarschijnlijk deels om water dat op grotere afstand van het gebied is geïnfiltrerd (bovenlokaal grondwater). De grondwaterstanden in de hoger gelegen flanken reiken niet tot aan het maaiveld, maar zijn wel altijd hoger dan de grondwaterstanden in 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 ( $\text{NO}_3^-$ ), sulfaat ( $\text{SO}_4^{2-}$ ), calcium ( $\text{Ca}^{2+}$ ) en magnesium ( $\text{Mg}^{2+}$ ) (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 infiltrereert 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  $\mu\text{mol/l}$  (locaties A t/m E).

al., 2009; kader 1; fig. 2 & 3). Dit schept condities voor gevarieerde oligotrafente, meer regenwater gevoede hoogveen- begroeiingen 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 inzigggebied 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 µmol/L).

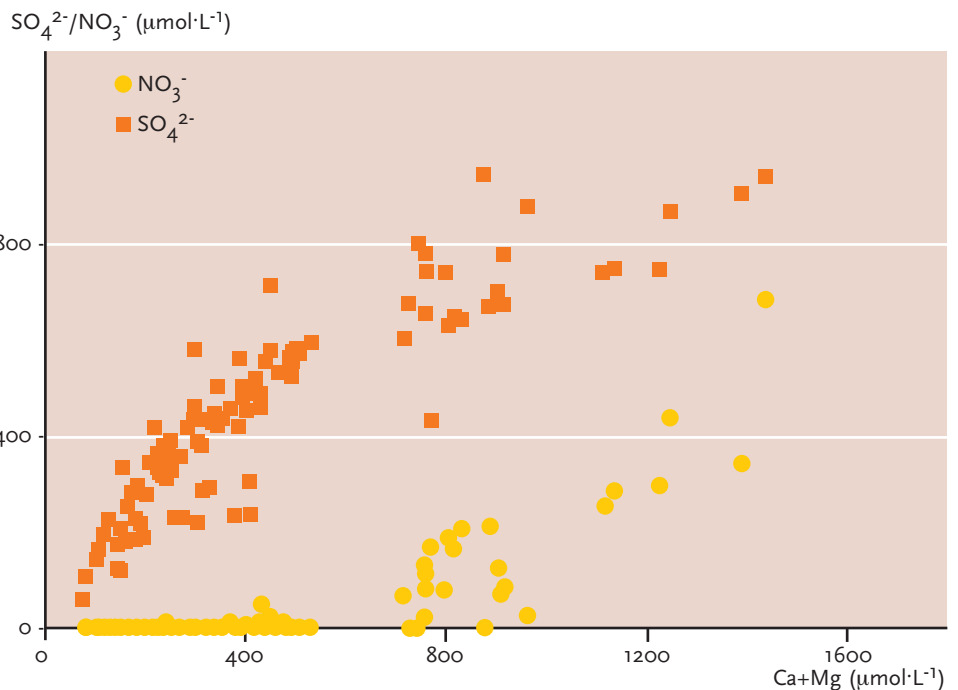
De hoge zwavelconcentraties zijn naast de droge en natte depositie vanuit de atmosfeer vooral afkomstig uit in de bodem aanwezige ijzersulfides (zoals pyriet en marcasiet (FeS<sub>2</sub>)) die zich in bruinkoollaagjes in de ondergrond bevinden. Kader 2 & fig. 4 geven nadere toelichting op de bodemchemie.

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 inzigggebied geen kalkhoudende bodemlagen passeert. De hoge nitraatconcentraties zijn enkel aanwezig in het oppervlaktewater dat direct door dieper grondwater wordt beïnvloed (combinatie van hoog Ca+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<sub>2</sub>S) 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<sub>2</sub>S als elektronendonor gebruikt in plaats van, zoals bij de normale fotosynthese, H<sub>2</sub>O. Deze reactie vindt meestal plaats onder anaërobe omstandigheden waar H<sub>2</sub>S overvloedig aanwezig is, maar dan wel aan het maaiveld waar ook licht beschikbaar is.

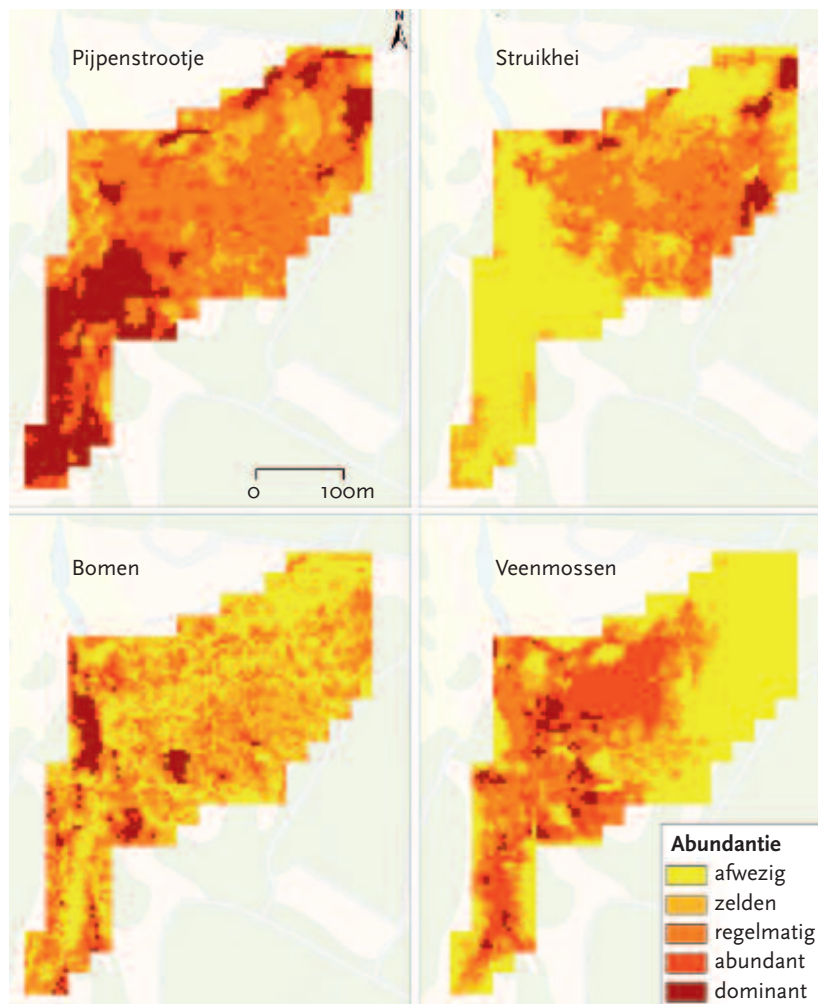


**Foto 1.** Gelige zwavelneerslag in een slenkje (links) en twee close-ups met planten(resten) bedekt met een zwavelneerslag (foto's: Gijs van Dijk).

**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 veenmossesoorten 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 zonnedauw (*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 (*Narthe-cium ossifragum*) en veenmossen (*Sphagna*). Stroomafwaarts stroomt enkel (nitraatrijk) grondwater en heeft zich een wilgen-elzen 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 (*Narthe-cium 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 (*Somatochlora 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 overgangsvelden 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 verruiging 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 toestro-  
ming van schoon lokaal grondwater vanaf  
de flanken zal ook de invloed van het ver-  
vuilde 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 gelijk-  
tijdig omvormen van bos naar heide uit-  
eindelijk per saldo zal leiden tot een verder  
vernating 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 bioge-  
ochemische functioneren van het helling-  
veen. De geologische en landschappelijke  
setting van het hellingveen is bijzonder en  
het veen herbergt bovendien zeer zeld-  
zame 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. Straat-  
hof, G.J. van Duinen & A. Grootjans, 2009.** De  
Brunssummerheide, een uniek maar bedreigd  
stukje Nederland! Natuur Historisch Maand-  
blad 98 (12): 233-238.

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

**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: themanum-  
mer OBN: van standplaats tot landschap. De  
Levende Natuur 110 (3): 118-123.

**Groenendijk, D. & J. Bouwman, 2008.** Case:  
Kenniss voorwaarde voor bescherming Hoog-  
veenglanslibel. 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 bron-  
hoogveengebied Brunssummerheide (1943 –  
2005). In: Swierstra, W., 2008. Passende  
beoordeling Sigranogroeve. Eindrapport,  
Royal Haskoning.

**Mast, G. van der, 1983.** 10 jaar actief natu-  
rbeheer 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. Bob-  
bink, J.G.M. Roelofs & L.P.M. Lamers, 2010.**

How nitrate leaching from agricultural lands  
provokes phosphate eutrophication in ground-  
water fed wetlands: the sulphur bridge. Bio-  
geochemistry 98: 1-7.

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

**Verberk, W.C.E.P, A.P. Grootjans & A.J.M. Jan-  
sen, 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 Park-  
stad 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 crea-  
tes gradients in water quantity and water qua-  
lity. The occurrence of small-scale gradients  
gave rise to a large diversity of plant and aqua-  
tic 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 ground-  
water are relatively rich in nitrate, whereas  
areas fed by local groundwater are relatively  
poor in nutrients. The peatland is rich in sul-  
phur, which comprise pyrite and sulphur depo-  
sits, 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 surround-  
ing 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